प्राविधिक शिक्षा परिषद् उत्तर प्रदेश द्वारा स्वीकृत 2019 के नवीनतम् संशोधित पाठ्यक्रमानुसार

सार्थक

कंक्रीट तकनीकी

(Concrete Technology)

डिप्लोमा Third Semester (द्वितीय वर्ष) सिविल इंजीनियरिंग
छात्रों के लिये अनिवार्य विषय

सलिल शर्मा

B.Tech. PGD (Conc. Structures) MIE, FIV
विभागाध्यक्ष, सिविल अभियन्त्रण
प्राविधिक शिक्षा, उत्तर प्रदेश

Shri Ram Business Center

प्रकाशक :

जय प्रकाश नाथ पब्लिकेशन्स

गाँधी आश्रम चौराहा, नौचन्दी रोड, मेरठ – 250 002 (यू० पी०)

प्रभु के

श्रीचरणों

में

समर्पित

SYLLABUS

Concrete Technology

RATIONALE

Diploma holders in Civil Engineering are supposed to supervise concreting operations involving proportioning, mixing, transporting, placing, compacting, finishing and curing of concrete. To perform above functions, it is essential to impart knowledge and skills regarding ingredients of concrete and their properties; properties of concrete in plastic and hardened stage, water cement ratio and workability; proportioning for ordinary concrete; concreting operations and joints in. concrete.

DETAILED CONTENTS

1. Introduction

Definition of concrete, properties of concrete, uses of concrete in comparison to other building materials. Advantages and disadvantages of concrete.

2. Ingredients of Concrete

2.1 **Cement :** Physical properties of cement; different types of cement as per IS Codes.

2.2 **Aggregates :**

2.2.1 Classification of aggregates according to size and shape.

2.2.2 Characteristics of aggregates : Particle size and shape, surface texture, specific gravity of aggregate; bulk density, water absorption, surface moisture, bulking of sand, deleterious materials soundness.

2.2.3 Grading of aggregates : coarse aggregate, fine aggregate and All-in-one aggregate; fineness modulus; interpretation of grading charts.

2.3 **Water :** Water Quality requirements as per IS:456-2000.

3. Water-Cement Ratio

3.1 Hydration of cement principle of water-cement ratio, Duff Abram's Water-cement ratio law : Limitations of water-cement ratio law and its effects on strength of concrete.

4. Properties of Concrete

4.1 Properties in plastic state : Workability Segregation, Bleeding and Harshness.

4.1.1 Factors affecting workability, Measurement of workability : slump test, compacting factor and Vee Bee consistometer; Recommended slumps for placement in various conditions as per IS:456-2000/SP-23.

4.2 Properties in hardened state : Strength, Durability, Impermeability, Dimensional changes.

5. Concrete Mix Design

5.1 Objectives and parameters of mix design, introduction to various grades as per IS:456-2000; proportioning for nominal mix design as prescribed by IS:456-2000.

5.2 Adjustment on site for : Bulking of fine aggregate, water absorption of aggregate, workability.

5.3 Difference between nominal and controlled concrete.

5.4 Introduction to IS-10262-2009-Code for controlled mix design.

5.5 Mix design problems of concrete for desired mix strength or grade.

6. **Introduction to Admixtures (chemicals and minerals) for improving performance of concrete**

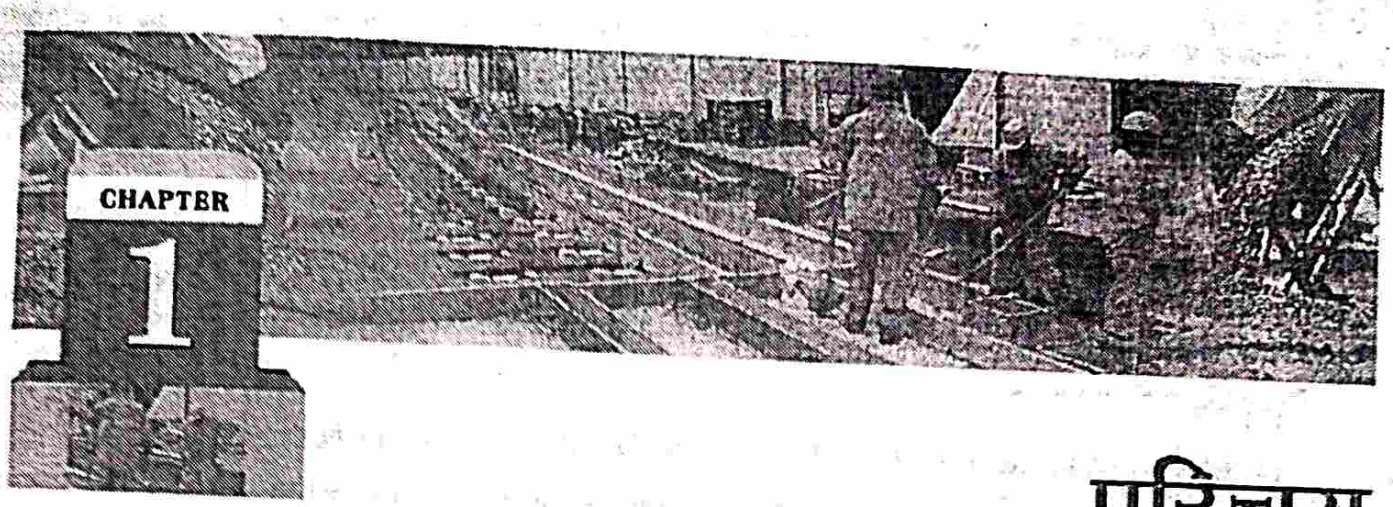
7. **Special Concretes (only features)**
   - 7.1 Concreting under special conditions, difficulties and precautions before, during and after concreting.
     - 7.1.1 Cold weather concreting
     - 7.1.2 Under water concreting
     - 7.1.3 Hot weather concreting
   - 7.2 Ready mix concrete.
   - 7.3 Fibre reinforced concrete
   - 7.4 Polymer concrete
   - 7.5 Fly ash concrete
   - 7.6 Silica fume concrete
   - 7.7 Self compacting concrete

8. **Concreting Operations**
   - **8.1 Storing of Cement
     - 8.1.1 Storing of cement in a warehouse.
     - 8.1.2 Storing of cement at site.
     - 8.1.3 Effect of storage on strength of cement.
     - 8.1.4 Determination of warehouse capacity for storage of Cement.
   - **8.2 Storing of Aggregate : Storing of aggregate at site.
   - 8.3 Batching (to be shown during site visit)
     - 8.3.1 Batching of Cement
     - 8.3.2 Batching of aggregate by :
       - 8.3.2.1 Volume, using gauge box (farma) selection of proper gauge box
       - 8.3.2.2 Weight spring balances and batching machines
     - 8.3.3 Measurement of water
   - **8.4 Mixing
     - 8.4.1 Hand mixing
     - 8.4.2 Machine mixing - types of mixers, capacities of mixers, choosing appropriate size of mixers, operation of mixers
     - 8.4.3 Maintenance and care of mixers
     - 8.4.4 Batching and mixing plants
   - **8.5 Transportation of concrete : Transportation of concrete using: wheel barrows, transit mixers, chutes, belt conveyors, Dumpers and trucks, tremie, mono rail system, pumps, tower crane and hoists.
   - 8.6 Placement of concrete : Type of form works and scaffoldings, Checking of form work, shuttering and precautions to be taken during placement.
   - **8.7 Compaction
     - 8.7.1 Hand compaction
     - 8.7.2 Machine compaction - types of vibrators, internal screed vibrators and form vibrators
     - 8.7.3 Selection of suitable vibrators for different situations
   - 8.8 Finishing concrete slabs - screeding, floating and trowelling
   - 8.9 Curing
     - 8.9.1 Objective of curing, methods of curing like ponding, membrane curing, steam curing, chemical curing

●●●

विषय सूची

अध्याय		पृष्ठ संख्या
1.	परिचय (Introduction)	1–7
2.	कंक्रीट के घटक (Ingredients of Concrete)	8–52
3.	जल-सीमेन्ट अनुपात (Water Cement Ratio)	53–66
4.	कंक्रीट के गुण (Properties of Concrete)	67–90
5.	कंक्रीट मिक्स का अभिकल्पन (Concrete Mix Design)	91–122
6.	कंक्रीट की गुणवत्ता में सुधार हेतु मिलाये जाने वाले सम्मिश्रकों (रासायनिक तथा खनिज) का परिचय [Introduction to Admixtures (Chemical and Minerals) for Improving Performance of Concrete]	123–128
7.	विशेष प्रकार की कंक्रीट (Special Concretes)	129–148
8.	कंक्रीटिंग संक्रियायें (Concreting Operations)	149–199
9.	कंक्रीट के गैर-विनाशकारी परीक्षण (Non-Destructive Test of Concrete)	200–209
10.	निर्माण स्थल पर कंक्रीट गुणवत्ता नियन्त्रण (Quality control of concrete at site)	210–214
11.	परीक्षण सूची (Experiment Index)	215–250



परिचय
(Introduction)

Syllabus

Introduction, Definition of Concrete, properties of conctete. Uses of concrete in comparison to other building materials. Advantages and disadvantages of concrete.

1.1 कंक्रीट (Concrete)

कंक्रीट एवं इस्पात (Steel) दो प्रमुख संरचनात्मक पदार्थ हैं। ये दोनों किसी स्थान पर एक दूसरे के पूरक हैं परन्तु किसी अन्य स्थान पर प्रतिस्पर्धा भी रखते हैं अर्थात् एक ही प्रकार की संरचना को दोनों में से किसी से भी बनाया जा सकता है। जहाँ इस्पात का निर्माण बड़ी सावधानी से नियन्त्रित परिस्थितियों में शिल्पशालाओं (Factories) में किया जाता है वहीं पर कंक्रीट को सही अनुपात में विपरीत परिस्थितियों में निर्माण स्थल पर ढालना एक चुनौतीपूर्ण कार्य है। कंक्रीट को निम्न प्रकार परिभाषित किया जा सकता है—

"कंक्रीट एक मिश्रित (Composite) निर्माण पदार्थ है जो प्रमुख रूप से मिलावा (Aggregate), सीमेन्ट (Cement) तथा पानी (Water) के सही अनुपात के मिश्रण से तैयार किया जाता है।"

कंक्रीट के कई प्रकार हैं, जिनके भिन्न-भिन्न प्रकार के गुण हैं तथा जिन्हें भिन्न-भिन्न प्रकार से प्रयोग किया जा सकता है। इस संसार में कंक्रीट सर्वाधिक प्रयोग किया जाने वाला मानव निर्मित पदार्थ है। कंक्रीट का प्रयोग भवनों, बाँधों, सुरंगों, पुलों, जल भण्डारण टंकियों और यहाँ तक कि सड़कों को बनाने में किया जा रहा है।

'कंक्रीट' शब्द का प्रादुर्भाव लेटिन (Latin) शब्द कंक्रीटस (Concretus, जिसका अर्थ सघन या गाढ़ा होता है) से होना बताया जाता है। प्राप्त जानकारी के अनुसार 800 बी०सी० के करीब चूना मोर्टार (Mortar) का प्रयोग ग्रीस, क्रीट तथा साइप्रस में किया जाता था। रोम में कंक्रीट का प्रयोग 300 बी० सी० से 476 ए०डी० अर्थात् 700 वर्ष तक होता रहा, ऐसे प्रमाण मिलते हैं। रोम के डाट (Arches), डोम (Domes), वाल्ट (Vault) में इसका प्रयोग बहुतायत से हुआ।

आधुनिक कंक्रीट की शुरूआत 1756 एवं 1793 में मानी जा सकती है जब इंग्लैण्ड में डेवन (Devon) स्थान पर एडी स्टोन (Eddy Stone) लाइट हाउस (Light House) का निर्माण एक इंजीनियर जॉन स्मीटन (John Smeaton) द्वारा किया गया।

कंक्रीट बहुमुखी प्रतिभा, टिकाऊपन तथा सस्ती होने के कारण आज दुनिया में सर्वाधिक प्रयोग होने वाली निर्माण पदार्थ बन गयी है। अमेरिका में 180 लाख घन मीटर कंक्रीट प्रति वर्ष प्रयोग की जा रही है।

कंक्रीट को बनाने के लिये हमें मुख्य रूप से निम्न पदार्थों की आवश्यकता होती है—

(1) बन्धक पदार्थ — सीमेन्ट, चूना, मिट्टी-गारा

(2) निष्क्रिय पदार्थ — अपमिश्रण या मिलावा (Aggregate)

- मोटा मिलावा (Coarse Aggregate) जैसे-बजरी, गिट्टी इत्यादि
- महीन मिलावा (Fine Aggregate) जैसे-बालू, सुर्खी, धातुमल इत्यादि

(3) जल

(4) सम्मिश्रण (Admixture)—इनका प्रयोग कभी-कभी किसी विशेष प्रयोजन हेतु किया जाता है।

अत: इन पदार्थों के मिश्रण को सुघट्य अवस्था में तख्ताबन्दी (Shuttering) करके, वांछित आकार में ढाला जाता है। कुछ समय बाद इसकी पानी से तराई (Curing) की जाती है तथा पूर्णतया कठोर होने पर यह संरचनाओं का भार सहन करने योग्य हो जाती है। कंक्रीट में सीमेन्ट एवं अपमिश्रण का इस प्रकार से प्रयोग किया जाता है कि रिक्तियाँ कम से कम हों यानि बजरी की रिक्तियों में बालू और बालू की रिक्तियों में सीमेन्ट समा जाय। इस प्रकार हमें कठोर एवं सामर्थ्यवान कंक्रीट प्राप्त होगी। सीमेन्ट रासायनिक क्रिया कर बाँधने का कार्य भी करता है। आजकल ज्यादातर सीमेन्ट कंक्रीट का प्रयोग ही होता है।

1.2 कंक्रीट के गुण (Properties of Concrete)

कंक्रीट को बनाने से तात्पर्य यह नहीं है कि सभी अवयवों को मिलाकर एक सुघट्य मिश्रण बना लिया जाय बल्कि अच्छी कंक्रीट को, सुघट्य एवं कठोर दोनों अवस्थाओं में वांछित कसौटियों पर खरा उतरना होता है। सुघट्य अवस्था में कंक्रीट को निम्न गुणों से परखा जाता है—

(i) सुकार्यता (Workability)

(ii) पृथक्करण (Segregation)

(iii) नि:स्रवण (Bleeding)

सुकार्यता से तात्पर्य कंक्रीट का कार्यस्थल पर सुगमता से प्रयोग किया जाना है। पृथक्करण होने पर कंक्रीट में मिलावे के कण अलग-अलग हो जाते हैं तथा नि:स्रवण से तात्पर्य कंक्रीट से सीमेन्ट पेस्ट का अलग होना है। अच्छी कंक्रीट सुकार्य होनी चाहिये। उसमें पृथक्करण तथा नि:स्रवण नहीं होना चाहिये। इस सम्बन्ध में हम आगे के अध्यायों में विस्तार से पढ़ेंगे।

कठोर अवस्था में कंक्रीट में जिन गुणों की आवश्यकता होती है वे निम्न हैं—

(i) सामर्थ्य (Strength)

(ii) टिकाऊपन (Durable)

(iii) अप्रवेश्यता (Impermeable)

(iv) न्यूनतम आकार परिवर्तन (Minimum Dimensional Changes)

कंक्रीट की सामर्थ्य से तात्पर्य इसकी संपीडन सामर्थ्य से है, क्योंकि कंक्रीट की तनन सामर्थ्य संपीडन सामर्थ्य का मात्र 10%-15% ही होती है जिस कारण कंक्रीट के साथ इस्पात का प्रयोग किया जाता है। मुख्य रूप से कंक्रीट की सामर्थ्य इसके संघटकों की सामर्थ्य, जल-सीमेंट अनुपात, संघटकों का अनुपातन, कंक्रीट की कुटाई (Compaction) तथा कंक्रीट की तराई (Curing) पर निर्भर करती है। कंक्रीट का शीघ्र अपघटन न हो, इसके लिये कंक्रीट का टिकाऊ होना अत्यन्त आवश्यक है। इसके सीमेन्ट तथा मिलावे का दोषपूर्ण न होना अनिवार्य है। कंक्रीट इन गुणों के साथ जलरोधी भी होनी चाहिये तथा कठोर होने के पश्चात् इसके आकार में परिवर्तन एक निश्चित मात्रा से अधिक नहीं होना चाहिये।

1.3 अन्य पदार्थों की तुलना में कंक्रीट को वरीयता के कारण (Preference to Cement Concrete Over Other Construction Materials)

(1) कंक्रीट की तुलना में अन्य निर्माण पदार्थों के प्रयोग में कहीं न कहीं कठिनाई आ रही है। लकड़ी के ज्यादा प्रयोग से जंगल कम हो रहे हैं जिससे पर्यावरण पर गलत प्रभाव पड़ रहा है। इस्पात महँगा है तथा इसके निर्माण से भी प्रदूषण फैलता है। परन्तु कंक्रीट के सभी संघटक-सीमेन्ट, बालू, गिट्टी सभी स्थानों पर आसानी से मिल जाते हैं। वर्तमान में तैयार कंक्रीट (Ready Mix Concrete) का प्रचलन बढ़ गया है।

(2) कंक्रीट की इमारतें या अन्य संरचनायें अन्य निर्माण पदार्थों के मुकाबले सस्ती होती हैं तथा इन्हें कहीं दूर से भी नहीं लाना पड़ता जिससे परिवहन का खर्च भी बचता है।

(3) इस्पात एवं प्रकाष्ठ पर पेन्ट इत्यादि कराना पड़ता है जिससे उनमें क्षय न हो तथा दीमक इत्यादि से बचा जा सके, परन्तु कंक्रीट में ऐसी कोई भी आवश्यकता नहीं होती है।

(4) सीमेंट कंक्रीट की संरचनायें अन्य संरचनाओं की तुलना में आकर्षक तथा सुन्दर लगती हैं।

(5) इस्पात व प्रकाष्ठ की संरचनाओं में जोड़ लगाना एक विशिष्ट कार्य है। इसकी कमजोरी से पूरी संरचना धराशायी हो सकती है। कंक्रीट जोड़ रहित होती है तथा इसे किसी भी आकार में ढाला जा सकता है।

(6) कंक्रीट एक सामर्थ्यवान पदार्थ है। इसकी सामर्थ्य, टिकाऊपन, आयु, जंग रोधकता, अग्निरोधकता आदि सभी गुण अन्य निर्माण पदार्थों की तुलना में श्रेष्ठ हैं।

1.4 कंक्रीट के गुण एवं दोष (Advantages and Disadvantages)

(a) गुण—

(1) कंक्रीट अन्य भवन पदार्थों की तुलना में लम्बे समय तक प्रयोग करने में सस्ती है तथा निकट में प्राप्त होने वाले अवयवों से तैयार हो जाती है।

(2) कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य काफी अधिक है तथा इसे हम पत्थर की चट्टान के बराबर मान सकते हैं। इसका क्षय भी नहीं होता तथा यह मौसम के प्रभावों से भी खराब नहीं होती।

(3) इसका उत्पादन सरलता से किया जा सकता है। ईंट, इस्पात, प्लास्टिक, सभी पदार्थों के निर्माण से इसका निर्माण सरल है।

(4) इसे सुघट्य अवस्था में किसी भी आकार/माप में ढाला जा सकता है। इसकी ढलाई में प्रयुक्त तख्ताबन्दी (Form work) को फिर दूसरे कार्यों में भी लाया जा सकता है।

(5) यह संपीडन में अत्यन्त कठोर है तथा यदि इसे इस्पात के साथ प्रयोग किया जाय तो इसका उपयोग असीमित रूप से किसी भी संरचना में किया जा सकता है।

(6) इसके ऊपर कीट, धूप, सीलन, अग्नि, पानी का कोई प्रभाव नहीं होता।

(7) इसकी आयु अत्यधिक है तथा इसके अनुरक्षण पर भी ज्यादा खर्च नहीं आता।

(8) इसकी ढलाई पम्प करके भी की जा सकती है अत: इसका प्रयोग दुर्गम स्थितियों में भी सम्भव है।

(9) इसमें यदि दरार इत्यादि आ भी जायें तो इसको गुनाइटिंग (Guniting) के द्वारा ठीक किया जा सकता है।

(b) कंक्रीट के दोष—

1. कंक्रीट की तनन सामर्थ्य काफी कम है अत: इसमें दरार (Cracks) आने की संभावना रहती है। इसमें तन्यता भी कम पायी जाती है अत: यह भूकम्प में इस्पात के मुकाबले कमजोर पायी जाती है।

2. फ्रेश कंक्रीट सूखने पर सुकड़ती है तथा कठोर कंक्रीट भीगने पर फैलती है। अत: भवनों में संकुचन जोड़ (Contraction Joint) छोड़े जाते हैं जिससे दरारों को रोका जा सके।
3. कंक्रीट तापमान के बढ़ने व घटने पर फैलती व सुकड़ती है, अत: कंक्रीट में विस्तार जोड़ (Expansion Joints) भी छोड़े जाते हैं।
4. लगातार बलों के प्रभाव में कंक्रीट में क्रीप (Creep) की समस्या भी पायी जाती है जिससे पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट में पूर्व प्रतिबलों का ह्रास हो जाता है।
5. कंक्रीट में प्रफुल्लन (Efflorescence) की समस्या भी हो सकती है। यह पूर्णतया अपारगम्य नहीं होती।
6. कंक्रीट में क्षार एवं सल्फेट के प्रभाव से नुकसान हो सकता है।
7. कंक्रीट की संरचनाओं का भार इस्पातीय संरचनाओं की तुलना में काफी अधिक होता है।
8. कंक्रीट की मरम्मत काफी कठिन होती है।
9. कंक्रीट का कबाड़ी मूल्य (Scrap value) शून्य है।

1.5 कंक्रीट के ग्रेड (Grades of Concrete)

कंक्रीट के ग्रेड का निर्धारण उसकी संपीडन सामर्थ्य (Compressive strength) के आधार पर किया जाता है। भारतीय मानक ब्यूरो (Bureau of Indian Standards, BIS) के कोड संख्या IS - 456 - 2000 एवं IS - 1343 - 1980 के अनुसार कंक्रीट को M 10 से M 80 तक 15 श्रेणियों में बाँटा गया है—

वर्ग (Group)	साधारण कंक्रीट (Ordinary Concrete)			मानक कंक्रीट (Standard Concrete)							उच्च सामर्थ्य कंक्रीट (High Strength Concrete)				
ग्रेड (Grades)	M 10	M 15	M 20	M 25	M 30	M 35	M 40	M 45	M 50	M 55	M 60	M 65	M 70	M 75	M 80
विनिर्दिष्ट अभिलाक्षणिक सामर्थ्य, 28 दिन के पश्चात् (MPa) मेगा पॉस्कल में $1MP_a = 1N/mm^2$	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80

वर्तमान में निम्न श्रेणी की कंक्रीट जैसे M5, M7·5 का प्रचलन प्राय: कम हो गया है, परन्तु इनका प्रयोग तीन कंक्रीट के आधारों (Bases), नींव में तथा अन्य निम्न श्रेणी के कार्यों में किया जाता है। M 15 ग्रेड की कंक्रीट से कम ग्रेड की कंक्रीट प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में प्रयोग नहीं की जा सकती तथा पूर्व प्रबलित कंक्रीट में M30 से अधिक ग्रेड ही प्रयोग करना श्रेयस्कर होता है।

1.6 विभिन्न प्रकार की कंक्रीट (Different Types of Concrete)

कंक्रीट का वर्गीकरण विभिन्न प्रकार से किया जा सकता है—

(1) बन्धक पदार्थ के आधार पर (Based on binding material)

(i) गारा कंक्रीट (Mud concrete)

(ii) चूना कंक्रीट (Lime concrete)

(iii) सीमेन्ट कंक्रीट (Cement concrete)

सीमेन्ट कंक्रीट के अलावा गारा कंक्रीट तथा चूना कंक्रीट का प्रयोग नगण्य रह गया है, क्योंकि इनकी सामर्थ्य काफी कम होती है।

(2) घनत्व के आधार पर (Based on density)

(i) साधारण-भार वाली कंक्रीट (Normal weight concrete) (घनत्व 24 KN/m^3)

(ii) हल्के-भार वाली कंक्रीट (Light weight concrete) (घनत्व 18 KN/m^3)

(iii) अधिक-भार वाली कंक्रीट (Heavy weight concrete) (घनत्व 32 KN/m^3)

भार या घनत्व का अधिक या कम होना कंक्रीट में मिलावे के कारण होता है।

(3) सामर्थ्य के आधार पर (Based on strength)

(i) साधारण कंक्रीट (Ordinary Concrete)	< 20 MPa
(ii) मानक कंक्रीट (Standard Concrete)	25 – 55 MPa
(iii) उच्च सामर्थ्य कंक्रीट (High Strength Concrete)	60 – 80 MPa

1.7 कंक्रीट में विकास (Developments in Concrete)

जहाँ पूर्व में हम M 20 ग्रेड की कंक्रीट के बारे में ही सोचते थे वहाँ आज M 80 तक की कंक्रीट का निर्माण किया जा रहा है। पूर्व में साधारण कंक्रीट ही बनाना मुश्किल था वहाँ आज उच्च प्रदर्शन कंक्रीट [High Performance Concrete, HPC), तैयार कंक्रीट (Ready mix कंक्रीट, RMC) तथा स्वयं सुगठित कंक्रीट [Self Compacting Concrete, (SCC)] का प्रयोग प्रारम्भ हो गया है। इन सभी के बारे में हम आगे विस्तार से पढ़ेंगे।

पहले कंक्रीट की सामर्थ्य की ही बात होती थी पर आज हम टिकाऊपन (Durability) पर भी ध्यान देते हैं।

1.8 कंक्रीट शब्दावली (Concrete Terminology)

(1) **तैयार कंक्रीट** [Ready Mix Concrete, (RMC)]—कंक्रीट उत्पादन में यह एक नया अध्याय है। इस प्रकार की कंक्रीट का उत्पादन नियन्त्रित परिस्थितियों में बैचिंग प्लांट में किया जाता है तथा इसमें गुणवत्ता का विशेष ध्यान रखा जाता है। इसके पश्चात् इसे विशेष प्रकार के ट्रक जिसमें मिक्सर भी लगा होता है के द्वारा गन्तव्य तक पहुँचा दिया जाता है। इसमें कंक्रीट की सुकार्यता (Workability) का भी ध्यान रखा जाता है। आजकल सभी बड़ी-बड़ी सीमेन्ट कम्पनियाँ रेडी मिक्स कंक्रीट का उत्पादन कर रही हैं।

(2) **स्वयं सुगठित कंक्रीट** (Self Compacting Concrete)—इस प्रकार की कंक्रीट का उत्पादन सर्वप्रथम जापान में हुआ था जहाँ पर मजदूरों की कमी है, परन्तु बाद में यह एक वरदान सिद्ध हुई। यह कंक्रीट बिना किसी कम्पन के सुगठित हो जाती है। यह कंक्रीट एक तरल की तरह बह सकती है इस कारण यह फर्मे (Formwork) के किसी भी कोने में बह कर जा सकती है तथा स्वयं ही सघन हो सकती है।

(3) प्रबलित कंक्रीट (Reinforced Concrete)—प्राय: कंक्रीट की तनन सामर्थ्य (Tensile strength) बहुत कम होती है। इसको सुधारने के लिये हम कंक्रीट के साथ इस्पात की छड़ों का प्रयोग करते हैं। इन छड़ों को प्रबलन (Reinforcement) कहते हैं तथा इस प्रकार की कंक्रीट प्रबलित कंक्रीट कहलाती है।

(4) पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट (Prestressed Concrete)—इस प्रकार की कंक्रीट में, उच्च तनन सामर्थ्य वाले तार जिन्हें टैन्डन (Tendon) कहते हैं की सहायता से यान्त्रिक व्यवस्था के द्वारा खींचकर पूर्वप्रतिबल उत्पन्न कर दिये जाते हैं। ये पूर्व प्रतिबल खण्ड के भारण के समय उत्पन्न प्रतिबलों को नगण्य बनाकर अप्रभावी बना देते हैं। इस प्रकार की कंक्रीट पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट कहलाती है।

(5) फाइबर प्रबलित कंक्रीट (Fibre Reinforced Concrete)—कंक्रीट की सतह पर बारीक दरारों का पड़ना एक आम समस्या है। इसको दूर करने के लिये इस प्रकार की कंक्रीट का प्रयोग किया जाता है। इस कंक्रीट में इस्पात, ग्लास या कार्बनिक बहुलकों (Organic Polymers) से बने फाइबर या रेशों के द्वारा प्रबलन किया जाता है। प्राकृतिक रूप से प्राप्त एस्बैस्टस, जूट इत्यादि को भी रेशों के रूप में प्रयोग किया जा सकता है। यह कंक्रीट बारीक दरारों (Cracks) को दूर करने में सफल रहती है।

1.9 कंक्रीट इन्डस्ट्री (Concrete Industry)

सस्ती, टिकाऊ एवं भरोसेमन्द होने के कारण कंक्रीण का प्रयोग राष्ट्र के निर्माण में, कारखानों में, यातायात इन्डस्ट्री में, रक्षा क्षेत्र में तथा भवन निर्माण इत्यादि में बहुतायत से हो रहा है। अत: कंक्रीट निर्माण एक बड़ी इन्डस्ट्री बन गयी है। भारत वर्ष में सालाना 1700 लाख घन मीटर कंक्रीट का उत्पादन होता है। पूरी दुनिया में देखा जाये तो प्रति व्यक्ति के हिसाब से 1 टन कंक्रीट का उत्पादन किया जा रहा है। सीमेन्ट एवं कंक्रीट के निर्माण के अलावा इसमें कई अन्य गतिविधियाँ जैसे मोटे/बारीक मिलावे की सप्लाई, डिजाइनर, ढुलाई करने वाले ट्रक, ठेकेदार, मरम्मत एवं अनुरक्षण कम्पनियाँ इत्यादि भी सम्मिलित हैं। कंक्रीट इन्डस्ट्री में लाखों नौकरियाँ उपलब्ध हैं यद्यपि इस इन्डस्ट्री में अलग-अलग प्रकार की गतिविधियाँ होती हैं, परन्तु सभी का ध्येय एक ही होता है—मजबूत, टिकाऊ एवं सस्ती कंक्रीट का उत्पादन करना।

प्रश्नावली

1. कंक्रीट किसे कहते हैं? इसके संघटकों के नाम लिखें। इसका वर्गीकरण कैसे किया जाता है लिखिए। (BTE 1994, 2007)
2. सीमेन्ट कंक्रीट के गुण-अवगुण की चर्चा करें। (BTE 2008)
3. सीमेन्ट कंक्रीट के मुख्य अभिलक्षणों पर प्रकाश डालें। (BTE 2007)
4. "कंक्रीट का प्रयोग भवन सामग्री के रूप में किया जाये" इस कथन के समर्थन में पाँच कारण बताइये।
5. भारतीय मानक IS:-456-2000 के अनुसार कंक्रीट का वर्गीकरण करें।
6. भारतवर्ष में बनायी गयी कंक्रीट की संरचनाओं के नाम लिखें तथा उपयोगिता भी लिखें।
7. अन्य निर्माण पदार्थों की तुलना में सीमेन्ट कंक्रीट को क्यों वरीयता दी जाती है?
8. सीमेन्ट कंक्रीट के विभिन्न अवयवों के प्रकार्य लिखें।

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. कंक्रीट शब्द का प्रादुर्भाव किस शब्द से हुआ–
   (a) जापानी (Concretus) (b) वाल्ट
   (c) लेटिन (Concretus) (d) भारतीय

2. कंक्रीट को किन गुणों से परखा जाता है?
   (a) भार, सुघट्यता, कबाड़ी मूल्य (b) रंग, सुन्दरता, दक्षता
   (c) सुकार्यता, पृथक्करण, नि:स्रवण (d) इनमें से कोई नहीं
3. कंक्रीट की ढलाई में निम्न की आवश्यकता पड़ती है–
   (a) झाड़ु (b) बाल्टी (c) तख्ताबन्दी (d) कोई नहीं
4. कंक्रीट निर्माण एवं अभिकल्पन हेतु निम्न भारतीय मानकों का प्रयोग होता है–
   (a) IS-800 (b) IS-875
   (c) IS-456-2000 एवं IS-1343-1980 (d) IS-1476
5. कंक्रीट का न्यूनतम एवं अधिकतम ग्रेड निम्न है–
   (a) M 10 एवं M 80 (b) M 15 एवं M 30
   (c) M 7.5 एवं M 90 (d) M10 एवं M 45
6. साधारण भार वाली कंक्रीट का घनत्व क्या होता है?
   (a) 10 KN/m^3 (b) 24 KN/m^3
   (c) 20 KN/m^3 (d) 10 KN/m^3
7. उच्च सामर्थ्य कंक्रीट की सामर्थ्य कितनी होती है?
   (a) 20 MPa (b) 25 MPa
   (c) 60-80 MPa (d) 50 MPa
8. प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में प्रबलन किस प्रकार दिया जाता है?
   (a) इस्पात की छड़ों द्वारा (b) इस्पात की प्लेटों द्वारा
   (c) इस्पात के नट/बोल्ट द्वारा (d) इनमें से कोई नहीं
9. फाइबर प्रबलित कंक्रीट का कहाँ प्रयोग दिया जाता है?
   (a) सुकार्यता हेतु (b) बारीक दरारों को दूर करने हेतु
   (c) भार कम करने हेतु (d) इनमें से कोई नहीं

उत्तर

1. (c)	2. (c)	3. (c)	4. (c)	5. (a)	6. (b)	7. (c)	8. (a)	9. (b)	

CHAPTER 2

कंक्रीट के घटक
(Ingredients of Concrete)

Syllabus

2.1 Cement : Physical properties of cement, different types of cement as per IS codes

2.2 Aggregates :

2.2.1 Classification of aggregates according to size and shape.

2.2.2 Characteristics of aggregates : Particle size and shape, surface texture, specific gravity of aggregate; bulk density, water absorption, surface moisture, bulking of sand, deleterious materials, soundness.

2.2.3 Grading of aggregates : Coarse aggregate, fine aggregate, All in aggregbpee, fineness modulus, interpretation of grading characters.

2.3 Water : Water quality requirements as per IS 456-2000.

2.1 सीमेंट (Cement)

सीमेन्ट कंक्रीट में बन्धक पदार्थ के रूप में प्रयोग किया जाता है। सीमेन्ट पदार्थों का इतिहास उतना ही पुराना है जितना कि इंजीनियरिंग निर्माण का। मिस्रवासियों, रोमन तथा भारतीयों ने अपने प्राचीन निर्माण में कुछ प्रकार के बन्धक पदार्थों का प्रयोग किया था। ऐसा माना जाता है कि पूर्व मिस्रवासी अधिकांशत: बन्धक पदार्थ का उत्पादन जिप्सम को जलाकर करते थे।

मिस्र के पिरैमिडों का विश्लेषण करने से ज्ञात होता है कि इसमें जो मसाला (Mortar) इस्तेमाल हुआ था उसमें 81·5% कैल्शियम सल्फेट तथा केवल 9·5% कैल्शियम कार्बोनेट है। पूर्व ग्रीक और रोमन बन्धक पदार्थ की प्राप्ति चूना पत्थर (Lime stone) को जलाकर करते थे।

लगभग 65–67% चूनामय पदार्थों (Calcareous) तथा 32-35% मृत्तिकामय पदार्थों (Argillaceous) को मिलाकर घूर्णी भट्टी (Rotary kiln) में पकाकर अच्छी प्रकार से महीन पीसकर सीमेन्ट बनाया जाता है। यह जल के साथ संयोग करके कठोर तथा सामर्थ्यवान बन जाता है।

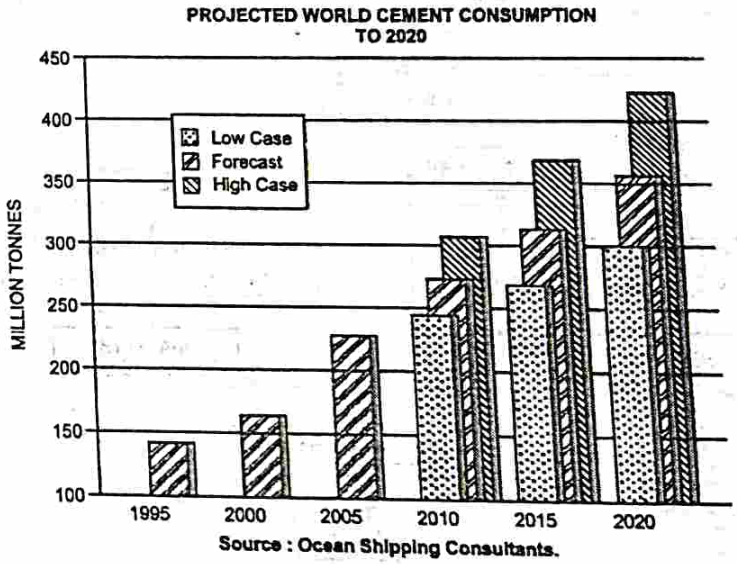
पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के निर्माण की कहानी के नायक जोसेफ एस्पीडन (Joseph Aspdin) हैं। सन् 1824 में यार्कशायर-लीड्स के इस चिनाईकार ने पोर्टलैण्ड सीमेन्ट का परिचय दिया। इस सीमेन्ट का नाम पोर्टलैण्ड इसलिए हुआ, क्योंकि सैट हो जाने पर यह गुणों में इंग्लैण्ड के पोर्टलैण्ड स्थान पर पाये जाने वाली खानों से प्राप्त पत्थर के गुणों से मिलता था। अपनी निर्माण

विधि में उसने चूना पत्थर तथा मृत्तिका को बारीक पीसकर अच्छी तरह से मिलाया और स्लरी के रूप में विभाजित करके कार्बन डाई ऑक्साइड (CO_2) के पूर्ण मुक्त होने तक भट्टी में इस स्लरी को पकाया। अब इस मिश्रण को पाउडर के रूप में पीसकर सीमेन्ट का नाम दिया। सर्वप्रथम सीमेन्ट का उपयोग केवल मसाला बनाने में किया गया। धीरे-धीरे जब इसे कंक्रीट के घटक के रूप में उपयोग करना आरम्भ हुआ तो सर्वप्रथम जर्मनी ने 1877 में पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के लिए जर्मन मानक विशिष्टियाँ (specifications) दीं। उसके बाद ब्रिटेन ने 1904 में तथा प्रथम ASTM विशिष्टियाँ 1904 में ही जारी की गईं।

भारत में सर्वप्रथम सीमेन्ट का उत्पादन दक्षिण भारत औद्योगिक लिमिटेड (मद्रास) द्वारा किया गया परन्तु यह असफल प्रयास था। 1912-1913 में, पोरबन्दर (गुजरात) में भारतीय सीमेन्ट कॉर्पोरेशन लिमिटेड की स्थापना हुई और 1914 के लगभग, कम्पनी ने 1000 टन पोर्टलैण्ड सीमेन्ट का उत्पादन किया।

अब भारत में 50 से भी अधिक छोटी-बड़ी फैक्टरियाँ दिन-रात सीमेन्ट का उत्पादन कर रही हैं। एक सर्वेक्षण के अनुसार, वर्ष 2008 में भारत में 198×10^6 टन सीमेन्ट का उत्पादन हुआ था जिसके सन् 2020 तक 550×10^6 टन तक बढ़ जाने की आशा है।

सीमेंट की विश्व में अनुमानित खपत



2.2 पोर्टलैण्ड सीमेन्ट का उत्पादन (Manufacture of Portland Cement)

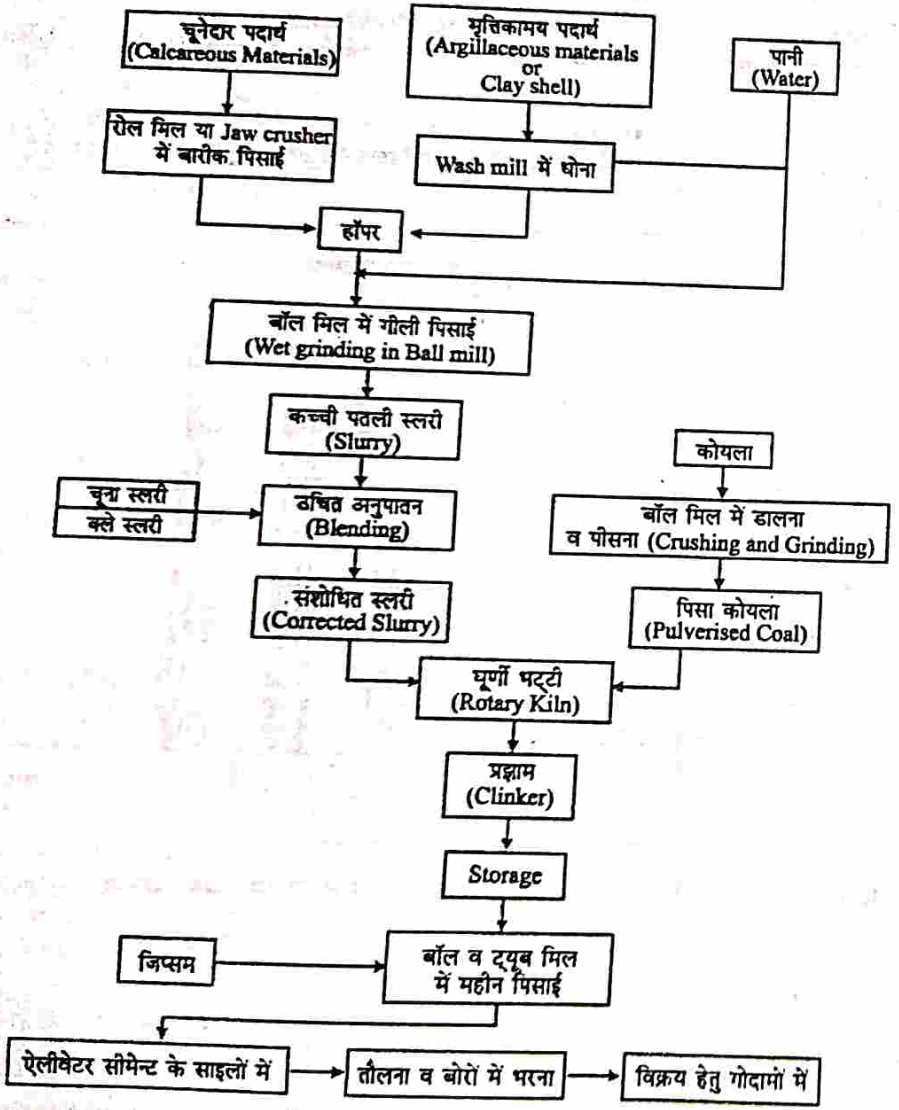
सीमेन्ट उत्पादन की मुख्यत: दो पद्धतियाँ हैं—

(a) नम पद्धति (Wet process) (b) शुष्क पद्धति (Dry process)

पद्धति का चुनाव उपलब्ध कच्चे पदार्थों की प्रकृति पर निर्भर करता है। दोनों विधियों में कच्चे पदार्थों को मिलाना, फूँकना, पीसना आदि क्रियायें समान होती हैं। अन्तर केवल यह है कि गोली विधि में सीमेन्ट मिश्रण का भरण घोल (Slurry) के रूप में तथा सूखी विधि में पाउडर के रूप में होता है।

सीमेन्ट उत्पादन की नम पद्धति—इस पद्धति में सीमेन्ट निर्माण के चरण अग्र हैं—

(1) सीमेन्ट का घोल (Cement slurry) बनाना।
(2) घोल को भट्टी में डालकर क्लिंकर बनाना।
(3) क्लिंकर पीसकर सीमेन्ट तैयार करना।



नम पद्धति द्वारा सीमेंट का उत्पादन-प्रवाह आरेख

चूने के पत्थर को क्रशर में पीसकर संग्रह कर लेते हैं। मृत्तिका को भी अलग से पानी मिलाकर धावन मिलों में पीसकर अलग संग्रह कर लेते हैं। अब मृत्तिका व पिसे हुए चूना पत्थर को पूर्व निर्धारित अनुपात में मिलाकर गीली पीसने की चक्की में लाते हैं। वहाँ इनको अच्छी तरह से मिलाकर घोल बनाया जाता है। इस घोल में 30% से 50% पानी की मात्रा होती है। अब इस घोल का विश्लेषण करके जाँच की जाती है और इसमें जिस पदार्थ की कमी होती है उसको मिलाकर ठीक संगठन का संशोधित घोल (Corrected slurry) बनाकर घोल को संग्राहकों में एकत्रित किया जाता है।

अब संशोधित घोल को पम्प द्वारा घूर्णी भट्टी के ऊपरी सिरे पर भेजते हैं। यहाँ भट्टी में न्यूनतम तापक्रम होता है। भट्टी का तापक्रम 250°C से 1700°C तक होता है। घूर्णी भट्टी के ढालू स्थिति में होने के कारण तथा अपने अक्ष पर घूमने के कारण, स्लरी धीरे-धीरे नीचे की ओर सरकती है। इस प्रकार जैसे-जैसे स्लरी भट्टी के निचले सिरे की ओर अग्रसर होती है वैसे-वैसे उच्च तापक्रम के कारण यह कठोर होने लगती है। जब स्लरी पूर्ण रूप से पक जाती है और छोटी-छोटी ग्रन्थियों (Modules) में बदल जाती है तो इसमें कुछ रासायनिक क्रियायें और होती हैं तथा ये ग्रन्थियाँ कुछ बड़े गोलों (5 mm - 10 mm) में बदल जाती हैं। ये ढेले ही प्रज्ञाम (Clinker) कहलाते हैं। क्लिंकर सीमेन्ट के ढेले हैं। क्लिंकर पिण्डों को भट्टी के निचले सिरे से सम्बद्ध शीतलन बेलनों में ले लिया जाता है जहाँ इनका शीतलन होता है। ठण्डा होने के बाद शीतलन बेलनों से निकले क्लिंकरों को एक गड्ढे में एकत्रित कर लिया जाता है जहाँ से इन्हें कन्वेयर बेल्ट द्वारा क्लिंकर संग्राहकों (Silos) में पहुँचा दिया जाता है।

अब क्लिंकर पिण्डों को बाल व ट्यूब मिलों में पीसकर सीमेन्ट तैयार कर लिया जाता है। सीमेन्ट जितना महीन होगा उतना ही अच्छी तरह सीमेन्ट के घटक पानी के सम्पर्क में आकर जलायोजित होंगे और शीघ्र जमकर कठोर हो जायेंगे। अत: क्लिंकरों की महीन पिसाई बहुत महत्वपूर्ण है। पिसाई दो चरणों में की जाती है—

(i) प्रारम्भिक पिसाई (Primary Grinding)—बॉल मिल का उपयोग किया जाता है तथा क्लिंकर के कण इस पिसाई के पश्चात् I.S. Sieve 12 (120 μ) से पारित हो जाते हैं।

(ii) अन्तिम पिसाई (Final Grinding)—ट्यूब मिल का उपयोग किया जाता है तथा क्लिंकर सीमेन्ट I.S. Sieve 9 (90 μ) से पारित हो जाता है। इस पिसाई के समय ही सीमेन्ट में जिप्सम मिला दिया जाता है।

अन्तिम पिसाई के बाद सीमेन्ट को 50 kg वाले बोरों में भरकर विक्रय के लिए भेज दिया जाता है। बड़े कार्यों पर 200 लीटर के ड्रमों अथवा वैगनों में भी सीमेन्ट सप्लाई किया जाता है।

2.3 सीमेन्ट के घटक व उनके प्रकार्य (Ingredients of Cement and their Functions)

सीमेन्ट के कच्चे पदार्थों में विभिन्न घटकों का प्रतिशत निम्नवत् होना चाहिए—

सीमेन्ट के घटक	प्रतिशत मात्रा
कैल्शियम ऑक्साइड (CaO)	60 – 67%
सिलिका (SiO_2)	17–25%
एलुमिना (Al_2O_3)	3·0 – 8·0%
कैल्शियम सल्फेट या जिप्सम ($CaSO_4$)	3·0 – 5·0%
लौह ऑक्साइड (Fe_2O_3)	0·5 – 6·0%
मैग्नीशियम ऑक्साइड (MgO)	0·1 – 4·0%
क्षार (K_2O, Na_2O)	0·4 – 1·3%
सल्फर ट्राई ऑक्साइड (SO_3)	1·0 – 3·0%

भारतीय मानक विशिष्टि (I.S. 269-1976) के अनुसार—

(a) चूने का सिलिका, एलुमिना तथा लौह ऑक्साइड के प्रतिशत के साथ अनुपात 0·66 से बड़ा तथा 1·02 से छोटा होना चाहिए।

$$0 \cdot 66 < \frac{CaO - 0 \cdot 7\,SO_3}{2 \cdot 8\,SiO_2 + 1 \cdot 2\,Al_2O_3 + 0 \cdot 65\,Fe_2O_3} < 1 \cdot 02$$

(b) एलुमिना ऑक्साइड का प्रतिशत तथा लौह ऑक्साइड के प्रतिशत का अनुपात 0·66 से बड़ा होना चाहिए।

(c) अघुलनशील पदार्थों का भार 4% से अधिक न हो।

(d) मैग्नीशिया का भार $\nless$ 6%

(e) कुल सल्फर की मात्रा < 2·75%।

(f) ज्वलन पर कुल हानि < 5%।

सीमेन्ट में इसके घटकों के कार्य निम्नलिखित हैं—

(1) चूना—इसमें सीमेन्ट का लगभग 2/3 भाग के बराबर सम्मिलित रहता है। यह सीमेन्ट को सामर्थ्य प्रदान करता है। अधिक मात्रा होने पर यह सीमेन्ट का प्रसार करता है तथा कम मात्रा में होने पर सीमेन्ट की सामर्थ्य घटती है।

(2) सिलिका—यह सीमेन्ट में लगभग $\frac{1}{5}$ भाग होती है तथा सीमेन्ट को सामर्थ्य प्रदान करती है। अधिक सिलिका से सीमेन्ट शीघ्र कठोर हो जाता है।

(3) एलुमिना—यह सीमेन्ट को शीघ्र जमने की शक्ति देता है। अधिक होने पर सीमेन्ट को कमजोर भी करता है।

(4) जिप्सम—यह सीमेन्ट के आरम्भिक जमावकाल को बढ़ाता है जिससे सीमेन्ट कंक्रीट तैयार करने, मौके पर ले जाने, बिछाने व कूटने के लिए पर्याप्त समय मिल जाता है।

(5) मैग्नीशिया—यह रासायनिक क्रियाओं में सहायक होती है। इसकी अधिकता सीमेन्ट पर हानिकारक प्रभाव डालती है।

(6) लौह ऑक्साइड—यह सीमेन्ट को भूरा रंग, कठोरता व सामर्थ्य प्रदान करता है।

(7) सल्फर ट्राई ऑक्साइड (SO_3)—यह सीमेन्ट को निर्दोषिता प्रदान करता है।

(8) क्षार (Alkalies)—इनकी अधिकता से सीमेन्ट में उत्फुल्लन (Efflorescence) उत्पन्न होता है।

2.4 सीमेन्ट का रासायनिक संगठन तथा जलायोजन क्रिया (Chemical Composition of Cement and Hydration of Cement)

जैसा कि ऊपर बताया गया है कि सीमेन्ट के कच्चे पदार्थों में उपस्थित ऑक्साइड जब घूर्णी भट्टी में उच्च तापमान (1700°C) के सम्पर्क में आते हैं तो ये कुछ मिश्रित यौगिक बनाते हैं। इन यौगिकों की मुख्य पहचान आर०एच० बोग (R.H. Bogue) के कार्य-सिद्धान्त पर आधारित है। इसलिए ये यौगिक बोग यौगिक (Bogue's Compounds) भी कहलाते हैं।

सीमेन्ट क्लिंकर में पाये जाने वाले चार मुख्य यौगिक निम्नवत् हैं—

यौगिक का नाम	रासायनिक सूत्र	लघु नाम	प्रतिशत अनुपात
ट्राई कैल्शियम सिलिकेट	$3\,CaO.\,SiO_2$	C_3S	54·1%
डाई कैल्शियम सिलिकेट	$2\,CaO.\,SiO_2$	C_2S	16·6%
ट्राई कैल्शियम एलुमिनेट	$3\,CaO.\,Al_2O_3$	C_3A	10·80%
टेट्रा कैल्शियम एल्युमिनो फैराइट	$4\,CaO.\,Al_2O_3.Fe_2O_3$	C_4AF	09·10%

बोग द्वारा मुख्य घटकों या यौगिकों की गणना हेतु प्रदान किये गये समीकरण निम्नलिखित हैं—

(a) Percentage of $C_3S = 4 \cdot 07\,(CaO) - 7 \cdot 60\,(SiO_2) - 6 \cdot 72\,(Al_2O_3) - 1 \cdot 43\,(Fe_2O_3) - 2 \cdot 85\,(SO_3)$

(b) Percentage of $C_2S = 2 \cdot 87\,(SiO_2) - 0 \cdot 754\,(3CaO.SiO_2)$

(c) Percentage of $C_3A = 2 \cdot 65\,(Al_2O_3) - 1 \cdot 69\,(Fe_2O_3)$

(d) $C_4AF = 3 \cdot 04\,(Fe_2O_3)$

कोष्ठकों में लिखे पदार्थों के ऑक्साइड सीमेन्ट के घटक हैं तथा इनके प्रतिशत के गुणांक को गुणा कोष्ठक के साथ लिए नियतांकों से करके समीकरण हल कर लिया जाता है तथा यौगिक की प्रतिशत मात्रा ज्ञात हो जाती है।

जलायोजन क्रिया—जब सीमेन्ट में पानी मिलाया जाता है तो यह क्रिया जलायोजन कहलाती है। सीमेन्ट की 70% से 80% तक सामर्थ्य C_2S तथा C_3S यौगिकों के कारण होती है। ये यौगिक ही सीमेन्ट में अम्लों व क्षारों के प्रति प्रतिरोध गुण उत्पन्न करते हैं। C_3S का जलायोजन सर्वप्रथम तथा उसके बाद अन्य यौगिकों का जलायोजन होता है। C_3A का योगदान सीमेन्ट की आरम्भिक सामर्थ्य में होता है।

सीमेन्ट के सभी घटक निर्जल (Anhydrous) अर्थात् शुष्क अवस्था में होते हैं। ये सभी यौगिक जल से अनुराग रखते हैं तथा जल के सम्पर्क में आने पर उससे रासायनिक क्रिया करते हैं। इन यौगिकों की जल के साथ क्रिया जलायोजन (hydration) कहलाती है।

जलायोजन क्रिया के मुख्य चरण निम्नवत् हैं—

(i) सबसे पहले ट्राई कैल्शियम एल्युमिनेट तथा टेट्रा कैल्शियम एल्युमिनो फैराइट (C_4AF) का जलायोजन होता है। अनुकूल परिस्थितियों में इनका जलायोजन लगभग 1 दिन में पूरा हो जाता है। सीमेन्ट की पहले-दूसरे दिन की सामर्थ्य इन्हीं यौगिकों के जलायोजन के कारण होती है।

(ii) इसके बाद ट्राई कैल्शियम सिलिकेट (C_3S) जो सीमेन्ट का सबसे महत्वपूर्ण घटक है, का जलायोजन होता है। लगभग एक सप्ताह में इसके काफी बड़े भाग का जलायोजन हो जाता है। सीमेन्ट के पहले-दूसरे महीने की सामर्थ्य इसी यौगिक के कारण होती है।

(iii) डाई-कैल्शियम सिलिकेट (C_2S) के जमाव की दर बहुत ही धीमी होती है। यह क्रिया वर्षों तक चलती रहती है, जबकि 28 दिन के बाद इसकी दर बहुत धीमी हो जाती है। सीमेन्ट की लम्बी अवधि तक इसके धीरे-धीरे सामर्थ्यवान होने का कारण यह यौगिक ही है।

C_3S की जल (H_2O) के साथ क्रिया के रासायनिक समीकरण निम्नवत् हैं—

$$2\,(3\,CaO.\,SiO_2) + 6\,H_2O \longrightarrow 3\,CaO.\,2\,SiO_2\,.\,3\,H_2O + 3\,Ca\,(OH)_2$$

इनके संगत भारों का समीकरण निम्नवत् है—

$$100 + 24 \longrightarrow 75 + 49$$

इसी प्रकार C_2S के लिए,

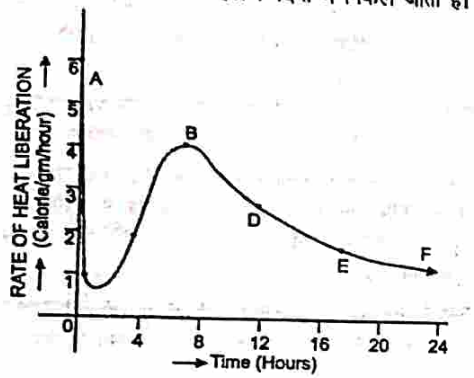
$$2\,(2\,CaO.\,SiO_2) + 4\,H_2O \longrightarrow 3\,CaO.\,2\,SiO_2\,.\,3\,H_2O + Ca\,(OH)_2$$

इसके संगत भारों का समीकरण

$$100 + 21 \longrightarrow 99 + 22$$

उपरोक्त समीकरण केवल अनुमान दर्शाती है। शत प्रतिशत सही होना आवश्यक नहीं है। वास्तविक समीकरण काफी जटिल है जिन्हें केवल अनुमान रूप में दर्शाया गया है।

भिन्न-भिन्न यौगिक भिन्न-भिन्न दर से क्रिया करते हैं तथा भिन्न-भिन्न सामर्थ्य प्रदान करते हैं। सीमेन्ट में पानी मिलाने पर इसमें जो रासायनिक क्रिया होती है, उस जलायोजन क्रिया के दौरान, सीमेन्ट से ऊष्मा निकलती है। इसका मान 120 कैलोरी प्रति ग्राम सीमेन्ट हो सकता है जिसमें 80 कैलोरी ऊष्मा पहले 7 दिनों में निकल जाती है।



ऊष्मा निकासी का ग्राफ (जमते सीमेंट के लिए)

बड़े एवम् भारी कार्यों में जलायोजन क्रिया के दौरान निष्कासित ऊष्मा के कारण कभी-कभी तापक्रम में 18°C से 30°C तक वृद्धि हो जाती है। तापक्रम वृद्धि आरम्भ के दिनों में सर्वाधिक होती है जिसे उपरोक्त ग्राफ में प्रदर्शित किया गया है। इस तापक्रम वृद्धि के दो नुकसान हैं—

(1) बाह्य सतह हवा के सम्पर्क में रहने के कारण शीघ्र ठंडी हो जाती है। इससे बाहर एवम् अन्दर की कंक्रीट में तापक्रम भिन्न हो जाता है जिसके कारण कंक्रीट कार्य में दरारें पड़ जाती हैं। इसके कारण बड़ी व भारी सीमेन्ट कंक्रीट संरचनाओं में अन्दर की तरफ शीतलन की व्यवस्था करनी पड़ती है जिस पर बहुत अधिक व्यय करना पड़ता है।

(2) लगभग 35°C तापक्रम पर सीमेन्ट के जमाव की दर इतनी अधिक हो जाती है कि सीमेन्ट के जमने से पहले संहनन करना मुश्किल हो जाता है।

2.5 सीमेन्ट के भौतिक गुण (Physical Properties of Cement)

निर्माण कार्यों में प्रयोग हेतु सीमेन्ट में कुछ आवश्यक भौतिक गुणों का होना अनिवार्य है। जब ये गुण निर्धारित सीमा के अन्दर पाये जाते हैं तो सीमेन्ट को प्रयोग करते समय अभियन्ताओं को यह भरोसा रहता है कि यह सीमेन्ट संतोषजनक रूप से कार्य करेगा। इन गुणों के आधार पर विभिन्न स्रोतों से प्राप्त सीमेन्ट को तुलनाकर, सर्वोत्तम सीमेन्ट का पता लगाया जा सकता है। सीमेन्ट की प्रमुख भौतिक विशेषतायें निम्न हैं—

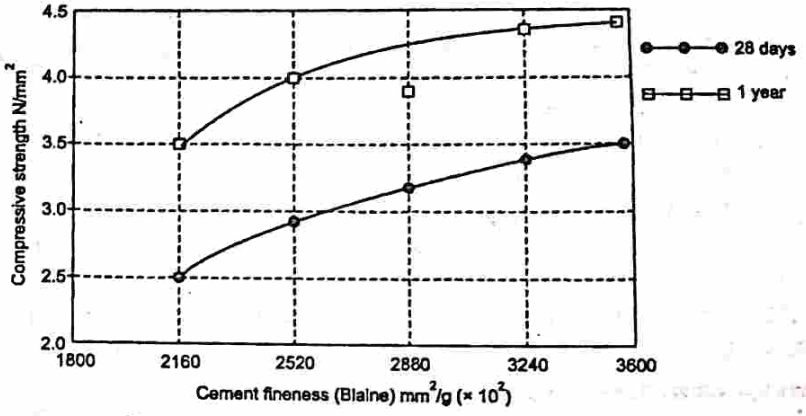
2.5.1 सूक्ष्मता (Fineness)

सीमेन्ट के कणों की महीनता या सूक्ष्मता को दो प्रकार से ज्ञात किया जा सकता है—

(i) **चालनी परीक्षण**—इस परीक्षण में सीमेन्ट को 90 माइक्रोन की चालनी (sieve) से छाना जाता है। चालनी पर बचा अवशेष 10% से अधिक नहीं होना चाहिये।

(ii) **सतही क्षेत्रफल परीक्षण**—सीमेन्ट में कणों की महीनता को सतह के विशिष्ट क्षेत्रफलों के द्वारा भी व्यक्त किया जाता है। इस हेतु ब्लेन एयर परमिएबिलिटी विधि (Blain Air Permability Method (IS-4031-Part-2)) का प्रयोग करते हैं।

इस दिये गये भार के सीमेन्ट प्रतिदर्श का सतही क्षेत्रफल महीन सीमेन्ट के लिये अधिक होता है। सतही क्षेत्रफल मोटे कणों वाले सीमेन्ट के लिये कम होगा। जितनी सीमेन्ट महीन होगा उतनी ही जल-योजन (hydration) क्रिया तीव्र होगी क्योंकि रासायनिक क्रिया हेतु अधिक क्षेत्रफल उपलब्ध होगा। इससे सामर्थ्य शीघ्र प्राप्त होगी। यदि सीमेन्ट को अत्यधिक महीन कर दिया जायेगा तो इसका विपरीत प्रभाव होगा। अत्यधिक महीन कण वातावरण की नमी से क्रिया कर पहले ही जमना शुरू कर देंगे और सीमेन्ट की सामर्थ्य घट जायेगी।



(सीमेण्ट की सूक्ष्मता का कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य पर प्रभाव)

2.5.2 जमाव काल (Setting Time)

सीमेन्ट में जब पानी मिलाया जाता है तो इसका एक पेस्ट बन जाता है जो धीरे-धीरे कठोर होता जाता है। इसे सीमेन्ट का जमना कहते हैं। अन्ततः सीमेन्ट पूर्ण कठोर हो जाता है। इस क्रिया में जो समय लगता है उसे जमाव काल कहते हैं। जमाव काल को दो भागों में बांटा जा सकता है—

(i) प्रारम्भिक जमाव काल (Initial Setting Time)

(ii) अन्तिम जमाव काल (Final Setting Time)

प्रारम्भिक जमाव काल वह समय है जब सीमेन्ट पेस्ट कठोर होना प्रारम्भ करता है। अन्तिम जमाव काल वह समय है जब सीमेन्ट पूर्ण कठोर हो जाता है।

यहाँ पर यह ध्यान देना आवश्यक है कि सीमेन्ट के प्रयोग के समय मिलाने, परिवहन तथा बिछाने की क्रियाएँ होती हैं, अतः प्रारम्भिक जमाव काल इतना होना चाहिये कि ये सभी क्रियाएँ सरलता से सम्पन्न हो सकें। साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव काल 30 मिनट से कम नहीं होना चाहिये। यदि यह 30 मिनट से कुछ अधिक है तो भी कोई परेशानी नहीं है परन्तु 30 मिनट से कम होना भारतीय मानकों के अनुसार अनुमन्य नहीं है। इसी प्रकार अन्तिम जमाव काल 600 मिनट (10 घण्टे) से अधिक होना अनुमन्य नहीं है। 10 घण्टे से कम अन्तिम जमाव काल होने पर भी कोई समस्या उत्पन्न नहीं होती।

सीमेन्ट के जमाव काल को मापने के लिये विकाट उपकरण (Vicat's apparatus) का प्रयोग किया जाता है।

यह प्रयोग IS 4031, IS 269 के अनुसार सम्पन्न किये जाते हैं। अन्त में प्रयोगात्मक भाग में ये प्रयोग विस्तर से दिये गये हैं।

2.5.3 निर्दोषता (Soundness)

सीमेन्ट में मुक्त चूने की उपस्थिति उसमें दोष उत्पन्न करती है। सीमेन्ट में जमने के पश्चात उसके आयतन में वृद्धि हो जाती है जिससे उसमें दरारें पड़ने तथा फटने की संभावना बनी रहती है। यह सभी सीमेन्ट में चूने तथा मैग्नीशिया (magnesia) की उपस्थिति के कारण होता है। मुक्त चूना बहुत धीरे-धीरे जलायोजित (hydrate) होता है। इसका कारण यह है कि यह सीमेन्ट की पतली फिल्म से ढका रहता है जिससे यह पानी के सम्पर्क में नहीं आ पाता। सीमेन्ट के जमने के पश्चात् पानी चूने के अन्दर प्रवेश कर पाता है तथा तब इसका जलयोजन होता है। इस कारण से आयतन में वृद्धि होती है और दरारें उत्पन्न हो जाती हैं। ऐसा ही मैग्नीशिया की उपस्थिति से भी होता है। इस दोष को दूर करने पर सीमेन्ट की निर्दोषिता (soundness) में वृद्धि होती है। जिसके निम्न उपाय हैं—

(a) सीमेन्ट में MgO की मात्रा 0.5% से कम रखना।
(b) सीमेन्ट को महीन पीसना (fine grinding)।
(c) सीमेन्ट को कुछ समय तक वायु-प्रसार (aerate) करना।
(d) अच्छी प्रकार से मिलाना (mixing)।

सीमेन्ट की निर्दोषता (soundness) ली चैटलियर उपकरण (Le Chatelier Test) के द्वारा ज्ञात की जाती है। IS-269-1989 के अनुसार इसका मान 10 mm से कम होना चाहिये।

निर्दोषिता को नापने के लिये ऑटोक्लेव टैस्ट (Autoclave Test) का भी प्रयोग किया जाता है। इसका मान 0.8% से कम आना चाहिये।

2.5.4 सम्पीड़न सामर्थ्य (Compressive Strength)

यह सीमेन्ट की प्रमुख विशेषताओं में से एक है। सम्पीड़न सामर्थ्य ज्ञात करने के लिये सीमेन्ट के मानक बालू के साथ 1:3 वा मिश्रण बनाकर, गणना के अनुसार पानी मिलाकर 7.06 cm माप के घन (cube) तैयार किये जाते हैं। जिनकी सम्पीड़न सामर्थ्य मापन मशीन में 3 एवं 7 दिन की तराई के पश्चात् जाँच की जाती है। यह प्रक्रिया IS : 650–1991 के अनुसार की जाती है। 28 दिन के पश्चात् आने वाली सामर्थ्य सीमेन्ट के ग्रेड के अनुसार होती है।

मानक रेत तमिलनाडु के एनोर (Ennor) स्थान से प्राप्त होता है। यह ब्रिटेन के मानक रेत Leighton Buzzard से काफी मिलता जुलता है। यह light grey रंग का होता है तथा क्वार्ट्ज (Quartz) पत्थर से प्राप्त होता है। यह IS : 850 – μm चालनी से पूरा पास हो जाता है तथा IS : 600 – μm चालनी से केवल 10% तक ही पास होता है। यह सिल्ट तथा कार्बनिक अशुद्धियों से मुक्त होता है। इसके कण नुकीले होते हैं।

2.5.5 जलयोजन की उष्मा (Heat of Hydration)

"The silicates and aluminates of cement react with water to form a binding medium, which hardened into a solid mass." सिलिकेट एवं एलुमिनेटस की जल से क्रिया के पश्चात् कठोर पदार्थ बनाने की क्रिया सीमेन्ट का जलयोजन कहलाती है। इसमें उष्मा निकलती है, जिसकी मात्रा 120 cal/gm तक होती है। सतह का तापमान 50°C तक हो जाता है। "Heat of hydration is defined as the quantity of heat, in calories per gm of hydrated cement, liberated on complete hydration at a given temperature."

सीमेन्ट की जलयोजन की उष्मा की दर सीमेन्ट की महीनता से बढ़ती है परन्तु कुल उष्मा की मात्रा पर सीमेन्ट की महीनता का कोई प्रभाव नहीं पड़ता।

2.5.6 विशिष्ट गुरुत्व (Specific Gravity)

सीमेन्ट का विशिष्ट गुरुत्व साधारणतः 3.15 होता है। परन्तु यदि सीमेन्ट limestone और clay के अलावा किसी अन्य पदार्थ से बना हो तो इसका मान भिन्न हो सकता है। विशिष्ट गुरुत्व सीमेन्ट की गुणवत्ता को नहीं प्रदर्शित करता है। इसका प्रयोग केवल mix design में किया जाता है।

2.6 सीमेन्ट के प्रकार (Types of Cement)

सामान्य निर्माण कार्यों में प्रयोग होने वाला सीमेन्ट साधारण अथवा पोर्टलैण्ड सीमेन्ट है। केवल सीमेन्ट का तात्पर्य इस सीमेन्ट से ही होता है लेकिन विशेष परिस्थितियों के लिए विशेष गुणों वाले सीमेन्ट बनाये जाते हैं। इन विशेष सीमेन्टों का प्रयोग केवल विशेष परिस्थितियों में ही किया जाता है।

कुछ मुख्य सीमेन्ट निम्न प्रकार हैं—

(a) साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (Ordinary Portland Cement)
(b) शीघ्र कठोरीकृत सीमेन्ट (Rapid Hardening Cement)
(c) अतिशीघ्र कठोर होने वाला सीमेन्ट (Extra Rapid Hardening Cement)
(d) शीघ्र जमने वाला सीमेन्ट (Quick Setting Cement)
(e) उच्च एलुमिना सीमेन्ट (High Alumina Cement)
(f) पोर्टलैण्ड पोजोलाना सीमेन्ट (Portland Pozzolana Cement)
(g) पोर्टलैण्ड धातुमल सीमेन्ट (Portland Blast Furnace Slag Cement)
(h) अल्प-ऊष्मा पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (Low Heat Portland Cement)
(i) सुपर-सल्फेट सीमेन्ट (Super-sulphate Cement)
(j) सफेद पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (White Portland Cement)
(k) जलत्रास पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (Hydrophobic Portland Cement)
(l) उच्च सामर्थ्य वाला पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (High Strength Ordinary Portland Cement)
(m) तेल कूपक सीमेन्ट (Oil Well Cement)
(n) सल्फेट प्रतिरोधी सीमेन्ट (Sulphate Resisting Cement)
(o) प्रसारक सीमेन्ट (Expanding Cement)
(p) अम्लरोधी सीमेन्ट (Acid-resisting Cement)
(q) रंगीन सीमेन्ट (Coloured Cement)
(r) वायुग्राही सीमेन्ट (Air-entraining Cement)
(s) चिनाई सीमेन्ट (Masonary Cement)

2.6.1 साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट (Ordinary Portland Cement (IS 269 : 1976))

यह सर्वाधिक उपयोग किया जाने वाला सामान्य सीमेन्ट है। यह निम्न ग्रेड में उपलब्ध है—

(i) O.P.C. 33 Grade (I.S. 269 – 1989)
(ii) O.P.C. 43 Grade (I.S. 8112 – 1989)
(iii) O.P.C. 53 Grade (I.S. 12269 – 1987)

(नोट—सीमेन्ट का ग्रेड इसकी 28 दिन पर क्यूब की संपीडन सामर्थ्य को N/mm^2 में दर्शाता है।)

उच्च ग्रेड इसकी शीघ्र सामर्थ्य ग्रहणता को दर्शाता है। इसके गुणों का वर्णन पहले भी किया जा चुका है। इसका प्रारम्भिक जमाव काल न्यूनतम 30 मिनट है तथा अन्तिम जमाव काल अधिकतम 10 घण्टे होता है। यह 50 kg के बोरों में उपलब्ध है। I.S. चालनी संख्या 09 पर छानने पर अवशेष 10% से अधिक नहीं बचता। ब्रिकेट परीक्षण द्वारा 3 दिन बाद तनन सामर्थ्य $2 N/mm^2$ तथा सम्पीडन सामर्थ्य $11{\cdot}5 N/mm^2$ से कम नहीं होनी चाहिए। मैग्नीशिया की मात्रा 5% से अधिक नहीं होनी चाहिए। यह सीमेन्ट सभी सामान्य निर्माण कार्यों; जैसे—चिनाई, प्लास्तर, टीप, सादा तथा प्रबलित कंक्रीट आदि में इस्तेमाल होता है।

तालिका (2.1) : साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के भौतिक एवं रासायनिक गुण

Type of Cement Indian Standard	Grade 33 I.S. : 269-1989	Grade 43 I.S. : 8112-1989	Grade 53 I.S. : 12269-1987
भौतिक गुण (Physical Properties)			
Minimum compressive strength			
3-days	16	23	27
7-days	22	33	37
28-days	33	43	53
Fineness			
Minimum specific surface (Blaine's air permeability method, m^2/kg)	225	225	225
Setting time (min)			
Initial, min.	30	30	30
Final, max.	600	600	600
Soundness, expansion			
Le Chatelier test (mm), max.	10·0	10·0	10·0
Autoclave test for MgO (%), max.	0·8	0·8	0·8
रासायनिक गुण (Chemical Properties)			
Loss on ignition (%), max.	5·0	5·0	4·0
Insoluble residue (%), max.	4·0	2·0	2·0
Magnesia MgO (%), max.	6·0	6·0	6·0
SO_3 (%), maximum for			
$C_3A^* > 5\%$	2·5	2·5	2·5
$C_3S^{**} > 5\%$	3·0	3·0	3·0
Lime saturation factor (LSF)	0·66 – 1·02	0·66 – 1·02	0·8 – 1·02
Lime-alumina ratio min.	0·66	0·66	0·66

$^*C_3A = 2{\cdot}65(Al_2O_3) - 1{\cdot}69(Fe_2O_3)$

$^{**}(C_3S) = 4{\cdot}07(CaO) - 7{\cdot}6(SiO_2) - 6{\cdot}72(Al_2O_3) - 1{\cdot}43(Fe_2O_3) - 2{\cdot}85(SO_3)$.

2.6.2 शीघ्र कठोर होने वाला सीमेन्ट (Rapid Hardening Portland Cement) (I.S. 8041-E-1976)

यह भी साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के समान है परन्तु जैसा कि नाम से ही विदित होता है कि यह शीघ्र कठोर होकर शीघ्र सामर्थ्य ग्रहण करने लगता है। यह सीमेन्ट फौरी (Urgent) प्रकृति के कार्यों में; जैसे—युद्ध के समय सड़क एवं पुल बनाने आदि कार्यों में प्रयोग किया जाता है।

सीमेन्ट की जमने की दर इस बात पर निर्भर करती है कि इसके यौगिकों को पानी के सम्पर्क में आने व क्रिया करने में कितना समय लगता है। यदि सीमेन्ट को महीन पीस लिया जाये तो इससे सीमेन्ट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल बढ़ जाता है जिसके फलस्वरूप सीमेन्ट के यौगिक शीघ्र अधिक पानी के सम्पर्क में आयेंगे। इसलिए इस सीमेन्ट की पिसाई अधिक महीन की जाती है।

इसकी विशिष्टियाँ निम्न प्रकार हैं—

(i) विशिष्ट सतही क्षेत्रफल $3250 cm^2/gm$ से कम नहीं होना चाहिए।

(ii) ली-शैटेलियर उपकरण के संकेतकों के बीच अधिकतम दूरी 10 mm होनी चाहिए।

(iii) I.S. Sieve No. 09 पर अवशेष 5% से अधिक नहीं होने चाहिएँ।
सीमेन्ट में ट्राई कैल्शियम सिलिकेट ($3 CaO . SiO_2$) की मात्रा अधिक होने पर भी सीमेन्ट शीघ्र कठोर हो जाता है। परन्तु, अधिक CaO की उपस्थिति सीमेन्ट में दोष उत्पन्न करती है।

(iv) इस सीमेन्ट की 1 दिन बाद तनन सामर्थ्य $21 kg/cm^2$ से तथा सम्पीडन सामर्थ्य $160 kg/cm^2$ से कम नहीं होनी चाहिए।

2.6.3 अतिशीघ्र कठोर होने वाला सीमेन्ट (Extra Rapid Hardening Cement) (I.S. 8041-1990)

इस सीमेन्ट को शीघ्र कठोर होने वाले सीमेंट में कैल्शियम क्लोराइड मिलाकर प्राप्त किया जाता है। इसे कैल्शियम क्लोराइड सीमेंट भी कहते हैं। सीमेंट में 2% तक कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$) मिलाने पर यह बहुत शीघ्र कठोर हो जाता है। इस सीमेन्ट के जमने पर प्रारम्भिक जमाव काल में काफी ऊष्मा निकलती है जो इसे ठण्डे मौसम में उपयोग लाने में बाध्य करती है। जमाव के पहले-दूसरे दिन इस सीमेन्ट की सामर्थ्य शीघ्र कठोर होने वाले सीमेन्ट से लगभग 25% अधिक होती है तथा 7 दिन बाद यह लगभग 10 से 20% अधिक रह जाती है और लगभग 90 दिनों के बाद इस सीमेन्ट की सामर्थ्य साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के लगभग समान हो जाती है। कंक्रीटन संक्रियायें; जैसे परिवहन, बिछाना, कूटना, फिनिशिंग आदि क्रियायें इस सीमेन्ट के लिए 20 मिनट के अन्दर पूर्ण कर लेनी चाहिए।

2.6.4 शीघ्र जमने वाला सीमेन्ट (Quick Setting Portland Cement)

जब कोई निर्माण अथवा मरम्मत कार्य बहते अथवा खड़े जल में करना होता है तब इस सीमेंट का उपयोग किया जाता है। यह सीमेंट बहुत शीघ्र जमता है। इसका प्रारम्भिक जमाव काल 5 मिनट से भी कम तथा अन्तिम जमाव काल 30 मिनट होता है। सीमेंट का जमाव समय जिप्सम ($CaSO_4$) की मात्रा पर निर्भर करता है। यदि सीमेंट में जिप्सम न मिलाया जाये तो यह शीघ्र जम जाता है। अतः इस सीमेन्ट में क्लिंकर पिसाई के समय जिप्सम नहीं मिलाया जाता है जिसके कारण इसमें शीघ्र जमाव का गुण आ जाता है। इस सीमेंट का प्रारम्भिक जमाव काल 5 मिनट होने के कारण इस सीमेंट से मसाला या कंक्रीट बनाने व प्रयोग करने में बहुत शीघ्रता करनी पड़ती है। इस कारण सामान्य प्रकृति के कार्यों में इस सीमेन्ट का प्रयोग नहीं किया जाता है।

2.6.5 उच्च एलुमिना सीमेंट (High Alumina Portland Cement) (I.S. 6452-1972)

इस सीमेंट के लिए कच्चे पदार्थ के रूप में चूना पत्थर तथा बॉक्साइट (Bauxite) के निश्चित अनुपात को भट्टी में गर्म किया जाता है। भट्टी को कोयला अथवा ईंधन तेल द्वारा 1550°C से 1600°C तक के तापमान पर लाया जाता है। इस प्रकार चूना पत्थर (Lime stone) तथा बॉक्साइट (Bauxite) के इस पिघले हुए मिश्रण को साँचे में भर लिया जाता है। इन ढालित सीमेंट खण्डों को पिग्स् (Pigs) कहते हैं।

अब इन खण्डों को क्रशर द्वारा छोटे-छोटे टुकड़ों में संदलित कर लेते हैं। तदोपरान्त इसे ट्यूब मिल में महीन पीसा जाता है। इसका विशिष्ट सतही क्षेत्रफल 3000 cm^2 / gm होता है। इस सीमेंट में ट्राई कैल्शियम एल्युमिनेट (C_3A) की मात्रा 35 से 55% तक होती है। इसलिए यह भी बहुत जल्दी सामर्थ्य ग्रहण कर लेता है। यह सीमेंट अम्लरोधी, तुषारोधी तथा सल्फेट रोधी होता है। यह सीमेंट कोलतार उद्योग, रासायनिक प्रयोगशालाओं व तेलशोधक कारखानों के फर्श बनाने में प्रयोग किया जाता है।

2.6.6 पोर्टलैण्ड पोजोलाना सीमेंट (पी० पी० सी०) (Portland Pozzolana Cement) (I.S. 1489-1991)

साधारण सीमेंट में 15% से 35% तक पोजोलाना पदार्थ मिलाकर पोजोलाना सीमेंट तैयार किया जाता है। पोजोलाना स्वयं में मृत्तिकामय निष्क्रिय पदार्थ होते हैं तथा इनमें स्वयं में कोई बन्धक गुण नहीं होता। परन्तु जब इन्हें महीन पीसकर जल की उपस्थिति में कैल्शियम हाइड्रॉक्साइड के साथ क्रिया के लिए मिलाया गया तो इनमें बन्धक गुण उत्पन्न हो जाता है। अत: ये बन्धक पदार्थ में जब किसी निश्चित अनुपात में मिलाये जाते हैं तो ये भी सक्रिय होकर बन्धकता का गुण प्रदर्शित करते हैं।

विशेष प्रकार की मिट्टी, ज्वालामुखियों से निकलने वाली राख, सुर्खी, कोयले की जली-राख धान के छिलके (Rice husk) आदि पोजोलाना पदार्थ हैं। सीमेंट में कुछ मात्रा में पोजोलाना पदार्थ मिलाने से उसकी सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है। इसके अतिरिक्त इन पदार्थों के सस्ते होने के कारण सीमेंट का मूल्य थोड़ा कम हो जाता है। पोजोलाना पदार्थ को सीमेंट में पीसकर मिलाया जाता है। पोजोलाना सीमेंट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल 3000 cm^2 / gm होता है। इस सीमेंट की 7 दिन की सम्पीडन सामर्थ्य 220 kg / cm^2 तथा 28 दिन की सम्पीडन सामर्थ्य 310 kg / cm^2 से कम नहीं होनी चाहिए। इस सीमेंट के जलायोजन में ऊष्मा निकास साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट की अपेक्षा कम होता है। साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट में उपस्थित मुक्त चूने के कारण जलीय संरचनाओं; जैसे—बाँध, पुल, वीयर आदि में लीचिंग (Leaching) हो सकती है। पोजोलाना सीमेंट में मुक्त चूना नहीं होता है। अत: इससे बनी जलीय संरचनाओं की पारगम्यता कम होती है। इस सीमेंट का रासायनिक प्रतिरोध भी बेहतर होता है परन्तु पोजोलाना पदार्थ की अधिकता सीमेंट में संकुचन तथा अल्प सामर्थ्य उत्पन्न करती है। अत: पोजोलाना पदार्थ की मात्रा निर्धारित सीमा (35%) से अधिक नहीं होनी चाहिए। अधिक सामर्थ्यवाला पी० पी० सी० (सामर्थ्य 43 and 53 N/ mm^2) साधाराण पोर्टलैंट सीमेंट से बेहतर माना जाता है परन्तु सामर्थ्य ग्रहण करने की दर कुछ कम होती है जिससे तराई लम्बे समय तक करनी पड़ती है।

2.6.7 पोर्टलैण्ड धातुमल सीमेंट (Portland Blast Furnace Slag Cement) (I.S. 455-1976)

साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट के क्लिंकर, जिप्सम तथा भट्टी के रवेदार धातुमल (Granulated slag) को मिश्रित करके पीसकर पोर्टलैण्ड वात भट्टी धातुमल सीमेंट बनाया जाता है। कच्चे लोहे के उत्पादन में वात भट्टी से काफी मात्रा में धातुमल निकलता है। वात भट्टी से निकले धातुमल में बंधक गुण होते हैं। साधारणत: 1 टन कच्चा लोहा बनाने में 1 टन ही धातुमल निकलता है। यह धातुमल एक बेकार पदार्थ माना जाता है। लेकिन इसमें सीमेंट के सभी मूल तत्त्व; जैसे—सिलिका, एल्युमिना व चूना उपस्थित होते हैं। इनका अनुपात इस बात पर निर्भर करता है कि धातुमल अम्लीय है अथवा क्षारीय। धातुमल का उपयोग सीमेंट उत्पादन में किया जा सकता है। इसके लिए गर्म धातुमल जैसे ही वात भट्टी के बाहर आता है उसके ऊपर पानी की फुहार डालकर उसे ठण्डा कर लेते हैं। ऐसा करने से धातुमल टूटकर रवेदार रूप में बदल जाता है। इसे सुखा लेते हैं। अब इसे क्लिंकर के साथ एक निश्चित अनुपात में मिलाकर पीस लिया जाता है। इस सीमेंट की सामान्य विशिष्टियाँ व गुण साधारण सीमेंट जैसे ही होते हैं। इन्हें उन सभी कार्यों में प्रयोग किया जा सकता है जिनके लिए साधारण सीमेंट उपयुक्त है। धातुमल के उपयोग से एक तो यह सीमेंट सस्ता पड़ता है। दूसरे, धातुमल के निपटान (Disposal) की समस्या भी हल हो जाती है। इस सीमेंट के जलायोजन में ऊष्मा भी कम निकलती है जिससे यह भारी कंक्रीट कार्यों के लिए अधिक उपयुक्त है। इसका सल्फेट प्रतिरोध भी काफी अच्छा है, अत: समुद्री पानी वाली रचनाओं के लिए भी काफी उपयुक्त है।

2.6.8 अल्प ऊष्मा सीमेंट (Low Heat Portland Cement) (I.S. 269-1976)

हम जानते हैं कि सीमेंट की जलायोजन क्रिया एक ऊष्माक्षेपी (Exothermic) अभिक्रिया है जो जलायोजन के समय काफी बड़ी मात्रा में ऊष्मा उत्पन्न करती है। इस ऊष्मा उत्सर्जन से कंक्रीट में दरारें पड़ना स्वाभाविक है। अत: इस समस्या के

निवारण हेतु तकनीकीज्ञों को अल्प ऊष्मा सीमेंट बनाने के लिए बाध्य होना पड़ा। ऊष्मा निकास की दर को कम करने के लिए सीमेंट में उपस्थित C_3S तथा C_3A यौगिकों की मात्रा को कम तथा C_2S की मात्रा को बढ़ा दिया जाता है। चूँकि जलायोजन के समय C_3S तथा C_3A सबसे पहले क्रिया करते हैं तथा ऊष्मा को निष्कासित करते हैं, जबकि C_2S का जलायोजन धीमी गति से होता है। अत: C_3S तथा C_3A का अनुपात कम कर दिया जाता है जिससे ऊष्मा निकास की दर धीमी पड़ जाती है।

भारतीय मानक विशिष्टियों के अनुसार अल्प ऊष्मा सीमेंट की जलायोजन क्रिया के फलस्वरूप ऊष्मा निष्कासन निम्नवत् होना चाहिए—

7 दिन — 65 कैलोरी/ग्राम से कम।
28 दिन — 75 कैलारी/ग्राम से कम।

इस सीमेंट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल 3200 cm^2 / gm से कम नहीं होना चाहिए। इसकी 7 दिन की सम्पीडन सामर्थ्य 160 kg / cm^2 होती है, जबकि साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट की 220 kg / cm^2। अन्य गुण; जैसे—जमाव काल, निर्दोषिता आदि साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट के समान ही होते हैं। इस सीमेंट का रासायनिक प्रतिरोध अपेक्षाकृत अधिक अच्छा होता है।

2.6.9 सुपर सल्फेट सीमेंट (Super Sulphate Cement) (I.S. 6909-1973)

सुपर सल्फेट सीमेंट को 80–85% रवेदार धातुमल, 10–15% कठोर जले हुए जिप्सम तथा लगभग 5% पोर्टलैण्ड सीमेंट क्लिंकर को एक साथ महीन पीसकर बनाया जाता है। इसे पोर्टलैण्ड सीमेंट की अपेक्षा अधिक महीन पीसा जाता है। इसका विशिष्ट सतही क्षेत्रफल 4000 सेमी^{2}/ग्राम से कम नहीं होना चाहिए। इस सुपर सल्फेट सीमेंट की ऊष्मा निकास दर बहुत धीमी होती है। 7 दिनों पर 40–45 कैलोरी/ग्राम तथा 28 दिनों पर 45-50 कैलोरी/ग्राम होती है। यह सीमेंट उच्च सल्फेट प्रतिरोध रखता है।

2.6.10 सल्फेट प्रतिरोधी सीमेंट, एस० आर० सी० (Sulphate Resisting Cement) (I.S. 12330-1988)

यह सीमेन्ट भी सल्फेट प्रतिरोध हेतु प्रयोग किया जाता है। घुलनशील सल्फेट लवण जैसे सोडियम सल्फेट (Na_2SO_4) एवं कैल्शियम सल्फेट ($CaSO_4$) जब भूमि जल या मिट्टी से कंक्रीट के छिद्रों से प्रवेश कर जाते हैं तो ये ट्राई कैल्शियम एलुमिनेट (C_3A) से क्रिया करने लगते हैं जिसके फलस्वरूप एट्रिंगाईट (Ettringite) बनता है जिसका आयतन क्रिया करने वाले पदार्थों से अधिक होता है जिस कारण आन्तरिक दाब में वृद्धि हो जाती है और कंक्रीट की सतह पर दरारें (Cracks) पड़ने लगती हैं। एस०आर०सी० में C_3A की मात्रा कम रखी जाती है जिससे सल्फेट प्रतिरोधकता बढ़ जाती है। इसके अन्य गुण ओ० पी० सी० के समान होते हैं।

तालिका (2.2) : पी०पी०सी०, पी०बी०एस०सी०, एस०आर०सी० एवं सफेद सीमेंट के भौतिक एवं रासायनिक गुण

Type of Cement Indian Standard	PPC I.S. : 1489-91 (Part I)	PBSC I.S. : 455-89	SRC I.S. : 12330-88	White Cement I.S. : 8042-89
भौतिक गुण (Physical Properties)				
Minimum compressive strength				
3-days	16	16	10	14·4
7-days	22	22	16	19·8
28-days	33	33	33	29·7

Fineness				
Minimum specific surface (Blaine's air permeability method, m^2/kg)	300	225	225	225
Setting time (min)				
Initial, min.	30	30	30	30
Final, max.	600	600	600	600
Soundness, expansion				
Le Chatelier test (mm), max.	10·0	10·0	10·0	10·0
Autoclave test for MgO (%), max.	0·8	0·8	0·8	0·8
(% by weight of cement)				
Fly ash	15–35	—	—	—
GGBS*	—	35–70	—	—
Degree of Whiteness (%), min.	—	—	—	70
रासायनिक गुण (Chemical Properties)				
Loss on ignition (%), max.	5·0	5·0	5·0	—
Iron oxide (%), max.	—	—	—	1·0
Insoluble residue (%), max.		4·0	4·0	2·0
Magnesia MgO (%), max.	6·0	8·0	6·0	6·0
Sulphur (%), max. as				
Sulphuric anhydride (SO_3)	3·0	3·0	2·5	2·75* 3·0**
Lime saturation factor (LSF)	—	—	0·66–1·02	0·66–1·02
Tricalcium aluminate (C_3A), max.	—	—	5·0	—
Tetracalcium aluminoferrite + 2 tricalcium aluminate ($C_4AF + 2C_3A$), max.	—	—	—	25·0

PPC denotes Portland pozzolana cement, PBSC denotes Portland blast-furnace slag cement, and SRC denotes sulphate-resisting cement.

GGBS denotes ground, granulated blast-furnace slag.

[4·0 (100 − x / x] where x is the declared percentage of pozzolana in PPC.

* For $C_3A \leq 7\%$

** For $C_3A > 7\%$

2.6.11 सफेद सीमेन्ट (White Cement)

साधारण सीमेन्ट में सिलेटी रंग आइरन ऑक्साइड की उपस्थिति के कारण होता है। सफेद सीमेंट में कच्चा माल इस प्रकार से चुना जाता है कि उसमें आइरन ऑक्साइड की मात्रा 1% से अधिक न हो। इसका प्रयोग सजावटी कार्यों में किया जाता है। सफेद सीमेन्ट I.S. : 269-1989 के अनुसार सभी विशिष्टियाँ रखता है। सफेद सीमेन्ट में रासायनिक रंग मिलाकर रंगीन सीमेंट प्राप्त किया जाता है।

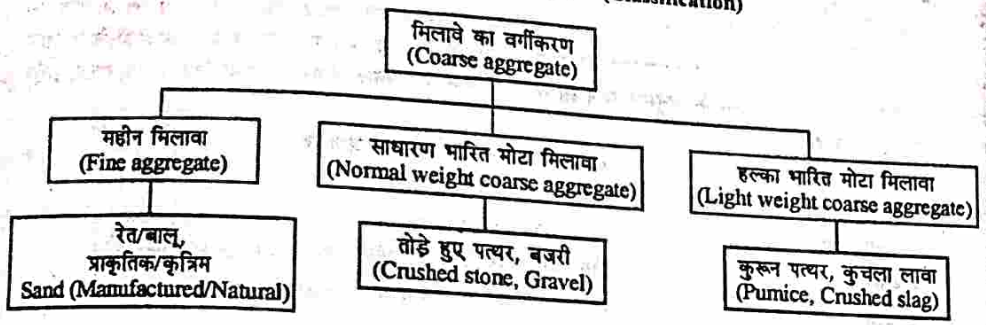
सीमेन्ट का रंग	—	रासायनिक रंग जो मिलाया जाता है
सिलेटी (ग्रे)	—	लैम्प ब्लैक (Lamp black)
नीला/काला	—	कार्बन ब्लैक (Carbon black)
काला	—	ब्लैक ऑक्साइड आफ मैंगनीज (Mineral black)
नीला	—	अल्ट्रामैराइन ब्लू (Ultramarine blue)
भूरा–लाल	—	रैड ऑक्साइड (Red Oxide of Iron)
लाल (चमकीला)	—	मिनरल टर्की रेड (Mineral Turkey Red)
पीला	—	यैलो ऑक्साइड (Yellow Oxide)
हरा	—	क्रोमियम ऑक्साइड (Chromium Oxide)

2.7 मिलावा (Aggregate)

जैसा कि पूर्व में भी समझाया जा चुका है कि कंक्रीट एक ऐसा पदार्थ है जिसे कृत्रिम पत्थर के समान माना जा सकता है तथा जो मोटे एवं महीन मिलावे के कणों को, जो अक्रियाशील हों, सीमेन्ट पेस्ट के साथ मिलाकर प्राप्त किया जाता है। अत: मिलावा या एग्रीग्रेट कंक्रीट का प्रमुख अवयव है। ये कंक्रीट का कुल 70-75% भाग माने जा सकते हैं। इनकी प्रमुख विशेषतायें निम्न हैं—

(1) ये कंक्रीट को दृढ़ ढाँचा प्रदान करते हैं।
(2) ये एक मितव्ययी स्पेस फिलर का काम करते हैं।
(3) इन्हें महीन एवं मोटा दो श्रेणियों में बाँटा जा सकता है।
(4) ये सीमेन्ट से सस्ते होते हैं।
(5) ये कंक्रीट को स्थायित्व तथा टिकाऊपन प्रदान करते हैं।
(6) ये कंक्रीट को एकरूपता प्रदान करते हैं तथा सुकार्यता प्राप्त करने में सहयोग करते हैं।
(7) ये कंक्रीट को नमनीयता (Plasticity) प्राप्त करने में सहयोग करते हैं तथा पृथक्कीकरण (Segregation) को रोकते हैं।
(8) इनका साफ, सही आकार का, कठोर तथा वैल ग्रेडेड होना आवश्यक है।
(9) इनके भौतिक, रासायनिक एवं थर्मल गुण कंक्रीट के व्यवहार को प्रभावित करते हैं।

मिलावे (Aggregates) का वर्गीकरण (Classification)



2.7.1 स्रोत के आधार पर वर्गीकरण (Classification According to Geological Origin)

मिलावा मुख्य रूप से प्रकृति से ही प्राप्त होता है। ये कभी-कभी प्रकृति के द्वारा ही छोटे आकार में परिवर्तित हो जाते हैं; जैसे ग्रेवल (Gravel) या शिंगल (Shingle)। इन्हें वांछित आकार में कृत्रिम रूप से जोड़कर भी बनाया जाता है। अत: मुख्य रूप से इन्हें दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(i) प्राकृतिक (Natural) (ii) कृत्रिम (Artificial)

(i) प्राकृतिक मिलावा (Natural Aggregate)—ये मुख्य रूप से प्रकृति में रेत एवं बजरी के ढेर जो नदियों में पाये जाते हैं, से प्राप्त होते हैं। कभी-कभी बड़े पत्थरों को तोड़कर भी इन्हें बनाया जाता है। इनसे सम्बन्धित शब्दावली निम्न है—

(a) बोल्डर (Boulder)—यह पत्थरों के गोल-मटोल भाटे होते हैं जो पर्वतीय क्षेत्रों में पाये जाते हैं। ये नदी-नालों के साथ बहते-बहते गोल हो जाते हैं।

(b) बजरी (Gravel)—वायुमण्डलीय प्रभावों के कारण चट्टानों का विघटन होता है और महीन कण जो 4·75 mm से मोटे हों बजरी कहलाते हैं।

(c) शिंगल (Shingle)—पत्थरों के गोल-मटोल अनियमित शक्ल के भाटे जो नदियों के किनारे मिलते हैं तथा ग्रेवल और बोल्डर के बीच के आकार के हों शिंगल कहलाते हैं।

(d) गिट्टी (Stone Ballast)—बड़े पत्थरों को तोड़कर 6 mm से 75 mm के टुकड़े प्राप्त किये जाते हैं। इन्हें गिट्टी कहते हैं तथा सड़क निर्माण में प्रयोग किये जाते हैं।

(e) स्टोन ग्रिट (Stone Grit)—बड़े पत्थरों को तोड़कर 10 mm से 20 mm के मध्य पत्थरों के टुकड़े प्राप्त किये जाते हैं। इनका प्रयोग कंक्रीट निर्माण में अधिकतम होता है।

(f) बालू (Sand)—4·75 mm माप से कम के मिलावे के कण बालू कहलाते हैं तथा महीन मिलावे के रूप में प्रयोग किये जाते हैं।

मुख्य रूप से प्राकृतिक मिलावे के गुण उस चट्टान से प्रभावित होते हैं जिससे उसकी उत्पत्ति हुई है। आग्नेय चट्टानों से प्राप्त मिलावा कठोर, दृढ़ तथा घना होता है। अवसादी चट्टानों से प्राप्त मिलावे के गुण निश्चित नहीं होते। ये मुलायम से कठोर, रन्ध्रमय (Porous) से घने तथा हल्के से भारी किसी भी प्रकार के हो सकते हैं। कायांतरित (Metamorphic) चट्टानों से प्राप्त मिलावा बेलबूटेदार (Foliated) संरचना का होता है। क्वार्ट्स तथा नाइस चट्टानों के मिलावे उत्कृष्ट प्रकार के होते है।

(ii) कृत्रिम मिलावा (Artificial Aggregate)—प्रमुख रूप से कृत्रिम मिलावे के रूप में प्रयोग होने वाले पदार्थों में ईंटों के टुकड़े तथा ब्लास्ट फरनेस का स्लैग आते हैं। यद्यपि ईंटों की रोड़ी कंक्रीट में तो ठीक प्रकार से प्रयोग में आ जाती है परन्तु

इसका प्रयोग प्रबलित कंक्रीट में नहीं किया जाता है। इसका मुख्य कारण इनका नमी सोखना है जिससे प्रबलन का संक्षारण होता है। धातुमल (Slag) से तैयार कंक्रीट अग्निरोधी होती है, परन्तु प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में इसका प्रयोग अच्छा नहीं माना जाता। कारण यह है कि धातुमल में सल्फर होने के कारण यह प्रबलन छड़ों में जंग लगा देता है।

2.7.2 माप के आधार पर वर्गीकरण (Classification According to Size)

कंक्रीट में प्रयोग होने वाले मिलावे का आकार कुछ सेन्टीमीटर से लेकर कुछ माइक्रोन तक हो सकता है। मिलावे का अधिकतम माप कुछ भी हो सकता है परन्तु एक अच्छी कंक्रीट के लिये मिलावा अच्छी प्रकार से वर्गीकृत होना चाहिये। इसका तात्पर्य यह है कि मिलावे के कण इस प्रकार से हों कि मोटे मिलावे में महीन मिलावे के कण तथा महीन मिलावे में सीमेन्ट के कण इस प्रकार से समाहित हो जायें कि न्यूनतम रन्ध्र बचे रहें जिससे एक घनी (Dense) कंक्रीट प्राप्त होगी जो कठोर, सामर्थ्यवान तथा टिकाऊ रहेगी। माप के आधार पर मिलावे का वर्गीकरण निम्न है—

(i) महीन मिलावा (Fine Aggregate)

(ii) मोटा मिलावा (Coarse Aggregate)

(iii) मिश्र मिलावा (All-in Aggregate)

(iv) एकल माप मिलावा (Single Size Aggregate)

(i) महीन मिलावा (Fine Aggregate)—इस प्रकार का मिलावा 4·75 mm की चालनी (Sieve) से 90% तक पारित हो जाता है। इस प्रकार की श्रेणी में प्राकृतिक या कृत्रिम रूप से प्राप्त बालू आती है। बालू (Sand) की न्यूनतम माप 0·07 mm मानी जा सकती है। 0·002 mm से 0·06 mm की सीमा के बीच के मिलावे को सिल्ट (Silt) की श्रेणी में रखा जाता है और उससे भी महीन कण क्ले (Clay) कहलाते हैं। महीन मिलावे को निम्न प्रकार श्रेणीकृत किया जा सकता है—

(i) प्राकृतिक बालू, जो पत्थरों, चट्टानों के प्राकृतिक विघटन से प्राप्त होती है।

(ii) कृत्रिम बालू जो पत्थरों (Stones) को पीसकर बनायी जाती है।

(iii) कृत्रिम बालू जो बजरी (Gravel) को पीसकर बनायी जाती है।

महीन मिलावे जो माप के आधार पर मोटी बालू (Coarse Sand), मध्यम बालू (Medium Sand) तथा महीन बालू (Fine Sand) में पुन: विभाजित किया जा सकता है। साधारणत: मोटी बालू का प्रयोग ही भवन निर्माण में करना श्रेयस्कर रहता है।

(ii) मोटा मिलावा (Coarse Aggregate)—ऐसा मिलावा जिसके अधिकतम 4·74 mm की चालनी (I.S.-Sieve) पर रुक जाये, मोटा मिलावा कहलाता है। मुख्यत: ये निम्न प्रकार का हो सकता है—

(i) तोड़े हुये पत्थर या बजरी की गिट्टी (Stone Grit)

(ii) प्राकृतिक रूप से प्राप्त बजरी (Gravel)

(iii) उपरोक्त दोनों का मिश्रण।

मोटा मिलावा 40 mm, 20 mm, 16 mm, 12·5 mm इत्यादि कई श्रेणियों की माप में प्रयोग किया जाता है। मोटे मिलावे में उसी पत्थर की चट्टान के गुण पाये जाते हैं जिससे वह बनाया गया होता है। प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में 10-20 mm माप का मिलावा प्रयोग होता है। मोटा मिलावा साफ, रासायनिक लवणों से मुक्त, रूक्ष सतह वाला, कम से कम नुकीले कण वाला होना आवश्यक है।

(iii) मिश्र मिलावा (All-in Aggregate)—कभी-कभी प्राकृतिक रूप से मिश्र मिलावा भी प्राप्त होता है जिसमें महीन तथा मोटे दोनों मिलावे के कण मिले होते हैं। मिश्र मिलावे को आवश्यक अनुपात का बनाने के लिये इसमें आवश्यकतानुसार महीन या मोटे मिलावे को मिला दिया जाता है। साधारणत: मिश्र मिलावे का प्रयोग उत्तम प्रकार की कंक्रीट बनाने में नहीं किया जाता है।

(iv) एकल माप मिलावा (Single Size Aggregate)—इस प्रकार के मिलावे की माप निश्चित होती है तथा मिलावे के सभी कण उसी माप के होते हैं। यदि अन्तर भी होता है तो उसकी सीमा बहुत सूक्ष्म होती है। यदि 10 mm माप का एकल मिलावा हो तो इसमें अधिकतम कण 10 mm माप के ही होंगे।

2.7.3 आकार के आधार पर मिलावों का वर्गीकरण (Classification Based on Shape)

(i) गोल मिलावा (Rounded Aggregate)
(ii) अनियमित मिलावा (Irregular Aggregate)
(iii) नुकीला मिलावा (Angular Aggregate)
(iv) चपटा या पत्रिल मिलावा (Flanky and Elongated Aggregate)

(i) गोल मिलावा (Rounded Aggregate)—ऐसा मिलावा जिसके कण गोलाकार हों (नदी या समुद्र के किनारे से प्राप्त बजरी) तथा न्यूनतम रिक्तता का प्रतिशत 32-33% तक हो गोल मिलावा कहलाता है। इसके आयतन व सतही क्षेत्रफल का अनुपात भी न्यूनतम होता है। अत: इनके लुब्रीकेशन के लिये कम पानी की आवश्यकता होती है तथा अच्छी कंक्रीट कम सीमेन्ट की मात्रा से ही बन जाती है। परन्तु इस मिलावे के कणों में इन्टरलॉकिंग कम होती है जिससे उच्च सामर्थ्य की कंक्रीट हेतु यह उपयुक्त नहीं है।

(ii) अनियमित मिलावा (Irregular Aggregate)—इस प्रकार के मिलावे में आंशिक रूप से गोलाकार कण होते हैं तथा रिक्तता प्रतिशत 35-38% तक होती है। आवश्यक सुकार्यता हेतु अधिक सीमेन्ट की आवश्यकता होती है। कणों में इन्टरलॉकिंग गोल मिलावे से तो अधिक होती है पर फिर भी उच्च सामर्थ्य कंक्रीट हेतु पूर्णत: उपयुक्त नहीं है।

(iii) नुकीला मिलावा (Angular Aggregate)—यह मिलावा तीखे, नुकीले, तथा रूक्ष सतह वाले कणों से मिलकर बना होता है। रिक्तता प्रतिशत 38-40% होती है। इन्टरलाकिंग बेहतर होती है तथा कंक्रीट जो बेहतर बन्धन प्रदान करता है। परन्तु लुब्रीकेशन हेतु अधिक सीमेन्ट पेस्ट की आवश्यकता होती है। उच्च सामर्थ्य की कंक्रीट हेतु उपयुक्त है।

(iv) चपटा या पत्रिल मिलावा (Flanky or Elongated Aggregate)—

पत्रिल मिलावा (Flanky Aggregate)—जब किसी कण की न्यूनतम माप (मोटाई) उसकी औसत माप के 3/5 से कम होती है तो उसे पत्रिल मिलावा कण कहते हैं। कण औसत माप दो चालनियों की माप से निर्धारित की जाती है। एक माप वह होती है जिससे मिलावे का कण निकल जाता है, दूसरी माप वह जिस पर कण रुक जाता है। औसत माप दोनों चालनियों की माप के औसत से प्राप्त होती है। उदाहरणार्थ—

अधिकतम चालनी की माप = 20 mm

न्यूनतम चालनी की माप = 30 mm

$$\text{औसत} = \frac{20+30}{2} = 25 \text{ mm}$$

$$\text{पत्रिल कण हेतु माप} = \frac{3}{5} \times 25 = 15 \text{ mm से कम।}$$

लम्बोतरा कण (Elongated Aggregate)—यदि कण की लम्बाई औसत माप से 9/5 से अधिक होती है, लम्बोतरा कण कहलायेगा।

Flanky एवं Elongated कणों की पहचान हेतु Flankiness Index तथा Elongated Index निर्धारित किये गये हैं। पत्रिल (Flanky) तथा लम्बोतर (Elongated) कण कंक्रीट की सुकार्यता घटा देते हैं। कंक्रीट टिकाऊ भी नहीं होती है। अत: इस प्रकार के कण 10-15% से अधिक नहीं होने चाहिएँ। ये कण कंक्रीट को रन्ध्रमय बनाते हैं जिससे कंक्रीट कमजोर हो जाती है।

2.7.4 भार के आधार पर मिलावों का वर्गीकरण (Classification Based on Unit Weight)

(i) भारी मिलावा (Heavy Weight Aggregate)
(ii) सामान्य भार मिलावा (Normal Weight Aggregate)
(iii) हल्का मिलावा (Light Weight Aggregate)

(i) भारी मिलावा (Heavy Weight Aggregate)—भारी मिलावा निम्न प्रकार हैं—

बैराइट (Baryte)	विशिष्ट गुरुत्व	4·0-4·6
फैरो फॉस्फोरस (Ferro Phosphorus)	विशिष्ट गुरुत्व	5·8-6·8
मैग्नेटाइट (Magnetite)	विशिष्ट गुरुत्व	4·2-5·2
हेमेटाइट (Hematite)	विशिष्ट गुरुत्व	4·9-5·3
जियोथाइट (Geothite)	विशिष्ट गुरुत्व	3·4-3·7
इल्मेनाइट (Ilmenite)	विशिष्ट गुरुत्व	4·0-4·6
लौह गोले (Degreased Scrap Iron Shots)	विशिष्ट गुरुत्व	6·2-7·8

इन सभी के प्रयोग से अधिक भार वाली कंक्रीट बनायी जा सकती है। इनका प्रयोग एक्स-रे, गामा-रे का कवच बनाने वाली कंक्रीट के लिये किया जाता है। इनका भार 30 से 57 kN/m^3 के मध्य हो सकता है।

(ii) सामान्य भार वाला मिलावा (Normal Weight Aggregate)—सामान्य रूप से प्रयुक्त पत्थर के टुकड़े, बजरी, ग्रिट, बालू जो ग्रेनाइट, बैसाल्ट, क्वार्ट्ज, सैन्ड स्टोन, लाईम स्टोन या फिर ईंटों से प्राप्त हो, से बनायी गयी कंक्रीट सामान्य भार वाली होती है। इनका भार 23-26 kN/m^3 के मध्य हो सकता है। ये 15-40 MPa की कंक्रीट बनाने के लिये उपयुक्त है। इन मिलावों का वि० गुरुत्व 2·5 से 2·7 के मध्य होता है।

(iii) हल्का मिलावा (Light Weight Aggregate)—इस कंक्रीट का भार 12 kN/m^3 से 14·5 kN/m^3 के मध्य हो सकता है। यह फर्श/छतों में भरने के लिये या ऊष्मारोधन के कार्य हेतु प्रयोग की जाती है। यह हल्की होती है अत: संरचना पर कम भार आता है। डाओटोमाइट (Diotomite), प्यूमाइस (Pumice), वोल्कैनिक सिन्डर (Volcanic Cinder), ज्वालामुखी की राख, आदि प्राकृतिक मिलावे से भी हल्की कंक्रीट बनायी जा सकती है। फूली मृत्तिका (Expanded Clay), धूम भस्म (Fly Ash), धातुमल (Slag) इत्यादि कृत्रिम पदार्थ हल्के मिलावे के रूप में प्रयोग किये जाते हैं। हल्के मिलावे का मुख्य कार्य ऊष्मारोधन तथा अग्निरोधन भी है।

वर्मीकुलाइट (Vermiculite) एक कृत्रिम पदार्थ है जिसका प्रयोग मिलावे के रूप में संरचनाओं में तो नहीं होता परन्तु ऊष्मारोधन हेतु छतों पर प्रयोग किया जाता है।

2.8 मिलावे के अभिलक्षण (Characteristics of Aggregate)

जैसा कि हम पढ़ चुके हैं कि मिलावा कंक्रीट का मुख्य घटक है जो निष्क्रिय पदार्थ के रूप में कंक्रीट का आयतन बढ़ाता है तथा इसके गुणों में भी सुधार लाता है। अत: एक उत्तम प्रकार की कंक्रीट का निर्माण करने हेतु जहाँ बढ़िया सीमेन्ट उपयोग करना होता है, वहाँ अच्छे गुणों वाला मिलावा भी डालना परम आवश्यक है। मिलावा ठोस, भारी, रन्ध्रहीन, साफ, सामर्थ्यवान, वांछित आकार व माप वाला होना चाहिए। मिलावा में किसी प्रकार का कोई सक्रिय तत्त्व नहीं होना चाहिए जो कि सीमेन्ट से क्रिया करके, कंक्रीट में दोष उत्पन्न करे। कंक्रीट में दरारें पड़ना, फूलना, फटना, नरम पड़ जाना इत्यादि दोष गलत किस्म के मिलावे के उपयोग से पड़ते हैं। मिलावे के मुख्य अभिलक्षण निम्नलिखित हैं—

(i) संगठन (Composition)

(ii) कणों की आकृति (Shape)
(iii) कणों का आकार (Particle Size)
(iv) सतही गठन (Surface Texture)
(v) विशिष्ट गुरुत्व (Specific Gravity)
(vi) रन्ध्र स्थान (Voids)
(vii) स्थूल घनत्व (Bulk Density)
(viii) सरन्ध्रता व जल अवशोषण (Porosity and Water Absorption)
(ix) बालू का फूलना (Bulking of Sand)
(x) क्षतिकर पदार्थ (Deleterious Material)
(xi) संदलन सामर्थ्य (Crushing Strength)
(xii) संघट्ट प्रतिरोध (Impact Resistance)
(xiii) निर्दोषिता या टिकाऊपन (Soundness)
(xiv) अपघर्षण प्रतिरोध (Abrasion Resistance)

(1) संगठन (Composition)—मिलावा का प्राप्ति स्रोत चट्टानें हैं और मिलावे का संगठन इन्हीं चट्टानों की प्रकृति पर निर्भर करता है। मिलावे की रचना उत्तम खनिजों से होनी चाहिए। कंक्रीट के लिए ऐसे मिलावे का उपयोग नहीं करना चाहिए, जिसमें हानिकारक तत्त्व हों और जो सीमेन्ट के क्षारीय अंश से क्रिया करके, कंक्रीट में दरारें, अत्यधिक प्रसार आदि दोष उत्पन्न करें। अत: नये मिलावे के उपयोग से पहले प्रयोगशाला में इसकी उपयुक्तता की जाँच कर लेनी चाहिए।

(2) कणों की आकृति (Particle Shape)—यदि मिलावे की रंचना की बात करें तो यह गोल, आंशिक गोल (Partly rounded), कोणीय (Angular), पत्रिल या चपटा (Flaky) हो सकता है। कंक्रीट को एक ठोस पिण्ड बनाने के लिए मिलावे की आकृति का चयन बहुत ही महत्वपूर्ण है। गोल आकार के मिलावे के बीच अन्तर्गथन (Interlocking) अच्छा नहीं होता परन्तु जल-सीमेन्ट अनुपात को ध्यान में रखते हुए गोल कणों के मिलावे को वरीयता दी जाती है परन्तु अन्तर्गथन न हो पाने के कारण इनमें उत्तम अभिलॉग विकसित नहीं हो पाता। मिलावे में पत्रिल व लम्बोत्तर कणों की उपस्थिति कंक्रीट की सामर्थ्य को प्रभावित करती है। कोणीय मिलावा कंक्रीट के लिए उत्तम है क्योंकि इसमें अन्तर्गथन अच्छा होता है और कोणीय मिलावे का सतही क्षेत्रफल गोलीय मिलावे की अपेक्षा अधिक होने पर यह उत्तम अभिलॉग सामर्थ्य भी उत्पन्न करता है।

जल सीमेन्ट अनुपात 0·4 से कम होने पर कोणीय मिलावा 38% अधिक सामर्थ्य प्रदान करता है यदि गोलीय मिलावे से तुलना की जाती है और जल-सीमेन्ट अनुपात कम होने पर कंक्रीट की सामर्थ्य भी बढ़ती है परन्तु सुकार्यता कम हो जाती है। जल-सीमेन्ट अनुपात 0·65 हो जाने पर गोलीय मिलावा तथा कोणीय मिलावा लगभग समान सामर्थ्य प्रदान करते हैं।

(3) कणों का आकार (Particle Size)—कणों का आकार (Size) अधिकतम 80 mm तक कंक्रीट निर्माण में प्रयोग किया जा सकता है परन्तु इसकी माप कंक्रीट अवयव की मोटाई का $\frac{1}{4}$ से अधिक नहीं होनी चाहिए। कंक्रीट में सुकार्यता, पृथक्करण, सघनता आदि गुणों को ध्यान में रखते हुए सामान्यत: 20 mm की माप का मिलावा उपयोग में लाया जाता है।

माप के आधार पर मिलावे को दो भागों में बाँट दिया गया है—
(i) महीन मिलावा (Fine aggregates)—4·75 mm से कम माप।
(ii) मोटा मिलावा (Coarse aggregates)—4·75 mm से अधिक माप।

सामान्यत: कंक्रीट निर्माण के लिए मिलावे की अधिकतम माप निम्न बातों पर निर्भर करती है—
(i) कंक्रीट अवयव की मोटाई (Thickness of Section)
(ii) प्रबलन-अन्तराल (Spacing of Reinforcement)

(iii) स्पष्ट आवरण (Clear Cover)
(iv) कंक्रीट को मिलाना, कूटना व बिछाना आदि।

(4) सतही गठन (Surface Texture)—मिलावे का सतही गठन उसकी ऊपरी सतह की प्रकृति की माप है। मिलावा किस प्रकृति का है इसकी माप उसके सतही गठन से ही की जाती है कि मिलावा रन्ध्रमय, रवेदार, दानेदार, चिकना, काँचित अथवा खुरदरा आदि किस प्रकार का है? मिलावे के गठन का कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य की अपेक्षा आनमन सामर्थ्य (Flexural strength) पर अधिक प्रभाव पड़ता है। विशेष रूप से यह प्रभाव उच्च सामर्थ्य वाली कंक्रीट में अधिक होता है। अत: कंक्रीट की सामर्थ्य की दृष्टि से सीमेन्ट पेस्ट व मिलावे के बीच अभिलॉग उतना ही अच्छा होगा। मिलावे के रन्ध्रों में सीमेन्ट पेस्ट भर जाता है, जिसके परिणामस्वरूप इनमें अच्छे अभिलॉग का विकास होता है। मिलावे की रूक्ष सतह के कारण कंक्रीट की सुकार्यता तो प्रभावित होती है, परन्तु यह कंक्रीट की सामर्थ्य पर प्रभाव नहीं डालती है। चिकनी परन्तु रन्ध्रयुक्त सतह वाले कणों का अभिलॉग भी संतोषजनक होता है।

सतही गठन के आधार पर मिलावे को निम्न प्रकार वर्गीकृत किया गया है—
(i) चिकना (Smooth)
(ii) खुरदरा (Rough)
(iii) दानेदार (Granular)
(iv) रवेदार (Crystalline)
(v) रन्ध्रमय (Porous) और
(vi) कांचित (Glassy) आदि।

चिकना व कांचित मिलावा कंक्रीट बनाने के लिए अच्छा नहीं समझा जाता, क्योंकि ऐसे मिलावों में अभिलाग विकसित नहीं हो पाता है। दानेदार मिलावा कंक्रीट के लिए अधिक उपयुक्त होता है।

सतही गठन का कंक्रीट की सम्पीडन तथा आनमन सामर्थ्य पर लाभदायक प्रभाव निम्न तालिका द्वारा देखा जा सकता है—

"सतही गठन का सामर्थ्य पर प्रभाव"

कणों का प्रतिशत (Percent of Particles)		जल-सीमेन्ट अनुपात (w/c Ratio)	सामर्थ्य (28 दिन) N/mm²	
चिकना (Smooth)	खुरदरा (Rough)		आनमन (Flexural)	सम्पीडन (Compressive)
100	0	0·54	4·5	34·8
50	50	0·57	4·6	32·1
0	100	0·60	4·8	29·5

मिलावे का सही गठन अभिलक्षण तालिका I.S. 383 : 1970 के अनुसार निम्न है—

मिलावे के सतही अभिलक्षण

ग्रुप (Group)	सतही गठन (Surface Texture)	उदाहरण (Example)
1.	काँचित (Glassy)	काला फ्लिंट (Black flint)
2.	चिकना (Smooth)	स्लेट, संगमरमर
3.	दानेदार (Granular)	बलुआ पत्थर (Sand stone), ऊलाईट्स (Ooli

कार्बनिक अशुद्धियाँ, मृत्तिका तथा सिल्ट के रूप में उपस्थित रहती हैं। कृत्रिम महीन मिलावा में कार्बनिक अशुद्धियाँ नही होती परन्तु इनमें संदलित पत्थर की धूल उपस्थित होती है। मोटा मिलावा स्टॉक के रूप में इकट्ठा किया जाता है जिस कारण स्टॉक के निचले स्तर में मिट्टी-धूल की उपस्थिति होती है।

लौह पायराइट, अभ्रक, कोयला, समुद्री घोंघे, शेल, सिल्ट, मृत्तिका, क्षारीय पदार्थ, कार्बनिक अशुद्धियाँ इत्यादि ऐसे ही कुछ हानिकारक पदार्थ हैं। सीमेंट के क्षारीय तत्त्व से रासायनिक क्रिया करने वाले पदार्थ भी मिलावे में नहीं होने चाहिएँ। कंक्रीट की गुणता बनाये रखने के लिए क्षतिकर पदार्थों की कुल मात्रा 5% (भार में) से अधिक नहीं होनी चाहिए।

क्षतिकर पदार्थों की सीमा I.S. 383-1970 के अनुसार निम्न है—

क्षतिकर पदार्थों की सीमा (I.S. 383-1970)

क्रम संख्या (S. No.)	क्षतिकर पदार्थ (Deleterious Materials)	महीन मिलावा (Fine Aggregate)		मोटा मिलावा (Coarse Aggregate)	
		असंदलित (Uncrushed)	संदलित (Crushed)	असंदलित (Uncrushed)	संदलित (Crushed)
1.	कोल और लिग्नाईट	1·00	1·00	1·00	1·00
2.	Clay Lumps	1·00	1·00	1·00	1·00
3.	Soft Fragments	—	—	3·00	—
4.	Material Passing 75 μ IS Sieve	3·00	3·00	3·00	1·00
5.	Shale	1·00	—	—	—

क्षतिकर पदार्थ कंक्रीट पर निम्न प्रभाव डालते हैं—

(i) क्षतिकर पदार्थ सीमेंट की जलयाजन क्रिया पर प्रभाव डालते हैं।

(ii) सीमेंट पेस्ट व मिलावे के मध्य अभिलाग विकसित होने में बाधक।

(iii) कंक्रीट में उत्फुल्लन की सम्भावना बढ़ जाती है।

(iv) ये कंक्रीट की सामर्थ्य व टिकाऊपन को कम करते हैं।

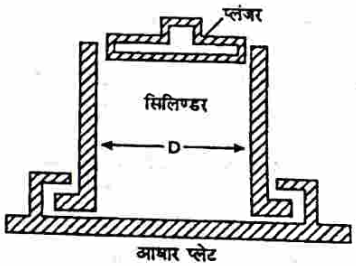
मिलावे का धोने से उसमें से काफी हानिकारक तत्व जैसे धूल, सिल्ट, मृत्तिका, अभ्रक, घुलनशील लवण, कार्बनिक पदार्थ इत्यादि निकल जाते है। अत: इस्तेमाल से पहले मिलावे को घोल लेना चाहिए।

(11) मिलावे का संदलन मान (Crushing Value of Aggregate)—मिलावे का संपीडन में भी सामर्थ्यवान होना आवश्यक है। इस हेतु परीक्षण संदलन मान कहलाता है। कंक्रीट में मिलावे के कण सीमेन्ट के कणों से लगभग 10 गुणा अधिक सामर्थ्यवान होते हैं। परन्तु कभी-कभी मिलावे में भी कमजोर कण पाये जाते हैं अत: यह आवश्यक है कि मिलावे का कोई भी कण सीमेन्ट से कम सामर्थ्य का ना हो, जिससे भार आने पर कोई मिलावे का कण सीमेन्ट से पहले नहीं टूटे। यह परीक्षण मानक IS : 2386 (Part IV) के अनुसार किया जाता है। परीक्षण हेतु सारणी में दिये विवरण के अनुसार sieve में रुकने वाले मिलावे को मानक माप के सिलिण्डर में भरकर संपीडन परीक्षण मशीन द्वारा जाँच की जाती है।

(IS : 2386 Part IV) मिलावे के संदलन मान परीक्षण का विवरण

Nominal Size of Sieve (mm)		Diameter of Cylinder D (cm)	Sieve for separating fines (mm)
Passing	Retained		
25.00	20.00	15.00	4.75
20.00	12.50	15.00	3.35
12.50	10.00	15.00	2.37
10.0	6.30	15.00 or 7.5	1.75
6.30	4.75	15.00 or 7.5	1.18
4.75	3.35	15.00 or 7.5	600μ (माइक्रोन)
3.35	2.36	15.00 or 7.5	300μ (माइक्रोन)

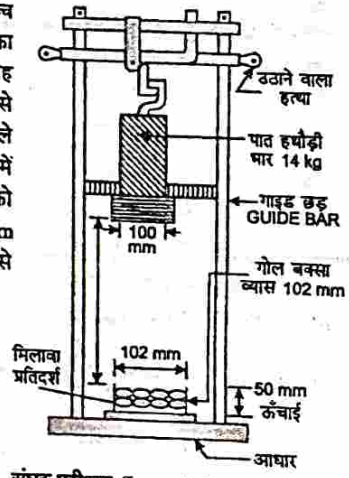
परीक्षण हेतु चित्रानुसार सिलिण्डर में 3 समान मोटाई की परतों में मिलावा 60 cm लम्बी 1·6 cm व्यास की रॉड से ठोककर (25 बार) भरा जाता है। इसके पश्चात् सिलिण्डर के ऊपर पलंजर रखकर इसे संपीडन परीक्षण मशीन में रखकर भार धीरे-धीरे बढ़ाकर 10 मिनट में 40 टन कर दिया जाता है। अब टूटे हुए मिलावे को चालनी द्वारा छानकर इसका भार ज्ञातन कर लिया जाता है।



$$\text{संदलन मान} = \frac{\text{चालनी से निकले मिलावे का भार}}{\text{प्रतिदर्श का भार}} \times 100$$

अच्छी सतह हेतु यह मान 30% से कम होना चाहिये।

(12) मिलावे का संघट्ट मान (Impact Value of Aggregate)—उच्च क्वालिटी की अच्छी कंक्रीट तैयार करने के लिये यह आवश्यक है कि मिलावे का संघट्ट मान इतना हो कि वह संघट्ट (Impact) बलों का प्रतिरोध कर सके। यह मान्य सामान्य सतहों के लिये 45% तथा सड़कों, रन-वे इत्यादि के लिये 30% से अधिक नहीं होना चाहिये। इस परीक्षण हेतु 12·5 mm की चालनी से छानने वाले तथा 10 mm की चालनी पर रुकने वाले मिलावे को लिया जाता है जिसे चित्र में दर्शाये उपकरण के सिलिण्डर में भर दिया जाता है। अब मशीन में लगे हैमर को जिसका भार 13·5 kg से 14 kg तक होता है पात्र के ऊपरी तल से 380± 5mm की ऊँचाई में गिराया जाता है। 15 आघातों के पश्चात् 2·36 mm की चालनी से छानकर मिम्नानुसार संघट्ट मान ज्ञात कर लिया जाता है—

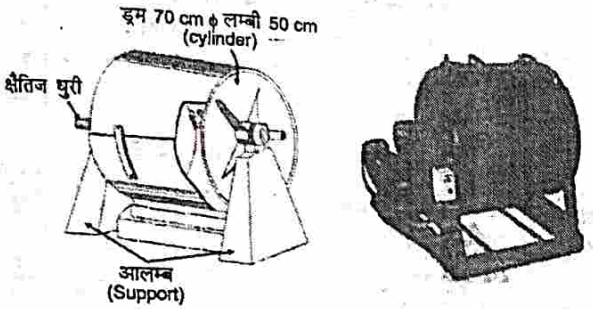


संघट्ट परीक्षण (Impact Testing Machine)

मिलावे का संघट्ट मान

$$= \frac{\text{2·36 mm की चालनी से गुजरने वाले अंश का भार}}{\text{नमूने का भार}} \times 100$$

(13) मिलावे का अपघर्षण मान (Abrasion value of Aggregate)—अच्छे मिलावे का अपघर्षण के प्रति उच्च प्रतिरोध होना चाहिये। मिलावे के इस गुण के परीक्षण हेतु अपघर्षण मान ज्ञात किया जाता है। यह मान लास एंजिलस मशीन द्वारा ज्ञात किया जाता है।



लोस एंजल पात्र

इस परीक्षण में उपकरण के ड्रम में 48 mm व्यास की तथा 390-445 gm की ढलवाँ लोहे या इस्पात की गोलियाँ होती हैं। यह गोलियाँ 5 kg प्रतिदर्श के लिये 12 होती हैं। 5 kg प्रतिदर्श को मशीन में डालकर 30-33 चक्र/मिनट की दर से घुमाया जाता है। चक्कर 500-1000 (मिलावे के ग्रेड के अनुसार) हो सकते हैं। इसके पश्चात् इसे 1·7 mm की चालन से छाना जाता है।

$$\text{मिलावे का अपघर्षण मान} = \frac{\text{परीक्षण के बाद 1·70 चालनी से छने अंश का भार}}{\text{सैम्पिल का भार}}$$

मिलावे का अपघर्षण मान 16% से 50% के बीच हो सकता है।

(14) मिलावे का टिकाऊपन परीक्षण (Soundness test of Aggregate)—वायुमण्डलीय प्रभावों जैसे वायु, धूप, वर्षा, ताप, ठण्ड अथवा लवणीय पानी के कारण यदि मिलावे का आयतन परिवर्तित होता है तो यह कंक्रीट के लिये नुकसान दायक हो सकता है। यह मिलावे में कमजोर, रन्ध्रमय तथा बाहरी अशुद्धियाँ हैं तो ऐसा कुप्रभाव हो सकता है। ऐसा मिलावा जिसमें आयतनिक परिवर्तन निर्धारित सीमा से अधिक होता है, कम टिकाऊ होता है और कंक्रीट की सामर्थ्य को घटा देता है। वे भौतिक परिस्थितियाँ जो मिलावे के टिकाऊपन को प्रभाव करती हैं निम्न हैं—

1. पानी का कभी जमना व कभी पिघलना (Freezing and thawing)
2. तापक्रम में परिवर्तन
3. सामान्य परिस्थितियों में कभी सूखी व कभी नम परिस्थितियाँ
4. लवणयुक्त पानी में कभी सूखी व कभी नम परिस्थियाँ।

परीक्षण—साफ सूखा व ज्ञात भार का मिलावा लेकर, इसे सोडियम सल्फेट अथवा मैग्नीशियम सल्फेट के घोल में 16-24 घण्टे तक डुबाकर रखा जाता है। इस अवधि के बाद प्रतिदर्श को बाहर निकालकर 105°-110°C पर शुष्क कर तौल लिया जाता है। अब इस मिलावे की संरचना व कणों का दृष्टीय अध्ययन किया जाता है। रचना में आये परिवर्तन जैसे फटान, टूटने, बिखराव, दरारें इत्यादि को नोट किया जाता है और इसे चालनी से छान लिया जाता है। उपरोक्त जाँच के दस चक्रों के पश्चात् सैम्पल के भार में 12% से अधिक कमी नहीं आनी चाहिये।

भार में कम कमी होना सामान्यत: अच्छे टिकाऊ मिलावे की पहचान है। भार में अधिक कमी मिलावे की क्वालिटी के प्रति संदेह उत्पन्न करती है। कुछ मिलावे जिनमें अति सूक्ष्म रंध्र संरचना होती है उन पर परीक्षण करने पर भार में अति सूक्ष्म हानि होती है परन्तु ये मिलावे Freezing अथवा Thawing की परिस्थिति में शीघ्र विघटित हो जाते हैं। इसके विपरीत जो

मिलावे sulphate परीक्षण में विघटित हो जाते हैं परन्तु freezing एवं thawing में अच्छा काम कर सकते हैं। अत: यह परीक्षण पूर्णतया मिलावे के टिकाऊपन को सही नहीं दर्शा सकता। अत: विश्वसनीय नहीं है।

2.9 मिलावे का श्रेणीकरण (Grading of Aggregate)

मिलावा, मसाले (Mortar) का 55 प्रतिशत भाग तथा स्थूल कंक्रीट का 85 प्रतिशत भाग घेरता है। मसाले में मिलावे की अधिकतम माप 4·75 mm तथा कंक्रीट में मिलावे की अधिकतम माप 150 mm हो सकती है।

मिलावे में विभिन्न माप के कणों कि उचित अनुपातन, मिलावे कर श्रेणीकरण कहलाता है। मिलावे के श्रेणीकरण का कंक्रीट की सामर्थ्य पर बहुत प्रभाव डालता है। मिलावे में श्रेणीकरण इस प्रकार होना चाहिए की इसका घनत्व अधिकतम हो तो कंक्रीट की सामर्थ्य बढ़ जाती है। श्रेणीकरण का सिद्धान्त है कि मिलावे में विभिन्न कणों की उपस्थिति इस प्रकार होनी चाहिए कि बड़े कणों की रिक्तियों में छोटे कण और छोटे कणों की रिक्तियों में महीन कण भर जायें और कंक्रीट अधिकतम संघन बन जाये। अच्छी प्रकार से श्रेणीकृत मिलावे द्वारा बनी कंक्रीट सघन, टिकाऊ, सुकर और सामर्थ्यवान होती है।

कंक्रीट तकनीकी के क्षेत्र में कार्य कर रहे अनेकों अनुसंधानों में वैज्ञानिक श्रेणीकरण की महत्ता को अच्छी प्रकार से समझ चुके हैं और कंक्रीट को मितव्ययी तथा टिकाऊपन प्रदान करने के लिए मिलावे के श्रेणीकरण की उत्तम विधियाँ खोज रहे हैं।

'फुलर तथा थॉमसन' ने निष्कर्ष निकाला की अधिकतम घनत्व के लिए श्रेणीकृत किया गया मिलावा अधिक सामर्थ्य देता है और श्रेणीकरण वक्र परवलयाकार होता है।

'टालबोट और रिचर्ट' ने अपने कार्यों से ज्ञात किया कि अच्छी प्रकार से श्रेणीकृत मिलावा कंक्रीट को एक उत्तम प्रकार का पेस्ट प्रदान करता है, साधारण कंक्रीट में प्राप्त करना कठिन है।

'एडवर्ड और यंग' ने मिलावे के श्रेणीकरण के लिए एक अन्य विधि बताई। उनके अनुसार मिलावा इस प्रकार श्रेणीकृत करना चाहिए कि उनका सतही क्षेत्रफल न्यूनतम रहे जिससे कम जल सीमेंट अनुपात ही पर्याप्त रहेगा और कंक्रीट की सामर्थ्य बढ़ जायेगी।

प्रो० अबाम् ने श्रेणीकरण के आधार पर मिलावे की उपयुक्तता निर्धारण सरल करने के लिए एक नया प्राचल, सूक्ष्मता मापांक (Fineness Modulus) सुझाया।

सूक्ष्मता मापांक एक संख्यात्मक मान है, जो सम्पूर्ण मिलावे के कणों के औसत माप को दर्शाता है। मिलावा जिस कदर मोटा होगा, उसका सूक्ष्मता मापांक उसी क्रम में अधिकतम होगा, जबकि सूक्ष्मता मापांक का निम्न मान मिलावे का महीनपन दर्शाता है।

मिलावे का सूक्ष्मता मापांक ज्ञात करने के लिए चालनी विश्लेषण किया जाता है।

2.9.1 चालनी विश्लेषण : सूक्ष्मता मापांक

मिलावे को मानक चालनियों के सैट पर छानने पर, प्रत्येक चालनी पर रुके हुए मिलावे के संचित प्रतिशत के जोड़ को 100 से भाग देने पर जो संख्या आती है, वह मिलावा का सूक्ष्मता मापांक कहलाता है। इसे चालनी विश्लेषण भी कहते हैं।

चालनी विश्लेषण के लिए मिलावे के कणों के आधार पर पर्याप्त मात्रा में महीन व मोटा मिलावा लिया जाता है। मिलावे का श्रेणीकरण मानक चालनियों के सैट से पारित होने व रुकने वाले अंश के भार के प्रतिशत में दर्शाया जाता है। निचले क्रम की ओर जाने पर, चालनियों में वर्गाकार छिद्र का माप इससे निचली चालनी से दो गुना होता है। मोटे मिलावे के लिए 80 mm, 40 mm, 20 mm, 10 mm व 4·75 mm की I.S. चालनियों का सैट और महीन मिलावे के लिए 2·36mm, 1·18mm, 600 माइक्रोन, 300 माइक्रोन और 150 माइक्रोन I.S. चालनियों का सैट प्रयोग किया जाता है। मिलावे का चालनी विश्लेषण द्वारा श्रेणीकरण करने हेतु आवश्यक मिलावे की मात्रा निम्न तालिका में प्रदर्शित की गई है—

चालनी विश्लेषण हेतु मिलावे का न्यूनतम भार (I.S. 2386 (Part-I)-1963)

मिलावे की अधिकतम माप (mm)	न्यूनतम भार (Kg)
63	50
50	35
40 – 31·5	15
25	5
20 – 16	2
12·5	1
10	0·5
6·3	0·2
4·75	0·2
2·36	0·1

चालनी विश्लेषण का उपयुक्त उदाहरण निम्न तालिका में प्रदर्शित है—

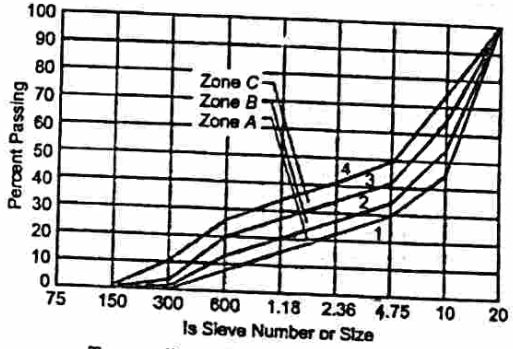
चालनी विश्लेषण द्वारा सूक्ष्मता मापांक ज्ञात करना

I.S. Sieve Size	Coarse Aggregate				Fine Aggregate			
	Weight retained kg	Cumulative weight retained kg	Cumulative percentage retained	Cumulative percentage passing	Weight retained gm	Cumulative weight retained gm	Cumulative percentage weight retained	Cumulative percentage passing
80 mm	0	0	0	100	—	—	—	—
40 mm	0	0	0	100	—	—	—	—
20 mm	7	7	46·67	53·33	—	—	—	—
10 mm	4	11	73·3	26·7	0	0	0	100
4·75 mm	4·0	15·00	100	00	9	9	1·8	98
2·36 mm	—	—	100	00	51	10	12	88
1·18 mm	—	—	100	00	48	108	21·6	78
600 micron	—	—	100	00	97	205	378	59
300 micron	—	—	100	00	173	378	75·6	24
150 micron	—	—	100	00	87	265	93	7
150 micron	—	—	—	00	35	500	—	—
Total	15kg	—	719·97	—	500 gm	—	245	—
	F.M. = $\frac{719·97}{100}$ = 7·199				F.M. = $\frac{245}{100}$ = 2·45			

2.9.2 मानक श्रेणीकरण वक्र (Standard Grading Curve)

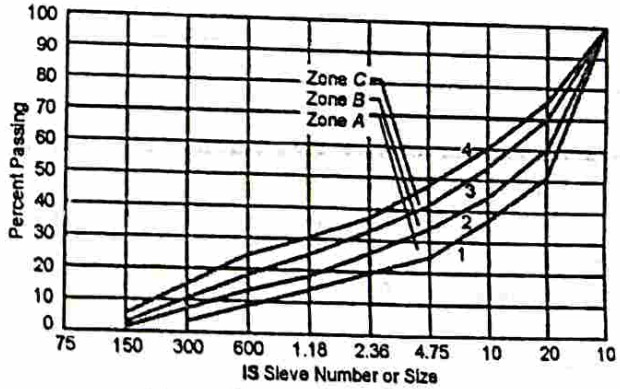
मिलावे के श्रेणीकरण पैटर्न को तालिका अथवा चार्टों द्वारा प्रदर्शित किया जा सकता है। चार्ट द्वारा श्रेणीकरण सीमायें प्रदर्शित करना तालिकाओं की अपेक्षा अधिक उपयुक्त रहता है। चार्टों द्वारा मिलावे के नमूनों का श्रेणीकरण एक बार में ही उपयुक्त रूप से सही-सही किया जा सकता है। इसलिए मिलावे का श्रेणीकरण, श्रेणीकरण वक्रों द्वारा किया जाता है।

सामान्यत: जो अधिकतम श्रेणीकरण वक्र हैं वो संड़क अनुसंधान प्रयोगशाला (Road Research Laboratory (U.K.)) द्वारा प्रदर्शित किये गये है।



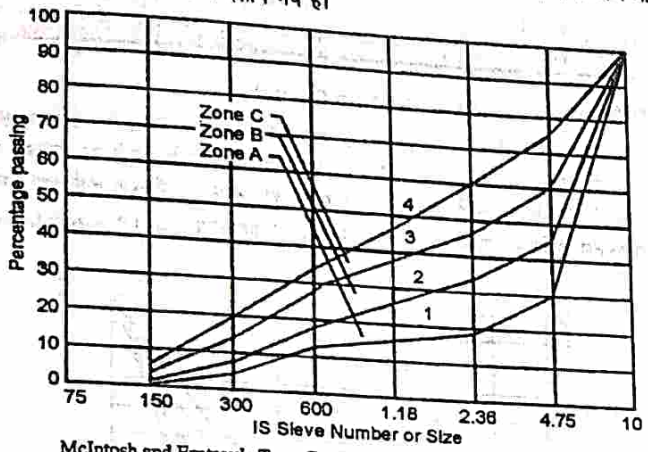
Type grading curves for 20 mm aggregate

विभिन्न प्रकार के प्रयोगों के उपरान्त सड़क अनुसंधान प्रयोगशाला ने मिलावे के लिए 40 mm और 20 mm माप के लिए जो वक्र दिये हैं वह चित्र में प्रदर्शित हैं।

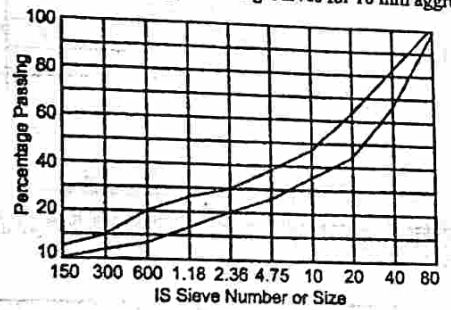


Type grading curve for 40 mm aggregate

इसी प्रकार McIntosh तथा Erntroy द्वारा प्रदर्शित 10 mm माप के मिलावे के लिए श्रेणीकरण वक्र तथा अधिकतम माप 80 mm के लिए श्रेणीकरण वक्र चित्र में दर्शाये गये हैं।



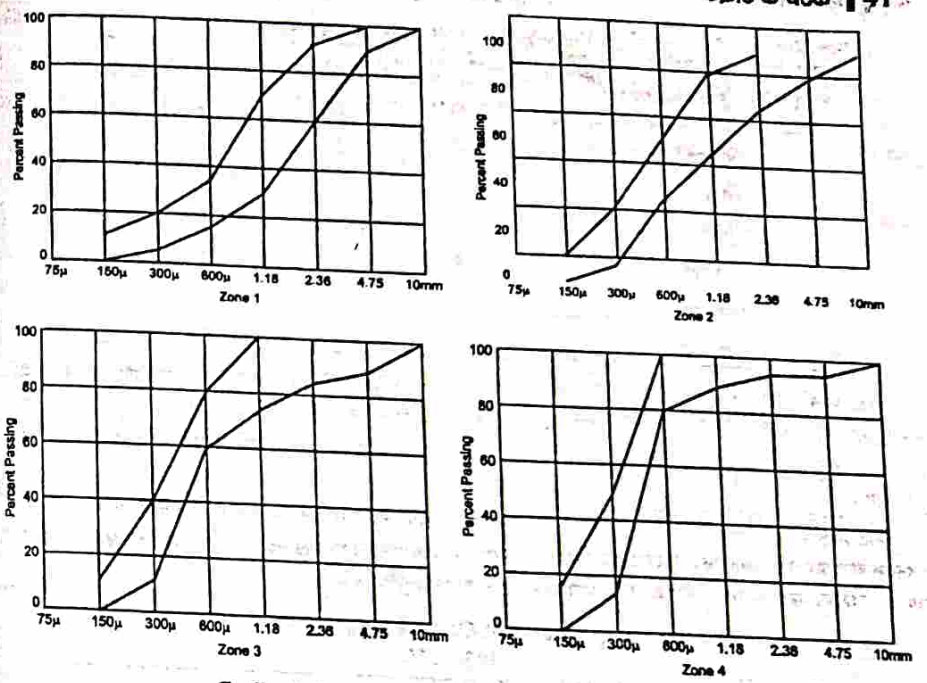
McIntosh and Erntroy's Type Grading Curves for 10 mm aggregate



Typical Grading curves for 80 mm Aggregate

80 mm माप के मिलावे को छोड़कर सभी चार्टों में मिलावे के लिए चार वक्र दिखाये गये हैं। मिलावे की पारित प्रतिशत मात्रा के आधार पर देखा जा सकता है कि निचला वक्र (वक्र स० 1) मोटा श्रेणीकरण तथा सबसे ऊपर का वक्र (वक्र स० 4) महीन श्रेणीकरण को प्रदर्शित करते हैं। वक्र 1 से वक्र 4 के बीच तीन जोन A, जोन B, तथा जोन C हैं। वास्तविक रूप में मोटा मिलावा तथा महीन मिलावा अलग-अलग विक्रय किये जाते हैं।

मिलावे को इसके अधिकतम व न्यूनतम कणों के माप से दर्शाना काफी नहीं है। यह छोटे कणों से बड़े कणों तक भली-भाँति श्रेणीकृत होना चाहिए अर्थात् इसमें दोनों सीमाओं के बीच के कण भी होने जरूरी हैं। भारतीय मानक ब्यूरो ने महीन व मोटे मिलावे की अधिकतम व न्यूनतम सीमायें निर्धारित की हैं।



Grading limits for sand in zones 1, 2, 3, 4 of I.S. : 333-1970

महीन मिलावे के अधिकतम कण I.S. चालनी 4·75 mm से पारित हो जाने चाहिएँ परन्तु I.S. चालनी 150 μ पर रुक जाने चाहिएँ। I.S. चालनीयों के सैट पर से छाने जाने पर महीन मिलावे का श्रेणीकरण निम्न तालिका के अनुसार होना चाहिए—

Grading limits of fine aggregates I.S. : 383-1970

I.S. Sieve Designation	Percentage passing by weight for			
	Grading Zone I	Grading Zone II	Grading Zone III	Grading Zone IV
10 mm	100	100	100	100
4·75 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2·36 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1·18 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
600 micron	15-34	35-59	60-79	80-100
300 micron	5-20	8-30	12-40	15-50
150 micron	0-10	0-10	0-10	0-15
सूक्ष्मता मापांक	4·0–2·71	3·37–2·10	2·78–1·71	2·25–1·35

Grading limits of All-in-aggregates

I.S. Sieve Desgnation	Percentage by weights passing for all in-aggregate of 400 mm Nominal size	20 mm Nominal size
80 mm	100	—
40 mm	95-100	100
20 mm	45-75	95-100
4·75 mm	25-45	30-50
600 micron	8-30	10-35
150 micron	0-6	0-6

तथा इसको ग्रेडिंग जोन I, II, III, IV के अन्तर्गत स्पष्ट कर देना चाहिए। तालिका को देखने पर ज्ञात होगा कि जोन I से लेकर जोन IV तक मिलावा निरन्तर महीन होता जाता है। कंक्रीट में महीन व मोटे मिलावे का अनुपात, महीन मिलावे की सूक्ष्मता के अनुसार घटता चला जाता है अर्थात् महीन मिलावा जितना सूक्ष्म होगा, महीन व मोटे मिलावे का अनुपात उतना ही कम होगा।

मोटे मिलावे के श्रेणीकरण का प्रभाव कंक्रीट की सुकार्यता, सघनता व सम्पूर्ति पर, महीन मिलावे के श्रेणीकरण की तुलना में कम पड़ता है। अत: मोटे मिलावे की श्रेणीकरण सीमाओं में अधिक अन्तर रखा जा सकता है। मोटे मिलावे के एकल माप व श्रेणीकृत माप के लिए श्रेणीकरण सीमायें निम्न तालिका में प्रदर्शित हैं—

Grading Limits for Coarse Aggregate
I.S. : 383-1970

I.S. Sieve Designation	Percentage passing for single-sized aggregate of nominal size (by weight)						Percentage passing for Graded aggregate of nominal size (by weight)			
	63 mm	40 mm	20 mm	16 mm	12·5 mm	10 mm	40 mm	20 mm	16 mm	12·5 mm
80 mm	100	—	—	—	—	—	100	—	—	—
63 mm	85—100	100	—	—	—	—	—	—	—	—
40 mm	0—30	85—100	100	—	—	—	95–10	—	—	—
20 mm	0—5	0—20	85—100	100	—	—	30—70	95—100	100	100
16 mm	—	—	—	85—100	100	—	—	—	90—100	—
12·5 mm	—	—	—	—	85—100	100	—	—	—	90—100
10 mm	—	0—5	0—20	0—30	0—45	85—100	10—35	25—55	30—70	40—85
4·75 mm	—	—	0—5	0—5	0—10	0—20	0—5	0—10	0—10	0—10
2·36 mm	—	—	—	—	—	0—5	—	—	—	—

The Grading Pattern of the Available Coarse and Fine Aggregate and Specified Combined Grading

I.S. Sieve size	Percentage Passing		
	C.A.	F.A.	Specified combined aggregate
40	100	100	100
20	96	100	98
10	35	100	61
4·75	6	92	42
2·36	0	85	35
1·18	0	75	28
600	0	60	22
300	0	10	5
150	0	0	0

Showing the Grading of Different Combination of Fine and Coarse Aggregate for Different Trials

I.S. Sieve	Percentage Passing									
	C.A.	F.A.	Specified combined grading	1st Trial			2nd Trial			
				70% C.A.	30% F.A	Combined Grading	60% C.A.	40% F.A.	Combined Grading	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
40	100	100	100	70	30	100	60	40	100	
20	96	100	98	67·2	30	97·2	57·6	40	97·6	
10	35	100	61	24·5	30	54·5	21·0	40	61·0	
4·75	6	92	42	4·2	27·6	31·8	3·6	36·8	40·6	
2·36	0	85	35	—	25·5	25·5	—	34·0	34·0	
1·18	0	75	28	—	22·5	22·5	—	30·0	30·0	
600	0	60	22	—	18·00	18·00	—	24·0	24·0	
300	0	10	5	—	3·00	3·00	—	4·0	4·0	
150	0	0	0	—	—	—	—	0	—	

प्रथम ट्रायल तथा द्वितीय ट्रायल की तुलना करने पर यह देखा जा सकता है कि द्वितीय ट्रायल (60 : 40) मानक ग्रेडिंग (कालम 4) के अत्यन्त निकट है।

2.10 जल (Water)

जल कंक्रीट बनाने के लिये प्रयोग होने वाला, सीमेन्ट के बाद दूसरा महत्वपूर्ण अवयव है। इसके प्रयोग में असावधानी बरतने से कंक्रीट की गुणवत्ता पर प्रभाव पड़ता है। अत: जल की मात्रा एवं गुणता का विस्तृत अध्ययन किया जाना आवश्यक है। जल का एक भाग सीमेन्ट की जलयोजन क्रिया में प्रयुक्त होता है तथा बची हुई मात्रा मिलावे के कणों के लुब्रीकेशन के काम आती है जिससे कंक्रीट सुकार्य बनती है। कंक्रीट में जल के प्रयोग को तीन भागों में बाँट सकते हैं—

(1) यह सीमेन्ट को समांग रूप से वितरित करता है।

(2) यह सीमेन्ट से रासायनिक क्रिया करके कैल्शियम सिलिकेट हाइड्रेट (Calcium, Silicate Hydrate, CSH) जैल बनाता है।

(3) यह कंक्रीट को सुकार्यता (Workability) प्रदान करता है, यानि कि एक स्नेहक (Lubricant) की तरह कार्य करता है।

साधारणत: सीमेन्ट को न्यूनतम अपने भार से 0·3 गुना जल की आवश्यकता होती है जिससे वह जलयोजन की क्रिया पूर्ण कर सके। लेकिन इतने कम जल वाली कंक्रीट को बिछाना या प्रयोग करना कठिन होगा। अत: कंक्रीट को सुकार्य बनाने के लिये भी अतिरिक्त पानी की आवश्यकता पड़ती है। परन्तु यह अतिरिक्त जल भी निश्चित मात्रा से अधिक नहीं होना चाहिये वर्ना यह कंक्रीट की सामर्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव डालता है। साथ ही जल की अधिक मात्रा कंक्रीट में पृथक्करण (Segregation) व निःस्रवण (Bleading) की समस्या पैदा कर सकती है।

जल की गुणवत्ता के लिये यह पैमाना उपयुक्त होगा कि जो जल पीने योग्य है वही कंक्रीट में मिलाने के लिये उपयुक्त हो सकता है। परन्तु कहीं-कहीं ऐसा जल जिसमें शुगर (Sugar) मिश्रित हो, पीने के योग्य तो है, पर कंक्रीट में प्रयोग नहीं किया जा सकता। अत: कंक्रीट में मिलाने के लिये एवं तराई के लिये पूर्णत: साफ जल का प्रयोग होना चाहिये। यह जल अम्ल, क्षार, चिकनाई, तेल, जैविक अशुद्धियों इत्यादि से मुक्त होना चाहिये। गंदला, खारा, रसायन युक्त, समुद्री इत्यादि प्रकार का जल भी कंक्रीट में नहीं प्रयोग किया जा सकता। सामान्यत: पानी का pH मान 6 से कम नहीं होना चाहिये।

2.10.1 भारतीय मानक संस्थान के अनुसार जल में अशुद्धियों की सीमा

(a) I.S.: 456-2000 के अनुसार जल में ठोस अशुद्धियों की सीमा निम्नानुसार है—

ठोस (Solids)		अनुमत सीमा (Permissible Limits) Max. mg/L
(i) कार्बनिक पदार्थ (Organic)		200
(ii) अकार्बनिक पदार्थ (Inorganic)		3000
(iii) सल्फेट ($AsSO_3$)		400
(iv) क्लोराइड (AsCl)	सादी कंक्रीट के लिये	2000
	प्रबलित कंक्रीट के लिये	500
(v) निलम्बित पदार्थ (Suspended water)		2000

इसके अतिरिक्त

(b) फिनोलफ्थेलीन (Phenolphthalein) को सूचक के रूप में प्रयोग करने पर 200 ml पानी (Sample) को उदासीन करने के लिये 0.1 N के NaOH घोल की 2 ml से अधिक की आवश्यकता नहीं पड़नी चाहिये।

(c) गुलाबी मिथाइल ऑरेंज (Methyl Orange) जो सूचक के रूप में प्रयोग करने पर 200 ml पानी (Sample) को उदासीन करने के लिये 0.1 N के HCl अम्ल की 10 ml से अधिक की आवश्यकता नहीं पड़नी चाहिये। (I.S.3025-1964)

(d) पानी का pH मान 6-8 के मध्य होना चाहिये।

(e) कंक्रीट क्यूब टैस्ट की सहायता से जल की उपयुक्तता की जाँच करना—

इस प्रकार से जाँच करने के लिये, जल के प्रतिदर्श के द्वारा कंक्रीट में 150 mm माप के तीन क्यूब तैयार किये जाते हैं। इसी प्रकार के अन्य क्यूब आसुत जल के द्वारा बनाये जाते हैं। 28 दिन की आवश्यक तराई के पश्चात् दोनों तरह के क्यूब सम्पीडन मशीन में टेस्ट किये जाते हैं जल के प्रतिदर्श से बने क्यूब की औसत सम्पीडन सामर्थ्य आसुत जल से बने क्यूब की औसत सामर्थ्य के मुकाबले 90% से अधिक नम नहीं होनी चाहिये।

(f) इसी प्रकार से जल के प्रतिदर्श से बने सीमेन्ट पेस्ट का प्रारम्भिक जमाव काल 30 मिनट से कम नहीं होना चाहिये तथा यदि यही पेस्ट आसुत जल से बनाया जाये तो प्रारम्भिक जमाव काल में अन्तर ±3 मिनट से अधिक नहीं होना चाहिये।

2.10.2 जल की अशुद्धियों का कंक्रीट के गुणों पर प्रभाव (Effect of Inpurities in Water on Properties of Concrete)

जल में घुलित अशुद्धियों के कारण कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है तथा यह कंक्रीट कम टिकाऊ भी होती है। सीवेज ट्रीटमेंट प्लांट के निःस्राव तथा पेंट, कपड़ा, चीनी तथा खाद इत्यादि के कारखानों में निःस्राव भी कंक्रीट के लिये नुकसान-दायक होते हैं। परीक्षणों से ज्ञात हुआ है कि यदि जल में घुलित लवणों की मात्रा अधिक है तो कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य 10 से 30 प्रतिशत तक घट जाती है।

जल में क्लोराइड की मात्रा अधिक होने पर कंक्रीट में लगातार नमी बनी रहती है तथा जिसके प्रभाव से एफ्लोरेसैन्स (Efflorescence) तथा इस्पात का क्षय (Corrosion) होने लगता है। सम्पीडन सामर्थ्य में कमी निम्न तालिका में प्रदर्शित की गई है—

Effect of dissolved salts in water on compressive strength of concrete

लवणों का जल में प्रतिशत (% of Salts)	सम्पीडन सामर्थ्य में प्रतिशत कमी (Percentage Reduction)
0·5 SO_4	4
1·0 SO_4	10
5·0 NaCl	30
CO_2	20

जल में उपस्थित अन्य अशुद्धियों के कारण कंक्रीट पर दुष्प्रभाव निम्न प्रकार से वर्णित किये जा सकते है—

1. निलम्बित कण (Suspended Particles)—यदि जल में सिल्ट तथा मिट्टी के निलम्बित कणों की मात्रा 0·02 प्रतिशत तक है तो इसका कंक्रीट के गुणों पर कोई बुरा प्रभाव नहीं पड़ता, परन्तु यदि यह मान 2000 mg/litre से अधिक हो जाये तो कंक्रीट के ऊपर गलत प्रभाव पड़ता है (I.S. : 456-2000)।

2. अन्य अकार्बनिक पदार्थ (Miscellaneous Inorganic Salts)—मैगनीज, टिन, जिंक, कॉपर, लैड इत्यादि के लवणों की जल में उपस्थिति कंक्रीट की सामर्थ्य को घटा देती है। सोडियम तथा पोटेशियम के कार्बोनेट तथा बाईकार्बोनेट सीमेन्ट के जमने को प्रभावित करते हैं जहाँ सोडियम कार्बोनेट जमने की क्रिया को त्वरित कर देता है, वहीं पर बाईकार्बोनेट इस क्रिया को या तो अत्यन्त तीव्र कर देते हैं या एक दम धीमी। इनकी उपस्थिति कंक्रीट की सामर्थ्य को कम कर देती है। जिंक क्लोराइड की उपस्थिति सीमेन्ट की सैटिंग को इतना धीमा कर देती है कि पहले 2-3 दिन तक कंक्रीट में कोई सामर्थ्य प्राप्त नहीं

होती। इसी प्रकार से लैड नाइट्रेट भी कंक्रीट के लिये घातक है। सोडियम आयोडाइड, सोडियम फॉस्फेट, सोडियम आर्सनेट तथा सोडियम बोरेट भी कंक्रीट की प्रारम्भिक सामर्थ्य को काफी नीचे तक ले जाते है। कैल्शियम क्लोराइड की उपस्थिति कंक्रीट की सैटिंग को बढ़ा देती है तथा कंक्रीट जल्दी कठोर हो जाती है। लेकिन इसकी मात्रा सीमेन्ट के भार से 1·5% से अधिक नहीं होनी चाहिये।

3. अम्ल तथा क्षार (Acids and Alkalies)—उद्योगों से प्राप्त नि:स्राव जल में अम्ल या क्षार की मात्रा को बढ़ा देते है। इस प्रकार का जल कंक्रीट में प्रयोग के योग्य नहीं रह जाता। अत: जल का pH मान यदि 6-8 के बीच हो तभी इसे कंक्रीट बनाने के लिये प्रयोग करना चाहिये। मोटे तौर पर HCl, H_2SO_4 इत्यादि की मात्रा जल में 1% से कम हो तथा NaOH की मात्रा भी 0·5% से कम हो, तभी जल प्रयोग योग्य होता है।

4. शैवाल (Algae)—कंक्रीट को बनाने वाले जल में यदि शैवाल उपस्थित हैं तो ये सीमेन्ट के साथ मिल जाते हैं तथा ये सीमेन्ट पेस्ट एवं मिलावे के बीच के अभिलाग (Bond) को कमजोर कर देते हैं जल में शैवालों की उपस्थिति से कंक्रीट में काफी मात्रा में वायु प्रवेश कर जाती है जो सामर्थ्य को घटा देती है।

5. चीनी (Sugar)—0·05% से कम चीनी कोई विशेष प्रभाव नहीं डालती, परन्तु इसकी 0·15% मात्रा सीमेन्ट के जमने की क्रिया को धीमा कर देती है। जिससे प्रारम्भिक सामर्थ्य तो घट जाती है, परन्तु 28 दिन की सामर्थ्य बढ़ जाती है। चीनी की 0·20% से 0·25% तक की मात्रा प्रारम्भिक सामर्थ्य को बढ़ा देती है, परन्तु 28 दिन की सामर्थ्य को घटा देती है। अत: चीनी की सीमेन्ट के भार से प्रतिशत मात्रा अलग-अलग प्रभाव प्रदर्शित करती है।

6. तेल (Oils Contamination)—यदि जल में खनिज तेल, वनस्पति तेल इत्यादि उपस्थित हैं तो कंक्रीट पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता। परन्तु यह मात्रा सीमेन्ट के भार से 2% तक होने पर सामर्थ्य में कुछ बढ़ोत्तरी देखी जा सकती है। इसकी 8% से अधिक मात्रा सामर्थ्य को कुछ घटा देती है। लेकिन खनिज तेलों की उपस्थिति कंक्रीट की सामर्थ्य पर लम्बे समय पश्चात् बुरा प्रभाव डालती है।

7. समुद्री जल के लवण (Salts in Sea Water)—समुद्री जल में सामान्य रूप से 3·5% घुलित लवण पाये जाते है। सारी दुनिया में समुद्री जल की रासायनिक रचना लगभग एक सी ही पायी जाती है। इसमें क्लोराइड ज्यादातर सोडियम के साथ ही पाये जाते हैं तथा बहुत कम मात्रा पोटेशियम के साथ मिलती है। सभी सल्फेट मैग्नीशियम के साथ मिलते हैं। समुद्री जल में विभिन्न लवणों का प्रतिशत निम्न प्रकार देखा जा सकता है—

क्लोराइड	51·3%	सल्फेट	7·2%
सोडियम	28·5%	मैग्नीशियम	3·6%
कैल्शियम	1·3%	पोटेशियम	100%

रासायनिक लवणों की दृष्टि से समुद्री जल में उपस्थित सल्फेट कंक्रीट के लिये सबसे अधिक नुकसानदायक माना जा सकता है। अत: समुद्री जल के होने पर कंक्रीट में 'सल्फेट रोधी सीमेन्ट' का प्रयोग किया जाता है। इसके अतिरिक्त समुद्री जल में उपस्थित लवण कंक्रीट की सामर्थ्य को 10-20% तक घटा देते हैं, जिसकी भरपाई कम जल/सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट प्रयोग करके की जा सकती है। यहाँ पर सबसे अधिक चिन्ता का विषय प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में इस्पात के क्षय (Corrosion) का है, जो क्लोराइड्स की उपस्थिति के कारण होता है। इस समस्या का निदान सघन (Dense) कंक्रीट बनाकर, जिसमें कम से कम रन्ध्र हों तथा इस्पात के ऊपर आवश्यक आवरण प्रदान करके किया जा सकता है। वैसे बेहतर यही होगा कि प्रबलित कंक्रीट के निर्माण में समुद्री जल का प्रयोग ना ही किया जाये। पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट में समुद्री जल का प्रयोग तो वर्जित ही है क्योंकि यह पूर्व प्रतिबलों के ह्रास का कारण बन सकता है।

कंक्रीट में प्रयोग हेतु जल में अशुद्धियों की अनुमत सीमा

अशुद्धियाँ	अनुमत सीमा
सोडियम तथा पोटेशियम कार्बोनेट/बाइकार्बोनेट	1000 ppm (total) अधिक होने पर 28 दिन की सामर्थ्य एवं जमाव काल का परीक्षण आवश्यक है।
क्लोराइड	10,000 ppm
सल्फ्यूरिक एनहाइड्राइड	3000 ppm
कैल्शियम क्लोराइड	2% (सीमेन्ट के भार का) लेकिन पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट में वर्जित
सोडियम आयोडेट, सोडियम सल्फेट, सोडियम आर्सनेट, सोडियम बोरेट	अत्यन्त कम मात्रा
सोडियम सल्फाइड	100 ppm मात्रा पर भी परीक्षण आवश्यक
सोडियम हाइड्रोक्साइड	0·5% (सीमेन्ट के भार का)
सिल्ट/निलम्बित कण	2000 ppm
कुल घुलित कण	15000 ppm
कार्बनिक पदार्थ	3000 ppm
pH मान	6-8

प्रश्नावली

1. साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट का रासयनिक गुण बताइये और उनका मुख्य कार्य लिखिये। (BTE 2004)
2. कंक्रीट के संघटक कौन-से हैं? नाम लिखिये तथा सभी के प्रकार्य स्पष्ट कीजिये।
3. सीमेन्ट क्लिंकर (Clinker) को पीसते समय इसमें मंदक (जिप्सम) क्यों मिलाया जाता है? स्पष्ट कीजिये। (BTE 1995)
4. निम्न सीमेंटों पर प्रकाश डालिये—
   (i) शीघ्र जमने वाला सीमेंट (ii) शीघ्र कठोरी सीमेंट (iii) सल्फेटरोधी सीमेंट
   (iv) सफेद सीमेंट (v) पोजोलाना पोर्टलैण्ड सीमेंट (vi) स्लेग सीमेंट
5. मिलावा क्या है? इसका कंक्रीट में क्या उपयोग है?
6. स्रोत के आधार पर मिलावे का वर्गीकरण कीजिये।
7. मिश्र मिलावे से आप क्या समझते है?
8. चालनी विश्लेषण क्या है? समझाइये। (BTE 2006)
9. बालू का स्थूलीकरण क्या होता है? इसको ज्ञात करना क्यों आवश्यक है? स्पष्ट कीजिये। (BTE 2004)
10. मिलावे का अधिकतम आकार कंक्रीट की सामर्थ्य को किस प्रकार से प्रभावित करता है? लिखिये। (BTE 1995, 97, 2002, 05, 06, 07)
11. मिलावे का सूक्ष्मता मापांक क्या होता है? समझाइये। (BTE 1996)
12. महीन एवं मोटे मिलावे का सूक्ष्मता मापांक ज्ञात करने की विधियाँ समझाइये। (BTE 1995, 2002, 04, 06)
13. मिलावे का श्रेणीकरण क्यों किया जाता है? इसका कंक्रीट की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है? (BTE 1995, 2002, 06)
14. जल का कंक्रीट में क्या कार्य है? स्पष्ट कीजिये। (BTE 1996, 97, 2005)
15. जल में कंक्रीट के लिये हानिकारक अशुद्धियों पर प्रकाश डालिये।

16. रैपिड हार्डनिंग सीमेन्ट तथा निम्न गर्मी सीमेन्ट के उपयोगों को संक्षेप में समझाइये।
17. कार्यस्थल पर मिलावा की गुणवत्ता ज्ञात करने हेतु परीक्षणों को संक्षप में समझाइये। (BTE 2017)

(BTE 2017)

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. सीमेन्ट में अधुलनशील पदार्थों का अनुपात होना चाहिए–
   (a) ≥ 2% (b) ≤ 2% (c) 2% (d) उपरोक्त में से कोई नहीं
2. सीमेन्ट की ज्वलन पर कुल हानि–
   (a) 0 (b) > 5% (c) 5% (d) < 5%
3. सीमेण्ट में सल्फर की मात्रा–
   (a) < 2·75% (b) > 2·75 (c) 2·75% (d) 0
4. सीमेण्ट को सामर्थ्य प्रदान करता है–
   (a) एलुमिना (b) चूना (c) जिप्सम (d) मैग्नीशिया
5. सीमेण्ट शीघ्र कठोर होता है–
   (a) अधिक सिलिका के कारण (b) जिप्सम के कारण
   (c) अधिक एलुमिना के कारण (d) सल्फर ट्राई ऑक्साइड के कारण
6. सीमेण्ट में एलुमिना का कार्य है–
   (a) शीघ्र जमने की शक्ति देना (b) आरम्भिक जमवा काल बढ़ाता है
   (c) रासायनिक क्रिया में सहायक (d) भूरा रंग प्रदान करता है
7. सीमेण्ट का भूरा रंग_____की वजह से होता है।
   (a) लौह ऑक्साइड (b) क्षार (c) सल्फर ट्राई ऑसाइड (d) एलुमिना
8. सीमेण्ट को निर्दोषिता प्रदान करता है–
   (a) क्षार (b) लौह ऑक्साइड
   (c) सल्फर ट्राई ऑक्साइड (d) मैग्नीशिया
9. सीमेण्ट में उल्फूलन इसकी वजह से होता है–
   (a) लौह ऑक्साइड (b) क्षार (c) मैग्नीशिया (d) जिप्सम
10. जिप्सम का क्या कार्य है?
    (a) आरम्भिक जमाव काल बढ़ाना (b) अन्तिम जमाव काल बढ़ाना
    (c) आरम्भिक सामर्थ्य बढ़ाना (d) आरम्भिक जमाव काल कम करना
11. सीमेण्ट की 70-80% सामर्थ्य निम्न कारण होती है–
    (a) C_2S तथा C_3A (b) C_4AF (c) C_2 तथा C_3S (d) लौह ऑक्साइड
12. जलयोजन की क्रिया में सर्वप्रथम जलयोजन होता है–
    (a) C_3A (b) C_3S (c) C_2S (d) C_4AF
13. सीमेण्ट को आरम्भिक सामर्थ्य प्रदान करता है–
    (a) C_3S (b) C_2S (c) C_3A (d) C_4AF
14. सीमेण्ट की पहले दूसरे दिन की सामर्थ्य निम्न के कारण होती है–
    (a) C_3A (b) C_3A तथा C_4AF (c) C_3S (d) C_2S
15. सीमेण्ट की पहले दूसरे महीने की सामर्थ्य इसके कारण होती है–
    (a) C_2S (b) C_4AF (c) C_3S (d) C_3A

16. जलयोजन की क्रिया में प्रथम सात दिनों में निष्काषित ऊष्मा–
    (a) 50 कैलोरी/gm सीमेण्ट (b) 100 कैलोरी/gm सीमेण्ट
    (c) 80 कैलोरी/gm सीमेण्ट (d) 180 कैलोरी/gm सीमेण्ट
17. सीमेण्ट के धीरे-धीरे लम्बी अवधि तक इसके सामर्थ्यवान होने का कारण निम्न यौगिक हैं–
    (a) C_3S (b) C_3A (c) C_2S (d) C_4AF
18. जलयोजन की क्रिया के दौरान ऊष्मा निकलती है–
    (a) 80 कैलोरी/ग्राम (b) 120 कैलोरी/ग्राम (c) 60 कैलोरी/ग्राम (d) 40 कैलोरी/ग्राम
19. कंक्रीट कार्य में दरारें क्यों पड़ती है?
    (a) बाह्य व आन्तरिक सतह का तापक्रम भिन्न होने के कारण
    (b) बाह्य सतह का तापक्रम अधिक होने के कारण
    (c) आन्तरिक सतह का तापक्रम अधिक हने के कारण
    (d) उपरोक्त से कोई नहीं
20. साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट निम्न ग्रेड में उपलब्ध है–
    (a) OPC 33 Grade [I.S. 269-1989] (b) OPC 43 Grade [I.S. 8112-1989]
    (c) OPC 53 Grade [I.S. 12269-1987] (d) उपरोक्त सभी
21. सीमेण्ट का ग्रेड इसकी 28 दिन पर क्यूब की _____ N/mm^2 में दर्शाता है।
    (a) तनन सामर्थ्य (b) सम्पीडन सामर्थ्य (c) (a) व (b) दोनों (d) उपरोक्त से कोई नहीं
22. साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट का प्रारम्भिक जमाव काल क्या होता है?
    (a) 5 मिनट (b) 30 मिनट (c) 10 मिनट (d) 10 घण्टे
23. साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट का अन्तिम जमाव काल–
    (a) 4 मिनट (b) 30 मिनट (c) 10 घण्टे (d) 10 दिन
24. सीमेण्टे I.S. चालनी संख्या 09 से छानने पर अवशेष नहीं बचना चाहिए –
    (a) 20% से कम (b) 10% से कम
    (c) 10% से अधिक (d) उपरोक्त से कोई नहीं
25. निम्न सीमेण्ट की पिसाई अधिक महीन की जाती है–
    (a) O.P.C. (b) शीघ्र कठोर सीमेण्ट
    (c) P.P.C. (d) उपरोक्त से कोई नहीं
26. शीघ्र कठोर होने वाले सीमेण्ट की एक दिन बार की तनन सामर्थ्य–
    (a) ≥ 21 kg/cm^2 (b) ≤ 21 kg/cm^2
    (c) ≥ 160 kg/cm^2 (d) ≤ 160 kg/cm^2
27. शीघ्र कठोर होने वाले सीमेण्ट की एक दिन बाद सम्पीडन सामर्थ्य–
    (a) ≥ 21 kg/cm^2 (b) ≤ 21 kg/cm^2
    (c) ≥ 160 kg/cm^2 (d) ≤ 160 kg/cm^2
28. कैल्शियम क्लोराइड सीमेण्ट निम्न को कहते हैं–
    (a) शीघ्र कठोर होने वाला (b) अति शीघ्र कठोर होने वाला
    (c) शीघ्र जमने वाला (d) एलूमिना सीमेण्ट
29. शीघ्र जमने वाले सीमेण्ट का आरम्भिक जमाव काल–
    (a) 10 मिनट (b) 5 मिनट (c) 30 मिनट (d) 10 घण्टे

30. शीघ्र जमने वाले सीमेण्ट का अन्तिम जमाव काल–
(a) 10 मिनट (b) 30 मिनट (c) 10 घण्टे (d) 10 दिन

31. सीमेण्ट का जमाव समय निम्न पर निर्भर करता है–
(a) $CaSO_4$ [Zypsum] (b) $CaCl_2$
(c) $3CaO.SiO_2$ (d) Fe_2O_3

32. उच्च एलुमिना सीमेण्ट होता है–
(a) सल्फट रोधी (b) तुषार रोधी
(c) अम्ल रोधी (d) उपरोक्त सभी

33. उच्च एलूमिना सीमेण्ट–
(a) बहुत जल्दी सामर्थ्य ग्रहण करता है (b) बहुत देर में सामर्थ्य ग्रहण करता है
(c) 7 दिन में पूर्णतया सामर्थ्य ग्रहण करता है (d) उपरोक्त से कोई नहीं

34. सीमेण्ट में कुछ मात्रा में पोजोलाना पदार्थ मिलाने से उसकी सामर्थ्य–
(a) जमाव काल बढ़ जाता है (b) कोई प्रभाव नहीं पड़ता
(c) जमाव काल घट जाता है (d) सामर्थ्य घट जाती है

35. पोजोलाना सीमेण्ट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल–
(a) 300 cm^2 (b) 3000 cm^2
(c) 300 mm^2 (d) 3000 mm^2

36. पोजोलाना सीमेण्ट के जलायोजन में ऊष्मा निकास होता है–
(a) साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट की अपेक्षा कम (b) साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट की अपेक्षा ज्यादा
(c) साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट के बराबर (d) उपरोक्त से कोई नहीं

37. पोजोलाना सीमेण्ट से बनी जलीय संरचनाओं में–
(a) पारगम्यता अधिक होती है (b) पारगम्यता कम होती है
(c) अपारगम्यता कम कम होती है (d) अपारगम्यता अधिक होती है

38. पोजोलाना सीमेण्ट की सामर्थ्य ग्रहण करने की दर होती है–
(a) बहुत ज्यादा (b) कुछ कम (c) कुछ ज्यादा (d) बहुत कम

39. अल्प ऊष्मा सीमेण्ट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल होता है–
(a) 3000 cm^2/gm (b) 3100 cm^2/gm (c) 3300 cm^2/gm (d) 3200 cm^2/gm

40. अल्प ऊष्मा सीमेण्ट की सात दिन की सम्पीडन सामर्थ्य–
(a) 120 kg/cm^2 (b) 160 kg/cm^2 (c) 220 kg/cm^2 (d) 260 kg/cm^2

41. साधारण पोर्टलैण्ड सीमेण्ट की सम्पीडन सामर्थ्य–
(a) 220 kg/cm^2 (b) 120 kg/cm^2 (c) 160 kg/cm^2 (d) 260 kg/cm^2

42. सुपर सल्फेट सीमेण्ट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल–
(a) 3000 cm^2/gm (b) 3200 cm^2/gm (c) 4000 cm^2/gm (d) 4200 cm^2/gm

43. कंक्रीट का कुल 70-74% भाग माना जा सकता है–
(a) सीमेण्ट (b) मिलावा (c) रेत (d) जल

44. बोल्डर क्या है–
(a) पत्थरों के गोल-मठोर भाटे (b) नुकीले पत्थर
(c) चपटे पत्थर (d) चपटे पत्थर

45. बजरी का साइज–
(a) 4.75 mm से ज्यादा (b) 7.75 mm से ज्यादा
(c) 75 mm (d) 3.375 mm

46. शिंगल क्या है?
(a) मिट्टी और बजरी क बीच का आकार (b) मिट्टी और बालू के बीज का आकार
(c) गिट्टी और बोल्डर के बीच का आकार (d) बोल्डर और बजरी के बीच का आकार

47. गिट्टी का साइज–
(a) 6-75 mm (b) 10-20 mm
(c) 4.75 mm से कम (d) 4.75 से ज्यादा

48. स्टोन ग्रिट का साइज–
(a) 10 mm -20 mm (b) 6-75 mm
(c) 4.75 mm से कम (d) 4.75 mm से ज्यादा

49. बालू का साइज–
(a) 4.75 mm से कम (b) 6-75 mm
(c) 4.75 से ज्यादा (d) 10 mm-20 mm

50. अग्निरोधी कंक्रीट है–
(a) प्रबलित कंक्रीट (b) साधारण सीमेण्ट कंक्रीट
(c) धातुमल से तैयार कंक्रीट (d) उपरोक्त सभी

51. बालू की न्यूनतम माप–
(a) 0.002 (b) 0.02 (c) 0.06 (d) 0.07

52. सिल्ट का न्यूनतम माप–
(a) 0.002 (b) 0.02 (c) 0.06 (d) 0.07

53. गोल मिलावे में न्यूनतम रिक्तता का प्रतिशत होता है–
(a) 32-33% (b) 35-38% (c) 38-40% (d) कोई नहीं

54. सबसे अच्छी इन्टरलॉकिंग किसकी होती है?
(a) अनियमित मिलावा (b) गोल मिलावा (c) नुकीला मिलवा (d) उपरोक्त सभी की

55. यदि किसी कण की न्यूनतम माप उसकी औात माप के 3/5 से कम होती है, तो उसे कहते हैं–
(a) लम्बोतरा मिलावा (b) अनियमित मिलावा (c) पत्रिल मिलावा (d) नुकीला मिलावा

56. 28 दिन की तराई के पश्चात परीक्षण हेतु घन की माप–
(a) 15 mm (b) 250 mm (c) 25 mm (d) 150 mm

57. यदि किसी कण की लम्बाई औसत माप से 9/5 से अधिक होती है, तो वह कहलाता है–
(a) लम्बोत्तरा कण (b) अनियमित मिलावा
(c) पत्रिल मिलावा (d) नुकीला मिलावा

58. निम्न में सत्य है
(a) पत्रिल तथा लम्बोत्तरा कण कंक्रीट की सुकार्यता बढ़ाते हैं
(b) घटाते है
(c) सुकार्यता पर कोई प्रभाव नहीं डालते हैं
(d) उपरोक्त से कोई नहीं

59. मिलावे में लम्बोत्तरा तथा पत्रिल कण _____ से अधिक नहीं होना चाहिए–
(a) 10-15%
(b) 12-17%
(c) 10-17%
(d) 12-15%

60. निम्न का प्रयोग X-Ray, Gamma Ray का कवच बनाने वाली कंक्रीट के लिए किया जाता है–
(a) बैराइट, फैरोफास्फोरस, मैग्नेटाइट
(b) मैग्नेटाइट, हेमेटाइट, जियोथाइट
(c) जियोथाइट, इल्मेनाइट, लोहे गोले
(d) उपरोक्त सभी

61. 15-40 MPa की कंक्रीट बनाने के लिए प्रयुक्त होता है–
(a) भारी मिलावा
(b) हल्का मिलावा
(c) सामान्य भार वाला मिलावा
(d) उपरोक्त सभी

62. भारी मिलावे का भार होता है–
(a) 30-57 kN/m^3 के मध्य
(b) 23-26 kN/m^3 के मध्य
(c) 12-15.5 kN/m^3 के मध्य
(d) उपरोक्त से कोई नहीं

उत्तरमाला

1.	(b)	2.	(d)	3.	(a)	4.	(b)	5.	(a)	6.	(a)	7.	(a)	8.	(c)	9.	(b)	10.	(a)
11.	(c)	12.	(b)	13.	(c)	14.	(b)	15.	(c)	16.	(c)	17.	(c)	18.	(b)	19.	(a)	20.	(d)
21.	(b)	22.	(b)	23.	(c)	24.	(c)	25.	(c)	26.	(a)	27.	(c)	28.	(b)	29.	(c)	30.	(c)
31.	(a)	32.	(d)	33.	(a)	34.	(b)	35.	(b)	36.	(a)	37.	(b)	38.	(b)	39.	(d)	40.	(b)
41.	(a)	42.	(c)	43.	(c)	44.	(a)	45.	(a)	46.	(d)	47.	(a)	48.	(a)	49.	(a)	50.	(c)
51.	(d)	52.	(a)	53.	(a)	54.	(c)	55.	(c)	56.	(d)	57.	(a)	58.	(b)	59.	(a)	60.	(d)
61.	(c)	62.	(a)																

जल-सीमेन्ट अनुपात
(Water Cement Ratio)

Syllabus

Hydration of cement, principle of water cement ratio. Duff Abram's water cement ratio law, Limitations of water-cement ratio, Law and its effect on strength of concrete.

3.1 सीमेन्ट का जलयोजन (Hydration of Cement)

जब सीमेन्ट को जल में मिलाये जाने पर एक रासायनिक क्रिया प्रारम्भ हो जाती है जिसे सीमेन्ट का जलयोजन (Hydration) कहते हैं। जैसा कि हम पहले पढ़ चुके हैं कि सीमेन्ट के उत्पादन में ट्राई कैल्शियम सिलिकेट (C_3S), डाई कैल्शियम सिलिकेट (C_2S), ट्राई कैल्शियम एलुमिनेट (C_3A) व टैट्रा कैल्शियम ऐलुमिनेट फैराइट (C_4AF) चार सक्रिय यौगिक प्राप्त होते हैं। C_3S एवं C_2S सीमेन्ट में 75% तक होते हैं। इन्हीं यौगिकों का जलयोजन ही सीमेन्ट को जमाना प्रारम्भ करता है तथा ये ही सीमेन्ट को कठोरता प्रदान करते हैं। सीमेन्ट जैसे ही जल के सम्पर्क में आता है जल योजन की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है। इस क्रिया में ऊष्मा की निकासी (Exothermic) होती है। ये सिलिकेट्स जलयोजन के पश्चात् C-S-H (Calcium Silicate Hydrate) जैल बनाते हैं। प्रारम्भ में यह जैल कमजोर तथा रन्ध्रयुक्त (Porous) होती है परन्तु समय के साथ-साथ यह कठोर होती जाती है।

$$2C_3S + 6H \longrightarrow \underset{(61\%)}{C_3S_2H} + \underset{(39\%)}{3CH} + 120\ Cal/g$$

$$2C_2S + 4H \longrightarrow \underset{(82\%)}{C_3S_2H_3} + \underset{(18\%)}{CH} + 62\ Cal/gm$$

यहाँ पर

$C = CaO$

$S = SiO_2$

$H = H_2O$

यहाँ पर यह स्पष्ट करना है कि C_2S को C_3S से अधिक प्रभावशाली माना जा सकता है, क्योंकि यह C–S–H की अधिक मात्रा उत्पन्न करता है तथा इसमें ऊष्मा भी कम निकलती है। यहाँ पर कम ऊष्मा से एक ऐसी कंक्रीट प्राप्त होगी जो अधिक टिकाऊ होगी तथा जिसमें दरारें (Cracks) भी कम आयेंगी। प्रारम्भ में जैल में रिक्तियाँ (Porous) होती हैं। ये रिक्तियाँ

पूरी तरह पानी से भरी रहती हैं। लगभग सीमेन्ट के भार से 15% भार के जल की आवश्यकता इन रिक्तियों (Pores) को भरने के लिए आवश्यक होती हैं। इस जल को 'लुगदी-जल' (Gel-Water) कहते हैं। इसके अतिरिक्त 23% अतिरिक्त जल की आवश्यकता होती है (Bound-water)। अत: कुल मिलाकर 38% जल ही सीमेन्ट के जलयोजन के लिये आवश्यक होता है। इससे अधिक पानी की मात्रा कंक्रीट में कोशिका रन्ध्र (Capillary) बना देती है जिससे कंक्रीट अपारगम्य नहीं रह जाती। अत: अधिकतम 38% पानी ही प्रयोग करना पर्याप्त होता है जिससे केशिका रन्ध्रों के लिये जल की शेष नहीं बचता है कंक्रीट कठोर व अपारगम्य प्राप्त होती है।

लगभग सीमेन्ट के जलयोजन की क्रिया में निकलने वाली ऊष्मा का 50% भाग पहले तीन दिन में निकलता है तथा सात दिन में 75% तक ऊष्मा निकल जाती है।

साधारण तापक्रम पर 28 दिन में जलयोजन क्रिया लगभग 90% पूर्ण हो जाती है। अत: कंक्रीट की जाँच 28 दिन बाद की जा सकती है। 7 दिन में कंक्रीट 28 दिन की सामर्थ्य का 65% तक प्राप्त कर लेती है। C_3A एवं C_4AF यौगिक पानी के सम्पर्क में आने पर सबसे पहले क्रिया करते हैं। सीमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव काल और 3 दिन की सामर्थ्य इसी क्रिया के फलस्वरूप होती है।

C_3S की क्रिया दर C_3A में कुछ कम होती है परन्तु 28 दिन की सामर्थ्य C_3S के कारण ही प्राप्त होती है। C_2S की क्रिया धीमी होती है और अन्तिम सामर्थ्य (3 वर्ष से अधिक) इसी से प्राप्त होती है।

$$C_3A + 2CSH_2 + 26H \Rightarrow C_6AS_3H_{32} + 300\,cal/g$$
$$2C_3A + C_6AS_3H_{32} + 4H \Rightarrow 3C_4ASH_{12}$$
$$C_4AF + 10H + 2CH \Rightarrow C_6AFH_{12}$$

C_3A एवं C_4AF की क्रिया को मन्द करने की आवश्यकता होती है, क्योंकि कंक्रीट की कुटाई व बिछाई के लिये 20-30 मिनट का समय लग जाता है। इस कार्य हेतु 2-3% जिप्सम मिलाया जाता है जो इस क्रिया को मन्द कर देता है।

सीमेन्ट में C_3A तथा C_3S यौगिकों की मात्रा कम करके कंक्रीट के प्रारम्भिक जमाव काल में उत्पन्न ऊष्मा कम की जा सकती है।

3.2 जल-सीमेन्ट (Water Cement Ratio)

सीमेन्ट में मिलाये जाने वाले जल के भार एवं सीमेन्ट के भार के अनुपात को जल सीमेन्ट अनुपात कहते हैं। कंक्रीट की सामर्थ्य सीमेन्ट पेस्ट की सामर्थ्य पर निर्भर करती है। सीमेन्ट पेस्ट की सामर्थ्य निम्न तत्त्वों पर आधारित है—

(1) जल-सीमेन्ट अनुपात

(2) सीमेन्ट-मिलावे का अनुपात

(3) मिलावे की ग्रेडिंग, सतही बनावट (Surface texure), आकार, कठोरता, सामर्थ्य इत्यादि।

(4) मिलावे की अधिकतम माप

परन्तु जल सीमेन्ट अनुपात ही प्रत्यक्ष रूप से सामर्थ्य को प्रभावित करता है अन्य सभी कारक अप्रत्यक्ष रूप से प्रभाव डालते हैं।

प्राचीन काल में जब जल-सीमेन्ट अनुपात का अध्ययन नहीं किया गया था सीमेन्ट की अधिक मात्रा अधिक सामर्थ्य प्रदान करती है ऐसा माना जाता था। पानी का प्रयोग सुकार्यता के लिये होता है ऐसी धारणा भी थी परन्तु 1919 में प्रो० अब्राम ने इस धारणा को गलत सिद्ध कर यह बताया कि कंक्रीट की सामर्थ्य प्रयुक्त जल की मात्रा पर निर्भर करती है बशर्ते कंक्रीट सुघट्य व सुकर बनी रहे।

$$\text{जल सीमेन्ट (water cement) अनुपात} = \frac{\text{जल का भार (Wt. of water)}}{\text{सीमेन्ट का भार (Wt. of cement)}}$$

जल-सीमेन्ट अनुपात = 0·40 का तात्पर्य

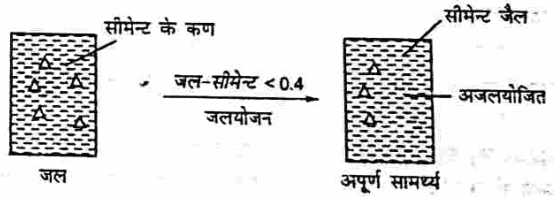
एक बोरा सीमेन्ट (50 kg) में 20 लीटर जल से है। इसमें मिलावे की नमी सम्मिलित नहीं है। मिलावे में नमी होने पर इसे संशोधित करना होगा।

3.3 विभिन्न जल सीमेन्ट अनुपात का जलयोजित सीमेन्ट की भौतिक रचना पर प्रभाव (Effect of Various Water Cement Ratios on the Physical Structure of Hydrated Cement)

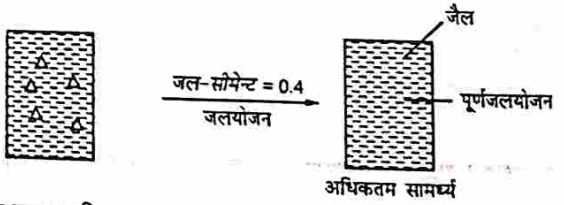
यह आवश्यक है कि सीमेन्ट में इतना जल मिलाया जाये, जिससे इसका प्रत्येक कण गीला हो जाये। सीमेन्ट पेस्ट में किसी भी प्रकार की वायु न रहे तथा यह सघन हो। इस प्रकार से प्राप्त पेस्ट पूर्ण सामर्थ्य प्राप्त करता है। सामान्य रूप से जल-सीमेन्ट अनुपात 0·4 रखने पर सीमेन्ट का पूर्ण जलयोजन हो जाता है परन्तु जल-सीमेन्ट अनुपात के 0·4 से कम रहने पर सीमेन्ट पेस्ट में सीमेन्ट के कुछ कण पूर्णतया: जलयोजना की क्रिया से वंचित रह जाते हैं। अत: सीमेन्ट पूर्ण सामर्थ्य नहीं प्राप्त कर पाता।

इसी प्रकार से जल-सीमेन्ट अनुपात 0·4 में अधिक होने पर सीमेन्ट के सभी कण जलयोजित तो हो जाते हैं परन्तु पेस्ट में आवश्यकता से अधिक जल होने के कारण यह शेष रह जाता है और बाद में वाष्पीकृत होकर पेस्ट में केशिका रन्ध्र (Capillary pores) छोड़ जाता है। इस प्रकार की कंक्रीट पूर्ण सामर्थ्य नहीं प्राप्त कर पाती।

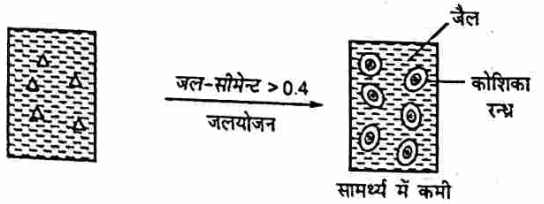
(i) अपूर्ण जलयोजन



(ii) पूर्ण जलयोजन



(iii) पूर्ण जलयोजन परन्तु अधिक जल



3.4 प्रो० डफ अब्राम का जल-सीमेन्ट अनुपात का नियम

प्रारम्भिक रूप से कंक्रीट की सामर्थ्य सीमेन्ट पेस्ट की सामर्थ्य पर निर्भर करती है। सीमेन्ट पेस्ट की सामर्थ्य इसकी सघनता पर निर्भर करती है, अत: सीमेन्ट की मात्रा बढ़ाने पर यह बढ़ती है तथा जल तथा वायु की मात्रा बढ़ने पर यह घटती है। 1918-19 में प्रो० डफ अब्राम ने परीक्षणों के आधार पर यह नियम स्थापित किया। उनके अनुसार, "पूर्णतया: कुटी हुई (Compacted) कंक्रीट की सामर्थ्य जल-सीमेन्ट अनुपात में व्युत्क्रमानुपाती (Inversely proportional) होती है, बशर्ते कंक्रीट सुघट्य व सुकर हो।"

अब्राम के नियम के अनुसार

$$F = \frac{A_1}{B_1^x}$$

या $$\log F = \log A_1 - x \log B_1$$

F = कंक्रीट की 28 दिन की तराई के पश्चात् सम्पीडन सामर्थ्य, A_1 तथा B_1 तो स्थिरांक (Constants) है जो कंक्रीट की उम्र, सीमेन्ट की गुणवत्ता तथा मिलावे के गुण व प्रकार पर निर्भर करते हैं। जिनका मान

$$A_1 = 14000 \text{ lbs/inch}^2$$

या $$B_1 = 7$$

x जल सीमेन्ट अनुपात है।

यहाँ पर यह स्पष्ट करना आवश्यक होगा कि अब्राम का नियम तभी सत्य होगा जब—

- ❖ मिलावा उच्चकोटि का हो
- ❖ कंक्रीट पूर्णतया: कुटी हो तथा तराई पूर्णतया मानक स्थिति में हो।
- ❖ कंक्रीट की सामर्थ्य केवल जल सीमेन्ट अनुपात पर निर्भर करेगी तथा मिलावे/सीमेन्ट के अनुपात का कोई प्रभाव नहीं पड़ेगा बशर्ते कंक्रीट पूर्णतया: सुकर व सुघट्य हो।

पूर्व में कंक्रीट की सामर्थ्य को जल/सीमेन्ट अनुपात से प्रभावित होने के संदर्भ में कई theories अनेक वैज्ञानिकों ने दी परन्तु अब्राम का नियम आज भी कंक्रीट की सामर्थ्य के निर्धारण में प्रयोग किया जा रहा है तथा सामयिक है।

इससे पूर्ण 1897 में फेरेट (Feret) ने एक नियम प्रतिपादित किया था। जिसके अनुसार

Feret's Law :

$$S = K\left(\frac{C}{C+e+a}\right)^2$$

S = Strength of concrete
C = Volume of cement
e = Volume of water
a = Volume of air
K = a constant

उपरोक्त समीरकण में a (volume of air) का भी प्रयोग हुआ है जिससे कंक्रीट के का भी प्रभाव सामर्थ्य पर प्रदर्शित होता है।

परन्तु सभी नियमों में यह निश्चित रूप से सत्य है कि यमदि जल/सीमेन्ट अनुपात व्यवहारिक दृष्टि से कम है तो कंक्रीट की सामर्थ्य तेजी से गिरती है क्योंकि कंक्रीट में वायु रन्ध्र (air voids) उत्पन्न हो जाते हैं।

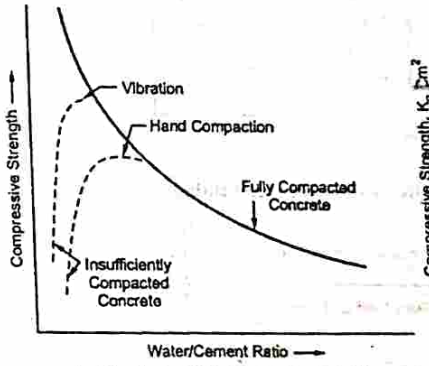
3.4.1 जल सीमेन्ट अनुपात के नियम की सीमायें

डफ अब्राम के जल-सीमेन्ट अनुपात की प्रमाणिकता के सम्बन्ध में कई विद्वानों ने अपने मत व्यक्त किये हैं। उनके अनुसार इसको law ना कहकर rule कहा जाये तो बेहतर है। क्योंकि यह law होने के लिये सभी मापदण्डों को पूरा नहीं करता। इस नियम की कुछ limitations निम्नानुसार हैं—

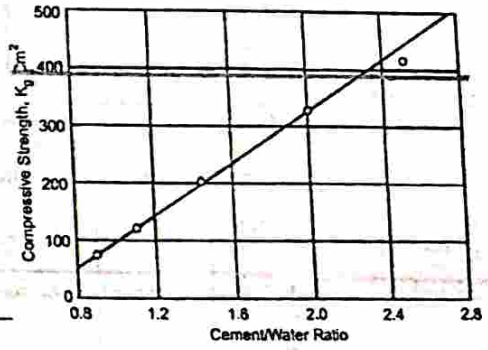
- ❖ किसी भी जल/सीमेन्ट अनुपात के मिश्रण की सामर्थ्य Degree of Hydration, Physical and Chemical properties पर निर्भर करती है।
- ❖ यह सामर्थ्य उस तापक्रम पर भी निर्भर करती है जिस पर Hydration की क्रिया सम्पन्न हुयी हो।
- ❖ वायु रन्ध्र (Air voids) की उपस्थिति का भी सामर्थ्य पर प्रभाव पड़ता है।
- ❖ कंक्रीट में bleeding तथा shrinkage के कारण उत्पन्न दरारों से भी सामर्थ्य प्रभावित होती है।

अत: अब्राम के नियम में उपरोक्त बिन्दुओं का कहीं समावेश नहीं है। अत इस नियम के अनुसार अन्य तथ्यों को नजरन्दाज करते हुए सामर्थ्य के लिये कोई परिणाम निकालने में संशय उत्पन्न होता है।

कुछ वैज्ञानिकों द्वारा जल/सीमेन्ट अनुपात के स्थान पर Gel/space ratio का प्रयोग करके सामर्थ्य का आकलन किया गया है।



The relation between strength and water/cement ratio of concrete.



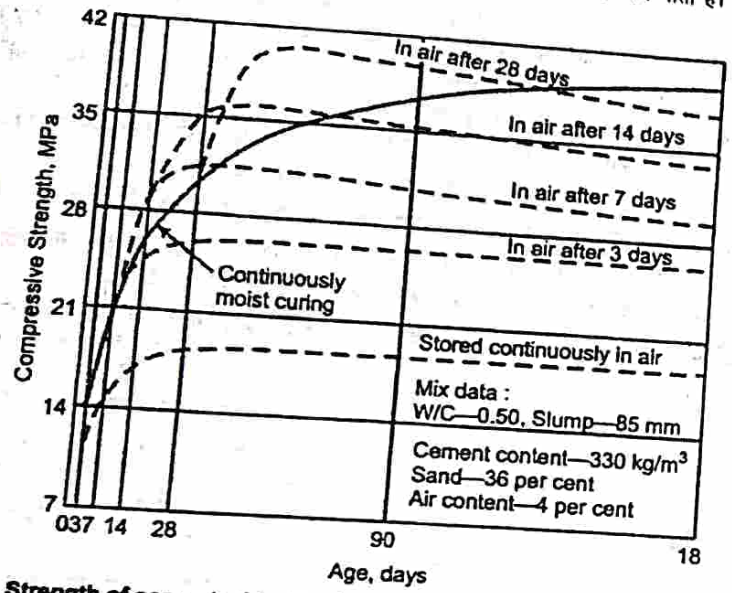
The relation between strength and cement/water ratio.

उपरोक्त चित्रों में जल-सीमेन्ट अनुपात तथा कंक्रीट की संपोडन सामर्थ्य में सम्बन्ध दर्शाया गया है।

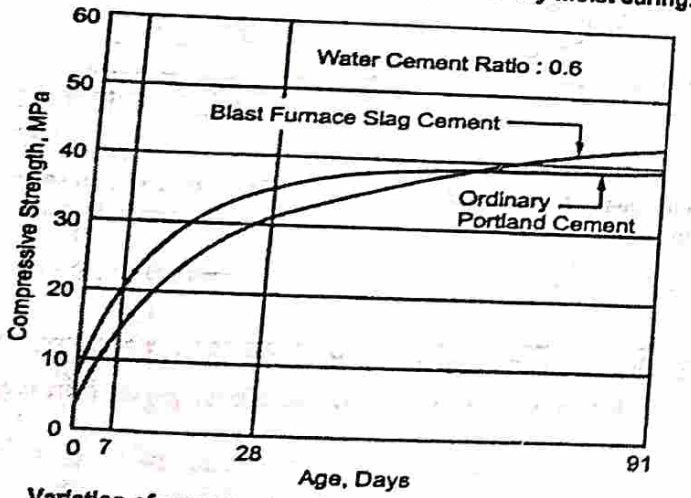
3.5 कंक्रीट की आन्तरिक नमी का जलयोजन क्रिया पर प्रभाव (Effect of Internal Moisture of Concrete on Hydration Reaction)

कंक्रीट में आन्तरिक नमी का होना जलयोजन क्रिया के लिये अत्यन्त आवश्यक है। जब तक कंक्रीट के द्वारा वांछित सामर्थ्य ग्रहण नहीं कर ली जाती, रन्ध्रों में जल की मात्रा बनी रहनी चाहिये जिससे जल योजन की क्रिया यथावत चलती रहे। यदि कंक्रीट सूख जाती है तो जलयोजन की क्रिया भी रुक जाती है तथा कंक्रीट अपनी पूर्ण सामर्थ्य नहीं ग्रहण कर पाती। अत: जहाँ तक संभव हो कंक्रीट को गीला रखना चाहिये और अगर तराई 28 दिन तक की जाये तो कंक्रीट अपनी लगभग पूर्ण सामर्थ्य ग्रहण कर लेगी।

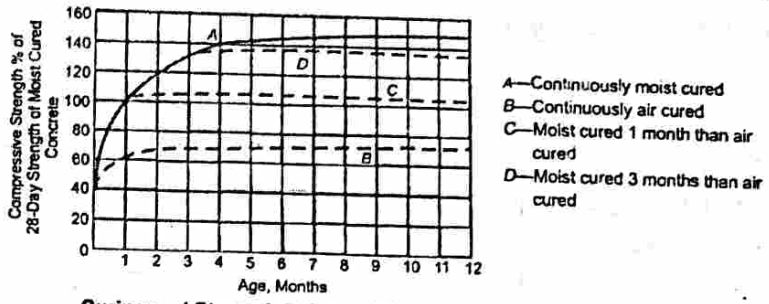
यदि कंक्रीट बीच में ही सूख जाती है तो उसके रन्ध्रों में पानी वाष्पीकृत हो जाता है तथा उसमें वायु घुस जाती है। यदि उसके पश्चात् कंक्रीट की पुनः तराई भी की जाये तब भी जल पुनः रन्ध्रों में प्रवेश नहीं कर पाता है। अतः जलयोजन क्रिया अपूर्ण रह जाती है।



Strength of concrete dried in air after preliminary moist curing.



Variation of compressive strength with curing period.



Curing and Strength Relationship for Portland Cement Concrete.

अतः जल-सीमेन्ट अनुपात नियम के लिये पर्याप्त आन्तरिक नमी का होना आवश्यक है।

3.6 तापक्रम का जलयोजन क्रिया पर प्रभाव (Effect of Temperature on Hydration Reaction)

उच्च तापक्रम पर जलयोजन क्रिया तेज हो जाती है। इसका कारण यह है कि ऊँचे तापमान पर जैली तेजी से बनती है। लेकिन इस प्रकार तीव्र गति से बनी जैली की भौतिक रचना अच्छी नहीं होती। इसमें रन्ध्रता पायी जाती है। इस प्रकार से उच्च तापक्रम में पहले तो कंक्रीट की प्रारम्भिक सामर्थ्य ग्रहण करने की दर अधिक होती है पर बाद में चरम सामर्थ्य घट जाती है।

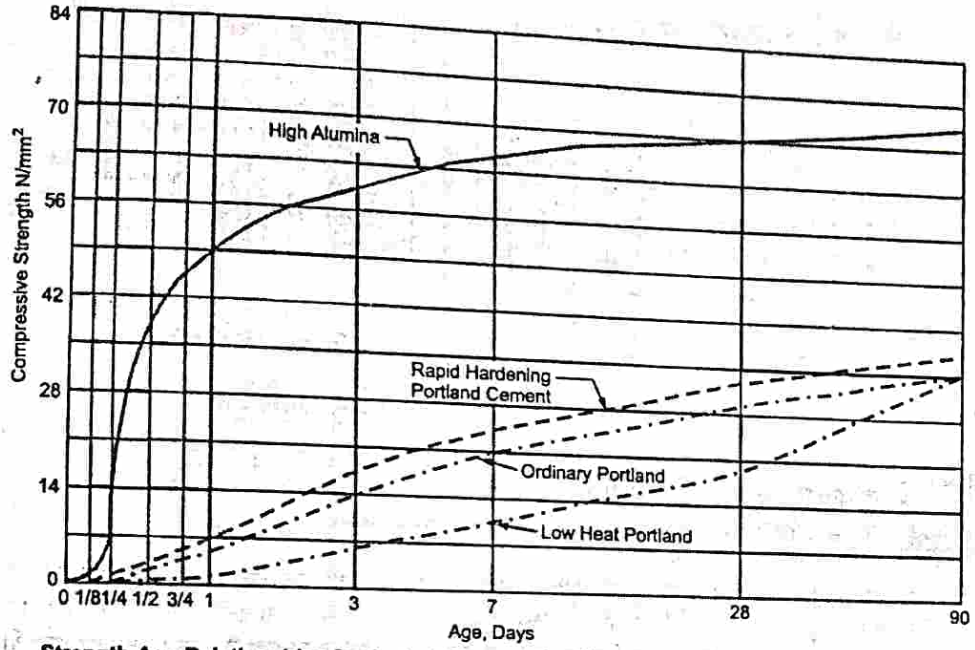
निम्न तापक्रम पर कंक्रीट का सैट होने का प्रारम्भिक समय बढ़ जाता है। 5°C से कम तापक्रम पर कंक्रीट बिछाना उपयुक्त नहीं होता, क्योंकि इस प्रकार की कंक्रीट की सामर्थ्य ग्रहण करने की दर अत्यन्त धीमी होती है। इस कारण से फौर्म वर्क शटरिंग इत्यादि लम्बे समय तक लगाये रहने पड़ती है। इसके अतिरिक्त यदि कंक्रीट सुघट्य अवस्था में जमने वाले तापक्रम में हो तो इसमें अन्तिम रूप से कमी आ जाती है जो बाद में तापक्रम सही होने पर भी 50% तक ही सामर्थ्य ग्रहण कर पाती है। कंक्रीट के लिये 27°C ± 2°C का तापक्रम आदर्श बताया गया है। अतः जल सीमेन्ट अनुपात का नियम इसी तापक्रम के लिये सत्य है।

3.7 कंक्रीट की सामर्थ्य पर कुटाई का प्रभाव (Effect of Compaction on Strength of Concrete)

जल-सीमेन्ट अनुपात के नियम की सत्यता के लिये कंक्रीट की कुटाई पूर्ण होनी चाहिये। कंक्रीट में वायु फंसी रहने से सामर्थ्य घट जाती है। कंक्रीट में 85% तक कुटाई होने पर 20% सामर्थ्य ही प्राप्त होती है। सामान्यतः 1% वायु रहने पर सामर्थ्य 5% घट जाती है।

3.8 कंक्रीट की सामर्थ्य पर आयु का प्रभाव (Effect of Age on Strength of Concrete)

जल-सीमेन्ट अनुपात के नियम की वैधता के लिये कंक्रीट प्रतिदर्शों की आयु समान होनी चाहिये। सामान्यतः कंक्रीट अपनी सामर्थ्य 28 दिन में प्राप्त कर लेती है। परन्तु इसके पश्चात् भी कंक्रीट की सामर्थ्य में वृद्धि होती रहती है।



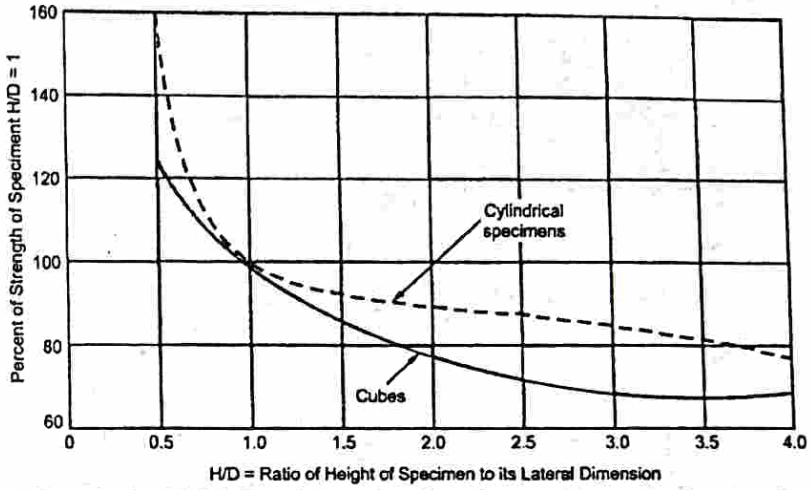
Strength-Age Relationships for 1 : 2 : 4 Concrete by Weight made with Different Cements.

कंक्रीट की आयुघारित सामर्थ्य (28 दिन की सामर्थ्य का प्रतिशत)

1 दिन पर	—	लगभग 16%
3 दिन पर	—	लगभग 40%
7 दिन पर	—	लगभग 65%
28 दिन पर	—	लगभग 100%
3 माह पर	—	लगभग 110%
6 माह पर	—	लगभग 115%
1 वर्ष पर	—	लगभग 120%

3.9 कंक्रीट की सामर्थ्य पर प्रतिदर्श के आकार का प्रभाव (Effect of Size of Specimen on Strength of Concrete)

जल-सीमेन्ट अनुपात के नियम की वैधता हेतु कंक्रीट के प्रतिदर्श का आकार समान होना चाहिये तभी सामर्थ्य का सही तुलनात्मक अध्ययन होना संभव है। भारतीय मानक संस्थान द्वारा कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य ज्ञात करने के लिये 15 cm का घन (28 दिन की तराई के पश्चात्) उपयुक्त निर्धारित किया गया है। यदि प्रतिदर्श की माप 10 cm का घन हो तो सामर्थ्य 10% घटानी पड़ती है। इसी प्रकार नीचे के चित्र में प्रतिदर्श की ऊँचाई/गहराई के अनुपात $\left(\frac{H}{D}\right)$ के अनुसार प्रतिदर्श $\left(\frac{H}{D}=1\right)$ के सापेक्ष % सामर्थ्य का वक्र दिखाया गया है।



Effect of ratio of height/lateral dimension of specimen on the compressive strength.

3.10 कंक्रीट की घन सामर्थ्य (Cube Strength of Concrete)

कंक्रीट की विभिन्न प्रकार की सामर्थ्य में से, घन सामर्थ्य काफी प्रचलित है। वास्तव में यह कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य है जो एक मानक जल-सीमेन्ट अनुपात से बनी कंक्रीट के 15 cm माप के घन को 27°C ± 2°C तापक्रम पर बनाकर, फिर उसे 28 दिन तराई करने के पश्चात् संपीडन सामर्थ्य मशीन से ज्ञात की जाती है। भारतीय मानक (I.S. : 10086-1982) के अनुसार कंक्रीट के 15 × 15 × 15 सेमी के घन तैयार किये जाते हैं। प्रारम्भ में इन्हें 24 घण्टे का समय कठोर होने के लिये दिया जाता है। उसके पश्चात् लगभग 28 दिन की तराई के पश्चात् इन्हें संपीडन सामर्थ्य मशीन में जाँचा जाता है। सम्पीडन सामर्थ्य अधिकतम भार जो यह घन वहन कर पाता है तो घन की काट के क्षेत्रफल से भाग करके निकाली जाती है।

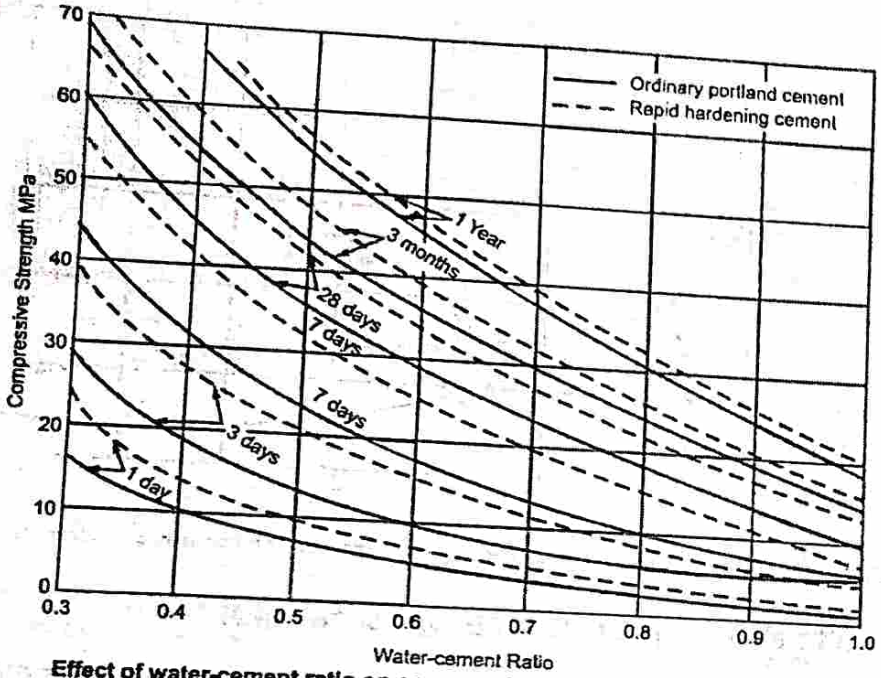
$$\text{घन की सम्पीडन सामर्थ्य} = \frac{\text{अधिकतम भार}}{\text{घन की काट का क्षेत्रफल}}$$

यदि घन की माप 10 cm हो तो इसकी सामर्थ्य 15 cm माप के घन की 90% होती है।

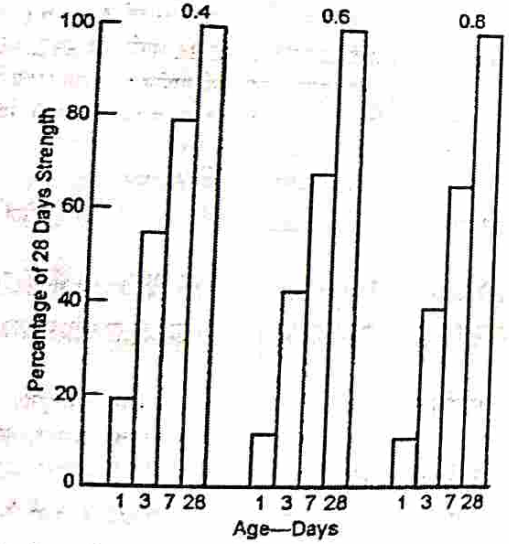
3.11 कंक्रीट का जल-सीमेन्ट अनुपात व सामर्थ्य में सम्बन्ध (Relation between Water Cement Ratio and Strength of Concrete)

जैसा कि पहले भी बताया जा चुका है कि कंक्रीट की सामर्थ्य का जल-सीमेन्ट अनुपात से सीधा सम्बन्ध है। जल-सीमेन्ट अनुपात जितना कम होगा सामर्थ्य उतनी अधिक होगी परन्तु पानी की मात्रा कम-से-कम इतनी हो कि कंक्रीट सुकर (Workable) बनी रहे तथा इसकी कुटाई सम्भव हो।

जल सीमेन्ट अनुपात व कंक्रीट की सामर्थ्य में सम्बन्ध आगे चित्र में दर्शाया गया है—



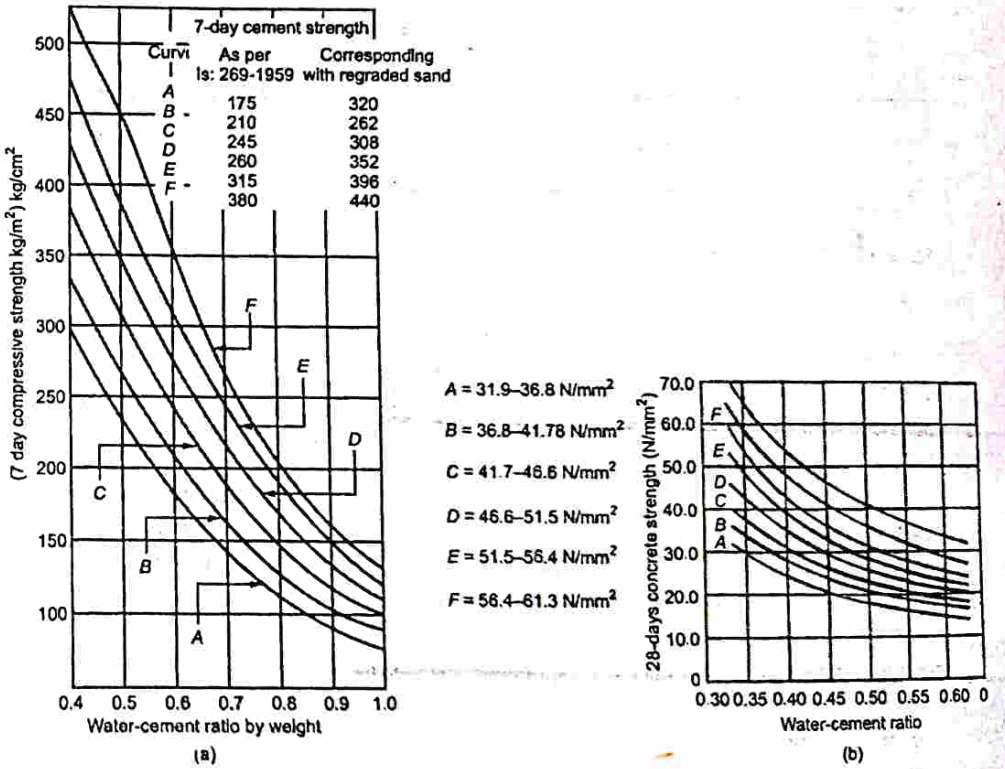
Effect of water-cement ratio on compressive strength at different ages.



Relative gain of strength with time of concretes with defferent water/cement ratio, made with ordinary Portland cement.

3.12 केन्द्रीय सड़क अनुसंधान संस्थान चार्टों का प्रयोग (Use of CRRI Charts)

कंक्रीट का मिक्स डिजाइन करने हेतु कई विधियाँ प्रचलित हैं। इन सभी विधियों में एक निश्चित सामर्थ्य की कंक्रीट को प्राप्त करने हेतु जल-सीमेन्ट अनुपात का चयन करना होता है। इस हेतु अलग-अलग ग्राफ प्रचलित हैं। केन्द्रीय सड़क अनुसंधान संस्थान (CRRI-New Delhi) ने भी इस हेतु परीक्षणों के उपरान्त ग्राफ तैयार किये हैं। इसमें साधारण पोर्ट लैण्ड सीमेन्ट का प्रयोग मानते हुए 7 दिन की सम्पीडन सामर्थ्य को आधार माना है। इसमें A से F तक सीमेन्ट की विशेष सामर्थ्य के लिये अलग-अलग वक्र दिये गये हैं जिनके आधार पर जल सीमेन्ट अनुपात का चयन कर लिया जाता है। यदि सीमेन्ट की सामर्थ्य 260 kg / cm^2 हो तो D वक्र का चयन करें तथा 7 दिन की आवश्यक सामर्थ्य हेतु X-अक्ष पर जल-सीमेन्ट अनुपात का चयन कर लें। D वक्र के लिये यदि आवश्यक संपीडन सामर्थ्य 300 kg / cm^2 हो तो जल-सीमेन्ट अनुपात का मान 0·55 आयेगा। चित्र (a) में 7 दिन की संपीडन सामर्थ्य तथा (b) में 28 दिन की संपीडन सामर्थ्य के लिये वक्र दिये गये हैं।



प्रश्नावली

1. जलयोजन क्रिया को समझाइये। इस क्रिया के उपरान्त कौन-कौन-से यौगिक प्राप्त होते हैं तथा उनका कंक्रीट की सामर्थ्य में क्या सम्बन्ध है?
2. डफ अब्राम के जल-सीमेन्ट अनुपात नियम पर प्रकाश डालें।
3. सीमेन्ट के जमने (Setting) और कठोर (Hardening) होने में अन्तर स्पष्ट करें। (BTE 2004)
4. जल-सीमेन्ट अनुपात नियम की सीमायें क्या हैं, समझाइये। (BTE 1994)
5. जल-सीमेन्ट अनुपात का कंक्रीट की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है, समझाइये।
6. कंक्रीट की आन्तरिक नमी क्या है, इसका जलयोजन क्रिया पर क्या प्रभाव पड़ता है? (BTE 2008)
7. कंक्रीट की घन सामर्थ्य को समझाइये।
8. CRRI वक्र क्या है? इनका उपयोग समझाइये।
9. कंक्रीट के प्रतिदर्श की माप इसकी सामर्थ्य को किस प्रकार प्रभावित करती है?
10. जलयोजन पर तापक्रम के प्रभाव को स्पष्ट करें।
11. आप कंक्रीट के घन ताकत से क्या समझते है? कंक्रीट में पानी-सीमेण्ट अनुपात के महत्व की संक्षेप में व्याख्या कीजिए। (BTE 2017)

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. सीमेण्ट का जलयोजन क्या है?
(a) सीमेण्ट का जल में घोलना
(b) सीमेण्ट का जमना
(c) सीमेण्ट में जल मिलाने पर रसायनिक क्रिया होना
(d) रासायनिक क्रिया के दौरान ऊष्मा निष्काषन

2. सीमेण्ट में उपस्थित सिलिकेट्स जलयोजन के पश्चात् क्या बनाते हैं?
(a) CaO (b) SiO_2
(c) H_2O (d) C-S-H [Calcium Silicate Hydrate]

3. C-S-H की अधिक मात्रा उत्पन्न करता है–
(a) C_3S (b) C_2S (c) C_3A (d) C_3S व C_2S

4. सीमेण्ट के जलयोजन के लिए जल की उचित मात्रा होती है–
(a) 15% (b) 23% (c) 38% (d) 50%

5. सीमेण्ट के जलयोजन की क्रिया में पहले 3 दिन में निकलने वाली ऊष्मा–
(a) 50% (b) 80% (c) 38% (d) 15%

6. सीमेण्ट के जलयोजन में पहले 7 दिन में निकलने वाली ऊष्मा का मान–
(a) 75% (b) 80% (c) 50% (d) 15%

7. कंक्रीट में केशिका रन्ध्र किसके कारण बनते हैं?
(a) कम पानी की मात्रा से (b) अधिक पानी की मात्रा से
(c) लुग्दी जल से (d) उपरोक्त से कोई नहीं

8. साधारण तापक्रम पर 28 दिन में जलयोजन क्रिया लगभग पूर्ण हो जाती है–
(a) 65% (b) 90% (c) 75% (d) 100%

9. 7 दिन में कंक्रीट 28 दिन की सामर्थ्य का प्राप्त कर लेता है–
(a) 75% (b) 50% (c) 90% (d) 65%

10. यौगिक जो पानी के सम्पर्क में आने पर सर्वप्रथम क्रिया करते हैं–
(a) C_3S (b) C_2S (c) C_3A व C_4AF (d) C_3S व C_2S

11. 28 दिन की सामर्थ्य होती है–
(a) C_3S (b) C_3A (c) C_2S (d) C_4AF

12. सीमेण्ट की अन्तिम सामर्थ्य होती है; निम्न यौगिक के कारण–
(a) C_2S (b) C_3S (c) C_2A (d) C_4AF

13. सीमेण्ट में मिलाये जाने वाले जिप्सम की मात्रा–
(a) 2% (b) 2-3% (c) 5% (d) 10%

14. जल सीमेण्ट अनुपात है–
(a) सीमेण्ट में मिलाये जाने वाले जल का आयतन व सीमेण्ट के आयतन का अनुपात
(b) जल के भार व सीमेण्ट के भार का अनुपात
(c) उपरोक्त दोनों
(d) उपरोक्त से कोई नहीं

15. जल सीमेण्ट अनुपात का मान–
(a) 0.04 (b) 0.004 (c) 4 (d) 0.40

16. एक बोरा सीमेण्ट के लिए जल की मात्रा–
(a) 10 लीटर (b) 20 लीटर (c) 30 लीटर (d) 50 लीटर

17. अब्राम के नियम के अनुसार पूर्णत: कुटी हुयी कंक्रीट की सामर्थ्य जल सीमेण्ट अनुपात के–
(a) समानुपाती होती है (b) व्युत्क्रमानुपाती होती है
(c) बराबर होती है (d) उपरोक्त से कोई नहीं

18. अब्राम के नियम तभी काम करेगा या सत्य होगा जब–
(a) कंक्रीट की सामर्थ्य केवल जल सीमेण्ट अनुपात पर निर्भर करेगी।
(b) मिलावा उच्च कोटि का हो
(c) कंक्रीट पूर्णतया कुटी हो
(d) उपरोक्त सभी

19. किसके कारण कंक्रीट की प्रा० सामर्थ्य ग्रहण करने की दर अधिक होती है और बाद में चरम सामर्थ्य घट जाती है?
(a) उच्च तापक्रम (b) निम्न तापक्रम
(c) आर्द्रता (d) उच्च दाब

20. कंक्रीट बिछाना उपयुक्त नहीं होता; यदि तापक्रम–
(a) 5°C से कम हो (b) 2°C से कम हो
(c) 0°C से कम हो (d) 0°C हो

21. कंक्रीट के लिए आदर्श तापक्रम है–
(a) 27°C±2°C (b) 35°C±2°C (c) 21°C±2°C (d) 15°C±2°C

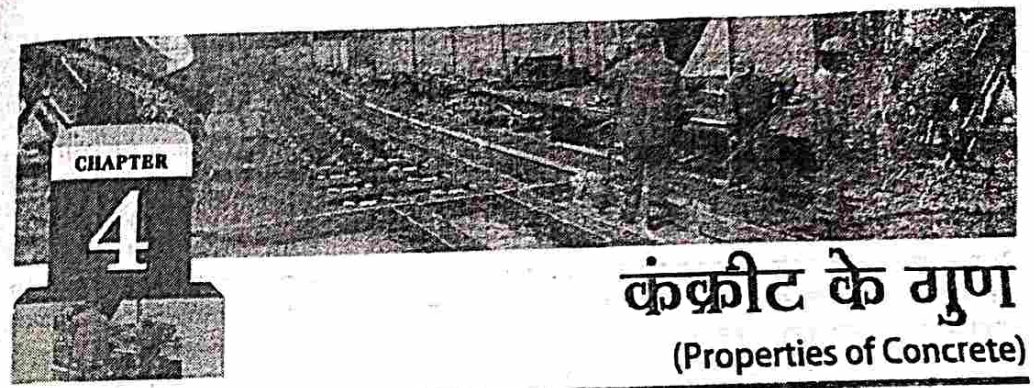
22. कंक्रीट में 1% वायु रहने पर सामर्थ्य घटती है–
(a) 2% (b) 10% (c) 5% (d) 15%

23. भारतीय मानक संस्थान द्वारा कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य ज्ञात करने के लिए कितने माप का घन उपयुक्त निर्धारित किया गया है?
(a) 10 cm (b) 25 cm (c) 15 cm (d) 150 cm

24. यदि प्रतिदर्श की माप 10 cm का घन हो तो सामर्थ्य घट जाएगी–
(a) 10% (b) 20% (c) 15% (d) 30%

उत्तरमाला

1.	(c)	2.	(d)	3.	(b)	4.	(c)	5.	(a)	6.	(a)	7.	(b)	8.	(b)	9.	(d)	10.	(c)
11.	(a)	12.	(a)	13.	(b)	14.	(b)	15.	(d)	16.	(b)	17.	(b)	18.	(d)	19.	(a)	20.	(a)
21.	(a)	22.	(c)	23.	(c)	24.	(a)												



कंक्रीट के गुण
(Properties of Concrete)

Syllabus

4.1. Properties of plastic state : Workability, Segregation, Bleeding and Harshness.

4.1.1. Factors affecting workability. Measurement of workability, slump test, compacting factor and Vee Bee consistometer. Recommended slumps for placement in various conditions as per IS-456-2000/SP 23.

4.2. Properties of Hardened state : Strength, Durability, Impermeability, Dimensional change.

4.1 कंक्रीट की प्रत्यास्थ अवस्था (Plastic State) में गुण

4.1.1 सुकार्यता (Workability)

सुकार्यता कंक्रीट का वह गुण है जिसके उत्तम होने से कंक्रीट को मिलाने, बिछाने, कुटाई करने व सम्पूर्ति करने में कठिनाई नहीं होती। "Property determining the effort required to manipulate a freshly mixed quantity of concrete with minimum loss of homogeneity".

कंक्रीट के जमने के पश्चात् इसका व्यवहार इसके आकार, फिनिश, सामर्थ्य, टिकाऊपन, संकोचन तथा क्रीप पर निर्भर करता है परन्तु ताजा कंक्रीट के लिये भी कुछ गुण हैं जिनके आधार पर कंक्रीट को परखा जाता है—

(i) मिश्रण समांग हो तथा आसानी से मिलाया जा सके।
(ii) मिश्रण टिकाऊ हो जिससे कंक्रीट में पृथक्करण न हो।
(iii) मिश्रण ससंजक हो तथा आसानी से ढाला जा सके।
(iv) मिश्रण का संहनन आसानी से हो सके।
(v) मिश्रण इस प्रकार का हो कि कंक्रीट की फिनिशिंग संतोषजनक हो।

कंक्रीट में इन सभी गुणों को एक शब्द से प्रदर्शित किया जा सकता है वो है सुकार्यता (Workability)। भारतीय मानक I.S. : 6461 (Part VII) 1973 के अनुसार सुकार्यता ताजा कंक्रीट का ऐसा गुण है जिसके कारण यह निर्धारित किया जा सकता है कि कंक्रीट कितनी आसानी एवं समांगता से मिलाई जा सकती है, बिछाई जा सकती है, संहनित की जा सकती है तथा फिनिश की जा सकती है।

यह परिभाषा निम्न प्रकार भी दी जा सकती है—

"कंक्रीट के पूर्ण संहनन के लिये आवश्यक आन्तरिक कार्य कंक्रीट की सुकार्यता कहलाता है।"

ASTM : C125-93 के अनुसार "सुकार्यता एक ऐसा गुण है जिससे यह निर्धारित किया जा सके कि समांगता में कमी लाये बिना ताजा कंक्रीट पर कार्य कितनी सरलता से किया जा सकता है।"

कितनी सरलता से कंक्रीट को बिछाया जा सके, जिससे पृथक्करण तथा नि:स्रवण न हो, सुकार्यता कहलाती है। यहाँ पर यह स्पष्ट करना आवश्यक होगा कि कंक्रीट के सभी अवयव रुक्ष होते हैं। जिनको आपस में मिलाना आसान नहीं होता। इसमें जल स्नेहक (Lubricant) का काम करता है। जितनी जल की मात्रा अधिक होगी उतना ही कंक्रीट में मिलाना/ढालना आसान होगा परन्तु जल की मात्रा 25-30% से अधिक होने पर यह कंक्रीट में रन्ध्र उत्पन्न करने लगता है जिससे कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है, क्योंकि जलयोजन की क्रिया हेतु 25-30% जल ही पर्याप्त है। इससे अधिक जल की मात्रा रन्ध्रों में बची रह जाती है। अत: सुकार्यता तथा कंक्रीट की सामर्थ्य एक दूसरे के विपरीत है। सुकार्यता बढ़ने पर सामर्थ्य तो बढ़ जाती है पर सुकार्यता घट जाती है। जल को कम मात्रा कंक्रीट को मिलाने में भी कठिनाई पैदा करती है। कंक्रीट काफी सख्त रह जाती है जिससे इसका बिछाना व कुटाई करना कठिन हो जाता है। अत: हमें ऐसी कंक्रीट प्राप्त करनी है जो न तो अधिक गीली हो और न ही सख्त और कुटाई के पश्चात् रन्ध्रहीन व सघन हो जाये।

अलग-अलग स्थान के लिये अलग-अलग सुकार्यता की कंक्रीट की आवश्यकता पड़ती है। स्थूल कंक्रीट कार्यों में कम सुकार्यता वाली तथा छोटे या प्रबलित कंक्रीट कार्यों में अधिक सुकार्यता वाली कंक्रीट उपयुक्त रहती है।

सामान्यत: जल-सीमेन्ट अनुपात अधिक होने पर सुकार्यता बढ़ जाती है पर कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है। अत: इसका मान दोनों में सामंजस्य बैठाकर निर्धारित किया जाता है

4.1.2 कंक्रीट का आंतरिक घर्षण (Internal Friction of Concrete)

जैसा कि पहले भी बताया जा चुका है कि कंक्रीट के सभी अवयव रूखे होते हैं। इनमें आंतरिक घर्षण इतना होता है कि ये आसानी से नहीं मिलाये जा सकते। जब इनमें जल मिलाया जाता है तो वह इसमें लुब्रीकेट का कार्य करता है जिससे इनमें आंतरिक घर्षण में कमी आने लगती है और अब इसे मिलाना आसान हो जाता है। परन्तु जल की मात्रा लगातार बढ़ाने पर आंतरिक घर्षण लगभग शून्य हो जाता है और कंक्रीट बहने की स्थिति में आ जाती है। यह स्थिति भी संतोषजनक नहीं है, क्योंकि जल की अधिक मात्रा कंक्रीट की सामर्थ्य में कमी ला देती है तथा साथ ही नि:स्रवण (Bleeding) की संभावना भी बन जाती है। अत: हमें सुकार्य कंक्रीट प्राप्त करने के लिये जल की ऐसी मात्रा का चयन करना होता है कि कंक्रीट में आन्तरिक घर्षण तो न्यूनतम हो परन्तु इसकी सामर्थ्य पर भी विपरीत प्रभाव न पड़े तथा इसका पृथक्कीकरण व नि:स्रवण भी न हो। मिलावे का कुल सतही क्षेत्रफल घटाकर भी कणों का आन्तरिक घर्षण कम किया जा सकता है।

4.1.3 कंक्रीट की रूक्षता (Harshness of Concrete)

कंक्रीट में जब जल की मात्रा कम होती है तो रूक्ष हो जाती है। इसको बिछाना व संहनन करना कठिन हो जाता है। यान्त्रिक विधियों द्वारा तो यह संभव हो जाता है परन्तु यदि ऐसा संभव हो तो कंक्रीट पर कार्य करना मुश्किल होता है। ऐसी स्थिति में जल को मिलाना पड़ता है जिससे कंक्रीट सुकार्य हो सके। यहाँ पर यह स्पष्ट करना आवश्यक है कि अधिक जल की मात्रा कंक्रीट की सामर्थ्य में कमी तो पैदा करेगी परन्तु यदि कंक्रीट की कुटाई/ढलाई ठीक प्रकार से नहीं हो पायेगी तो इसमें रन्ध्र रह जायेंगे और वो भी कंक्रीट की सामर्थ्य को कम कर देंगे। अत: हमें इस प्रकार का सामंजस्य बैठाना होगा कि कंक्रीट में इतना जल हो कि वह रूक्ष न रहे तथा ठीक प्रकार से ढुलाई/कुटाई के योग्य हो तथा साथ ही उसकी सामर्थ्य पर विपरीत प्रभाव न पड़े। इस प्रकार की कंक्रीट ही सुकार्य कहलायेगी। श्रेणीकृत मिलावे में किसी एक माप के कणों की अधिकता होने के कारण भी कंक्रीट रूक्ष हो जाती है। चालनी द्वारा ऐसे फालतू कणों को निकालकर मिलावे को सुधार लेना चाहिये।

4.1.4 पृथक्करण (Segregation) तथा नि:स्रवण (Bleeding)

अच्छी सुकार्यता वाली कंक्रीट के लिये आवश्यक है कि ढलाई के लिये ले जाते हुए तथा बिछाने के दौरान उसमें पृथक्करण तथा नि:स्रवण न हो।

1. मोटे मिलावे का अन्य अवयवों से अलग होना।
2. सीमेंट पेस्ट का अन्य अवयवों से अलग होना।
3. पानी का अन्य अवयवों से अलग होना।

(a) पृथक्करण के कारण—

(i) कंक्रीट के अवयवों का श्रेणीकरण ठीक न होना।
(ii) कंक्रीट के अवयवों का अनुपात ठीक न होना।
(iii) आवश्यकता से अधिक पानी की मात्रा होना।
(iv) रूक्ष मिलावे की मात्रा अधिक होना।
(v) मोटे मिलावे की मात्रा अधिक होना।
(vi) कंक्रीट को काफी ऊँचाई से पटकना।
(vii) कंक्रीट को खराब मिक्सर में मिलाना।
(viii) कनवेयर बैल्ट, व्हील बैरो द्वारा कंक्रीट का परिवहन होने पर।
(ix) वाइब्रेटर को अधिक समय तक प्रयोग करने पर।
(x) कंक्रीट को पम्प करने पर पृथक्करण्ग हो सकता है।
(xi) कंक्रीट के फर्श बनाते समय राज के द्वारा ताजी कंक्रीट पर अधिक समय तक सतह को चिकना करने के प्रयास में पृथक्करण सभंव है।

पृथक्करण से तात्पर्य कंक्रीट के अवयवों का अलग-अलग हो जाना है।

पृथक्करण सीधी तरह से कंक्रीट की ढलाई की प्रक्रियाओं से सम्बन्धित है। अधिक माप के मिलावे के कण, अधिक मिलावे की मात्रा पृथक्करण को बढ़ाते हैं। पृथक्करण को कम किया जा सकता है यदि—

(i) कंक्रीट को कम ऊँचाई से फेंका जाये।
(ii) अधिक विस्तार वाले क्षेत्र में कंक्रीट बिछाते समय बिना वाइब्रेटर के कंक्रीट को बिछाया जाये।
(iii) वाइब्रेटर का प्रयोग सीमित समय के लिये किया जाये।
(iv) कुछ सीमित मात्रा में जल मिलाकर।
(v) मिलावे का सही अनुपातन श्रेणीकरण तथा मिश्रण।
(vi) वायु ग्राही यौगिकों का प्रयोग करके।
(vii) परिवहन के समय सावधानी रखकर।
(viii) कंक्रीट के परिवहन के समय सावधानी बरतना।

4.1.5 नि:स्रवण (Bleeding)

नि:स्रवण का मुख्य कारण संहनन के दौरान अवयवों के द्वारा जल को बांधे न रह पाने के कारण इसका सतह पर आ जाना होता है। जब संहनन होता है तो अवयव गुरुत्व के कारण नीचे बैठ जाते हैं परन्तु जल उनसे अलग होकर सतह पर आ जाता है जिससे सतह पर कंक्रीट में रन्ध्र पैदा हो जाते हैं और यह कमजोर हो जाती है। इसके लिये आवश्यक है कि कंक्रीट का संहनन जरूरत से ज्यादा न किया जाये तथा जल की आवश्यक मात्रा ही प्रयोग की जाये।

वास्तव में नि:स्रवण, पृथक्करण की ही एक विशेष अवस्था है जिसमें कंक्रीट के जल का कुछ भाग बाहर निकलकर सतह पर एकत्र हो जाता है। पानी का विशिष्ट गुरुत्व कंक्रीट के अन्य सभी अवयवों में सबसे कम होता है। अत: इसकी प्रवृत्ति ऊपर उठने की होती है। नि:स्रवण अत्यधिक गीले मिश्रण में अधिक पाया जाता है। कंक्रीट को जब पतली परत में बड़े क्षेत्र में सूर्य के प्रकाश में फैलाया जाता है तो नि:स्रवण की संभावना बनी रहती है। नि:स्रवण में कंक्रीट का जल ऊपर की सतह पर

एकत्रित होता है तो कभी-कभी यह अपने साथ सीमेन्ट का पेस्ट भी ले आता है। उसमे कंक्रीट की ऊपरी सतह कमजोर हो जाती है। नि:स्रवण के फलस्वरूप कंक्रीट में रन्ध्र उत्पन्न हो जाते हैं जिससें यह कमजोर हो जाती है तथा इसकी अपारगम्यता घट जाती है। पानी के कंक्रीट में ऊपर उठते समय प्रवाह नलिकायें बन जाती हैं जो कंक्रीट की अपारगम्यता को कम करती हैं। क्रंकीट की सतह पर सीमेन्ट पेस्ट के जमने को लेटेन्स (Laitance) कहते हैं।

प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट संरचनाओं में नि:स्रवण के कारण जल प्रबलन छड़ों के नीचे एकत्र हो जाता है तथा बाद में वाष्पीकृत हो जाता है जिसके कारण कंक्रीट व इस्पात के बीच अभिमान (Bond) कमजोर पड़ जाता है। नि:स्रवण को निम्न उपायों से कम किया जा सकता है—

(1) निःस्रवण मे कमी की जा सकती है यदि सीमेन्ट की सूक्ष्मता बढ़ायी जा सके।

(2) C_3A की मात्रा बढ़ाकर नि:स्रवण कम किया जा सकता है।

(3) कंक्रीट में त्वरक मिलाकर।

(4) तापक्रम को घटाकर।

(5) सीमेन्ट की मात्रा अधिक रखकर।

(6) खनिजों की उपस्थिति नि:स्रवण में कमी लाती है।

(7) पत्रित मिलावे का प्रयोग न करके।

(8) जल सीमेन्ट अनुपात घटाकर।

(9) वाइब्रेटर का उपयोग सीमित करके।

(10) कंक्रीट का श्रेणीकरण अनुपात मिश्रण सही प्रकार से करके

4.1.6 सुकार्यता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Workability)

एक सुकार्य कंक्रीट वह है जिसके अवयवों के बीच न्यूनतम आन्तरिक घर्षण हो, जो फर्माबन्दी की सतह के घर्षण या प्रबलन इस्पात के घर्षण को भी नगण्य करते हुए आसानी से ढाली जा सके। सुकार्यता को प्रभावित करने वाले निम्न मुख्य कारक हैं—

(1) जल की मात्रा (Water Content)

(2) मिलावो का आकार (Shape of Aggregate)

(3) मिलावों की परिमाप (Size of Aggregate)

(4) मिलावों का सतही गठन (Surface Texture of Aggregates)

(5) मिलावों का श्रेणीकरण (Grading of Aggregates)

(6) सम्मिश्रकों का प्रयोग (Use of Admixtures)

(7) मिलावों का अनुपात (Mix Proportions)

(8) काल तथा तापक्रम (Period and Temperature)

(1) जल की मात्रा—कंक्रीट में उपस्थित जल की मात्रा सुकार्यता पर सीधा प्रभाव डालती है। कंक्रीट में जल की मात्रा जितनी अधिक होगी कंक्रीट उतनी ही तरल (Fluid) होगी। अत: तरल कंक्रीट की सुकार्यता उतनी ही अधिक होगी। निर्माण स्थल पर प्राय: देखा गया है कि कम ज्ञान रखने वाले सुपरवाइजर कंक्रीट की रूक्षता को कम करने के लिये उसमें पानी मिला देते हैं जिससे उसकी सुकार्यता बढ़ जाती है। परन्तु हम यह पूर्व में ही अध्ययन कर चुके हैं कि अधिक पानी की मात्रा कंक्रीट की सामर्थ्य को कम कर देता है। अत: ऐसा करना अन्तिम विकल्प होना चाहिये। अधिक जल की मात्रा नि:स्रयण का कारण भी बनती है। यदि पानी मिलाना आवश्यक ही हो तो उसमें सीमेन्ट भी मिलाना चाहिये जिससे जल-सीमेन्ट अनुपात परिवर्तित न हो।

(2) मिलावों का आकार—मिलावों का आकार सुकार्यता को प्रभावित करता है। नुकीले (Angular), लम्बोतरे (Elongated) व पत्रिक (Flaky) मिलावे कंक्रीट को रूक्ष बना देते हैं, जबकि घनाकृति (Cubical), गोल (Rounded) मिलावे सुकार्यता को बढ़ाते हैं। गोल, चिकनी सतह वाले मिलावों को मिलाना आसान है तथा कम पानी में ही इनकी सुकार्यता अच्छी प्राप्त हो जाती है। इस प्रकार के मिलावों का आन्तरिक घर्षण भी कम होता है। अत: यहाँ पर यह स्पष्ट करना आवश्यक होगा कि नदी, नालों से प्राप्त बालू व ग्रेवल, तोड़े गये पत्थरों से प्राप्त ग्रिट व बालू की तुलना में अधिक सुकार्यता प्रदान करते हैं।

(3) मिलावों की परिमाप—मिलावे की माप जितनी अधिक होगी उतना ही उसका सतही क्षेत्रफल कम होगा। अत: इसकी सतह को गीला करने के लिये उतने ही कम पानी की आवश्यकता होगी। बड़े माप के मिलावे का प्रयोग करने पर सीमेन्ट पेस्ट की भी कम आवश्यकता होगी और यह छोटे आकार के मिलावे की तुलना में बेहतर सुकार्यता देगा। अत: बड़े आकार के मिलावे के प्रयोग से कंक्रीट की लागत भी घट जायेगी। अत: बड़े मिलावे का ही प्रयोग करना चाहिये जब तक कि फर्मों (Forms) या प्रबलित कंक्रीट के अवयवों की माप कम न हो।

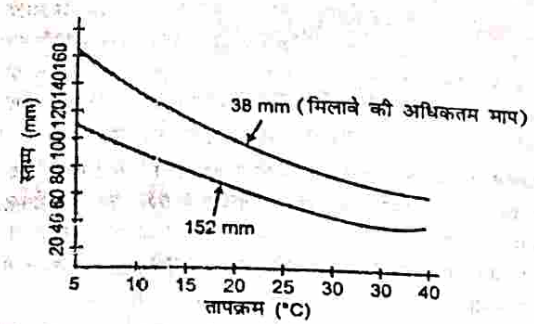
(4) मिलावों का सतही गठन—मिलावों की सतही गठन का भी कंक्रीट की सुकार्यता पर प्रभाव पड़ता है। यदि मिलावों की सतह रूक्ष है तो इसका सतही क्षेत्रफल चिकनी सतह वाले मिलावे से अधिक होगा। अत: रूक्ष सतह वाले मिलावे वाली कंक्रीट की सुकार्यता कम तथा चिकनी सतह वाली कंक्रीट की सुकार्यता अधिक होगी। रूक्ष सतह वाले रन्ध्रयुक्त मिलावों को अधिक पानी के द्वारा ही सुकार्य बनाया जा सकता है। चिकनी, घनाकृति वाले गोल, ठोस मिलावों में आन्तरिक घर्षण भी कम होता है। अत: सुकार्यता अधिक होती है।

(5) मिलावों का श्रेणीकरण—यह एक ऐसा कारक है जो सुकार्यता पर अधिकतम प्रभाव डालता है। अच्छे श्रेणीकृत मिलावे में रन्ध्रों की संख्या न्यूनतम होती है। अत: न्यूनतम सीमेन्ट पेस्ट रन्ध्रों में भरता है तथा इसी अधिकतम मात्रा स्नेहन के लिये उपलब्ध रहती है। अत: कम जल-सीमेन्ट अनुपात पर भी अच्छी सुकार्यता वाली कंक्रीट प्राप्त होती है। अधिक सीमेन्ट पेस्ट की उपलब्धता कंक्रीट को ससंजकता प्रदान करती है तथा पृथक्करण को भी रोकती है। सभी कण एक दूसरे के ऊपर आसानी से फिसल जाते हैं और कम प्रयास से ही अच्छा संहनन प्राप्त हो जाता है।

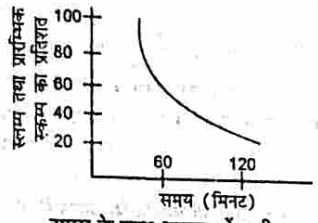
(6) सम्मिश्रकों का प्रयोग—कुछ सम्मिश्रक इस प्रकार के हैं कि अगर इन्हें कंक्रीट में मिलाया जाये तो ये सुकार्यता को बढ़ा देते हैं। यदि अन्य परिस्थितियाँ स्थिर हैं तो वायुग्राही एजेंट या पोजोलाना पदार्थ की सुकार्यता को बढ़ाने के लिये प्रयोग किये जा सकते हैं। वायुग्राही एजेंट कंक्रीट के असंख्य बुलबुले पैदा कर देते हैं। ये बुलबुले गोलियों की तरह कार्य करते हैं तथा कंक्रीट की सुकार्यता बढ़ा देते हैं। इसी प्रकार से महीन पोजोलाना पदार्थ यद्यपि सतही क्षेत्रफल बढ़ाते हैं परन्तु ये स्नेहक की तरह कार्य करते हैं तथा सुकार्यता को बढ़ा देते हैं। इनका प्रयोग इस प्रकार से करना चाहिये जिससे कंक्रीट की सामर्थ्य पर बुरा प्रभाव न पड़े।

(7) मिलावों का अनुपात—मिलावा-सीमेन्ट अनुपात एक महत्वपूर्ण घटक है जो सुकार्यता को प्रभावित करता है। मिलावा-सीमेन्ट अनुपात जितना अधिक होगा कंक्रीट उतनी ही दुर्बल (Lean) होगी। दुर्बल (Lean) कंक्रीट में सीमेन्ट पेस्ट की कम मात्रा ही स्नेहन के लिये उपलब्ध होती है अत: कंक्रीट रूक्ष हो जाती है। इसके विपरीत कम मिलावा-सीमेन्ट अनुपात (Aggregate-cement ratio) वाली कंक्रीट में अधिक सीमेन्ट पेस्ट लुब्रीवेशन के लिये उपलब्ध रहता है और कंक्रीट सुकार्य होती है तथा इसकी संसजकता भी बेहतर होती है।

(8) काल तथा तापक्रम—ताजी कंक्रीट समय के साथ सैट हो जाती है तथा इसकी सुकार्यता घट जाती है, क्योंकि पानी मिलावा सोख लेते हैं तथा कुछ वाष्पीकृत हो जाता है तथा शेष जलयोजन क्रिया में प्रयोग आ जाता है। अत: कंक्रीट को मिलाने के पश्चात् शीघ्र ही प्रयोग कर लेना चाहिये। उच्च तापक्रम पर पानी जल्दी वाष्पीकृत हो जाता है तथा शीघ्र ही कंक्रीट की सुकार्यता घट जाती है अत: कंक्रीट को 40°C से अधिक तापक्रम पर प्रयोग नहीं करना चाहिये।



तापक्रम के साथ सुकार्यता में कमी



समय के साथ अवपात में कमी
(Loss of Slump with time)

4.1.7 सुकार्यता का मापन (Measurement of Workability)

कंक्रीट की सुकार्यता एक जटिल गुण है जिसको एक परिभाषा द्वारा व्यक्त नहीं किया जा सकता। भिन्न-भिन्न कार्यों हेतु भिन्न-भिन्न सुकार्यता की कंक्रीट की आवश्यकता होती है। अत: कंक्रीट की सुकार्यता का मापन करना अत्यन्त आवश्यक है। सुकार्यता मापन हेतु निम्न परीक्षण दिये जाते हैं—

(1) अवपात् परीक्षण (Slump test)
(2) संहनन या कुटाई गुणक परीक्षण (Compacting factor test)
(3) वी०बी० सघनतामापी परीक्षण (Vee Bee Consistometer test)
(4) फ्लो परीक्षण (Flow test)
(5) केली बॉल परीक्षण (Kelly Ball test)

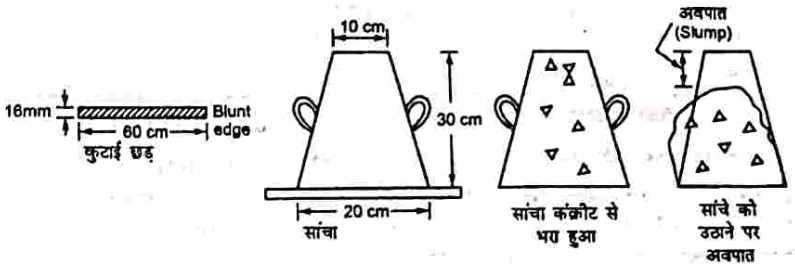
इनमें प्रथम तीन परीक्षण हमारे पाठ्यक्रम में निर्धारित हैं—

(1) अवपात परीक्षण (Slump Test)—अवपात परीक्षण, कंक्रीट की सुकार्यता को स्थल पर या प्रयोगशाला में मापने वाला, सर्वाधिक प्रयोग किया जाने वाला परीक्षण है परन्तु यह अत्यधिक सूखी या अत्यधिक गीली कंक्रीट के परीक्षण हेतु उपयुक्त नहीं है। यद्यपि यह सुकार्यता से सम्बन्धित सभी घटकों को तो नहीं माप सकता परन्तु यह कंक्रीट की सुकार्यता के संदर्भ में मोटे तौर पर अच्छी जानकारी दे देता है जिससे स्थल पर कंक्रीट की गुणवत्ता पर नियन्त्रण रखा जा सकता है। इस प्रयोग में सुघट्य कंक्रीट को मानक शंकु-सांचे में भरकर-कूटकर, फिर सांचे को उठा लिया जाता है और कंक्रीट की ऊँचाई में आयी गिरावट (Fall) को नापकर अवपात ज्ञात किया जाता है। अवपात का मान अलग-अलग मिश्रण के लिये अलग-अलग होता है जिससे यह अनुमान लगा लिया जाता है कि मिम्स ठीक है या इसमें सुधार की आवश्यकता है। अवपात परीक्षण 38 mm की माप से अधिक मिलावे के लिये उपयुक्त नहीं है। साथ ही न्यूनतम जल सीमेंट अनुपात पर अवपात लगभग शून्य आता है। अत: उच्च सामर्थ्य वाली कंक्रीट के लिये यह परीक्षण कार्य नहीं कर पाता। इस परीक्षण हेतु उपकरण निम्न प्रकार हैं—

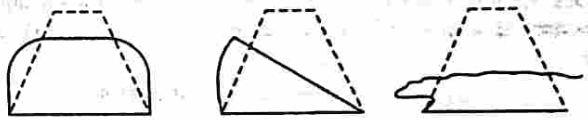
(i) सांचा (Mould) (ii) कुटाई छड़ (Temping Rod)

साँचा—यह कम से कम 1·6mm मोटी धातु की चादर का बना होता है तथा शंकु-छिन्नक के आकार का होता है। यह ऊपर से तथा तली में खुला होता है। इसे उठाने रखने हेतु बाहरी भाग में दो हैण्डिल लगे होते हैं। इसकी माप चित्रानुसार होती है।

कुटाई छड़—यह 16 mm व्यास की तथा 60 cm लम्बी इस्पात की बनी होती है। इसका एक सिरा टेपर होता है।



साँचा किसी समतल स्थान पर या धातु की प्लेट पर रखा जाता है। स्थान ऐसा होना चाहिये जो जल अवशोषित न करता हो। अब परीक्षण हेतु निर्धारित जल-सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट तैयार की जाती है। इस कंक्रीट को चार बराबर परतों में सांचे में भरा जाता है। हर परत को भरने के पश्चात् छड़ से 25 बार कुटाई की जाती है जिससे कंक्रीट ठीक प्रकार से संहनित हो जाये। ऊपरी सतह की कुटाई पूर्ण होने पर, उसे समतल कर दिया जाता है। बाहर निकली कंक्रीट को साफ कर देना चाहिये। अब सांचे को हैण्डिल की सहायता से धीरे से ऊपर की ओर उठा लिया जाता है। सांचा हटाने पर कंक्रीट का पिण्ड कुछ नीचे को दब जायेगा यही अवपात है। सांचे की ऊँचाई से पिण्ड में अवपात के पश्चात् आयी कमी को माप लिया जाता है यही अवपात परीक्षण की माप है। इसे कंक्रीट का स्लम्प कहते हैं। यदि पिण्ड सांचा उठाने पर नीचे गिर जाता है या एक किनारे गिर जाता है तो अवपात का मान सही नहीं आयेगा। ऐसी स्थिति में पुन: परीक्षण किया जाता है।



सही अवपात (True) अपरूपण अवपात (Shear) पड़ा अवपात (Collapse)

इसी परीक्षण में अवपात तीन प्रकार से हो सकता है। सही अवपात समान रूप से होता है। यदि आधा कोन एक तरफ गिर जाये तो इसे अपरूपण (Shear) अवपात कहते हैं। ऐसा तब होता है जब कंक्रीट में सीमेन्ट की मात्रा कम हो। ऐसी स्थिति में परीक्षण दोबारा करना चाहिये या अवपात को पिण्ड की औसत ऊँचाई में नाप लेना चाहिये। इस प्रकार का अवपात पृथक्करण की ओर इशारा करता है। कभी-कभी परीक्षण में कंक्रीट का पिण्ड पूर्णत: गिर जाता है। ऐसा मिश्रण में जल की अधिकता के कारण होता है। इसमें अवपात ढेर की शीर्ष से नापा जाता है।

परीक्षण के लाभ

(1) परिणाम तुरन्त उपलब्ध होता है, परीक्षण स्थल पर भी किया जा सकता है।
(2) उपकरण हल्का है कहीं भी ले जाया जा सकता है।
(3) सरल है।
(4) सस्ता है कोई भी खरीद सकता है।

परीक्षण के द्वारा दिन-प्रतिदिन कंक्रीट की सुकार्यता को नापा जा सकता है तथा उस पर नियन्त्रण रखा जा सकता है। यह पता लगाया जा सकता है कि कहीं कंक्रीट में अचानक पानी की मात्रा कम ज्यादा तो नहीं हो गयी। इस परीक्षण की कुछ सीमायें भी हैं। बहुत गीली या बहुत सूखी कंक्रीट हेतु यह परीक्षण सही नहीं है। बहुत गीली कंक्रीट पूरी तरह ढह जाती है तथा सूखी

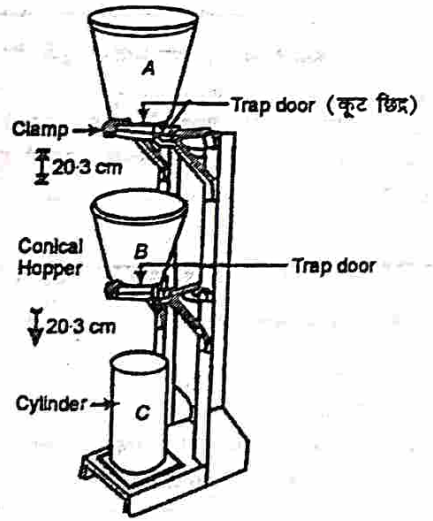
कंक्रीट में अवपात नहीं आता। इसके अतिरिक्त अवपात की कई आकृतियाँ हो सकती हैं जिस कारण सही मान निकाल पाना कठिन हो जाता है।

विभिन्न कार्यों हेतु I.S. : 456-2000 के अनुसार संस्तुत अवपात निम्न हैं—

	निर्माण कार्य की प्रकार	संस्तुत अवपात (mm)
1.	ठयले खण्ड जैसे सड़क पेवमैन्ट इत्यादि।	अत्याधिक कम (Very low), संभव नहीं।
2.	स्थल कंक्रीट कार्य (हल्के प्रबलित खण्ड; जैसे स्लैब, बीम, दीवारें, कॉलम, नींव इत्यादि)	कम (Low)— 25-75 (mm)
3.	अति प्रबलित कंक्रीट कार्य (बीम, कॉलम स्लैब, रिटेनिंग दीवार इत्यादि)।	मध्यम (Medium)—50-100 तथा 75-100
4.	गड्ढे इत्यादि में कंक्रीट, पानी के भीतर, पम्पन कंक्रीट, पाइलिंग इत्यादि।	अधिक (High)— 100-150
5.	ट्रेमी कंक्रीट	अत्यधिक अधिक (Very High) संभव नहीं।

(2) संहनन (कुटाई) गुणक परीक्षण (I.S. 1199)—यह परीक्षण पूर्व में प्रयोगशाला में प्रयोग हेतु बनाया गया था परन्तु अब इसका प्रयोग निर्माण स्थल पर भी किया जाता है। यह अवपात परीक्षण से अधिक परिशुद्ध परिणाम देता है। यह रूक्ष तथा कम सुकार्यता वाली कंक्रीट के लिये भी उपयुक्त है। इस परीक्षण में भी मिलावे की माप 38 mm से अधिक नहीं होनी चाहिये। इस परीक्षण द्वारा कंक्रीट सैम्पल को मानक ऊँचाई से गिराने में किये गये मानक कार्य के कारण कंक्रीट में हुए संहनन के स्तर को ज्ञात किया जाता है।

$$\text{संहनन गुणांक} = \frac{\text{आंशिक कुटाई पर कंक्रीट का भार}}{\text{पूर्ण कुटाई पर कंक्रीट का भार}}$$



संहनन गुणन उपकरण (Compacting Factor Apparatus)

संहनन गुणक सांचे की माप
Essential Dimensions of the Compacting Factor Apparatus for Use with Aggregate not Exceeding 40 mm Nominal Max Size

	Dimension cm
ऊपरी हॉपर (Upper hopper) A	
Top internal diameter	25·4
Bottom internal diameter	12·7
Internal height	27·9
निचला हॉपर (Lower hopper) B	
Top internal diameter	22·9
Bottom internal diameter	12·7
Internal height	22·9
बेलनाकार सांचा (Cylinder) C	
Top internal diameter	15·2
Internal height	30·5
Distance between bottom of upper hopper and top of lower hopper	20·3
Distance between bottom of lower hopper and top of cylinder	20·3

उपकरण का चित्र में विवरण दिया गया है। मुख्य रूप से इसमें दो हॉपर तथा नीचे एक बेलनाकार सांचा होता है। ऊपरी तथा नीचे के हॉपर की तली में एक कूट-पट (Trap door) होता है जिसे अचानक खोला जा सकता है। ऊपरी हॉपर निचले हॉपर से बड़ा होता है।

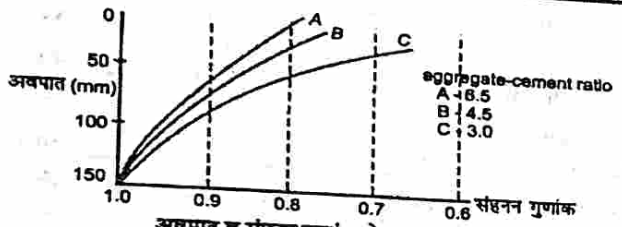
प्रयोग विधि—ऊपरी हॉपर A में ट्रॉवल की सहायता से ऊपर तक कंक्रीट का सैम्पल भर दिया जाता है। इसकी कुटाई नहीं की जाती। अब हॉपर के नीचे का ट्रैप डोर अचानक खोल दिया जाता है जिससे कंक्रीट B हॉपर में गिर जाती है। यदि कुछ A में शेष रह गयी हो तो उसे छड़ से छुड़ाकर B में पहुँचा देते हैं। यद्यपि B हॉपर छोटा पर अब कंक्रीट का संहनन हो जाता है तो यह उसमें पूरी तरह आ जाती है। अब B हॉपर का ट्रैप डोर भी अचानक खोल देते हैं जिससे कंक्रीट नीचे सिलेंडर (सांचे) में आ पड़ती है। अतिरिक्त कंक्रीट को हटा दिया जाता है तथा सांचे को साफ करके इसका भार कर लिया जाता है। यहाँ पर यह बताना आवश्यक है कि कंक्रीट का A से B हॉपर में आना फिर से B से C सांचे में आना इसकी आंशिक कुटाई कर देता है। अधिक सुकार्यता वाली कंक्रीट की कुटाई अधिक होती है तथा सांचे का भार उतना ही अधिक आता है। यह भार w_1 कहलाता है।

अब सांचे को साफ करके पुनः वही कंक्रीट 5 cm की परतों में भरी जाती है। प्रत्येक 5 cm परत की कुटाई भली प्रकार से कुटाई छड़ (16 mm ϕ, 60 cm) से करते हुए सांचे को पूरी तरह भरकर साफ कर लिया जाता है। यदि सांचे में भरी कंक्रीट की पूर्ण कुटाई के लिये वाइब्रेटर की आवश्यकता हो तो वह भी प्रयोग किया जा सकता है। अब पुनः सांचे को तोल लिया जाता है। यह भार w_2 कहलाता है। संहनन गुणक निम्न प्रकार से ज्ञात किया जाता है—

$$\text{संहनन गुणक} = \frac{\text{आंशिक कुटी कंक्रीट का भार } (w_1)}{\text{पूर्ण कुटी कंक्रीट का भार } (w_2)}$$

संहनन गुणक के मान तथा स्लप के मान

सुकार्यता	संहनन गुणांक	अवपात (I.S. 456-2000)
बहुत कम (Very Low)	0·78	—
कम (Low)	0·85	25–75
मध्यम (Medium)	0·92	50–100
अधिक (High)	0·96	75–100
		100–150



अवपात व संहनन गुणांक से सम्बन्ध

(3) वी. बी. सघनता मापी (Vee Bee Consistometer Test)

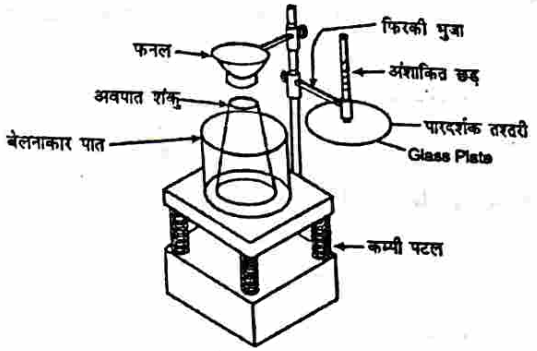
कंक्रीट की सुकार्यता का सम्बन्ध इसकी सघनता (Consistency) से भी है। कंक्रीट जितनी सघन होगी उसकी सुकार्यता उतनी कम होगी। इस उपकरण का अविष्कार वी० बाहर्नर (V. Bahrner) ने किया था जो स्वीडन के थे। इस उपकरण में कम्पन उत्पन्न किये जाते हैं जिससे शंकु छिन्नक शक्ल के सैम्पल, कम्पनों के द्वारा बेलनाकार पिण्ड में परिवर्तित हो जाता है। इसमें लगने वाला समय (सेकेण्ड में) ही सुकार्यता का मापन है। जितना समय अधिक होगा सुकार्यता उतनी ही कम होगी। यह उपकरण कम जल-सीमेन्ट अनुपात वाली कंक्रीट के लिये भी उपयुक्त है। इस परीक्षण की विशेषता यह है कि परीक्षण अवधि व कार्यस्थल पर कंक्रीट डालने की अवधि, दोनों अवस्थायें लगभग एक जैसी होती हैं।

इस उपकरण में 3000 कम्पन प्रति मिनट वाला वाइब्रेटर पटल, धातु का बेलनाकार पात्र, पारदर्शन तस्तरी, फनल इत्यादि लगे होते हैं। इसके अतिरिक्त अवपात शंकु सांचा, कुटाई छड़ तथा स्टॉप वाच भी प्रयोग में आते हैं।

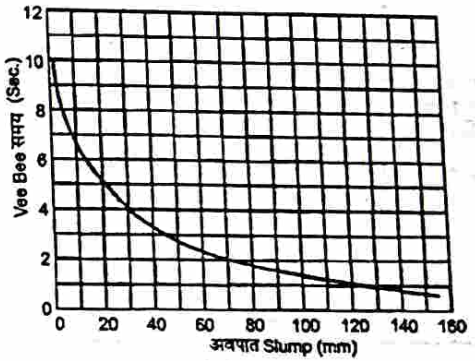
प्रयोग विधि

सर्वप्रथम कम्पन पटल के ऊपर बेलनाकार पात्र रख दिया जाता है। इसमें अवपात शंकु सांचा रखा जाता है। अवपात शंकु सांचे में कंक्रीट चार समान परतों में भरी जाती है। सभी परतों को 25 बार कुटाई छड़ (16 mm ϕ, 60 cm) से भली प्रकार कूटा जाता है जिससे सघन कंक्रीट प्राप्त हो सके। अब फनल को हटाकर काँच की तश्तरी से शंकु सांचे की ऊँचाई ज्ञात कर लेते हैं तथा फिर सांचे को उठाकर कंक्रीट में आये अवपात को पढ़ लेते हैं।

अब कम्पी पटल को चलाकर कंक्रीट शंकु में कम्पन उत्पन्न किये जाते हैं और स्टॉप वॉच चला दी जाती है। धीरे-धीरे कम्पनों के कारण गीली कंक्रीट शंकुनुमा ढेर से बेलनाकार रूप में आने लगती है। जब कंक्रीट का शीर्ष समतल हो जाये, इसका पता कांच तश्तरी को शीर्ष सतह से सटाकर लगाया जाता है, रोक घड़ी पर समय (सेकण्ड में) पढ़ लिया जाता है। यही वी०बी० डिग्री कहलाता है।



वी.बी. सघनतामापी



अवपात व वी.बी. डिग्री में सम्बन्ध
(Relation between slump and Vee Bee time)

सघनता पैमाना (वी० बी० परीक्षण के लिए)

वी० बी० डिग्री (V. B. Degree)	सघनता	कंक्रीट के अभिलक्षण
40-20	नम मिट्टी जैसी (Moist Earth)	सुकरता बहुत कम। पृथक्करण की संभावना। संहनन में कठिनाई।
20-10	बहुत शुष्क (Very Dry)	सुकरता कम। कंक्रीट कार्यस्थल पर डालने पर फैलती नहीं बल्कि ढेर के रूप में बनी रहती है। संहनन केवल कम्पकों द्वारा ही सम्भव।
10-5	शुष्क (Dry)	कंक्रीट की सुकरता उपरोक्त से कुछ बेहतर, नीचे डालने पर ढेर के रूप में बनी रहती है, परन्तु हिलाने-डुलाने पर समतल सतह ग्रहण कर लेती है। संहनन कम्पकों द्वारा ही सम्भव।
5-3	सुघट्य (Plastic)	हाथ से चिपकती है, परन्तु हथेलियों से थपथपाने पर गोला बनता है। सुकार्यता अच्छी। संहनन आसान।

3-1	अर्द्ध-तरल (Semi-fluid)	सुकरता बहुत अच्छी, परन्तु अन्य गुण निम्न श्रेणी के। हथेलियों से गोला नहीं बनता है, बल्कि फैलने लगती है। कंक्रीट संघटकों में संसंजकता बनी रहती है। संहनन आसान।
1 से कम	तरल (Fluid)	ऐसी कंक्रीट में पानी की अधिकता के कारण पृथक्करण सम्भव। सामर्थ्य व अन्य गुण निम्न श्रेणी के होते हैं।

4.2 कंक्रीट की कठोर अवस्था (Hardened State) में गुण

कंक्रीट की कठोर अवस्था में निम्न गुणों का अध्ययन किया जाता है—

सामर्थ्य
- संपीडन सामर्थ्य (Compressive Strength)
- फ्लेक्चुरल सामर्थ्य (Flexural Strength)
- तनन सामर्थ्य (Tensile Strength)

- टिकाऊपन (Durability)
- अपारगम्यता (Impermeability)
- विमा परिवर्तन (Dimensional change)

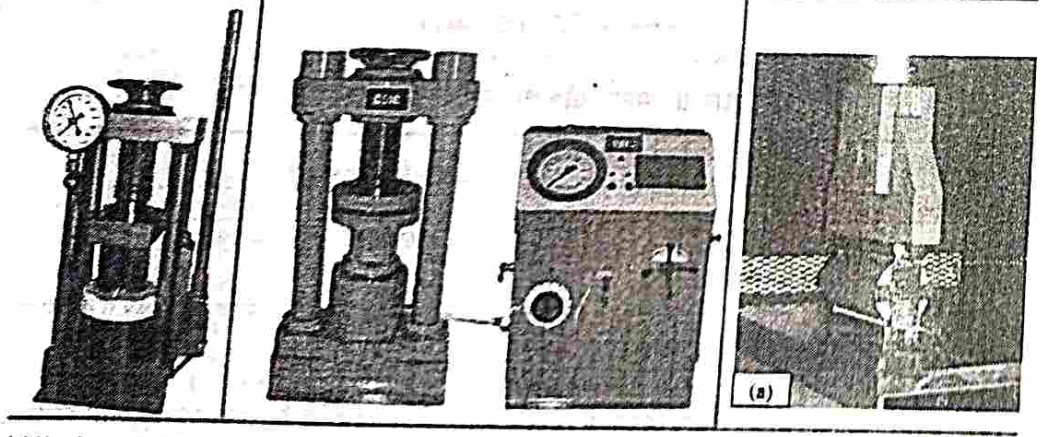
4.2.1 कंक्रीट की सामर्थ्य

(i) सम्पीडन सामर्थ्य—कंक्रीट प्रमुख रूप से संपीडन सहन करने के लिये डिजाइन की जाती है अत: सम्पीडन सामर्थ्य का विशेष महत्व है। कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य मुख्यत: तीन प्रकार के प्रतिदर्श लेकर टेस्ट की जाती है—

—घन (Cubes), *150 mm size*

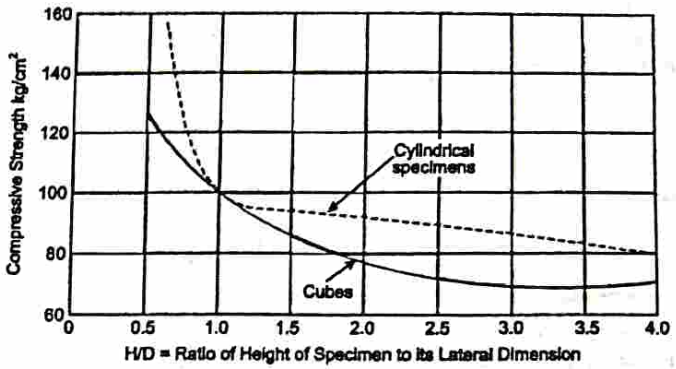
—सिलिंडर (Cylinder), *150 mm dia × 300 mm ht.*

—प्रिज्म (Prizm) *100 mm × 100 mm × 500 mm*



(a) Hand-operated CTM (b) Electrically operated CTM (c) Split cylinder test

Compression testing machine (CTM)



Effect of ratio of height/lateral dimension of specimen on the compressive strength

Recommended slumps for placement in various conditions

Placing conditions	Degree of workability	Compacting factor or slump, mm
Blinding Concrete; Shallow sections; Pavements using pavers	Very low	Strict control required with C.F. of 0.75 to 0.80
Mass concrete; Lightly reinforced section in slabs beams, walls, columns; Floors; Hand planced pavement; Canal lining; Strip footing substructure walls	Low	25-75
Heavily reinforced sections in slabs, beams, walls, columns; pavements	Medium	50-100
Slip form work; Pumped concrete; Trench fill; In-situ piling; Tremie concrete	High Very high (flowable)	75-100 100-150 200

Note : In most of the placing conditions, internal vibrators (needle vibrators or poker) may be used.

Level of workability as measurement by different test methods

Degree of a workability	Values of workability in terms of		
	Compacting factor	Slump (mm)	Vee-Bee time (sec)
Extremely low (very stiff)	≤ 0·70*	—	30–20
Very low (stiff)	0·75–0·80	0–25	20–10
Low (stiff plastic)	0·80–0·85	25–50	10–5
Medium (plastic)	0·85–0·92	50–75	5–2
High (flowing)	> 0·92	75–150	2–0

Note : *Compacting factor test is not used for concrete with aggregate having maximum nominal size of 40 mm and higher.

इन सभी प्रकार के प्रतिदर्शों (speciman) को मानक विधि द्वारा ढाल कर उनकी तराई कर कर, टेस्ट किया जाता है। भारतीय मानकों के अनुसार Cube test ज्यादा प्रचलित है जिसमें 150 mm के कंक्रीट के ढाल कर उन्हें 7 दिन/28 दिन की तराई के पश्चात् Test किया जाता है।

इनकी सामर्थ्य तालिका 4.1 के अनुसार प्राप्त होती है

संपीडन परीक्षण करने हेतु प्रतिदर्श को 7 दिन या 28 दिन बाद तराई के पश्चात् संपीडन सामर्थ्य मशीन में 14N/ mm^2 प्रति मिनट की दर से भार लगाया जाता है। प्रतिदर्श के विफल होने पर क्षेत्रफल से भाग देकर कंक्रीट की सामर्थ्य ज्ञात कर ली जाती है।

कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य मुख्यत: निम्न पर निर्भर करती है—

(1) सीमेन्ट का भण्डारण—यदि सीमेन्ट 3 माह से पुरानी है तो सामर्थ्य 15% , 6 माह से पुराना है तो 30% और यदि एक वर्ष के पुराना है तो 50% कम हो जाती है।

(2) मिलावे का प्रकार—अधिक माप के मिलावे के प्रयोग से सीमेन्ट की दक्षता बेहतर हो जाती हैं। पूर्णत: श्रेणीकृत होने पर प्राकृतिक मिलावे का क्रश्ड स्टोरा से प्राप्त मिलावे की सम्पीडन सामर्थ्य बराबर आती हैं।

(3) जल—पानी की मात्रा अधिक होने पर सामर्थ्य घट जाती है।

(4) अवपात—यदि जल में 3% पानी की मात्रा घटा या बढ़ा दी जाये तो अवपात में 25mm का अन्तर आ जाता है और इससे संपीडन सामर्थ्य के 1-2 N/ mm^2 का अन्तर देखा जा सकता है।

(5) संहनन की मात्रा—1% रन्ध्रों की उपस्थिति सामर्थ्य को 5% तक घटा देती है। अत: यदि 5% तक रन्ध्र हो तो 20 N/ mm^2 की कंक्रीट 15 N/ mm^2 की सामर्थ्य प्रदर्शित करेगी।

(6) निर्माण के समय तापक्रम—20-25°C से अधिक तापक्रम पर घन ढालें जायें तो वो अधिक संपीडन सामर्थ्य प्रदर्शित करेंगे परन्तु लम्बे समय पश्चात् उसी कंक्रीट की सामर्थ्य ज्यादा होगी जो 20°C में 5°C तक कम तापक्रम पर डाली गयी हो।

(7) तराई की दक्षता—कंक्रीट की 28 दिन की तराई लगभग 100% सामर्थ्य दे देती है। यदि कंक्रीट बीच में ही सूख जाये तो यह सामर्थ्य 59% से 93% तक कम हो सकती है।

(8) तराई के जल का तापक्रम—बहुत कम तापक्रम कंक्रीट की जलयोजन क्रिया रुक जाती हैं। लेकिन 10° से अधिक तापक्रम होने पर कंक्रीट की सामर्थ्य में 0·2–0·4 N/ mm^2 तक परिवर्तन तापक्रम में थोड़े ही परिवर्तन में हो सकता है।

(9) क्यूब टेस्ट के समय प्रतिदर्श का जलांश—टेस्ट के समय प्रतिदर्श सूखे नहीं होने चाहियें। केवल सतह को सुखाकर इन्हें टैस्ट कर लेना चाहिये। पूर्णत: सूखे क्यूब 80% अधिक तक सामर्थ्य प्रदर्शित करते हैं।

(10) प्रतिदर्श पर लगाये गये भार की दिशा तथा भार लगाने का समय—सम्पीडन सामर्थ्य परीक्षण में 90° पर ही भार लगाया जाना चाहिये अन्यथा 10% सामर्थ्य कम आ सकती है। भार लगाने की दर (14 N/ mm^2 / min) ही होनी चाहिये। भार यदि लम्बे समय तक लगाया जाये तो प्रतिदर्श कम सामर्थ्य पर ही विफल हो सकता है।

कंक्रीट की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (Characteristic Strength of Concrete)

I.S. 456-2000 के अनुसार किसी कंक्रीट के प्रतिदर्श से घन बनाये जयें तथा उनका परीक्षण करने पर, 95% से अधिक प्रतिदर्श जो सामर्थ्य दें, वो कंक्रीट की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य कही जाती है। उदाहरण के लिये यदि किसी कंक्रीट के प्रतिदर्श की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य 20 N/ mm^2 है तो 5% में अधिक सैम्पल इससे कम सामर्थ्य नहीं देंगे। कंक्रीट के विभिन्न ग्रेड़ों के लिये अभिलाक्षणिक सामर्थ्य निम्न हैं—

	BIS के द्वारा निर्धारित ग्रेड	अभिलाक्षणिक सामर्थ्य
1.	M–10	10
2.	M–15	15
3.	M–20	20
4.	M–25	25
5.	M–30	30
6.	M–35	35
7.	M–40	40
8.	M–45	45
9.	M–50	50
10.	M–55	55
11.	M–60	60
12.	M–65	65
13.	M–70	70
14.	M–75	75
15.	M–80	80

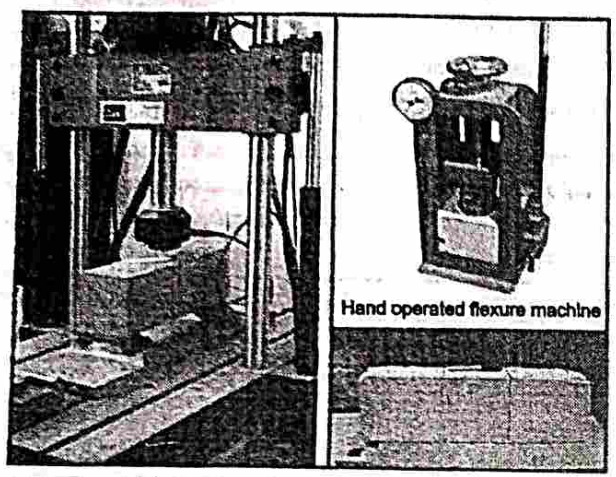
(ii) Flexural strength : कंक्रीट की Direct Tensile Strength का आंकलन किसी भी प्रयोग द्वारा करना संभव नहीं है। अत: कंक्रीट की Flexural Tensile Strength को मापा जाता है। इस हेतु test speciman दो प्रकार से बनाये जाते हैं—

- test speciman 150 mm × 150 mm × 700 mm over a space of 600 mm
- test speciman 100 × 100 × 500 mm over a span of 400 mm

Failure पर Point load ज्ञात कर के Modulus of rupture का आकलन किया जाता है।

$$f_r = \frac{M}{Z} \qquad Z = \text{Section Modulus}$$

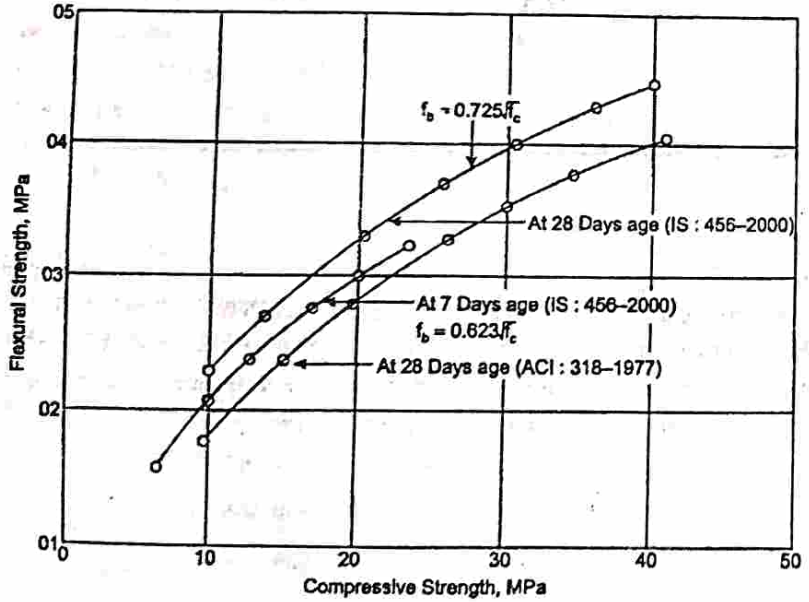
f_r = Modulus of rupture $\qquad M$ = Bending moment



(a) Center-point loading flexural test (b) Flexure test beam specimen.

Flexural Testing Machin (FTM)

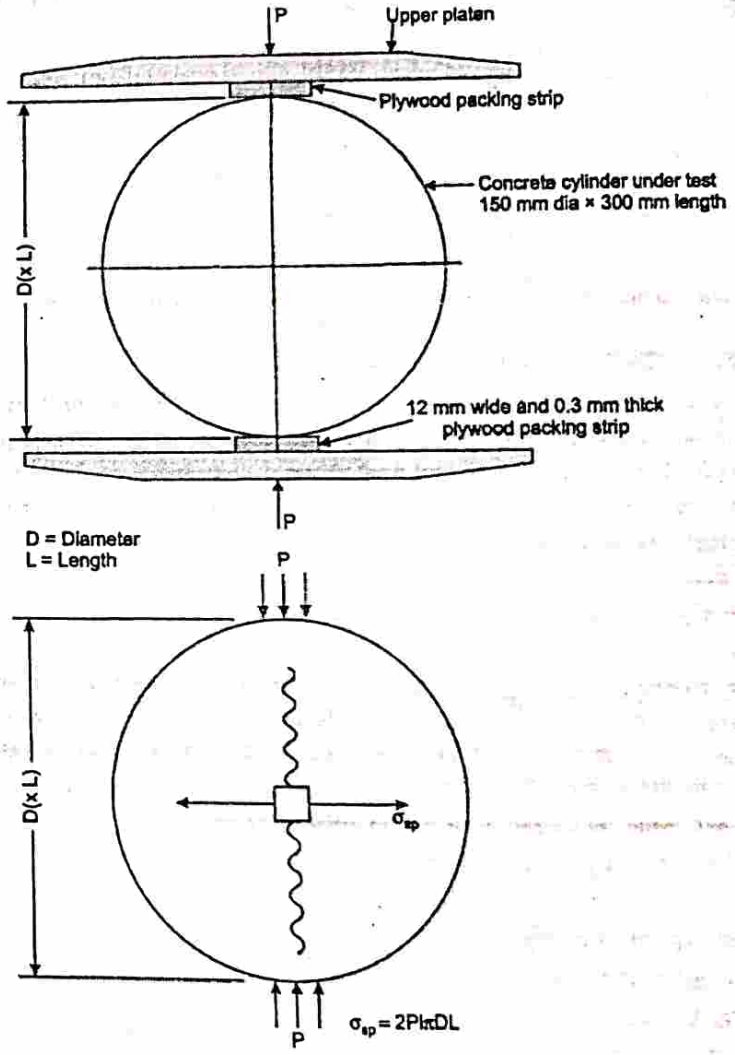
संलग्न चित्र में Compressive strength तथा Flexural strength में सम्बन्ध प्रदर्शित किया गया है।



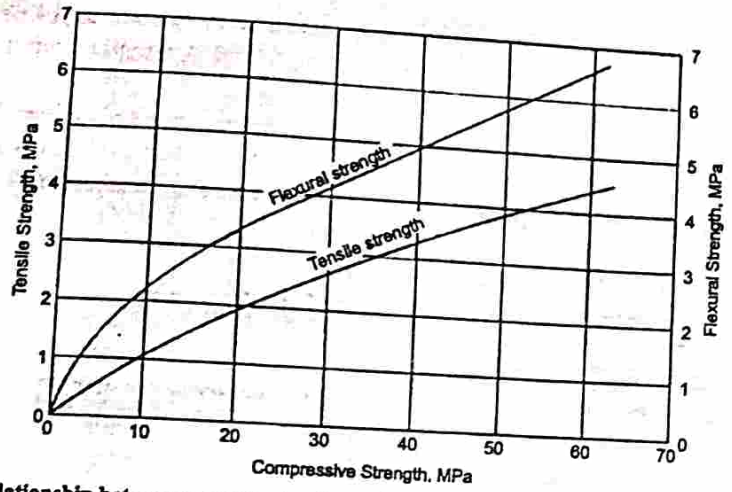
Relationship between flexural strength and compressive strength at various ages.

(iii) Tensile Strength of Concrete : कंक्रीट की Tensile strength को सीधे ज्ञात करना कठिन है क्योंकि प्रतिदर्श (speciman) को सीधे रखकर तनन बल केन्द्र पर लगा पाना मुश्किल होता है। थोड़ी सी उत्केन्द्रीयता से नमन उत्पन्न बल में विफल (fail) होता है नाकि सीधे तनन बल में।

इसके लिये विधि से indirect कंक्रीट के प्रतिदर्श (speciman) में इस प्रकार से संपीडन बल लगाया जाता है कि प्रतिदर्श उत्पन्न होने वाले तनन प्रतिबलों में विफल (fail) हो। विफलता के समय तनन प्रतिकल को ही Tensile strength मान लिया जाता है। Splitting Test इस कार्य हेतु प्रयोग किया जाता है जिसमें splitt tensile strength ज्ञात की जाती है।



Loading arrangement for split strength determination



Relationship between compressive strength, tensile strength and flexural strength

4.2.2 कंक्रीट का टिकाऊपन (Durability of Concrete)

कंक्रीट के टिकाऊपन (durability) से यह अभिप्राय है कि कंक्रीट अपनी अनुमानित आयु के दौरान सेवा की सभी आवश्यकताओं जोकि उससे अपेक्षित हैं पूरा करती रहे तथा समय-समय पर उसका अनुरक्षण (maintenance) भी होती रहे। एक durable कंक्रीट वह है जो संतोषजनक रूप से कार्य करती रहे तथा पूरी आयु भली प्रकार से ठीक रहे। हालांकि कंक्रीट एक durable पदार्थ है तथा इसको अनुरक्षण की आवश्यकता कम से कम पड़ती है, फिर भी समय-समय पर इसका अनुरक्षण जब आवश्यक हो जाता है जब यह highly aggressive वातावरण में हो। कंक्रीट की durability को प्रभावित करने वाले प्रमुख कारक निम्न हैं—

(i) **पारगम्यता** (Permeability)—कंक्रीट में पानी आम्सीजन, कार्बन डाई ऑक्साइड, क्लोराइड, सल्फेट तथा अन्य घातक पदार्थ किसी कारण से प्रवेश कर जाते हैं तो इसकी durability पर विपरीत प्रभाव पड़ता है।

(ii) **आयतन परिवर्तन** (Volume change)—कंक्रीट में आयतन परिवर्तन कई कारणों से होता है। जलयोजन की क्रिया, ऊष्मा का निकलना, pozzolanic क्रिया, सल्फेट प्रभाव, Carbonation, जलांश का movement, सभी प्रकार की shrinkage, क्लोराइड प्रभाव, स्पात की छड़ों का क्षय (correcsion) इत्यादि अनेक कारक कंक्रीट में आयतन परिवर्तन के लिये दोषी हैं। इसके कारण कंक्रीट में cracks पड़ जाते हैं और कंक्रीट की durability पर विपरीत प्रभाव पड़ता है।

(iii) निम्न गुणवत्ता के materials प्रयोग करना।

(iv) निम्न श्रेणी की कार्यकुशलता (workmanship)

(v) निम्न श्रेणी का अभिकल्पन

(vi) निम्न श्रेणी की विशिष्टियाँ

(vii) निम्न श्रेणी का निर्माण

(viii) ऐसी परिस्थितियाँ जैसे अत्यधिक तापमान, घर्षण, electrostatic प्रभाव chemical attack of gases, Alkali-aggregate reaction

4.2.3 अपारगम्यता (Impermeability)

कंक्रीट की लम्बी आयु के लिये यह आवश्यक है कि कंक्रीट अपारगम्य हो। कंक्रीट पारगम्यता इसके रन्ध्र संरचना (pore structure) पर निर्भर करती है। श्रेष्ठ से श्रेष्ठ कंक्रीट gas-tight या water-tight नहीं हो सकती जब तक कि उसके pore बन्द न कर दिये जयें। ये pore पानी को धीरे-धीरे अन्दर जाने देते हैं और कंक्रीट की durability को कम कर देते हैं। कंक्रीट की सतह पर आये प्रारम्भिक micro cracks से पारगम्यता पर ज्यादा प्रभाव नहीं पड़ता परन्तु ये cracks जब समय के साथ कंक्रीट के सिकुड़ने या बलों के प्रभाव से फैलने लगते हैं तो ये हानिकारक हो जाते हैं। कंक्रीट की पारगम्यता पर प्रभाव डालते डालने वाले प्रमुख कारक निम्न हैं—

(i) मिश्रण पदर्थ जैसे सीमेन्ट, रेत, बजरी की गुणवत्ता।

(ii) रन्ध्र संरचना (pore structure) की गुणवत्ता (quality) जो जल-सीमेन्ट अनुपात, प्रयोग किये गये admixtures तथा degree of hydration पर निर्भर करती है।

(iii) पारस्तरिक संक्रमण जाने (interfacial transition zone) की गुणवत्ता पर।

(iv) संघनन की डिग्री (degree of compaction) पर।

(v) उत्पन्न होने वाली दरारों पर, संरचनात्मक तथा असंरचनातमक दोनों प्रकार की (structural or non structural cracks)।

(vi) तराई का पर्याप्त न होना (curing inadequate)।

कंक्रीट को अपारगमय बनाने के लिये कुछ उपाय किये जो सकते हैं—

(i) उच्चकोटि की बजरी एवं सीमेन्ट का प्रयोग करके।

(ii) कंक्रीट में रन्ध्रों को कम करके।

(iii) सही प्रकार का अभिकल्पन करके।

(iv) निर्माण प्रक्रिया का भली-भाँति निरीक्षण करके।

(v) कंक्रीट में उत्पन्न होने वाले cracks को minimize करके।

(vi) कंक्रीट में यदि mineral admixtures का प्रयोग किया जाये तो सीमेन्ट की पारगम्यता को कम किया जा सकता है।

(vii) पोर्टलैण्ड पोजोलाना सीमेन्ट का प्रयोग से पारगम्यता में कमी आती है। इस प्रकार के सीमेन्ट में 30% तक पोजोलाना (fly ash) मिली होती है जो कंक्रीट को अपारगम्य बनाने में सहायक होती है। इसके अतिरिक्त pozzolanic cement में flexural/compressive strength ratio बेहतर होता है जिससे कंक्रीट में दरार (cracks) पड़ने की प्रवृत्ति OPC सीमेन्ट के मुकाबले कुछ कम होती है।

(viii) इसके अतिरिक्त कंक्रीट को अपारगमय बनाने के लिये निम्न मापदण्डों का पालन भी आवश्यक है—

- Minimum cement content
- Maximum water-cement ratio
- Minimum cube strength (as per requirement)

इस हेतु निम्न values को recommend किया जा सकता है।

Parameters	Structures in normal Areas	Structures in coastal Areas
Minimum cement content	360 kg/m^3	400 kg/m^3
Maximum water cement ratio	0.5	0.4
Minimum strength	M25	M30

4.2.4 विमीय परिवर्तन (Dimensional Changes)

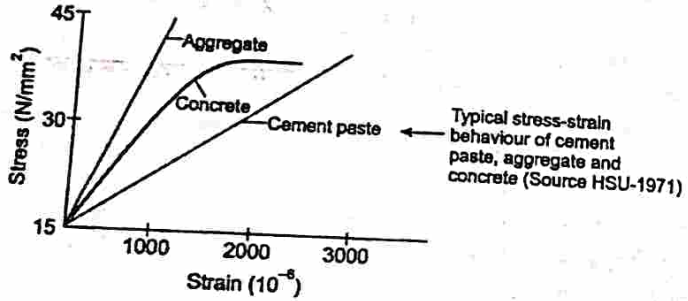
कंक्रीट को साधारणत: भंगुर (brittle) माना जा सकता है। जब यह बलों के प्रभाव से deform करती है तो क्रैक (crack) होने से पहले प्रत्यास्थ गुण प्रदर्शित करती है। इसके अतिरिक्त यह सूखते समय सिकुड़ती (shrinkage) भी है तथा लगातार भारण के कारण क्रीप (creep) भी प्रदर्शित करती है। कंक्रीट पर तापक्रम का भी प्रभाव पड़ता है। इन सभी कारकों के कारण कंक्रीट की विमाओं (dimensions) में परिवर्तन हो सकता है जिसके फलस्वरूप इसमें प्रतिबल एवं विकृति का होना स्वभाविक है। कंक्रीट में विमीय परिवर्तन से उत्पन्न प्रतिबल एवं विकृति निम्न कारकों पर निर्भर करते हैं—

(i) प्रयोग होने वाले पदार्थों के गुणों पर

(ii) भारण के मापदण्डों पर। जैसे

—भारण की दर

—परीक्षण के समय उम्र



Typical stress-strain behaviour of cement paste, aggregate and concrete (Source HSU-1971)

(i) कंक्रीट का प्रत्यास्थता गुणांक (Modulus of Elasticity)—हालांकि कंक्रीट का प्रतिबल/विकृति आरेख सीधी रेखा नहीं होता फिरभी इस पर इस पर स्पर्श रेखा (tangent) खींच कर प्रारम्भ में लगभग linear माना जा सकता है। IS 456-2000 के अनुसार इसका मान—

$$E = 5000\sqrt{f_{ck}}\ \text{MPa}$$

f_{ck} = characteristic compressive strength of concrete (MPa)

(ii) प्रत्यास्थता गुणांक पर Aggregates का प्रभाव—सघन मिलावे (Aggregate) के कारण कंक्रीट का प्रत्यास्थता गुणांक E ज्यादा होता है।

Modulus of Elasticity of various constituents

	Description	E (10^5 MPa)
1.	Granite	1.4
2.	Sand stone	0.2 – 0.5
3.	Expanded shale	0.07 – 0.5
4.	Hydrated cement paste	0.07
5.	Concrete	0.1 – 0.2

(iii) Poisson's ratio of concrete—कंक्रीट का Poisson's ratio 0.15 से 0.20 के बीच होता है

$$\left(\text{Poisson's ratio} = \frac{\text{lateral strain}}{\text{axial strain}}\right)$$

(iv) सुकड़ना (Shrinkage of concrete)—समय के साथ कंक्रीट की विमाओं में परिवर्तन को shrinkage कहते हैं। इसका मुख्य कारण कंक्रीट में जलांश परिवर्तन है तथा यह भौतिक/रसायनिक कारकों के कारण होता है। Shrinkage पर प्रभाव डालने वाले मुख्य कारके निम्न हैं—

- ❖ प्रयोग होने वाले material, निम्न अनुपात, वातावरण, इत्यादि प्रमुख रूप से shrinkage पर प्रभाव डालते हैं। अधिक जल/सीमेन्ट अनुपात से अधिक shrinkage उत्पन्न होती है। यदि अवयव की माप अधिक है तथा स्थल पर आर्द्रता ज्यादा है तो shrinkage कम होता है।
- ❖ मिलावे (Aggregate) का प्रकार भी shrinkage पर प्रभाव डालता है। बड़े आकार का मिलावा, अधिक प्रत्यास्थ गुणांक का मिलावा, अधिक surface area का रूक्ष (rough) मिलावा shrinkage को कम रखने में सहायक होते हैं।
- ❖ Rapid-hardening cement में OPC के मुकाबले shrinkage ज्यादा होती है।

(v) क्रीप (Creep)—जब कंक्रीट के अवयव को लम्बे समय तक भार के अन्दर रखा जाता है तो उसमें विमीय परिवर्तन हो जाता है, उसे क्रीप कहते हैं। इसका मान प्रत्यास्थ विकृति से अधिक आता है—

- ❖ मिलावे का प्रत्यास्थ गुणांक E ज्यादा होने पर क्रीप में कमी आती है।
- ❖ जल सीमेन्ट अनुपात बढ़ाने पर क्रीप घटती है।
- ❖ सीमेन्ट की मात्रा बढ़ाने पर क्री घटती है।
- ❖ वायुमण्डल की relative humidity कम होने पर क्रप में कमी आती है।
- ❖ अधिक तापक्रम पर क्रीप अधिक पायी जाती है।
- ❖ भारण के अन्तराल अधिक होने पर क्रीप की मात्रा अधिक होती है।

क्रीप का सीधा सम्बन्ध संकुचन से माना जा सकता है। यह सीधे तरह से जलयोजित सीमेन्ट पेस्ट पर निर्भर करती है जो कंक्रीट संकुचन के लिये प्रतिरोधी है वह क्रीप के प्रति भी अच्छा प्रतिरोध करेगी। क्रीप मुख्य रूप से निम्न पर निर्भर करती है—

1. कंक्रीट की प्रारम्भिक अवस्था में भार लगा दिये जाने से क्रीप बढ़ जाती है।
2. संदलित मिलावे में क्रीप अधिक तथा ग्रेवल में कम होती है।
3. उच्च प्रतिबलों में क्रीप की दर में वृद्धि प्रतिबल में वृद्धि की दर से अधिक होती है परन्तु प्रत्यास्थता की सीमा तक यह समानुपाती होती है।
4. उच्च क्वालिटी की श्रेणीकरण वाली कंक्रीट जिसकी कुटाई भी अच्छी हुई हो क्रीप का मान कम होता है।
5. कंक्रीट का प्रत्यास्थता गुणांक बढ़ने तथा मिलावे की मात्रा बढ़ाने पर क्रीप कम हो जाती है।
6. स्थिर जल-सीमेन्ट अनुपात पर अधिक सीमेन्ट की मात्रा से क्रीप घट जाती है।
7. अधिक आर्द्रता से क्रीप बढ़ जाती है।
8. अधिक तापक्रम पर क्रीप अधिक होती है।
9. भार के लगाने के समय के बढ़ने के साथ क्रीप बढ़ती है।

कंक्रीट में क्रीप का मुख्य कारण सीमेन्ट पेस्ट के श्यान प्रवाह का होना है। कंक्रीट के रन्ध्र अगर बन्द हो जायें तो सीमेन्ट जैली में उपस्थित जल बाहर आने लगता है जिससे कंक्रीट में विकृति उत्पन्न हो जाती है। क्रीप में संरचनाओं की स्थिरता प्रभावित होती है। विक्षेप बढ़ जाता है परन्तु अभिकल्पित भार से अधिक भार सहन करने में क्रीप सहायक होती हैं। विसर्पण संरचना में असम संकुचन के कारण उत्पन्न प्रतिबलों को कम करता है। इसमें संरचना में संकुचन दरारें कम पड़ती हैं।

(vi) तापीय प्रसार (Thermal Expansion)—कंक्रीट का तापक्रम बढ़ने या घटने पर कंक्रीट भी बढ़ती व घटती है। यदि कंक्रीट स्वतन्त्रता से घट/बढ़ नहीं सकती तो इसमें प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं जो दरारें पैदा करते हैं। प्रसार के कारण कंक्रीट में संपीडन तथा संकुचन के कारण तनन उत्पन्न होता है। कंक्रीट तनन में कमजोर है अत: संकुचन अधिक घातक है। इसमें अतिरिक्त कंक्रीट की बाहरी एवं भीतरी सतहों में नमी की मात्रा भिन्न-भिन्न होने पर दरारें उत्पन्न होती हैं। ऐसा छतों में तथा नहरों के अस्तर एवं सड़क पेवमैन्ट में देखा जा सकता है। कंक्रीट का तापीय प्रसार गुणांक निम्न पर निर्भर करता है—

(i) सीमेन्ट के प्रकार पर।

(ii) मिलावे के प्रकार व मात्रा पर। (क्वार्ट्ज के लिये अधिकतम तथा चूना पत्थर के लिये न्यूनतम)

कंक्रीट का तापीय प्रसार गुणांक होता है। प्रबलन इस्पात का तापीय प्रसार गुणांक भी इतना ही होता है। अत: इनका प्रयोग कंक्रीट में करा जा सकता है।

(vii) कंक्रीट की अग्नि प्रतिरोधकता (Fire Resistance)—साधारणत: कंक्रीट एक अच्छी अग्नि प्रतिरोधक पदार्थ है परन्तु उच्च तापक्रम पर इसमें उपस्थिति मिलावे एवं प्रबलन पर इसका प्रभाव पड़ने लगता है। सीमेन्ट के अन्दर उपस्थित क्रिस्टल जल की हानि होती है और कंक्रीट का संकुचन हो जाता है। प्रबलन स्पात एवं मिलावे के फैलने से कंक्रीट में दरारें पड़ जाती हैं तथा इसकी सतह उखड़ने लगती है। कंक्रीट में उच्च प्रसार गुणांक वाला मिलाव नहीं प्रयोग किया जाना चाहिये। साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट एवं सामान्य मिलावे से बनी कंक्रीट पर्याप्त अग्निरोधी होती है। अग्निरोधन हेतु संदलित मिलावा ग्रेवल से बेहतर रहता है। पकी ईंट की रोड़ी, क्लिंकर, धातुमल इत्यादि बेहतर अग्निरोधी पदार्थ हैं। कंक्रीट को मोटा आवरण देने से अग्निरोधकता बढ़ जाती है।

प्रश्नावली

1. कंक्रीट की सुकार्यता क्या है? वर्णन करें। (BTE 1997, 2002, 04, 05, 06)
2. कंक्रीट की सुकार्यता का क्या महत्व है? समझाइये।
3. पृथक्करण, रूक्षता, नि:स्रवण को समझाइये।
4. मिलावे का आन्तरिक घर्षण क्या है? यह सुकार्यता को किस प्रकार से प्रभावित करता है?
5. कंक्रीट की सुकार्यता को प्रभावित करने वाले कारकों का वर्णन करें। (BTE 1996, 2002, 04, 05, 06, 08)
6. सुकार्य कंक्रीट के गुणों का वर्णन करें।
7. अवपात परीक्षण क्या है? चित्र सहित समझाइये। (BTE 2004)
8. कंक्रीट की सुकार्यता मापने वाले परीक्षणों के नाम लिखें।
9. संहनन गुणक परीक्षण को विस्तार से समझाइये।
10. वी० बी० सघनतामापी उपकरण का मुक्तहस्त चित्र देकर, एक परीक्षण को समझाइये। (BTE 1997, 2002, 05)
11. सुकार्यता की दृष्टि से मिलावे के गुणों की विवेचना करें।
12. कंक्रीट की सुकार्यता बढ़ाने हेतु समिश्रकों के बारे में बाजार में अध्ययन कर एक सूची बनायें तथा सभी के गुण दोषों की विवेचना करें।
13. कंक्रीट की सामर्थ्य, टिकाऊपन एवं अपारगम्यता पर संक्षिप्त टिप्पणी लिखिये।
14. कंक्रीट में विमीय परिवर्तन पर प्रकाश डालें।

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. सुकार्यता से तात्पर्य है–
   (a) मिश्रण समांग हो (b) मिश्रण टिकाऊ हो (c) मिश्रण ससंजक हो (d) उपरोक्त सभी
2. यदि कंक्रीट सुकार्य है तो इसमें होगा–
   (a) नि:स्रवण (b) प्रथक्करण
   (c) उपर्युक्त दोनों (d) उपर्युक्त में कोई नहीं
3. जल की मात्रा कितने से अधिक होने पर इसमें रन्ध्र उत्पन्न हो जाते हैं?
   (a) 30-35% (b) 15-20% (c) 10-15% (d) 25-30%
4. छोटे तथा प्रबलित कार्यों में उपयुक्त कंक्रीट रहती है–
   (a) कम सुकार्यता वाली (b) अधिक सुकार्यता वाली
   (c) मध्यम सुकार्यता वाली (d) उपयुक्त सभी
5. सुकार्यता तथा जल की मात्रा–
   (a) एक दूसरे के विपरीत नहीं होती (b) एक दूसरे के विपरीत होती है
   (c) एक दूसरे के समानुपाती होती है (d) उपरोक्त से कोई नहीं
6. स्थूल कंक्रीट कार्यों में से उपयुक्त कंक्रीट रहती है–
   (a) कम सुकार्यता वाली (b) अधिक सुकार्यता वाली
   (c) मध्यम सुकार्यता वाली (d) उपयुक्त सभी
7. कंक्रीट में जल मिलाने पर उसका आन्तरिक घर्षण–
   (a) ज्यादा होता है (b) कम होता है
   (c) समाप्त हो जाता है (d) कोई फर्क नहीं पड़ता
8. मिलावे के कणों का आनतरिक घर्षण कम किया जा सकता है–
   (a) सतही क्षेत्रफल बढ़ाकर (b) सतही क्षेत्रफल घटाकर
   (c) मिलावे को अच्छी प्रकार मिलाकर (d) उपरोक्त से कोई नहीं
9. कंक्रीट में अधिक जल मिलाने पर–
   (a) सामर्थ्य बढ़ जाती है (b) सामर्थ्य घट जाती है
   (c) सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता (d) सुकार्यता घटती जाती है
10. अच्छी सुकार्यता वाली कंक्रीट में–
    (a) नि:स्रवण होने लगता है (b) पृथक्करण होने लगता है
    (c) नि:स्रवण तथा पृथक्करण नहीं होता (d) (a) और (b) दोनों
11. पृथक्करण को कम किया जा सकता है–
    (a) कंक्रीट को कम ऊंचाई से फेंका जाए (b) सीमित मात्रा में जल मिलाकर
    (c) वाइब्रेटर का सीमित प्रयोग करके (d) उपरोक्त सभी
12. संहनन के दौरान अवयवों के द्वारा जल को बांधे न रह पाने के कारण होता है–
    (a) पृथक्करण (b) नि:स्रवण (c) (a) व (b) (d) कोई नहीं
13. नि:स्रवण के कारण–
    (a) मिलावा अलग-अलग हो जाता है (b) कंक्रीट सतह में रन्ध्र पैदा हो जाते हैं
    (c) कंक्रीट रूक्ष हो जाती है (d) उपरोक्त से कोई नहीं

14. प्रबलित सीमेण्ट कंक्रीट में प्रबलन छड़ों के नीचे जल किसके कारण एकत्र होता है–
(a) पृथक्करण (b) नि:स्रवण
(c) दोनों के कारण (d) उपरोक्त से कोई नहीं

15. नि:स्रवण को कम किया जा सकता है–
(a) C_3A की मात्रा बढ़ाकर (b) सीमेण्ट की सूक्ष्मता बढ़ाकर
(c) तापक्रम घटाकर (d) उपरोक्त सभी

16. एक सुकार्य कंक्रीट वह है जिसके अवयवों के बीच–
(a) अधिकतम आन्तरिक घर्षण हो (b) न्यूनतम आन्तरिक घर्षण हो
(c) आन्तरिक घर्षण न हो (d) उपरोक्त सभी

17. निम्न से किसकी सुकार्यता अधिक होती है?
(a) रूक्ष सतह वाले (b) चिकनी सतह वाले
(c) छोटे आकार के मिलावे में (d) उपरोक्त में कोई नहीं

18. कंक्रीट को निम्न से अधिक तापक्रम पर प्रयोग नहीं करना चाहिए–
(a) 25-30° (b) 30° (c) 40° (d) 50°

19. किस परीक्षण द्वारा सुकार्यता को नापा जाता है?
(a) अवपात परीक्षण (b) Vee-Bee सघनतामापी परीक्षण
(c) संहनन परीक्षण (d) उपरोक्त सभी

20. अति प्रबलित कंक्रीट कार्यों के लिए संस्तुत अवपात का मान होता है–
(a) 500-100 (b) 100-150 (c) 25-75 (d) अत्यधिक अधिक

21. उथले खण्ड जैसे कड़क पेवमेण्ट के लिए संस्तुत अवपात का मान–
(a) 25-75 mm (b) 50-100 mm (c) अत्यधिक कम (d) 75-100 mm

22. अवपात शंकु की ऊपरी चौड़ाई तथा लम्बाई होती है क्रमश:–
(a) 20; 30, 10 (b) 30, 20, 10 (c) 10, 20, 30 (d) 20, 10, 30

उत्तरमाला

1. (d)	2. (d)	3. (d)	4. (b)	5. (b)	6. (a)	7. (b)	8. (b)	9. (b)	10. (c)
11. (d)	12. (b)	13. (b)	14. (b)	15. (d)	16. (b)	17. (b)	18. (c)	19. (d)	20. (a)
21. (c)	22. (c)								

CHAPTER 5

कंक्रीट मिक्स का अभिकल्पन
(Concrete Mix Design)

Syllabus

5.1 Objectives and parameters of mix design, introduction to various grades as per IS-456-2000. Proportioning for nominal mix design as prescribed by IS 456-2000.
5.2 Adjustment on site for bulking of fine aggregate, water absorption of aggregate, workability.
5.3 Difference between normal and controlled concrete.
5.4 Introduction to IS-10262-2009 (code for controlled mix design).
5.5 Mix design problems of concrete for desired mix strength or grade.

5.1 सामान्य (General)

कंक्रीट सबसे अधिक प्रयोग होने वाली मानव निर्मित निर्माण सामग्री है। शोध द्वारा यह निश्चित हो गया है कि कंक्रीट आने वाले कई वर्षों और यहाँ तक कि कई दशकों तक प्रमुख निर्माण सामग्री बनी रहेगी। ऐसा इसलिये संभव हुआ कि कंक्रीट का निर्माण निकट में प्राप्त अवयवों (सीमेन्ट, बालू, बजरी एवं जल) से होता है और इनके अनुपात इत्यादि में परिवर्तन करके कंक्रीट के गुणों में परिवर्तन लाया जा सकता है। 'तैयार कंक्रीट' की उपलब्धता ने कंक्रीट को एक पूर्ण पदार्थ के रूप में प्रस्तुत किया है जिसमें हम आवश्यकतानुसार गुणों वाली तैयार कंक्रीट को प्राप्त कर सकते हैं।

कंक्रीट मिक्स निर्धारण से तात्पर्य यह है कि हम कंक्रीट के अवयवों का अनुपातन इस प्रकार से करें कि हमें अपनी आवश्यकता के अनुसार गुणों एवं सामर्थ्य वाली कंक्रीट प्राप्त हो सके।

5.2 मिक्स निर्धारण के उद्देश्य (Objects of Mix Design)

कंक्रीट मिक्स निर्धारण हेतु निम्न दो बिन्दु अत्यन्त महत्वपूर्ण हैं—कंक्रीट में निर्धारित सामर्थ्य एवं गुण अवश्य हों तथा यह इस प्रकार से बनायी जाये कि उत्पादन की लागत न्यूनतम हो।

(a) गुणों का निर्धारण—कंक्रीट का प्रयोग भिन्न-भिन्न स्थानों पर होता है। प्रत्येक स्थान पर हमें अलग-अलग गुणों वाली कंक्रीट की आवश्यकता पड़ती है। अत: सर्वप्रथम हम कंक्रीट निर्माण हेतु अपनी आवश्यकताओं का निर्धारण करते हैं, और फिर मिक्स डिजाइन द्वारा ऐसी कंक्रीट प्राप्त करने हेतु अभिकल्पन करते हैं जो हमारी जरूरत के अनुसार सामर्थ्य, सुकार्यता, अपारगम्यता इत्यादि गुणों को रखती हो। इस कार्य हेतु सीमेंट का प्रकार, महीन एवं मोटे मिलावे का आकार, अनुपात

गुण तथा प्रकार, जल-सीमेन्ट अनुपात, कंक्रीट को बिछाना, कुटाई, तराई इत्यादि सभी बातों पर ध्यान देना होता है। इन सभी आवश्यकताओं की पूर्ति हेतु कंक्रीट मिक्स का निर्धारण किया जाता है—

(1) न्यूनतम आवश्यक सम्पीडन सामर्थ्य (संरचनात्मक दृष्टिकोण से)

(2) अधिकतम जल-सीमेन्ट अनुपात, जिस पर आवश्यक सामर्थ्य की कंक्रीट प्राप्त करना संभव है।

(3) अधिकतम सीमेन्ट की मात्रा जिस पर—

—न्यूनतम क्रेकिंग हो (मास कंक्रीटिंग में)

—न्यूनतम संकुचन हो (कम आर्द्रता पर)

—कम घनत्व हो (बांध इत्यादि में)

—कम से कम वायु रन्ध्र हों।

अत: उपरोक्त सभी आवश्यकताओं को कंक्रीट मिक्स निर्धारण के समय पूरा करने के उद्देश्य से ही अभिकल्पन किया जाता है।

(b) कम लागत—कंक्रीट मिक्स निर्धारण का उद्देश्य केवल वांछित सामर्थ्य की कंक्रीट प्राप्त करना ही नहीं है अपितु इस प्रकार की कंक्रीट लागत भी न्यूनतम होनी चाहिये। कंक्रीट का मूल्य मुख्यत: निर्माण के प्रकार, सामग्री, संयन्त्र एवं मजदूरी पर निर्भर करता है। यहाँ पर यह बताना आवश्यक है कि सीमेन्ट का मूल्य मोटे या महीन मिलावे से काफी कम होता है अत: यदि हम सीमेन्ट का प्रयोग अनुकूलतम मात्रा में करें तो कंक्रीट की लागत पर नियन्त्रण रखा जा सकता है। कंक्रीट की सामर्थ्य को निर्धारित करते समय यह देख लेना चाहिये कि किस प्रकार की संरचना है और कितना भार आना संभावित है। आवश्यकता से अधिक सामर्थ्य की कंक्रीट का प्रयोग करने में भी लागत में वृद्धि होती है।

5.3 भारतीय मानक ब्यूरो के अनुसार कंक्रीट की सामर्थ्य तथा ग्रेड (Strength and Grades of Concrete as per BIS)

कंक्रीट के सभी गुणों में से, सम्पीडन सामर्थ्य सबसे महत्वपूर्ण गुण है और मुख्यत: कंक्रीट की गुणवत्ता सही अर्थों में इसी गुण से प्रदर्शित होती है। कंक्रीट के अन्य सभी गुण भी इसी से सम्बन्धित हैं। ब्यूरो ऑफ इंडियन स्टैन्डर्ड के द्वारा कंक्रीट की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (Characteristic Strength) पर विचार किया जाता है। "अभिलाक्षणिक सामर्थ्य वह सामर्थ्य है जिसमें उस पदार्थ के 5% से अधिक जांच परिणाम विफल न हों।" अर्थात् जब उस पदार्थ के सैम्पल टैस्ट किये जायें तो 95% सैम्पल के परिणाम वही सामर्थ्य दें। इस हेतु 150 mm माप के घन 28 दिन की तराई के पश्चात् परीक्षण किये जाते हैं।

कंक्रीट के ग्रेड उसकी अभिलाक्षिणक सामर्थ्य (N/mm^2) के अनुसार निर्धारित किये गये हैं। नीचे की तालिका में दिये गये ग्रेडों के अतिरिक्त M–7·5 तथा M–5 ग्रेड की कंक्रीट, चिनाई दिवारों की नींव व हल्के फर्शों में आधार के रूप में प्रयुक्त होती हैं प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में M-15 ग्रेड से कम की कंक्रीट नहीं होती है।

तालिका 5.1 कंक्रीट के ग्रेड (Grades of Concrete) as per I.S. 456-2000

	ग्रुप	ग्रेड (F_{ck})	अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (150 mm cube, 28 days N/mm^2 or MPa)
(i)	सामान्य कंक्रीट	M-10	10
		M-15	15
		M-20	20
(ii)	मानक कंक्रीट	M-25	25
		M-30	30
		M-35	35
		M-40	40
		M-45	45
		M-50	50
		M-55	55
(iii)	उच्च सामर्थ्य कंक्रीट	M-60	60
		M-65	65
		M-70	70
		M-75	75
		M-80	80

नोट—M-55 से अधिक सामर्थ्य की कंक्रीट के अभिकल्पन हेतु विशेष अध्ययन सामग्री एवं परीक्षण आंकड़ों की आवश्यकता पड़ेगी।

5.4 कंक्रीट के प्रारम्भिक परीक्षण (Preliminary Test of Concrete)

वांछित सामर्थ्य या ग्रेड की कंक्रीट प्राप्त करने के लिये कंक्रीट के वास्तविक कार्य प्रारम्भ होने से पूर्व परीक्षण किये जाते हैं। ये परीक्षण नियन्त्रित परिस्थितियों में प्रयोगशाला में होते हैं जिससे कंक्रीट के मापखण्ड निर्धारित करने में सहायता मिलती है। इन परीक्षणों में कंक्रीट की सामर्थ्य स्थल पर कंक्रीट की सामर्थ्य से अधिक प्राप्त होती है। जब भी निर्माण स्थल पर सामग्री में परिवर्तन होता है, प्रयोगशाला में परीक्षण करके मिक्स डिजाइन हेतु नये आंकड़े प्राप्त कर लिये जाते हैं।

5.5 कार्यधीन घन परीक्षण (Work Cube Test)

वास्तविक रूप से कंक्रीट का कार्य प्रारम्भ होने पर कंक्रीट के मापदण्डों को जाँच करने हेतु स्थल पर ही घन परीक्षण किये जाते हैं। इन परीक्षणों में कंक्रीट की सामर्थ्य प्रयुक्त ग्रेड से ऊपर या बराबर आनी चाहिये। कार्यधीन घन परीक्षणों से प्राप्त सामर्थ्य प्रयोगशाला में किये गये प्रारम्भिक परीक्षणों से कम प्राप्त होती है। इसका कारण यह है कि प्रयोगशाला में सभी क्रियायें नियन्त्रित स्थितियों में सम्पन्न की जा सकती है जिन्हें निर्माण स्थल पर जुटाना कठिन पड़ता है।

5.6 कंक्रीट मिक्स अनुपातन (Concrete Mix Proportioning)

कंक्रीट मिक्स का अनुपातन इस प्रकार से किया जाना चाहिये कि हमें वांछित सुकार्यता की कंक्रीट इस प्रकार की प्राप्त हो जो कठोर होने पर आवश्यक सामर्थ्य, टिकाऊपन, तथा सतही फिनिश दे सके। वांछित सामर्थ्य की कंक्रीट प्राप्त करने हेतु I.S. - 456-2000 के द्वारा विभिन्न संघटनों का अनुपातन निम्न प्रकार से किया जा सकता है—

(i) नामन मिक्स कंक्रीट (जिसमें कंक्रीट नामन मिक्स के आधार पर निर्धारित होती)

(ii) डिजाइन मिक्स कंक्रीट (जिसमें कंक्रीट का अनुपातन अभिकल्पित किया जाता है)

5.6.1 नामन मिक्स कंक्रीट (Nominal Mix Concrete)

इस प्रकार की कंक्रीट को साधारण कंक्रीट (Ordinary Concrete) भी कहते हैं। इसमें संघटकों को भार या आयतन के अनुपात में दर्शाया जाता है। इसका प्रयोग M20 ग्रेड से नीचे की कंक्रीट में किया जा सकता है। परन्तु इस हेतु साइट इंचार्ज की अनुमति लेनी आवश्यक होती है। इस प्रकार की कंक्रीट में सीमेन्ट की अधिक मात्रा प्रयुक्त होती है।

तालिका 5.2 साधारण या नामन मिक्स कंक्रीट हेतु मिक्स अनुपात as per I.S. 456-2000

Grade of Concrete	Total Quantity of Dry Aggregates by Mass per 50 kg of Cement, to be Taken as the Sum of the Individual masses of Fine and Coarse Aggregates, kg, *Max*	Proportion of Fine Aggregate to Coarse Aggregate (by Mass)	Quantity of Water per 50 kg of Cement, *Max* l
(1)	(2)	(3)	(4)
M 5	800	Generally 1:2 but subject to an upper limit of 1:1½ and a lower limit of 1:2½	60
M 7.5	625		45
M 10	480		34
M 15	330		32
M 20	250		30

Note : the proportion of the fine to coarse aggregate should be adjusted from upper limit to lower limit progressively as the grading of fine aggregates becomes finer and the maximum size of coarse aggregate becomes larger. Graded coarse aggregate shall be used.

Example : For an average grading of fine aggreage (that is, Zone II of Table 4 of IS 383), the proportions shall be 1:1½, 1:2 and 1:2½ for maximum size of aggregates 10 mm, 20 mm and 40 mm respectively.

तालिका 5.3 नामन मिक्स कंक्रीट हेतु प्रचलित अनुपात

कंक्रीट ग्रेड	सीमेन्ट : महीन मिलावा : मोटा मिलावा
M-5	1 : 6 : 13
M- 7·5	1 : 4 : 8
M-10	1 : 3 : 6
M-15	1 : 2 : 4
M-20	$1 : 1\frac{1}{2} : 3$

यदि किसी कारण से जल की मात्रा बढ़ानी पड़े तो सीमेन्ट की मात्रा भी बढ़ायें।

5.6.2 डिजाइन मिक्स कंक्रीट (Design Mix Concrete)

इस प्रकार की कंक्रीट को नियन्त्रित (Controlled) कंक्रीट भी कहते हैं। इस प्रकार की कंक्रीट में संघटकों का अनुपातन प्रयोगशाला में किये गये प्रारम्भिक परीक्षणों के आधार पर किया जाता है। इस प्रकार से (Table 5.1) अभिकल्पित कंक्रीट की सामर्थ्य अभिलाक्षणिक सामर्थ्य से भी कम नहीं होनी चाहिये तथा सुकार्यता भी आवश्यकतानुसार होनी चाहिये। इस हेतु अभिकल्पन में कंक्रीट की टारगेट मीन स्ट्रेन्थ (Target mean strength) निर्धारित की जाती है।

Target Mean Strength = f_{ck} (Charecteristic Strength of Concrete) + 1·65 × मानक विचलन (Standard deviation)

तालिका 5.4 मानक विचलन (Standard deviation) के मान के अनुसार (I.S. 456-2000)

ग्रेड	मानक विचलन (N/mm^2)
M 10, M 15	3·5
M 20, M 25	4·0
M 30, M 35, M 40, M 45, M 50S , 55	5·0

नोट : मानक विचलन के ये मान उत्तम स्थल परिस्थितियों के लिये हैं। यदि इसमें कुछ कमी हो तो इनका मान 1 N/mm^2 बढ़ाया जा सकता है।

5.7 कंक्रीट मिक्स डिजाइन के लिये वांछित सूचनायें (Informations Required for Concrete Mix Design)

(a) मिक्स की प्रकार (डिजाइन मिक्स या नामन मिक्स)
(b) कंक्रीट का ग्रेड (M_{15} , M_{20} इत्यादि)
(c) सीमेन्ट की प्रकार
(d) मिलावे की अधिकतम माप व प्रकार (20 mm, 40 mm इत्यादि)
(e) न्यूनतम सीमेन्ट की मात्रा (डिजाइन मिक्स कंक्रीट हेतु) (तालिका 5.6)
(f) अधिकतम जल-सीमेन्ट अनुपात
(g) सुकार्यता
(h) मिक्स का अनुपात (नामन मिक्स कंक्रीट हेतु)
(i) एक्सपोजर परिस्थितियाँ (तालिका 5.5 a, b and 5.6 a)
(j) कंक्रीट के बिछाते समय अधिकतम तापमान
(k) कंक्रीट के परिवहन एवं बिछाने की विधि
(l) मिलावे का प्रकार
(m) अधिकतम सीमेण्ट की मात्रा
(n) सम्मिश्रकों का उपयोग

तालिका 5.5 (a)
Enviromental Exposure Conditions

S. No. (1)	Environment (2)	Exposure Conditions (3)
(i)	Mild	Concrete surfaces protected against weather or aggressive conditions, except those situated in coastal area.
(ii)	Moderate	Concrete surfaces sheltered from severe rain or freezing whilst wet
		Concrete exposed to condensation and rain
		Concrete continuously under water
		Concrete in contact or buried under non-aggresive soil/ground water
		Concrete surfaces sheltered from saturated salt air in coastal area
(iii)	Severe	Concrete surfaces exposed to serve rain, alternate wetting and drying or occasional freezing whilst wet or severe condensation
		Concrete completely immersed in sea water
		Concrete exposed to coastal enviroment
(iv)	Very Severe	Concrete surfaces exposed to sea water spray, corrosive fumes or severe freezing conditions whilst wet
		Concrete in contact with or buried under aggresive sub-soil/ground water
(v)	Extreme	Surface of members in tidal zone
		Members in direct contact with liquid/solid aggresive chemicals

तालिका 5.5 (b)
Requirements for Concrete Exposed to Sulphate Attack as per IS 456-2000

Sl. No.	Class	Concentration of Sulphates, Expressed as SO_3			Type of Cement	Dense, Fully Compacted Concrete. Made with 20 mm Nominal Maximum Size Aggregates Complying with IS 383	
		In Soil					
		Total SO_3 in Ground	SO_3 in 2:2 Water : Soil Extract	In Water		Minimum Cement Content kg/m^3	Maximum Face Water-Cement Ratio
		Percent	g/l	g/l			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(i)	1	Traces (< 0.2)	Less than 1.0	Less than 0.3	Ordinary Portland cement or Portland slag cement or Portland pozzolana cement	280	0.55
(ii)	2	0.2 to 0.5	1.0 to 1.9	0.3 to 1.2	Ordinary Portland cement or Portland slag cement or Portland pozzolana cement	330	0.50
					Supersulphated cement or sulphate resisting Portland cement	310	0.50
(iii)	3	0.5 to 1.0	1.9 to 3.1	1.2 to 2.5	Supersulphated cement or sulphate resisting Portland cement	330	0.50
					Portland pozzolana cement or Portland slag cement	350	0.45
(iv)	4	1.0 to 2.0	3.1 to 5.0	2.5 to 5.0	Supersulphated or sulphate resisting Portland cement	370	0.45
(v)	5	More than 2.0	More than 5.0	More than 5.0	Sulphate resisting Portland cement or supersulphated cement with protective coatings	400	0.40

Noes :

1. Cement content given in this table is irrespective of grade of cement.
2. Uses of supersulphated cement is generally restricted where the prevailing temperature is above 40°C.
3. Supersulphated cement gives an acceptable life provided that the concrete is dense and prepared with a water-cement ratio of 0.4 or less, in mineral acids, down to pH 3.5.
4. The cement contents given in col. 6 of this table are the minimum recommended. For SO_3 contents near the upper limit of any class, cement contents above these minimum are advised.
5. For serve conditions, such as thin sections under hydrostatic pressure on one side only and sections partly immersed, considerations should be given to a further reduction of water-cement ratio.
6. Portland slag cement conforming to IS 455 with slag content more than 50 percent exhibits better sulphate resisting properties.
7. Where chloride is encountered along with sulphates in soil or ground water, ordinary Portland cement with C_3A content from 5 to 8 percent shall be desirable to be used in concrete, instead of sulphate resisting cement. Alternatively, Portland slag cement conforming to IS 455 having more than 50 percent slag or a blend or ordinary Portland cement and slag may be used provided sufficient information is available on performance of such blended cement in these conditions.

तालिका 5.6 (a)

Table of Minimum Cement Content, Maximum Water-Cement Ratio and Minimum Grade of Concrete for Different Exposures with Normal Weight Aggregates of 20 mm Nominal Maximum Size

SI No.	Exposure	Plain Concrete			Reinforced Concrete		
		Minimum Cement Content kg/m³	Maximum Free Water-Cement Ratio	Minimum Grade of Concrete	Minimum Cement Content kg/m³	Maximum Free Water-Cement Ratio	Minimum Grade of Concrete
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
(i)	Mild	220	0·60	—	300	0·55	M 20
(ii)	Moderate	240	0·60	M 15	300	0·50	M 25
(iii)	Severe	250	0·50	M 20	320	0·45	M 30
(iv)	Very Severe	260	0·45	M 20	340	0·45	M 35
(v)	Extreme	280	0·40	M 25	360	0·40	M 40

तालिका 5.6 (b)

Adjustment to Minimum Cement Contents for Aggregates Other than 20 mm Nominal Maximum Size

SLNo.	Nominal Maximum Aggregate Size mm	Adjustments to Minimum Cement Contents in Table 5.6 (a) kg/m³
(1)	(2)	(3)
(i)	10	+ 40
(ii)	20	0
(iii)	40	− 30

तालिका 5.7

Degree of Quality Control Expected Under Different site Conditions

DEGREE OF CONTROL	CONDITIONS OF PRODUCTION
Very Good	Fresh cement from single source and regular tests, weightbatching of all materials, aggregates supplied in single sizes, control of aggregate grading and moisture content, control of water added, frequent supervision, regular workability and strength tests, field laboratory facilities.
Good	Carefully stored cement and periodic tests, weight batching of all materials, controlled water, graded aggregate supplied, occasional grading check of workability and strength, intermittent supervision, experienced workers.
Fair	Proper storage of cement, volume batching of all aggregates allowing for bulking of sand, weightbatching of cement, water content controlled by inspection of mix, occasional supervision and tests.

5.8 कंक्रीट मिक्स अनुपातन की विधियाँ (Methods of Proportioning of Concrete Mix)

(i) स्वैच्छिक आयतन विधि (Arbitrary Volumetric Method)
(ii) न्यूनतम रिक्तता विधि (Minimum Voids Method)
(iii) अधिकतम घनत्व विधि (Maximum Density Method)
(iv) ट्रायल और समायोजन विधि (Trial and Adjustment Method)
(v) सूक्ष्मता मापांक विधि (Fineness Modules Method) Modern method
(vi) ब्रिटिश मिक्स डिजाईन विधि (British Mix Design Method)
(vii) ए० सी० आई० मिक्स डिजाईन विधि (ACI Mix Design Method)
(viii) भारतीय मानकों के आधार पर मिक्स डिजाइन विधि (Mix Design as per Indian Standards)

इन सभी विधियों में 'भारतीय मानकों के आधार पर मिक्स डिजाइन विधि' का वर्णन विस्तार से आगे के पृष्ठों में किया जा रहा है।

5.8.1 स्वैच्छिक आयतन विधि (Arbitrary Volumetric Method)

यह विधि सबसे सामान्य विधि है जो केवल साधारण कंक्रीट के लिये अपनायी जा सकती है। इस विधि में महीन मिलावे एवं मोटे मिलावे का अनुपात $1 : 1\frac{1}{2}$ से $1 : 2\frac{1}{2}$ के बीच रखा जा सकता है। मुख्य उद्देश्य यह रहता है कि मोटे मिलावे में उपस्थित 30% से 50% रन्ध्रों में महीन मिलावा पूर्णत: भर जाये जिसमें संघन मिश्रण प्राप्त हो सके। इस स्थिति में अधिक सामर्थ्यवान कंक्रीट प्राप्त होती है। मिश्रण में आवश्यक सुकार्यता प्राप्त करते हुए जल की मात्रा न्यूनतम रखी जाती है। तालिका 5.8 में विभिन्न कामों हेतु मिक्स दिये गये हैं। यह विधि सरल है तथा छोटे कार्यों हेतु प्रयोग करने में उत्तम है परन्तु बड़े कार्यों में इनका प्रयोग नहीं करना चाहिये।

तालिका 5.8

विभिन्न कार्यों हेतु कंक्रीट मिक्स (केवल साधारण कंक्रीट हेतु)

क्र० सं०	कार्य का प्रकार	मिक्स	अनुपात ग्रेड
(1)	स्तम्भ-डाट भारी घरन तथा अन्य लम्बे पाट वाली संरचनायें	1 : 1 : 2	M-25
(2)	पानी के टैंक, प्रतिधारक दीवारें, मध्य धारित घरन, स्लैब, पुल इत्यादि	$1 : 1\frac{1}{2} : 3$	M-20
(3)	घरन, स्लैब, लिन्टल, स्तम्भ इत्यादि	1 : 2 : 4	M-15
(4)	स्थूल कंक्रीट, मोर्पिंग इत्यादि	1 : 3 : 6	M-10
(5)	स्थूल कंक्रीट, बांध, नींव, फर्श (के आधार)	1 : 4 : 8 से 1 : 6 : 12	M-7·5 से M-5

5.8.2 न्यूनतम रिक्तता विधि (Minimum Voids Method)

जैसा कि नाम से ही प्रदर्शित होता है इस विधि में रिक्तितायें न्यूनतम रखकर संघन कंक्रीट प्राप्त करने का प्रयास किया जाता है। मोटे मिलावे की रिक्तियों में महीन मिलावा और महीन मिलावे की रिक्तियों में सीमेन्ट यदि पूर्णत: भर जाये तो संघन कंक्रीट प्राप्त होती है। इस विधि में परीक्षणों के आधार पर मोटे एवं महीन मिलावे की रिक्तियों का प्रतिशत ज्ञात कर लिया जाता है। मिश्रण में सीमेन्ट की मात्रा महीन मिलावे की रिक्तियों से कुछ अधिक तथा महीन मिलावे की मात्रा मोटे मिलावे की

अंकित वर्मा
Ankit Verma

रिक्तियों से कुछ अधिक रखकर, पानी मिलाकर आवश्यक सुकार्यता की कंक्रीट प्राप्त कर ली जाती है। यह विधि अधिक उपयोगी सिद्ध नहीं हुई, क्योंकि सुकार्यता हेतु अधिक पानी मिलाने से सामर्थ्य घट जाती है।

5.8.3 अधिकतम घनत्व विधि (Maximum Density)

फुलर (Fuller) व थाम्सन (Thompson) द्वारा सुझायी यह विधि न्यूनतम रिक्तता विधि का सुधरा हुआ रूप है। इस विधि में भी यही उद्देश्य है कि कंक्रीट मिक्स का घनत्व अधिकतम प्राप्त हो। इस हेतु मिलावे का श्रेणीकरण किया जाता है।

$$p=\left(\frac{d}{D}\right)^{\frac{1}{2}}\times 100$$

d = महीन मिलावे की अधिकतम माप

D = मोटे मिलावे की अधिकतम माप

p = मिश्रण में d माप से महीन (महीन मिलावा + सीमेन्ट) का प्रतिशत

उदाहरणार्थ : महीन मिलावे की अधिकतम माप = 4·15 mm

मोटे मिलावे की अधिकतम माप = 40 mm

अतः 4·15 से महीन कणों का मिश्रण में प्रतिशत

$$p=\frac{(4\cdot 15)^{\frac{1}{2}}}{40}\times 100=34\cdot 46\%$$

अतः 100 kg मिश्रण में 34·46 kg (सीमेन्ट + महीन मिलावा) तथा 65·54 kg मोटा मिलावा होगा।

यदि सीमेंट व संयुक्त मिलावे का प्रतिशत 1 : 6 है तो

$$\text{सीमेन्ट की मात्रा}=\frac{100}{7}=14\cdot 3 \text{ kg}$$

अतः 100 kg मिश्रण में

सीमेन्ट = 14·3 kg

रेत = (34·46 – 14·30) = 20·16 kg

मोटा मिलावा = 65·54 kg

मिश्रण की अनुपात 1 : 1·4 : 4·58 (भार के अनुसार) परन्तु इस विधि में वांछित सामर्थ्य की कंक्रीट प्राप्त करना अनिश्चित होता है, क्योंकि मिश्रण में जब मिश्रण हेतु कोई तार्किक आधार नहीं है।

5.8.4 ट्रायल एवं समायोजन विधि

इस विधि में अनेक ट्रायलों द्वारा सबसे भारी कंक्रीट मिश्रण का चयन किया जाता है। इसके लिये भिन्न-भिन्न अनुपातों में कंक्रीट को मिलाया जाता है। जिस अनुपात में कंक्रीट सर्वाधिक भारी प्राप्त होती है वही सबसे सघन एवं सामर्थ्यवान होती है। इस विधि में अलग-अलग अनुपात में मिश्रण बनाने हेतु समान आयतन के बक्से लिये जाते हैं जिनमें भिन्न-भिन्न मिश्रणों की कंक्रीट भरी जाती है। थोड़ी कुटाई भी की जाती है। जिस बक्से का भार सबसे अधिक होता है वही कंक्रीट सर्वाधिक संघन एवं सामर्थ्यवान प्राप्त होती है।

5.8.5 सूक्ष्मता मापांक विधि (Fineness Modulus Method)

तालिका 5.9 में दिये सूक्ष्मता मापांक के अनुसार, सीमेन्ट की न्यूनतम मात्रा से अच्छी सुकार्यता वाली कंक्रीट तैयार की जा सकती है। प्राकृतिक स्रोतों से प्राप्त मिलावा श्रेणीकृत नहीं होता ऐसी स्थिति में दो या अधिक माप के मिलावों को मिलाना आवश्यक हो जाता है। इन मिलावों का अनुपात ऐसा होना चाहिये कि संयुक्त मिलावा वांछित श्रेणीकरण का प्राप्त हो।

तालिका 5.9 सूक्ष्मता मापांक

क्र०सं०	मिलावे की अधिकतम माप	सूक्ष्मता मापांक
(i)	महीन मिलावा	2–3·5
(ii)	मोटा मिलावा 20 mm	6·0–6·9
	40 mm	6·9–7·5
	75 mm	7·5–8·00
	150 mm	8·00–8·5
(iii)	महीन + मोटा मिलावा 20 mm	4·7–5·1
	25 mm	5·0–5·5
	30 mm	5·5–5·7
	40 mm	5·7–6·3
	75 mm	6·3–6·5
	150 mm	6·5–7·0

सूक्ष्मता मापांक विधि में मोटे व महीन मिलावे को उचित अनुपात में मिलाकर संयुक्त मिलावा (All in Aggregate) बनाया जाता है। इस हेतु निम्न सूत्र का प्रयोग किया जाता है।

$$P=\left(\frac{A-C}{A-B}\right)\times 100$$

P = संयुक्त मिलावे में महीन मिलावे का प्रतिशत

A = मोटे मिलावे का सूक्ष्मता मापांक

B = महीन मिलावे का सूक्ष्मता मापांक

C = संयुक्त मिलावे का सूक्ष्मता मापांक

इस प्रक्रिया को निम्न उदाहरण से समझाया जा सकता है—

उदाहरण—निम्न आँकड़ों के आधार पर उपयुक्त कंक्रीट मिक्स का निर्धारण करें—

(i) कंक्रीट की 25 दिन की अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (f_{ck}) = 20 N/mm^2

(ii) अवपात = 25–50 mm

(iii) सूक्ष्मता मापांक — मोटा मिलावा = 6·7

महीन मिलावा = 2·4

(iv) मिलावे की अधिकतम माप = 20 mm

(v) मोटे व महीन मिलावों में रिक्तता = 35% व 40%

(vi) घनत्व सीमेंट = 1440 kg/cm^3

महीन मिलावा = 1750 kg/cm^3

(vii) सीमेन्ट में रिक्तिका 60% मोटा मिलावा = 1600 kg/cm^3

हल : (i) कंक्रीट की सामर्थ्य = 20 N/mm^2

(ii) तालिका 5.6 (a) के अनुसार

सीमेन्ट की मात्रा = 240 kg न्यूनतम

जल-सीमेन्ट अनुपात = 0·60 mm अधिकतम

सीमेन्ट की न्यूनतम मात्रा 240 kg से कुछ अधिक 250 kg लेने पर,

सीमेन्ट की मात्रा = 250 kg

जल की मात्रा = 0.6×250

= 150 लीटर

(iii) मोटे मिलावे की अधिकतम माप = 20 mm

20 mm के संयुक्त मिलावे का सूक्ष्मता मापांक = 4.7 (न्यूनतम)

6.1 (अधिकतम)

महीन मिलावे का सूक्ष्मता मापांक कम (2.4) है। अत: संयुक्त मिलावे का सूक्ष्मता मापांक = 4.8 लेने पर संयुक्त मिलावे में महीन मिलावे का प्रतिशत

$$P = \left(\frac{6.5 - 4.8}{6.5 - 2.4}\right) \times 100 = 41.46\%$$

100 kg संयुक्त मिलावे में मोटा मिलावा = $100 - 41.46 = 58.54$ kg

महीन मिलावे का आयतन = $\frac{1 \times 41.46}{1750} = 0.024\ m^3$

मोटे मिलावे का आयतन = $\frac{1 \times 58.54}{1600} = 0.037\ m^3$

महीन मिलावे एवं मोटे मिलावे का अनुपात = 1 : 1.54

(iv) सीमेन्ट का आभासी आयतन = $\frac{\text{भार}}{\text{घनत्व}} = \frac{250}{1440}$

$= 0.174\ m^3$

सीमेन्ट में रिक्तता प्रतिशत = 60%

सीमेन्ट का ठोस आयतन = 0.4×0.174

$= 0.070\ m^3$

पानी का आयतन = $0.150\ m^3$

(घनत्व = $1000\ kg/m^3$)

1 cum कंक्रीट में मिलावे का ठोस आयतन

जल-सीमेन्ट = $1 - (0.070 + 0.150)$

$= 0.78\ m^3$

महीन मिलावे का ठोस आयतन = $\frac{0.78}{1 + 1.54}$

$= 0.307\ m^3$

रिक्तता प्रतिशत 40% होने पर

आभासी आयतन = $\frac{0.307}{0.60}$

$= 0.512\ m^3$

भार = $0.512 \times 1750 = 896$ kg

= 896 kg

मोटे मिलावे का ठोस आयतन = $\frac{0.78 \times 1.54}{1 + 1.54}$

$= 0.473$

35% रिक्तता होने पर आभासी आयतन = $\frac{0.473}{0.65} = 0.72\ m^3$

भार = $0.727 \times 1600 = 1164$ kg

अत: अनुपातन (1 घन मीटर कंक्रीट हेतु) निम्न प्रकार होगा—

सीमेंट		महीन मिलावा		मोटा मिलावा		जल
आयतन	भार	आयतन	भार	आयतन	भार	
$0.174\ m^3$	250 kg 5 bags	$0.512\ m^3$	896 kg	$0.727\ m^3$	1164 kg	150 लीटर

प्रति बैग सीमेन्ट के अनुसार अनुपात

सीमेन्ट = 50 kg (1 Bag)

महीन मिलावा = 179.20 kg

मोटा मिलावा = 232.8 kg, जल = 30 लीटर

अनुपात 1 : 3.584 : 4.64 (भार के अनुसार)

यदि 0.60 जल / सीमेंट अनुपात रखने पर कंक्रीट का अवपात 25-50 mm के भीतर नहीं आता है तो नये जल : सीमेंट अनुपात के अनुसार गणनायें संशोधित करनी पड़ेंगी।

5.8.6 ब्रिटिश मिक्स डिजाइन विधि

इन विधियों में मिश्रित मिलावे के ग्रेडिंग वक्रों को प्रयोग नहीं किया जाता। इसमें भी सुकार्यता को स्लम्प या वी०-बी० समय में लिया जाता है। इसमें भी अन्य विधियों की भांति जल-सीमेन्ट अनुपात का चयन किया जाता है। इस विधि में महीन मिलावे का आयतन पहले निर्धारित किया जाता है।

5.8.7 ए० सी० आई मिक्स डिजाइन विधि

अमेरिकन कंक्रीट इंन्सटीट्यूट विधि का प्रयोग भी मिक्स डिजाइन हेतु किया जाता है। इसमें सबसे पहले स्थान के अनुसार कंक्रीट के स्लम्प का निर्धारण किया जाता है। फिर मोटे मिलावे की अधिकतम माप का चुनाव उपलब्धता के आधार पर किया जाता है। निर्धारित स्लम्प के अनुसार जल प्रतिशत ज्ञात कर लिया जाता है तथा जल/सीमेन्ट अनुपात के अनुसार कंक्रीट मिक्स का अभिकल्पन कर लिया जाता है। इस विधि में भोटे मिलावे का आयतन पहले निर्धारित किया जाता है।

5.8.8 भारतीय मानकों के आधार पर मिक्स डिजाइन

भारतीय मानकों के अनुसार कंक्रीट मिक्स डिजाइन हेतु निम्न प्रक्रिया अपनायी जाती है—

(1) सर्वप्रथम टारगेट मान स्ट्रेन्थ (Target mean strength) की गणना निम्न प्रकार से की जाती है—

$$F_t = F_{ck} + ks$$

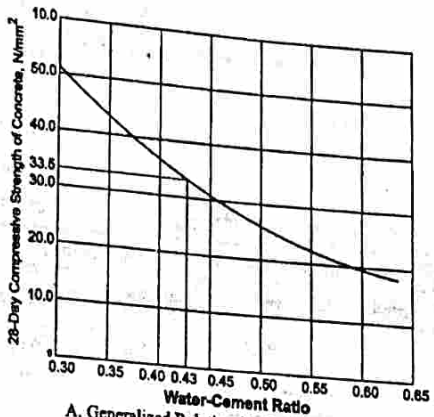
F_t = Target mean strength at 28 days N/mm²

F_{ck} = Characteristic strength at 28 days N/mm²

S = Standard deviation (मानक विचलन) (Table 5.4)

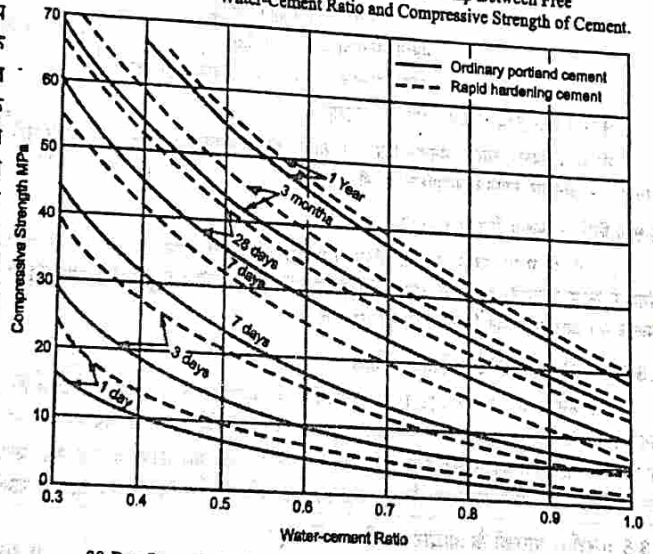
$K = 1.65$

(2) वक्र A से जल-सीमेन्ट अनुपात का चयन किया जाता है।



A. Generalized Relationship Between Free Water-Cement Ratio and Compressive Strength of Cement.

यहाँ ध्यान देने योग्य बात यह है कि उपरोक्त वक्र से प्राप्त जल-सीमेन्ट अनुपात तथा तालिका 5.6 से आवश्यक जल-सीमेन्ट अनुपात में से न्यूनतम मान का चयन किया जाता है। यदि जल-सीमेन्ट अनुपात का आयतन बारीकी से चयन करना हो तो हम चित्र (B) का भी प्रयोग कर सकते हैं। इसके लिये हमें पूर्व में सीमेन्ट प्रतिदर्श को I.S. 4031-1968 के अनुसार जांच कर उसकी सामर्थ्य ज्ञात करनी होगी तभी हम A, B, C, D, E, F वक्र का चयन कर पायेंगे।



28-Day Strength of Cement, Tested According to I.S. : 4031-1968

A — 31.9—36.8 N/mm² (325-375 kg/cm²)
B — 36.8—41.7 N/mm² (375-425 kg/cm²)
C — 41.7—46.6 N/mm² (425-475 kg/cm²)
D — 46.6—51.5 N/mm² (475-525 kg/cm²)
E — 51.5—56.4 N/mm² (525-575 kg/cm²)
F — 56.4—61.3 N/mm² (575-625 kg/cm²)

B. Relationship Between Free Water-Cement Ratio and Concrete Strength for Different Cement Strengths.

(3) निम्न तालिका से एन्ट्रेन्ड वायु का प्रतिशत ज्ञात किया जाता है।

मिलावे की अधिकतम माप (mm)	एन्ट्रेन्ड (Entrained) वायु का प्रतिशत %
20	5±1
40	4±1

(4) इसके पश्चात् तालिका 5.10 एवं 5.11 की सहायता से जल प्रतिशत तथा बालू का प्रतिशत ज्ञात कर लेते हैं।

जल की मात्रा ज्ञात करना

Maximum Water Content per cubic meter of concrete for Nominal maximum size of aggregate

तालिका 5.10

S.No.	Nominal Maximum size of Aggregate mm	Maximum Water Content* kg
(i)	10	208
(ii)	20	186
(iii)	40	165

Note : The quantities of mixing water are for use in computing cementitious material content for trial batches.

* Water content corresponding to saturated surface dry aggregate.

(i) जल की मात्रा का चुनाव उपरोक्त तालिका के अनुसार करते हैं। उपरोक्त तालिका angular coarse aggregate हेतु है तथा 25 mm से 50 mm के slump हेतु सत्य है। उपरोक्त तालिका में जल की मात्रा निम्नानुसार कम की जा सकती है

For sub angular aggregates – 10 kg

For sub gravel aggregates – 20 kg

(ii) इसी प्रकार प्रत्येक 25mm के slump हेतु जल की मात्रा 3% बढ़ायी जा सकती है।

(iii) यदि कंक्रीट में water reducing admixtures प्रयोग किये जाते हैं तो जल की मात्रा 5 से 10% तक कम की जा सकती है इसी प्रकार से superplasticizers हेतु इसे 20% या इससे अधिक भी कम कर सकते हैं।

तालिका 5.11 : Volume of Coarse Aggregate per Unit Volume of Total Aggregate for Different Zones of Fine Aggregate

S.No.	Nominal Maximum Size of Aggregate mm	Volume of Coarse Aggregate[1] per Unit Volume of Total Aggregate for Differet Zones of Fine Aggregate			
		Zone IV	Zone III	Zone II	Zone I
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
(i)	10	0.50	0.48	0.46	0.44
(ii)	20	0.66	0.64	0.62	0.60
(iii)	40	0.75	0.73	0.71	0.69

[1] Volumes are based on aggregates in saturated surface dry condition.

मोटे मिलावे की मात्रा ज्ञात करना

Tabl4 5.11 में water-cement ratio 0.5 मानते हुए मोटे मिलावे की मात्रा जोनवार प्रदर्शित की गयी है। जल-सीमेण्ट अनुपात में अन्तर होने पर इनका समायोजन निम्नानुसार होगा—

जल सीमेन्ट अनुपात का मान 0.5 से कम होने पर मोटे मिलावे का अनुपात बढ़ाना पड़ेगा जिससे महीन मिलावे का अनुपात घट सके।

प्रत्येक 0.05 जल सीमेण्ट अनुपात में कमी

— 0.01 की मोटे मिलावे के अनुपात में वृद्धि

प्रत्येक 0.05 जल सीमेण्ट अनुपात में वृद्धि

— 0.01 की मोटे मिलावे के अनुपात में कमी

उदाहरण हेतु यदि Zone I हेतु जल सीमेण्ट अनुपात का मान 0.5 है तो

20 mm मोटे मिलावे का Table से (W/c ratio 0.5) हेतु अनुपात = 0.60

0.4 W/c ratio हेतु अनुपात = $0{\cdot}01 \times 2 + 0{\cdot}60$

$= 0{\cdot}62$

यदि कंक्रीट Pumpable हो तो इस मान को 10% घटा सकते हैं।

इसके अतिरिक्त Combination of different coarse aggregate fraction shall conform to IS 383.

इसके लिये भिन्न-भिन्न आकार के मोटे-मिलावे के इस प्रकार से अनुपात निश्चित किये जाते हैं कि संयुक्त मिलावा IS 383 के अनुसार हो।

महीन मिलावे की मात्रा ज्ञात करना

IS 10262 : 2009 के अनुसार महीन मिलावे की मात्रा निम्नानुसार ज्ञात की जाती है—

"With the completion of procedure given in above all the ingredients have been estimated except the coarse and fine aggregate content. These quantities are determined by finding out the absolute volume of cementitious material, water and the chemical admixture; by dividing their mass by their respective specific gravity, multiplying by 1/1000 and subtracting the result of their summation from unit volume. The values so obtained are divided into Coarse and Fine Aggregate fractions by volume in accordance with coarse aggregate proportion already determined above. The coarse and fine aggregate contents are then determined by multiplying with their respective specific gravities and multiplying by 1 000.

सन्दर्भ हेतु उदाहरण देखें।

5.9 कार्य स्थल पर बालू के स्थूलीकरण का समायोजन (Adjustment at Site of Bulking of Sand)

हम अध्याय 2 में पढ़ चुके हैं कि बालू नमी के सम्पर्क से फूल जाती है और इसका आयतन बढ़ जाता है। आयतन में हुई यह वृद्धि 20% – 25% तक भी हो सकती है। जलांश की मात्रा 5% – 6% से अधिक होने पर यह पुन: अपने मूल आयतन में लौट आता है। कंक्रीट मिक्स में लिया जाने वाला बालू अगर फूला हुआ है तो उसकी वास्तविक मात्रा कंक्रीट में घट जायेगी तथा सीमेंट का अनुपात बढ़ जायेगा। अत: निर्माण के समय बालू का जलांश ज्ञात कर स्थूलीकरण का प्रतिशत ज्ञात कर लिया जाता है और उतनी ही बालू मिश्रण में बढ़ा दी जाती है। यदि किसी मिश्रण में बालू 15% फूला हो और इसकी आवश्यक मात्रा 410 लीटर हो तो

100 लीटर शुद्ध बालू हेतु स्थूलीकृत मान = 115 लीटर

410 लीटर शुद्ध बालू हेतु स्थूलीकृत मान = $\frac{115}{100} \times 410 = 471{\cdot}5$ लीटर

5.10 कार्यस्थल पर गीले मिलावे के जलांश का समायोजन (Adjustment at Site for Moisture Content of Aggregate)

कंकीट की सामर्थ्य एवं सुकार्यता कंक्रीट में उपस्थित पानी की मात्रा पर निर्भर है। यदि मिलावे में सतही नमी है तो कंक्रीट में पानी की मात्रा आवश्यकता से कुछ अधिक हो जायेगी। अत: मिलावे का जलांश ज्ञात करके कंक्रीट में मिलाये जाने वाले जल की मात्रा को कम किया जा सकता है।

इसी प्रकार यदि मिलावा शुष्क (Bone dry) है तो कुछ जल अवशोषित कर लेगा। उस स्थिति में अतिरिक्त जल कंक्रीट में मिलाना पड़ेगा। इस हेतु पत्थरों की अवशोषण क्षमता निम्न तालिका में दी जा रही है—

तालिका 5.13 पत्थरों की अवशोषण क्षमता

क्र० सं०	मिलावे का प्रकार	भार के प्रतिशत में अवशोषण
(1)	संदलित बालू व बजरी	1·0
(2)	ग्रेनाइट या ट्रेप	1·5
(3)	बलूआ पत्थर	2·0
(4)	रन्ध्रयुक्त बलुआ पत्थर	7·0
(5)	चूना पत्थर	10·00

तालिका 5.14 औसत मिलावे के सतही पानी की मात्रा

	मिलावे का प्रकार	सतही पानी की अनुमानित मात्रा	
		भार के प्रतिशत में	लीटर/मीटर^3
(1)	बहुत गीला रेत	7·5%	120
(2)	सामान्य गीला रेत	5·0%	80
(3)	नम रेत	2·5%	40
(4)	नम ग्रेवल या संदलित चट्टान	1·25 – 2·5%	20–40

नोट : मिलावा जितना मोटा होगा सतही पानी की मात्रा उतनी कम होगी।

उदाहरण : 1 : $1\frac{1}{2}$: 3 की कंक्रीट में 0·50 जल-सीमेन्ट अनुपात लेने पर एक बोरा सीमेन्ट के लिये आवश्यक पानी की मात्रा ज्ञात करें। मोटा एवं महीन मिलावा पूर्णत: शुष्क (Bone dry) है तथा महीन एवं मोटे मिलावे के अवशोषण क्षमता क्रमश: 1% तथा 2·0% है।

हल— एक बोरा सीमेन्ट में सीमेन्ट की मात्रा = 50 kg या 34 लीटर

महीन मिलावा $= 34 \times 1{\cdot}5 = 51{\cdot}0$ लीटर

मोटा मिलावा $= 34 \times 3 = 102$ लीटर

पानी $= 0{\cdot}5 \times 50 = 25$ लीटर

महीन मिलावे द्वारा अवशोषित जल $= \frac{51 \times 1}{100} = 0{\cdot}51$ लीटर

मोटे मिलावे द्वारा अवशोषित जल $= \frac{102 \times 2}{100} = 2{\cdot}04$ लीटर

कुल अवशोषित जल $= 2{\cdot}04 + 0{\cdot}51$

$= 2{\cdot}55$ लीटर

अत: एक बोरा सीमेन्ट की $\left(1:1\frac{1}{2}:3\right)$ कंक्रीट हेतु आवश्यक जल $= 25 + 2{\cdot}55 = 27{\cdot}55$ लीटर

उदाहरण : उपरोक्त प्रश्न में यदि महीन मिलावे तथा मोटे मिलावे के सतही जलांश क्रमश: 5 % तथा 2% हों तो एक बोरा सीमेन्ट की कंक्रीट हेतु आवश्यक जल की मात्रा ज्ञात करें।

हल—

महीन मिलावे में सतही नमी $= \frac{51 \times 5}{100} = 2{\cdot}55$ लीटर

मोटे मिलावे में सतही नमी $= \frac{102 \times 2}{100} = 2{\cdot}04$ लीटर

मिलावे में कुल सतही नमी $= 2{\cdot}55 + 2{\cdot}04$

$= 4{\cdot}59$ लीटर

अत: एक बोरा सीमेन्ट $\left(1:1\frac{1}{2}:3\right)$ कंक्रीट हेतु आवश्यक जल $= 25 - 4{\cdot}59 = 21{\cdot}41$ लीटर

तालिका 5.15 नियन्त्रित व साधारण कंक्रीट की तुलना
(Comparison between Controlled and Ordinary Concrete)

क्र० सं०		नियन्त्रित कंक्रीट	साधारण कंक्रीट
(1)	सामर्थ्य	यह कंक्रीट उच्च पदार्थ वाली होती है।	यह कंक्रीट कम सामर्थ्य की श्रेणी में आती है।
(2)	ग्रेड	इसके 15 ग्रेड हैं M-10 से M-80 तक	इस कंक्रीट में केवल तीन ग्रेड हैं M-10, M-15, N-20 (M-5, M-75 का प्रयोग भी किया जाता है)
(3)	नियन्त्रण	इस कंक्रीट पर पूरा नियन्त्रण रखा जाता है जो प्रयोगशाला में, स्थल पर सभी जगह रहता है।	नियन्त्रण की विशेष आवश्यकता नहीं पड़ती है।
(4)	संघटन	सभी अवयवों का भार के अनुसार अनुपातित किया जाता है।	सभी अवयवों को प्राय: आयतन के आधार पर लिया जाता है।
(5)	मिक्स	मिक्स परीक्षणों के आधार पर अभिकल्पित किये जाते हैं।	नामन मिक्स पर्याप्त रहते हैं।
(6)	उपकरण	मिश्रण, कुटाई हेतु उपकरण आवश्यक हैं।	हस्त विधि से भी काम चलाया जा सकता है।
(7)	उत्पादन लागत	अधिक है।	कम है।
(8)	श्रमिक	कुशल श्रमिक आवश्यक हैं। श्रमिक परिव्यय अधिक है।	साधारण श्रमिकों से काम चलाया जा सकता है। व्यय कम है।
(9)	उपयोग	महत्वपूर्ण कार्यों हेतु	साधारण कार्यों हेतु
(10)	ध्यान हेतु तत्त्व	जल-सीमेन्ट अनुपात, सुकार्यता, टिकाऊपन, क्रीप सभी गुणों को प्रभावित करने वाले तत्त्वों पर ध्यान दिया जाता है।	केवल जल-सीमेन्ट अनुपात पर ध्यान दिया जाता है।

उदाहरण : निम्न आंकड़ों के अनुसार कंक्रीट मिक्स का अभिकल्पन करें—

(a) अभिकल्पन की शर्तें (Design Stipulations)—

(1) कंक्रीट की 28 दिन की स्थल पर आवश्यक अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (F_{ck}) = 25 N/mm^2 (M-25)

(2) मोटे मिलावे की अधिकतम माप = 20 mm

(3) मोटे मिलावे का आकार = कोणीय (Angular)

(4) सुकार्यता (Workability) = 100 mm slump

(5) गुणवत्ता नियंत्रण का स्तर = मध्यम (Moderate)

(6) एम्पोजर का प्रकार = माइल्ड (Mild)

(7) न्यूनतम सीमेन्ट मात्रा = 300 kg/m^3

(8) अधिकतम सीमेन्ट मात्रा = 450 kg/m^3

(9) कोई admixer प्रयोग नहीं

(10) कंक्रीट को बिछाना–हाथ से

(b) सामग्री का परीक्षण उपरान्त डेटा (Test Data for Materials)—

(1) सीमेन्ट की प्रकार : साधारण पोर्टलैंड सीमेन्ट (OPC) (43 Grade) IS 8112

(2) सीमेन्ट का विशिष्ट गुरुत्व : 3·15

(3) सीमेन्ट का स्थूल घनत्व : 1450 kg/m^3

(4) मोटे मिलावे का विशिष्ट घनत्व = 2·65

(5) मोटे मिलावे का स्थूल घनत्व = 1800 kg/m^3

(6) महीन मिलावे का विशिष्ट घनत्व = 2·60

(7) महीन मिलावे का स्थूल घनत्व = 1700 kg/m^3

(8) मोटे मिलावे का सूक्ष्मता मापांक : 2·3

(9) महीन मिलावे का सूक्ष्मता मापांक : 6·0

(10) मुक्त सतही जलांश — महीन मिलावा : 2·0%; मोटा मिलावा : 1·0%

(11) जल अवशोषकता — महीन मिलावा : 1·0%; मोटा मिलावा : 0·5%

(12) चालनी परीक्षण के परिणाम—दिये गये मोटे एवं महीन मिलावे के चालनी परीक्षण के निम्न परिणाम प्राप्त हुए—

तालिका 5.16

I.S. Sieve Size	महीन मिलावा % passing	मोटा मिलावा % Passing	
		I Sample 20 mm size	II Sample 10·0 mm
40 mm	100	100	100
20 mm	100	95	100
10 mm	100	0	85
4·75 mm	100	×	09
2·36 mm	100	×	×
1·18 mm	93	×	×
600 μ	60	×	×
300 μ	12	×	×
150 μ	02	×	×

तालिका 5.17 : बालू (Sand) की ग्रेडिंग हेतु सारणी (IS 383-1970)

I.S. Sieve	Percent Passing			
	Zone I	Zone II	Zone III	Zone IV
10 mm	100	100	100	100
4·75 mm	90–100	90–100	90–100	90–100
2·36 mm	60–95	75–100	85–100	95–100
1·18 mm	30–70	55–90	75–100	90–100
*600 μ	15–34	35–59	60–79	80–100
300 μ	5–20	8–30	12–40	15–50
150 μ	0–10	0–10	0–10	0–15

नोट—600 μ की सीव हेतु ओवरलैपिंग नहीं है अत: जोन निर्धारण हेतु इसका प्रयोग करना उचित रहता है।

उपरोक्त सारणी द्वारा महीन मिलावे की ग्रेडिंग की तुलना करने पर यह Zone III की बालू के समकक्ष पाया गया। अत: बालू Zone III की है।

मोटे मिलावे में प्रयुक्त 20 mm तथा 10 mm के मिलावे की % मात्रा का निर्धारण

तालिका 5.18

I.S. Sieve	I.S.-383 1970 के अनुसार 20 mm श्रेणीकृत मिलावे हेतु ग्रेडिंग	20 mm size 60%	10 mm size 40%	Combined 100%
20 mm	95–100	95 × 0·6 = 57	100 × 0·40 = 40	97
10 mm	25–55	—	85 × 0·4 = 34	34
4·75 mm	0–10	—	9 × 0·4 = 3·6	3·6
2·36 mm	—	—	×	×

20 mm मिलावे को 60% तथा 10 mm मिलावे को 40% प्रयोग करने पर जो संयुक्त मिलावे की ग्रेडिंग प्राप्त होती है वह I.S.-383 के अनुसार सही है।

अत: कुल मोटे मिलावे में 20 mm मिलावे की मात्रा = 60%

कुल मोटे मिलावे में 10 mm मिलावे की मात्रा = 40%

अभिकल्पन—

(i) (TMS) टारगेट मीन स्ट्रैन्थ F_t का निर्धारण

$$F_t = F_{ck} + KS$$

तालिका 5.19 : IS 10262-1982 के अनुसार

Acceptable proportions of low results	K
1 in 5	0·84
1 in 20	1·65
1 in 100	2·33

I.S. 456-2000 के अनुसार 1 in 20 को आधार मानकर $K = 1·65$ लेने हेतु स्वीकार किया गया है।

$F_{ck} = 25\ N/mm^2$ (given)

S = मानक विचलन (सारणी 5.4)

M_{25} हेतु $S = 4\ N/mm^2$

परन्तु मध्यम गुणवत्ता नियन्त्रण हेतु इसका मान $1\ N/mm^2$ बढ़ाया जा सकता है।

अत: $S = 4 + 1 = 5\ N/mm^2$

अत: $F_t = 25 + 1·65 \times 5$

$= 33·25\ N/mm^2$

(ii) जल-सीमेन्ट अनुपात का चयन—तालिका 5.6 (a) के अनुसार

अधिकतम जल सीमेन्ट अनुपात = 0·50

चित्र A द्वारा जी सीमेन्ट अनुपात = 0·43

अनुभव के आधार पर 0·45 लेने पर

$0{\cdot}45 < 0{\cdot}50$ O.K.

(iii) जल की मात्रा का चयन—तालिका 5.10 के अनुसार

अधिकतम जल की मात्रा = 186 kg (for 25 mm to 50 mm slump)

100 mm slump हेतु जल की मात्रा

$$= 186 + \frac{3\times 2}{100}\times 186$$

$$= 197 \text{ लीटर}$$

$$= 197 \text{ kg}$$

कोई सम्मिश्रक प्रयोग नहीं किये गये हैं अत: जल की मात्रा को और घटाने की आवश्यकता नहीं है।

सीमेन्ट की मात्रा का चयन—

जल सीमेन्ट अनुपात = 0·45

$$\text{सीमेन्ट की मात्रा} = \frac{197}{0{\cdot}45}$$

$$= 437 \text{ kg/m}^3$$

यह न्यूनतम मात्रा 300 kg / m^3 से अधिक है।

अत: 437 kg/m^3 उपयुक्त है।

मोटे मिलावे एवं महीन मिलावे की मात्रा ज्ञात करना—Table 5.11 के अनुसार 0.5 जल सीमेन्ट अनुपात हेतु मोटे मिलावे का Zone III के sand हेतु अनुपात = 0·64

अत: 0·45 जल सीमेन्ट अनुपात हेतु मोटे मिलावे का अनुपात = 0·64 + 0·01 = 0·65

मोटे मिलावे का अनुपात = 0·65

महीन मिलावे का अनुपात = 1 − 0·65 = 0·35

मिक्स की गणना—

(a) कंक्रीट का आयतन = 1 m^3

(b) $$\text{सीमेन्ट का आयतन} = \frac{\text{Mass of Cement}}{\text{Sp. Gravity of Cement}}\times\frac{1}{1000}$$

$$= \frac{437}{3{\cdot}15}\times\frac{1}{1000}$$

$$= 0{\cdot}138$$

(c) $$\text{जल का आयतन} = \frac{\text{Mass of Water}}{\text{Sp. Gravity of Cement}}\times\frac{1}{1000}$$

$$= \frac{437}{3{\cdot}14}\times\frac{1}{1000}$$

$$= 0{\cdot}197 \text{ m}^3$$

(d) रसायनिक सम्मिश्रकों का आयतन = 0

(e) सभी मिलावों का आयतन $= [a-(b+c+d)]$

$$= 1-(0{\cdot}138+0{\cdot}197+0)$$

$$= 0{\cdot}665$$

(f) मोटे मिलावे का भार = $e\times$ Volume of coarse Agg. × Sp. gravity of coarse agg. × 1000

$$= 0{\cdot}665\times 0{\cdot}65\times 2{\cdot}65\times 1000$$

$$= 1145 \text{ kg}$$

(g) महीन मिलावे का भार = $e\times$ Volume of fine Agg. × sp. gravity of fine agg. × 1000

$$= 0{\cdot}665\times 0{\cdot}35\times 2{\cdot}6\times 1000$$

$$= 605 \text{ kg}$$

Trial I हेतु मिक्स

Cement — 437 kg/m^3

Water = 197 kg/m^3

Fine Agg. = 605 kg/m^2

Coarse Aggregate = 1145 kg Total

20 mm size = 687 kg (60%)

10 mm size = 458 kg (40%)

Chemical Admixture = 0 kg

Water Cement ratio = 0·45

प्रति बोरा सीमेन्ट के अनुसार मात्रा

सीमेन्ट = 50 kg

महीन मिलावा = 69 kg

मोटा मिलावा = 131 kg

अनुपात (1 : 1·38 : 2·62)

जल की मात्रा में संशोधन—

मुक्त नमी हेतु जल की मात्रा = 22·5 लीटर (0·45 × 50)

मुक्त नमी महीन मिलावा = 2%

$$\text{संशोधन} = 69\times\frac{2}{100} = 1{\cdot}38 \text{ litre } (-)$$

मुक्त नमी मोटा मिलावा = 1%

$$\text{संशोधन} = 1\times\frac{131}{100} = 1{\cdot}31 \text{ litre } (-)$$

जल अवशोषण हेतु महीन मिलावा = 1%

$$\text{संशोधन} = \frac{1}{100}\times 69 = 0{\cdot}69 \text{ litre } (+)$$

मोटा मिलावा = 0·5%

$$\text{संशोधन} = \frac{0{\cdot}5}{100}\times 131 = 0{\cdot}65 \text{ litre } (+)$$

कुल संशोधन = − 1·38 − 1·31 + 0·69 + 0·65 = (−) 1·35 litre

अत: जल की मात्रा = 22·5 − 1·35

= 21·15 litre

रेत की मात्रा में संशोधन—बालू में 2% मुक्त जलांश है

अत: बालू की मात्रा में संशोधन $= \frac{69 \times 2}{100} = (+)1{\cdot}38\,kg$

अत: बालू की मात्रा $= 69 + 1{\cdot}38$

$= 70{\cdot}38\,kg$

अत: संशोधनों के उपरान्त मिक्स का प्रति सीमेन्ट की प्रति बोरी अनुपात

सीमेन्ट = 1 Bag (50 kg)

जल = 21·15 litre

रेत = 70·38 kg

मोटा मिलावा = 313 kg

20 mm size = 78·6 mm

10 mm size = 52·4 kg

5.11 स्थल पर ट्रायल मिक्स की जांच करना

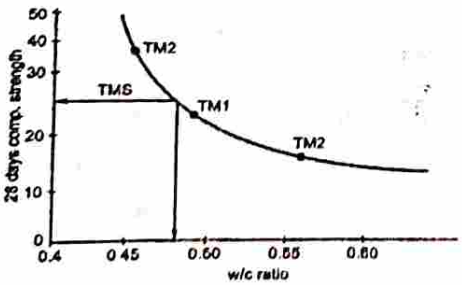
उपरोक्त विधि द्वारा मिक्स तैयार किया जाता है तथा सुकार्यता ज्ञात की जाती है। यदि सुकार्यता का मान आवश्यकतानुसार आता है तो किसी प्रकार के संशोधन की आवश्यकता नहीं पड़ती और कंक्रीट निर्धारण अन्तिम होता है।

यदि सुकार्यता का मान आवश्यकतानुसार नहीं प्राप्त होता तो संशोधन करने पड़ सकते हैं। इस हेतु उपरोक्त मिक्स को हम ट्रायल मिक्स TM-0 कहेंगे। इसके बाद एक नयी मिक्स TM-1 बनायेंगे जिसमें सीमेन्ट तथा जल की मात्रा भिन्न लेंगे। परन्तु जल-सीमेन्ट अनुपात नहीं बदलेंगे। अब TM-2 तथा TM-3 मिक्स जल की मात्रा समान रखते हुए परन्तु जल सीमेन्ट अनुपात में ±10% का अन्तर करते हुए तैयार करेंगे; जैसे—

तालिका 5.20

	जल kg	सीमेन्ट kg	w/c अनुपात	महीन मिलावा	मोटा मिलावा
TM-0	W	C	0·43	FA	CA
TM-1	W_1	C_1	0·43	FA_1	CA_1
TM-2	W_1	C_2	0·9 × 0·43	FA_2	CA_2
TM-3	W_1	C_3	1·1 × 0·43	FA_3	CA_3

अब TM-1, TM-2, TM-3 मिक्स के घन बनाये जायेंगे तथा 28 दिन बाद परीक्षण करके निम्नानुसार वक्र खींचे जायेंगे—



अब उक्त वक्र के पूर्व में निर्धारित TM3 के अनुसार जल-सीमेन्ट अनुपात का मान ज्ञात करेंगे तथा उस जल-सीमेंट अनुपात का मान ज्ञात करेंगे तथा उस जल-सीमेंट अनुपात से गणना करते हुए जो मिक्स तैयार होगा वह सुकार्यता एवं सामर्थ्य की सभी आवश्यकताओं को पूरा करेगा। इस प्रकार से मिक्स डिजाइन पूर्ण होगी।

Example 2 : Design a Mix proportion of M35 Grade of Concrete.

A-1 Design Stipulations :

(a) Grade Designations	:	M40
(b) Type of Cement	:	OPC 43 grade conforming to IS 8112
(c) Mix nominal size of aggregate :	:	20 mm
(d) Minimum Cement Content	:	300 kg/m^3
(e) Maximum Water-cement ratio	:	0.45
(f) Workability	:	75 mm (slump)
(g) Exposure conditions	:	Severe (for reinforced concrete)
(h) Method of concrete placing	:	Pumping
(i) Degree of supervision	:	Good
(j) Type of aggregate	:	Gravel
(k) Maximum cement content	:	450 kg/m^3
(l) Chemical admixture type	:	Super Plasticizer

A-2 Test Data for Materials :

(a) Cement used	:	OPC 43 grade 34 grade conforming of to IS 8112
(b) Specific gravity of cement	:	3.15
(c) Chemical Admixture	:	Superplasticizer conforming to IS 9103
(d) Specific gravity of		
(i) Coarse aggregate	:	2.74
(ii) Fine aggregate	:	2.74
(e) Water absorption :		
(i) Coarse Aggregate	:	0.5%
(ii) Fine aggregate	:	1.0%
(f) Free (Surface moisture)		
(i) Coarse Aggregate	:	Nil (absorbed also Nil)
(ii) Fine Aggregate	:	Nil
(g) Sieve Analysis :		

Coarse Aggregate

IS Sieve	20 mm Sample I % Passing	10 mm Sample II % Passing
20	100	100
10	0	71.20
4.75	0	9.4
2.36	0	0

Taking 60% of I and 40% of II fractions

IS Sieve	Passing		
	I Sample 60%	II Sample 40%	Combined
20	60	40	100%
10	0	28.5	28.5%
4.75	0	3.7	3.7%
2.36	0		

It conforms to Table 2 of IS 383

Fine Aggregate

IS Sieve	% Passing
10 mm	100
4.75 mm	100
2.36 mm	65
1.18 mm	45
600 μ	20
300 μ	10
150 μ	2

It conforms to Grading Zone I of Table - 5.17

A-3 Target Strength for Mix Proportioning :

$$F_t = F_{ck} + KS$$

$F_{ck} = 35$

Standard derivations $S = 5\text{N/mm}$ (from table 5.4)

$K = 1{\cdot}65$

$F_t = 35 + 1{\cdot}65 \times 5$

$= 43{\cdot}25\ \text{N/mm}^2$

A-4 Selection of Water Cement Ratio : Fromn Table 5.6 (a)

Maximum water-cement ratio $= 0{\cdot}45$

From experience take water cement ratio $= 0{\cdot}43 < 0{\cdot}45$ o.k.

A-5 Selection of Water Content : From Table 5.10 maximum water content = 186 litre (for slump 25– to 50 mm)

Given slump $= 75\text{mm}$

Estimated water for 75 mm slump will be 3% more

Estimated water for 75 mm slump $= 186 + \frac{3}{100} \times 186$

$= 191{\cdot}58$ litre or kg

For Gravel, water quantity may be reduced upto 20 kg

So water estimate $= 191{\cdot}58 - 20 = 171{\cdot}58$

$= 171{\cdot}58\text{kg} = 171{\cdot}58$ litre

Reduce water quantity 20% for superplasticizers

Now water required $= 171{\cdot}58 \times 0{\cdot}8$

$= 137{\cdot}264$ litre

A-6 Calculation of Cement Content :

Water cement ratio $= 0{\cdot}43$

Cement Content $= \frac{137{\cdot}264}{0{\cdot}43}$

$\simeq 320\ \text{kg/m}^3$

for severs exposure, min. cement content $= 320\ \text{kg/m}^3$

A-7 Proportion of Volume of Coarse aggregate and fine aggregoate content :

From Table 5.11 : Volume of coarse aggregate corresponding to 20 mm size aggregate and fine aggregate (Zone I) for water cement ratio $0{\cdot}5 = 0{\cdot}60$

Present water cement ratio $= 0{\cdot}43$

Hence volume of coarse aggregate is required to be increased

$$= 0{\cdot}60 + \frac{0{\cdot}07}{0{\cdot}05} \times 0{\cdot}01 = 0{\cdot}614$$

(increase/decrease rate $-/+\ 0{\cdot}01$ for every $\pm\ 0{\cdot}5$ change in water cement ratio)

For pumpable concrete these values should be reduced by 10%

Therefore final volume of coarse aggregate $= 0{\cdot}614 \times 0{\cdot}9 = 0{\cdot}55$

Volume of fine aggregate $= 1 - 0{\cdot}55$

$= 0{\cdot}45$

A-8 Mix Calculations :

(a) Volume of concrete $= 1\text{m}^3$

(b) Volume of cement $= \frac{\text{Mass of cement}}{\text{Sp. Gravity of cement}} \times \frac{1}{100}$

$= \frac{320}{3{\cdot}15} \times \frac{1}{1000}$

$= 0{\cdot}101\text{m}^3$

(c) Volume of water $= \frac{\text{Mass of water}}{\text{Sp. Gravityof water}} \times \frac{1}{1000}$

$= \frac{137{\cdot}264}{1} \times \frac{1}{1000}$

$= 0{\cdot}137\text{m}^3$

(d) Volume of chemical admixture (superplasticizer) @ 2% of mass of cementitious material

$= \frac{\text{Mass of chemical admixture}}{\text{Sp. Gravity of chemical admixture}} \times \frac{1}{1000}$

$= \frac{6{\cdot}4}{1{\cdot}145} \times \frac{1}{1000}$

$= 0{\cdot}0056\text{m}^3$

(e) Volume of all in aggregate $= [a-(b+c+d)]$
$= 1-(0.101+0.137+0.0056)$
$= 0.7564\ m^3$

(f) Mass of coarse aggregate $= e \times$ Volume of C.A. $\times$ Sp. gravity C.A. $\times 1000$
$= 0.7564 \times 0.55 \times 2.74 \times 1000$
$= 1139.89 = 1140\ kg$

(g) Mass of fine Aggregate $= e \times$ Volume of F.A. $\times$ sp. Gravity F.A. $\times 1000$
$= 0.7564 \times 0.45 \times 2.74 \times 1000$
$= 932.6 \simeq 933\ kg$

A-9 Mix Proportions for Trial Number I :

Cement $= 320\ kg/m^3$
Water $= 137.264\ kg/m^3$
Fine Aggregate $= 933\ kg/m^3$
Coarse Aggregate $= 1140\ kg/m^3$
20 mm size $= 684\ kg/m^3$
10 mm size $= 456\ kg/m^3$
Chemical Admixture $= 6.4\ kg/m^3$
Water Cement ratio $= 0.43$

Quantities Per Bag of Cement

Water		Cement		Fine Aggregate		Coarse Aggregate
137.264		320 kg/m³		933 kg		1140 kg/m³
0.43	:	1	:	2.91	:	3.56

Quantity Per Bag of Cement :

Cement $= 50\ kg$ (1 Bag)
Fire Aggregate $= 145.5\ kg$
Coarse Aggreage $= 178\ kg$
Chemical $= 1\ kg$
Water $= 21.5$ litre

Correction for Water Absorption

Fine Aggregate $= 1.0\%$

Correction $= 178 \times \frac{1}{100} = 1.78$ litre (+)

Coarse Aggregate $= 178 \times \frac{0.5}{100} = 0.89$ litre (+)

Correction for Surface Moisture : Nil

Total water correction $= +1.78+0.89 = 2.67$ litre (+)
Correction water requirement $= 21.5+2.67$
$= 24.17$ litre/bag

Mix Proportion after Corrections
Per Bag of Cement :

Cement $= 50\ kg$ (1Bag)
Fine Aggregate $= 145.5\ kg$
Coarse Aggregate $= 178\ kg$ — 20 mm size $= 106.8\ kg$; 10 mm size $= 71.2\ kg$
Chemical (Superplasticizer) $= 1\ kg$
Water $= 24.17$ litre (after correction)

After making trial mix measure slum. If not satisfactory make some adjustments. Make two more trial mix for ± 10% water-cement ratio.

कोड IS – 10262 – 2009 (Code for Controlled Mix Design) का परिचय

यह मानक, कंक्रीट के मिक्स के सही अनुपातन हेतु मार्गदर्शन प्रदान करता है। इस हेतु यह मिलावे, अन्य सम्मिश्रकों, सीमेन्ट इत्यादि सभी की आवश्यकताओं को भी संज्ञान में लेता है। यह मानक, कंक्रीट के आवश्यक गुण (workability, age, durability) प्राप्त करने हेतु मिक्स को निर्धारित करने हेतु निर्देश देता है।

यह मानक केवल कंक्रीट के standard grades पर ही लागू होता है। I.S.-456 की सभी आवश्यकतायें इस मानक में भी पूर्ण की जाती हैं। IS-456 इस मानक हेतु निम्न BIS मानकों के नवीनतम संस्करण का संदर्भ लिया गया है—

IS 383 : 1970	—	Specification of coarse and fine aggregate from natural sources for concrete (second revision)
IS 456 : 2000	—	Code of practice for plain and reinforced concrete (fourth revision)
IS 2386 (Part 3) : 1963	—	Methods of tests for aggregates for concrete : Part 3 specific gragvity, density, voids, absorption and bulking.
IS 3812 (Part I) : 2003	—	Specification for pulverized fuel ash : Part 1 for use as pozzolana in cement, cement mortar and concrete (Second revision)
IS 3112 : 1989	—	Specification for 43 grade ordinary portland cement (first rivision)
IS 9103 : 1999	—	Specification for admixtures for concrete (first revision)

IS 10262 : 2009 के अनुसार calculated mix proportions को trial baches के द्वारा किया Check जाता है। इस मानक के अनुसार "Workability of the trial Mix No. 1 shall be measured. The mix shall be carefully observed for freedom from segregation and bleeding and its finishing properties. If the measured workability of Trial Mix No. 1 is different from stipulated value, the water and or admixture cement shall be adjusted suitably. With this adjustment, the mix calculation shall be recalculated keeping the free water-cement ratio at the pre selected value, which will comprise Trial mix No. 2. In addition two more Trial mixes No. 3 and 4 shall be made with the water content same as trial mix No. 2 and varying the free water-cement ratio by ± 10% of the preselected value. Mix no. 2 to 4 normally provides sufficient information,including the relationship between compressive strength and water cement ratio from which the mix proportion for field trials may be arrived at. The concrete for field trials shall be produced by methods of actual concrete production."

प्रश्नावली

1. कंक्रीट मिक्स क्या है, समझाइये।
2. कंक्रीट मिक्स निर्धारण के क्या उद्देश्य है?
3. नियंत्रित कंक्रीट तथा साधारण कंक्रीट की तुलना करें।
4. नियंत्रित कंक्रीट एवं साधारण कंक्रीट में कंक्रीट के कौन-कौन से ग्रेड होते हैं?
5. निम्न को समझाइये—
   (i) डिजाइन मिक्स कंक्रीट
   (ii) नामन कंक्रीट
6. मिक्स अभिकल्पन की विधियों के नाम लिखें।
7. कंक्रीट मिक्स अभिकल्पन हेतु भारतीय मानकों के अनुसार विधि का वर्णन करें।
8. कंक्रीट मिक्स में निम्न का क्या प्रभाव पड़ता है—
   (i) सतही जलांश (iii) सतही अवशोषण?
   (ii) बालू का स्थूलीकरण?
9. M-20 कंक्रीट मिक्स का अभिकल्पन करें। बालू जोन II तथा सुकार्यता 100 mm स्लम्प मान लें। अन्य सभी आंकड़ें दाहरण के अनुसार ले लें।

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. **कंक्रीट की ग्रेड तैयार [निर्धारित] की जाती है, उसकी–**
   (a) सम्पीडन सामर्थ्य से (b) तनन सामर्थ्य हो
   (c) अभिलाक्षिणक सामर्थ्य से (d) उपरोक्त सभी से
2. **प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में से कम ग्रेड की कंक्रीट प्रयोग नहीं की जा सकती–**
   (a) M_{20} (b) M_{25} (c) M_{15} (d) M_{30}
3. **नामन मिक्स कंक्रीट अनुपात का प्रयोग–से नीचे की कंक्रीट में किया जाता है–**
   (a) M_{15} (b) M_{20} (c) M_{25} (d) M_{30}
4. **M_{20} ग्रेड की कंक्रीट के लिए सीमेन्ट : महीन मिलावा : मोटा मिलावा का अनुपात–**
   (a) 1 : 2 : 4 (b) 1 : 3 : 6 (c) 1 : $1\frac{1}{2}$: 3 (d) 1 : 4 : 8
5. **M_{20} ग्रेड के लिए सीमेन्ट महीन मिलावा व मोटे मिलावे का अनुपात–**
   (a) 1 : 2 : 4 (b) 1 : 3 : 6 (c) 1 : $1\frac{1}{2}$: 3 (d) 1 : 4 : 8
6. **नियन्त्रित कंक्रीट कहते हैं–**
   (a) नामन मिक्स कंक्रीट को (b) डिजाइन मिक्स कंक्रीट को
   (c) उपर्युक्त दोनों को (d) उपरोक्त से कोई नहीं
7. **स्वैच्छिक आयतन विधि में महीन मिलावा एवं मोटे मिलावे का अनुपात होता है–**
   (a) 1 : 2 (b) 1 : $1\frac{1}{2}$ – 1 : 2 (c) 1 : $1\frac{1}{2}$ – 1 : $2\frac{1}{2}$ (d) 2 : 4 – 3 : 4
8. **न्यूनतम रिक्तता अनुपात विधि का सुधरा हुआ रूप है–**
   (a) ट्रायल एवं समायोजन विधि (b) सूक्ष्मता मापांक विधि
   (c) अधिकतम घनत्व विधि (d) स्वैच्छिक आयतन विधि

9. **महीन मिलावे का सूक्ष्मता का मापांक होता है–**
   (a) 2 – 3.5 (b) 6 – 6.9 (c) 6.9 – 7.5 (d) 7.5 – 8.00
10. **कंक्रीट मिक्स में लिया जाने वाला बालू अगर फूला हुआ है तो उसकी वास्तविक मात्रा कंक्रीट में–**
    (a) बढ़ जाएगी (b) घट जाएगी
    (c) कोई असर नहीं पड़ेगा (d) उपरोक्त से कोई नहीं
11. **संदलित बालू व बजरी अपने भार का कितने प्रतिशत जल अवशोषित करता है?**
    (a) 1.5 (b) 2.0 (c) 7.0 (d) 1.0
12. **ग्रेनाइट अपने भार का कितने प्रतिशत जल अवशोषित करता है?**
    (a) 1 (b) 2.5 (c) 1.5 (d) 2
13. **सुकार्यता कंक्रीट का वह गुण है–**
    (a) जिसमें कंक्रीट को मिलाने, बिछाने, कुटाई करने में कोई कठिनाई नहीं होती है
    (b) जो जल सीमेन्ट अपुपात अधिक होने पर अधिक होती है
    (c) (i) और (ii)
    (d) उपरोक्त में से कोई नहीं
14. **पृथक्करण में–**
    (a) कंक्रीट के अवयव पृथक् हो जाते हैं
    (b) कंक्रीट में जो पृथक् हो जाता है
    (c) कंक्रीट में रिक्तियाँ बढ़ जाती है तथा सामर्थ्य प्रभावित होती है
    (d) उपरोक्त सभी
15. **पृथक्करण होता है–**
    (a) रूक्ष मिलावे की मात्रा अधिक होने से
    (b) वाइब्रेटर को अधिक समय तक प्रयोग करने से
    (c) आवश्यकता से अधिक पानी की मात्रा से
    (d) उपरोक्त सभी
16. **निःस्त्रवण के कारण–**
    (a) कंक्रीट की अपारगम्यता घट जाती है (b) कंक्रीट की अपारगम्यता बढ़ जाती है
    (c) कंक्रीट की सामर्थ्य बढ़ जाती है (d) उपरोक्त में से कोई नहीं
17. **कंक्रीट पूर्ण सामर्थ्य ग्रहण करती है–**
    (a) 7 दिन (b) 21 दिन (c) 28 दिन (d) 14 दिन
18. **यदि M – 80 ग्रेड की कंक्रीट है तो उसकी अभिलाक्षणिक सामर्थ्य (Characteristic strength) होगी–**
    (a) 20 N/mm^2 (b) 30 N/mm^2 (c) 80 N/mm^2 (d) 40 N/mm^2
19. **कंक्रीट में प्रबलन छड़ों को प्रयोग किया जाता है–**
    (a) सम्पीडन सामर्थ्य बढ़ाने के लिए (b) तनन सामर्थ्य बढ़ाने के लिए
    (c) अभिलाक्षणिक सामर्थ्य बढ़ाने के लिए (d) उपरोक्त सभी
20. **कंक्रीट में संकुचन का कारण है–**
    (a) अधिक जल सीमेन्ट अनुपात (b) असंतृप्त मिलावा
    (c) सीमेन्ट की अधिक मात्रा (d) उपरोक्त सभी

21. क्रीप है–
(a) मिलावे का कंक्रीट से पृथक् होना
(b) कंक्रीट से जल का पृथक् होना
(c) भार की लगातार उपस्थिति के कारण विकृति में कमी या बढ़ोतरी
(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

22. कंक्रीट में सम्मिश्रण का प्रयोग होता है–
(a) पृथक्करण व नि:स्रवण रोकने के लिए
(b) ऊष्मा नियन्त्रण हेतु
(c) कंक्रीट की अपारगम्यता बढ़ाने हेतु
(d) उपरोक्त सभी

उत्तरमाला

1.	(c)	2.	(c)	3.	(b)	4.	(a)	5.	(c)	6.	(b)	7.	(c)	8.	(c)	9.	(a)	10.	(b)
11.	(d)	12.	(c)	13.	(c)	14.	(d)	15.	(d)	16.	(a)	17.	(c)	18.	(c)	19.	(b)	20.	(d)
21.	(c)	22.	(d)																

CHAPTER 6

कंक्रीट की गुणवत्ता में सुधार हेतु मिलाये जाने वाले सम्मिश्रकों (रासायनिक तथा खनिज) का परिचय

[Introduction to Admixtures (Chemical and Minerals) for Improving Performance of Concrete]

कंक्रीट बनाने के लिये मिलावा, सीमेन्ट व जल की आवश्यकता होती है। परन्तु कंक्रीट के गुणों में सुधार लाने के लिये सम्मिश्रणों के मिलाने की आवश्यकता प्रतीत होती है। सम्मिश्रण कंक्रीट के गुणों को विकसित करने हेतु डाले जाते हैं। उत्तम गुण वाली कंक्रीट को सम्मिश्रकों की आवश्यकता होती ही नहीं है। सम्मिश्रक मुख्यत: दो प्रकार के होते हैं—

—रसायनिक (Chemicals)

—खनिज (Minerals)

रासायनिक समिश्रण कंक्रीट को कठोर, टिकाऊ, जलरोधी बनाने में सहायक होते हैं। ये जब कंक्रीट में मिलाये जाते हैं तो ये कंक्रीट में पूरी तरह समाहित होकर उसकी गुणवत्ता को सुधार देते हैं। कुछ रासायनिक सम्मिश्रक कंक्रीट की सतह पर लगाये जाते हैं जिससे सतह को setting के समय सुरक्षित रखा जा सके। कुछ का प्रयोग कंक्रीट में टूट-फूट के सुधार हेतु भी होता है।

खनिजों (Minerals) को भी सम्मिश्रणों की तरह प्रयोग किया जाता है। ये काफी महीन silicious materials होते हैं। ये कंक्रीट के टिकाउपन (durability) को improve करने के लिए मिलाये जाते हैं। इन्हें pozzolanic या cementitious पदार्थ भी कहते हैं। जैसे flyash, Blast furnace slag इत्यादि।

मुख्यत: सम्मिश्रणो को प्रयोग करने के निम्न उद्देश्य हैं—

(1) सुकार्यता सुधारने हेतु
(2) सेटिंग टाईम नियन्त्रित करने हेतु
(3) पृथक्करण एवं नि:स्रवण रोकने हेतु
(4) कंक्रीट को शीघ्र कठोर करने हेतु
(5) तराई का स्तर सुधारने हेतु
(6) ऊष्मा नियन्त्रण हेतु
(7) संकुचन कम करने हेतु

(8) हिमीकरण से बचाने हेतु
(9) अपारगम्यता बढ़ाने हेतु
(10) हल्के भार वाली तथा छिद्रित कंक्रीट के उत्पादन हेतु
(11) कंक्रीट की सतह दृढ़ बनाने हेतु
(12) कंक्रीट का अभिलाग (Bond) बढ़ाने हेतु

कंक्रीट में प्रयोग होने वाले सम्मिश्रणों को निम्न प्रकार से वर्गीकृत किया जा सकता है—

(a) साधारण प्रयोग हेतु सम्मिश्रण—
(i) त्वरक
(ii) मंदन
(iii) वायुग्राही एजैन्ट
(iv) जल की आवश्यकता कम करने हेतु समिश्रण

(b) विशेष प्रयोग हेतु सम्मिश्रण—
(i) ग्राउटिंग सम्मिश्रण
(ii) वायु कम करने हेतु समिश्रण
(iii) गैस बनाने हेतु सम्मिश्रण
(iv) संकुचन कम करने हेतु सम्मिश्रण
(v) जलरोधी सम्मिश्रण
(vi) बौन्डिंग सम्मिश्रण
(vii) कंक्रीट की सतह को कठोर करने हेतु सम्मिश्रण
(viii) रंग हेतु सम्मिश्रण
(ix) फफूंदनाशी सम्मिश्रण

(i) त्वरक (Accelerator)—कंक्रीट के प्रारम्भिक जमाने की क्रिया को बढ़ाने वाले सम्मिश्रण त्वरक (Accelerator) कहलाते हैं। इनके प्रयोग करने का मुख्य उद्देश्य निम्न हैं—

1. कंक्रीट की जलयोजन क्रिया की दर बढ़ाने के लिये जिससे सीमित अवधि में कंक्रीट आवश्यक सामर्थ्य प्राप्त कर ले।
2. कंक्रीट शीघ्र ही सैट होकर तुषार इत्यादि के कुप्रभाव से बच सके।
3. फर्माबन्दी शीघ्र ही हटाई जा सके।
4. तराई की अवधि घटाने के लिये, ताकि कंक्रीट का तराई व्यय कम हो सके।
5. समयबद्ध निर्माण की प्रगति तेज करने हेतु।
6. यातायात इत्यादि को शीघ्र प्रारम्भ करने हेतु।
7. जलीय संरचनाओं में रिपेयर के समय शीघ्र ही कंक्रीट को कठोर करने हेतु।

त्वरक का मुख्य कार्य मुख्य रूप से सीमेन्ट के यौगिक ट्राई कैल्शियम सिलिकेट का जल में घुलने की क्रिया को तीव्र करना है। जिसमें जलयोजन की क्रिया तीव्र हो सके।

त्वरक के रूप में मुख्यत: कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$), घुलनशील कार्बोनेट तथा सिलिकेट का प्रयोग किया जाता है। NaCl, Na_2SO_4, NaOH, Na_2CO_3, K_2SO_4 तथा KOH इत्यादि भी कभी-कभी प्रयोग किये जाते हैं। ऐसे त्वरक जिनमें फ्लूरो-सिलिकेट और ट्राईथैलोमाइन (Fluro-silicate and triethylamine) होता है, कंक्रीट का जमाव काल 10 मिनट से भी कम कर देते हैं। भारतीय मानकों के अनुसार कैल्शियम क्लोराइड की 2% मात्रा ही पर्याप्त है। यह सीमेन्ट के जमाव काल को

लगभग $\frac{1}{3}$ कर देता है। परन्तु इसकी 4% से अधिक मात्रा हानिकारक होती है। इसका प्रयोग कंक्रीट को अपघर्षणरोधी भी बनाता है परन्तु इसके प्रयोग से ऊष्मा निकासी बढ़ जाती है तथा संकुचन भी बढ़ जाता है।

(ii) मन्दक (Retarders)—मन्दक का मुख्य कार्य कंक्रीट के प्रारम्भिक जलयोजन की दर को धीमा करना है इनके प्रयोग से कंक्रीट के सैट होने में देर लगती है जिससे यह लम्बे समय तक सुघट्य बनी रहती है। ये त्वरक के विपरीत क्रिया करते हैं। गर्म मौसम में कंक्रीट के जमने की दर सुस्त करने की आवश्यकता पड़ती है जिससे ऊष्मा निकासी घटाकर संकुचन पर नियन्त्रण रखा जा सके। इस कार्य के लिये मन्दन प्रयोग किये जाते हैं। इनका प्रयोग तेल के कुओं में ग्राउटिंग के लिये भी होता है।

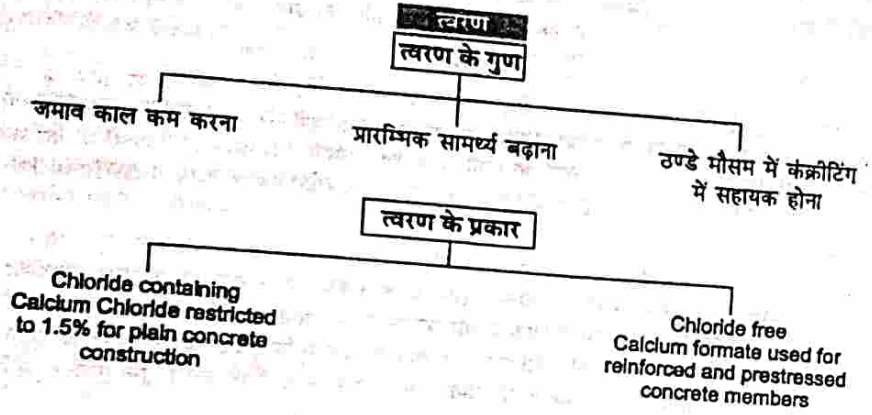
जलयोजन की क्रिया यदि तीव्र हो तो जल की उस मात्रा को भी प्रयोग कर लेता है जो सुकार्यता हेतु आवश्यक थी। अत: सुकार्यता को बनाये रखने हेतु अधिक पानी की आवश्यकता पड़ती है जो कंक्रीट की सामर्थ्य कम करता है। अत: यदि मंदन का प्रयोग किया जाये तो जलयोजन की क्रिया सुस्त हो जाती है और कंक्रीट सुघट्य बनी रहती है। मन्दक सीमेन्ट के कणों के ऊपर महीन परत बना लेते हैं जिससे उनकी जलयोजन क्रिया धीमी पड़ जाती है। बाद में सिलिकेट तथा ऐलुमिनेट के हाइड्रेट बनने पर मन्दक का प्रभाव नष्ट हो जाता है और जलयोजक क्रिया सामान्य हो जाती हैं। मन्दकों का प्रयोग निम्न स्थितियों में किया जाता है—

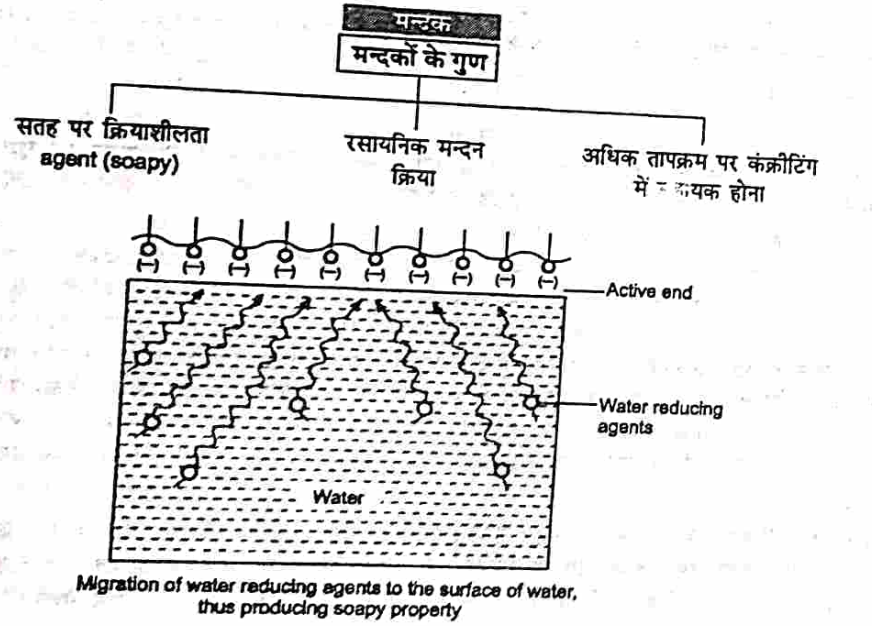
(i) लम्बी सुरंगों, ऊँची चिमनियों, गहरे तेल के कुँओं, ऊँचे जलाश्यों में जहाँ कंक्रीट पहुँचाने में अधिक समय लगता है।
(ii) गर्म क्षेत्रों में।

मन्दक के रूप में प्रयोग होने वाला प्रमुख पदार्थ जिप्सम (Gypsum) या कैल्शियम सल्फेट है। यह 2-3 मात्रा में सीमेन्ट की पिसाई के समय ही मिला दिया जाता है। चीनी (0·2%), स्टार्च, सोडियम बाईकार्बोनेट, अमोनियम क्लोराइड, कैल्शियम लिग्नो सल्फेट इत्यादि भी मन्दक के रूप में प्रयोग किये जा सकते हैं।

(iii) वायुग्राही एजेन्ट—कंक्रीट में वायुग्राही एजेन्ट मिलाने पर इसमें असंख्य कंक्रीट की सुकार्यता सुधारते हैं। ये बौल बियरिंग की तरह कार्य करते हैं जिससे कंक्रीट का स्नेहन हो जाता है। ये कंक्रीट की प्रतिरोधकता हिमीकरण (Freezing) व हिमद्रवण (Thawing) के प्रति भी बढ़ाते हैं। इन बुलबुलों का व्यास 0·05 mm से भी कम होता है तथा वायुग्राही यौगिकों द्वारा कंक्रीट में उत्पन्न कर दिया जाता है। वायुग्राही एजेन्ट कंक्रीट की सुकार्यता तो बढ़ाते ही हैं तथा इसके अन्य अवगुणों; जैसे पृथक्करण, नि:स्रवण भी कम करते हैं। इनका प्रयोग कंक्रीट में वायु रन्ध्र उत्पन्न करना है जिससे कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती हैं परन्तु इनका प्रयोग जल-सीमेन्ट अनुपात तथा बालू की मात्रा को कम रखने में सहायत होता है जिससे कम हुई सामर्थ्य की पूर्ति की जा सकती। विसनौल रेजिंग, प्राकृतिक रेजिन, चरबी (Tallows), साबुन तेल इत्यादि वायुग्राही एजेन्ट के रूप में प्रयोग किये जा सकते हैं। ये बाजार में कई नामों से उपलब्ध है। इनकी मात्रा 0·005 से 1% सीमेन्ट के भार की मात्रा के बराबर की जा सकती है।

(iv) जल की आवश्यकता कम करने हेतु सम्मिश्रण—जब कंक्रीट में जल मिलाया जाता है तो कंक्रीट मिश्रण में सीमेन्ट फ्लाई ऐश, मार्बल डस्ट इत्यादि गुफ्फदार संरचना बना लेते हैं। जिससे पेस्ट की श्यानता बढ़ जाती है और यह अपने अन्दर कुछ जल का भाग समाहित कर लेते हैं। आवश्यक सुकार्यता प्राप्त करने के लिये अधिक जल मिलाना पड़ता है। इससे कंक्रीट के गुणों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। श्यानता को घटाने के लिये water reducing admixtures का प्रयोग किया जाता है। ये सम्मिश्रण गुफ्फेदार संरचना को तोड़कर सम्पूर्ण जल कंक्रीट को उपलब्ध कराते हैं। जिससे कंक्रीट कम जल पर भी सुकार्य बनी रहती हैं। इसके प्रयोग से कंक्रीट में सामर्थ्य, घनत्व, टिकाऊपन, आयतन स्थिरता, निघर्षण प्रतिरोध, अपारगमयता तथा दरारों के प्रति प्रतिरोध इत्यादि गुण बढ़ते हैं। कैल्शियम, मैग्नीशियम, सोडियम तथा अमोनियम के लवण, लिग्नोसल्फोनिक अम्ल, कार्बोहाइड्रेटस, सुपर प्लॉस्टीसाजर इत्यादि इस कार्य के लिये प्रयोग किये जाते हैं।





Migration of water reducing agents to the surface of water, thus producing soapy property

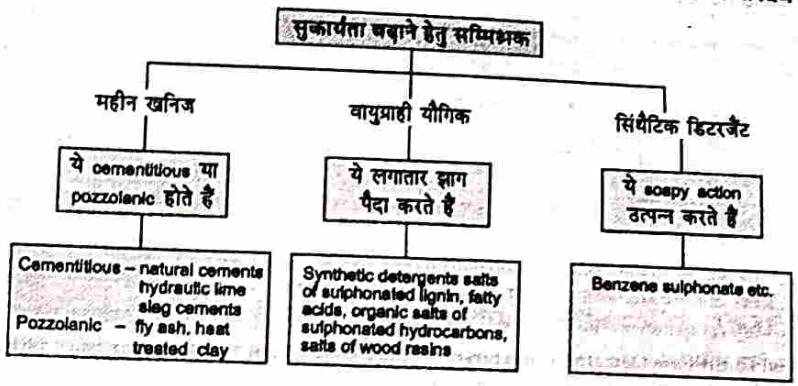
(vi) प्लास्टीसाइजर (Plasticizers)—प्लास्टीसाइजर एक ऐसा सम्मिश्रक है जो गीली कंक्रीट में जब मिलाया जाता है तो कंक्रीट की सुकार्यता बढ़ जाती है। ये तीन प्रकार के होते हैं—

—Finely Divided Minerals

—Air entraining agents

—Synthetic derivatives

इनके गुणों को अग्रानुसार प्रदर्शित किया जा सकता है



(vii) सुपरप्लास्टीसाइजरस (Superplasticizers)—सुपरप्लास्टीसाइजरस कंक्रीट की सुकार्यता को अत्यधिक बढ़ा देते हैं। इनके प्रयोग से जल सीमेन्ट अनुपात बढ़ाये बिना सुकार्यता बढायी जा सकती है। इनके प्रयोग से लागत में कमी आती है।

सुपरप्लास्टीसाइजर के अणु तथा सीमेन्ट के अणु विपरीत आवेशित होते हैं अत: एक-दूसरे को विकर्षित करते हैं। इससे सुकार्यता बढ़ जाती है।

(viii) जल रोधक (Water proofers)—कंक्रीट को जलरोधी बनाने के लिये कुछ रासायनिक अवयव मिलाये जाते हैं जिन्हें Water proofers कहते हैं। ये सीमेन्ट में मौजूद चूने (line) से क्रिया करते हैं तथा अकार्बनिक लवण (inorganic salts) बनाते हैं जो रन्ध्रों एवं कोशिकाओं (capillaries) को अवरुद्ध कर देते हैं जिससे कंक्रीट जलरोधी हो जाती है। ये पाउडर या liquid किसी भी रूप में प्रयोग किये जा सकते हैं। Alkaline silicates, silicates of soda, aluminium, zinc sulphates and chlorides of aluminium and calcium इस हेतु प्रयोग होते हैं। ये सभी पदार्थ कंक्रीट की setting को भी तीव्र कर देते हैं परन्तु स्टील के क्षय (Corrosion) का कारण भी बनते हैं। कुछ रासायनिक अक्रियाशील पदार्थ भी इस कार्य हेतु प्रयोग होते हैं जैसे बारीक पिसी चाक (Chalk), Fuller's earth, तथा टेल्क (talc)। ये सुकार्यता को भी बढ़ाते हैं तथा जलरोधकता को भी।

इसके अतिरिक्त Water repellent class के जलरोधक भी प्रयोग किये जाते हैं जैसे Calcium soaps, resins, (वनस्पति तेल) vegetable oils, fats, waxes (मोम), bitumen तथा coal tar।

(ix) विविध सम्मिश्रक (Miscellaneous Admixtures)—

(1) **Gas forming and Expansive Chemicals**—ये रासायनिक यौगिक light weight कंक्रीट बनाने के कार्य आते हैं। ये प्रयोग करने के बाद फूल (expansion) जाते हैं। इनका प्रयोग Anchor Bolts को grout करने के काम में आता है। ये सुकड़ते (shrink) नहीं हैं। इनमें hydrogen peroxide, metallic aluminium तथा activated कार्बन का प्रयोग होता है। कभी कभी bentonite clay तथा प्राकृतिक गोंद (Gum) भी प्रयोग कर जाते हैं।

(2) **क्षयरोधी रसायन** (Corrosion inhibiting chemicals)—ये रसायन स्टील के क्षय को रोकते हैं। यदि कंक्रीट क्षारीय है तो Corrosion कम होता है। Sodium benzoate, calcium lignosulphonate तथा sodium nitrate का प्रयोग अच्छे परिणाम देता है।

(3) **रंग (Pigments)**—

कंक्रीट में रंग देने के लिये निम्न रसायनों का प्रयोग होता है—

—Mineral black → black colour (काला)

—Ultramarine blue → blue colour (नीला)

—Brown iron oxide → brown (भूरा)

—Yellow iron oxide → Ivory (हल्का पीला)

—Red iron oxide → Red (लाल)

(4) फफूंद सम्मिश्रक (Antifungal admixtures)—कंक्रीट की सतह पर फफूंद (Fungi) इत्यादि की रोकथाम के लिये प्रयोग किये जाते हैं। Polyhalogenated phenol, dieldrin emulsion तथा copper compounds इस हेतु प्रयोग होते हैं।

(5) तराई हेतु कम्पाउडंस (Curing Compounds)—ये या तो wax based होते है या resin-based. जब इनको ताजी कंक्रीट ऊपर लेप कर दिया जाता है तो ये एक temporary film बना लेते हैं और जल के वाष्पन (evaporation) की दर को कम कर देते हैं। इससे तराई की मात्रा में कमी की जा सकती है।

(X) खनिज सम्मिश्रक (Mineral Admixtures)—भारतीय मानक IS 456-2000 के अनुसार खनिज सम्मिश्रणों का प्रयोग कंक्रीट में किया जा सकता है। कुछ खनिज सम्मिश्रक निम्नानुसार है—

(1) फ्लाई ऐश (Fly Ash)—यह एक pozzolanic पदार्थ है जो पावर प्लांट की चिमनी से प्राप्त होती है। इनके कणों का सतही क्षेत्रफल 300-400 m^2/kg होता है। इसका प्रयोग सीमेन्ट में 30% तक किया जा सकता है। अन्य गुणों की चर्चा पूर्व की जा चुकी है।

(2) सिलिका फ्यूम (Silica Fume)—ये Ferro-silicon इन्डस्ट्री का बाई प्रोडक्ट है। इसका प्रयोग pore filling हेतु किया जाता है।

(3) चावल की भूसी की राख (Rice Husk Ash)—यह rice mill का [illegible] पदार्थ है। इससे प्रदूषण होता है। परन्तु यह एक pozzolanic पदार्थ है। इसका प्रयोग fly ash की भांति प्रयोग किया जा सकता है।

(4) वात्य भट्टी का पिसा हुआ मल (Ground granulated Blast Furnace Slag)—यह भी एक pozzolanic पदार्थ है। इसका प्रयोग कंक्रीट के टिकाऊपन, अपारगम्यता तथा लागत बचाने इत्यादि हेतु किया जाता है।

प्रश्नावली

1. सम्मिश्रक कितने प्रकार के होते हैं? इनका प्रयोग क्यों किया जाता है।
2. सम्मिश्रणों का प्रयोग किन परिस्थितियों में किया जाता है?
3. प्लास्टीसाइजर तथा सुपर प्लास्टीसाइजर में अन्तर स्पष्ट करें।
4. कंक्रीट की सुकार्यता किस प्रकार से सम्मिश्रकों के प्रयोग से बढ़ायी जा सकती है?
5. त्वरम क्या है तथ इनका क्या प्रयोग है?
6. मन्दक क्या हैं तथा इसको क्यों प्रयोग किया जाता है?
7. वायुग्राही एजेन्ट क्या हैं। समझाइए।
8. कंक्रीट को सम्मिश्रकों के प्रयोग से जल रोधी किस प्रकार से बनाया जा सकता है?
9. खनिज सम्मिश्रकों को समझाइए।

❑

CHAPTER 7

विशेष प्रकार की कंक्रीट

(Special Concretes)

Syllabus

7.1 Concreting under special conditions, difficulties and precautions before during and after concreting

7.1.1 Cold Water Concreting

7.1.2 Under Water Concreting

7.1.3 Hot water Concreting

7.2 Ready mix Concrete

7.3 Fibre Reinforced Concrete

7.4 Polymer Concrete

7.5 Fly ash Concrete

7.6 Silica fume Concrete

7.7 Self compacting Concrete

7.1 परिचय (General)

कंक्रीट को साधारण परिस्थितियों में प्रयोग करना आसान है परन्तु बहुत सी ऐसी परिस्थितियाँ है, जहाँ पर कंक्रीट को प्रयोग करने में कुछ सावधानियाँ रखनी पड़ती हैं। ये परिस्थितियाँ है—

- ठण्डे मौसम में कंक्रीटिंग
- गर्म मौसम में कंक्रीटिंग
- पानी के अन्दर कंक्रीटिंग

इन्हें अब हम विस्तार से वर्णित करेंगे।

7.1.1 गर्म मौसम में कंक्रीटिंग (Concreting In Hot Weather)

जब कंक्रीट बिछाते समय निर्माण स्थल पर तापक्रम 40°C से अधिक हो तो यह कार्य इस श्रेणी में आता है। गर्म मौसम, निम्न आर्द्रता तथा तेज हवाओं के समय किये गये कंक्रीट कार्य की सामर्थ्य प्राय: जम जाती है। ऐसी अवस्था में कंक्रीट की सुकार्यता भी विपणीय रूप से प्रभावित होती है। नियमानुसार 40°C से अधिक तापक्रम होने पर कंक्रीटिंग कार्य रोक देना

चाहिये और I.S : 7861 (Part-I)—1975 के अनुसार जब तक विशेष सावधानियाँ न ली जाये, नहीं करना चाहिये। कम आर्द्रता के समय तापक्रम में हुई बढ़ोत्तरी कंक्रीट पर प्रतिकूल प्रभाव डालती है और यह स्थिति और खराब हो जाती है जब तेज हवा चल रही हो। इस परिस्थिति में कंक्रीट में उपस्थित जल सूखने लगता है जिससे कंक्रीट सुकार्यता कम होने लगती है और अधिक जल मिलाने पर इसके अन्य गुण प्रभावित होते हैं। उच्च तापक्रम पर कंक्रीट पर हुए प्रभावों को निम्न प्रकार से विभाजित किया जा सकता है—

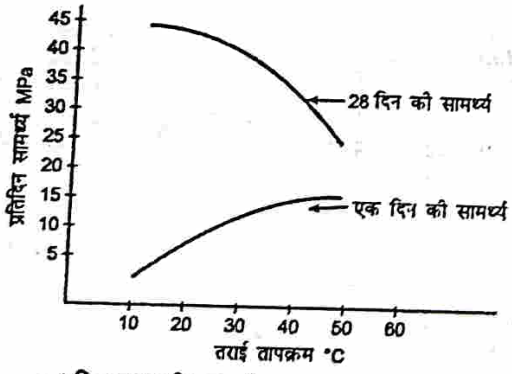
(i) त्वरित जमाव (Accelerated Setting)
(ii) सामर्थ्य में कमी (Reduction in Strength)
(iii) दरारें पड़ने की संभावना (Increased Tendency to Cracking)
(iv) तराई जल का शीघ्र वाष्पन (Rapid Evaporation of Curing Water)
(v) कंक्रीट में वायु की मात्रा को नियन्त्रित करने में कठिनाई (Difficulty in Controlling Air Content)

(i) त्वरित जमाव—अधिक तापक्रम पर सीमेन्ट की जलयोजन की क्रिया की गति अत्यधिक बढ़ जाती है जिससे सीमेन्ट शीघ्रता से जमने लगता है। अत: हम कह सकते हैं कि कंक्रीट का जमाव काल तापक्रम के व्युतक्रमानुपाती होता है।

$$\text{कंक्रीट का जमाव काल} \propto \frac{1}{\text{तापक्रम}}$$

कंक्रीट को तैयार करने के पश्चात् इसकी अन्य क्रियाओं के लिये समय चाहिये होता है। परन्तु जमाव काल कम होने पर मिलाने, ढोहने, बिछाने तथा कुटाई करने से पूर्व ही कंक्रीट सैट होने लगती है। अत: इसकी सुकार्यता भी घट जाती है। अत: इसमें अतिरिक्त जल डाल-डाल कर दुबारा कुटाई करनी पड़ती है जिससे इसके गुणों पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। ऐसा प्राय: देखा गया है कि यदि तापक्रम 11°C तक बढ़ जाये तो अवपात में 25 mm टन की कमी आ जाती है। अत: उच्च तापक्रम पर कंक्रीटिंग करने पर कंक्रीट की क्वालिटी बुरी तरह प्रभावित होती है।

(ii) सामर्थ्य में कमी—अधिक तापक्रम पर बनाई गयी या तराई की गई कंक्रीट की प्रारम्भिक सामर्थ्य तो ज्यादा होती है परन्तु अन्तिम सामर्थ्य कम हो जाती है। परीक्षणों से ऐसा पाया गया है कि क्रमश: 23°C तापक्रम तथा 60% आर्द्रता पर तैयार कंक्रीट 73% सामर्थ्य तथा 38°C तापक्रम तथा 25% आर्द्रता पर तैयार कंक्रीट केवल 62% सामर्थ्य ही प्राप्त कर पाती है। उच्च तापक्रम पर तैयार कंक्रीट की जैसी निम्न प्रकार की होती है हालांकि यह जैसी प्रारम्भिक सामर्थ्य तो अधिक दर्शाती है परन्तु लम्बी अवधि में सामर्थ्य कम आती है। अधिक तापक्रम पर कंक्रीट के जल का वाष्पन भी शीघ्र होता है। अत: अधिक जल मिलाने पर भी सामर्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।



1 दिन व 28 की सामर्थ्य पर तापक्रम का प्रभाव

(iii) दरारें पड़ने की संभावना—उच्च तापक्रम पर कंक्रीट की सतह सूख जाती है परन्तु भीतरी सतह नम बनी रहती है। अत: इस आंशिक कठोरीकरण के कारण कंक्रीट में तनाव प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं जिससे इसमें दरारें पड़ जाती हैं। इसके अतिरिक्त गर्म कंक्रीट की जब तराई की जाती है तो इसके अन्दर दरारें पड़ने की संभावना बनी रहती है। मिक्सिंग में अधिक जल का प्रयोग सुकड़न (Shrinkage) को बढ़ावा देता है जिससे कंक्रीट क्रैक (Crack) कर जाती है।

(iv) तराई जल का शीघ्र वाष्पन—तराई करते समय जल का शीघ्रता से वाष्पन होने लगता है जिससे अधिक से अधिक जल की आवश्यकता होती है। यह कंक्रीट के मूल्य में बढ़ोत्तरी कर देता है। कंक्रीट का जलयोजन इसके रन्ध्रों में मौजूद जल के प्रयोग से होता रहता है। अत: इस जल को सूखने से बचाना आवश्यक है। परन्तु तीव्र गति से जलयोजन होने पर जैली निम्न प्रकार की बनती है और जलयोजन पूरी सामर्थ्य नहीं दे पाता। इस जल की पूर्ति बाहर से पानी डाल कर करनी पड़ती है परन्तु इससे भी सामर्थ्य की पूर्ति नहीं हो पाती।

(v) कंक्रीट में वायु की मात्रा को नियन्त्रित करने में कठिनाई—वायु प्रवेशित कंक्रीट में अधिक तापक्रम पर वायु अंश पर नियन्त्रण रख पाना मुश्किल होता है। इससे सुकार्यता को समान बनाये रखने में मुश्किल आती है। अत: अधिक तापक्रम पर वायुग्राही एजेन्ट कंक्रीट में कम वायु उत्पन्न कर पाता है। इसलिये अधिक तापक्रम पर इनका प्रयोग नहीं करना चाहिये।

कंक्रीट के अवयवों का तापक्रम नियन्त्रण (Temperature Control of Concrete Ingredients)—कंक्रीट की गुणवत्ता में सुधार के लिये उच्च तापक्रम को पर्याप्त सीमा तक कम किया जाना चाहिये। तापक्रम घटाने के लिये सबसे उपयुक्त व्यवस्था यही है कि इसके घटकों का तापक्रम घटाया जाये।

(a) मिलावे का तापक्रम घटाना—मिलावे का तापक्रम घटाने के लिये निम्न उपाय किये जा सकते हैं—

(1) मिलावे (महीन एवं मोटे) को छाया; जैसे—पेड़, शेड इत्यादि के नीचे रखना चाहिये। यदि ऐसा न हो तो तिरपाल इत्यादि का प्रयोग करना चाहिये।

(2) गर्म मिलावे पर पानी छिड़ककर तापक्रम घटाया जा सकता है। कम आर्द्रता होने पर यह विधि अधिक प्रभावी होती है। यह ध्यान रखना आवश्यक है कि जल समान रूप से पूरे मिलावे पर छिड़का जाये।

(3) मिलावे का चट्टा लगाते समय उसकी प्रत्येक परत पर जल छिड़क कर दूसरी परत लगानी चाहिये।

(4) बड़े कार्यों में मिलावे के भीतर पाइप डाल देने चाहिये जिनमें प्रशीतित जल (Refrigerated water) प्रवाहित कर मिलावा को ठंडा किया जा सकता है।

(b) पानी का तापक्रम घटाना—कंक्रीट के तापक्रम को घटाने में पानी का अहम योगदान होता है। पानी की विशिष्ट ऊष्मा 1·00 होती है तथा मिलावे की 0·22। अत: पानी की विशिष्ट ऊष्मा, मिलावे से 5 गुनी होती है। साथ ही मिलावे का तापक्रम नियन्त्रण करना आसान होता है। एक अनुमान के अनुसार 1 cum कंक्रीट के मिक्स जिसमें मिलावा 1800 kg सीमेन्ट 340 kg तथा जल 170 kg हो तो जल के तापक्रम में 2°C का अन्तर होने पर कंक्रीट के तापक्रम में 0·5°C का अन्तर हो जाता है।

पानी को ऊष्मारोधी पात्रों में एकत्र कर, प्रशीतन कर, ऊष्मारोधी पाइपों में परिवहन कर तथा टैंकरों पर ऊष्मारोधी आवरण चढ़ाकर ठंडा रखा जा सकता है।

पानी में बर्फ मिलाकर भी इसे ठंडा करा जा सकता है परन्तु कंक्रीटिंग की प्रक्रिया के पूरा होने तक बर्फ का पूरा घुल जाना आवश्यक है। बर्फ की गुप्त ऊष्मा (Latent heat) 80 kcal/kg होती है। अत: यह तापक्रम घटाने में सहायक होती है। बर्फ अगर कुटाई के बाद पिघले तो कंक्रीट में रन्ध्र रह सकते हैं जो कंक्रीट की गुणता पर प्रतिकूल प्रभाव डालेंगे।

(c) सीमेन्ट—तापक्रम का सीमेन्ट के जलयोजन पर सीधा प्रभाव पड़ता है। उच्च तापक्रम पर जलयोजन की दर बढ़ जाती है जिसके फलस्वरूप सीमेन्ट जल्दी सख्त होने लगता है। इससे कंक्रीट में पानी की मांग भी बढ़ जाती है। अधिक पानी के प्रयोग से सामर्थ्य में कमी तथा दरारें पड़ने की संभावना रहती है। सीमेन्ट के तापक्रम का सीधा प्रभाव कंक्रीट पर नहीं पड़ता।

सीमेन्ट के तापक्रम को कम कर पाना भी संभव नहीं है। अत: अन्य अवयवों के तापक्रम को कम करके ही कंक्रीट का तापक्रम कम किया जाता है।

गर्म मौसम में कंक्रीटन के समय सावधानियाँ (Precautions while Concreting in Hot Weather)—जैसा कि पूर्व में ही बताया जा चुका है 40°C से अधिक तापक्रम पर कंक्रीट का कार्य करना, बिना सावधानियों के उचित नहीं है। इस प्रकार भी कंक्रीट शीघ्रता से कठोर तो हो जाती है परन्तु इसकी अन्तिम सामर्थ्य घट जाती है। कंक्रीट का कार्य गर्म मौसम में दिन के स्थान पर रात में करना चाहिये।

(i) कंक्रीट डालने से पूर्व सावधानियाँ—कंक्रीट की गुणवत्ता उत्तम रखने के लिये तापक्रम कम रखना आवश्यक है। इसके लिये कंक्रीटिंग से पूर्व निम्न उपाय किये जा सकते हैं—

(1) कंक्रीट का मिश्रण थोड़ी-थोड़ी मात्रा में बनाना चाहिये जिससे पड़े-पड़े धूप में उसका तापमान न बढ़ जाये।

(2) मिलावे के ऊपर ठण्डा पानी छिड़ककर उसे ठंडा कर लेना चाहिये।

(3) मिक्सर को गर्म होने से बचाने के लिये इस पर सफेद या पीला रंग कर देना चाहिये। पानी छिड़ककर भी इसे ठंडा किया जा सकता है।

(4) कंक्रीट के तैयार मिक्सर का शीघ्र प्रयोग कर लेना चाहिये।

(5) बर्फ का प्रयोग करके कंक्रीट में या तराई में प्रयुक्त जल को ठंडा किया जा सकता है।

(ii) कंक्रीट डालते समय सावधानियाँ—मिलावे, जल तथा सीमेन्ट का तापक्रम जितना व्यवहारिक रूप से कम हो सकता हो उतना कम बनाये रखना चाहिये। 40°C पर ही कंक्रीट का कार्य करें। यदि बर्फ का प्रयोग किया जा रहा हो तो वह कंक्रीटिंग की क्रिया के दौरान ही पूरा पिघल जाये। कंक्रीट के मिक्सर को निर्माण स्थल के अत्यन्त करीब रखना चाहिये। प्रबलन इस्पात, फर्मा (Formwork) तथा मिलावा पानी डालकर ठंडा कर लेना चाहिये उसके तुरन्त बाद कंक्रीट का कार्य करना चाहिये। यदि अधिक संख्या में राज (Mason) कार्य पर लगाये जायें तो यह कंक्रीट जल्दी में बिछाई जा सकती है और तापक्रम के दुष्प्रभाव से बचा जा सकता है।

(iii) कंक्रीट डालने के पश्चात् सावधानियाँ—उच्च तापक्रम पर प्राय: देखा जाता है कि कंक्रीट तेजी से सूख जाती है। अत: इसको सूखने से बचाना आवश्यक होता है। इसके लिये इसे तिरपाल, बोरों (गीले) इत्यादि से ढक देना चाहिये। कंक्रीट के पूर्ण सैट होते ही इसकी तराई प्रारम्भ कर देनी चाहिये। यहाँ पर यह ध्यान देने की बात है कि कभी-कभी कंक्रीट की सतह तो सूख जाती है परन्तु अन्दर से कंक्रीट अभी सैट नहीं हो पाती ऐसी परिस्थिति में तराई तभी करनी चाहिये जब पूरी कंक्रीट सैट हो जाये। जहाँ तक संभव हो पानी को भरकर तराई की जानी चाहिये। जहाँ न संभव हो गीले बोरों को बांधकर तराई करनी चाहिये तथा लगातार पानी डालते रहना चाहिये। कंक्रीट को तराई पूर्ण होने के पश्चात् (कम से कम 10 दिन) तेज चलने वाली शुष्क वायु से बचाना चाहिये। इसके लिये बिछाये गये बोरों इत्यादि को शीघ्र ही नहीं हटाना चाहिये।

गर्म मौसम में कंक्रीटिंग के लिये मंदकों का प्रयोग—जैसा कि पहले वर्णन किया जा चुका है कि मंदक वो पदार्थ हैं जिनको मिलाये जाने पर कंक्रीट की सैटिंग सुस्त हो जाती है। अत: गर्म मौसम में कंक्रीट में यदि मंदक मिला दिये जाये तो गर्म तापक्रम के कारण जलयोजन क्रिया में हुई वृद्धि को मंदक निष्प्रभावी कर देते हैं जिससे कंक्रीट की सुकार्यता, सामर्थ्य इत्यादि गुण सामान्य बने रहते हैं। मंदकों का प्रयोग सीमेन्ट के जमाव काल को लम्बा करने हेतु किया जाता है।

7.1.2 ठण्डे मौसम में कंक्रीटिंग (Cold Weather Concreting)

निम्न तापक्रम का कंक्रीट पर प्रभाव (Effect of low tempreture on Concrete)

कोई भी कंक्रीट का कार्य यानि 5°C से निचले तापक्रम पर किया जाय तो वह ठन्डे मौसम में कंक्रीटिंग की श्रेणी में आता है। जितना तापक्रम कम होगा जलयोजन की क्रिया उतनी ही सुस्त होगी और कंक्रीट उतनी ही देर से सामर्थ्य ग्रहण करेगी। ज्यादातर मानक 5°C से कम तापक्रम पर कंक्रीट के कार्य को करने के लिये मना करते हैं। यदि ऐसा करना आवश्यक हो तो विशेष सावधानियाँ लेनी पड़ती हैं। कंक्रीट का तापक्रम अत्यन्त कम होने पर इसमें विद्यमान जल जमने लगता है और बर्फ के

क्रिस्टल में बदल जाता है। बर्फ का आयतन, जल से अधिक होता है जिससे कंक्रीट का बिखराव हो जाता है और सामर्थ्य घट जाती है। 20°C पर सीमेंट जलयोजन क्रिया के फलस्वरूप जितनी सामर्थ्य 1 दिन में ग्रहण करता है उतनी 4°C पर 7 दिन में ग्रहण पायेगा। 0°C पर चरम सामर्थ्य 50% तथा – 10°C पर 30% ही प्राप्त होगी इसके अतिरिक्त कंक्रीट के कठोर होने में अधिक समय लगता है जिससे फर्माबन्दी (Form work) अधिक समय तक लगाये रहने पड़ते हैं और कंक्रीट की लागत बढ़ जाती है। परन्तु ठंडे मौसम में डाली कंक्रीट की चरम सामर्थ्य अधिक होती है यदि उसे हिमीकरण (Freezing) व हिमद्रवण (thawing) से बचा लिया जाये। कंक्रीट पर कम तापक्रम के प्रभाव को निम्नानुसार वर्गीकृत किया जा सकता है—

(a) सैटिंग में देरी (Delayed i5Setting)—कम तापक्रम पर, साधारण तापक्रम की अपेक्षा कंक्रीट की कठोर होने की दर कम हो जाती है। अत: फरमाबन्दी जो साधारण तापक्रम की कंक्रीट के लिये जितने समय तक लगानी आवश्यक होती, उसके अधिक समय तक लगानी पड़ती है। परन्तु यहाँ पर यह बताना भी आवश्यक है कि यदि कंक्रीट तुषार इत्यादि से बच जाये तो अन्तिम सामर्थ्य में कोई खास अन्तर नहीं होता।

(b) कंक्रीट का शीघ्र हिमीकरण (Early Freezing of Concrete)—यदि जमाव तापक्रम पर कंक्रीटिंग क्रिया की जाये तो कंक्रीट जो सुघट्य की अवस्था होती है, में मौजूद जल जमने लगता है और यदि यह जल कंक्रीट के कठोर होने से पूर्व ही जम जाये तो कंक्रीट की अपूर्णनीय क्षति हो जाती है। यह जल जमने के बाद पिघलता है और जमने-पिघलने का एक चक्र कंक्रीट की सामर्थ्य को 50% तक कम कर देता है।

(c) तापक्रम में अन्तर होने से प्रतिबलों का उत्पन्न होना (Stresses Due to Temperature Difference)—कंक्रीट के अवयवों में भीतर तथा बाहर के तापक्रम में अन्तर होने के कारण प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं। जिनके प्रभाव से कंक्रीट में दरारें उत्पन्न होने की संभावना रहती है।

ठंडे मौसम में कंक्रीटिंग हेतु मानक निर्देश (Recommended Practice for Cold Weather Concreting)

(i) संघटनों का भण्डारण (Storage of Ingredients)—कंक्रीट के संघटनों को ठंड से बचाने के लिये सीधे भूमि पर भण्डारण न करके लकड़ी के तख्तों पर रखना चाहिये। वर्षा, बर्फ इत्यादि से बचाने हेतु इन्हें तिरपाल से ढका भी जा सकता है।

(ii) संघटनों का गर्म करना (Heating of Ingredients)—कंक्रीट में सीमेन्ट तथा समिश्रणों को कभी गर्म नहीं किया जाता परन्तु मिलावे तथा जल को गर्म करके कंक्रीट के तापक्रम को नियन्त्रित किया जा सकता है। जल की आपेक्षिक उष्मा अधिक होती है अत: यह मिलावे की तुलना में अधिक देर तक गर्म रह सकता है। कंक्रीट के लिये 10°C से 27°C तक तापक्रम सबसे उपयुक्त है। जल को 60°C तक गर्म किया जा सकता है। इसके लिये भण्डारण टैंक में कुण्डली पाइप डाल दिये जाते हैं जिसमें गर्म पानी या माप प्रवाहित कर जल को गर्म किया जा सकता है परन्तु किसी भी दशा में जल का तापक्रम 65°C से अधिक नहीं करना चाहिये। इसी प्रकार मिलावे को भी 60°C तक गर्म जल छिड़ककर या सीधे भाप से गर्म किया जा सकता है। ऐसा हम मिलावे के भीतर कुण्डली पाइप डालकर भी कर सकते हैं। कंक्रीट के संघटनों का तापक्रम इस प्रकार सैट किया जाना चाहिये कि हमें तैयार कंक्रीट 10°C–20°C के बीच प्राप्त हो।

(iii) संघटनों को मिलाना (Mixing of Ingredients)—ठंडे मौसम में संघटकों को मिलाने के लिये गर्म जल का प्रयोग किया जा सकता है परन्तु गर्म जल सीधे सीमेन्ट के सम्पर्क में नहीं आना चाहियें क्योंकि 65°C पर सीमेन्ट तुरन्त सैट (Flash set) हो जाता है। अत; पहले मिलावा व आधा पानी डाकर मिलाना चाहिये फिर सीमेन्ट मिलाना चाहिये। इसके पश्चात् पूरा पानी डालकर 3-4 मिनट तक मिलाकर कंक्रीट तैयार कर लेनी चाहिये। कंक्रीट में तापक्रम बढ़ाने के लिये अधिक सीमेन्ट का प्रयोग भी किया जा सकता है।

(iv) कंक्रीट का परिवहन, बिछाना व कुटाई (Transportation, Laying and Compaction of Concrete)—कंक्रीट को शीघ्र ही बिछा देना चाहिये। जिससे परिवहन में इसका तापक्रम गिर न जाये। ध्यान रहे कंक्रीट बिछाते या संघनन करते समय इसका तापक्रम 50°C से कम नहीं होना चाहिये। कंक्रीट में हिमकरण तथा हिमद्रवण को हर हाल में बचाया जाना चाहिये। इसके लिये फर्माबन्दी को ऊष्मारोधी बनाया जा सकता है।

(v) तराई (Curing)—कंक्रीट को कठोर होने तक उसे ठंड से बचाना चाहिये। 4·5°C तापक्रम पर 48 घंटे तथा इसके कम तापक्रम पर 72 घण्टे तक कंक्रीट को तिरपाल, सीमेंट व खाली कट्टे, टाट, लकड़ी का बुरादा आदि से ढके रखना चाहिये। कंक्रीट के कठोर होने पर ही उसकी तराई निर्धारित तापक्रम के पानी से कम से कम 15 दिन तक करनी चाहिये।

ठण्डे मौसम में कंक्रीटिंग में सावधानियाँ (Precautions to be taken in Cold Weather Concreting)

(a) कंक्रीटिंग से पूर्व सावधानियाँ

(i) 4·5°C से नीचे तापक्रम पर बिना सावधानियाँ लिये कंक्रीटिंग नहीं करनी चाहिये।

(ii) कंक्रीट के संघटकों का भण्डार खुले में जमीन पर न करके, तख्तों के ऊपर करना चाहिये तथा तिरपाल से ढक देना चाहिये।

(iii) मिलावे तथा पानी को गर्म करके प्रयोग किया जाना चाहिये जिससे तैयार कंक्रीट का तापक्रम 10-20° C के मध्य बना रहे।

(iv) कंक्रीट के लिये बनायी गयी फर्माबन्दी को ऊष्मारोधी बना लेना चाहिये।

(v) कंक्रीट में गर्म जल को सीधे सीमेन्ट में नही मिलाना चाहिये। पहले मिलावे में जल मिलाकर फिर सीमेन्ट मिलाना चाहिए।

(b) कंक्रीटिंग के दौरान सावधानियाँ

(i) प्रबलन, इस्पात, तख्ताबन्दी, आधार सतहें सभी अगर बर्फ जमी है तो साफ कर लेनी चाहिये।

(ii) तुषार ग्रस्त कंक्रीट को तुरन्त निकाल देना चाहिये।

(iii) पुरानी कठोर कंक्रीट पर गर्म कंक्रीट नहीं डालनी चाहिये, क्योंकि इनमें बौन्ड नहीं बनता, अत: पुरानी सतह को गर्म पानी डालकर फिर नयी कंक्रीट डाली जानी चाहिये।

(iv) सीमेन्ट के कठोरीकरण की दर बढ़ाने के लिये कैल्शियम क्लोराइड मिलाया ($1\frac{1}{2}$% तक) जा सकता है। ठण्डे मौसम में उच्च एलुमिना सीमेन्ट का प्रयोग भी श्रेयस्कर रहता है। यदि उच्च एलुमिना सीमेन्ट प्रयोग किया जा रहा हो तो अन्य कोई समिश्रण प्रयोग नहीं करना चाहिये।

(c) कंक्रीटिंग के बाद सावधानियाँ

(i) कंक्रीट का तापक्रम बनाये रखने के लिये फरमाबन्दी को ऊष्मारोधी बनाया जाना चाहिये।

(ii) कंक्रीट के कठोर होने तक इसे तिरपाल, टाट इत्यादि से ढक कर रखना चाहिये।

(iii) साधारण तापक्रम की कंक्रीट के मुकाबले ठंडे मौसम में कंक्रीट हेतु फर्माबन्दी अधिक समय तक बनाये रखनी चाहिये।

(iv) कठोरीकृत कंक्रीट को अचानक निम्न तापक्रम से बचाना चाहिये, क्योंकि इससे कंक्रीट की सतह एकदम ठण्डी हो जावेगी तथा अन्दर तापक्रम ज्यादा होगा जिससे तापीय प्रतिबल उत्पन्न हो जायेंगे। इसके फलस्वरूप कंक्रीट में दरारें उत्पन्न हो सकती हैं।

(v) ठण्डे मौसम में लकड़ी की फरमाबन्दी उपयुक्त रहती है क्योंकि यह ऊष्मारोधी होती है।

ठण्डे मौसम में त्वरकों का प्रयोग (Use of Accelators in Cold Water)

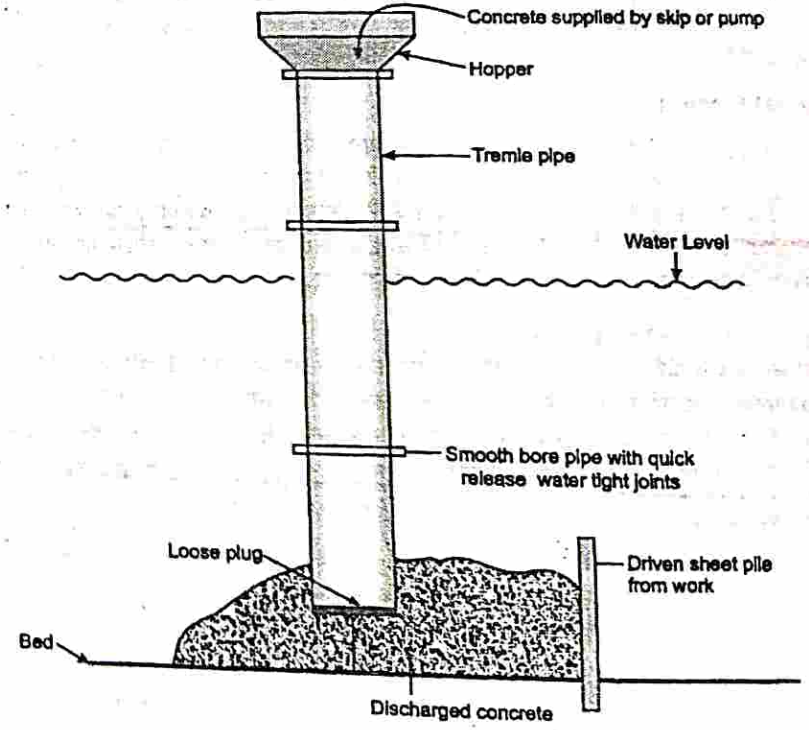
ठंडे मौसम में कंक्रीटिंग करने हेतु कंक्रीट में त्वरकों मिलाना उपयुक्त रहता है। ये त्वरक कंक्रीट को जमने से भी बचाते हैं। त्वरक कंक्रीट की जलयोजन की क्रिया में वृद्धि करते हैं जिससे कंक्रीट शीघ्र ही कठोर हो जाती है और ठंड से होने वाले दुष्प्रभावों से बच जाती है।

त्वरकों के रूप में क्लोराइड, सिलिकेट, कार्बोनेट तथा हाइड्रोऑक्साइड प्रयोग किये जाते हैं। इनमें कैल्शियम क्लोराइड ($CaCl_2$) का प्रयोग सर्वाधिक होता है। $CaCl_2$ की 3% तक की मात्रा ही पर्याप्त होती है तथा इसके प्रयोग से प्रारम्भिक सामर्थ्य तो बढ़ जाती है परन्तु अन्तिम सामर्थ्य घट जाती है। कंक्रीट की सुकार्यता में सुधार होता है। परन्तु इसका प्रयोग चरम सामर्थ्य तो घटाता ही है साथ में कंक्रीट में संकुचन भी बढ़ जाता है। $CaCl_2$ एक आर्द्रताग्राही (Hygroscopic) पदार्थ है अत: इसे शुष्क स्थान पर रखकर नमी से बचाना चाहिए। इसके प्रयोग से कंक्रीट आयतन परिवर्तन, क्षारीय आक्रमण, सल्फेट आक्रमण जैसी समस्याओं के प्रति कमजोर हो जाती है।

कहीं-कहीं $CaCl_2$ के साथ NaCl का भी प्रयोग होता है। यद्यपि NaCl भी कंक्रीट के जमने की दर को तीव्र कर देती है। परन्तु इसका प्रयोग प्राथमिकता से नहीं होता है।

7.1.3 पानी के अन्दर कंक्रीटिंग (Under Water Concreting)

जब कंक्रीट को जल के अन्दर डालना हो तो विशेष सावधानियाँ रखनी पड़ती हैं। इस प्रकार की कंक्रीट की flowability अधिक होनी चाहिये। इसका स्लम्प 150 से 180 mm के बीच हो तो बेहतर रहता है। इस प्रकार की कंक्रीट में सीमेन्ट की मात्रा अधिक रखी जाती है। महीन मिलावे की मात्रा कुल मिलावे की मात्रा के 45-50 प्रतिशत के बीच रखी जाती है। मिलावे में महीन कणो की मात्रा अधिक रखी जाती है। मोटा मिलावा 20 mm या 40 mm की माप में होना चाहिये। मिलावे में चिकनी मिट्टी (loam) की मात्रा बिल्कुल नहीं होनी चाहिये। फरमाबन्दी भी इस प्रकार की होनी चाहिये कि वह जल धाराओं के वेग से क्षतिग्रस्त न हो। यदि आवश्यक हो तो काफर बांध (coffer dams) बना लेने चाहिये।



पानी के अन्दर कंक्रीटिंग की कुछ विधियाँ अग्र हैं—

(i) कंक्रीट को केसन (caissons) या काफर बांध (copper dams) के अन्दर पानी निकालने के बाद डालना।
(ii) ट्रेमी (Tremie) विधि
(iii) बकेट (Bucket) विधि
(iv) बोरों द्वारा (Placing in Bags)
(v) प्रीपैक्ड (Prepacked Concrete)

कंक्रीट को प्रथम विधि द्वारा डालने में कोई विशेष विधि नहीं है। यह सामान्य विधि की भाँति ही ढाली जाती है।

ट्रेमी विधि (Tremie Method)—ट्रेमी एक जलरोधी पाइप होता है जिसका व्यास 240 mm होता है तथा ऊपरी सिरे पर कीप (funnel) के आकार का एक हापर (hopper) लगा होता है। निचले सिरे पर एक प्लग लगा होता है जिसे इच्छानुसार खोला या बन्द किया जा सकता है। ट्रेमी को एक working platform पर जल सतह के ऊपर स्थापित किया जाता है।

ट्रेमी की सहायता से जल की सतह के नीचे Concreting

इस विधि द्वारा कंक्रीटिंग करते समय ट्रेमी के पाइप को जल तथा वायु से खाली कर लेना चाहिये। पाइप में हर समय कंक्रीट भरी रहनी चाहिये। प्रारम्भ में ट्रेमी के पाइप के नीचे एक पेपर का प्लग प्रवेश किया जाता है। जब hopper कंक्रीट से भर जाता है तो वह दबाव के द्वारा ताजी कंक्रीट को नीचे धक्का देता है जिससे ट्रेमी पाइप में कंक्रीट पानी को धक्का देकर बाहर निकाल देती है तथा उसकी जगह पाइप कंक्रीट से भर जाता है। अब पाइप को कुछ ऊपर उठा कर कंक्रीट को बिछा देते हैं। यह ध्यान रखा जाता है कि कंक्रीट लगाकर पाइप में प्रवाहित होती रहे अन्यथा पाइप में पानी भर सकता है। ट्रेमी को क्षैतिज दिशा में नहीं चलाया जाता सिर्फ ऊपर नीचे उठाया जाता है। नयी जगह पर कंक्रीटिंग करने पर पाइप को ऊपर निकाल पुन: नयी जगह स्थापित कर लिया जाता है।

Dump Bucket Placing

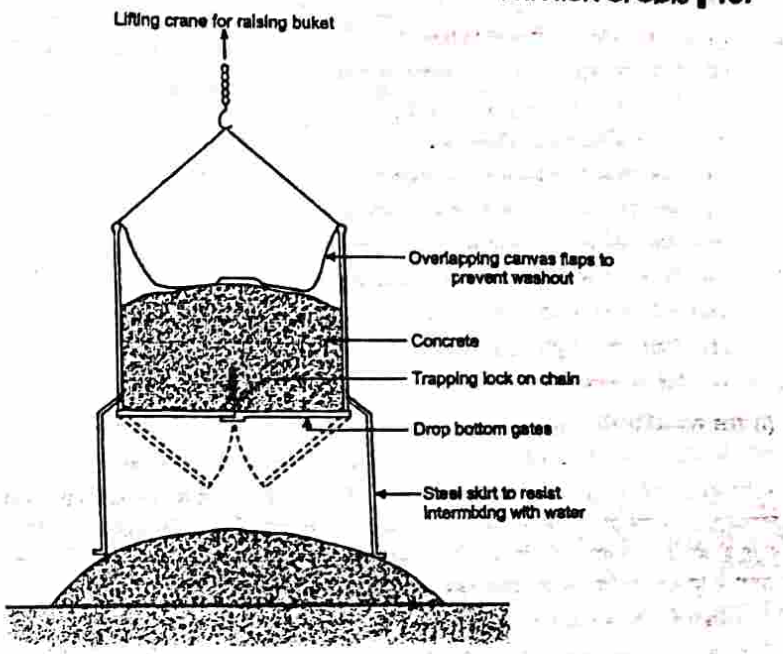
इस विधि में एक विशेष प्रकार की बाल्टी (Bucket) का प्रयोग होता है। इस बाल्टी में निचली सतह पर गेट (Drop bottom gates) लगा होता है। बाल्टी को कंक्रीट से भरकर, ऊपरी सतह को कैनवास के कपड़े से ढककर क्रेन (Crane) की सहायता से जल के अन्दर उस जगह ले जाया जाता है जहाँ कंक्रीटिंग करनी होती है। अब किसी व्यवस्था द्वारा नीचे के गेट को खोलकर कंक्रीट बिछा दी जाती है तथा फिर खाली बाल्टी को ऊपर उठाकर, पुन; गेट बन्द करके कंक्रीट भर तैयार कर असली जगह पर कंक्रीटिंग के लिये तैयार कर लिया जाता है। यह प्रक्रिया इसी प्रकार चलती रहती है।

बोरो द्वारा ढलाई (Placing in Bags)

इस प्रकार की विधि में बोरों (gunny bags) को दो तिहाई कंक्रीट से भर कर ऊपर से बांध दिया जाता है। अब इन बोरों को गोताखारों की सहायता से पानी की सतह के नीचे बिछा दिया जाता है। बोरे इसी प्रकार से बिछाये जाते हैं जैसे चिनाई में ईंट बिछाई जाती है। यानि एक हैडर तथा फिर एक स्ट्रेचर। इन बोरो के बीच आपस में कोई जोड़ तो नहीं बन पाता अत: इन्हें आपस में बांध दिया जाता है। यह प्रक्रिया कठिन एवं धीमी होती है। यह केवल उथले पानी हेतु उपयुक्त है।

प्री-पैक्ड कंक्रीट (Pre-Packed Concrete)

इस विधि में प्रारम्भ में केवल मोटे मिलावे (Coarse Aggregate) को पहले से पैक करके बिछाया जाता है तथा इसको भली प्रकार के Compact भी कर लिया जाता है। अब इसके ऊपर सीमेन्ट मोर्टार की ग्राउटिंग मशीन द्वारा कर दी जाती है। सीमेन्ट मोर्टार पानी का स्थान लेकर कंक्रीट के रन्ध्रों को भर देता है।



Typical arrangement for a bottom opening dump bucket

7.2 विशेष प्रकार की कंक्रीट (Special Types of Concretes)

कंक्रीट एक बहुउपयोगी पदार्थ है परन्तु इसमें कुछ कमियाँ भी है। तनन सामर्थ्य का कम होना, पारगम्यता, रसायन आक्रमण, कम टिकाऊपन तथा संकुचन, इन कमियों में मुख्य हैं। हाल में ही हुए परिवर्तनों में कंक्रीट के गुणों में सुधार लाने के प्रयास किये गये हैं जिससे इसका प्रदर्शन सुधर सके। इन प्रदर्शन में सुधारों को निम्न प्रकार से बाँटा जा सकता है—

(1) पारम्परिक कंक्रीट की तुलना में बेहतर यान्त्रिक गुण; जैसे संपीडन सामर्थ्य, तनन सामर्थ्य, कठोरता इत्यादि।
(2) बेहतर टिकाऊपन जिससे रसायनिक आक्रमण इत्यादि से बचाव हो सके।
(3) अपारगम्यता, आसंजन, थर्मल इन्सुलेशन, हल्कापन, घर्षण प्रतिरोध इत्यादि गुणों में सुधार।

कंक्रीट के यान्त्रिक गुण निम्न उपायों से बढ़ाये जा सकते हैं—

(i) सीमेन्ट पेस्ट के माइक्रो स्ट्रक्चर में सुधार लाकर।
(ii) पारगम्यता कम करके।
(iii) मिलावा-मैट्रिक्स इन्टरफेस की सामर्थ्य में सुधार लाकर।
(iv) दरारों की संख्या एवं बढ़ोत्तरी को कम करके।

इस प्रकार की विशेष कंक्रीट जिनमें ये गुण विद्यमान हों उन्हें निम्न प्रकार से बाँटा जा सकता है—

(1) उच्च सामर्थ्य कंक्रीट (High Strength Concrete)

(2) रेशा प्रबलित कंक्रीट (Fibre Reinforced Concrete)
(3) पालीमर कंक्रीट (Polymer Concrete)
(4) फैरो सीमेंट कंक्रीट (Ferro Cement Concrete)
(5) तैयार कंक्रीट (Ready Mix Concrete)
(6) प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (Reinforced Cement Concrete)
(7) जलरोधी कंक्रीट (Waterproof Concrete)
(8) अल्प भार कंक्रीट (Light Weight Concrete)
(9) सैल्फ काम्पैक्टिंग कंक्रीट (Self Compacting Concrete)
(10) पूर्व प्रबलित कंक्रीट (Pre-stressed Concrete)
(11) फ्लाई एश कंक्रीट (Fly ash concrete)
(12) सिलिका फ्यूम कंक्रीट (Silica Fume Concrete)

(I) उच्च सामर्थ्य कंक्रीट (High Strength Concrete)

साधारण कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य 50MPa से कम ही होती है परन्तु आज की बदली विकास की परिस्थितियों में कंक्रीट की सामर्थ्य 70-100 Mpa तक भी होने लगी है और यहाँ तक भी ऐसी कंक्रीट का निर्माण किया जा रहा है जिसकी सामर्थ्य 20 Mpa तक हो। ऐसा कंक्रीट में सम्मिश्रकों के मिलाने से संभव हो सका है। यद्यपि इस प्रकार की कंक्रीट के अवयव तो वो ही होते हैं जो साधारण कंक्रीट में होते हैं परन्तु इनमें एक या दो सम्मिश्रकों का प्रयोग किया जाता है। इस कंक्रीट के निर्माण में मुख्यत: दो सिद्धातों का पालन किया जाता है—

—कम से कम जल-सीमेन्ट अनुपात का प्रयोग

—मिलावे के इस प्रकार श्रेणीकरण जिससे कम से कम या शून्य रन्ध्र रह सकें।

इस कंक्रीट में स्न्हेक तथा ऐसे सम्मिश्रक प्रयोग होते हैं जो सीमेन्ट में जल की मांग को कम कर देते हैं। इस प्रकार की कंक्रीट में ऊष्मा अधिक निकलती है तथा संकुचन का खतरा रहता है अत: इसके लिये इसमें सीमेन्ट की कुछ मात्रा को पोजोलाना (फ्लाई ऐश, वात्य भट्टी, सिलिका फ्यूम, चावल की भूसी की राख, मैटाकाओलिन इत्यादि) से बदल देते हैं। जिससे उपरोक्त अवगुणों में कमी आ जाती है। साथ ही से कंक्रीट के टिकाउपन को भी उत्तम बनाते हैं।

उच्च सामर्थ्य वाली कंक्रीट के प्रयोग के निम्न लाभ हैं—

(1) अवयव की माप में कमी की जा सकती है जिससे धन व समय की बचत संभव है।
(2) अवयव के भार में भी कमी होती है जिससे नींव का आकार भी कम किया जा सकता है।
(3) फरमाबन्दी के आकार में भी कमी होती है जिससे समय की बचत होती है।
(4) छोटे माप के कॉलम भी भार वहन कर सकते हैं जिससे कॉलम के साइज को आवश्यकतानुसार कम कर सकते हैं।
(5) भवन के विन्यास में घरनों के पाट लम्बे लिये जा सकते हैं जिससे कॉलमों की संख्या कम की जा सकती है।
(6) घरनों की माप भी कम रखी जा सकती है जिससे हैड रूम बढ़ जाता है।
(7) कंक्रीट टिकाऊ होती है तथा लम्बे समय तक कार्य योग्य रहती है।
(8) कंक्रीट का प्रत्यास्था गुणांक अधिक होता है जिससे इसकी दृढ़ता बढ़ जाती है।
(9) क्रैक्स, रसायनिक आक्रमण के प्रति कंक्रीट अधिक बेहतर तरह से कार्य करती है।
(10) अनुक्षण लागत में भी कमी होती हैं।

उच्च सामर्थ्य कंक्रीट का प्रयोग आगे दी गयी सारणी के अनुसार किया जाता है—

प्रयोग का स्थान	अभिकल्पन हेतु सामर्थ्य MPa
रेलवे के पुल	50–80
सड़क के पुल	60–70
डायफ्राम दीवारें	50–55
तेल की ड्रिलिंग रिंग	60–65
घषर्ण रोधी कंक्रीट	40–80
उच्च मंजली इमारतें	40–80
पाइल	50
पूर्व प्रबलित कंक्रीट	80
रेलवे स्लीपर	40–50
मशीन फाउन्डेशन	18–120

(2) रेशा प्रबलित कंक्रीट (Fibre Reinforced Concrete)—कंक्रीट में कुछ पदार्थों के रेशे (Fibre) डालकर कंक्रीट का निर्माण किया जाता है। इन रेशों के प्रयोग से कंक्रीट की तनन सामर्थ्य सुधर जाती हैं। जैसा हम पूर्व में भी पढ़ चुके हैं कि कंक्रीट की तनन सामर्थ्य उसकी सम्पीडन सामर्थ्य का $\frac{1}{10}$ होती है। अत: कंक्रीट का प्रयोग करते समय इसकी तनन सामर्थ्य को भी सुधारना आवश्यक है। इसके लिये महीन रेशों का प्रयोग किया जाता है। ये रेशे कंक्रीट में सूखने पर संकुचन व दरारों से भी बचाते हैं। इसके अतिरिक्त कंक्रीट की नमन (Flexural), संघट्ट (Impact) व श्रांति (Fatigue) सामर्थ्य में भी सुधार होता है। सामान्यत: इस्पात, एस्बेस्टस, पोलीप्रोपीलीन, नाइलोन, काँच, नारियल इत्यादि के रेशे इस प्रकार की कंक्रीट में प्रयोग किये जाते हैं।

इस प्रकार की कंक्रीट का प्रयोग सड़कों, हवाई पट्टियों, औद्योगिक भवनों के फर्शों, पुलों, नहरों के अस्तरण के लिये प्रयोग किया जाता है।

फाइबर या रेशों को मिलावे के कणों के समान की माना जा सकता है परन्तु इनके आकार में काफी अन्तर होता है। ये कंक्रीट में मनमाने रूप से बिखर जाते हैं। ये रेशे मिलावे के कणों के चारों ओर एकत्र हो जाते हैं तथा एक तरह से उन्हें आपस में जकड़ लेते हैं। इससे मिश्रण की सुकार्यता घट जाती है तथा मिश्रण अधिक ससंजन हो जाता है तथा पृथक्करण की संभावना शून्य हो जाती है। प्रबलित कंक्रीट की तुलना में रेशा प्रबलित कंक्रीट में अन्तर यह है कि प्रबलित कंक्रीट में छड़ें सतत् होती हैं तथा निश्चित स्थान पर बनी रहती हैं, जबकि रेशा प्रबलित कंक्रीट में रेशे असतत् रूप से जहाँ तहाँ अव्यवस्थित रूप में बिखरे रहते हैं। अत: यह कंक्रीट प्रबलित कंक्रीट की तुलना में कमजोर होती हैं परन्तु इसका प्रयोग कंक्रीट में दरारों को रोकने, संघट्ट सामर्थ्य को बढ़ाने इत्यदि में उपयोगी होता है। रेशा प्रबलित कंक्रीट की कुछ प्रकार निम्न हैं—

Fibre Reinforced Concrete (FRC)

Slurry Infiltrated Fibe Concrete (SIFCON)

Slurry Infiltrated Mat Concrete (SIMCON)

High Performance Fibre Reinforced Concrete (HPFRC)

स्लरी (Slurry) इनफिल्ट्रेटड फाइबर कंक्रीट में पहले फाइबर बिछा लिये जाते हैं फिर सीमेंटिंग स्लरी को इसमें ग्राउट कर दिया जाता है।

रेशा प्रबलित कंक्रीट में साधारण कंक्रीट की तुलना में गुणों में सुधार

गुण	साधारण कंक्रीट की तुलना में प्रतिशत सुधार
संपीडन सामर्थ्य (M 20)	25%
तनन सामर्थ्य (Direct)	45%
तनन सामर्थ्य (Split Cylinder)	4%
प्रत्यास्थता गुणांक	15
माडलस ऑफ रपचर (Modulus of Rupture)	10
आघात प्रतिरोध	400-900
नमन सामर्थ्य (Flexural Strength)	
(i) प्रथम क्रैक पर तनाव विकृति	40
(ii) विफलता पर तनाव विकृति	100
	60
स्थिर भार (Static load)	20-25 times
	125

(3) पालीमर कंक्रीट (Polymer Concrete)—कंक्रीट की जलयोजना क्रिया के फलस्वरूप कंक्रीट में कुछ रन्ध्र रह जाते हैं जिससे इसकी संरचना रन्ध्रमय हो जाती है। कंक्रीट में पारगम्यता इसमें उपस्थित रन्ध्रों की मात्रा पर निर्भर करती है। कंक्रीट जितनी रन्ध्रमय होगी अपारगम्यता एवं सामर्थ्य उतनी कम होगी। अतः अगर इन रन्ध्रों को भर दिया जाये तो कंक्रीट के गुणों में विकास हो सकता है। इस कार्य के लिये कुछ पदार्थों के एकाकी अणुओं (Monomer) से गर्मित करके उसका बहुलीकरण (Polymerisation) किया जाता है तब इसे पालीमर कंक्रीट कहते हैं। इस प्रकार की कंक्रीट की सामर्थ्य 140 N/mm^2 तक भी प्राप्त की जा सकती है। पालीमर कंक्रीट अनेक प्रकार की हो सकती है। इसमें से कुछ में सीमेन्ट के स्थान पर पालीमर का प्रयोग भी किया जाता है। मिलावे के रन्ध्रों में मानोमर विसरित (Diffuse) कर रासायनिक विधि द्वारा बहुलीकरण कर दिया जाता है।

इसी प्रकार दूसरी तरह की पालीमर गर्मित कंक्रीट में कंक्रीट अवयव को भट्टी में रखकर निर्वात द्वारा इसके रन्ध्रों से वायु निष्कासित कर दी जाती है। अब इन रन्ध्रों में निम्न श्यानता वाला मोनोमर विसरित कर उसका विकिरण ऊष्मा या रसायनिक विधि से बहुलीकरण करके इसके रन्ध्रों को सील कर दिया जाता है। इस प्रकार की कंक्रीट पूर्व निर्मित अवयवों हेतु उपयुक्त होती है।

पालीमर कंक्रीट के निर्माण की प्रकिया को निम्न प्रकार समझाया जा सकता है—

- अवयव का सीमेन्ट कंक्रीट के द्वारा अभिकल्पन के पश्चात् निर्माण, तराई इत्यादि।
- कंक्रीट को 120 °C से 150 °C तक गर्म करके नमी को समाप्त करना।
- कंक्रीट को 35 °C तक धीरे-धीरे ठंडा करना।
- कंक्रीट अवयव को निर्वात में रखकर रन्ध्रों की हवा को बाहर चूस लेना।
- मोनोमर (Monomer) का कंक्रीट अवयव पर पूरी तरह से लेप करना तथा लम्बे समय तक उसे इसी प्रकार से रखना जिससे अन्दर तक इसका प्रवेश हो जाये। इस हेतु दाब भी लगाया जा सकता है।
- सतह को प्लॉस्टिक शीट से ढकना।

- विकिरण, ऊष्मा का रसायनिक विधि से मोनोमर का बहुलीकरण (Polymerization) करना।
- रन्ध्र मुक्त पोलीमर कंक्रीट का प्राप्त होना।

पोलीमर कंक्रीट की संपीडन एवं तनन सामर्थ्य

Type of Polymer System	Compressive Strength MPa	Tensile Strength MPa	Modulus of Elasticity × 10^2 MPa
Isophthalate or Orthophthalate Polymer	50–140	7–10	9–30
Vinylester	114	7–9	—
Epoxy	45–130	6–16	7–31
Methyl-metha-acrylate + trimethol propane trimethacrylate	60–80	8–9	36
Furane	70–80	5–8	20–32
Methly-metha-acrylate (MMA)	60–120	8–9	15–18
Acrylic	130	30	×
Carbamide	40–60	25–30	10–12

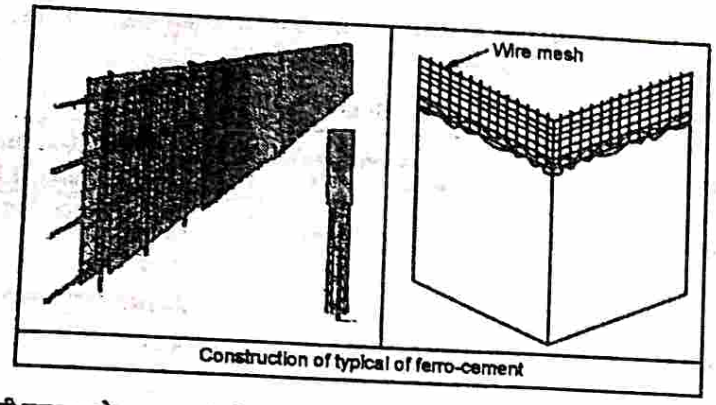
Ref. Concrete Tech. M.L. Gambhir

पोलीमर कंक्रीट व साधारण कंक्रीट के गुणों की तुलना

Property	Polymer Concrete	Plain Concrete
Compound Strength	120 MPa	30 MPa
Tensile Strength	15 MPa	3 MPa
Flexural Strength	35 MPa	8 MPa
Water Absorption	0·5%	5·5%
% wt Loss on	Nil	9·5%
90 day Chemical Attack		

Ref. Seshadri and Ramana Kumar

(4) फैरो सीमेन्ट कंक्रीट (Ferro Cement Concrete)—भारत में प्राचीन काल से ही कच्ची दीवारों को बांस की जालियों से प्रबलित कर गारे से दीवारों को बनाने का प्रचलन रहा है। फैरोसीमेन्ट भी एक विशेष प्रकार की प्रबलित कंक्रीट है जिसमें छड़ों के स्थान पर महीन तारों की जाली का प्रबलन दिया जाता है। इसमें कंक्रीट के स्थान पर केवल सीमेन्ट बालू का ही प्रयोग किया जाता है। साधारण संरचनायें जिन पर भार कम आते हों इस पद्धति से बनाने में अच्छी प्रदर्शन करती हैं। यह कंक्रीट साधारण प्रबलित कंक्रीट से सस्ती, हल्की तथा उत्तम रहती है। इसके लिये कोई विशेष अभिकल्पन भी नहीं करना पड़ता तथा इनकी मोटाई भी कम रहती है। इसमें किसी विशेष प्रकार की लेबर की आवश्यकता नहीं पड़ती तथा यह कम समय में तैयार हो जाती है।



Construction of typical of ferro-cement

चित्र में दिखायी व्यवस्था के अनुसार कंक्रीट को एक या अधिक जालियों द्वारा प्रबलित किया जाता है और सीमेन्ट-बालू के मसाले से भर दिया जाता है। तारों की जाली इस कंक्रीट को तनन सामर्थ्य एवं तन्यता प्रदान करती है। इस प्रकार की कंक्रीट में दरारों की संभावना भी नगण्य रहती है। इसके अलावा दृढ़ता, फैटीग के प्रति प्रतिरोध, अपारगम्यता आदि गुण भी बेहतर हो जाते हैं।

फैरो सीमेन्ट के निर्माण को मुख्यत: निम्न भागों में बाँट सकते हैं—

(1) निर्माण हेतु अवयव की माप के अनुसार ढांचा तैयार करना।

(2) 14 से 18 गेज के तारों की जाली को फिट करना।

(3) 1 : 2 से 1 : 3 अनुपात की सीमेन्ट-बालू में मसाले के दोनों तरफ भरकर समतल करना।

(4) तराई करना (4 से 7 दिन तक)

फैरो सीमेन्ट के निर्माण हेतु मसाला हाथ से या शाटक्रीट से भरा जा सकता है। मसाले का जल सीमेन्ट अनुपात 0·4 रखा जाता है। यदि कुछ सम्मिश्रक मिलाये जायें तो यह अनुपात कम भी किया जा सकता है।

फैरो सीमेन्ट की अपारगम्यता बहुत अधिक होती है तथा इसमें दरारें भी न के बराबर होती हैं। अत: इसका प्रयोग पानी के भंडारण वाले अवयवों में बहुतायत से किया जाता है। इसको किसी आकार में ढाला जा सकता है अत: इसका प्रयोग पानी की टंकियों, बिन्स, सीलो, बायोगैस होल्डर, पाइप, किऔस्म, मौडुलर हाउस, कॉलम के फर्में इत्यादि के बनाने में किया जाता है।

फैरो सीमेन्ट के उपयोग के निम्न लाभ हैं—

(1) फैरो सीमेन्ट से बने अवयव पतले व हल्के होते हैं। अत: भार में कमी होने पर नींव की लागत कम हो जाती है।

(2) पूर्वनिर्मित यूनिट बनाकर फिर दूसरी जगह ले जाने में भी सहायक है।

(3) निर्माण प्रक्रिया सरल है तथा किसी भी प्रकार से अति कुशल लेबर की आवश्यकता नहीं है।

(4) फर्माबन्दी की आवश्यकता न के बराबर पड़ती है।

(5) क्षतिग्रस्त होने पर आसानी से मरम्मत योग्य है।

(5) तैयार कंक्रीट (Ready Mix Concrete)—कंक्रीट तैयार करते समय इसके अवयवों को भली प्रकार एकत्र करना, सही भंडारण करना, सही प्रकार से माप तोल कर मिलाना, जल-सीमेन्ट अनुपात का ध्यान रखना, सभी प्रक्रियाओं में कुशल प्रबन्धन की आवश्यकता पड़ती है। कहीं पर भी कमी रहने से कंक्रीट की गुणवत्ता पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है। इसके अतिरिक्त कंक्रीट की सामर्थ्य, सुकार्यता, अपारगम्यता, टिकाऊपन, अपघर्षण प्रतिरोध, आयु भी उत्तम रहे इसका ध्यान रखना भी आवश्यक होता है।

अत: यह सभी संसाधन जुटा पाना संभव नहीं हो पाता और मितव्ययी भी नहीं होता। अत: इस स्थिति से निपटने के लिये किसी उपयुक्त स्थल पर बैचिंग व मिश्रण संयन्त्र स्थापित कर लिये जाते हैं। इन संयन्त्रों में पूरी तरह गुणवत्ता नियन्त्रण करते हुए नियन्त्रित परिस्थितियों में कंक्रीट का निर्माण किया जाता है। इन कंक्रीट को निर्माण कार्यों तक ट्रक या किसी अन्य वाहन से पहुँचा दिया जाता है। कंक्रीट परिवहन के दौरान सैट न हो जाये इसके लिये वाहन में विलोडक लगा होता है जो कंक्रीट को घुमाता रहता है। कंक्रीट में सम्मिश्रक मिलाकर सैटिंग टाईम को नियन्त्रित भी किया जा सकता है।

तैयार कंक्रीट में प्रयोग के निम्न लाभ हैं—

(1) कंक्रीट के गुणवत्ता प्रमाणित रहती है तथा एक सी रहती है।

(2) कंक्रीट में जल-सीमेन्ट अनुपात मानक रूप से बनाये रखा जाता है अत: कंक्रीट टिकाऊ होती है।

(3) स्थल पर कंक्रीट के बनाने की प्रक्रियाओं की आवश्यकता नहीं होती अत: निर्माण की गति बढ़ जाती है।

(4) स्थल पर सामग्री के भंडारण की आवश्यकता नहीं पड़ती।

(5) समिश्रकों का आवश्यकतानुसार सही मिश्रण किया जा सकता है।

(6) कंक्रीट की गुणवत्ता का प्रमाण-पत्र भी प्राप्त हो जाता है।

(7) निर्माण सामग्री का अपव्यय भी बच जाता है।

(8) इस प्रकार की कंक्रीट पर्यावरण के लिये भी उपयुक्त हैं, क्योंकि इसका प्रयोग वातावरण में धूल, शोर इत्यादि को कम करता है।

(6) प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (Reinforced Cement Concrete)—यह विदित है कि साधारण कंक्रीट की तनन सामर्थ्य काफी कम होती है। अत: कंक्रीट को इस्पात की छड़ों का प्रबलन दे दिया जाये तो इसकी तनन सामर्थ्य भी ठीक हो जाती है। इस प्रकार की कंक्रीट को प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट कहते हैं। इस्पात की छड़ों को कंक्रीट के अवयव में उस स्थान पर डाला जाता है जहाँ तनन बल आ रहे हों। अत: इस प्रकार की संरचनायें मौसम के प्रकोप से भी सुरक्षित रहती हैं। इस प्रकार की कंक्रीट की आयु भी अधिक होती है। इसका प्रयोग घरनों लिन्टल, छज्जों, स्लैब, स्तम्भ, दीवारों, टंकियों, चिमनी, सीढ़ियों इत्यादि में किया जाता है।

(7) जलरोधी कंक्रीट (Waterproof Concrete)—सामान्यत: कंक्रीट पूर्णत: जलरोधी नहीं होती। कंक्रीट के बाँध इत्यादि में पानी के रिसन से यह देखा गया है कि पानी के लगातार सम्पर्क में आने पर इसमें नमी प्रवेश कर जाती है। ऐसी कंक्रीट जिसमें नमी प्रवेश न कर सके जलरोधी कंक्रीट कहलाती है।

कंक्रीट की पारगम्यता इसमें सीमेन्ट की मात्रा, मिलावे का श्रेणीकरण, पानी की मात्रा कंक्रीट के मिश्रण, कुटाई व तराई के तरीके इत्यादि पर निर्भर करती है। कंक्रीट की **रिक्तियों में वायु** प्रवेश इसकी पारगम्यता बढ़ाता है। अत: अगर रिक्तियाँ न्यूनतम हों तो कंक्रीट की अपारगम्यता बढ़ जाती हैं।

कंक्रीट में जलरोधी यौगिकों का प्रयोग करके इसकी अपारगम्यता को बढ़ाया जा सकता है। पिसा हुआ चॉक, टेल्क, सोडियम सिलिकेट, जिंक सल्फेट, कैल्शियम क्लोराइड इत्यादि इस कार्य के लिये प्रयोग किये जा सकते हैं। इनकी मात्रा सीमेन्ट के भार से 1% से 3% तक रखी जा सकती है। बाजार में ये अवयव पडलो (Pudlo), सीको (Sieko), इमपरमों (Impermo), कम्पोसील (Composeal), एक्वासील (Aquaseal) नाम से भी मिलते हैं। कंक्रीट की सतह पर वैक्स, फैल्ट, रेजिन, वनस्पति तेल, कोलतार, बिटूमन आदि का लेप करके इसको जलरोधी बनाया जा सकता है। कंक्रीट को तहखानों, डी०पी०सी०, छतों पर, प्रतिधारक दीवारों में जलरोधी बनाना आवश्यक होता है।

(8) अल्पभार कंक्रीट (Light Weight Concrete)—हल्के भार वाली कंक्रीट मिलावे में वायु रन्ध्र पैदा करके बनायी जाती है। इस कंक्रीट का प्रति इकाई भार, सामान्य कंक्रीट से काफी कम होता है। सामान्य कंक्रीट का भार 2400 N/m^3 माना जाता है, जबकि इस कंक्रीट का भार 8000 से 16000 N/m^3 तक ही होता है। इस प्रकार की कंक्रीट का प्रयोग पर्दा दीवारों या

फर्शों की फिलिंग में किया जाता है जिससे संरचना पर अधिक भार न पड़े। इस प्रकार की कंक्रीट में हल्के भार वाली गिट्टी (10000 N/m^3) का प्रयोग किया जाता है। हल्के भार वाले मिलावे निम्न हो सकते हैं—

(i) ब्रीज या क्लिंकर—यह जले कोयले की राख होती है। इसके प्रयोग के समय बालू का प्रयोग नहीं होता।

(ii) झावाँ पत्थर (Pumice Stone)—झावाँ पत्थर की गिट्टी का प्रयोग अल्प भार वाली कंक्रीट के लिये किया जा सकता है।

(iii) झागदार धातुमल (Foamed Slag)—झोंका भट्टी से निकली धातुमल को तुरन्त पानी डालकर बुझाने से झागदार धातुमल प्राप्त होती है। इसका घनत्व 13000 N/m^3 से 14500 N/m^3 तक होता है।

(iv) सिलिका सैंड, **(v)** ज्वालामुखी का लावा, **(vi)** प्यूमाइस (Pumice), **(vii)** ईंटों का रोड़ा, **(viii)** सिंडर (Cinder), **(ix)** फ्लाई ऐश (Fly ash), **(x)** वर्मीकुलाइट (Vermicullite), **(xi)** परलाइट (Expanded perlite)।

अल्प भार वाली कंक्रीट के गुण दोषों का निम्न प्रकार वर्णन किया जा सकता है—

गुण—

(1) संरचना पर भार में कमी होती है जिससे नींव की माप कम रखी जा सकती है। अत: कुल व्यय में कमी आती है।

(2) ऐसी दीवारें जिन पर भार न आ रहा हो तथा सिर्फ विभाजन के कार्य हेतु बनायी गयी हों के लिये अल्पभारीय कंक्रीट उपयोगी है।

(3) अग्नि प्रतिरोधी होती हैं।

(4) भूकम्प में अच्छा प्रदर्शन करती हैं।

(5) संकुचन में अच्छा प्रदर्शन करती हैं।

(6) ध्वनि का ताप अवरोधक हैं।

(7) फ़रमाबन्दी पर कम भार आता है।

(8) कम समय में तैयार हो जाती हैं।

दोष—

(1) इसकी सामर्थ्य कम होती है।

(2) पारगम्य होती हैं। प्रबलन का क्षय हो सकता है।

(3) अपघर्षण सामर्थ्य भी कम होती है।

(4) सामर्थ्य के सभी गुणों में कमजोर पायी जाती हैं।

(9) सैल्फ कौम्पैक्टिंग कंक्रीट (Self Compacting Concrete)—इस प्रकार की कंक्रीट का प्रयोग ऐसे स्थलों पर किया जाता है जहाँ पर कम्पन्न या वाइब्रेटर का प्रयोग संभव न हो। प्रबलन इस्पात सघन हो जैसा कि पूर्व प्रबलित संरचनाओं में होता है।

इसका सर्वप्रथम प्रयोग 1980 में जापान में हुआ। इसमें प्रयुक्त होने वाले अवयव वहीं हैं जो साधारण कंक्रीट में होते हैं, परन्तु इनमें मिलावे का आकार, माप, ग्रेडिंग, सीमेन्ट, जल की मात्रा तथा सम्मिश्रण इत्यादि को इस प्रकार से चुनना होता है कि यह कंक्रीट स्वत: संहनित हो जाये। यह कंक्रीट इस प्रकार से बिछाई जाती है कि फरमाबन्दी में स्वत: ही बहकर पूरे स्थान में फैल जाये तथा इसमें किसी प्रकार का कम्पन न देना पड़े। साथ ही कंक्रीट में मिश्रण या पृथक्करण भी न हो। सम्मिश्रकों के प्रयोग से जल की आवश्यकता कम कर दी जाती है। साथ ही श्यानता कम करने हेतु भी समिश्रक मिलाये जाते हैं। संसजकता बढ़ाने के लिये फ्लाई ऐश (Flyash), वात्य भट्टी मल, सिलिका फ्यूम इत्यादि भी मिलाये जाते हैं।

इसके प्रयोग से मुख्य लाभ अग्र हैं—

(1) सघन प्रबलन वाले अवयवों में सरलता एवं तीव्रता से कंक्रीट बिछाई जा सकती है। इससे समय एवं धन दोनों की बचत होती है।

(2) स्थल पर लेबर की कमी की जा सकती है।

(3) कम जल-सीमेन्ट अनुपात के कारण बेहतर सामर्थ्य प्राप्त होती है।

(4) इस कंक्रीट की फिनिशिंग अच्छी आती है।

(5) निर्माण स्थल पर वाइब्रेटर इत्यादि का शोर नहीं होता।

(6) साफ एवं सुरक्षित कार्य हेतु वातावरण मिलता है।

10. पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट (Pre-stressed Concrete)—कंक्रीट तनन प्रतिबलों में कमजोर होती है। इस हेतु कंक्रीट में ढलाई से पूर्व या ढलाई के बाद इस प्रकार से पूर्व प्रतिबल उत्पन्न कर दिये जाते हैं कि भार के आने पर उसमें कहीं भी तनन प्रतिबल उत्पन्न न हों। अत: इस प्रकार की कंक्रीट जिसमें पूर्व प्रतिबल उत्पन्न कर दिये जाते हैं पूर्व प्रतिबलित (Pre-stressed) कंक्रीट कहलाती है। पूर्व प्रतिबलन इस्पात की तारों जिन्हें टेंडन (Tendon) कहते हैं की सहायता से उत्पन्न किये जाते हैं। टेंडन में जैक से खींच कर तनाव बल उत्पन्न कर दिये जाते हैं फिर अवयव में जब कंक्रीट सेट हो जाती है तो इस टेंडन को किनारों पर जाम करके छोड़ दिया जाता है। पूरे अवयव में संपीडन प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं जो भार आने पर भी अवयव में कहीं भी तनन प्रतिबल उत्पन्न नहीं होने देते।

पूर्व प्रतिबलित कंक्रीट में बने अवयव अधिक सामर्थ्य वाले, टिकाऊ, हल्के और देखने में सुन्दर होते हैं।

इनका प्रयोग लम्बे पाट वाले पुलों, पाइप, टैंक, खम्बों, रेलवे स्लीपर इत्यादि में बहुतायत से होता है।

11. फ्लाई ऐश कंक्रीट (Fly ash Concrete)—कंक्रीट में fly ash को इस्तेमाल करने से अनेक लाभ हैं तथा यह कंक्रीट की performance को fresh तथा hardened स्थिति में बेहतर बनाता है। फ्लाई ऐश के इस्तेमाल से ताजी (fresh) कंक्रीट की सुकार्यता बेहतर हो जाती है तथा कंक्रीट की सामर्थ्य तथा टिकाऊपन (durability) भी improve होता है। इससे कंक्रीट की लागत में भी कमी आती है क्योंकि इसके मिलाने से कंक्रीट में सीमेन्ट की मात्रा भी घटायी जा सकती है। इसके प्रमुख लाभ निम्न हैं—

—सुकार्यता में वृद्धि

फलाई ऐश के दीर्घ वृत्ताकार कण छोटी-छोटी बाल-बियरिंग (ball-bearing) की तरह कार्य करते हुए एक lubricant का कार्य करते हैं, इससे सुकार्यता में वृद्धि हो जाती है।

—पानी की मांग में कमी

आवश्यक स्लम्प (slump) हेतु कंक्रीट में फ्लाई ऐश मिलाने पर जल की मांग 10% तक कम हो जाती है जिससे shrinkge, cracking में कमी आती है तथा सामर्थ्य में बढ़ोत्तरी होती है।

—जलयोजन की क्रिया में निकालने वाली ऊष्मा में कमी

सीमेन्ट की मात्रा में fly ash मिलाने से जो कमी आती है उससे hydration की क्रिया में ऊष्मा में भी कुछ कमी होती है।

—अन्तिम सामर्थ्य में बढ़ोत्तरी

Fly ash के प्रयोग से calcium silicate hydrate (C–S–H) बाइंडर उत्पन्न होता है।

$$\text{Cement Reaction } C_2S + H \longrightarrow C\text{–}S\text{–}H + CaOH$$

$$\text{Pozzolanic Reaction } CaOH + S \longrightarrow C\text{–}S\text{–}H$$

$$\downarrow$$

Silicates from ash constituents

अत: fly ash के द्वारा उत्पन्न अतिरिक्त कैल्शियम सिलिकेट बाइंडर के द्वारा कंक्रीट में समय के साथ सामर्थ्य बढ़ती रहती है।

—टिकाऊपन में बढ़ोत्तरी

कंक्रीट में मुक्त चूने (CaOH) की कमी एवं अतिरिक्त बांइडर के कारण अपारगाम्ता, सल्फेट क्रिया से बचाव, टिकाउपन, दरारों के प्रति प्रतिरोधकता, क्षय के प्रति बचाव आदि सभी गुणों में वृद्धि होती है।

(12) सिलिका फ्यूम कंक्रीट (Silica Fume Concrete)—सिलिका फ्यूम एक बाई प्रोडक्ट है जो silicon तथा metal के प्रोडक्शन के दौरान प्राप्त होता है। यह एक pozzolan पदार्थ है तथा इसके कंक्रीट में मिलाये जाने पर सामर्थ्य तथा टिकाउपन में वृद्धि होती है। सिलिका फ्यूम कंक्रीट के यान्त्रिक गुणों एवं टिकाउपन दोनों मे वृद्धि करता है। इसके प्रयोग से कंक्रीट में प्रयुक्त होने वाले स्टील में क्षय (corrosion) में भी कमी आती है। इसका प्रयोग आजकल विश्व में सस्ती, टिकाऊ, अधिक सामर्थ्य की तथा रसायनिक तत्वों से मुक्त कंक्रीट के निर्माण में बहुतायत से किया जा रहा है। Fly ash की तरह इसका प्रयोग सीमेन्ट की कुछ मात्रा कम करके सीमेन्ट के स्थान पर किया जा सकता है। इसको प्रोडक्शन के समय सीमेन्ट में या कंक्रीट के निर्माण के समय दोनों परिस्थितियों में प्रयोग किया जा सकता है।

सिलिका फ्यूम में 90% SiO_2 (सलिकोन ऑक्साइड) होता है। यह भी fly ash की तरह मुक्त चूने से क्रिया करके अतिरिक्त बाइंडर का निर्माण करता है। प्रमुख कार्य निम्न हैं—

- reacts with free lime to produce strong cementitious compound calcium silicate hydroxide (C–S–H). Increases 28 days strength.
- reduces the pH or the pore fluid in concrete so reduces corrosion of steel.
- improves impermeability, electrical resistivity and tensile strength of concrete.

प्रश्नावली

1. विशेष प्रकार की कंक्रीट क्या है इनका प्रयोग कब किया जाता है?
2. विशेष प्रकार की कुछ कंक्रीटों के नाम लिखो तथा समझाओ।
3. निम्न पर टिप्पणी लिखें—
   (i) अधिक सामर्थ्य वाली कंक्रीट
   (ii) फाइबर प्रबलित कंक्रीट
4. पोलीमर कंक्रीट क्या है? यह किस प्रकार बहुउपयोगी हो सकती है?
5. फैरो सीमेन्ट का प्रयोग कहाँ-कहाँ पर किया जाता है? इसके निर्माण की प्रक्रिया को समझाइये।
6. तैयार कंक्रीट की आवश्यकता क्यों पड़ती है? इसके प्रयोग के लाभ बताइये।
7. अपने शहर के आस-पास तैयार कंक्रीट बनाने वाली फर्मों की लिस्ट तैयार करें तथा उनसे प्राप्त हो सकने वाली कंक्रीट (RMC) की विशिष्टिता भी नोट करें।
8. गर्म मौसम में कंक्रीट का कार्य करने में क्या कठिनाईयाँ आती है? समझाइये।
9. गर्म मौसम का कंक्रीट का क्या प्रभाव पड़ता है?
0. गर्म मौसम में कंक्रीट का कार्य करते समय क्या सावधानियाँ बरतनी चाहिये?
1. गर्म मौसम में कंक्रीट के अवयवों का तापक्रम किस प्रकार कम किया जाता है?
2. अत्यधिक ठण्डो मौसम में कंक्रीटिंग करते समय क्या सावधानियाँ रखनी चाहिये?
. ठण्डे मौसम में कंक्रीटिंग हेतु त्वरणों के प्रयोग पर प्रकाश डालिये।
. ठण्डे मौसम में कंक्रीट की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है?

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. उच्च ताप पर–
   (a) कंक्रीट की सामर्थ्य बढ़ जाती है
   (b) कंक्रीट का सामर्थ्य घट जाती है
   (c) सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है
   (d) उपरोक्त में से कोई नहीं
2. अधिक तापक्रम पर कंक्रीट का–
   (a) ग्रमाव काल तापक्रम के अनुक्रमानुपाती होता है
   (b) जमाव काल तापक्रम के समानुपाती होता है
   (c) जमाव काल तापक्रम के व्युत्क्रमानुपाती होता है
   (d) उपर्युक्त में से कोई नहीं
3. जिप्सम का प्रयोग किया जाता है–
   (a) रंग के लिए
   (b) सामर्थ्य के लिए
   (c) जमाव काल को अधिक करने के लिए
   (d) उपरोक्त सभी
4. मंदक वे पदार्थ होते हैं–
   (a) जिनके मिलाये जाने पर कंक्रीट की सैटिंग धीमी हो जाती है
   (b) कंक्रीट की सेटिंग तीव्र हो जाती है
   (c) कंक्रीट की सेटिंग पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता है
   (d) उपरोक्त सभी
5. अधिक तापक्रम पर कंक्रीट की–
   (a) प्रारम्भिक सामर्थ्य ज्यादा तथा अन्तिम सामर्थ्य कम हो जाती है
   (b) प्रारम्भिक सामर्थ्य कम तथा अन्तिम सामर्थ्य अधिक हो जाती है
   (c) सामर्थ्य पर कोई प्रभाव नहीं होता
   (d) जलायोजन क्रिया धीमी हो जाती है।
6. निम्न तापमान पर कंक्रीट–
   (a) शीघ्र सैट हो जाती है
   (b) जलयोजन की क्रिया धीमी हो जाती है
   (c) तापक्रम में अन्तर होने के कारण दरार पड़ने की सम्भावना बढ़ जाती है
   (d) (b) व (c)
7. त्वरकों के प्रयोग से–
   (a) कंक्रीट में जलायोजन क्रिया शीघ्र हो जाती है
   (b) कंक्रीट शीघ्र कठोर हो जाती है
   (c) कंक्रीट की सुकार्यता बढ़ जाती है तथा कंक्रीट में संकुचन भी बढ़ जाता है
   (d) उपरोक्त सभी
8. ठण्डे मौसम में कंक्रीट संघटकों का भण्डारण–
   (a) सीधे भूमि पर करना चाहिए
   (b) लकड़ी के तख्तों पर करना चाहिए
   (c) खुले स्थान पर करना चाहिए
   (d) नमी वाले स्थान पर किया जाना चाहिए
9. कंक्रीट के लिए उपयुक्त तापक्रम है–
   (a) 10°C – 15°C (b) 20°C – 30°C (c) 10°C – 27°C (d) 30°C – 40°C
10. ठण्डे मौसम में कंकीट में प्रयुक्त जल का तापक्रम–
    (a) 10°C से अधिक नहीं होना चाहिए
    (b) 20°C से कम नहीं होना चाहिए
    (c) किसी भी स्थिति कसे 65°C से अधिक नहीं होनी चाहिए
    (d) 35°C से अधिक नहीं होना चाहिए

11. रेशा प्रबलित कंक्रीट में फाइबर या रेशों के कारण—
(a) मिश्रण की सुकार्यता घट जाती है तथा पृथक्करण की सम्भावना शून्य हो जाती है
(b) मिश्रण की सुकार्यता बढ़ जाती है।
(c) मिश्रण में पृथक्करण की सम्भावना बढ़ जाती है (d) उपरोक्त सभी

12. रेशें युक्त कंक्रीट का प्रयोग किया जाता है–
(a) कंक्रीट में दरारों को रोकने के लिए (b) संघट्ट सामर्थ्य बढ़ाने में
(c) पृथक्करण को रोकने के लिए (d) उपरोक्त सभी

13. कंक्रीट की पारगम्यता निर्भर करती है–
(a) कंक्रीट में उपस्थित रन्ध्रों की मात्रा पर (b) कंक्रीट में उपस्थित महीन मिलावे पर
(c) जल सीमेण्ट अनुपात पर (d) उपरोक्त सभी

14. उच्च सामर्थ्य वाली कंक्रीट के प्रयोग से–
(a) अवयव की माप में कमी आ जा सकती है
(b) कंक्रीट टिकाऊ होती है तथा लम्बे समय तक कार्य योग्य रहती है
(c) क्रैक्स, रसायनिक आक्रमण के प्रति कंक्रीट अधिक बेहतर तरह से कार्य करती है
(d) उपरोक्त सभी

15. पोलीमर कंक्रीट की तनन सामर्थ्य प्लेन कंक्रीट की तुलना में–
(a) पाँच गुणा अधिक होती है (b) कम होती है
(c) बराबर होती है (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

16. फैरो सीमेण्ट कंक्रीट में–
(a) सीमेण्ट व बालू का प्रयोग होता है (b) महीन तारों की जाली का प्रबलन दिया जाता है
(c) अपारगम्यता बहुत अधिक होती है तथा दरारें नहीं होती
(d) उपरोक्त सभी

17. प्रबलित सीमेण्ट कंक्रीट में इस्पात छड़ों का प्रबलन दिया जाता है–
(a) कंक्रीट की तनन सामर्थ्य को बढ़ाने के लिए (b) कंक्रीट की पारगम्यता कम करने के लिए
(c) कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य बढ़ाने के लिए (d) कंक्रीट की अभिलाग सामर्थ्य बढ़ाने के लिए

18. जलरोधी कंक्रीट का प्रयोग _____ में किया जाएगा–
(a) तहखानों में (b) डी० पी० सी० में (c) प्रतिधारक दीवारों में (d) उपरोक्त सभी

19. पूर्व प्रबलित कंक्रीट से बने अवयव–
(a) हल्के व सुन्दर (b) अधिक सामर्थ्य वाले
(c) सम्पीडन प्रतिबल उत्पन्न करते हैं, जो भार आने पर भी तनन प्रबलित नहीं आने देते
(d) उपरोक्त सभी

20. अल्पभार कंक्रीट में निम्न का प्रयोग नहीं होता–
(a) ब्रीज या क्लिंकर (b) झामा पत्थर (c) फ्लाई ऐश (d) फाइबर

उत्तरमाला

1.	(b)	2.	(c)	3.	(c)	4.	(b)	5.	(b)	6.	(d)	7.	(d)	8.	(b)	9.	(c)	10.	(c)
11.	(a)	12.	(d)	13.	(a)	14.	(d)	15.	(a)	16.	(d)	17.	(a)	18.	(d)	19.	(d)	20.	(d)

❑

कंक्रीटिंग संक्रियायें
(Concreting Operations)

Syllabus

8.1 Storing of cement :
- 8.1.1 Storing of cement in a warehouse.
- 8.1.2 Storing of cement at site.
- 8.1.3 Effect of storage on strength of cement.
- 8.1.4 Determination of warehouse capacity for storage of cement.

8.2 Storing of Aggregate, Storing of aggregate at site.

8.3 Batching (To be shown during site visit) :
- 8.3.1 Batching of cement.
- 8.3.2 Batching of aggregate by :
  - 8.3.2.1 Volume, using gauge box (farma), selection of proper gauge box.
  - 8.3.2.2 Weight spring balances and batching machines.
- 8.3.3 Measurement of water.

8.4 Mixing :
- 8.4.1 Hand mixing.
- 8.4.2 Machine mixing, types of mixers, capacity of mixers, choosing appropriate size of mixers, operation of mixers.
- 8.4.3 Maintenance and care of mixers.
- 8.4.4 Batching and mixing plants.

8.5 Transportation of concrete : Transportation of concrete using wheel borrows, transit mixers, chutes, belt conveyors, Dumpers and trucks, tremie, monorail system, pumps, tower crane and hoists etc.

8.6 Placement of concrete :
Type of formworks and scaffoldings, checking of formwork, shuttering and precautions to be taken during placement.

8.7 Compaction :
- 8.7.1 Hand compaction.
- 8.7.2 Machine compaction, type of vibrators, internal screed vibrators and form vibrators.
- 8.7.3 Selection of suitable vibrators for different situations.

8.8 Finishing concrete slabs, creeding, floating and trowelling.
8.9 Curing :
8.9.1 Objective of curing like ponding membrane curing steam curing, chemical curing
8.9.2 Duration for curing and removal of formwork.
8.10 Jointing, location of construction joint treatment of construction joints, expansion joints in buildings, their importance and location.
8.11 Defects in concrete : Identification of defecrts and method of removing defects.

सामान्य (Introduction)

सामान्य कंक्रीट मिक्स का सही प्रकार का निर्धारण कर देने के पश्चात् इस बात की कोई गारंटी नहीं होती है कि कंक्रीट हमें उत्तम गुणवत्ता की प्राप्त होगी। इसके लिये कंक्रीट का उत्पादन, बिछाना, कुटाई एवं तराई इत्यादि भी ठीक प्रकार से होनी चाहियें तभी हमें उत्तम प्रकार की कंक्रीट प्राप्त होगी। उत्तम प्रकार की कंक्रीट सभी अवयवों के समांग मिश्रण से ही तैयार हो सकती है। यहाँ पर यह बात भी ध्यान देने योग्य है कि कंक्रीट के हर घान (Batch) में गुणवत्ता समान रहनी चाहियें जिसके लिये कुशल नियन्त्रण अत्यन्त आवश्यक है। कंक्रीट उत्पाद हेतु प्रमुख क्रियायें निम्नलिखित हैं—

(i) संघटकों का भण्डारण (Storing of Material)
(ii) घान मापन या बैचिंग (Batching)
(iii) कंक्रीट का मिश्रण (Mixing)
(iv) परिवहन (Transportation)
(v) कंक्रीट का बिछाना (Placing)
(vi) कंक्रीट की कुटाई (Compaction)
(vii) कंक्रीट सतहों की सम्पूर्ति (Finishing)
(viii) तराई (Curing)
(ix) कंक्रीट कार्य में जोड़ (Joints in Concrete Work)

संघटकों का भण्डारण (Storing of Materials)

कंक्रीट के संघटकों में सीमेन्ट तथा मिलावा (महीन व मोटा) मुख्य हैं। इनके भण्डारण हेतु आवश्यक तैयारी कार्य प्रारम्भ होने से पूर्व ही कर लेनी चाहिये। सीमेन्ट 50 kg के बोरों में या 250 kg के इस्पात के ड्रमों में सप्लाई किया जाता है।

8.1 सीमेन्ट का भण्डारण (Storing of Cement)

यदि सीमेन्ट की आपूर्ति लगातार नहीं हो पा रही हो तो सीमेन्ट के भण्डारण की आवश्यकता पड़ती है। यदि सीमेन्ट से नमी को दूर रखा जाये तो सीमेन्ट की गुणवत्ता लम्बे समय तक बनाये रखी जा सकती है। लेकिन वातावरण के सम्पर्क में आने पर यह नमी को सोख लेता है जिससे इसमें जलयोजन की क्रिया प्रारम्भ हो जाती है तथा यह सैट होने लगता है और खराब हो जाता है। ऐसे सीमेन्ट की सामर्थ्य घट जाती है। अत: सीमेन्ट हमेशा ताजा ही प्रयोग करना चाहिये। सीमेन्ट के भण्डारण से इसकी सामर्थ्य घटने लगती है। इसके भण्डारण से सामर्थ्य में कमी निम्न प्रकार आंकी जा सकती है—

भण्डारण के 3 माह बाद कमी	—20%
भण्डारण के 6 माह बाद कमी	—30%
भण्डारण के 12 माह बाद कमी	—40%
भण्डारण के 24 माह बाद कमी	—50%

सीमेन्ट को सदा ढककर शेड के नीचे रखना चाहिये।

8.1.1 गोदाम में सीमेन्ट का भण्डारण (Storing of Cement In Ware House)

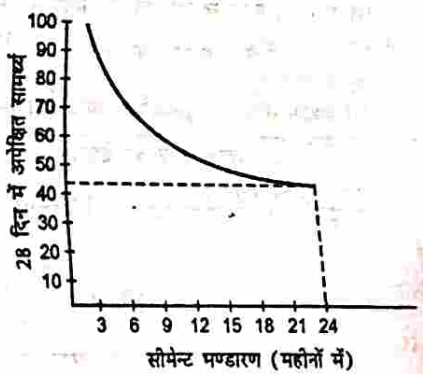
जैसा पहले भी लिखा जा चुका है कि सीमेन्ट नमी पाकर जमने लगता है, अत: भण्डारण के लिये नमी को दूर रखना अत्यन्त आवश्यक है। इसके लिये इसे हवा से भी बचाना होगा जिससे यह वातावरण की नमी न सोख ले। सीमेन्ट भण्डारण हेतु बनाये गये गोदामों में निम्न बातों का ध्यान रखना आवश्यक है—

(1) गोदाम पूर्णत: जलरोधी (Waterproof) होने चाहिये। छत, दीवारों एवं फर्श कहीं से नमी नहीं आनी चाहिये।
(2) गोदाम के दरवाजे, खिड़कियाँ व रोशनदान के सामने प्रक्षेप (Projections) निकले होने चाहिये जिससे वर्षा के समय छींटे भी गोदाम के अन्दर न आ सकें।
(3) गोदाम की छतें ज्यादा ऊँची नहीं होनी चाहिये, जिससे उसमें हवा कम रहे। खिड़की, दरवाजे कम से कम हों तथा बन्द ही रखें जायें।
(4) गोदामों की कुर्सीतल (Plinth) ऊँची होनी चाहिये जिससे जलभराव के समय गोदाम सुरक्षित रहेंगे तथा ट्रक से सीमेन्ट उतारने व चढ़ाने में आसानी रहेगी।
(5) गोदाम में सीमेन्ट को सीधे फर्श पर न रखकर लकड़ी के तख्तों पर रखना चाहिये या फर्श पूर्णत: जलरोधी (Waterproof) होने चाहियें।
(6) बोरों को किसी भी तरफ दीवार से 30 cm दूर ही रखना चाहिये जिससे दीवार की नमी से सीमेन्ट बचा रह सके।
(7) बोरे एक दूसरे से सटाकर लगे होने चाहियें जिससे उनमें से हवा का प्रवाह कम से कम हो सके।
(8) एक ऊँचाई में 10-15 से अधिक बोरे नहीं रखने चाहियें अन्यथा सीमेन्ट दबाव से सैट (air set) होने लगता है।
(9) भण्डारण के समय यह ध्यान रखना चाहिये कि जो सीमेन्ट पहले आये वहीं पहले उपयोग हो जिससे कोई भी सीमेन्ट का ढेर अधिक समय तक न रखा रह जाये।
(10) यदि आवश्यक हो तो सीमेन्ट के चट्टों को तिरपाल इत्यादि से ढककर रखा जा सकता है।
(11) भण्डार में रखे सीमेन्ट का प्रयोग वर्षा-ऋतु से पूर्व ही कर लेना चाहिये।
(12) भण्डार में रखे सीमेन्ट के बोरों का ठीक प्रकार से लेखा जोखा रखना चाहिये।

8.1.2 निर्माण स्थल पर सीमेन्ट का भण्डारण (Storing of Cement at Site)

सीमेन्ट की खपत को देखते हुए सीमेन्ट निर्माण स्थल पर भी स्टोर करना पड़ सकता है। यद्यपि यह अवधि अधिक नहीं हो सकती फिर भी अल्प समय हेतु भण्डारण के लिये निम्न सावधानियाँ रखनी चाहियें—

(1) भण्डारण-स्थल आस-पास के क्षेत्र से कम से कम 15 cm ऊँचा तथा नमी रहित होना आवश्यक है।
(2) भण्डारण-स्थल के ऊपर ईंट या बालू बिछाकर उस पर पटरे रखकर सीमेन्ट का भण्डारण करना चाहिये।
(3) बोरों को सटाकर रखना चाहिये जिससे उसमें वायु प्रवाहित न हो सके।
(4) एक चट्टे में 8-10 बोरे की ऊँचाई में रखने चाहियें।
(5) बोरों को तिरपाल या पोलीथीन से ढक देना चाहिये।



समय के साथ सीमेन्ट की सामर्थ्य में कमी

(6) कार्यस्थल पर सीमेंट का भण्डारण अधिक समय तक नहीं करना चाहिये यदि ऐसा हो तो सीमेन्ट को वापस गोदाम भेज देना चाहिये।

8.1.3 भण्डारण का सीमेन्ट की सामर्थ्य पर प्रभाव (Effect of Storage on Strength of Cement)

पूर्व में बताया जा चुका है कि भण्डारण से सीमेन्ट की सामर्थ्य में 50% तक कमी आ सकती है। वैसे यह कमी भण्डार की व्यवस्था पर निर्भर करती है तथा इसकी मात्रा कम-ज्यादा भी हो सकती है। यदि सीमेन्ट भण्डार में लम्बे समय तक रखा है तो प्रयोग से पूर्व इसे प्रयोगशाला में जांच लेना चाहिये।

वक्र द्वारा स्पष्ट है कि 24 माह पश्चात् सीमेन्ट की 28 दिन की सामर्थ्य में 50% तक कमी हो जाती है।

8.1.4 सीमेन्ट भण्डार का अभिकल्पन

सीमेन्ट भण्डार का Covered Area निर्धारण करने के लिये निम्न को ध्यान में रखना आवश्यक है—

(i) सीमेंट का बोरा 50 Kg का होता है। इसका आच्छादित क्षेत्रफल 0.30 m^2 लिया जाता है तथा ऊँचाई 0.18 m ली जाती है। अत: कुल आयतन 0.054 m^3 होता है। इन मापों में चारों तरफ छोड़े जाने वाली जगह (clearance) भी शामिल हैं।

(ii) 20 बोरे जिनका भार 1 Ton होता है के लिये कुल आयतन 1 m^3 से 1.15 m^3 तक आवश्यक होता है।

(iii) चट्टे की ऊँचाई अधिकतम 15 कट्टे/बोरे मान सकते हैं

$$\Rightarrow \qquad 15 \times 0.18 = 2.70 \text{ m}$$

(iv) चट्टों के बीच आने जाने का रास्ता 1.2 m से 1.5 m रखा जा सकता है।

(v) दीवारों से चट्टे की दूरी 0.30 m रखी जाती है।

(vi) भण्डार की ऊँचाई 3.6 m से 4.0 m तक ली जा सकती है।

उदाहरण—2500 सीमेन्ट के बोरे रखने के लिये भण्डार का क्षेत्रफल ज्ञात कीजिए। बोरे का क्षेत्रफल 0.30 m^2 तथा ऊँचाई 0.18 m मान लें।

हल—एक बोरे के लिये आवश्यक स्थान = $0.30 \times 0.18 = 0.054\ m^3$

2500 बोरों के लिये आयतन = $0.054 \times 2500 = 13.5\ m^3$

एक चट्टे में 15 बोरे (ऊँचाई में) मानते हुए चट्टे की कुल ऊंचाई = $0.18 \times 15 = 2.7$ m

छत पर 1.2 m का मुक्तान्तर लेते हुए ऊँचाई = 3.9 m

$$\text{बोरों के लिये आवश्यक क्षेत्रफल} = \frac{135}{2 \cdot 5} = 50\ m^2$$

माना गोदाम में दो चट्टे व्यवस्थित किये जाते हैं—

$$\text{प्रत्येक चट्टे का क्षेत्रफल} = \frac{50}{2} = 25\ m^2$$

एक पंक्ति में 6 बोरे रखने पर चट्टे की चौड़ाई (बोरे की लम्बाई 0.7 m मानते हुए)

$$= 0 \cdot 7 \times 6 = 4 \cdot 2\ m$$

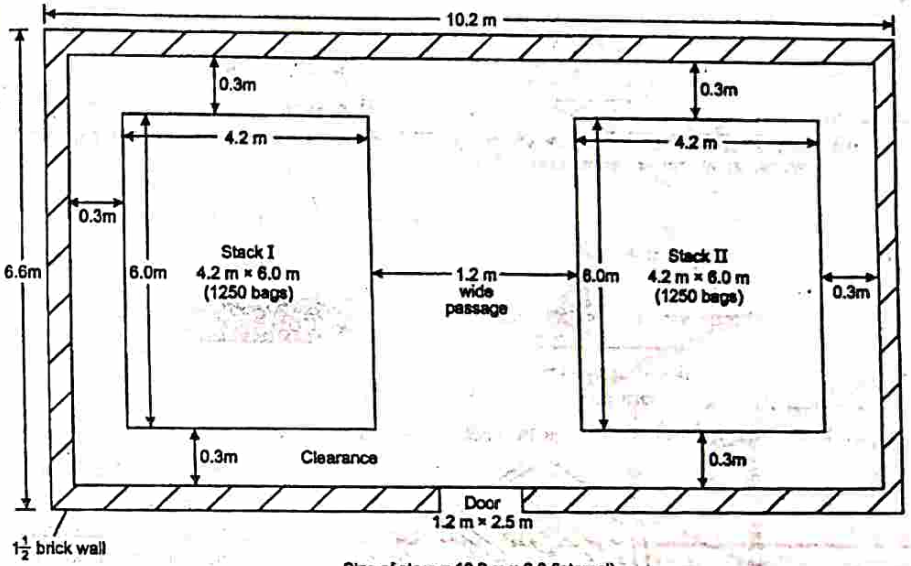
$$\text{चट्टे की लम्बाई} = \frac{25}{4 \cdot 2} = 5 \cdot 95\ m \simeq 6m \text{ (say)}$$

अत: गोदाम में 1250 बोरों के दो चट्टे लगाये जायेंगे। प्रत्येक चट्टे के लिये 4.2 m × 6m का स्थान छोड़ा जायेगा। चट्टे की दीवार से दूरी 30 m और चट्टों के मध्य 1.2 m का walking space छोड़ने पर गोदाम की भीतरी माप निम्न होंगी—

(i) गोदाम की लम्बाई = 0.30 + 4.2 + 1.2 + 4.2 + 0.30
= 10.2 m

(ii) गोदाम की चौड़ाई = 0.3 + 6 + 0.6 = 6.6 m

गोदाम का आन्तरिक क्षेत्रफल = 10.2 × 6.6
= 67.32 m^2



Size of store = 10.2 m × 6.6 (internal)
Height = 3.9 m
Plinth = 1.2 m
Floor = P.C.C.

सीमेण्ट भण्डारका प्लान (2500 बोरे)

8.2 मिलावों का भण्डारण (Storage of Aggregate)

मिलावा (महीन व मोटा) खदानों से ट्रकों या रेलवे के वैगनों द्वारा आता है। प्रत्येक ट्रक या वैगन पर (i) खदान का नाम, (ii) मिलावे का प्रकार, माप, किस्म, (iii) मिलावे की विशिष्टियाँ, (iv) मात्रा, (v) सप्लायर का नाम, (vi) नमी का प्रतिशत इत्यादि सूचना लिखी रहनी चाहिये। मिलावे को निर्माण स्थल के निकट अलग-अलग चट्टों में स्टोर करना चाहिये। मिलावा साफ होना चाहिये तथा धूल या गर्द से मुक्त होना चाहिये। धूल, गर्द या अन्य गन्दे पदार्थ सीमेन्ट पेस्ट में मिलकर जलयोजन की क्रिया को मन्द कर सकते हैं।

(a) मिलावे के भण्डारण में सावधानियाँ—

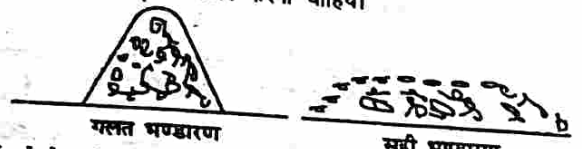
(i) मिलावे का भण्डारण ऐसे स्थान पर करना चाहिये जहाँ से मिक्सर पास पड़ता हो तथा ट्रक भी आसानी से पहुँच सके।

(ii) स्थल साफ, शुष्क तथा सरल होना चाहिये। यदि ऐसा स्थान उपलब्ध न हो तो ईंटें बिछाकर प्लेटफार्म बना लेना चाहिये।

(iii) मिलावे का भण्डारण इस प्रकार से हो कि श्रमिकों एवं निर्माण कार्य के प्रचलन में बाधा न उत्पन्न हो।

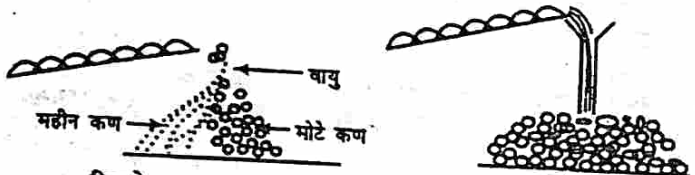
(iv) मिलावे को पेड़ के नीचे भण्डारण नहीं करना चाहिये वर्ना सूखे पत्ते इत्यादि इसमें मिल सकते हैं।

(v) मिलावे को समलम्बाकार चट्टे में स्टोर करना चाहिये।



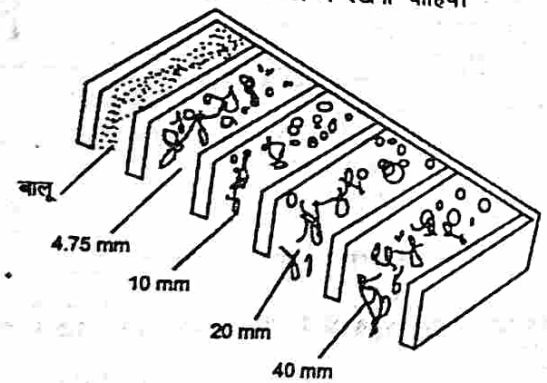
गलत भण्डारण — सही भण्डारण

(vi) मिलावे को ऊँचाई से नहीं गिराना चाहिये, क्योंकि इससे इसका पृथक्करण हो जाता है। अगर ऐसा करना आवश्यक हो तो ट्रेमी का प्रयोग करना चाहिये।



मिलाने का पृथक्करण गलत विधि — सही विधि

(vii) विभिन्न माप के मिलावे को अलग-अलग कोष्ठों में रखना चाहिये।



(viii) चट्टों की ढालें तीखी नहीं रखनी चाहियें। चट्टों की ऊँचाई 1·5 cm तक रखी जा सकती है।

(ix) मिलावे पर धूप का प्रभाव समान रूप से पड़ना चाहिये जिससे सतहों नमी एक सी रहे।

(x) महीन बालू को पानी छिड़ककर हवा से उड़ने से बचाते रहना चाहिये।

(xi) रेत के नीचे की 30 से०मी० परत का प्रयोग नहीं करना चाहिये। क्योंकि इसमें अधिक नमी होने की संभावना रहती है।

8.3 घानमापन, अनुपातन या बैचिंग (Batching of Material)

कंक्रीट के अवयवों को निर्धारित अनुपात में मापकर प्रयोग करने की क्रिया को अनुपातन या बैचिंग कहते हैं। यह पहले भी स्पष्ट किया जा चुका है कि कंक्रीट की गुणवत्ता उसके अवयवों के गुण तथा मिश्रण के अनुपात पर निर्भर करती है। अत: घानमापन या अनुपातन का कार्य अत्यन्त सावधानी एवं शुद्धता से करना चाहिये। घानमापन की निम्नलिखित विधियाँ हैं—

(i) आयतन के आधार पर अनुमापन (Volume Batching)

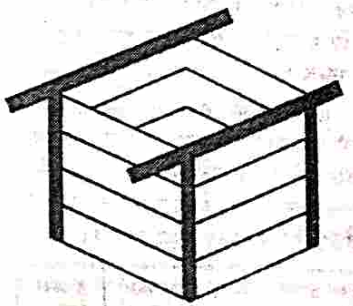
(ii) भार के आधार पर अनुमापन (Weight Batching)

8.3.1 आयतन के आधार पर अनुमापन (Volume Batching)

आयतन के आधार पर अनुमापन का कार्य सरलता से किया जा सकता है। लेकिन सीमेन्ट, महीन एवं मोटे मिलावे में वायु रन्ध्र होते हैं अत: मापते समय अवयवों की वास्तविक, ठोस मात्रा निश्चित नहीं रहती। मापन बक्से को ढीला या टाइट भरने पर मात्रा में अन्तर आ जाता है। फिर छोटे, कम महत्व के कार्यों में आयतन अनुमापन किया जा सकता है—

(a) सीमेन्ट का मापन—सीमेन्ट का मापन कभी भी आयतन के आधार पर नहीं करना चाहिये। सामान्यत: सीमेन्ट 50 kg के बोरों में प्राप्त होता है जिसका आयतन 35 लीटर लिया जाता है। सीमेन्ट को आयतन के अनुसार मापने पर एक ही आयतन के बक्से में दाब के कम ज्यादा होने पर सीमेन्ट की मात्रा कम ज्यादा हो सकती है। अत: सीमेंट को कभी भी बक्से में भरकर नहीं मापा जाता। एक बोरे सीमेन्ट का भार 50 kg तथा आयतन 35 लीटर ले लिया जाता है।

(b) मिलावा—महीन या मोटे मिलावे का आयतन नापने हेतु एक मानक बक्सा (Gauge Box) बनाया जाता है। इस गेज बाक्स का आयतन एक बोरे सीमेन्ट (35 लीटर) के आयतन के बराबर माना जाता है। इसकी आन्तरिक माप 27 cm × 27 cm × 48 cm या 30 cm × 30 cm × 39 cm रखी जाती है। रेत का मापन करते समय रेत के स्थूलीकरण के कारण रेत का आयतन अधिक प्रतीत होता है। अत: उसका समायोजन कर लेना चाहिये।


Gauge Box

मोटे मिलावे का मापन करते समय यह ध्यान रखना चाहिये कि बक्सा समान रूप से भरा हो। कार्य की समाप्ति पर बक्से को साफ करके रख देना चाहिये।

8.3.2 भार के आधार पर अनुमापन (Weight Batching)

सीमेन्ट तथा मिलावे का भार के आधार पर मापन करने पर किलोग्राम में मापा जाता है। आयतन की तुलना में भार के आधार पर मापन अधिक शुद्ध आता है। अत: महत्वपूर्ण कार्यों में जहाँ अधिक मात्रा में कंक्रीटिंग करनी हो भार मापन ही किया जाना चाहिये। मापन उपकरणों की शुद्धता सीमेन्ट के लिये ±2% तथा मिलावे व पानी के लिये ±3% की जाती है। (I.S. 456-2000) भार मापन करते समय कंक्रीट के अनुपात के लिये प्रत्येक अवयव का भार दर्शाने वाला एक चार्ट बना लेना चाहिये। सतही नमी तथा जल अवशोषकता हेतु समुचित समायोजन कर लेना चाहिये। घान मापन करते समय सयन्त्र का बर्तन पूरी तरह साफ होना चाहिये।

भार मापन हेतु मशीनें

(a) स्प्रिंग तोलक (Spring Balance)

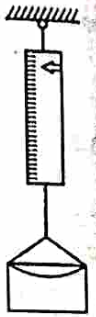
(b) प्लेटफार्म स्केल (Platform Scale)

(c) व्हील बैरो स्केल (Wheel Barrow Scale)

(d) ट्राली टाइप तोल बैचर (Trolly Type Weighing Batcher)

(e) बैचिंग प्लान्ट (Batching Plant)

(a) स्प्रिंग तोलक (Spring Balance)—स्प्रिंग तोलक के नीचे एक हुक लगा होता है जिसमें तोले जाने वाला पदार्थ भर कर तोल लिया जाता है। इसकी भार क्षमता 100-200 kg तक होती है। इस पर एक बार में एक ही पदार्थ तोला जा सकता है। यह तोलक छोटे कार्यों हेतु उपयुक्त है।

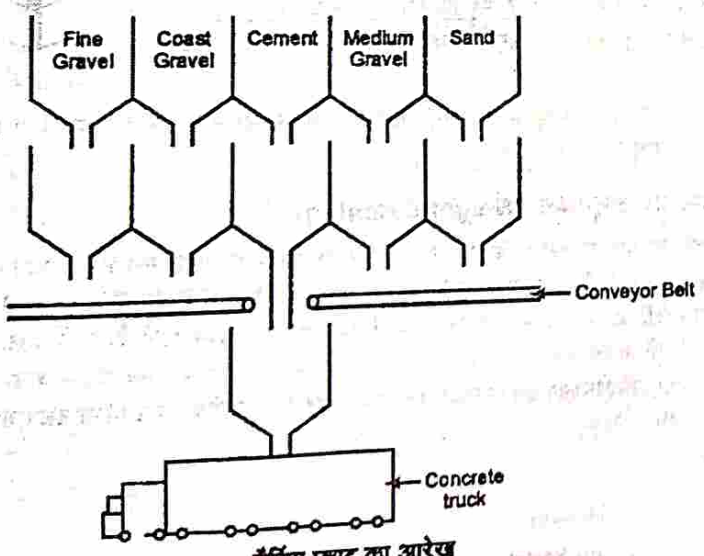

Spring balance

(b) प्लेटफार्म स्केल (Platform Scale)—इस प्रकार के तोलक में स्प्रिंगों पर टिका एक प्लेटफार्म होता है। जिस पर पदार्थ को रखने पर आधेय भार धरन के संकेतक द्वारा भार पढ़ लिया जाता है।

(c) व्हील बैरो स्केल (Wheel Barrow Scale)—इस तोलन पर एक पहिये वाली हस्त ठेली को तोलने की व्यवस्था होती है। तोलक के अलग-अलग आधेय भार धरन पर क्रमशः खाली व्हील बैरो, पदार्थ सहित व्हील बैरो के भार समायोजित कर लिये जाते हैं। इसी के अनुसार इसमें सीमेन्ट बालू, बजरी इत्यादि को माप कर भर दिया जाता है। इसका संचालन सरल है तथा आसानी से कोई भी कर सकता है।

(d) ट्राली टाइप तोल बैचर (Trolly Type Weighing Batcher)—इस प्रकार की तोलक मशीन को एक ट्राली पर स्थापित कर दिया जाता है, जिससे इसे कहीं भी ले जाया जा सके। तोलक में दो या अधिक कोष्ठक होते हैं, जिनमें अलग-अलग अवयव भरे होते हैं। कोष्ठक की तली में हॉपर लगा होता है जिसे किसी भी कोष्ठक के नीचे सरकाया जा सकता है।

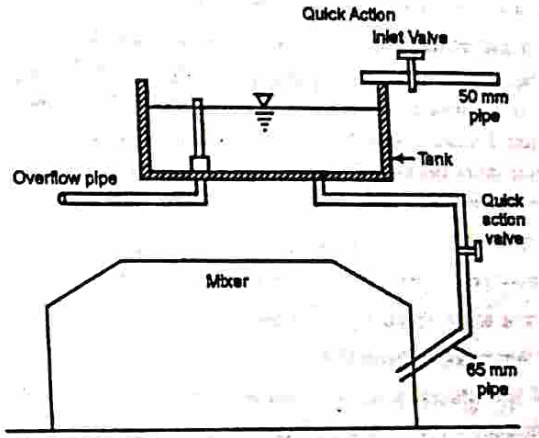
(e) बैचिंग प्लान्ट (Batching Plant)—बड़े निर्माण कार्यों हेतु बैचिंग प्लांट स्थापित किये जाते हैं। इन प्लांट की क्षमता काफी अधिक होती है। सभी कार्य यान्त्रिक व्यवस्था से सम्पन्न होते हैं। यह प्लांट लगभग दो मंजिल ऊँचा होता है ताकि तैयार कंक्रीट सीधे ट्रक में डाली जा सके। प्लांट की ऊपरी मंजिल में हॉपर प्रकार के कोष्ठक होते हैं जिनमें सीमेन्ट, मिलावा इत्यादि अलग-अलग भरे होते हैं। कोष्ठकों की तली पर भार मापक लगे होते हैं। भार मापक के द्वारा सभी घटक मिक्चर में पहुँचते हैं जहाँ उनका मिश्रण कर लिया जाता है।



बैचिंग प्लांट का आरेख

8.3.3 पानी का मापन (Measuring of Water)

कंक्रीट के अवयवों में जल एक महत्वपूर्ण घटक है। अतः जल का आवश्यकता के अनुसार कंक्रीट में मिलाया जाना अत्यन्त आवश्यक है। इस हेतु व्यवस्था चित्र में प्रदर्शित है। छोटे कार्यों में जल बाल्टी इत्यादि से मिलाया जा सकता है। परन्तु महत्वपूर्ण कार्यों हेतु चित्रानुसार व्यवस्था करनी आवश्यक है। जल के मापन के समय इसकी सही मात्रा का ध्यान रखना आवश्यक है। सतही नमी तथा अवशोषकता हेतु उचित समायोजन कर लेना चाहिये।



जल की व्यवस्था

8.4 कंक्रीट मिक्सिंग (Concrete Mixing)

कंक्रीट की अच्छी गुणवत्ता के लिये यह आवश्यक है कि अवयवों को अच्छी तरह मिलाया जाये। अच्छी प्रकार से मिलाने पर कंक्रीट का समांग मिश्रण प्राप्त होता है। यदि मिश्रण ठीक प्रकार से बनाया जाये तो पृथक्करण तथा निःस्रवण की समस्या से पूर्णतया: निजात पायी जा सकती है। कंक्रीट के मिश्रण हेतु निम्न विधियाँ हैं—

(i) हस्तविधि (Hand Mixing)

(ii) यान्त्रिक विधि (Machine Mixing)

(i) हस्तविधि (Hand Mixing)—इस विधि में बिना किसी यन्त्रों की सहायता से कंक्रीट को हाथ से फावड़े, बेलचों द्वारा मिलाया जाता है। इस विधि में कंक्रीट की सुकार्यता बहुत अच्छी नहीं आती परन्तु छोटे कार्यों में इस विधि का प्रयोग किया जा सकता है। इसमें एक बार में कम मात्रा में ही कंक्रीट का उत्पादन किया जा सकता है। इस विधि में निम्न प्रक्रिया अपनायी जाती है—

(1) एक पक्के, जलरोधी प्लेटफार्म (माप 3 m × 3 cm या 2·5 m × 2·5 cm) जो पक्की ईंटों, सीमेंट की चादर इत्यादि का बना हो, के ऊपर बालू की परत बिछा दी जाती है।

(2) बालू के ऊपर सीमेन्ट को फैला दिया जाता है। दोनों पदार्थों को अच्छी प्रकार से मिला दिया जाता है।

(3) सीमेन्ट व बालू के समांग मिश्रण के ऊपर मोटा मिलावा फैला दिया जाता है। अब दोनों को फावड़े की सहायता से अच्छी तरह मिला लिया जाता है। कम से कम तीन बार ढेर को अलट-पलट कर लेना चाहियें।

(4) इस ढेर में एक गड्ढा बनाकर उसमें कुल निर्धारित पानी की मात्रा का $\frac{1}{2}$ से $\frac{3}{4}$ भाग कर दिया जाता है।

(5) अब फावड़े से परिधि का मिश्रण उठाकर गड्ढे के भीतर की तरफ फेंकते जाते हैं और कंक्रीट को उलट-पलट कर मिलाते जाते हैं। शेष पानी भी ढेर पर डालकर कंक्रीट को पूर्णत: मिला लिया जाता है। कंक्रीट को लगभग तीन से पाँच बार तक उलट-पलट करना चाहिये जिससे समांग मिश्रण प्राप्त हो सके।

(6) ढेर पर पानी सावधानी से डालना चाहिये जिससे वह बह न जाये।

(7) सांयकाल में कार्य की समाप्ति पर प्लेटफार्म धोकर साफ कर देना चाहिये।

(ii) यान्त्रिक विधि (Machanical or Machine Mixing)—कंक्रीट मिलाने के लिये जिस मशीन का प्रयोग किया जाता है उसे कंक्रीट मिक्सर (Mixer) कहते हैं। इसमें मुख्य रूप से एक ड्रम होता है। इस ड्रम के भीतर ब्लेड लगे होते हैं। यह ड्रम अपनी धुरी पर तिरछा घूमता है जिसके अन्दर के ब्लेड कंक्रीट के अवयवों को भली प्रकार मिला देते हैं। ड्रम में क्रमश: मिट्टी, बालू, सीमेन्ट डालकर कुछ चक्कर घुमाकर फिर जल डाला जाता है। ड्रम को 2-3 मिनट तक घुमाना पर्याप्त होता है। मिक्सरों से कंक्रीट के मिश्रण के निम्न लाभ हैं—

(1) मिक्सरों से उच्च दर से कंक्रीट प्राप्त होती है।

(2) इससे कम जल-सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट भी प्राप्त की जा सकती है।

(3) मिक्सरों से प्राप्त कंक्रीट की सुकार्यता अच्छी होती है।

(4) गुणवत्ता पर नियन्त्रण रखना आसान होता है।

(5) बड़े कामों के लिये सुविधाजनक तथा सस्ते रहते हैं।

यान्त्रिक मिक्सर के प्रकार—यान्त्रिक मिक्सर को निम्न दो वर्गों में बाँटा जा सकता है—

(1) बैच मिक्सर (Batch Mixer)

(2) निरन्तर मिक्सर (Continuous Mixer)

(1) बैच मिक्सर (Batch Mixer)—बैच मिक्सर से कंक्रीट धीरे-धीरे अन्तराल पर मिलती है। ये मिक्सर स्थिर या सुवाह्य (Portable) किसी भी प्रकार के हो सकते हैं। इन मिक्सरों में समय डिवाइस (Timing device) भी लगा दी जाती है जो मिक्सिंग समय के बाद मिक्सर स्वत: ही बन्द हो जाता है। बैच मिक्सर तीन प्रकार के हो सकते हैं—

(a) नत ड्रम टाईप (Tilting Drum Type)

(b) अनत ड्रम टाईप (Non-tiliting Type)

(c) पैन या विलोडक टाईप (Pan or Stirring Mixer)

(a) नत ड्रम टाईप—ये मिक्सर 85, 100, 140, 200 लीटर की माप के उपलब्ध होते हैं। इस मिक्सचर में ड्रम को तिरछा करके तैयार कंक्रीट को ड्रम से बाहर निकाला जा सकता है। मिक्सर का ड्रम सामान्यत: नाशपाती के आकार का होता है। मिक्सर की दक्षता ड्रम के अन्दर लगी प्लेटो के आकार व डिजाइन पर निर्भर करती है। ब्लेड़ों के कारण कंक्रीट के अवयव एक वृत्तीय पथ में घूमते हैं। इस मिक्सर का एक ही दोष है कि कंक्रीट को पलटते समय कुछ कंक्रीट मिक्सर में चिपकी रह जाती है। अत: अगले घान के प्रारम्भ करने से पहले कुछ मसाला मिक्सर में डाला जाता है जिससे पहले से चिपकी कंक्रीट मसाले में मिलकर छूट जाती है। यह प्रक्रिया बटरिंग (Buttering) कहलाती है।

(b) अनत टाईप मिक्सर—इस मिक्सर को झुकाया या पलटा नहीं जा सकता। इस मिक्सर में एक बेलनाकार ड्रम होता है तथा जिसके दोनों तरफ साइड में खुला (Open) भाग होता है। मिक्सर में कंक्रीट अवयवों को एक साइड की opening से हॉपर की सहायता से भरा जाता है। मिक्सिंग के पश्चात् दूसरी तरफ लगी निकास शूट (Discharge shute) से कंक्रीट को बाहर निकाला जा सकता है। इस प्रकार के मिक्सर से कंक्रीट धीरे-धीरे बाहर आती है इस कारण पृथक्करण की संभावना बनी रहती

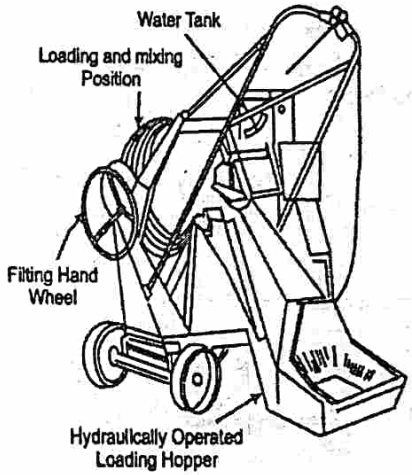
है। कंक्रीट ड्रम की ऊपरी सतह से मुक्त रूप से गिरती है। जिस कारण भी पृथक्करण हो सकता है। यह मिक्सर कम जल-सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट हेतु उपयुक्त नहीं है। इनकी क्षमता 200, 280, 375, 1000 लीटर तक हो सकती है।

(c) पैन टाईप मिक्सर—इस प्रकार के मिक्सर में दो गोलाकार पैन होती हैं जो उर्ध्वाधर अक्ष के चारों ओर घूमती हैं। इस पैन के अन्दर दो पैडल लगे होते हैं। ये मिक्सर दो प्रकार के हो सकते हैं—

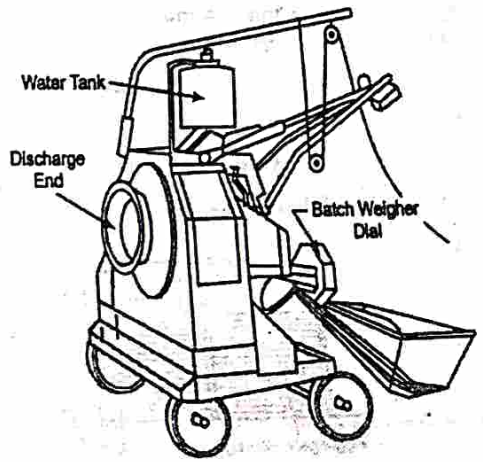
(1) स्थिर पैन टाईप (जिसमें पैडल घूमते हैं)

(2) स्थिल पैडल टाईप (जिसमें पैन घूमती है)

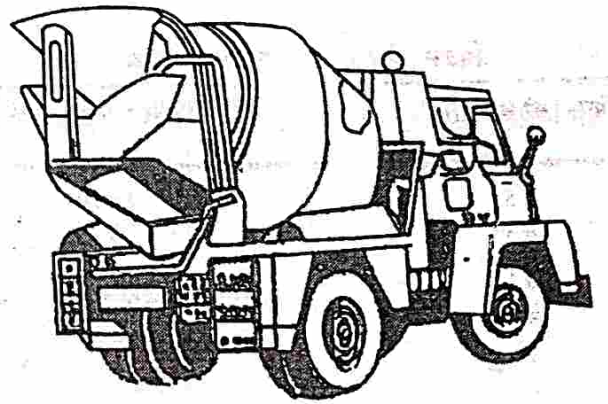
इस मिक्सर में स्क्रैपर ब्लेड भी होते हैं जो मिक्सर की अन्दरूनी सतह पर चिपकी कंक्रीट को हटाते रहते हैं। मिक्सर की तली में बने सूराख को खोलकर कंक्रीट के तैयार होने पर बाहर निकाल लिया जाता है। इनकी क्षमता 200, 280, 375, 500, 1000 लीटर तक होती है।



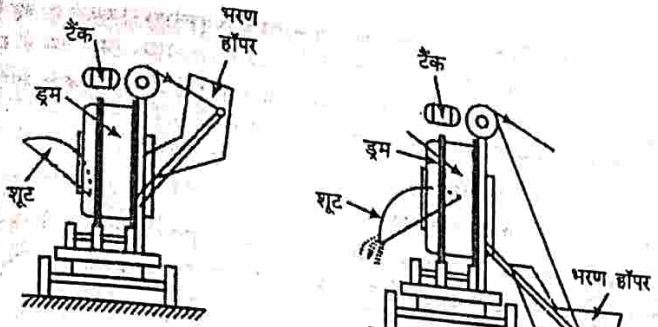
झुकाऊ ड्रम मिक्सर



अझुकाऊ ड्रम मिक्सर



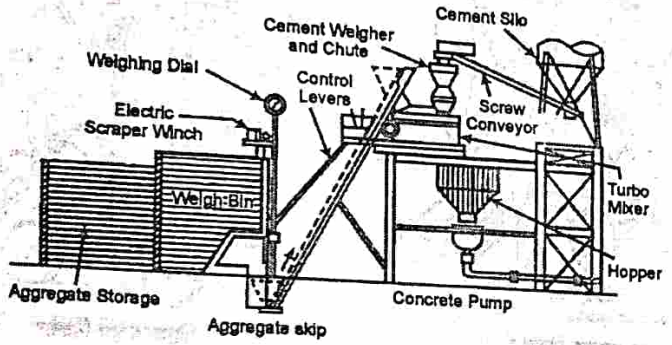
ट्रांजिट मिक्सर



(a) मिश्रण के समय की स्थिति

(b) कंक्रीट निकास के समय शूट की स्थिति

अझुकाऊ ड्रम से कंक्रीट निकासी



सतत् मिक्सर

मिक्सर हेतु न्यूनतम मिक्सिंग समय

मिक्सर की क्षमता (m^3)	मिक्सिंग समय, मिनट में
0·8	1·0
1·5	1·25
2·3	1·50
3·1	1·75
3·8	2·00
4·6	2·25
7·6	3·25

(2) निरन्तर मिक्सर (Continuous Mixer)

इन मिक्सरों से कंक्रीट की सप्लाई निरन्तर मिलती रहती है। एक बैच मिक्सर में दो ड्रम लगा दिये जाते हैं जिससे एक ड्रम में मिक्सिंग होती रहती है तथा दूसरे से अनलोडिंग होती रहती है अतः कंक्रीट निरन्तर मिलती है। बड़ी परियोजनाओं हेतु इस प्रकार के मिक्सर प्रयोग किये जाते हैं। ये प्लान्ट स्वचलित होते हैं। प्रारम्भ इनकी लागत अधिक पड़ती है परन्तु बाद में ये काफी सुविधाजनक रहते हैं।

पानी मिलाना (Mixing of Water)

कंक्रीट में पानी मिलाने हेतु समुचित व्यवस्था का किया जाना आवश्यक है इस हेतु व्यवस्था करनी चाहिये कि जल की सप्लाई निरन्तर मिलती रहे। हस्त मिक्सिंग हेतु जल बाल्टियों से मिलाया जा सकता है परन्तु यान्त्रिक विधियों हेतु एक टकी इस प्रकार स्थापित की जाती है कि वह सीधे मिक्सर को जल पहुँचा सकें। इस व्यवस्था का चित्र पूर्व में प्रदर्शित किया जा चुका है। यहाँ पर यह ध्यान देना आवश्यक होगा कि पानी की मात्रा में परिवर्तन होने पर कंक्रीट के गुण बदल जाते हैं। अतः जल की मिक्सिंग अत्यन्त सावधानी से करनी चाहिये।

मिक्सरों की देखभाल तथा उपयोग में सावधानियाँ

(1) प्रतिदिन कार्य की समाप्ति पर मिक्सरों को धोकर भली प्रकार साफ कर देना चाहिये। मिक्सरों के ब्लेडों पर कोई कंक्रीट जमी नहीं रहनी चाहिये।

(2) प्रयोग के समय मिक्सर का समतल व ठोस धरातल पर खड़ा होना आवश्यक है।

(3) मिक्सर को स्टार्ट करते ही सामग्री नहीं डालनी चाहिये, पहले कुछ देर तक मोटर गर्म कर लेनी चाहिये।

(4) मिक्सर के पार्टों की समय-समय पर ग्रीसिंग करते रहना चाहिये।

(5) मिक्सर का भारण क्षमता से अधिक नहीं करना चाहिये।

(6) प्रयोग न करते समय मिक्सर के ड्रम को उलटकर या ढककर रखना चाहिये, जिससे उसमें वर्षा का जल या कूड़ा करकट इत्यादि न गिर सके।

(7) मिक्सर जब प्रयोग न हो रहा हो तो उसकी हॉपर भूमि पर टिकी होनी चाहिये।

(8) मिक्सर की समय-समय पर मरम्मत करते रहना चाहिये।

8.5 कंक्रीट का परिवहन (Transportation of Concrete)

कंक्रीट को तैयार करने के पश्चात् इसे उस स्थान पर ले जाया जाता है जहाँ उसका प्रयोग किया जाना है। यह कार्य जितनी शीघ्रता से सम्पन्न हो उतना ही बेहतर है, इस प्रक्रिया में कंक्रीट का पृथक्करण न हो यह भी आवश्यक है। कंक्रीट पूर्ण सघनता की रहे तथा एक समान भी हो। यदि कंक्रीट को अधिक दूरी तक ले जाना हो जो इसे किसी विलोडक के द्वारा हिलाते-डुलाते रहते हैं जिससे कंक्रीट जम नहीं पाती है। कंक्रीट को पविहन के दौरान अत्यधिक ठंड एवं अत्यधिक गर्मी से भी बचाना चाहिये। कंक्रीट के परिवहन की निम्न विधियाँ हैं—

(i) टोकरी या तसलों द्वारा (By Hand pans)

(ii) पहिया ठेली द्वारा (By Wheel Barrow)

(iii) बग्गियों द्वारा (By Buggy)

(iv) डम्प ट्रकों द्वारा (By Dump Truck)

(v) ट्रक मिक्सर द्वारा (By Truck Mixer)

(vi) चल पट्टे द्वारा (By Belt Conveyor)

(vii) ढालू परनाला या शूट द्वारा (By Shutes)

(viii) पम्पन द्वारा (By Pumps)

(ix) टॉवर क्रेन के द्वारा (By Tower Cranes)

(x) उच्चालक द्वारा (By Hoist and Buckets)

(xi) ट्रेमी द्वारा (Tremie)

(xii) मोना रेल (Monorail)

(i) टोकरी या तसलों द्वारा —छोटे कार्यों में कम दूरी के लिये यह विधि अपनायी जा सकती है। इस विधि में कंक्रीट श्रमिकों द्वारा टोकरी या तसलों में भरकर, सिर पर रखकर ढोयी जाती है। यह विधि श्रमिकों पर आधारित है अत: महंगी है। परन्तु यह सरलता से करायी जा सकती है। ऐसे स्थान जहाँ तक ट्रक या अन्य व्यवस्थायें पहुँचना संभव न हो यह विधि उपयुक्त रहती है।

कंक्रीट का भार 2400 kg/m^3 होता है। अत: श्रमिक एक बार में निश्चित मात्रा तक ही कंक्रीट ढो सकते हैं। कंक्रीट को टोकरों से ऊँचाई से पटकना नहीं चाहिये। ऐसा करने से पृथक्करण हो सकता है। कार्य समाप्ति पर टोकरी या तसले को साफ करके रखना चाहिये।

(ii) पहिया ठेली द्वारा—पहिया ठेली (Wheel Barrow) एक पहिये की ठेला गाड़ी होती है जिसको एक या दो श्रमिक धकेलते हैं। इसकी क्षमता बहुत अधिक नहीं होती। थोड़ी दूर तक कंक्रीट ले जाने के लिये यह उपयुक्त होती है। इसके लिये ठोस समतल जमीन का होना आवश्यक है।

(iii) बग्गियों द्वारा—बग्गियाँ दो प्रकार की हो सकती हैं—

(a) हस्त चालित (b) शक्ति चालित

हस्त चालित बग्गियाँ दो पहिये वाली होती हैं जिन्हें श्रमिक धकेलते हैं। दो पहिये होने पर कारण इसका संतुलन Wheel Barrow से अच्छा होता है। परन्तु इनके संचालन हेतु अधिक शक्ति की आवश्यकता होती है। बग्गी द्वारा 100-250 लीटर कंक्रीट ले जायी जा सकती है।

यान्त्रिक बग्गियों में एक मोटर लगी होती है। इसकी शक्ति भी तेज होती है। इसकी क्षमता 300 से 500 लीटर तक होती है।

(iv) डम्प ट्रकों द्वारा—लम्बी दूरी तक कंक्रीट के परिवहन हेतु ट्रकों का प्रयोग किया जाता है। इन ट्रकों को डम्प ट्रक कहते हैं। साधारण कंक्रीट का परिवहन करने पर उसमें पृथक्करण की संभावना बनी रहती है परन्तु वायुग्राही कंक्रीट के परिवहन हेतु डम्प ट्रक उपयुक्त रहते हैं। यदि साधारण कंक्रीट का परिवहन ट्रकों द्वारा करना हो तो उसमें विलोडक (Agitator) लगा होना चाहिये।

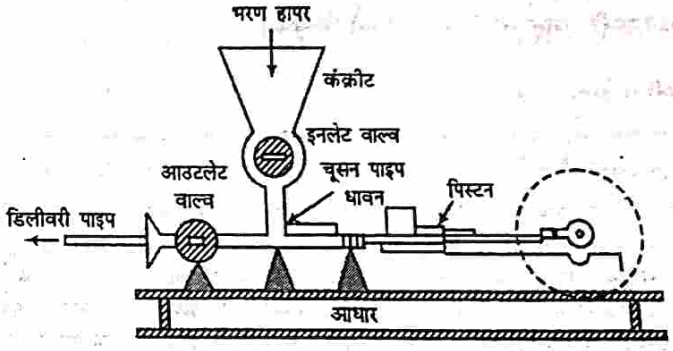
(v) ट्रक मिक्सर द्वार—यदि निर्माण कार्य का क्षेत्र अत्यन्त विस्तृत हो तो एक ही बिन्दु पर बैचिंग मिश्रण प्लांट की स्थापना ठीक नहीं रहती। इस हेतु ट्रक मिक्सर कार्य में लाया जाता है। ट्रक मिक्सर में ट्रक के ऊपर कंक्रीट मिक्सर फिट कर दिया जाता है। ट्रक मिक्सर द्वारा रास्ते में ही अवयवों को मिलाकर कंक्रीट तैयार कर ली जाती है।

(vi) चल पट्टे द्वारा—चल पट्टे (Belt Conveyor) ऐसे स्थान के लिये उपयुक्त हैं जहाँ भूमि उबड़-खाबड़ हो। इस प्रकार की भूमि पर वाहन, व्हील बैरो बग्गी इत्यादि चला पाना संभव नहीं होता। पहाड़ी क्षेत्रों, नदी नालों के पार कंक्रीट को पहुँचाने हेतु Conveyor Belt उपयुक्त रहती है। चल पट्टे के प्रयोग से कुछ नुकसान भी हैं। इसके ऊपर कंक्रीट परिवहन के समय वातावरण के सम्पर्क में रहती है जिससे उसकी नमी में कमी आ जाती है। इसमें परिवहन की जाने वाली कंक्रीट सघन

(अवपात 50 mm) होनी चाहिये। निकास पर कंक्रीट को पृथक्करण से बचाने हेतु ऊँचाई से नहीं गिराना चाहिये। अधिक दूरी हेतु एक से अधिक Conveyor Belt सीरीज में लगाये जाते हैं।

(vii) ढालू परनाला (शूट) द्वारा—जब कंक्रीट को गहराई में बिछाना हो तो उसे ऊपर से पटकना नहीं चाहिये। पटकने से कंक्रीट का पृथक्करण हो जाता है। इस हेतु लकड़ी, धातु इत्यादि की बनी शूट का प्रयोग किया जाता है। इस शूट को तलों के मध्य खड़ा कर दिया जाता है फिर कीप नुमा मुख से कंक्रीट डाली जाती है जो निचले सिरे से बाहर आकर बिछ जाती है। तहखानों इत्यादि हेतु यह विधि उपयुक्त है। शूट की ढाल इतनी होनी चाहिये की कंक्रीट सरकती हुई निचले सिरे तक पहुँच जाये।

(viii) पम्पन द्वारा—जब किसी निर्माण कार्य पर कंक्रीट की मात्रा अधिक हो तथा निर्माण स्थल के निकट बैचिंग व मिश्रण प्लांट नहीं लग पा रहे हों तब कंक्रीट को किसी सुविधाजनक स्थान पर तैयार कर पम्पिंग के द्वारा निर्माण स्थल तक पहुँचा दिया जाता है। इस कार्य हेतु एक पम्प का प्रयोग किया जाता है।

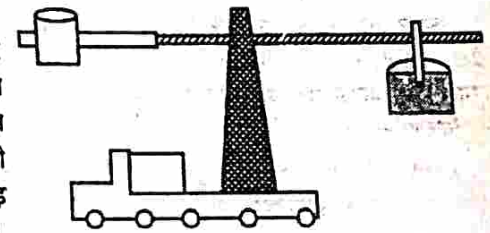


इसमें मिक्सर से निर्माण स्थल तक एक पाइप लाइन बिछानी पड़ती है। इस प्रकार की कंक्रीट को पम्पक्रीट (Pumpcrete) भी कहते हैं।

पम्प द्वारा भेजी जाने वाली कंक्रीट की सुकार्यता ठीक होनी चाहिये जिससे कंक्रीट अर्धतरल की भाँति पाइप में प्रवाहित हो सके। पम्पक्रीट को हॉपर में डाला जाता है तथा पिस्टन उसे धकेल कर पाइप में पहुँचा देता है। इसके द्वारा 300 मीटर तक क्षैतिज तथा 30 मीटर तक उर्ध्वाधर कंक्रीट पहुँचायी जा सकती है। इसकी दर $7\frac{1}{2}$ cm/hour से 25 cm/hour तक हो सकती है।

सर्वप्रथम 1 : 2 का सीमेन्ट मसाले का घोल भेजा जाता है जो स्नेहक के रूप में प्रयोग आता है। हॉपर तथा पाइप में कोई रुकावट नहीं होनी चाहिये। पाइप के जोड़ ठीक होने चाहियें। गर्म तथा ठंडे मौसम में पाइप लाइन ऊष्मारोधी बनायी जा सकती है। पम्पन की समाप्ति पर व लाइन की सफाई साफ पानी से कर देनी चाहिये।

(ix) टॉवर क्रेन के द्वारा—कंक्रीट का परिवहन टॉवर क्रेन द्वारा भी किया जा सकता है। इस हेतु टॉवर क्रेन इस प्रकार से स्थापित की जाती है कि व बैचिंग मिक्सर से तथा निर्माण स्थल दोनों तक पहुँच सके। बैचिंग प्लाट पर कंक्रीट मिक्स करने के पश्चात् टॉवर क्रेन की बाल्टी में कंक्रीट भर दी जाती है। जिससे क्रेन घुमाकर निर्माण स्थल तक पहुँचा देती है। उबड़ खाबड़ तथा खुले स्थानों पर इसका प्रयोग श्रेयस्कर रहता है।



(x) उत्थालक द्वारा—उत्थालक (Hoist and Buckets) कई मंजिली इमारतों में निर्माण हेतु प्रयुक्त होती है। कंक्रीट भूमितल पर तैयार की जाती है तथा उत्थालक बाल्टियों द्वारा उसे ऊपर के तलों तक पहुँचा दिया जाता है। बाल्टी की क्षमता 200-500 लीटर तक होती है। बाल्टियों की तली में एक trapdoor होता है। जिसको खोलकर कंक्रीट को बाहर निकाल लेते हैं।

(xi) ट्रेमी द्वारा (Tremie)—जब कंक्रीट को जल के अन्दर बिछाना होता है तो ट्रेमी का प्रयोग करते हैं। इसमें एक पाइप का प्रयोग किया जाता है। इसका विस्तृत वर्णन अध्याय 7 में किया जा चुका है।

(xii) मोनो रेल द्वारा (Monorail)—यदि कंक्रीट को अधिक दूरी तक परिवहन करना हो तो मोनो रेल द्वारा परिवहन काफी सस्ता पड़ता है। इसका प्रयोग कोयले की खदानों इत्यादि में बहुतायत से होता है। इसके लिये एक single line का ट्रैक बिछाया जाता है। उसके ऊपर एक power wagon को mount किया जाता है। यह 80-90 m/min की गति से चल सकती है। परन्तु jolting के कारण कंक्रीट का पृथक्कीकरण हो सकता है। इसका ध्यान रखना पड़ता है। इसका प्रयोग सुरंगों तथा बांध बनाने में ज्यादा होता है।

8.6 फरमाबन्दी, पाइप तथा कंक्रीट का बिछाना

8.6.1 फरमाबन्दी (Formwork)

फरमाबन्दी या तख्ताबन्दी लकड़ी (या किसी अन्य पदार्थ की) की एक ऐसी संरचना है जो बने हुए सांचे में ताजी कंक्रीट, (जो सुघट्य अवस्था में होती है) को तब तक संभाले रखती है जब तक वह कठोर न हो जाये।

(Form work or shuttering may be defined as moulds of timber or some other material into which the freshly mixed concrete is poured at the site and which hold the concrete till it sets).

यद्यपि कंक्रीट की निर्माण प्रक्रिया का फरमाबन्दी एक भाग है परन्तु फिर भी कंक्रीट की फिनिश तथा गुणवत्ता फरमाबन्दी पर निर्भर करती है। फरमाबन्दी में सांचे, सांचों की लाइनिंग, नीचे की सपोर्ट इत्यादि पूरा सिस्टम आता है। ताजी कंक्रीट प्रारम्भिक अवस्था में सुघट्य होती है जिसको किसी वांछित आकार में ढालने के लिये अस्थायी सहारों की आवश्यकता पड़ती है तथा जब तक कंक्रीट कठोर नहीं होती यह सहारा उसे संभाले रहता है। जब कंक्रीट पूरी तरह से सैट हो जाती है तब फरमाबन्दी हटा ली जाती है।

अच्छी फरमाबन्दी के लिये यह आवश्यक है कि वह मजबूत, दृढ़, चिकनी तथा लीक प्रूफ हो। ऐसा न हो कि कंक्रीट की कुटाई करते समय फरमाबन्दी क्षतिग्रस्त हो जाये या झुक जाये। ऐसी स्थिति में संरचना विकृत हो जाती है जिसे बाद में ठीक करना संभव नहीं होता है। कंक्रीट की कुटाई सामान्यतः वाइब्रेटर्स की सहायता से की जाती है। अतः फरमाबन्दी कम्पनों को भी सहन करने योग्य होनी चाहिये। इसी प्रकार सीमेन्ट का पेस्ट फरमाबन्दी के जोड़ों से सघनन की प्रक्रिया में बाहर निकल सकता है, जिसको रोकने के लिये यह पूरी तरह लीक प्रूफ होनी आवश्यक है।

सामान्यतः देखा गया है कि फरमाबन्दी का कार्य पूरी तरह कारपेन्टर पर छोड़ दिया जाता है। जिसमें इसमें कमी रह सकती है, इसके लिये कुशल अभियन्ता द्वारा इसका अभिकल्पन किया जाना भी आवश्यक है।

कंक्रीट अवयवों को ढालने के लिये फरमाबन्दी की आवश्यकता पड़ती है। फरमाबन्दी पर कंक्रीट संरचना की कुल लागत का 20% से 30% खर्च आता है। फरमाबन्दी के बिना कंक्रीट निर्माण असम्भव होता है। कई बार विशेष प्रकार की फरमाबन्दी पर कंक्रीट की स्वयं की लागत से भी अधिक खर्च आता है परन्तु यह खर्च न्यायसंगत है, क्योंकि फरमाबन्दी का कोई विकल्प नहीं है।

प्रभारी अभियन्ता के द्वारा निरीक्षण होने के पश्चात् और फरमाबन्दी की शुद्धता व दृढ़ता की स्वीकृति मिलने पर ही कंक्रीट कार्य शुरू करना चाहिये और इसमें आये दोषों को तुरन्त ठीक कर देना चाहिये।

फरमाबन्दी को अस्थायी निर्माण या बनावटी कार्य (False work) भी कहते हैं। यदि कंक्रीट कार्य को सावधानीपूर्वक किया जाये तो एक फरमाबन्दी अनेक बार प्रयोग की जा सकती है।

फरमाबन्दी के भाग (Parts of Form Work)

पूर्ण फरमाबन्दी निम्न दो भागों में होती है—

(i) तख्ता बन्दी (Shuttering)

(ii) ठूला (Centering or Staging)

कंक्रीट अवयव को वांछित शक्ल में ढालने के लिये जब साँचा (Mould) तैयार किया जाता है, उसे तख्ताबन्दी कहते हैं। साँचे को वांछित ऊँचाई पर टिकाने के लिये तो अवयव इसके नीचे दिये जाते हैं, उन्हें ठूला या टेके कहते हैं।

ठूले की आवश्यकता नहीं पड़ती है जब कंक्रीट अवयव भूमि पर अथवा नींव में ढाला जाता है। कंक्रीट की पूर्व निर्मित इकाइयों (Precast units) को ढालने के लिये अधिकतर धातु के साँचे प्रयोग किये जाते हैं।

कंक्रीट के सीधे सम्पर्क में तख्ताबन्दी आती है। कंक्रीट अवयव की उत्तम सम्पूर्ति (Finish) प्राप्त करने के लिये तख्ताबन्दी की भीतरी सतह साफ, समतल व चिकनी एवम् गाँठरहित होनी चाहिये। उच्च कोटि के कंक्रीट कार्यों में कंक्रीट अवयवों पर अलग से प्लास्टर न करना पड़े इसलिये तख्ताबन्दी की भीतरी सतह विशेष रूप से तैयार की जाती है।

ठूला पर्याप्त दृढ़ होना चाहिये ताकि यह भार पड़ने पर नीचे न धँसे और यह हटाते समय कोई परेशानी पेश न करे अर्थात् इसको आसानी से लगाया व हटाया जा सके।

एक अच्छी फरमाबन्दी की आवश्यकतायें (Requirements of a Good Form Work)

एक अच्छी फरमाबन्दी में निम्नलिखित विशेषतायें होनी चाहियें—

(i) सही परिमाप—कंक्रीट सैट होते समय सिकुड़ती है अतः शटरिंग के भीतरी माप में इस बात का ध्यान रखा जाना चाहिये। फर्म-वर्क कंक्रीट अवयवों के माप के अनुसार शुद्ध व सही होना चाहिये।

(ii) समतल सतह—कंक्रीट डालने से पहले फरमे का निरिक्षण कर लेना चाहिये। शटरिंग की भीतरी सतह साफ, समतल, जोड़ रहित व गाँठरहित होनी चाहिए ताकि कंक्रीट अवयवों की फलकें सुन्दर व चिकनी प्राप्त हों।

(iii) न्यूनभार—फरमाबन्दी का स्वयं का भार कम होना चाहिये ताकि इनको लगाते/हटाते समय कठिनाई न हो।

(iv) दृढ़ता—फरमाबन्दी पर्याप्त मजबूत व दृढ़ होनी चाहिये ताकि यह गीली कंक्रीट का भार, कंक्रीट की कुटाई करते समय उत्पन्न संघट्ट तथा ठस पर काम करने वाले श्रमिकों का भार भली-भाँति सहन कर सके। कंक्रीट का भार 25000 N/cm लिया जाता है।

(v) जलरोधी—कंक्रीट का पानी न सोखा जा सके इसलिये तख्ताबन्दी जलरोधी होनी चाहिये। साँचे के सभी भीतरी जोड़ पूर्णतः जलरोधक होने चाहियें। कंक्रीट डालते समय, इसकी स्लरी (Slurry) फरमाबन्दी के जोड़ों से बाहर नहीं निकलनी चाहिये।

(vi) हटाने में सरलता—ठूला व तख्ताबन्दी इस प्रकार खड़ी करनी चाहिये कि निर्माण के पश्चात् इसे आसानी से हटाया जा सके। यह कंक्रीट की सतह से चिपकनी नहीं चाहिये।

(vii) मजबूती—ठूले की टेकें मजबूत व दृढ़ होनी चाहिये, क्योंकि इनके लुढ़क जाने पर जहाँ पूरी रचना धराशायी हो सकती है साथ ही इस पर कार्य करने वाले श्रमिकों का जीवन भी संकट में पड़ सकता है।

(viii) सामान्य सुरक्षा—फरमाबन्दी से निर्माण स्थल पर चल रही अन्य गतिविधियों में अड़चन नहीं पड़नी चाहिये।

(ix) लागत—फरमाबन्दी पर कंक्रीट रचना की लागत का लगभग 20% से 35% व्यय आता है। अतः यह मितव्ययी होनी चाहिये तथा आवश्यकता होने पर इसको दुबारा इस्तेमाल किया जा सके।

(x) मानक खण्ड—फरमाबन्दी के खण्डों को मानक परिमाप में प्रयोग करना चाहिये ताकि इनको बार-बार प्रयोग में लाया जा सके।

फरमाबन्दी के लिये पदार्थ (Material for Form Work)

फरमाबन्दी के लिये सामान्यत: निम्न पदार्थों का प्रयोग किया जाता है—

(i) लकड़ी के पटरे, तख्तों, कड़ियाँ (Battens)
(ii) बल्ली व गोला
(iii) प्लाई वुड (Plywood)
(iv) रेशायुक्त दृढ़ बोर्ड (Fibre Hard Board)
(v) इस्पात की प्लेटें (Steel Plates)
(vi) बांस
(vii) ईंट, पत्थर
(viii) इस्पात के एंगल (Angles)
(ix) खनिज तेल व साबुन का घोल
(x) कीले, रस्सी (Ropes)

फरमाबन्दी के प्रकार (Types of Form Work)

कंक्रीट अवयवों की फरमाबन्दी के लिये मुख्यत: दो पदार्थ—प्रकाष्ठ और इस्पातीय खण्ड प्रयोग में आते हैं परन्तु सरकारी क्षेत्र में अब इस्पात की फरमाबन्दी को वरीयता दी जा रही है, ताकि जंगलों में जो प्रकाष्ठ शेष बचा है, वह भवन उद्योग की भेंट न चढ़ जाये। इनका वर्णन नीचे किया जा रहा है।

(I) **काष्ठ की फरमाबन्दी (Timber Form Work)**—सामान्य किस्म के कार्यों में सामान्यत: लकड़ी की फरमाबन्दी ही प्रयोग की जाती है। लकड़ी सभी स्थानों पर आसानी से मिल जाती है और उसे सरलता से किसी भी माप व शक्ल में काटा व जोड़ा जा सकता है। यह सस्ती भी पड़ती है। फरमाबन्दी में उपयोग की लाने वाली लकड़ी गाँठ रहित तथा मोटे रेशे (Coarse grained) वाली होनी चाहिये। फरमाबन्दी के लिये सूखी, हल्की लकड़ी (Soft wood) को काटने, जोड़ने में दिक्कत आती है तथा यह महँगी होती है। भारी लकड़ी पर रंदा लगाना व कील गाड़ना भी कठिन होता है। फरमाबन्दी के लिये लकड़ी न तो बिल्कुल सूखी हो अथवा न गीली हो। पूर्णत: शुष्क लकड़ी कंक्रीट से पानी सोख कर फूल जाती है व अधिक नमी वाली लकड़ी गर्म व शुष्क मौसम में संकुचित हो जाती है व उसमें ऐंठन आ जाती है। जिससे कंक्रीट अवयव की सतह असमतल बन जाती है। फरमाबन्दी के जोड़ जलरोधी होनी चाहिये। इसके लिये जो भी झिरी जोड़ बनाये जाते है। लकड़ी की विशेषता यह है कि इसका कोई भी टुकड़ा बेकार नहीं जाता है। फरमाबन्दी के लिये मुलायम व आंशिक-उपचारित लकड़ी अच्छी समझी जाती है। फरमाबन्दी के लिये सामान्यत: चीड़, देवदार, कैल, सिसम आदि प्रकाष्ठ इस्तेमाल किया जाता है।

लकड़ी को फूलने से रोकने के लिये तथा समतल सतह प्राप्त करने के लिये फरमें के अन्दर प्लाईवुड अथवा इस्पात की चादर की वाइनिंग (अस्तर) लगा दी जाती है।

लकड़ी की फरमाबन्दी पानी, धूप, आग आदि से शीघ्र नष्ट होने लगती है। इसकी सतह एक-दो बार के प्रयोग में लाने पर खराब हो जाती है। इस कारण कंक्रीट अवयव की सम्पूर्ति उत्तम प्राप्त नहीं होती है। लकड़ी कंक्रीट से पानी सोखकर फूल जाती है जिसके उभार कंक्रीट की सतह पर नजर आने लगते हैं।

प्लाईवुड की शटरिंग सिकुड़ती, फूलती अथवा ऐठती नहीं है परन्तु यह काफी महँगी पड़ती है महत्वपूर्ण कार्यों के लिए लाईवुड की शटरिंग भी बनाई जाती है जो कंक्रीट को उत्तम सम्पूर्ति देती है।

काष्ठ की फरमाबन्दी की भीतरी सतह पर प्रयोग में लाने से पहले अलसी का कच्चा तेल पोत देना चाहिये।

काष्ठ की फरमाबन्दी के अग्र गुण दोष हैं—

(a) गुण—

(i) काष्ठ की फरमाबन्दी कम भार वाली होती है।
(ii) काष्ठ सभी स्थानों पर आसानी से उपलब्ध हो जाता है।
(iii) काष्ठ का कोई भी टुकड़ा बेकार नहीं जाता है।
(iv) यह फरमाबन्दी इस्पात की फरमाबन्दी से सस्ती पड़ती है।
(v) विशेष ज्यामितीय आकृति के कंक्रीट अवयवों के लिये लकड़ी की फरमाबन्दी सरलता से बन जाती है।
(vi) काष्ठ की फरमाबन्दी शीघ्र और आसानी से तैयार हो जाती है। इसे मौके पर ही कंक्रीट के अवयवों के परिमाप के अनुसार बना लिया जाता है। इसकी काट-छाँट सरल है।

(b) दोष—

(i) लकड़ी की फरमाबन्दी की आयु कम होती है।
(ii) इसको बार-बार प्रयोग नहीं किया जा सकता। एक बार के प्रयोग पर ही इसकी टूट-फूट काफी हो जाती है।
(iii) यह आग लगने तथा कीटों के प्रकोप से नष्ट हो जाती है।
(iv) लकड़ी की फरमाबन्दी पानी के सम्पर्क में आने पर फूल जाती है, जिसके कारण कंक्रीट अवयवों के परिमापों व सतहों में दोष आ जाते हैं।
(v) फरमें की भीतरी सतह, साफ, चिकनी न होने के कारण कंक्रीट अवयवों की ढलाई व सम्पूर्ति उत्तम नहीं होती है।

(ii) **इस्पात की फरमाबन्दी (Steel Form Work)**—जब एक ही फरमाबन्दी को बार-बार प्रयोग करना हो तो इस्पात की फरमाबन्दी उत्तम रहती है। बड़े निर्माण कार्यों पर इस्पात की फरमाबन्दी का अधिकतर प्रयोग किया जाता है। इसकी आयु भी अधिक होती है। धातु की फरमाबन्दी के लिये चैनल, आई-खण्ड, चादरें, इस्पात के एंगल प्रयोग की जाती हैं। प्लेटों के लिये 16 से 14 (1·66 mm से 2 mm) गेज की चादरें उपयुक्त रहती हैं। छत स्लैबों के लिये 0·5×0·5m माप की इस्पातीय प्लेटें, जो एंगल के फ्रेम पर वेल्ड होती हैं, प्रयोग की जाती हैं। इस्पात के विभिन्न अवयवों को जोड़ने के लिए कपलिंग (Coupling) प्रयोग की जाती है। इस्पात की फरमाबन्दी मानक लम्बाइयों व परिमापों में उपलब्ध होती है। टेकों के लिये पाइपों का विशेष रूप में प्रयोग किया जाता है, क्योंकि ये हल्के व दृढ़ होते हैं।

इस्पात की फरमाबन्दी के गुण-दोष निम्नलिखित हैं—

(a) गुण—

(i) इस्पात की फरमाबन्दी, पानी, आग, वर्षा, धूप आदि से कम प्रभावित होती है।
(ii) इस्पात की शटरिंग कंक्रीट को नहीं सोखती है। इस कारण कंक्रीट की सामर्थ्य में कमी नहीं आती है।
(iii) इसका परिवहन सरल पड़ता है और लगाने में टूट-फूट कम होती है।
(iv) इस्पात की फरमाबन्दी अनेक बार प्रयोग की जा सकती है। इस्पात की फरमाबन्दी 50 बार तक प्रयोग की जा सकती है, जबकि लकड़ी की फरमाबन्दी 4 या 5 बार तक प्रयोग करने पर अपनी आयु खो देती है। अत: आयु की दृष्टि से मितव्ययी होती है।
(v) इस्पात फरमाबन्दी मानक मान में होती है। नट-बोल्टों को कसना व खोलना सरल पड़ता है। इस फरमाबन्दी को लगाना व हटाना सरल पड़ता है और समय भी कम लगता है।
(vi) इस्पात की फरमाबन्दी का, सेवा अवधि के बाद भी कबाड़-मूल्य (Scrap value) रहता है।
(vii) इस्पात की फरमाबन्दी की भीतरी सतह साफ, चिकनी व समतल होती है, अत: कंक्रीट अवयवों की सम्पूर्ति उत्तम मिलती है।
(viii) इस्पात की फरमाबन्दी गीली कंक्रीट के सम्पर्क में आने पर सिकुड़ती व टेढ़ी नहीं होती है।

(b) दोष—

(i) इस्पात की फरमाबनदी शुद्ध परिमापों में तैयार करने में दिक्कत पड़ती है। लकड़ी की भाँति इसे रन्दा लगाकर सही नहीं किया जा सकता है।

(ii) यह पर्याप्त महँगी होती है अत: कंक्रीट कार्यों के लिये मितव्ययी सिद्ध नहीं होती है।

(iii) इस्पात खण्ड संक्षारण के कारण नष्ट हो जाते हैं।

(iv) इसकी छोटी-छोटी फिटिंग प्राय: गुम होती रहती है, जिससे कार्य में बाधा पड़ जाती है।

इस्पात की फरमाबन्दी के गुण-दोष होते हुए भी विशेष तौर पर बड़े निर्माण कार्यों पर आजकल इसका प्रयोग बढ़ रहा है। गोलाकार अथवा वक्राकार कंक्रीट अवयवों; जैसे चिमनी, टैंक, स्तम्भ, गुम्बद इत्यादि के लिये इस्पात की शटरिंग उत्तम रहती है। लोक निर्माण विभाग अब इस्पात की फरमाबन्दी को वरीयता देता है।

फरमे का अस्तर (Form Lining)

लकड़ी के पटरों की फरमाबन्दी प्रयोग करने पर, कंक्रीट अवयवों की सतह पर पटरी के जोड़ों के निशान अथवा लकड़ी की गांठें उभर आती हैं, जो देखने में अच्छी नहीं लगती हैं। अत: उच्च कोटि के निर्माण में कंक्रीट अवयवों को साफ, सुन्दर व समतल सतहें प्राप्त करने के लिये, शटरिंग के भीतरी भाग पर अस्तर लगाया जाता है। यह अस्तर दृढ़ भवनी कागज, प्लास्टिक शीट, रेशे-रहित चिकने बोर्ड, धातु की चादर, प्लाई-वुड का होता है। धातु की शीट 22-24 गेज की प्रयोग की जाती है। शीट के ऊपर, कंक्रीट डालने से पहले, ग्रीस/तेल लगा दी जाती है, ताकि गीली कंक्रीट इससे चिपक न जाये।

क्षैतिज अवयवों के लिये उभार (Camber for Horizontal Members)

विक्षेपन की दृष्टि प्रभाव कम करने के लिए, लम्बे पाट वाले अवयवों (धरन आदि) की फरमाबन्दी को उपयुक्त उभार देना चाहिये। धरनों व स्लैब के लिये 1 in 250 और प्रयाय धरनों के मुक्त सिरे (Free End) पर 1 in 50 का उभार पर्याप्त रहता है।

फरमाबन्दी के प्रयोग में सावधानियाँ (Precuations in Use of Form Work)

कंक्रीट अवयवों की फरमाबन्दी करते समय निम्नलिखित सावधानियाँ बरतनी चाहियें। ऊपरी तलों की फरमाबन्दी करते समय निचले तलों पर आवश्यक टेकें लगानी चाहियें अन्यथा फरमाबन्दी गीली कंक्रीट का भार निचले तलों को क्षति पहुँचा सकता है।

(a) फरमाबन्दी लगाते समय सावधानियाँ—

(1) फरमाबन्दी की दृढ़ता व मजबूती की सावधानी से जाँच करनी चाहिये। यदि कोई बत्ता, पटरा या टेकें कमजोर पड़ रही हो, वहाँ पर अतिरिक्त अवयव जोड़ देने चाहियें। धरनों के पाट पर इनकी पूरी लम्बाई में 1 से 1120 मीटर की दूरी पर खड़ी टेके देनी चाहियें।

(2) शटरिंग की भीतरी सतह को अच्छी तरह साफ कर दे। इसमें कोई कील, पच्चड़ अथवा गुटका उभरा हुआ नहीं दिख पड़ना चाहिये।

(3) शटरिंग के जोड़ों की जल-रोधकता की जाँच करनी चाहिये ताकि वहाँ से गीली कंक्रीट का मसाला लीक न हो। शटरिंग मे यदि कोई दरार नजर आये, तो पैरिस ऑफ प्लास्टर से भर देना चाहिये।

(4) शटरिंग की सतह व भीतरी मापों को कंक्रीट अवयव के संदर्भ में जाँच कर लें, क्योंकि कंक्रीट भरे जाने के पश्चात् मापों मे कोई भी फेर-बदल सम्भव नहीं है। धरनों की तली का कैम्बर भी चैक करें। यह पाट का 1/360 से कम नहीं होनी चाहिये।

(5) प्रबतन जाल की तली तथा सिरों पर आवश्यक कंक्रीट आवरण देने के लिये लगाये गये गुटकों की जाँच कर लेनी चाहिये।

(6) कंक्रीट भरने से पहले शटरिंग की भीतरी सतहों की, जो कंक्रीट के सम्पर्क में आनी हैं, गीली कर दें अथवा खनिज तेल पोत दें ताकि ताजी कंक्रीट इससे चिपके नहीं और फरमा कंक्रीट का पानी न सोखे।

(7) प्रबलन छड़ों का व्यास, अन्तराल तथा स्थिति डिजाइन व ड्राइंग के अनुसार चैक कर लेनी चाहिये।

(b) कंक्रीट भरते समय सावधानियाँ—

(8) कंक्रीट को फरमे में शीर्ष तक सावधानी से भरना चाहिये। यह शटरिंग के बाहर फैलनी नहीं चाहिये।

(9) कंक्रीट फरमे में अच्छी तरह भरनी चाहिये। कोई स्थान या कोना खाली नहीं छूटना चाहिये। कंक्रीट को फरमे में ऊपर से धीरे से डालना चाहिये ताकि इसका पृथक्करण न हो।

(10) कंक्रीट की कम्पक अथवा हस्त-औजार से कुटाई करनी चाहिये। स्तम्भों की कंक्रीट की कुटाई के लिये लम्बी छड़ इस्तेमाल की जा सकती है। कुटाई के दौरान फरमे को क्षति नहीं पहुँचनी चाहिये।

(11) कार्य पूर्ण हो जाने पर, सभी औजारों, कम्पक, उपकरणों इत्यादि को फरमाबन्दी के ऊपर से हटा लेना चाहिये।

(12) ढलाई पूर्ण हो जाने पर, फरमाबन्दी का पुन: निरीक्षण करना चाहिये। यदि कोई टेक ढीली पड़ गयी है उसे तुरन्त ठीक कर देना चाहिये।

(13) 24 घंटे पश्चात् कंक्रीट के सैट होने पर इसकी तराई शुरू कर देनी चाहिये और इसे निर्धारित अवधि तक बनाये रखना चाहिये।

(c) फरमाबन्दी हटाते समय सावधानियाँ—

(14) फरमाबन्दी के अधस्तल (Soffit) व टेकों को पूर्ण रूप से हटाने से पहले, पार्श्व की शटरिंग का थोड़ा-सा भाग खोल कर देख लेना चाहिये कि कंक्रीट पर्याप्त कठोर हो गयी है।

(15) फरमाबन्दी तभी हटानी चाहिये, जब कंक्रीट पूर्ण रूप से सेट होकर स्वयं का भार सम्भालने योग्य बन जाये। यदि फरमाबन्दी समय से पहले हटा ली जाती है तो अवयव क्षतिग्रस्त हो सकता है और इसे आवश्यकता से अधिक अवधि तक बनाये रखने पर फरमाबन्दी का व्यय अनावश्यक रूप से बढ़ जाता है। फरमाबन्दी हटाने की अवधि सीमेन्ट के प्रकार, अवयव की स्थिति, वायुमण्डलीय दशा आदि पर निर्भर करती है।

(16) फरमाबन्दी क्रमबद्ध तरीके से उपयुक्त चरणो में, धीरे-धीरे पार्श्व के तख्ते हटाये जाते हैं, इसके बाद टेकें अलग की जाती हैं। टेकों के पच्चरों (Wedges) को धीरे-धीरे ठीक कर निकालना चाहिये। अंधाधुन्ध फरमाबन्दी हटाने के परिणाम भयानक हो सकते हैं।

(17) फरमाबन्दी हटाते समय बड़ी सावधानी बरतनी चाहिये। इसके नीचे किसी भी व्यक्ति को खड़ा नहीं रहना चाहिये। फरमाबन्दी हटाते समय कंक्रीट को क्षति नहीं पहुँचनी चाहिये।

(18) भारी धरनों तथा दीवारों से अधिक बाहर निकली प्रास प्रकार की बरसातियों (Porch) की फरमाबन्दी हटाते समय विशेष सावधानी बरतनी चाहिये। लापरवाही अथवा गलत ढंग से प्रबलन इस्पात डालने पर यह अवयव टेकें हटाते ही नीचे लटक जाते हैं और इनके नीचे फँसे मजदूरों का जीवन संकट में पड़ जाता है।

प्रास धरनों/स्लैबें की फरमाबन्दी तब तक बनी रहनी चाहिये, जब तक इनके आबद्ध सिरे (Fixed end) पर प्रतिसन्तुलित भार (चिनाई/कंक्रीट का) नहीं आता है।

(19) फरमाबन्दी स्थल अभियन्ता की देख-रेख में ही हटानी चाहिये।

(20) इस्तेमाल में न आ रही फरमाबन्दी को वर्षा, धूप, सीलन, आग आदि से बचाना चाहिये। बल्लियों को गलने-सड़ने से बचाने लिये जमीन पर ढेर करने की अपेक्षा, इन्हें खड़ी स्थिति में स्टोर करना चाहिये।

(21) फरमाबन्दी हटाने के पश्चात् कंक्रीट सतह का ध्यान से निरीक्षण करना चाहिये। यदि कोई दोष नजर आये अथवा कोई प्रबलन छड़ बाहर निकली दिखाई पड़े तो उस पर गाढ़े सीमेंट-मसाले का आवरण चढ़ा देना चाहिये।

(22) फरमाबन्दी हटाने के बाद इसे अच्छी तरह साफ कर देना चाहिये। बल्लियों व पटरों में लगी कीलों को निकाल देना चाहिये। नट-बोल्टों को चुनकर एकत्र कर लेना चाहिये ताकि इनका पुन: इस्तेमाल हो सके।

फरमाबन्दी हटाने की अवधि (Stripping Time for Form Work)

साधारण पोर्टलैण्ड सीमेंट से तैयार प्रबलित कंक्रीट के ढलित विभिन्न अवयवों की फरमाबन्दी हटाने की अवधि I.S. 456-2000 के अनुसार तालिका 8.1 में दी गयी है। यह अवधि इस्पात की फरमाबन्दी के लिये नहीं है। फरमाबन्दी हटाने से पूर्व प्रभारी अभियन्ता की अनुमति आवश्यक है। फरमाबन्दी काल के दौरान तापमान 15°C से कम नहीं होना चाहिये और कंक्रीट की उपयुक्त ढंग से तराई की गयी हो।

कंक्रीट कार्य पर ढलाई के बाद 28 दिनों तक कोई भार नहीं आना चाहिये, चाहे फरमाबन्दी इससे पूर्व क्यों न हटा ली गयी हो और जिन रचनाओं पर यदि कोई भार आ भी रहा है तो फरमाबन्दी 28 दिन तक आवश्य बनाकर रखनी चाहिए।

तालिका 8.1–इस्पात की फरमाबन्दी हटाने की न्यूनतम अवधि

	अवयव की प्रकार	अवधि
(i)	स्लैब की तली के पटरे (टेकें यथास्थान पुन: लगायें)	3 दिन
(ii)	धरन की तली के पटरे (टेकें यथास्थान पुन: लगायें)	7 दिन
(iii)	कंक्रीट दीवार, स्तम्भ व धरन की ऊर्ध्वाधर (खड़ी) तख्ता बन्दी	16 से 24 घण्टे
(iv)	स्लैब की टेकें (Props) हटाना—	
	(a) 4·5 मीटर के पाट तक	7 दिन
	(b) 4·5 मीटर से अधिक पाट के लिये	14 दिन
(v)	धरनों व मेहराबों (डाटों) की टेकें हटाना	
	(a) 6 मीटर से पाट तक	14 दिन
	(b) 6 मीटर से अधिक पाट के लिये	21 दिन

टिप्पणी—

(i) पटरे हटाने पर, टेकों की संख्या व दूरी इतनी अवश्य बनी रहे कि संरचना का अचल व चल भार, यदि कोई कार्यरत है को सम्भाले रख सके।

(ii) शीघ्र कठोरी सीमेंट के लिये उपरोक्त अवधि को 40% तक घटाया जा सकता है, परन्तु किसी भी अवस्था में यह अवधि 24 घण्टे से कम नहीं होनी चाहिये।

फरमाबन्दी के मुख्य घटक (Main Members of a Form Work)

1. शीटिंग (Sheeting)—यह 25 mm से 40 mm मोटे लकड़ी के तख्ते होते हैं जो कंक्रीट के सीधे सम्पर्क में आते हैं। इसकी कंक्रीट वाली सतह को समतल व साफ बनाने के लिये, इस पर प्लाईवुड, प्लास्टिक शीट या धातु की चादर मढ़ दी जाती है। गीली कंक्रीट शीटिंग से चिपके नहीं, इसके लिये शीटिंग की भीतरी फलकों पर तेल आदि पोत देना चाहिये।

2. नत टेकें (Raking Shore)—ये कड़ियाँ फरमाबन्दी को अपनी स्थिति में बनाये रखने के लिये प्राय: भूमि से 30° से 75° के कोण पर लगायी जाती हैं। इसका ऊपरी सिरा फरमे से जड़ दिया जाता है और निचला सिरा भूमि में गाढ़ दिया जाता है।

3. टेकें (Props)—यह पोल (Pole) फरमाबन्दी को वांछित ऊँचाई पर बनाये रखने तथा कंक्रीट का भार नीचे भूमि पर अन्तरित करने के लिये लगाये जाते हैं। टेक इस प्रकार लगानी चाहिये कि इसकी ऊँचाई आवश्यकतानुसार घटाई/बढ़ाई जा सके। टेक के नीचे पच्चड़ ठीक कर इसे स्थिर किया जाता है। टेकें उखाड़ने के लिये पहले पच्चड़ निकाली जाती है।

4. स्टड (Stud)—शीटिंग को अपनी स्थिति में बनाये रखने के लिये तथा इसे बाहर की ओर झुकने से रोकने के लिये, इसके पीछे उचित अन्तराल पर जो लम्बवत् अवयव लगाये जाते हैं, उन्हें स्टड कहते हैं।

5. वेल (Wale)—स्टड को अपनी स्थिति में रखने के लिये इसकी आड़ी दिशा में जो अवयव लगाये जाते हैं, वेल कहलाते हैं।

6. टाई (Tie)—कंक्रीट अवयव की समान मोटाई बनाये रखने और शीटिंग, स्टड व वेलों को अपनी निर्धारित स्थिति में रखने के लिये इनके आर-पार इस्पात की छड़ लगायी जाती है, जिसे टाई कहते है। टाई को बाद में सैट हुई कंक्रीट के अन्दर ही रहने दिया जाता है और सिरों को प्लॉस्टर करके ढाँप दिया जाता है।

7. क्लेम्प (Clamp)—टाई जकड़ने के लिये धातु के क्लेम्प लगाये जाते हैं।

माप

प्रबलित कंक्रीट के अवयवों; जैसे धरन (Beam), टी-धरन (T-Beam), स्लैब (Slab), स्तम्भ (Colume), डॉट (Arch), प्रतिधारक दीवार (Retaining Wall), नींव ब्लॉक (Foundation Block) इत्यादि के लिये फरमाबन्दी के घटकों की साधारण माप तालिका 8.2 में दी गयी है।

तालिका 8.2–लकड़ी की फरमाबन्दी की माप

क्र०सं०	फरमाबन्दी के घटक	प्रकाष्ठ की मोटाई या माप (सभी माप mm में)
(i)	शीटिंग, स्तम्भों व धरनों के पार्श्व पटरे	25 से 50
(ii)	धरनों की तली	50
(iii)	स्तम्भ योक (Yoke)	50 × 100 से 100 × 100
(iv)	टेकें (Props)	75 × 100 से 150 × 150
(v)	कडियाँ, बल्लियाँ	50 × 100 से 75 × 200
(vi)	बल्लियाँ	मध्य की लम्बाई में 100 mm से कम नहीं और सिरों पर 80 mm से कम नहीं होगी।

नोट—उपरोक्त माप 5·0 m पाट और 4·0 m ऊँचाई के लिये ही उपयुक्त है।

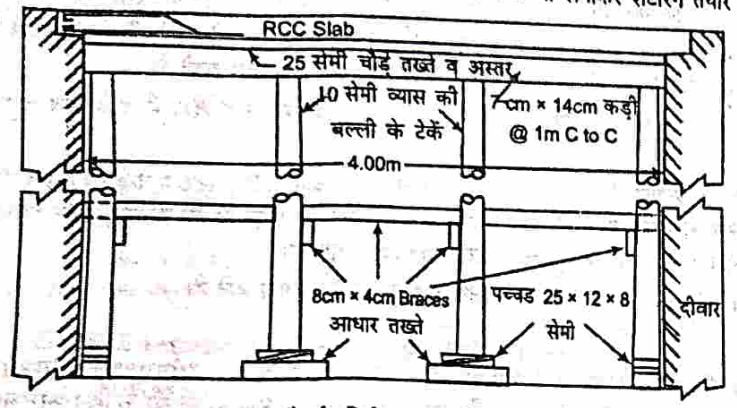
विभिन्न प्रबलित कंक्रीट अवयवों के लिये टाइप फरमाबन्दी

(Types Form Work for Various R.C.C. Members)

सादा सीमेंट कंक्रीट की सम्पीडन में बहुत अधिक सामर्थ्य होती है परन्तु तनन में कमजोर पड़ती है। कंक्रीट की इस कमजोरी को दूर करने के लिये, इसके तनन क्षेत्र में इस्पातीय छड़ों का प्रबलन दिया जाता है। तब यह रचना प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (Reinforced Cement Concrete – R.C.C.) कहलाती है। प्रबलित सीमेंट कंक्रीट के अवयवों; धरन, टी-धरन, स्लैब, स्तम्भ आदि की टाइप फरमाबन्दी नीचे दी जा रही है।

1. स्लैब की फरमाबन्दी—उचित अन्तराल पर टेकें (Props) खड़ी करके उनके ऊपरी सिरों पर धारक बल्ले लगाये जाते है। इन धारकों पर लकड़ी के पटरे पास-पास सटाकर लगाये जाते हैं और स्लैब के लिये एक अस्थायी प्लेटफार्म तैयार किया

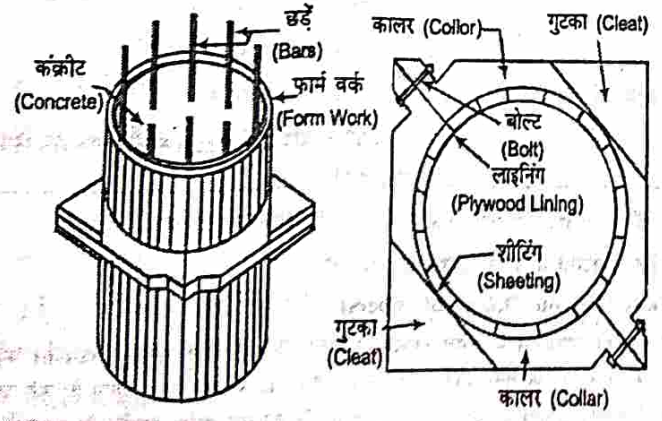
जाता है। जिस पर प्रबलन इस्पात बिछाकर कंक्रीट भरी जाती है। टेकों के नीचे पच्चड़ लगाकर फरमाबन्दी को स्थिर बनाया जाता है। धारकों के ऊपर लकड़ी के पटरों के स्थान पर इस्पात की मोटी प्लेटे भी लगाकर शटरिंग तैयार की जाती है।



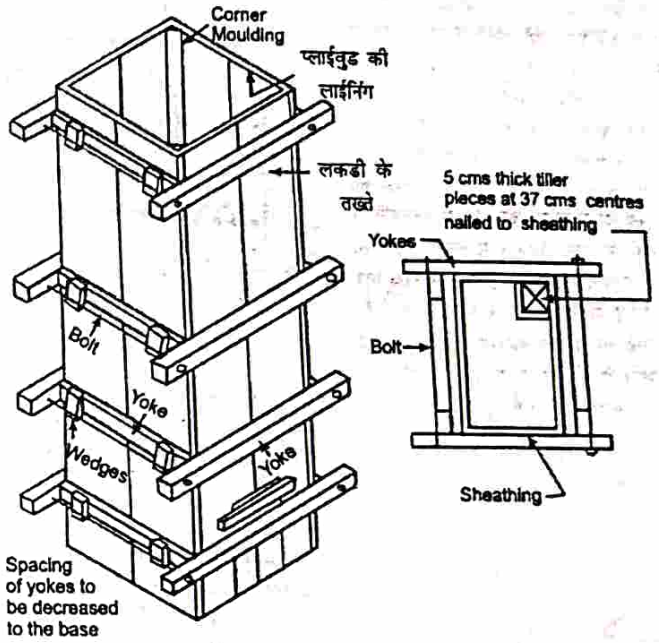
स्लैब के लिये फरमाबन्दी

2. स्तम्भों के लिये फरमाबन्दी—लकड़ी के बत्तों को जोड़कर स्तम्भ के परिच्छेद के अनुरूप एक ढाँचा बनाया जाता है। साफ व समतल सतह प्राप्त करने के लिए ढाँचे की भीतरी फलकों पर इस्पातीय चादर अथवा प्लाईवुड शीट मढ़ दी जाती है। ढाँचे की ऊँचाई की दिशा में पार्श्व स्थिरता प्रदान करने के लिये उचित अन्तराल पर गलपट्ट (Yoke) लगाये जाते हैं। उनको बोल्टों व पच्चड़ से कस दिया जाता है। इससे फरमा अपने सही आकार में बना रहता है।

गोलाकार स्तम्भों के लिये इस्पात की प्लेटों की शटरिंग उत्तम रहती है, क्योंकि स्तम्भ को शुद्ध गोलाई प्राप्त होती है। स्तम्भों की उत्तम ढलाई के लिये इस्पात की फरमाबन्दी प्रयोग की जाती है।

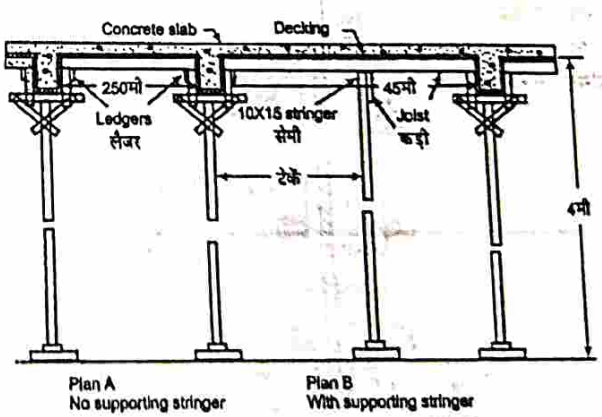


(a) : गोलाकार स्तम्भ की फरमाबन्दी

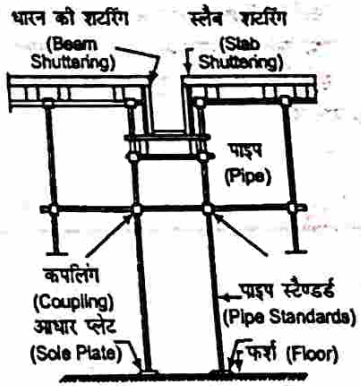


(b) : वर्गाकार या आयताकार स्तम्भ की फरमाबन्दी

3. टी-धरन की फरमाबन्दी—टी-धरन की फरमाबन्दी स्लैब व धरनों की समतलित फरमाबन्दी होती है। टी-धरन की फरमाबन्दी के लिये इस्पात के पाइप भी प्रयोग किये जाते हैं, जिसे ट्यूबलर फरमाबन्दी के नाम से जाना जाता है।

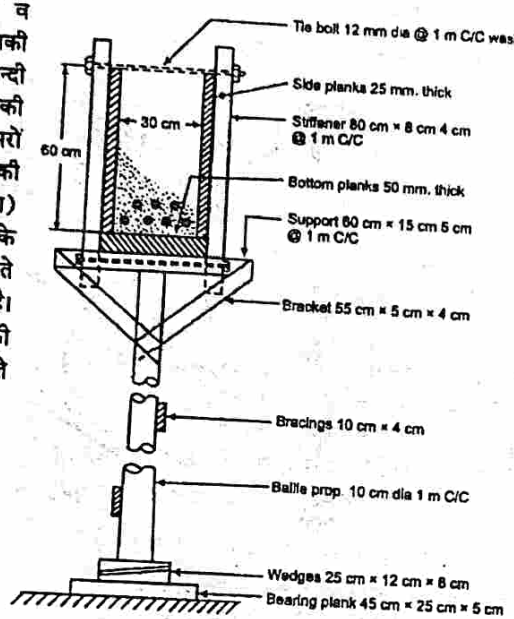


(a) : स्लैब व धरन की संयुक्त फरमाबन्दी



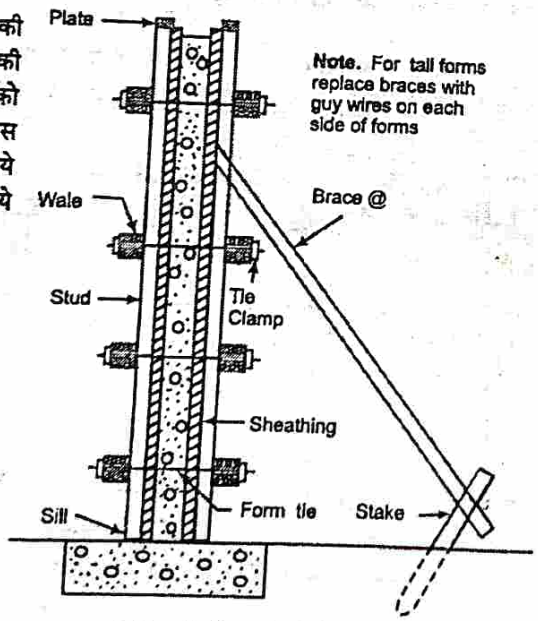
(b) : टी-धरन के लिये इस्पातीय नलिका की फरमाबन्दी

4. धरन व लिन्टल की फरमाबन्दी—धरन व लिन्टल, क्योंकि ऊँचाई पर डाले जाते हैं अतः इसकी फरमाबन्दी दो भागों में बनायी जाती है—(i) तख्ता बन्दी (Shuttering), (ii) ढूला (Centering) / लकड़ी की बल्लियाँ टेकों के रूप में खड़ी करके, उनके ऊपरी सिरों पर बत्तों का ब्रेकिट (Bracket) बनाया जाता है। फरमे की भीतरी साइडों व तली पर प्लाईवुड का अस्तर (लाइनिंग) दिया जाता है। फरमे को सही आकार में बनाये रखने के लिये थोड़ी-थोड़ी दूरी पर दृढ़कारी (Stiffness) लगाये जाते हैं, जिनके सिरों को टाई बोल्ट लगाकर बाँध दिया जाता है। ढूले की टेकों की तली पर पच्चड़ व्यवस्था (Wedge) की जाती है जिससे फरमाबन्दी को सैट करके, कसने तथा हटाते समय ढीला करने में आसानी रहती है।



धरन के लिये फरमाबन्दी

5. कंक्रीट की दीवार की फरमाबन्दी—कंक्रीट की [दी]वार की फरमाबन्दी चित्र में दिखायी गई है। दीवार की [मो]टाई के अनुरूप ऊर्ध्वाधर तख्ते खड़े किये जाते हैं, जिनको [लम्]बाई की दिशा में उपयुक्त अन्तराल पर टाई-छड़ों से कस [दि]या जाता है। फरमाबन्दी को अपनी सत्य स्थिति में बनाये [रख]ने के लिये उचित दूरी पर नत अवयव (ब्रेसिंग) लगाये [जाते] हैं।



कंक्रीट की दीवार के लिये फरमाबन्दी

विशेष प्रकार की फरमाबन्दी (Special Types of Formwork)

बड़े निर्माण कार्यों व विशेष परिस्थितियों में विशेष प्रकार की फरमाबन्दी अपनायी जाती है। जिसके नाम इस प्रकार हैं—

(i) उत्थक फरमे (Climbing Forms) (iii) इस्पातीय फरमे (Steel Forms)

(ii) चल फरमे (Moving Forms)

(1) उत्थक फरमे—यह फरमाबन्दी पुल की डाटों, बहुतली भवनों, साइलों (Siloes), चिमनियों व टावरों के निर्माण में प्रयोग की जाती है। फरमाबन्दी को यान्त्रिक विधि से ऊपर उठाते रहते हैं और कंक्रीट ढलाई का कार्य ऊपर को प्रगति करता रहता है। इस विधि में फरमे को एक बार लगा देने के बाद कार्य के अन्त तक बदला नहीं जाता है।

(2) चल फरमे—यह फरमाबन्दी एक चल गेण्टरी पर आधारित की जाती है, जो दो रेलों पर सरकती है। चल फरमाबन्दी पुलों, नहरों के आन्तरण व सुरंगों के काम आती है। एक खण्ड में कंक्रीट कार्य पूर्ण होने पर फरमाबन्दी आगे सरका ली जाती है।

(3) इस्पातीय फरमे—इस्पात की मोटी चादर को एंगल व फलेट के फ्रेम पर वेल्ड करके मानक साइज के फरमा पेनल बनाये जाते हैं। फरमा पेनलों को पास-पास सटाकर चाबी अथवा अन्य व्यवस्था से जोड़कर वांछित माप की फरमाबन्दी तैयार की जाती है। पेनल का सामान्य माप 0·50m × 0·50m रखा जाता है। कोनों के लिये विशेष माप के पेनल भी बनाये जाते हैं। पेनलों को धरनों पर आधारित किया जाता है; जिनको कार्य पूर्ण होने पर निकाल दिया जाता है। इस्पाती फरमे व्यापारिक नामों से बाजार में उपलब्ध हैं।

8.6.2 पाड (Scaffolding)

भवन निर्माण में प्रयुक्त ढांचा या पाड़ जो धातु या बांस के लम्बे डंडों और लकड़ी के तख्तों से बना होता है तथा इस मचान पर खड़े होकर कारीगर काम करते हैं। यह एक अस्थायी संरचना होती है जिसे कार्य समाप्ति के उपरान्त हटा दिया जाता है। जब निर्माण करते समय अधिक ऊँचाई पर कार्य करना पड़ता है तब (scaffolding) की आवश्यकता पड़ती है। मुख्यतः ये पाँच प्रकार की होती हैं—

—Tube and coupler components

—Prefabricated modular system scafford components

—Hframe/Facade modular system scaffolds

—Timber scaffolds

—Bamboo scaffolds

प्रत्येक प्रकार की scaffolding में निम्न घटक अवश्य होते हैं

—सतह पर base jack or plate जो भार वहन करती है।

—एक ऊर्ध्वाधर व्यवस्था जिसे जोड़ों द्वारा जोड़कर सीधा खड़ा किया जा सके। जैसे पाइप को साकेट में जोड़ते हुए पूरी ऊँचाई तक ले जाना।

—ledger या क्षैतिज सदस्य (bracings) जिनसे ऊर्ध्वाधर सदस्यों को बांधा जा सके।

—ट्रानसम (horizontal beams) जिन पर बैटन, बोर्ड तथा decking unit का भार आ सके।

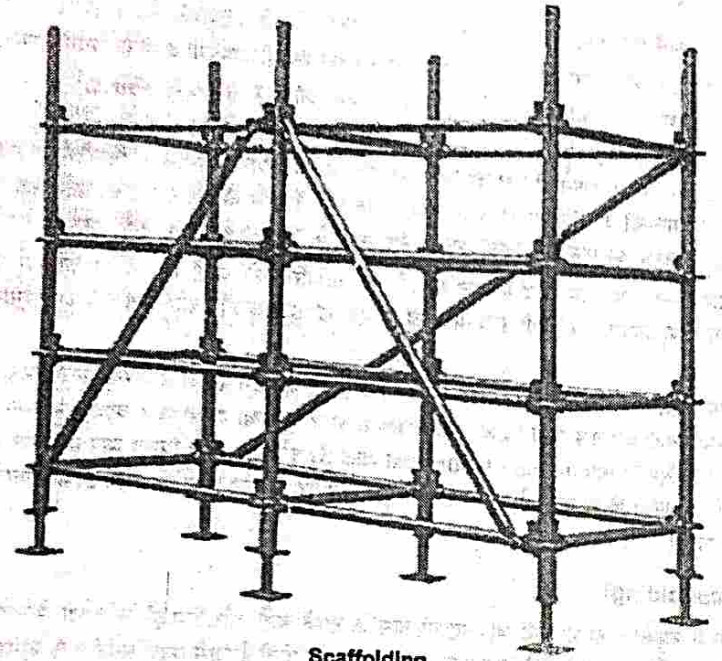
— Batten or board decking component जिस पर खड़े होकर कार्य किया जा सके।

—कपलर (coupler) जोड़ने के लिये

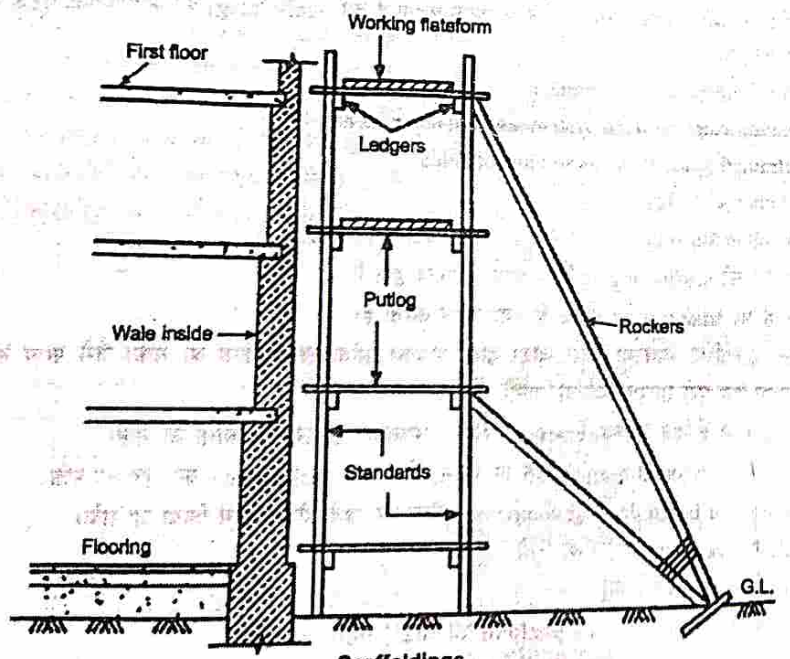
—Scaffold tie-बांधने हेतु

—Brackets-जिससे working platform की चौड़ाई बढ़ाई जा सके।

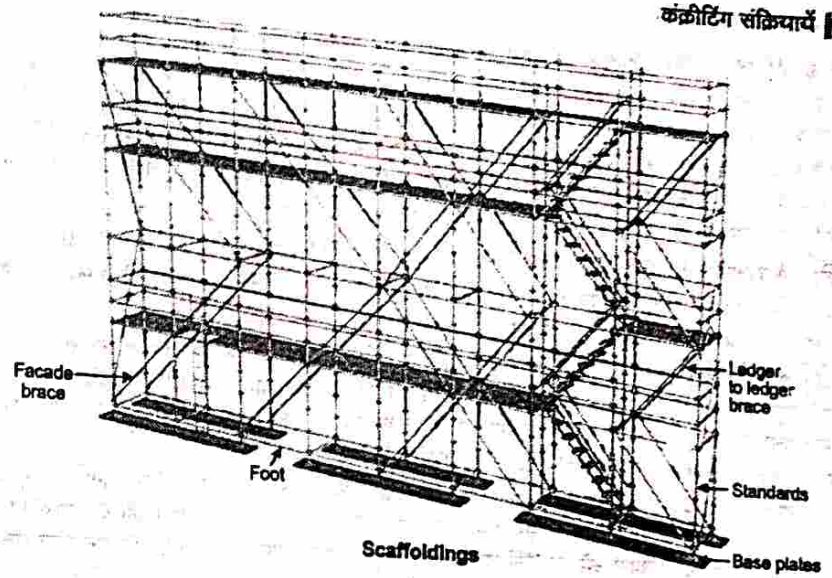
कुछ scaffoldings के चित्र संदर्भ हेतु दिये जा रहे हैं—



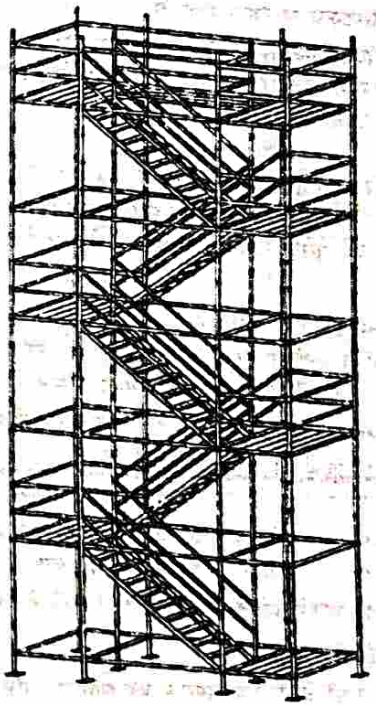
Scaffolding



Scaffoldings



Scaffoldings



Scaffoldings

8.6.3 कंक्रीट का बिछाना (Placement of Concrete)

कंक्रीटिंग की अन्य क्रियाओं की तरह ही कंक्रीट का बिछाना एक महत्वपूर्ण क्रिया है। यह आवश्यक होता है कि सैट होने से पूर्व कंक्रीट को भली प्रकार बिछा दिया जाये। यदि किसी कारण से कंक्रीट को बिछाने में विलम्ब हो गया हो और कंक्रीट सैट होने लगी हो तो इस प्रकार की कंक्रीट को कदापि नहीं बिछाना चाहिये। यहाँ पर यह ध्यान देना भी आवश्यक है कि कंक्रीट को कभी भी ऊँचाई से पटकना नहीं चाहिये। इससे पृथक्करण होने की संभावना रहती है। कंक्रीट को यदि हिलाते-डुलाते रहा जाये तो इसे सैट होने में कुछ देर तक बचाया जा सकता है।

(i) कंक्रीट को बिछाने से पूर्व सतह की तैयारी करना (Preperation of Surface before Concreting)

कंक्रीट को बिछाने से पूर्व सतह को तैयार किया जाता है। यह तैयारी भिन्न-भिन्न सतहों के लिये भिन्न-भिन्न होती हैं। कंक्रीट के विभिन्न आधारों हेतु बिछाने की कार्यवाही निम्न होगी—

(a) मृदा वाली सतह (Natural Soil)—प्राकृतिक मृदा पर कंक्रीट बिछाने से पूर्व यह निश्चित कर लेना चाहिये कि उसमें कोई गड्ढा न हो। ऐसा होने पर उसे मृदा से भर कर कुटाई कर देनी चाहिये। सतह पर कुछ पानी भी छिड़क लेना चाहिये जिससे मृदा संतृप्त हो जाये और कंक्रीट की नमी न सोख ले। भराव की मृदा को पानी छिड़क कर कुटाई करना आवश्यक होता है। सतह पर घास-फूंस, कूड़ा-करकट इत्यादि कुछ नहीं होना चाहिये।

(b) चट्टानी सतह (Rocky Surface)—चट्टानी सतह कंक्रीट बिछाने के लिये अच्छी मानी जाती हैं परन्तु कंक्रीट बिछाने से पूर्व इनकी तार के ब्रुश से भली प्रकार सफाई कर काई, ढीले कण, मिट्टी इत्यादि सभी साफ कर देने चाहियें। चट्टानों में यदि कोई दरार दिखाई दे तो पहले उसे भर लेना चाहिये। इसे भरने के लिये सीमेन्ट का घोल प्रयोग किया जा सकता है। कंक्रीट डालने से पहले थोड़ा पानी छिड़कना भी बेहतर रहता है।

(c) ईंट खड़ंजा या जलाबद्ध मैकेडम सतह (Brick Soling and WBM Surface)—इस प्रकार के आधार पहले से ही तैयार होते हैं बस उन पर तारों के ब्रश से सफाई करके कुछ पानी छिड़कना पड़ता है फिर उसके ऊपर सीधे कंक्रीट बिछायी जा सकती है। यह ध्यान रखना आवश्यक है कि सतह पर धूल इत्यादि न हो तथा सतह में पर्याप्त नमी हो जिससे व कंक्रीट की नमी को न सोख सके।

(d) कठोर हुई कंक्रीट सतह (Hardened Concrete Surface)—नयी कंक्रीट डालने से पहले पुरानी कंक्रीट सतह को तार के ब्रश से खुरचा जाता है जिससे ढीली कंक्रीट, कूड़ा करकट इत्यादि साफ हो जाये। कंक्रीट अगर सपाट हो तो बीच-बीच में काटकर झिर्री बना लेते हैं। जिससे नयी-पुरानी कंक्रीट में बौण्ड बन सके। पुरानी सतह पर सीमेंट के घोल का लेप करके नयी कंक्रीट बिछानी चाहिये।

(ii) फरमों की जाँच करना (Checking of Form Work)

(1) कंक्रीट भरने से पूर्व फरमें के अन्दरूनी भाग को साफ करके इसमें खनिज तेल का लेप कर देना चाहिये। इसमें गीली कंक्रीट फर्मे से चिपकेगी नहीं तथा फरमा हटाते समय आसानी से अलग हो सकेगा।

(2) फर्मों का संरेखण, माप, मजबूती पहले ही जाँच लेनी चाहिये जिससे वह ताजी कंक्रीट का भार वहन करने में सक्षम हो।

(3) यदि फर्मों को दोबार प्रयोग किया जा रहा है तो उसकी भीतरी सतह पूरी तरह से साफ होनी चाहिये। पुरानी कंक्रीट/मसाला यदि लगा रह गया हो तो उसे उखाड़कर फरमे को पूर्णत: साफ व चिकना कर लेना चाहिये।

(4) फर्मे के अन्दर बोल्ट-कील इत्यादि नहीं निकले होने चाहियें अन्यथा वो कंक्रीट के साथ सैट हो जायेंगे और फर्मा खोलते समय दिक्कत आयेगी और कंक्रीट को भी क्षति पहुँच सकती है।

(5) फर्मों के जोड़ जलरोधी होने चाहियें नहीं तो कंक्रीट का जल उसमें से बाहर निकल सकता है।

(iii) जोड़ों की जाँच करना (Checking for Joints)

कंक्रीट बिछाते समय सारे अवयवों की कंक्रीट एक समय में एक साथ होनी संभव नहीं होती। अत: कंक्रीट निर्माण के समय जोड़ आने से नहीं रोका जा सकता। प्रत्येक पारी या दिन के अन्त पर कार्य रोककर, अगले दिन उसी स्थान से नया कार्य

प्रारम्भ करना होता है। अत: नये व पुराने कार्यों को एकाश्मी बनाने के लिये दोनों की मिलन सतहों पर निर्माण जोड़ लगाया जाता है। इस संदर्भ में हम विस्तार से अध्ययन करेंगे।

(iv) कंक्रीट के बिछाते समय सावधानियाँ (Precautions in Placing of Concrete)

(1) कंक्रीट के पृथक्करण को रोकने के लिये इसे ऊँचाई से नहीं पटकना चाहिये। यदि उँचाई अधिक हो तो शूट का प्रयोग करना ठीक रहता है।

(2) कंक्रीट की परत की मोटाई 15-30 cm के मध्य रखी जा सकती है। प्रयास यह करना चाहिये कि सभी परतें एक ही मोटाई की हों। स्थूल कार्यों हेतु यह मोटाई 30-45 cm की जा सकती है।

(3) कंक्रीट भरते समय निम्न प्रकार से कंक्रीट डालनी चाहिये—
दीवारों में—सिरों से मध्य की ओर
ढालू सतह पर—निचले स्तर से ऊँचे स्तर की ओर
बीम में—स्तम्भ भरने के लगभग 2 घण्टे बाद

(4) कंक्रीट डालने के तुरन्त बाद ही कुटाई कर देनी चाहिये। इसके लिये लोहे की छड़ का इस्तेमाल किया जाता है।

(5) वर्षा के समय कंक्रीट का कार्य रोक देना चाहिये तथा ताजी कंक्रीट को तिरपाल से ढक देना चाहिये।

(6) कंक्रीट डालने से पूर्व फरमाबन्दी की पूरी जाँच, सफाई तथा तेल का लेप कर लेना चाहिये।

(7) पुरानी सतहों को तारों के ब्रश से साफ कर रुक्ष बनाकर फिर नयी कंक्रीट डालनी चाहिये।

(8) कंक्रीट के निर्माण एवं प्रसार जोड़ों की स्थिति पूर्व में ही ज्ञात कर लेनी चाहिये।

(9) अत्यधिक गर्म या सर्द मौसम में कंक्रीट का कार्य रोक देना चाहिये।

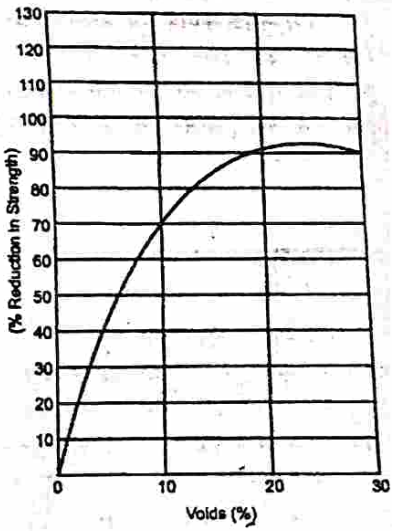
(10) ताजी बिछी कंक्रीट को श्रमिकों इत्यादि के चलने से बचाना चाहिये।

(11) कंक्रीट डालने से पूर्व प्रबलन की जाँच कर लेनी चाहिये तथा आवश्यक कवर लगा देना चाहिये।

8.7 कंक्रीट की कुटाई या संहनन (Compaction of Wet Concrete)

कंक्रीट के निर्माण के समय काफी मात्रा में वायु कंक्रीट में प्रवेश कर जाती है। यदि इस वायु को कंक्रीट से बाहर न निकाला जाये तो कंक्रीट की गुणवत्ता खराब हो सकती है। कंक्रीट से वायु को निकालने की एवं समान रूप से कंक्रीट को बिछाने की प्रक्रिया को संहनन कहते हैं। कंक्रीट की सघंनता, सामर्थ्य एवं टिकाऊपन इत्यादि सभी गुण कंक्रीट की कुटाई की मात्रा एवं दक्षता पर निर्भर करते हैं। अत: कंक्रीट की भली प्रकार से कुटाई की जानी आवश्यक है। यदि कंक्रीट में 5% रन्ध्र रह जाये तो कंक्रीट की सामर्थ्य 35% तक कम हो सकती है।

कंक्रीट की कुटाई से कंक्रीट का प्रबलन इस्पात से अभिलाग भी बेहतर बनता है।



8.7.1 कुटाई की विधियाँ (Compaction Methods)

(a) हस्त कुटाई (Hand Rodding)

(b) यान्त्रिक कुटाई (Mechanical Compaction)

(1) यांत्रिक कम्पन (Mechanical Vibrators)

(2) अपकेन्द्रीयकरण या स्पिनिंग (Centrifugation or Spinning)

(3) दाब या आघात (High Pressure and Shock)

(a) हस्त कुटाई (Hand Rodding or Tamping)—कंक्रीट की हस्त कुटाई में कंक्रीट को इस्पात की मोटी छड़, दुरमुट, थापी इत्यादि से संहनित किया जाता है। हस्त कुटाई छोटे कार्यों हेतु ठीक रहती है। इसमें खर्चा भी कम रहता है अत: सीमित लागत के कार्यों हेतु हस्त कुटाई अपनायी जा सकती है। हस्त कुटाई हेतु कंक्रीट की सुकार्यता यांत्रिक कुटाई की तुलना में अधिक रखनी पड़ती है। इसके लिये जल-सीमेन्ट अनुपात का मान अधिक रखना पड़ता है जिसके फलस्वरूप कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है। घरनों एवं स्तम्भों में कुटाई हेतु मोटी रॉड प्रयोग की जा सकती है। कुटाई करते समय ध्यान रखना चाहिये कि रॉड कंक्रीट की पूरी गहराई तक प्रत्येक कोने में जाये कोई भाग छूट न जाये तथा कुटाई एक समान रूप से हो। जब सीमेन्ट की क्रीम सतह पर दिखने लगे तब कुटाई बन्द कर देनी चाहिये। ज्यादा कुटाई करने से कंक्रीट के पृथक्करण का भय बना रहता है। कुटाई करते समय प्रबलन छड़ें अपने स्थान से विचलित नहीं होनी चाहियें।

खुले स्थानों; जैसे नींव, फर्श, सड़क इत्यादि की कंक्रीट की कुटाई थापियों या दुरमट से नहीं करनी चाहिये, इससे फर्माबन्दी पर अत्यधिक दाब पड़ता है।

(b) यान्त्रिक कुटाई (Mechanical Compaction)—कम्पन एक ऐसी व्यवस्था है जिससे कंक्रीट को आसानी से संहनित किया जा सकता है। कम्पन के द्वारा कंक्रीट के अवयवों के बीच आन्तरिक घर्षण कम हो जाता है और वो संघनित हो जाते हैं। घर्षण कम होने पर अवयवों में प्रवाहित होने की प्रवृत्ति आ जाती है, जिससे मध्य में फेंकी वायु बाहर निकल जाती है और कंक्रीट सघन व ठोस हो जाती है। यान्त्रिक कुटाई से लगभग 10-15% सीमेन्ट की खपत कम की जा सकती है। यांत्रिक कम्पनों का प्रयोग करते समय फरमाबन्दी मजबूत होनी चाहिये अन्यथा उसके उखड़ने का भय बना रहता है। कार्य के प्रकार के अनुसार कम्पन निम्न प्रकार के होते हैं—

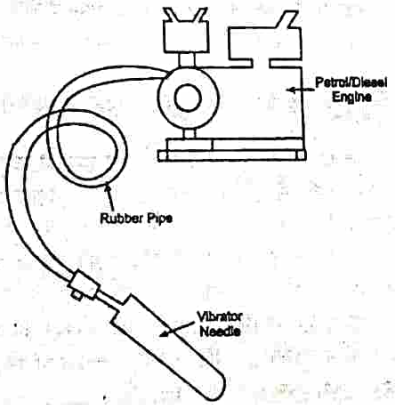
(1) आन्तरिक कम्पन (Internal Vibrator)

(2) बाह्य कम्पन (External Vibrator)

(3) सतही कम्पन (Surface Vibrator)

(4) टेबिल कम्पन (Table Vibrator)

(1) आन्तरिक कम्पन—ये कम्पन इस प्रकार के होते हैं कि इन्हें कंक्रीट के अन्दर प्रवेशित करा दिया जाता है। इसमें निडिल (Needle), पोकर (Poker) अथवा निमज्जन (Immersion) कम्पन मुख्य हैं। इस प्रकार के कम्पनों से संहनन उत्तम प्रकार से होता है।



निडिल कम्पन

इन कम्पनों का संघट सीधा कंक्रीट से होता है अत: ऊर्जा का ह्रास न्यूनतम होता है। पृथक्करण भी न्यूनतम होता है। निडिल के व्यास 25 mm से 90 mm के बीच हो सकते हैं। निडिल की लम्बाई 300 mm से 650 mm के मध्य होती है। निडिलि वाइब्रेटर दृढ़ (Rigid) तथा लचीले (Flexible) दो प्रकार के हो सकते हैं। दृढ़ वाइब्रेटरों में एक विद्युत मोटर होती है जो कम्पन ट्यूब से जुड़ी होती है। मोटर के चलने पर ट्यूब में कम्पन होती है। लचीले वाइब्रेटर एक होज पाइप से जुड़े होते हैं। कम्पन ट्यूब होज पाइप में बन्द लचीली घुरी अपनी शक्ति पेट्रोल इंजन, विद्युत मोटर या वायु टरबाइन से प्राप्त करती है। आन्तरिक कम्पन कम गहराई वाले अवयव जैसे स्लैब प्रयोग करने के लिये उपयुक्त नहीं होते।

(2) बाह्य कम्पन—इन कम्पनों को शटर या फर्मे कम्पन भी कहते हैं। ये कम्पन फरमाबन्दी के साथ बाहरी फलक पर लगे रहते हैं। इनको चलाने से फर्मों में कम्पन उत्पन्न हो जाता है जिससे कंक्रीट का संघटन हो जाता है। बाह्य कम्पन में विद्युत मोटर एक अपकेन्द्री भार को तेजी से घुमाती है जो सतह पर कम्पन उत्पन्न करता है। कम्पनों की आवृत्ति 3000 से 9000 चक्र प्रति मिनट तक होती है। एक स्थान पर संहनन पूर्ण होने पर इसे दूसरी जगह बाँध दिया जाता है।

बाह्य कम्पन आंतरिक कम्पनों की तुलना में कम प्रभावशाली होती है। इसको चलाने में अधिक शक्ति का व्यय करना पड़ता है। इस प्रकार के कम्पनों हेतु शटरिंग काफी मजबूत तथा जल-सह होनी आवश्यक है। इनका प्रयोग इस प्रकार की कंक्रीट जैसे फर्श, सड़क (जहाँ शटरिंग न हो) नहीं किया जा सकता। इनका प्रयोग प्रीकॉस्ट अवयवों के लिये किया जाता है।

(3) सतही कम्पन—सतही कम्पन सीधे कंक्रीट की सतह पर रखे जाते हैं। जिन स्थानों पर कंक्रीट की गहराई कम हो ये प्रयोग किये जाते हैं। यदि अवयव की गहराई 250 mm से अधिक हो तो इनका प्रयोग नहीं करना चाहिये अन्यथा कम्पन नीचे की सतह पर प्रभाव नहीं डाल पाते। सतही वाइब्रेटर दो प्रकार के प्रयोग किये जाते हैं—

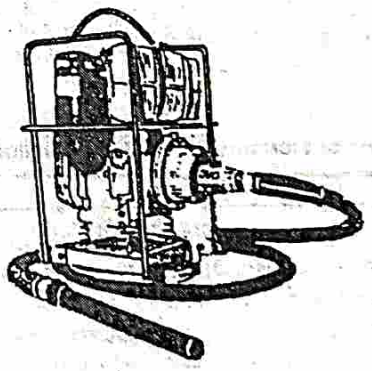
—पैन या ट्रावल वाइब्रेटर (Pan or Trowel Vibrator)

—स्क्रीड वाइब्रेटर (Screed Vibrator)

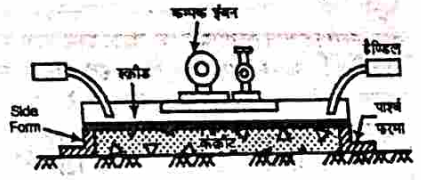
पैन वाइब्रेटर में 400 mm × 600 mm की स्टील की पैन पर मोटर (विद्युत) लगी होती है। इसका प्रयोग मुख्यत: स्लैब (1500 mm तक), पैचवर्क या अन्य मरम्मत के कार्यों में किया जाता है।

स्क्रीड वाइब्रेटर में पैन के स्थान पर 4 से 5 मीटर लम्बाई का बीम होता है जिस पर मोटर लगी होती है। यह 400 rpm पर तथा 6 g से 9 g के त्वरण पर कार्य करता है। ये भी 150 mm तक की गहराई की स्लैब के लिये उपयुक्त होते हैं।

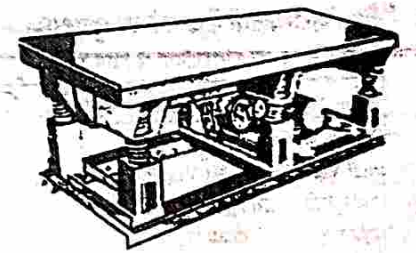
(4) मेज कम्पन—ये पूर्व निर्मित छोटे कंक्रीट अवयवों के लिये उपयोगी हैं। ये मेज के आकार के होते हैं। इसमें मेज के पायों के नीचे कम्पन युक्ति फिट करके कम्पायमान मेज बनायी जाती है। कंक्रीट के साँचों को मेज के ऊपर रखकर कंक्रीट का संहनन किया जा सकता है। ये कम्पन पूर्वढालित (Precast) कंक्रीट के ब्लाक इत्यादि बनाने के संयन्त्रों में कंक्रीट के संहनन हेतु प्रयोग किये जाते हैं। कंम्पन आवृत्ति 1500 से 7000 चक्र प्रति मिनट होती है।



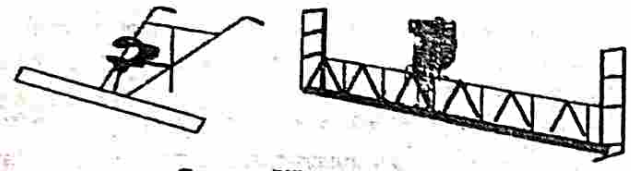
निडिल कम्पक



सतही कम्पक



मेज कम्पक



Concrete Vibratory Screeds

8.7.2 वाइब्रेटरों का प्रयोग (Handling of Vibrators)

वाइब्रेटरों का प्रयोग कुशल व अनुभवी श्रमिकों द्वारा ही किया जाना चाहिये कंक्रीट की कुटाई न तो कम होनी चाहिये न ज्यादा। कम कुटाई से कंक्रीट में वायु रन्ध्र रह जाते हैं तथा अधिक कुटाई से पृथक्करण होने लगता है। जब कंक्रीट की सतह पर बुलबुले आने बन्द हो जायें तथा क्रीम आने लगे कम्पन बाहर निकाल लेना चाहिये। वाइब्रेटरों के प्रयोग हेतु कुछ सावधानियाँ निम्न हैं—

(1) निडिल कम्पन को कंक्रीट में सीधा घंसाना चाहिये और बाहर निकालते समय तक इसे बन्द नहीं करना चाहिये। बाहर भी सीधा निकालना चाहिये जिससे सतह पर गड्ढा न पड़े। वाइब्रेटर का सम्पर्क ठोस चीज से नहीं आना चाहिये।

(2) फरमा कम्पन को शटरिंग की बाहरी सतह पर मजबूती से बांधना चाहिये। जिससे कम्पन पूर्णत: कंक्रीट तक पहुँच सके। ये कम्पन शटरिंग के किनारे से 30 से 40 सेमी नीचे रखकर लगाने चाहियें। इनके बीच दूरी 1 मीटर से अधिक नहीं होनी चाहिये। 50 सेमी से मोटी कंक्रीट के लिये इन्हें दोनों तरफ से लगाना चाहिये।

(3) सतही वाइब्रेटर को कंक्रीट सतह पर रखा जाता है तथा एक स्थान पर संहनन पूर्ण होने पर इसे खिसका दिया जाता है।

8.7.3 वाइब्रेटरों द्वारा कुटाई हेतु कंक्रीट मिक्स की उपयुक्तता (Suitability of Concrete mix for Compaction with Vibrator)

कंक्रीट के निर्माण से पूर्व यह तय कर लेना चाहिये कि कम्पनों का प्रयोग किया जाना है या नहीं। कम्पनों का प्रयोग करने हेतु कंक्रीट मिक्स डिजाइन के समय इसका संज्ञान लिया जाता है। कंक्रीट की सुकार्यता के अनुसार ही कम्पनों का प्रयोग करना युक्ति संगत होता है। अधिक स्लम्प वाली कंक्रीट हेतु वाइब्रेटर का प्रयोग नहीं करना चाहिये। इसमें नि:स्रवण का भय बना रहता है। कम स्लम्प वाली कंक्रीट हेतु वाइब्रेटर ठीक रहते हैं। अत: कंक्रीट मिक्स डिजाइन में स्लम्प का मान अगर कम (5 सेमी तक) रखा गया हो तभी इनका प्रयोग करना चाहिये। यहाँ पर निम्न बातें भी ध्यान रखने योग्य हैं—

(1) मिक्स का प्रकार (2) वाइब्रेटर की किस्म व क्षमता

इसी आधार पर कंक्रीट मिक्स डिजाइन किया जायेगा।

8.7.4 विभिन्न परिस्थितियों में कम्पनों का चुनाव (Selection of Vibrators for Various Situations)

भिन्न-भिन्न प्रकार की परिस्थितियों में निम्न प्रकार से कम्पनों का चुनाव किया जाता है—

	वाइब्रेटर का प्रकार	उपयोग की स्थिति
1.	आन्तरिक या निमज्जित वाइब्रेटर (Internal Vibrator, Needle Vibrator)	सामान्य कंक्रीट कार्यों हेतु, जैसे—बीम, कॉलम, नींव, कंक्रीट की दीवारें इत्यादि।
2.	स्क्रीड और सतही वाइब्रेटर (Screed or Surface Vibrator)	पतले कंक्रीट के अवयव; जैसे—स्लैब, सड़क, फर्श इत्यादि जिसमें फार्माबन्दी प्रयोग न की गयी हो।
3.	फार्म वाइब्रेटर (Form Vibrator)	कम मोटाई के कंक्रीट के खण्ड जिनमे फर्माबन्दी प्रयोग की गई हो; जैसे—छत, स्लैब अथवा पूर्व निर्मित खण्ड।
4.	मेज वाइब्रेटर (Table Vibrator)	छोटे पूर्व निर्मित खण्ड, घन इत्यादि की भराई में।

8.8 कंक्रीट सतहों की सम्पूर्ति या परिसज्जा (Finishing of Concrete Surfaces)

कंक्रीट को तैयार करने के पश्चात् उसकी सतह का चिकना एवं समतल प्राप्त होना भी आवश्यक है। कंक्रीट अवयव को उसके सही वास्तविक आकार व एक समान चिकनी सतह में प्राप्त करना कंक्रीट का परिसज्जन कहलाता है। कंक्रीट की जब कुटाई की जाती है तो उसकी सतह असम व अनियमित हो जाती है। उस सतह को समतल बनाना कंक्रीट की गुणवत्ता के लिये भी आवश्यक होता है। अच्छी सुकार्यता वाली कंक्रीट की सम्पूर्ति करना आसान होता है। कुटाई के पश्चात् सतह पर अगर पानी आ जाये तो उसके सूखने के पश्चात् ही सम्पूर्ति की जा सकती है। सड़क पेवमेन्ट, स्नानगृह तथा कुछ विशेष प्रकार के फर्शों में जहाँ फिसलन कम करनी हो विशेष प्रकार से परिसज्जन किया जाता है। इस कार्य में सीधी पट्टी, गुरमाला (Float) तथा करनी (Trowel) इत्यादि कई औजारों का प्रयोग किया जाता है। गीली कंक्रीट की सतह पर सीमेन्ट छिड़ककर समतल नहीं करना चाहिये। इससे पपड़ी बनकर उखड़ने का खतरा बना रहता है।

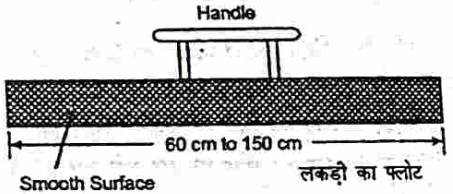
परिसज्जन/सम्पूर्ति संक्रियायें (Finishing of Concrete Surfaces)

कंक्रीट के परिसज्जन में निम्न क्रियायें की जाती हैं—

(1) स्क्रीडिंग (Screeding) (3) करनी से समतलन करना (Trowelling)

(2) फ्लोर या गुरमाला से समतलन (Floating)

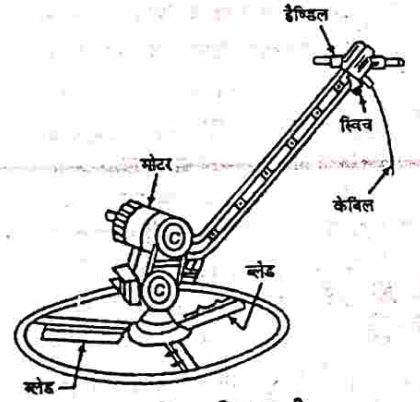
(1) स्क्रीडिंग (Screeding)—स्क्रीडिंग क्रिया के अन्तर्गत कंक्रीट की सतह पर उभार या गड्ढों के समतलन की क्रिया की जाती है। इस हेतु लकड़ी की एक सीधी पट्टी (Straight Edge) का प्रयोग किया जाता है। इस पट्टी की लम्बाई व चौड़ाई पर्याप्त होनी चाहिये जिससे कंक्रीट की सतह पर इसे आरे की भाँति आगे-पीछे चलाकर समतल करने का कार्य किया जा सके। इसके चलाने से उभरे हुए भाग उखड़कर गड्ढों में भर जाते हैं।



(2) फ्लोटिंग (Floating)—स्क्रीडिंग की प्रक्रिया के उपरान्त भी कंक्रीट की सतह कुछ रुक्ष रह जाती है। जिस कारण से इसकी सतह को चिकना करना पड़ता है। यह कार्य गुरमाला (Float) की सहायता से किया जाता है। गुरमाला या फ्लोट को आगे पीछे करके सतह को समतल बनाने का कार्य किया जाता है। इसकी लम्बाई 60 cm से 150 cm के बीच तथा चौड़ाई 20 cm होती है।

(3) करनी से समतलन करना (Trowelling)—फ्लोटिंग क्रिया के पश्चात् अन्तिम रूप से सतह को पूर्ण रूप से समतल एवं चिकना प्राप्त करने हेतु करनी से समतल किया जाता है। फ्लोटिंग के पश्चात् जब सतह थोड़ी सूख जाये तथा सख्त हो जाये तो यह क्रिया की जाती है। गीली सतह पर यह क्रिया करने से दरारें पड़ने की संभावना रहती है।

बड़े कार्यों पर शक्ति चालित करनी का प्रयोग किया जाता है।



शक्ति चालित करनी

8.9 तराई (Curing)

कंक्रीट के निर्माण के समय सीमेन्ट की जल योजन क्रिया के फलस्वरूप काफी ऊष्मा निकलती है। इस ऊष्मा के प्रभाव से तथा अन्य प्रभावों के कारण कंक्रीट में उपस्थित जल सूख सकता है जिस कारण से जलयोजन क्रिया अपूर्ण रह जायेगी तथा कंक्रीट पूर्ण सामर्थ्य ग्रहण नहीं कर पायेगी। अत: कंक्रीट पर पानी छिड़क कर इसके जलांश को कुछ समय तक बनाये रखा जाता है, यही क्रिया कंक्रीट की तराई कहलाती है। कंक्रीट की तराई शुरुआती समय में काफी प्रभावी होती है और इस दौरान कंक्रीट की सामर्थ्य भी तेजी से बढ़ती है। बाद में धीरे-धीरे इसका प्रभाव कम होने लगता है। तराई की अवधि मुख्य रूप से वायुमण्डलीय दशा, आर्द्रता, तापमान, वायु, दिशा, वर्षा आदि कारकों पर निर्भर करती है। सामान्य मौसम में 7 से 14 दिनों तक तराई पर्याप्त रहती है। गर्म मौसम में तराई 14-21 दिनों तक भी की जा सकती है। 28 दिन की तराई के पश्चात् कंक्रीट 90% सामर्थ्य प्राप्त कर लेती है।

8.9.1 तराई के उद्देश्य (Objects of Curing)

(i) कंक्रीट की वांछित सामर्थ्य ग्रहण करने हेतु रन्ध्रों में पर्याप्त नमी बनाये रखना।
(ii) सीमेन्ट की जलयोजन क्रिया पूर्ण किये जाने हेतु पर्याप्त को सुनिश्चित कराना।
(iii) वाष्पीकरण के कारण कम हुए जलांश की पूर्ति करना।
(iv) कंक्रीट की जलरोधकता, टिकाऊपन, अपघर्षण इत्यादि गुणों के सुधार हेतु।
(v) कंक्रीट के संकुचन को कम करने हेतु।
(vi) कंक्रीट के तापमान को एक निश्चित मान से ऊपर या नीचे जाने देना।

तराई की विधियाँ (Methods of Curing)

तराई करने हेतु निम्न विधियाँ प्रयोग में आती हैं—

(1) कंक्रीट की सतह को ढककर (Shading Concrete Work)
(2) कंक्रीट की सतह पर टाट-बोरे डालकर (Covering with Hessian or Gunny bags)
(3) पानी छिड़ककर (Sprinkling of Water)
(4) कंक्रीट सतह पर पानी भरकर (By Ponding)
(5) जलरुद्धित झिल्ली बनाकर (Membrane Curing)
(6) भाप से तराई कर (Steam Curing)
(7) रसायनिक तराई (Chemical Curing)

(1) कंक्रीट की सतह को ढककर—ताजी कंक्रीट में पर्याप्त नमी होती है परन्तु वाष्पीकरण के कारण यह नमी शीघ्र ही उड़ सकती है। इस हेतु ताजी, नमी शीघ्र ही उड़ सकती है। इस हेतु ताजी, नयी कंक्रीट को तिरपाल या मोटे कपड़े से ढक दिया जाता है। गर्म मौसम में तेज धूप से कंक्रीट को बचाने हेतु यह विधि काफी उपयुक्त रहती है। वर्षा होने पर भी इस विधि से कंक्रीट को बचाया जा सकता है। कंक्रीट के सैट होने पर तिरपाल इत्यादि को हटाया जा सकता है। ठंडे मौसम में तुषार एवं कंक्रीट को हिमनन (Freezing) से बचाने हेतु इस विधि को अपनाया जा सकता है। इससे जलयोजन द्वारा उत्पन्न ऊष्मा कंक्रीट में अन्दर बनी रहेगी तथा ठंड के दुष्प्रभावों से बचायेगी।

(2) कंक्रीट की सतह पर टाट-बोरे डालकर—कंक्रीट की सतह पर सीमेन्ट के खाली बोरे, टाट, कैन्वास इत्यादि को बिछाकर गीला कर दिया जाता है। इससे कंक्रीट में नमी बनी रहती है। कुछ-कुछ समय अन्तराल पर पानी छिड़कर इनको नम बनाये रखा जाता है तथा सूखने नहीं दिया जाता। यह विधि कॉलम तथा बीम की तराई हेतु काफी प्रचलित है। यदि सतह ढालू हो

तो इन्हें बाँध देना चाहिये। समतल सतह पर बालू की 5 cm मोटी परत बिछाकर बार-बार पानी छिड़कर भी तराई की जा सकती है।

(3) कंक्रीट सतह पर पानी भरकर—कंक्रीट के फर्श, स्लैब, सड़क इत्यादि क्षैतिज अवयवों हेतु तराई करने के लिये यह विधि उपयुक्त रहती है। इस विधि में कंक्रीट सैट होने पर उसकी सतह पर छोटी-छोटी क्यारियाँ (Dikes) बना ली जाती हैं। इन क्यारियों में पानी भर दिया जाता है और यह ध्यान रखा जाता है कि यह पानी बह न जाये तथा सूख भी न पाये।

इस विधि में पानी की अधिक मात्रा की आवश्यकता होती है लेकिन यह एक प्रभावशाली विधि है।

(4) जलरुद्धित झिल्ली बनाकर—इस विधि में नम कंक्रीट की सतह को जलरुद्धित झिल्ली से ढक दिया जाता है। झिल्ली के कारण कंक्रीट की नमी अन्दर ही बनी रहती है। कम-से-कम एक सप्ताह तक इस झिल्ली को नहीं हटाया जाता, अत: एक सप्ताह तक कंक्रीट में जल डालने की आवश्यकता नहीं पड़ती।

जलरुद्धित झिल्ली ठोस या द्रव किसी भी पदार्थ की बनी हो सकती है। बिटुमनी जलरोधी कागज, मोमी इमल्शन, रबर लैटैक्स, पैराफीन इमल्शन, वारनिश वैक्स, अलसी का तेल, बिटुमनी इमल्शन तथा पॉलीथीन इत्यादि का प्रयोग इस हेतु किया जाता है। यह विधि पानी की कमी वाले क्षेत्रों में उपयुक्त है।

(5) भाप द्वारा तराई—यह विधि पूर्व निर्मित कंक्रीट हेतु ज्यादा प्रयोग की जाती है परन्तु स्थल पर भी इसका प्रयोग किया जा सकता है। हम पूर्व में ही पढ़ चुके हैं कि अधिक तापक्रम पर कंक्रीट की सामर्थ्य ग्रहण करने की दर तीव्र हो जाती है। अत: भाप से तराई करने पर कंक्रीट शीघ्र ही सामर्थ्य ग्रहण कर लेती है। भाप की तराई से 4-5 घण्टों में ही 28 दिन की सामर्थ्य का 70% तक प्राप्त हो जाता है। यह तराई सभी अवयवों की समांग रूप से होती है परन्तु तापक्रम 75°C से अधिक नहीं होना चाहिये। इससे अधिक तापक्रम पर आर्द्रता की कमी होने पर कंक्रीट शीघ्र ही सूख जाती है। स्थल पर तराई करते समय अवयव को तिरपाल से ढक दिया जाता है। पाइपों के द्वारा भाप अन्दर प्रवाहित की जाती है और तराई कर दी जाती है।

(6) रसायनिक तराई—इस प्रकार की तराई में ताजी कंक्रीट की सतह पर sodium silicate (water glass) के घोल को छिड़क दिया जाता है। लगभग 500 gm sodium silicate को जल में मिलाकर 1 m^2 के क्षेत्रफल पर छिड़का जाता है। यह क्रिया करके एक कठोर calcium silicate की परत जो अघुलनशील होती है बना लेता है। इसके कारण कंक्रीट के जल का वाष्पन (evaporation) नहीं हो पाता और कंक्रीट में नमी बनी रहती है।

(7) कंक्रीट की सतह पर पानी छिड़ककर—इस प्रकार की विधि खड़ी तथा झुकी हुई सतह पर प्रयोग की जाती है जहाँ पानी की ponding नहीं की जा सकती हो। इसके nozzle की सहायता से कंक्रीट की सतह पर पानी छिड़का जाता है। यह विधि काफी प्रभावी होती है।

8.9.2 तराई काल (Duration of Curing)

भारतीय मानकों के अनुसार कंक्रीट की तराई कम से कम 7 दिन अवश्य होनी चाहिये। परन्तु भारी कंक्रीट के कार्य जैसे बाँध इत्यादि में तराई 1 माह तक भी की जाती है। कंक्रीट की तराई काल एवं 28 दिन की सापेक्ष सामर्थ्य निम्न सारणी में प्रदर्शित है।

तराईकाल	28 दिन की तराई के सापेक्ष सामर्थ्य
1 दिन	16%
3 दिन	40%
7 दिन	67%
28 दिन	100%
3 माह	122%

6 माह	146%
1 वर्ष	156%

न्यूनतम तराई काल (दिनों में)

आर्द्रता	तापक्रम (°C)				
	5	10	20	30	40
सूर्य नहीं, ≥ 5	6	5	4	3	3
मध्यम सूर्य तथा हवा ≥ 50	8	7	6	5	4
तेज सूर्य तथा तेज हवा ≥ 50	10	9	8	7	6

8.10 कंक्रीट कार्य में जोड़ (Joints in Concrete)

कंक्रीट कार्यों में जोड़ निम्न प्रकार में विभाजित किये जा सकते हैं—

(1) निर्माण जोड़ (Construction Joints)

(2) क्रियात्मक जोड़ (Functional Joints)

- प्रसार जोड़ (Expansion Joint)
- संकुचन जोड़ (Contraction Joint)

(1) निर्माण जोड़—बड़े कंक्रीट कार्य एक बार में पूर्ण नहीं हो पाते। कंक्रीट की सड़क, हवाई पट्टी, कारखानों के फर्श इत्यादि कंक्रीटिंग के कार्य एक दिन में पूर्ण होने संभव नहीं होते बल्कि कई दिनों तक चलते रहते हैं। अत: एक दिन के कार्य की समाप्ति पर दूसरे दिन का कार्य प्रारम्भ होते समय कंक्रीट में जोड़ आना आवश्यक हो जाता है। यहाँ पर यह ध्यान देना आवश्यक है कि यह जोड़ इस प्रकार का हो कि कंक्रीट अलग-अलग दिखाई न दे। इस प्रकार का जोड़ जो दो बार में कंक्रीट डालने पर उनके बीच संधि स्थान पर आता है, निर्माण जोड़ (Construction joint) कहलाता है। निर्माण जोड़ क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर दोनों स्थितियों में होते हैं। निर्माण जोड़ बनाते समय निम्न बातें ध्यान देने योग्य हैं—

(1) निर्माण जोड़ के स्थान पर अपरूपण बल न्यूनतम होना चाहिये।

(2) बंकन आघूर्ण भी अधिकतम नहीं होना चाहिये।

(3) इनकी स्थिति पूर्व में ही निर्धारित कर लेनी चाहिये।

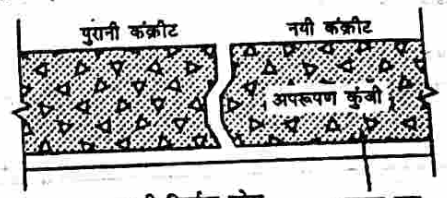
(4) धरन व स्लैब में जोड़ आधार से पाट की $\frac{1}{3}$ दूरी पर देने श्रेयस्कर रहते हैं। स्तम्भों में धरन से संगम से 15 cm नीचे लगाये जाते हैं।

(5) दीवारों के क्षैतिज जोड़ प्लिन्थ के एकदम ऊपर या खिड़की की सिल पर बनाये जाते हैं।

(6) जोड़ पर चित्रानुसार खण्ड नत नहीं होना चाहिये।

दोष पूर्ण निर्माण जोड़

(7) पुरानी कंक्रीट की प्रबलन छड़ें नयी कंक्रीट में निरन्तर बनी रहनी चाहियें तथा अपरूपण कुंजी बनी होनी चाहिये।



(8) जोड़ के स्थान पर यदि कंक्रीट 4 घंटे से कम समय की है तो तारों के ब्रश से पुरानी लैटेक्स हटाकर पानी से धोकर साफ कर लिया जाता है।

(9) यदि कंक्रीट 4-48 घन्टे तक पुरानी है तो पुरानी सतह को साफ करके 1·5 cm मोटी सीमेंट मसाले परत डालकर फिर नयी कंक्रीट डाली जाती है।

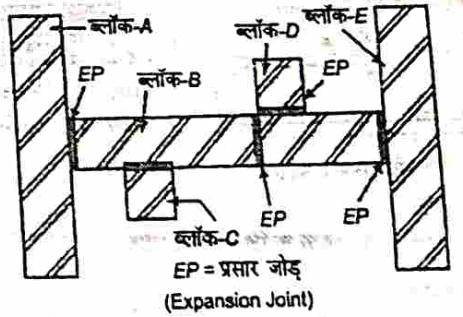
(10) यदि कंक्रीट 48 घण्टे से ज्यादा पुरानी है तो छेनी से खुरचकर, सीमेन्ट का गाढ़ा घोल डालकर फिर 1·5 cm मोटी मसाले की परत डालकर फिर नयी कंक्रीट डालनी चाहिये।

(11) निर्माण जोड़ों के कारण संरचना की सामर्थ्य प्रभावित नहीं होनी चाहिए।

(12) बड़े निर्माण कार्यों में निर्माण जोड़ 18 m से अधिक दूरी पर नहीं होने चाहियें।

(2) क्रियात्मक जोड़—

(a) प्रसार जोड़ (Expansion Joints)—तापक्रम के बढ़ने पर, कंक्रीट में प्रसार होता है जिसके फलस्वरूप सम्पीडन प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं। इसी प्रकार संकुचन के कारण तनन प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं। अनुमानत: 10°C के तापमान में वृद्धि से 30 मीटर की संरचना में लगभग 10 mm का प्रसार हो जाता है। साधारण भवनों में इस प्रकार के जोड़ों की आवश्यकता नहीं होती परन्तु यदि भवन बड़ा है तो प्रत्येक 30-45 मीटर की दूरी पर प्रसार जोड़ देना आवश्यक है। E, T, H, L प्रकार के भवनों में भी दीवारों के संगम पर ये जोड़ दिये जाते हैं।

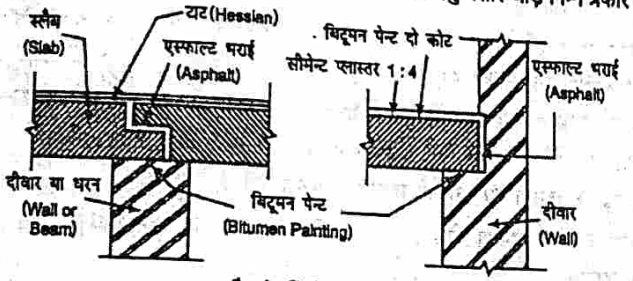


प्रसार जोड़ों की स्थिति

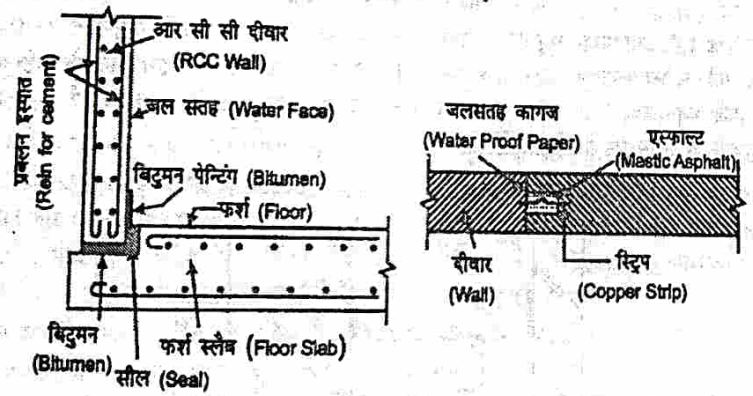
खुली छत इत्यादि में ताप के प्रसार होने पर अधिक क्षति पहुँचती है। अत: स्लैब में प्रसार जोड़ होने आवश्यक हैं। प्रसार जोड़ के आर-पार प्रबलन इस्पात नहीं जाना चाहिये। जिससे दोनों तरफ के खण्ड सिकुड़ने फैलने हेतु स्वतन्त्र हो सकें। प्रसार जोड़ों को जलसह बनाने की व्यवस्था अवश्य होनी चाहिये। प्रसार जोड़ हेतु आपसी दूरी अग्रानुसार ली जा सकती है।

अवयव	दूरी
दीवारें	30 m
बालकनी मुंडेर	6-12 m
छत स्लैब (तापरोधक ट्रीटमेन्ट वाली)	20-30 m
खुली छत	15 m
फ्रेम	30 m

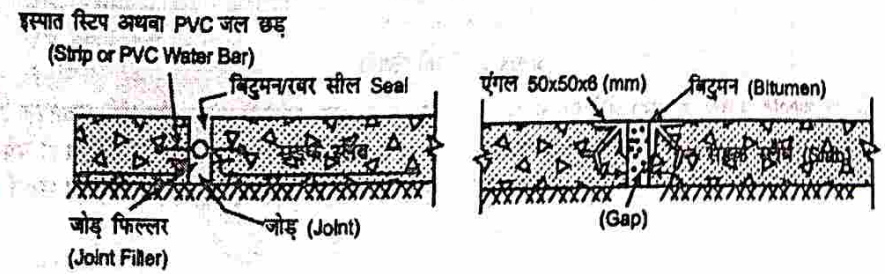
जोड़े के बीच अन्तराल 6 mm से 40 mm के मध्य रखा जा सकता है। वर्षा जल घुसने से रोकने हेतु सीलरोधी पदार्थ जैसे पीवीसी, डामर, कार्क, रबड़ इत्यादि भर देने चाहियें परन्तु जोड़ में भरे जाने वाले पदार्थ लचीले होने चाहियें जिससे संकुचन या प्रसार में बांधा न पड़े। ये पदार्थ भंगुर नहीं होने चाहियें। विभिन्न स्थलों हेतु प्रसार जोड़ निम्न प्रकार दिये जा सकते हैं।



स्लैब के लिये प्रसार जोड़

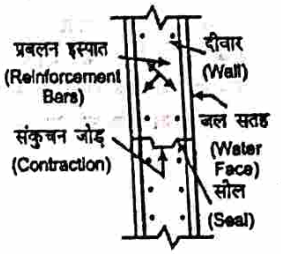


टैंक के लिये प्रसार जोड़

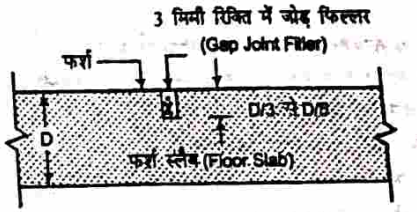


कंक्रीट सड़क के लिये प्रसार जोड़

(b) संकुचन जोड़ (Contraction Joints)—कंक्रीट सैट होने पर सिकुड़ती है जिस कारण उसमें प्रतिबल उत्पन्न हो जाते हैं। यदि हम कंक्रीट में प्रबलन इस्पात डाल रहे हैं तो संकुचन हेतु कोई व्यवस्था की आवश्यकता नहीं पड़ती परन्तु यदि कंक्रीट में प्रबलन नहीं है तो दरारें पड़ सकती हैं। अतः फर्श, छत तथा प्रतिधारक दीवारों में 5-10 की दूरी पर संकुचन जोड़ दिये जाते हैं। फर्श में पैनल बनाकर, काँच या धातु की पत्ती दबाकर संकुचन जोड़ दिये जाते हैं। संकुचन जोड़ की व्यवस्था निम्नानुसार दी जा रही है।



संकुचन जोड़



फर्श स्लैब के लिये डम्मी जोड़ (Dummy Joint)

8.11 कंक्रीट में दोष एवं उनका निवारण

कंक्रीट एक टिकाई भवन सामग्री है परन्तु फिर भी यह अपनी उम्र में कई कारणों की वजह से क्षतिग्रस्त हो सकती है। इसका मुख्य कारण यह है कि कंक्रीट का निर्माण भिन्न-भिन्न स्थलों पर भिन्न-भिन्न परिस्थितियों में होता है जिससे इसकी गुणवत्ता एक-सी नहीं रह पाती और जिससे भविष्य में इसके खराब होने की संभावना बनी रहती है। कभी-कभी वातावरण में अप्रत्याशित परिवर्तन होने से भी कंक्रीट खराब हो जाती है। फिर भी खराब होने के कारणों को निम्न प्रकार विभाजित किया जा सकता है—

(1) त्रुटिपूर्ण निर्माण पद्धति।
(2) अभिकल्पन या डिटेलिंग में कमी।
(3) निर्माण के दौरान अधिक भार का लगना।
(4) सुखने के कारण संकुचन।
(5) तापीय प्रतिबलों का उत्पन्न होना।
(6) वातावरण के कारकों के द्वारा क्षति।
(7) रसायनिक प्रतिक्रियायें।
(8) प्रबलन स्थान का जंग खाना।
(9) गलत फरमाबन्दी व ढलाई के कारण उत्पन्न दोष।
(10) दरारों का पड़ना।
(11) अपूर्ण कुटाई के कारण रन्ध्रों का बनना।
(12) फरमाबन्दी को हटाते समय कंक्रीट का क्षतिग्रस्त होना।

मरम्मत की विधियाँ (Methods of Repair)

क्षतिग्रस्त कंक्रीट की मरम्मत का कार्य अग्र दो चरणों में किया जाता है—

(1) सतह की तैयारी (Preparation of Surface)

(2) मरम्मत पैच का भरना (Repair Patch Work)

(1) सतह की तैयारी (Preparation of Surface)—क्षतिग्रस्त कंक्रीट की मरम्मत करने से पहले उसकी सतह तैयार की जाती है। इसके लिये दोषपूर्ण भाग को 5 से 7·5 सेमी की गहराई तक (कम से कम) छील कर निकाल देना चाहिए। यहाँ पर यह ध्यान देने योग्य है कि छीले गये किनारे यथासंभव सीधे तथा सतह के लम्बवत् होने चाहियें। आसपास की सभी ढीली कंक्रीट को छीलकर साफ कर देना चाहिये। इसके बाद उस स्थान की भली प्रकार से सफाई करके पानी से धो लेना चाहिये। लेकिन इस पानी को पूरी तरह साफ कर देना चाहिये। पुरानी तथा नयी कंक्रीट में बेहतर बौंड बनाने हेतु सतह पर सूखा सीमेंट छिड़क देना चाहिये। ऐसा हम सीमेन्ट का घोल बनाकर ब्रुश से लेप करके भी कर सकते हैं। लेप के सूखने से पहले नयी कंक्रीट भर देनी चाहिये। यदि पैच का आकार बड़ा हो तो फरमाबन्दी भी की जा सकती है। सतह को तैयार करने की प्रक्रिया को निम्न चरणों में बांटा जा सकता है—

(i) खराब सतह पूरी तरह निकालना।

(ii) सतह को काटकर किनारों को लम्बवत् व सीधे बनाना।

(iii) सतह से दरारों को हटाना।

(iv) सतह को खुरदरा परन्तु समतल बनाना।

(v) सतह को साफ करना तथा धोना।

(vi) सूखा सीमेन्ट छिड़कर नयी कंक्रीट भरना।

(2) मरम्मत पैच को भरना—मरम्मत करते समय तैयार सतह के पैच को नयी कंक्रीट से भरा जाता है। इस कार्य को हम निम्न प्रकार से सम्पादित कर सकते हैं—

नमी कंक्रीट हेतु—
- (i) शुष्क पैन विधि (Dry Pack Method)

पुरानी कंक्रीट हेतु—
- (ii) पूर्व पैक विधि (Pre-packed Concrete Method)

नमी एवं पुरानी कंक्रीट हेतु—
- (iii) कंक्रीट प्रतिस्थापन विधि (Concrete Replacement Method)
- (iv) मसाला प्रतिस्थापन विधि (Mortar Replacement Method)
- (v) ग्राउटिंग (Grouting)
- (vi) शार्टक्रीट या गुनाइटिंग (Shortcrete or Guniting)

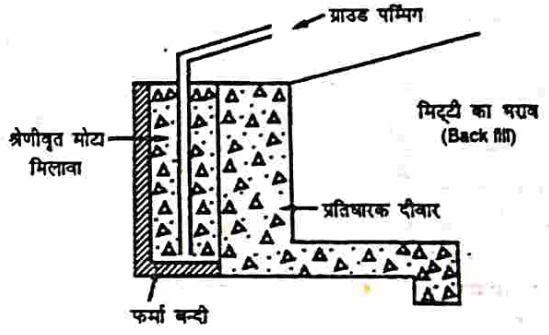
(i) शुष्क पैन विधि—इस विधि में कम जल अनुपात के सीमेन्ट मसाले को हाथ से गेंद बनाते हुए छिद्र में भर दिया जाता है फिर उस मसाले को ठोककर समतल कर दिया जाता है, क्योंकि कम जल अनुपात वाले सीमेंट-मसाले में संकुचन कम होगा। अतः यह टिकाऊ, मजबूत तथा जलरोधी पैच होता है।

यह विधि नयी कंक्रीट के लिये उपयुक्त है। नयी कंक्रीट में छिद्र बोल्टों, कीलों, स्लोट छिद्रों, हुकों या दरारों की मरमम्त करने के लिये काटी गयी कंक्रीट के खांचों के कारण हो सकते हैं। इस प्रकार से मरम्मत के लिये 1 : 2, 1 : $2\frac{1}{2}$ या 1 : 3 अनुपात का सीमेंट रेत मसाला (जो 1·18mm की चालनी से पास हो सके) प्रयोग किया जा सकता है। सतह की फिनिश और अधिक बेहतर पाने के लिये और भी बारीक रेत का प्रयोग किया जा सकता है। छिद्र में शुष्क पैक भरने से पहले उसे पूरी तरह साफ कर, पानी से धोकर सूखा सीमेंट छिड़क दिया जाता है। सीमेंट का ब्रश की सहायता से लेप भी किया जा सकता है। इस घोल के सूखने से पहले पैन को भर दिया जाता है। इस विधि में सबसे महत्वपूर्ण बात यह है कि इसमें सीमेन्ट मसाले में जल की मात्रा कम रखी जाती है। जल की मात्रा अधिक होने पर संकुचन अधिक होगा जिससे पैक बाहर निकल सकता है। मसाले में इतना पानी हो कि वह गेंद बनाने पर पानी तो न छोड़े पर हाथ को हल्का-सा नम कर दे। शुष्क पैक के रूप में तैयार मसाले को पतली-पतली परतों (10 mm to 25 mm) में भरा जाता है। प्रत्येक परत की भली प्रकार किसी रॉड से कुटाई करनी भी आवश्यक है। बाद में अतिरिक्त मसाले को हटाकर, सतह को समतल कर दिया जाता है। हर परत को दूसरी परत लगाने से

पहले खुरच देने से बौण्ड अच्छा बनता है। यदि मसाले को मिलाने के बाद 30 मिनट तक छोड़ दिया जाये फिर लगाने से पहले पुनः मिलाकर प्रयोग करा जाये तो संकुचन में कमी की जा सकती है।

यह मरम्मत संतोषजनक रहे इसके लिये आवश्यक है कि छिद्र को ऊपरी शीर्ष पर वर्गाकार/आयताकार बना लें तथा किनारे तीखे रखें परन्तु भीतरी कोनों को गोल कर दें। छिद्र की गहराई / लम्बाई / चौड़ाई 25 mm हो तो बेहतर रहता है। पैच की तराई लम्बे समय तक जूट या बोरों से ढककर लगातार नम रखते हुए की जाती है।

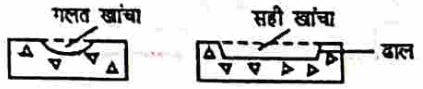
(ii) पूर्व पैक विधि—यह विधि पुरानी कंक्रीट के लिये उपयुक्त है। इस विधि का इस्तेमाल सामान्यतः बड़ी परियोजनाओं; जैसे पुल, बांध, सुरंगों इत्यादि में किया जाता है जहाँ अन्य विधि कारगर नहीं होती है। इस विधि में फरमाबन्दी करके श्रेणीकृत मोटा मिलावा कूट कर भर दिया जाता है। फिर इस मिलावे को गीला कर लिया जाता है। अब सीमेन्ट गन या पम्प की सहायता से दाब के साथ सीमेन्ट का मसाला (सीमेन्ट, बालू तथा कुछ पोजोलाना पदार्थ का घोल जिसमें पानी की मात्रा कम हो) कर दिया जाता है।



प्रतिधारक दीवार की सतह की पूर्व पैक विधि द्वारा मरम्मत

इस विधि में यह ध्यान रखना है कि ग्राउट की पम्पिंग निचले सिरे से प्रारम्भ होगी और ऊपरी सतह से ग्राउट बाहर आने पर इसे बन्द करना होता है।

(iii) कंक्रीट प्रतिस्थापन विधि—जब बड़े माप के गहरे पैच की मरम्मत करनी हो तो इस विधि का प्रयोग किया जाता है। यह विधि नयी या पुरानी दोनों प्रकार की कंक्रीट के लिये उपयुक्त है। इसको प्रयोग करने से पहले पुरानी क्षतिग्रस्त कंक्रीट को काटकर निकाल दिया जाता है। खांचे समकोणीय काटने चाहियें तथा 25 mm तक गहरे होने चाहियें। अन्दर से खांचे गोल होने चाहियें।



यह विधि अगर छेद आर-पार हों तो काफी उपयुक्त रहती है। 0·09 m^2 से भी अधिक सतही क्षेत्रफल तथा गहरे पैच इस विधि द्वारा सरलता से भरे जा सकते हैं। प्रबलित कंक्रीट में मरम्मत करनी हो तो प्रबलन छड़ों के चारों तरफ 25 mm तक कंक्रीट कर निकाल देनी चाहिये। मरम्मत से पहले छड़ों पर जंगरोधी पेन्ट कर दिया जाये तो बेहतर रहता है।

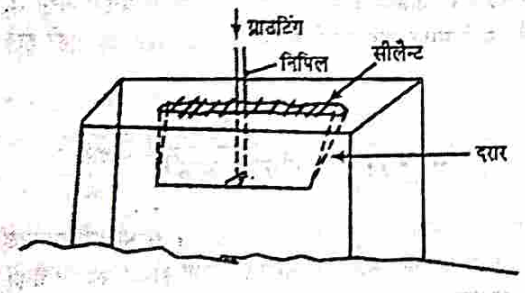
दीवारों की मरम्मत करते समय खांचों के किनारे समाने की फलन के समानान्तर तथा तली समतल बनानी चाहिये। खांचे की साइडे बाहर को 1 : 3 ढाल पर रखनी चाहिये। 40 cm से अधिक फर्श ऊँचाई की मरम्मत करनी हो तो शटरिंग लगा लेनी चाहिये। यदि दीवार की 50 cm से अधिक मरम्मत करनी हो तो पीछे की तरफ फरमाबन्दी पूरी 50 cm तक कर लेते हैं। परन्तु

सामने की तरफ फरमा 30 cm की लिफ्ट में ही लगाया जाता है। पहले कंक्रीट 30 cm तक भरी जायेगी फिर उसके ऊपर कंक्रीट के बराबर जल अनुपात का सीमेन्ट मसाला छिड़का जायेगा तथा फिर दूसरी कंक्रीट की लिफ्ट 50 cm तक भरी जायेगी। प्रत्येक लिफ्ट के बीच कम से कम 30 मिनट का अन्तराल होना आवश्यक है जिससे कंक्रीट में संकुचन कम होगा। जहाँ तक सम्भव हो जल अनुपात कम ही रखा जाये तथा कुटाई के लिये वाइब्रेटर का प्रयोग किया जा सकता है। इस पैच की तराई कम से 10 दिन तक अवश्य करनी चाहिये।

(iv) मसाला प्रतिस्थापन विधि—ऐसे छिद्र जो ड्राई पैक के द्वारा मरम्मत हेतु बड़े हों तथा कंक्रीट प्रतिस्थापन विधि हेतु काफी उथले हों तो उन्हें मसाला प्रतिस्थान विधि से मरम्मत किया जाता है। प्रबलित कंक्रीट में केवल आवरण की मरम्मत हेतु यह विधि उपयुक्त है। इस विधि में उपरोक्त विधि की भाँति ही मरम्मत की जाती है परन्तु कंक्रीट के स्थान पर सीमेन्ट मसाले का प्रयोग किया जाता है। मसाले का प्रतिस्थापन हाथ से या पम्प द्वारा (गुनाइटिंग) किया जा सकता है। मसाला भरने से पहले मरम्मत हेतु सतह को चिपिंग कर साफ कर लेना चाहिये तथा सतह को पानी से धोकर साफ कर लेना चाहिये। हाथ से भरने पर मसाले का अनुपात वहीं रखा जाता है जो अनुपात कंक्रीट में होता है। परन्तु गुनाइटिंग द्वारा मरम्मत करने पर यह अनुपात 1 : 4 रखा जा सकता है। मसाले को भरने से पूर्व उसका पूर्व संकुचन करना आवश्यक होता है। इसके लिये सीमेन्ट के प्रकार के अनुसार मसाले को 60 मिनट से 120 मिनट तक रख लिया जाये तो संकुचन कम किया जा सकता है। यदि छिद्र 25 mm से अधिक हो तो मसाला 15 mm की परतों में भरना चाहिये। प्रत्येक परत के बिछाने में कम से कम 30 मिनट का अन्तर होना चाहिये। अन्तिम परत कुछ उभारकर लगानी चाहिये फिर बाद में उसे ठोककर समतल कर देना चाहिये। सतह पर मसाले पर अधिक करनी नहीं चलानी चाहिये इससे दरारें पड़ने की संभावना रहती है।

(v) ग्राउटिंग—गहरी तथा चौड़ी दरारों को पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के ग्राउट द्वारा मरम्मत किया जा सकता है। ग्राउट मिक्चर, सीमेन्ट-पानी या सीमेन्ट-बालू-पानी को मिलाकर बनाया जा सकता है। यदि दरार पतली है तो ग्राउट केवल सीमेन्ट तथा पानी से बनाया जायेगा परन्तु चौड़ी दरारों हेतु सीमेन्ट-बालू-पानी का मिक्सचर बनाया जाता है परन्तु जल-सीमेन्ट अनुपात कम से कम रखा जाता है। जिससे अधिकतम सामर्थ्य मिले तथा न्यूनतम संकुचन हो। जल की आवश्यकता नम करने वाले सम्मिश्रकों का भी प्रयोग किया जा सकता है।

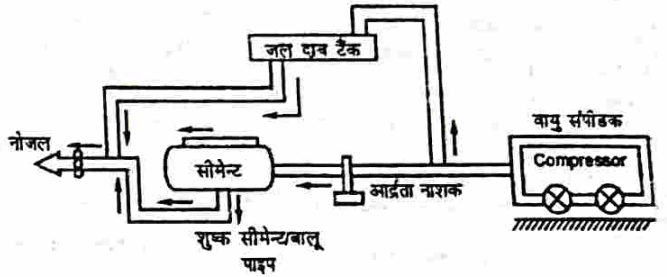
सर्वप्रथम दरारों को साफ किया जाता है। इसके लिये कंक्रीट को खुरचकर साफ कर दिया जाता है फिर ग्राउट हेतु निपिल या सीट दरारों में फिट कर दी जाती हैं। इसके पश्चात् बाकी बचे स्थान पर दरारों को सीमेन्ट पेन्ट या सीलैन्ट की सहायता से सील कर दिया जाता है। इसके बाद निपल की सहायता से दरारों में ग्राउट दाब की सहायता से भर दिया जाता है। दाब को कुछ देर तक लगाये रखा जाता है जिससे ग्राउट सैट हो जाये। यह विधि बाँध, प्रतिधारक दीवारों, कंक्रीट की दीवारों में आयी बड़ी दरारों को भरने हेतु उपयुक्त है।



यदि दरारें बारीक हों तो सीमेन्ट ग्राउट के स्थान पर रसायनिक ग्राउट प्रयोग किये जा सकते हैं।

(vi) शाटक्रीट या गुनाइटिंग—गुनाइटिंग या शाटक्रीट एक ऐसी विधि है जिसमें मसाले या महीन कंक्रीट को मशीन द्वारा उच्च दाब पर जैट की भाँति कंक्रीट की सतह पर फेंककर गढ्ढों, दरारों को भरा जाता है। इसमें सीमेन्ट गन का प्रयोग किया

जाता है। इस विधि में वार्म शीघ्र सम्पन्न होता है तथा सामर्थ्य तथा अभिलाग भी उत्तम प्राप्त होता है। सीमेन्ट गन में वायु संपीडन (Compressor), होज पाइप, स्प्रे नोजल लगे होते हैं। साथ ही एक अन्य पाईप से जल भेजने की व्यवस्था होती है जिसमें डीजल की मात्रा को समायोजित किया जा सकता है।



सीमेन्ट गन

सीमेन्ट नोजल से सीमेन्ट बालू का घोल (1 : 4) 0·25N/ mm^2 से 0·35N/ mm^2 के दाब पर जैट की भांति बाहर आता है। इसे मरम्मती सतह के ठीक सामने रखा जाता है तथा धीरे-धीरे सरकाया जाता है। नोजल सतह से 60 से 90 cm दूर रखनी चाहिये। मरम्मती सतह पर गुनाइटिंग करने से पहले धूल मिट्टी हटा देनी चाहिये। क्षतिग्रस्त कंक्रीट सतहों व दीवारों की मरम्मत करने तथा उनका पुररुद्धार करने हेतु यह विधि उपयुक्त है। अस्तरीकरण हेतु भी इस विधि का प्रयोग किया जाता है। बाँध, स्पिलवे, पुल वीयर, सीवरेज पाइप, जल की मेन्स तथा नहरों के अस्तरों को मरम्मत करने हेतु इस विधि का प्रयोग किया जा सकता है। जिन स्थानों पर इस्पात के जंग लगने से कंक्रीट ऊखड़ जाती है वहाँ इस विधि से मरम्मत करना बेहतर रहता है। इस्पात के गर्डरों को क्षय से बचाने के लिय, बाँध जलाशयों, सुरंगों की वॉटर प्रूफिंग के लिये भी इस विधि का प्रयोग होता है।

पोलीमर के द्वारा मरम्मत (Polymer Based Repair)

पोलीमर कंक्रीट निम्न प्रकार की हो सकती है—

(i) पोलीमर इमप्रिगनेटड कंक्रीट (Polymer Impregnated Concrete) (PIC)

(ii) पोलीमर सीमेन्ट कंक्रीट (Polymer Cement Concrete) PCC

(iii) पोलीमर कंक्रीट (Polymer Concrete) PC

इस प्रकार की कंक्रीट की सामर्थ्य अधिक होती है तथा ये टिकाऊ भी होती हैं। इनमें PIC सबसे सफल कंक्रीट है। इस प्रकार की कंक्रीट से खराब सतह या दरारों की मरम्मत की जाये तो वह काफी सफल रहती हैं।

जल के भीतर कंक्रीट की मरम्मत (Repairs Under Water)

वायु में कंक्रीट की मरम्मत की तुलना में जल के भीतर कंक्रीट की मरम्मत करना एक जटिल एवं महंगी प्रक्रिया है। यद्यपि ऊपर बतायी गयी विधियों को भी कुछ सुधार के उपरान्त जल के भीतर मरम्मत करने में प्रयोग कर सकते हैं परन्तु इसमें प्रयोग होने वाले पदार्थों को बदलना होगा। इस प्रकार की मरम्मत की देखरेख करना भी एक कठिन कार्य है।

मरम्मत करने से पहले जल के भीतर कंक्रीट के क्षतिग्रस्त भाग की सफाई करनी आवश्यक होती है जिससे क्षति का प्रकार तथा आकार का सही आकलन किया जा सके। अत: उस भाग से जलीय अशुद्धियों की सफाई कर दी जाती है। गोताखोरों की सहायता से कंक्रीट में दरारों इत्यादि का सही आकलन कर लिया जाता है।

(i) मरम्मत योग्य सतह को तैयार करना—जल के भीतर कंक्रीट की मरम्मत हेतु खराब कंक्रीट को पहले साफ किया जाता है। अधिक दाब (200 to 1000 Atm) पर पानी की प्रेशर जैट का प्रयोग इस हेतु किया जा सकता है। यदि प्रैशर जैट से

काम नहीं बनता है तो इस कार्य के लिये हाइड्रोलिक एक्सपैन्डिंग सिलिन्डर (Hydraulic Expanding Cylinders) को पहले से बनाये गये सूराखों में डाला जाता है और दाब उत्पन्न करके कमजोर कंक्रीट के भाग को उखाड़कर साफ कर दिया जाता है। इस कार्य हेतु फैलने वाले सीमेंट (Expansive cement) का प्रयोग भी किया जा सकता है। इसके लिये प्लॉस्टिक के थैलों में इस प्रकार के सीमेंट के घोल (पानी के साथ) को भरकर पहले किये सुराखों में डाल दिया जाता है। 12-14 घण्टों में इस सीमेन्ट द्वारा फैलने के कारण 30 MPa का प्रतिबल उत्पन्न किया जाता है जिससे कंक्रीट की कमजोर सतह उखड़कर साफ हो जाती है। यह कार्य हम विस्फोटकों की सहायता से भी कर सकते हैं परन्तु विस्फोट कम तीव्रता का ही होना चाहिये नहीं कंक्रीट के स्ट्रक्चर को भी नुकसान पहुँच सकता है।

यान्त्रिक विधियाँ जिसमें डाइमन्ड कटर या ड्रिल मशीन का प्रयोग किया जाता है, से भी क्षतिग्रस्त कंक्रीट की सतह को साफ करा जा सकता है। कंक्रीट को हटाने के पश्चात् टूटे, मुड़े हुए प्रबलन इस्पात को भी साफ करना होता है तथा नयी छड़ों को डालना आवश्यक होता है। छड़ों को काटने के लिये ऑक्सीजन गैस कटिंग, आर्क कटिंग मशीनों का प्रयोग किया जाता है।

(ii) मरम्मत को भरना (Application of Material)—तैयार किये गये भाग को सीमेन्टिंग या रेजिन आधारित पदार्थों से भर दिया जाता है। इस कार्य हेतु साधारण मसाला या कंक्रीट उपयुक्त नहीं होती, क्योंकि उसमें सीमेन्ट बह जाने की संभावना होती है। अत: इनमें एडहेसिव एडमिक्चर (Adhesive admixtures) मिला दिये जाते हैं। साधारण रूप से प्रयोग होने वाली एपौक्सी या पोलीस्टर रेजिन मसाला भी जल के भीतर मरम्मत योग्य नहीं होता है। इसके लिये विशेष प्रकार की एपौक्सी पुट्टी तैयार की जाती है। दरारों में एक तरफा निपिल मसाले को भरने हेतु फिट किया जाता है। इसके अतिरिक्त दरार का अन्य भाग पुट्टी से सील कर दिया जाता है। इस निपिल की सहायता से मसाले को ग्राउट कर दिया जाता है।

बड़ी मरम्मत हेतु फरमाबन्दी की जा सकती है तथा उस भाग को सील कर वॉटर टाइट बना लेते हैं। अब इंजेक्शन ग्राउटिंग की सहायता से मरम्मत पदार्थ फर्मे में भर दिया जाता है।

प्रश्नावली

1. कंक्रीट का निर्माण किस प्रकार किया जाता है, क्रमवार लिखें।
2. कंक्रीट उत्पादन की क्रियाओं के क्रमवार नाम लिखें तथा उन पर संक्षिप्त प्रकाश डालें। (BTE 2007)
3. सीमेन्ट का भण्डारण कार्यस्थल पर कैसे किया जाता है, लिखिये। (BTE 2002, 04, 05)
4. मिलावें का भण्डारण किस प्रकार किया जाता है, लिखिये।
5. भण्डारण के कारण सीमेन्ट की सामर्थ्य पर क्या प्रभाव पड़ता है, लिखिये। (BTE 2002, 04, 05)
6. गोदाम में सीमेन्ट भण्डारण की प्रक्रिया को समझाइये।
7. घान मापन (Bathing) क्या है? इसके महत्व पर प्रकाश डालें। (BTE 2002)
8. आयतन बैचिंग तथा भार बैचिंग में आप किस विधि को उत्तम मानेंगे, लिखिये।
9. कंक्रीट की मिश्रण विधियों पर प्रकाश डालिये।
10. कंक्रीट की यांत्रिक विधि हस्त मिश्रण विधि से क्यों अच्छी है, बताइये।
11. गीली कंक्रीट का परिवहन कैसे किया जाता है? परिवहन विधियों की संक्षेप में चर्चा करें। (BTE 2004, 08)
12. पम्पन कंक्रीट क्या है? इसे समझाइये।
13. कंक्रीट बिछाने से पूर्व क्या तैयारियाँ की जाती हैं, समझाइये।
14. कंक्रीट की कुटाई क्यों आवश्यक है? यह कब और कैसे की जाती है लिखिये। (BTE 2006)
15. कंक्रीट कुआई की हस्त एवं यांत्रिक विधियों को विस्तार से समझाइये। (BTE 2004)
16. कंक्रीट सतहों की सम्पूर्ति क्यों की जाती है, समझाइये।
17. कंक्रीट की तराई करने के उद्देश्य लिखिये। माप तराई पर प्रकाश डालें। (BTE 2002, 04)

18. कंक्रीट की तराई क्यों की जाती है? पूर्व निर्मित कंक्रीट अवयवों की तराई के लिये कौन-सी विधि उत्तम समझते हैं, लिखिये।
19. कंकीट तराई की विभिन्न विधियों के नाम दें। आप किस विधि के पक्ष में हैं, समझाइये। (BTE 1994, 2004, 05, 05)
20. कंक्रीट मिश्रण कितने प्रकार के होते हैं, नाम दें तथा समझाइये।
21. अन्तर स्पष्ट करें—
    (i) शुकाऊ मिश्रण व अशुकाऊ मिश्रण
    (ii) निडिल कम्पन व फरमा कम्पन
22. निम्न कार्यों हेतु कम्पनों के नाम दें—
    सड़क पेवमेन्ट, टी-घरन, छत स्लैब, पूर्व ढालित कंक्रीट
23. कम्पनों के बारे में आप क्या समझते हैं, बताइये।
24. कंक्रीट में जोड़ कितने प्रकार के होते हैं, समझाइये।
25. निर्माण और क्रियात्मक जोड़ के मूल भेद स्पष्ट करें। (BTE 2004, 08)
26. कंक्रीट संरचनाओं में निर्माण जोड़ों की आवश्यकता एवं स्थिति पर प्रकाश डालें।
27. प्रसार जोड़ों एवं संकुचन जोड़ों को समझाइये। (1997, 2002, 06)
28. कंक्रीट के मरम्मत हेतु प्रयोग होने वाली विधियों के नाम लिखिये।
29. ग्राउटिंग क्या है? इसको कंक्रीट की मरम्मत हेतु किस प्रकार से प्रयोग किया जाता है?

बहुविकल्पीय प्रश्न

1. यदि सीमेन्ट का भण्डारण 1 साल के लिए किया गया हो तो उसकी सामर्थ्य में कमी होगी–
   (a) 20% (b) 30% (c) 40% (d) 50%
2. सीमेन्ट भण्डारण के समय सीमेन्ट बोरो की लगभग दीवार से दूरी होनी चाहिए–
   (a) 5 cm (b) 10 cm (c) 20 cm (d) 30 cm
3. सीमेन्ट भण्डारण के समय ऊँचाई के बोरों की संख्या इससे ज्यादा नहीं होनी चाहिए–
   (a) 5-10 बोरे (b) 10-15 बोरे (c) 15-20 बोरे (d) 20-25 बोरे
4. महत्वपूर्ण कार्यों में जहाँ अधिक मात्रा में कंक्रीटिंग करनी हो वहां सीमेन्ट व मिलावे के लिए उचित अनुमापन है–
   (a) आयतन के आधार पर (b) भार के आधार पर
   (c) दोनों उपयुक्त हैं (d) उपरोक्त से कोई नहीं
5. सीमेन्ट के मापन में शुद्धता ली जाती है–
   (a) ±1% (b) ±2% (c) ±3% (d) ±5%
6. मिलावे तथा पानी के मापन में शुद्धता ली जाती है–
   (a) ±1% (b) ±2% (c) ±3% (d) ±5%
7. स्प्रिंग तोलक की भार क्षमता होती है–
   (a) 50-100 kg (b) 100-200 kg (c) 200-300 kg (d) 150-200 kg
8. बड़ी परियोजनाओं हेतु प्रयुक्त मिक्सर है–
   (a) नत ड्रम मिक्सर (b) अनत टाईप मिक्सर (c) पैन टाइप मिक्सर (d) निरन्तर मिक्सर
9. फरमाबन्दी के लिए प्रयोग नहीं होती—
   (a) चीड़ (b) देवदार (c) कैल (d) बबूल
10. यदि एक ही फरमाबन्दी को बार-बार प्रयोग किया जाता है तो, उपयुक्त रहती है–
    (a) काष्ठ की (b) इस्पात की (c) दोनों (d) उपयुक्ति से कोई नहीं

11. फरमाबन्दी काल के दौरान तापमान किससे कम नहीं होना चाहिए?
(a) 10° C (b) 5° C (c) 15° C (d) 20° C

12. 25 mm – 40 mm मोटे लकड़ी के तख्ते जो कंक्रीट के सीधे सम्पर्क में आते है, फरमाबन्दी का निम्न घटक कहलाता है–
(a) टाई (b) शीटिंग (c) कलेम्प (d) वेल

13. फरमाबन्दी में नत टेकें लग जाती हैं–
(a) 60°-90° के कोण पर
(b) 30°-75° के कोण पर
(c) 90°-180° के कोण पर
(d) 90°-105° के कोण पर

14. शीटिंग को अपनी स्थिति में बनाये रखने के लिए इसके पीछे उचित अन्तराल पर जो लम्बवत अवयव लगाया जाता है उसे कहते हैं–
(a) स्टड (b) वेल (c) टेकें (d) टाई

15. स्टड को अपनी स्थिति में रखने के लिए प्रयुक्त अवयव–
(a) वेल (b) टेकें (c) नत टेकें (d) क्लेम्प

16. कंक्रीट बिछाते समय कंक्रीट की 1 परत की मोटाई रखी जाती है–
(a) 10-15 cm (b) 15-30 cm (c) 20-30 cm (d) 30-35 cm

17. कंक्रीट से वायु निकालने की प्रक्रिया कहलाती है–
(a) वायु निष्कासन
(b) संघनन (consolidation)
(c) सहनन (compaction)
(d) उपरोक्त सभी

18. यदि कंक्रीट में 5% रन्ध्र रह जाए तो इसकी सामर्थ्य कम हो जाती है लगभग–
(a) 10% (b) 20% (c) 35% (d) 30%

19. निम्नलिखित कुटाई से सीमेन्ट की खपत 10-15% तक कम की जा सकती है–
(a) हस्त कुटाई (b) यांत्रिक कुटाई (c) दोनों (d) कोई नहीं

20. वाइब्रेटर या कम्पक का प्रयोग नहीं करना चाहिए–
(a) कम स्लम्प वाली कंक्रीट के लिए
(b) अधिक स्लम्प वाली
(c) दोनों के लिए
(d) दोनों के लिए वाइब्रेटर उपयुक्त हैं

21. सड़कों के लिए निम्न वाइब्रेटर उपयुक्त रहते हैं–
(a) आन्तरिक या निमज्जित वाइब्रेटर
(b) मेज वाइब्रेटर
(c) स्क्रीड और सतही वाइब्रेटर
(d) फार्म वाइब्रेटर

22. कंक्रीट सतह पर उभार व गड्ढ़ों के समतलन की क्रिया कहलाती है-
(a) फ्लोटिंग (b) स्क्रीडिंग (c) ट्रॉलिंग (d) क्यूरिंग

23. सामान्य मौसम में तराई काल होता है–
(a) 5-7 दिन (b) 5-10 दिन (c) 7-14 दिन (d) 14-21 दिन

24. दो बार में कंक्रीट डालने पर उनके बीच संधि स्थान पर आने वाला जोड़–
(a) प्रसार जोड़ (b) संकुचन जोड़ (c) निर्माण जोड़ (d) उपरोक्त सभी

25. धरन व स्लैब में निर्माण जोड़ आधार से पाट की कितनी दूरी पर देना श्रेयस्कर है?
(a) $\frac{1}{3}$ (b) $\frac{1}{2}$ (c) $\frac{1}{4}$ (d) $\frac{1}{5}$

26. निर्माण जोड़ के स्थान पर होता है–
(a) अपरूपण बल अधिकतम
(b) बंकन आघूर्ण अधिकतम
(c) अपरूपण बल अधिकतम बंकन आघूर्ण न्यूनतम
(d) अपरूपण बल व बंकन आघूर्ण न्यूनतम

27. खुली छत पर प्रसार जोड़ो की दूरी–
(a) 30 m (b) 6-12 m (c) 15 m (d) 30 m

28. ताजा कंक्रीट के समांग मिश्रण से कंक्रीट अवयवों का अलग-अलग हो जाना कहलाता है—
(a) सुकार्यता (b) पृथक्करण (c) नि:स्रवण (d) रूक्षता

29. कंक्रीट को जल का कुछ भाग यदि कंक्रीट सतह पर आ जाता है तो यह क्रिया कहलाती है–
(a) पृथक्करण (b) नि:स्रवण (c) लेटेन्स (d) उपरोक्त सभी

30. नि:स्रवण होता है
(a) पत्रिल मिलावे के कारण
(b) जल-सीमेन्ट अनुपात की न्यूनता के कारण
(c) अधिक सूक्ष्म सीमेन्ट के प्रयोग से
(d) उपरोक्त सभी

31. जब कंक्रीट को बार-बार समतल करने पर भी इसकी सतह समतल नहीं होती तो इसे कहते हैं–
(a) पृथक्करण (b) नि:स्रवण (c) रूक्षता (d) सुकार्यता

32. नि:स्रवण के कारण जो सीमेन्ट बालू का होल सतह पर आ जाता है, वह कंक्रीट की सतह पर परत रूप में जम जाता है उसे कहते हैं–
(a) विभीय परिवर्तन (b) नि:स्रवण (c) लेटेन्स (d) पृथक्करण

33. कंक्रीट के बाह्य बलों का प्रतिरोध करने की क्षमता कहलाती है–
(a) अपारगम्यता (b) सामर्थ्य (c) टिकाऊपन (d) विभीय परिवर्तन

34. कंक्रीट मुख्यत: निर्माण की जाती है–
(a) तनन प्रतिबलों को सहन करने हेतु
(b) सम्पीड़न प्रतिबलों को सहन करने हेतु
(c) बंकन प्रतिबलों को सहन करने हेतु
(d) उपरोक्त सभी के लिए

35. प्रसार जोड़ दिये जाते है–
(a) जब कंक्रीट अवयव की लम्बाई 30 m से कम हो
(b) जब कंक्रीट अवयव की लम्बाई 20 m से कम हो
(c) जब संरचना या अवयव की लम्बाई 45 m से ज्यादा हो
(d) उपरोक्त सभी

36. संकुचन जोड़ दिए जाते हैं–
(a) फर्श (b) छत (c) प्रतिधारक दीवारों में (d) उपरोक्त सभी

37. कंक्रीट की तराई से विषम वाक्य चुनिए–
(a) कंक्रीट को वांछित सामर्थ्य ग्रहण करने हेतु रन्ध्रों में पर्याप्त नमी बनी रहती है
(b) कंक्रीट में संकुचन कम होता है
(c) जलांश की पूर्ति होती है
(d) कंक्रीट की अपारगम्यता घट जाती है

38. निम्न में से कौन सी कंक्रीट की तराई विधि नहीं है?
(a) पानी छिड़ककर
(b) कंक्रीट की सतह पर पानी भरकर
(c) माप से तराई कर
(d) उपरोक्त में से कोई नहीं

39. कंक्रीट के खराब होने का कारण–
(a) अभिकल्पन में कमी
(b) सूखने के कारण संकुचन
(c) रासायनिक प्रतिक्रियायें
(d) उपरोक्त सभी

40. निम्न में से कौन सी कंक्रीट की मरम्मत विधि नहीं है?
(a) ग्राउटिंग (b) गुनाइटिंग (c) शुष्क पैन विधि (d) फरमाबन्दी

41. गाउटिंग में–
(a) चौड़ी तथा गहरी दरारों को Portland Cement के ग्राउट द्वारा मरम्मत किया जाता है
(b) उच्च दाब पर जैट की भाँति कंक्रीट की सतह पर फेंककर, गड्ढों दरारों में भरा जाता है
(c) फरमाबन्दी करके श्रेणीकृत मोटा मिलावा कूट कर भर दिया जाता है
(d) कम जल अनुपात के सीमेन्ट को हाथ से गेंद बनाते हुए छिद्र को भर दिया जाता है

42. जल के भीतर कंक्रीट की मरम्मत में प्रयोग होता है–
(a) साधारण सीमेन्ट कंक्रीट का (b) Adhesive admixture मिले सीमेन्ट कंक्रीट का
(c) Polymer concrete का (d) उपरोक्त सभी का

43. कंक्रीट की गुणवत्ता को प्रभावित करने वाले कारक हैं–
(a) सीमेन्ट (b) मिलावा (c) संयन्त्र (d) उपरोक्त सभी

44. निम्न में से कौन सा तैयार कंक्रीट के लिए परीक्षण है?
(a) सुकार्यता परीक्षण (b) तनन सामर्थ्य परीक्षण
(c) सम्पीड़न सामर्थ्य परीक्षण (d) उपरोक्त सभी

45. कंक्रीट पर नियन्त्रण हेतु आवश्यक है–
(a) जल सीमेन्ट अनुपात (b) निर्माण जोड़
(c) ग्राउटिंग (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

46. निम्न में से कौन सी प्रक्रिया कंक्रीट निर्माण की नहीं है–
(a) बैचिंग (b) मिक्सिंग
(c) कुटाई (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

47. विषम वाक्य को चुनिए–
(a) संरचना मितव्ययी होती है (b) समय कम लगता है
(c) अनुरक्षण व्यय बढ़ जाता है (d) प्रयुक्त सामग्री एक ही स्तर की होती है

48. निम्नलिखित में बंधक पदार्थ है–
(a) सीमेन्ट (b) चूना (c) मिट्टी गारा (d) उपरोक्त सभी

49. कंक्रीट को बनाने से तात्पर्य है–
(a) एक सुघट्य मिश्रण तैयार करना (b) सुघट्य एवं कठोर मिश्रण तैयार करना
(c) सूखा मिश्रण तैयार करना (d) उपरोक्त सभी

50. सुघट्य अवस्था में कंक्रीट को निम्न से परखा जाता है–
(a) सुकार्यता (b) पृथक्करण (c) निःस्रवण (d) उपरोक्त सभी

51. कंक्रीट को कार्यस्थल पर सुगमता से प्रयोग करने का गुण है–
(a) सुकार्यता (b) पृथक्करण (c) निःस्रवण (d) सामर्थ्य

52. कंक्रीट से सीमेन्ट पेस्ट का अलग होना कहलाता है–
(a) पृथक्करण (b) निःस्रवण (c) अप्रवेश्यता (d) उपरोक्त में से कोई नहीं।

53. कंक्रीट में मिलावे के कणों का अलग-अलग होना कहलाता है–
(a) पृथक्करण (b) निःस्रवण
(c) अप्रवेश्यता (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

54. कंक्रीट की कठोर अवस्था में किस गुण की आवश्यकता होती है?
(a) सुकार्यता (b) पृथक्करण (c) निःस्रवण (d) अप्रवेश्यता

55. कंक्रीट की तनन सामर्थ्य, सम्पीड़न सामर्थ्य की होती है–
(a) 10%–15% (b) 20%–25% (c) 100%–150% (d) 200%–250%

56. कंक्रीट की निम्न सामर्थ्य अधिक है–
(a) सम्पीड़न समर्थ्य (b) तनन सामर्थ्य (c) दोनों (d) उपरोक्त में से कोई नहीं

57. कंक्रीट में दरारे आने की सम्भावना रहती है, क्योंकि
(a) तनन सामर्थ्य कम होती है (b) सम्पीड़न सामर्थ्य कम होती है
(c) बालू की अधिकता से (d) उपरोक्त से कोई नहीं

58. कंक्रीट में संकुचन जोड़ छोड़े जाते हैं, क्योंकि–
(a) फ्रेश कंक्रीट सूखने पर सिकुड़ती है (b) कठोर कंक्रीट भीगने पर फैलती है
(c) उपरोक्त दोनो (d) उपरोक्त में कोई नहीं

59. लगातार बलों के प्रभाव से कंक्रीट में उत्पन्न दोष–
(a) प्रफुलन (b) क्रीप (c) निःस्रवण (d) उपरोक्त सभी

60. कंक्रीट संरचनाओं का भार इस्पातीय संरचनाओं की तुलना में–
(a) काफी कम (b) काफी अधिक (c) बराबर (d) लगभग बराबर

61. कंक्रीट का कबाड़ी मूल्य होता है–
(a) 0 (b) इस्पात के बराबर (c) इस्पात से कम (d) इस्पात से अधिक

62. कंक्रीट का ग्रेड निर्धारण किया जाता है–
(a) सम्पीड़न सामर्थ्य के आधार पर (b) तनन सामर्थ्य के आधार पर
(c) सुकार्यता के आधार पर (d) मिलावे के आधार पर

63. कंक्रीट को कितने श्रेणी में बाँटा गया है?
(a) 5 (b) 10 (c) 15 (d) 20

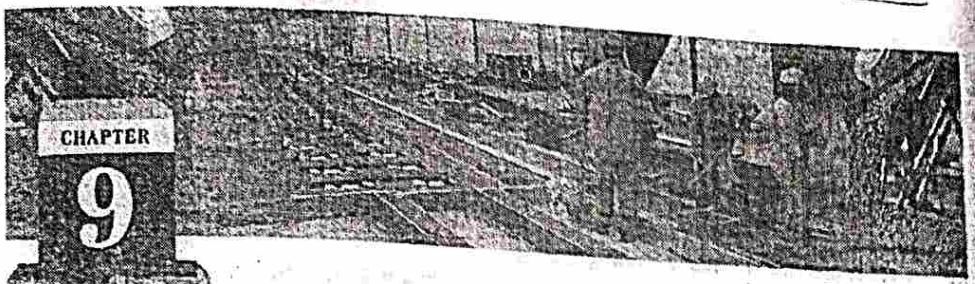
64. निम्न में से कम ग्रेड की कंक्रीट प्रबलित सीमेन्ट कंक्रीट में प्रयोग नहीं की जा सकती–
(a) M_{10} (b) M_{15} (c) M_{20} (d) M_{25}

65. पूर्व प्रबलित कंक्रीट में निम्न से अधिक ग्रेड की कंक्रीट प्रयोग करना श्रेयस्कर रहता है–
(a) M_{10} (b) M_{20} (c) M_{30} (d) M_{40}

उत्तरमाला

1. (c)	2. (d)	3. (b)	4. (b)	5. (b)	6. (c)	7. (b)	8. (d)	9. (d)	10. (b)
11. (c)	12. (b)	13. (b)	14. (a)	15. (a)	16. (b)	17. (c)	18. (c)	19. (b)	20. (b)
21. (c)	22. (b)	23. (c)	24. (c)	25. (a)	26. (d)	27. (c)	28. (b)	29. (b)	30. (d)
31. (c)	32. (c)	33. (b)	34. (b)	35. (c)	36. (d)	37. (d)	38. (d)	39. (d)	40. (d)
41. (a)	42. (b)	43. (d)	44. (d)	45. (a)	46. (d)	47. (c)	48. (d)	49. (b)	50. (d)
51. (a)	52. (b)	53. (a)	54. (d)	55. (a)	56. (a)	57. (a)	58. (c)	59. (b)	60. (b)
61. (a)	62. (a)	63. (c)	64. (b)	65. (c)					

अंकित वर्मा Ankit Verma



CHAPTER 9

कंक्रीट के गैर-विनाशकारी परीक्षण
(Non-Destructive Test of Concrete)

Syllabus

Importance and methods of non-destructive tests (introduction only) :

(i) Rebound Hammer Test

(ii) Pulse Velocity Method

9.1 परिचय (Introduction) : कंक्रीट के गैर विनाशकारी परीक्षण

(Non destructive test) से तात्पर्य उन परीक्षणों से है जिनसे कंक्रीट की सामर्थ्य इत्यादि क्षमताओं का परीक्षण कंक्रीट को बिना तोड़े या नुकसान पहुँचाये किया जा सकता है। अभी तक हमने जो भी परीक्षण पढ़े हैं उनमें अधिकतर कंक्रीट के प्रतिदर्श (sample) टैस्ट के पश्चात बेकार हो जाते हैं। अत: ऐसे परीक्षणों की आवश्यकता महसूस हुयी जिनसे कंक्रीट के structures की टेस्टिंग बनाये जाने के बाद की जा सके तथा इन परीक्षणों से कंक्रीट को कोई नुकसान भी न पहुँचे। इसी प्रयोजन से non destructive tests किये जाते हैं। गैर विनाशकारी परीक्षण का महत्व इसलिये भी ज्यादा है कि ये कंक्रीट के विभिन्न अवयवों की गुणवत्ता को निर्धारित करने के ऐसे परीक्षण हैं जिनमें कंक्रीट को किसी भी प्रकार की क्षति नहीं पहुँचती।

Non destructive Tests (NDT) का प्रयोग नये तथा पुराने सभी प्रकार की संरचनाओं पर किया जा सकता है। नयी संरचनाओं पर इसके प्रयोग का उद्देश्य गुणवत्ता परीक्षण होता है तथा निर्माण प्रक्रिया के किसी चरण पर उत्पन्न हुए संदेह को दूर करने के लिये होता है जबकि पुरानी संरचना पर इनका प्रयोग संरचना की शेष बची उपयोगिता के परीक्षण हेतु होता है। NDT के लिये प्रयोग किये जा सकने हेतु निम्न कारण उपयुक्त होते हैं—

— pre cast या cast in situ कंक्रीट की गुणवत्ता ज्ञात करने हेतु।

— यदि ऐसे भवन पदार्थों (materials) की आपूर्ति की जा रही है जो विशिष्टियों को पूरा नहीं कर रहे, उनके बारें में जांच कर संशय दूर करने के लिये।

— कंक्रीट की निर्माण प्रक्रिया batching, mixing, placing, compacting, curing आदि में किसी स्तर पर गुणवत्ता में संदेह उत्पन्न होने पर उसकी जांच हेतु।

— फरमाबन्दी को खोलने हेतु, सामर्थ्य की अपेक्षानुसार प्राप्ति की जांच हेतु।

— Cracks, voids, honey combing आदि defects की स्थिति ज्ञात करने हेतु।

— प्रबलन स्पात की position, quality तथा condition जांचने हेतु।

— निर्माण प्रक्रिया में आत्मविश्वास बढ़ाने हेतु।

— कंक्रीट की durability जांच हेतु।

— कंक्रीट के long term changes को monitor करने हेतु।

— संरचनाओं के बीमा (insurance) कराने हेतु गुणवत्ता जांच के लिये।

NDT की मुख्य विधियां निम्नानुसार हैं—

(1) दृश्य निरीक्षण (Visual Inspection)
(By an experienced civil engineer)

(2) हाफ सैल इलेक्ट्रिकल पोटैन्शियल विधि
(Half cell electrical potential method)
(For corrosion potential of reinforcing bars)

(3) श्मिट/रिबाउन्ड हैमर (Schmidt/Rebound Hammer)

(4) अल्ट्रासोनिक पल्स वैलोसिटी टैस्टिंग (Ultrasonic Pulse Velocity Testing)

(5) Carbonation Depth Measurement Test
(depth of moisture penetration)

(6) Permeability Test (flow of water through concrete)

(7) Windsor Probe test/Penetration resistance Test (surface hardness test)

(8) Radiographic testing (to detect voids)

(9) Sonic methods (echo and transmission method)

(10) Tomographic Modelling (ultrasonic transmission test to detect voids)

(11) Impact echo testing (To detect voids and other anomalies)

(12) Ground penetration radar and impulse radar testing (position of reinforcing bars)

इन सभी प्रयोगों में से केवल दो क्रमांक 3 एवं 4 का वर्णन पाठ्यक्रमानुसार करा जा रहा है।

9.2 रिबाउन्ड हैमर टैस्ट (Rebound Hammer Test)

Rebound hammer की खोज एक सिविल इंजीनियर "Ernst Schmidt" ने की अत: इस प्रकार के उपकरण को "Schmidt Rebound Hammer" भी कहते हैं। इसका प्रयोग कंक्रीट की सतह की कठोरता मापने के लिये किया जाता है। भारतीय मानक IS 13311 (Par 2) : 1992 के अनुसार इसका प्रयोग निम्न कार्यों हेतु अनुमन्य है

— Assessing the likely compressive strength of concrete with the help of suitable co-relation between rebound index and compressive strength

— Assessing the uniformity of concrete

— Assessing the quality of the concrete in relation to standard requirements

— Assessing the quality of an element of concrete in relation to another

इस टेस्ट के द्वारा कंक्रीट की संपीड़न सामर्थ्य को ज्ञात किया जा सकता है। इस हेतु हमें rebound hammer से परीक्षण करके rebound index ज्ञात करना होगा फिर rebound index तथा compressive strength के बीच सम्बन्ध के द्वारा compressive strength ज्ञात कर सकते हैं। यह कंक्रीट की समांगता को भी ज्ञात कर सकता है। इसके द्वारा हम कंक्रीट के विभिन्न अवयवों की परस्पर तुलनात्मक समार्थ्य भी ज्ञात कर सकते हैं। कंक्रीट की गुणवत्ता, विभिन्न आवश्यकताओं हेतु इसी परीक्षण से ज्ञात की जाती है।

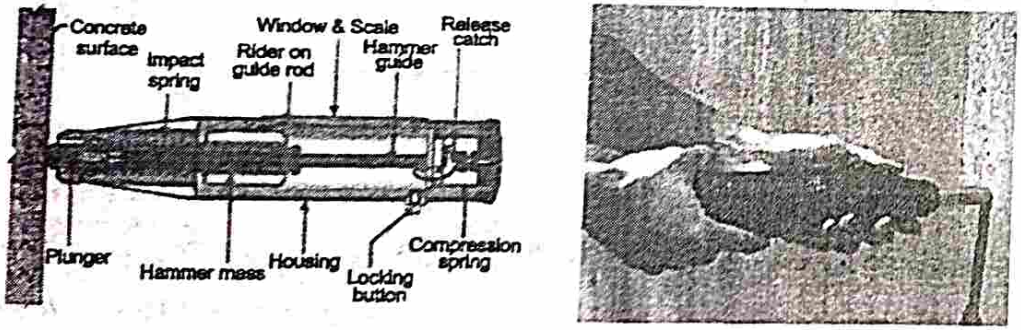
(Note : The rebound hammer method can be used with greater confidence for differentiating between the questionable and acceptable parts of a structure or for relative comparision between two different structures)

9.2.1 प्रयोग का सिद्धान्त (Principle of Test)

जब रिबाउन्ड हैमर के प्लन्जर (plunger) को कंक्रीट की सतह के विरुद्ध दबाया जाता है तो स्प्रिंग से नियन्त्रित हैमर कंक्रीट सतह की कठोरता के अनुसार प्रतिक्षेप (rebound) होता है। जितनी सतह कठोर होगी उतना की प्रतिक्षेप (rebound) अधिक होगा। इस प्रकार से प्रतिक्षेप गुणांक (rebound index) हैमर से ज्ञात हो जाता है। प्रतिक्षेप गुणांक तथा संपीड़न सामर्थ्य में ज्ञात सम्बन्ध से सामर्थ्य ज्ञात कर ली जाती है। इस उपकरण में प्रतिक्षेप (rebound) को पढ़ने के लिये एक पैमाना (graduated scale) लगा होता है जिस पर प्रतिक्षेप गुणांक का मान पढ़ा जा सकता है।

9.2.2 उपकरण (Apparatus)

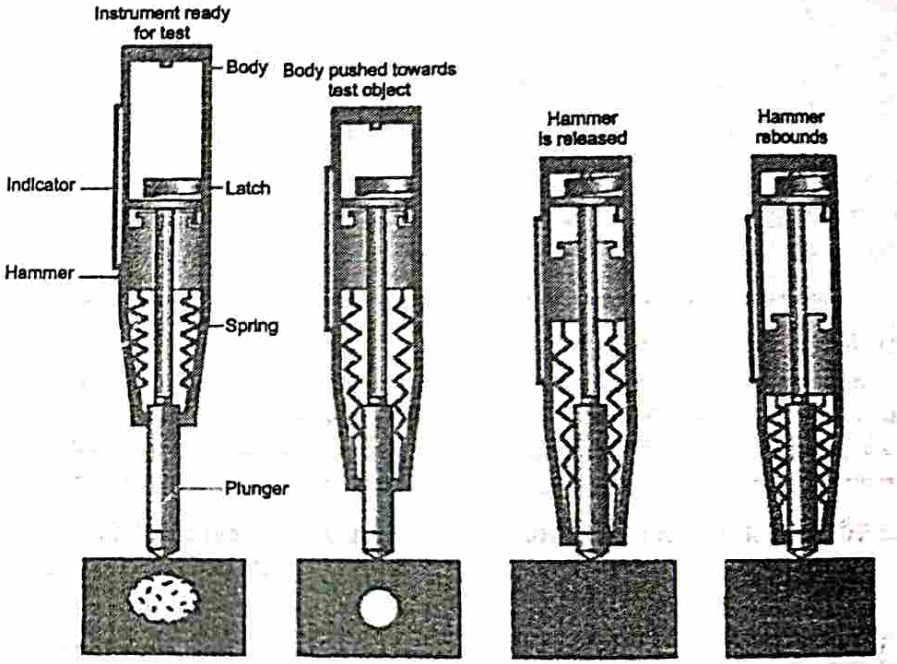
प्रतिक्षेप हथौड़ा (rebound hammer) में एक स्प्रिंग से नियन्त्रित भार (mass) जो एक प्लन्जर (plunger) पर फिसल सकता है, लगा होता है। यह सभी व्यवस्था एक ट्यूब के आकार के केस में स्थापित होती है। IS 13311 (Part -2) : 1992 के अनुसार विभिन्न परिस्थितियों में प्रतिघात (impact) ऊर्जा निम्नानुसार होती है—



Rebound hammer

Impact Energy for rebound hammers for different applications

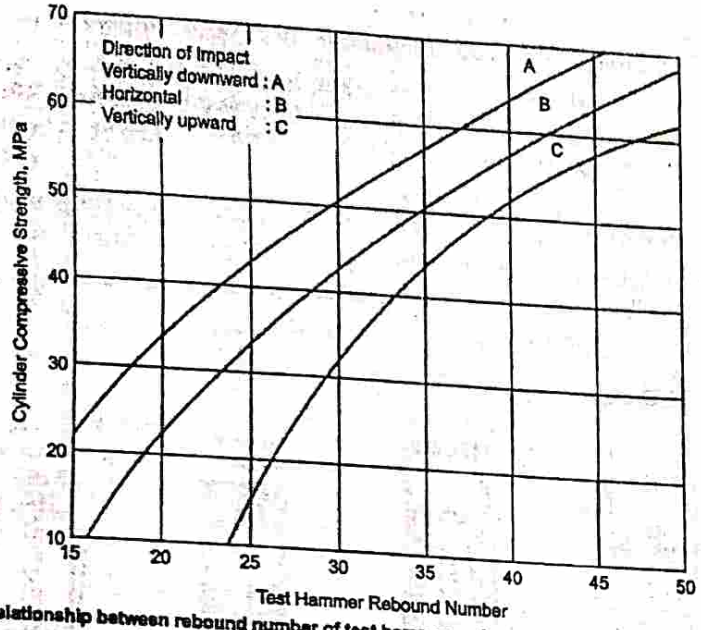
S. No.	Applications	Approximately Impact Energy required for the rebound hammer (N-M)
(i)	For testing normal weight concrete	— 2.25
(ii)	For light weight concrete or small and impact sensitive parts of concrete	— 0.75
(iii)	For testing mass concrete for example roads, airfields pavements and hydraulic structures	— 30.00



Operation of the rebound hammber

9.2.3 कंक्रीट की संपीड़न सामर्थ्य तथा Rebound Number में सम्बन्ध स्थापित करने हेतु विधि

IS 13311 (Part 2) : 1992 के अनुसार उपरोक्त सम्बन्ध स्थापित करने हेतु कंक्रीट के घन (cubes) बनाये जाते हैं। इन cubes की comp. strength संपीड़न परीक्षण मशीन द्वारा ज्ञात कर ली जाती है तथा रिबाउण्ड हैमर (Rebound Hammer) से भी रीडिंग ली जाती है। अब इन दोनों में सम्बन्ध को ग्राफ पर खींच (Plot) लिया जाता है। यदि Rebound Hammer की impact energy कम रखनी हो (2.2 Nm) तो 150 mm के cube बनाकर परीक्षण किया जाता है। परन्तु यह impact energy ज्यादा (30 Nm) रखनी हो तो cube 30 mm के बनाये जाते हैं। इसी प्रकार यह परीक्षण 150 mm × 300 mm के cylinders पर भी किया जा सकता है।



Relationship between rebound number of test hammer and compressive strength of concrete

9.2.4 प्रयोग विधि (Test Procedure)

प्रयोग हेतु कंक्रीट सतह साफ, चिकनी तथा सूखी होनी चाहिये। जहाँ पर प्रयोग किया जाना हो वह स्थान किनारों या सिरों से कम से कम 20 mm दूर होना चाहिये। परीक्षण हेतु Rebound Hammer को कंक्रीट सतह के 90° पर रखना चाहिये। प्रयोग क्षैतिज या ऊर्ध्वाधर किसी भी स्थिति में किया जा सकता है। प्रत्येक स्थान पर कम से कम 6 परीक्षण करने चाहिए। फिर इनका औसत मान लिया जा सकता है। इस प्रकार से Rebound index ज्ञात कर लिया जाता है।

9.2.5 परीक्षण पर प्रभाव डालने वाले कारक (Factors Influencing Test conditions)

(i) Influence of Type of Cement—जो कंक्रीट high alumina cement से बनी होती है opc की तुलना में 100% अधिक सामर्थ्य देती है। इसी प्रकार super sulphated cement से बनी कंक्रीट 50% अधिक सामर्थ्य देती है।

(ii) Influence of Type of Aggregate—भिन्न भिन्न प्रकार के Gravel तथा crushed rock aggregate भिन्न-भिन्न प्रकार का सम्बन्ध Rebound index तथा comp. strength में प्रदर्शित करते हैं।

(iii) Influence of surface condition and moisture content of concrete—यदि सतह trowelled या floated है तो उसकी सामर्थ्य moulded सतह से अधिक प्रदर्शित होगी। इसी प्रकार नम सतह की सामर्थ्य, सूखी सतह से 20% कम प्रदर्शित होती है।

(iv) Influence of curing and Age of concrete—कंक्रीट की तराई एवं उम्र का भी कंक्रीट की सामर्थ्य पर प्रभाव पड़ता है।

(v) Influence of carbonation of concrete surface—carbonated कंक्रीट सामर्थ्य को अधिक प्रदर्शित करती है। अत: कंक्रीट की सही सामर्थ्य ज्ञात करने के लिये कार्बोनेटड सतह को हटा कर साफ करके परीक्षण करना चाहिये अन्यथा 50% तक अधिक सामर्थ्य प्रदर्शित हो सकती है। कंक्रीट सतह पर CO_2 क्रिया करके कैल्साइट ($CaCO_3$) बनाती है जो एक कठोर परत है इसी प्रक्रिया को Carbonations करते हैं।

9.2.6 Rebound Hammer परीक्षण के गुण-दोष

इस परीक्षण की निम्न विशेषतायें हैं—

(i) प्रयोग तथा उपकरण सरल है।

(ii) सतह की Uniformity properties ज्ञात करता है।

(iii) प्रयोग मिव्ययी है।

(iv) पुराने monuments के rehabilitation के लिये प्रयोग किया जाता है।

इस परीक्षण की निम्न कमियाँ हैं—

(i) परीक्षण का परिणाम एक स्थान की सामर्थ्य प्रदर्शित करता है।

(ii) परीक्षण के परिणाम सीधी तरह से सामर्थ्य तथा विरूपण से सम्बन्ध स्थापित नहीं कर पाते।

(iii) उपकरण के स्प्रिंग इत्यादि का अनुरक्षण करना पड़ता है।

(iv) परीक्षण की सत्यता में संदेह उत्पन्न होता है।

9.3 अल्ट्रासोनिक पल्स वेग परीक्षण (Ultrasonic Pulse Velocity Test) IS 13311 (Part I) : 1992

सिद्धान्त : इस विधि में एक अनुदैर्ध्य कंपन (longitudinal vibration) उत्पन्न किया जाता है। जिसे electro-acoustical transducer से पैदा करते हैं। जो कंक्रीट के सम्पर्क में लगा होता है। इसके फलस्वरूप कंक्रीट के विभिन्न पदार्थों की सतह पर अनेक प्रकार के प्रतिबिंब (reflections) प्रदर्शित होते हैं। प्रतिबल एक wave की तरह उत्पन्न होते हैं तथा यह सभी एक complex system of stress waves कहलाता है। इसमें longitudinal (compressional), transverse (shear) and surface (ray leigh) waves उत्पन्न होती हैं। इनको एक रिसीवर (receiving transducer) के द्वारा detect किया जाता है। इनमें longitudinal wave सबसे तीव्र होती है।

Longitudinal pulse velocity (in m/s) v

$$v = \frac{L}{T}$$

L = path length

T = Time taken

Pulse velocity कंक्रीट के आकार-प्रकार पर निर्भर ना करके केवल पदार्थ के प्रत्यास्थ गुणों पर निर्भर करती है। अत: कंक्रीट की structural properties को ज्ञात करने के लिये उपयुक्त परीक्षण है। यदि कंक्रीट की सघनता (density), समांगता (homogeneity) तथा एकरूपता (uniformity) अच्छी है तो उसमें (Pulse velocity) भी ज्यादा होगी। यदि इनकी गुणवत्ता खराब है तो Pulse velocity कम होगी। यदि कंक्रीट में cracks हैं तो लम्बी दूरी तय करनी होगी और velocity भी कम हो जायेगी।

वास्तव में Actual Pulse velocity निम्न पर निर्भर करती है—

— Materials

— Mix properties

— Density of concrete

— Modulus of Elasticity of aggregates

9.3.1 उपकरण (Apparatus) : IS 13311 (Part-1) : 1992 के अनुसार

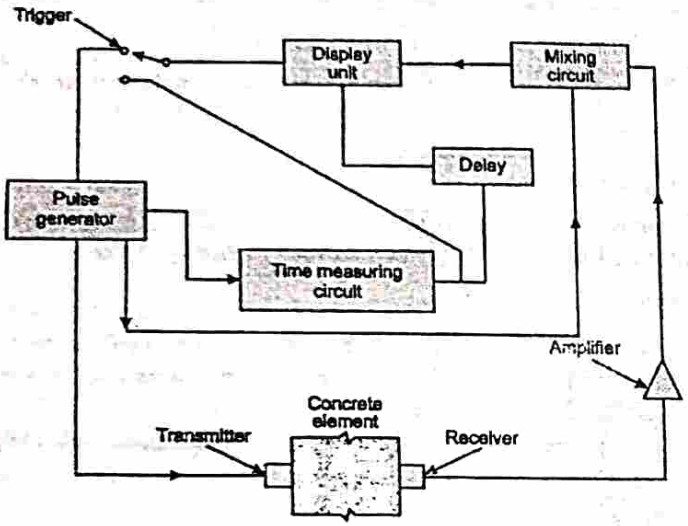
Ultrasonic Pulse velocity उपकरण के निम्न भाग होते हैं—

(i) Electrical Pulse Generator

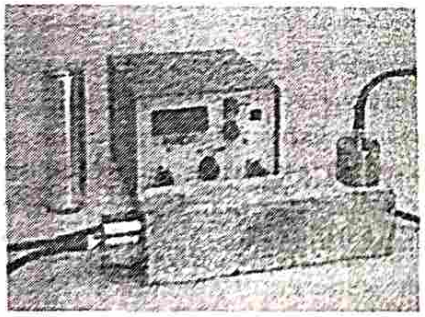
(ii) Transducer - one pair

(iii) Amplifier

(iv) Electronic timing device



(A) Ultrasonic pulse velocity test circuit



(b) Ultrasonic pulse velocity test instrument

Typical portable UPV test instrument and its test circuit

इस उपरकण में किसी भी ऐसे transducer को उपयोग कर सकते हैं जिसकी रेंज 20 khz से 150 khz हो। ट्रांसड्यूसर (transducer) एक ऐसा उपकरण है जो ऊर्जा के अन्य रूप (जैसे दाब) से विद्युत संकेत उत्पन्न कर सकता है। इस हेतु Piezoelectric तथा magneto-strictive प्रकार के ट्रांसड्यूसर प्रयोग किये जा सकते हैं।

Natural Frequency of Transducer for Different Path Lengths

Path Length (mm)	Natural Frequency of Transducer (kHz)	Minimum transverse dimension of members (mm)
upto 500	150	25
500-700	≥ 60	70
700-1500	≥ 40	150
Above 1500	≥ 20	300

इलेक्ट्रॉनिक समय यन्त्र (Electronic timing device) वह समय ज्ञात करने के कार्य आता है जबकि Pulse पैदा हुई हो, तथा ग्राही ट्रांसड्यूसर पर पहुँचने के बीच का समय। ये दो प्रकार के होते हैं एक cathode ray tube वाला तथा दूसरा direct digital display वाला। यदि दोनों प्रकार के उपलब्ध हों तो बेहतर होता है।

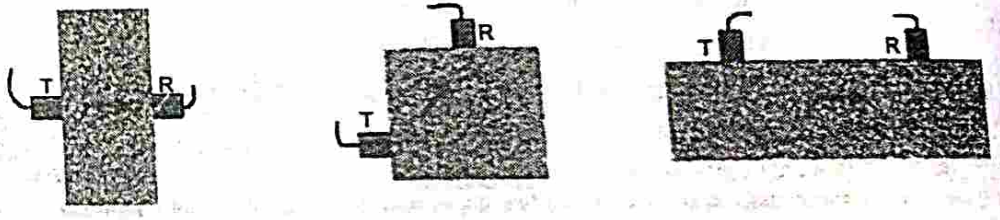
9.3.2 पल्स वेग ज्ञात करना

(I) **Transducer को लगाना :** Transducers को चित्रानुसार तीन प्रकार से लगाया जा सकता है

— opposite faces (direct)

— adjacent faces (semi direct)

— the same face (indirect)



(a) Direct or cross transmission (B) Semi-direct transmission (C) Directed or surface transmission

Typical arrangements of transducers

(ii) इस परीक्षण में trasnsmitting transducer के द्वारा ultrasonic pulse पैदा की जाती है। यह कंक्रीट की सतह के सम्पर्क में होता है। इसे pulse को receiving transducer द्वारा ग्रहण किया जाता है। यह पल्स एक निश्चित दूरी L कंक्रीट में तय करती है। पल्स द्वारा L दूरी तय करने के समय को Electronic timing device से ज्ञात कर लिया जाता है। अब Pulse velocity $v = \frac{L}{T}$ से ज्ञात कर ली जाती है।

Velocity Criterion for Concrete Quality grading

S. No.	Pulse velocity by cross probing (Km/sec)	Concrete Quality Grading
1.	above 4.5	Excellent
2.	3.5-4.5	Good
3.	3.0-3.5	Medium
4.	Below 3	Doubtful

9.3.3 Application

अल्ट्रासोनिक पल्स वैलोसिटी प्रयोग का उपयोग कंक्रीट में निम्न हेतु होता है—

— कंक्रीट के विभिन्न अवयवों में कंक्रीट की समांगता (Unformity) जाँचने हेतु।

— समय के साथ कंक्रीट के गुणों में आये परिवर्तनों को जांचने हेतु।

— pulse velocity के साथ कंक्रीट की सामर्थ्य के सम्बन्ध के द्वारा कंक्रीट की गुणवत्ता ज्ञात करने हेतु।

— कंक्रीट का modulus of elasticity (E) तथा dynamic Poisson ratio ज्ञात करने हेतु

$$E = \rho f(\mu) V^2$$

E = Dynamic Young's modulus of elasticity in MPa

ρ = density of concrete in Kg/m^3

V = pulse velocity in m/sec

$$f(\mu) = \frac{(1+\mu)(1-2\mu)}{1-\mu}$$

μ = dynamic Poisson's ratio varies from 0.20 to 0.35 average 0.24

$$f(\mu) = \frac{(2nl)^2}{V^2}$$

n = fundamental resonant frequency in cycles per second

l = length of specimen in m.

9.3.4 Pulse Velocity के मापन को प्रभावित करने वाले कारक (Factors influencing pulse velocity measurement)

(i) **जलांश (Moisture content)**—जलांश पल्स वेग (Pulse velocity) पर भौतिक एवं रासायनिक दोनों प्रकार का प्रभाव डालता है। कंक्रीट में जलांश की मात्रा अधिक होने पर पल्स वेग अधिक होता है। जल संतृप्त कंक्रीट में पल्स वेग सूखी कंक्रीट से 2% अधिक पाया जाता है।

(ii) **सतही अवस्था (Surface condition)**—कंक्रीट सतह का चिकना होना Ultrasonic Pulse velocity के मापन हेतु अत्यन्त आवश्यक है। यदि कंक्रीट की सतह खुरदरी (rough) होने पर पहले इसे चिकना किया जाता है तथा फिर प्रयोग किया जाता है।

(iii) **कंक्रीट के अवयव की पाथ दूरी (Path length), आकार (shape), माप (size) का प्रभाव**—कंक्रीट एक विजातीय (heterogeneous) पदार्थ है अत: Path length का आवश्यकतानुसार लम्बा होना किसी भी त्रुटि को कम करने हेतु आवश्यक है। Site पर वास्तविक concrete member बड़े होते हैं अत: प्रयोग में कोई कठिनाई नहीं आती। परन्तु प्रयोगशाला में इनकी माप कम होने के कारण मापन में त्रुटि प्रदर्शित होती है। कंक्रीट के अवयव की माप तथा आकार का वैसे तो Pulse velocity पर कोई प्रभाव नहीं पड़ता परन्तु इनकी माप एक निश्चित मान से कम नहीं होनी चाहिये।

(iv) **कंक्रीट के तापक्रम का प्रभाव (Influence of temperature of concrete)**—कंक्रीट का तापक्रम यदि 5°C से 30°C के बीच है तो इसका कोई प्रभाव (Pulse velocity) पर नहीं पड़ता परन्तु यदि तापक्रम 30°C से 60°C के बीच हो जाये तो Pulse velocity में 5% की कमी आ सकती है। जमाव (Freezing) तापक्रम से नीचे कंक्रीट में मुक्त जलांश जम (freeze) जाता है जिससे Pulse velocity का मान 7.5% तक बढ़ जाता है।

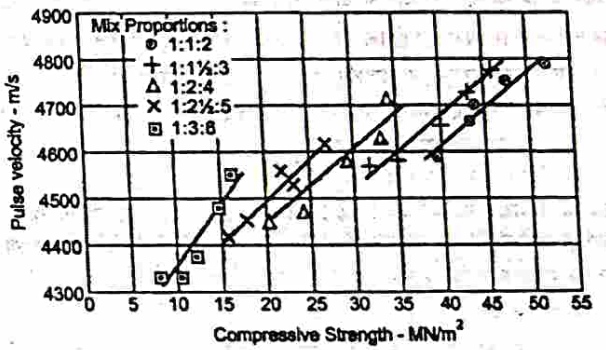
(v) **प्रतिबलों का प्रभाव (Influence of stress)**—यदि कंक्रीट अवयव प्रतिबल (stress) के प्रभाव में है और इसका मान अत्यधिक है तो microcracks के उत्पन्न होने से पल्स वेग घट जाता है। परन्तु ऐसा जब होता है जब प्रतिबल मान चरम प्रतिबल (ultimate stress) से 60% अधिक हो।

(vi) **प्रबलन छड़ों का प्रभाव (Effect of Reinforcing Bars)**—प्रबलित कंक्रीट में साधारण कंक्रीट की तुलना में Pulse velocity का मान अधिक आता है। इसका मुख्य कारण Steel में पल्स वेग कंक्रीट की तुलना में 1.2 से 1.9 गुणा होता है।

Effect of Temperature On Pulse Velocity

Temperature 0°C	Correlation to measured pulse velocity	
	Air dried concrete	Wet saturated concrete
60	–5%	–4%
40	–2%	– 1.7%
20	0%	0
0	+ 0.5 %	+1%
–4	+ 1.5%	+7.5%

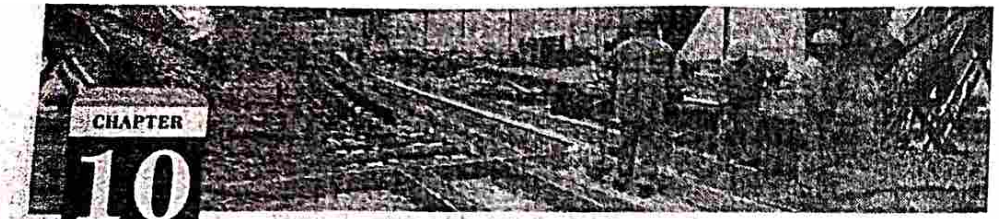
– decrease
+ increase



Relation between ultrasonic pulse velocity and compressive strength for concretes of different mix proportions

प्रश्नावली

1. कंक्रीट के गैर विनाशकारी परीक्षण क्या है? समझाइये।
2. किन परिस्थितियों में कंक्रीट के गैर विनाशकारी परीक्षण प्रयोग किये जाते हैं?
3. रिबाउन्ड हैमर (प्रतिक्षेप हथोड़ा) परीक्षण को समझाइये। इसका क्या सिद्धान्त है?
4. रिबाउन्ड हैमर परीक्षण के गुण दोष समझाइये।
5. रिबाउन्ड हैमर परीक्षण पर प्रभाव डालने वाले कारणों के नाम लिखें।
6. अल्ट्रासोनिक पल्स वेग परीक्षण को विस्तार से समझाइये।
7. पल्स वेग पर प्रभाव डालने वाली कारकों के बारे में समझाइये।



CHAPTER 10

निर्माण स्थल पर कंक्रीट गुणवत्ता नियन्त्रण

(Quality control of Concrete at Site)

10.1 गुणवत्ता नियन्त्रण की अभिधारणा (Concept of Quality Control)

कंक्रीट की गुणवत्ता नियन्त्रण को दो भागों में बाँटा जा सकता है—

(1) कंक्रीट की गुणवत्ता इस प्रकार की हो कि यह टिकाऊपन, सुरक्षा, सुन्दरता तथा कार्यशीलता में उत्तम व्यवहार करे।

(2) इसके द्वारा बनायी गयी संरचना का प्रदर्शन (Performance) अच्छा हो।

किसी संरचना का प्रदर्शन (Performance) इस बात पर निर्भर करता है कि उसे किस पर्यावरण में रखा गया है। अलग-अलग परिस्थितियों में कंक्रीट का आवश्यक प्रदर्शन (Performance) अलग-अलग होगा। अत: स्थल कंक्रीट का निर्माण विशिष्टियों के अनुसार किया जाये। इस बात को सुनिश्चित करने के लिये, गुणवत्ता नियन्त्रण की आवश्यकता पड़ती है। सामान्य तौर पर कंक्रीट की संपीडन सामर्थ्य को ही हम कंक्रीट की गुणवत्ता का मानक मान लेते है परन्तु पारगम्यता, टिकाऊपन, अग्निरोधकता इत्यादि अम्ल गुण भी कंक्रीट की गुणवत्ता निर्धारण के लिये उतने ही आवश्यक हैं। अत: गुणवत्ता नियन्त्रण से यह स्थापित किया जाता है कि कंक्रीट विशिष्टियों के अनुसार ही निर्माण की गई है तथा इससे निर्मित संरचना अनुमान के अनुसार ही प्रदर्शन करेगी।

कंक्रीट निर्माण में गुणवत्ता नियन्त्रण हेतु हमें सामग्री, श्रमिक, संयन्त्र तथा प्रक्रिया सम्बन्धी सभी स्तर पर नियन्त्रण रखना होगा।

अत: सामग्री सम्पूर्ति, बैचिंग, मिक्सिंग, परिवहन, बिछाना, संहनन, तराई, फर्मों को हटाना, निरीक्षण तथा परीक्षण सभी कुछ विशिष्टियों के अनुसार ही करना होगा।

जैसा कि हम जानते हैं कि कंक्रीट का निर्माण स्थल पर बैच (Batches) में किया जाता है जिसमें आस-पास से उपलब्ध सामग्री के अनुसार कंक्रीट का निर्माण होता है। अत: एक बैच से दूसरे बैच की गुणवत्ता में अन्तर आ सकता है और यह अन्तर विभिन्न कारकों पर निर्भर है, जिनका वर्णन हम ऊपर कर चुके हैं।

10.2 कंक्रीट की गुणवत्ता को प्रभावित करने वाले कारक (Factors Affecting Quality of Concrete)

(i) व्यक्तिगत (Personal)

(ii) सामग्री (Material)

(iii) संयन्त्र (Equipment)

(iv) कार्यकुशलता (Workmanship)

(i) व्यक्तिगत (Personal)—किसी भी प्रकार के निर्माण में उच्च गुणवत्ता बनाये रखने के लिये अनुभवी, जानकार तथा प्रशिक्षित व्यक्तियों की आवश्यकता होती है। इसके अतिरिक्त जिसके द्वारा अभिकल्पन किया जाये तथा विशिष्टियाँ निर्धारित की जायें उसे उस प्रकार के निर्माण की पूर्ण जानकारी होनी चाहिये। स्थल पर साईट इंजीनियर को इतना ज्ञान होना चाहिये कि वो इन सभी विशिष्टियों को समझकर निर्माण करा सकें। इसके अतिरिक्त निर्माण में लगे श्रमिक पूर्णत: ईमानदार तथा अनुभवी होने आवश्यक हैं। वास्तव में यह एक टीम-वर्क है जिसमें प्रत्येक स्तर पर लगे व्यक्ति को अनुशासन एवं दृढ़ इच्छा शक्ति से कार्य करना होगा तभी गुणवत्ता पर प्रभावी नियन्त्रण रख पाना संभव हो सकेगा।

(ii) सामग्री (Material)—एक समान गुणवत्ता की कंक्रीट प्राप्त करने के लिये कंक्रीट के अवयवों का नियन्त्रण बहुत आवश्यक है। इसके लिये कंक्रीट के अवयवों की गुणवत्ता निर्धारण के लिये स्थल पर कुछ परीक्षण करने आवश्यक हैं जो अलग-अलग आवयवों के लिये अलग-अलग परीक्षण तथा मापदंड हैं।

(1) सीमेन्ट—एक प्रकार के निर्माण के लिये सीमेन्ट एक ही प्रकार का होना बेहतर होता है। सीमेन्ट यदि अलग-अलग समय पर मंगाया जाये तथा अलग स्रोत से मंगाया जाये तो उनकी गुणवत्ता में परिवर्तन आ सकता है। सीमेन्ट ठीक प्रकार से भंडारण किया जाना गुणवत्ता नियन्त्रण हेतु अति आवश्यक है। सीमेन्ट के स्थल पर निम्न परीक्षण किये जा सकते हैं—

(1) सीमेन्ट का रंग हरे ग्रे प्रकार का होना चाहिये तथा इसमें कोई ढेले इत्यादि नहीं होने चाहियें।

(2) सीमेन्ट के बोरे में हाथ डालने पर यह ठंडा प्रतीत होना चाहिये।

(3) सीमेन्ट को उंगलियों के बीच रगड़ने पर चिकना प्रतीत होना चाहिये।

(4) पानी की बाल्टी में एक मुट्ठी सीमेन्ट फेंकने पर यह बैठने से पहले तैरना चाहिये।

(5) 20 min तक गर्म करने पर रंग नहीं बदलना चाहिये।

इसके अतिरिक्त प्रयोगशाला में सीमेन्ट की सूक्ष्मता, जमावकाल, सामर्थ्य, निर्दोषिता इत्यादि के परीक्षण कर इसकी गुणवत्ता का निर्धारण किया जा सकता है।

(2) मिलावा (Aggregate)—मिलावे की ग्रेडिंग अधिकतम माप, आकार, जलांश इत्यादि में एक ढेर से दूसरे ढेर में अन्तर पाया जा सकता है। अत: मिलावा आकार के अनुसार अलग-अलग ढेरियों में एकत्र करना चाहिये। श्रेणीकृत मिलावे को किसी भी कीमत पर पृथक्करण से बचाना चाहिये। मिलावे के स्थल पर निम्न परीक्षण करने आवश्यक हैं—

(i) आकार (Size)

(ii) ग्रेडिंग (Grading)

(iii) टिकाऊपन (Durability)

(iv) विशिष्ट गुरुत्व (Specific Gravity)

(v) लम्बोतरे एवं पत्रिल कण परीक्षण (Elongation and Flankiness Index)

(vi) जल अवशोषणता (Water Absorption)

(vii) जलांश (Water Content)

(viii) रेत का स्थूलीकरण (Bulking of Sand)

(ix) सिल्ट की मात्रा (Silt Content)

(x) हानिकारक पदार्थों की उपस्थिति (Deleterious Material)

ये सभी परीक्षण पूर्व में भी वर्णित किये जा चुके हैं। कंक्रीट की गुणवत्ता में नियन्त्रण हेतु यह आवश्यक है कि मिश्रण एक ही स्रोत से प्राप्त किया जाये। यदि मिलावा नये स्रोत में आता है तो उसके सभी परीक्षण भली प्रकार करके कंक्रीट में

अभिकल्पन में आवश्यक संशोधन कर लिये जायें। मिलावे में उपस्थित नमी का समायोजन जल की मात्रा को कम करके, कर लेना चाहिये।

(3) पानी (जल)—कंक्रीट में प्रयुक्त जल की क्वालिटी I.S. 456-2000 के अनुसार होनी चाहिये। साधारणत: जो जल हम पी सकते हों उसे ही कंक्रीट में प्रयोग किया जा सकता है। तराई भी इसी पानी से करनी चाहिये। जल का सिल्ट, कार्बनिक पदार्थ, क्षार, अम्ल तथा निलम्बित/घुलित अशुद्धियों से मुक्त होना आवश्यक है। इनमें सल्फेट तथा क्लोराइड की मात्रा भी मानक से अधिक नहीं होनी चाहिये।

जल से सम्बन्धित सभी टेस्ट हम पहले ही (Chapter 2) में अध्ययन कर चुके हैं।

(iii) संयन्त्र (Equipment)—कंक्रीट के निर्माण के समय बैचिंग, मिक्सिंग, वाइब्रेशन इन सभी प्रक्रियाओं में प्रयुक्त संयन्त्र उचित क्षमता के होने चाहिये। भार-बैचिंग संयन्त्र को समय-समय पर चैक करते रहना चाहिये। आयतन मापन के स्थान पर भार मापन करना ही श्रेयस्कर है। मिक्सर समय-समय पर ग्रीसिंग करते रहना चाहिये जिसमें वह अपनी क्षमतानुसार कार्य करते रहें। कंक्रीट को निर्धारित समय से न कम न ज्यादा मिक्स करना चाहिये। वाइब्रेटर भी आवश्यक आवृत्ति एवं आयाम पर कार्य करने चाहियें। इनका भी समय-समय पर अनुरक्षण करते रहना चाहिये।

(iv) कार्यकुशलता (Workmanship)—यदि कंक्रीट के निर्माण में लगे व्यक्तियों द्वारा अपनी कार्यकुशलता का परिचय दिया जाये तो कंक्रीट की गुणवत्ता बेहतर हो सकती है। उच्च कोटि के सीमेन्ट एवं मिलावे से बनी कंक्रीट खराब कार्यकुशलता के कारण खराब हो सकती है। इसी प्रकार अच्छी कार्यकुशलता से किसी प्रकार की कंक्रीट को बेहतर बनाया जा सकता है। कार्यकुशलता के अन्तर्गत निम्न प्रक्रियायें आती हैं—

(1) कंक्रीट की बैचिंग सही प्रकार से होनी आवश्यक है।
(2) कंक्रीट की मिक्सिंग नियमानुसार हो तभी अच्छी कंक्रीट प्राप्त होगी।
(3) फर्माबन्दी पूर्ण कुशलता से होनी आवश्यक है।
(4) कंक्रीट का परिवहन अच्छी कार्यकुशलता से होना आवश्यक है।
(5) कंक्रीट का सही प्रकार बिछाना तथा पूर्ण कुटाई पर भी नियन्त्रण आवश्यक है।
(6) कंक्रीट की तराई भी अन्य बिन्दुओं के बराबर ही आवश्यक है तभी वांछित गुण प्राप्त होंगे।

10.3 कंक्रीट की गुणवत्ता नियन्त्रण के लाभ (Advantages of Quality Control)

(i) गुणवत्ता नियन्त्रण से तात्पर्य यह है कि हम उपलब्ध संसाधनों से भली प्रकार से सामग्री की जांच कर इस प्रकार प्रयोग करें कि हमारी लागत कम हो जाये।

(ii) गुणवत्ता नियन्त्रण न होने पर किसी स्थान पर कंक्रीट कम तथा कहीं अधिक गुणवत्ता की प्रयोग हो सकती है। यद्यपि कीमत पर अन्तर नहीं आता परन्तु संरचना में कमी रह सकती है।

किसी स्थान पर एक बोरा सीमेन्ट अधिक डालने पर कंक्रीट इतनी मजबूत नहीं होती कि वह संहनन या तराई के बिना ही कार्य योग्य बन सके। हर स्टेज पर प्रभावी नियन्त्रण ही अच्छी कंक्रीट की गारंटी दे सकता है।

(iii) गुणवत्ता नियन्त्रण न होने पर डिजाइनर को अतिरिक्त डिजाइन (Overdesign) करना पड़ता है जिससे कीमत बढ़ जाती है।

(iv) हर स्तर पर नियन्त्रण रखकर तथा कमियाँ दूर कर, निर्माण के पूर्ण होने के समय में देरी को कम किया जा सकता है।

(v) गुणवत्ता नियन्त्रण से अनुरक्षण खर्च भी कम होता है।

10.4 कंक्रीट की गुणवत्ता नियन्त्रण (Quality Control of Concrete)

(I) स्थल नियन्त्रण—कंक्रीट को स्थल पर तैयार करते समय हर स्तर पर नियन्त्रण की आवश्यकता पड़ती है। अलग-अलग स्थल पर आवश्यकतानुसार अलग-अलग ग्रेड की तथा विशिष्टियों वाली कंक्रीट की आवश्यकता पड़ती है। अत: पहले से ही हर ग्रेड हेतु मिक्स का निर्धारण कर लिया जाये तो बेहतर रहता है। यह भी ध्यान रखना आवश्यक है कि प्रत्येक घान (Batch) में समान सामर्थ्य व गुणवत्ता वाली कंक्रीट प्राप्त हो।

गुणवत्ता नियन्त्रण व्यवस्था

आवश्यक परीक्षण	परीक्षणों की दैनिक आवृत्ति	गुणता पर नियन्त्रण हेतु तैनात कुशल व्यक्ति
1. सीव (Sieve) विश्लेषण, ग्रेडिंग हेतु		
(i) महीन मिलावा	1	1 सुपरवाइजर
(ii) मोटा मिलावा	1	1 टैक्नीशियन
2. जलांश परीक्षण		
(i) महीन मिलावा	1	कुशल श्रमिक 6
(ii) मोटा मिलावा	1	
3. कंक्रीट की सुकार्यता	3	टैक्नीशियन-1
4. घन भरना	6	अकुशल बेलदार-2
5. घन परीक्षण		
(i) 7 दिन	3	प्रयोगशाला में स्टॉफ द्वारा
(ii) 28 दिन	3	
6. कंक्रीटन क्रियायें बैचिंग, मिश्रण कंक्रीट बिछाना व भरना	नियमित रूप से लगातार	1 सुपरवाइजर हर क्रिया हेतु अलग-अलग

कंक्रीट पर नियन्त्रण हेतु निम्न पर विशेष ध्यान दिया जाना आवश्यक है—

(i) विभिन्न अवयवों की सही माप तथा गुणवत्ता व अनुपात
(ii) जल-सीमेन्ट अनुपात
(iii) अवयवों की समांग मिक्सिंग
(iv) अच्छी तरह परिवहन तथा बिछाना
(v) कुटाई की पूर्ण व्यवस्था
(vi) सतह की फिनिशिंग
(vii) तराई

10.5 तैयार कंक्रीट तथा कठोर कंक्रीट के परीक्षण

कंक्रीट के तैयार होने पर निम्न परीक्षण किये जा सकते हैं—

(i) सुकार्यता परीक्षण (अध्याय 4 में दी गई किसी भी एक विधि द्वारा)

(ii) सम्पीडन परीक्षण हेतु घन का भरना।

कंक्रीट के कठोर होने पर निम्न परीक्षण किये जाते हैं—

(i) 7 दिन, 28 दिन पर संपीडन सामर्थ्य परीक्षण

(ii) तनन या अभिनमन सामर्थ्य परीक्षण

उपरोक्त सभी परीक्षण विध्वंसन परीक्षण हैं जिनमें कंक्रीट के प्रतिदर्श को तोड़ा जाता है और जिस बल पर कंक्रीट टूटती है उसमें कंक्रीट की सामर्थ्य निर्धारित की जाती है। इसके अतिरिक्त कंक्रीट में अविध्वंसकारी परीक्षण भी किये जाते हैं। ये परीक्षण निम्न हैं—

(1) सतही कठोरता परीक्षण (Impact hammer, William testing Gun)

(2) उछाल (Rebound) परीक्षण (Rebound hammer)

(3) पराश्रव स्पन्द वेग विधि (Ultrasonic Pulse-velocity Method)

(4) यांत्रिक श्रव्य विधि (Mechanical sonic method)

(5) धंसन व बाहर निकालने का परीक्षण (Penetration and pull out test)

(6) रेडियोधर्मी व नाभिकीय विधियाँ (Radio active and Nuclear method)

(7) चुम्बकीय व वैद्युत विधियाँ (Magnetic microwave absorption techniques)

प्रश्नावली

1. कंक्रीट के गुणवत्ता नियन्त्रण से क्या समझते हैं इसकी आवश्यकता क्यों महसूस की जाती है?
2. कंक्रीट की सामर्थ्य को प्रभावित करने वाले कारकों को वर्णित करें।
3. कंक्रीट के गुणवत्ता नियन्त्रण के अन्तर्गत निर्माण के समय क्या-क्या सावधानियाँ रखनी चाहिये?
4. कंक्रीट के अवयवों की सामर्थ्य की जाँच हेतु कौन-कौन-से परीक्षण करने आवश्यक हैं?

परीक्षण सूची
(Experiments Index)

परीक्षण का नाम

(I) Test of Cement

To determine physical properties of cement fineness, consistency, setting time, soundness and compressive strength.

(I) मिलावे के लिये परीक्षण (Tests on Aggregate)

(1) मोटे मिलावे का लम्बोतरा सूचकांक (Elongation index) परीक्षण।

(2) मोटे मिलावे का पत्रिल सूचकांक (Flakiness index) परीक्षण।

(3) मिलावे में उपस्थित महीन सिल्ट की मात्रा ज्ञात करने के लिए स्थानीय परीक्षण।

(4) मिलावे का स्थूल घनत्व व रिक्तियाँ ज्ञात करने का परीक्षण।

(5) मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व व जल अवशोषण परीक्षण।

(6) बालू का सूक्ष्मता मापांक परीक्षण।

(7) महीन मिलावे का विस्थापन विधि से सतही जलांश ज्ञात करने का परीक्षण।

(8) महीन मिलावे की स्थूलता (फूला होना) समायोजन की क्षेत्रीय विधि।

(II) कंक्रीट के लिये परीक्षण (Test on Concrete)

(9) सीमेन्ट के लिये स्थलीय जाँच (Field tests for cement)।

(10) घन परीक्षण (Cube test)।

(11) कंक्रीट के लिये अवपात परीक्षण।

(12) संहनन गुणक (Compaction factor) परीक्षण।

(13) वी० बी० संघनतामापी (Vee-Bee consistometer) परीक्षण।

(14) Non-destructive tests on concrete :

(a) Rebound hammer (b) Ultrasonic pulse velocity test.

(15) Flexuml strength of concrete.

प्रयोग संख्या–1

उद्देश्य—सीमेन्ट पर स्थलीय परीक्षण करना (Field Tests of Cement) ।

सामान्य विवरण एवं क्रिया विधि—सीमेन्ट निर्माण कार्यों में प्रयोग होने वाला अति महत्वपूर्ण पदार्थ है। यह अपेक्षाकृत काफी महंगा भी है। यदि सीमेन्ट में मिलावट है अथवा सीमेन्ट की क्वालिटी खराब है अथवा सीमेन्ट किन्हीं कारणों से खराब

हो गया है, यदि ऐसे सिमेन्ट को निर्माण कार्य में प्रयोग कर लिया जाये तो निर्माण कार्य का विफल होना निश्चित है। अतः निर्माण कार्यों में सीमेन्ट को प्रयोग करने से पहले उसकी क्वालिटी की जाँच करना आवश्यक होता है।

सीमेन्ट की क्वालिटी की जाँच निम्न दो प्रकार के परीक्षणों के आधार पर की जाती है—

1. प्रयोगशाला परीक्षण
2. स्थलीय परीक्षण

प्रयोगशाला परीक्षणों के लिये सुसज्जित प्रयोगशाला होनी चाहिये तथा परीक्षणों को करने के लिये एक कुशल तकनीशियन होना चाहिये। इन परीक्षणों को करने में काफी व्यय आता है तथा समय भी लगता है। बड़े व महत्वपूर्ण निर्माण कार्यों के लिये सीमेन्ट की क्वालिटी निर्धारित करने के लिये प्रयोगशाला परीक्षण ही विश्वसनीय होते हैं।

लेकिन छोटे कार्यों जैसे एक निजी भवन बनाने या सामान्य प्रकृति के कार्यों पर इन परीक्षणों को करना इन पर होने वाले व्यय को देखते हुए व्यावहारिक नहीं है।

छोटी कार्यों पर सीमेन्ट की क्वालिटी निश्चित करने के लिये कुछ साधारण परीक्षण किये जाते हैं। इन परीक्षणों के लिये किसी प्रयोगशाला अथवा उपकरण की आवश्यकता नहीं होती है। ये परीक्षण अनुभवी इन्जीनियर अथवा कुशल मिस्त्रियों द्वारा बिना किसी व्यय के बहुत शीघ्रता से स्थल पर ही किये जा सकते हैं, इसीलिये इन्हें स्थलीय परीक्षण कहते हैं।

सीमेन्ट के प्रमुख स्थलीय परीक्षण निम्न हैं—

1. सीमेन्ट का रंग विशेष प्रकार का हरा धूसर (greenish grey) तथा समांग (uniform) होना चाहिये।
2. सीमेन्ट के ढेर में हाथ डालने से ठण्डा अनुभव होना चाहिये।
3. सीमेन्ट को उँगलियों के बीच में मसलने से चिकनापन अनुभव होना चाहिये। सीमेन्ट बहुत महीन होना चाहिये।
4. सीमेन्ट नम व गीला नहीं होना चाहिये।
5. सीमेन्ट में ढेले या रोड़ियाँ नहीं बनी होनी चाहियें। यदि रोड़ियाँ अँगूठे से दबाने पर टूट जायें तो इनका कोई हानिकारक प्रभाव नहीं होता है।
6. पानी से भरी बाल्टी में मुट्ठी भर सीमेन्ट डालने पर सीमेन्ट उसमें धीरे-धीरे बैठना चाहिये। यदि सीमेन्ट जल्दी बैठ जाता है अथवा सतह पर तैरता रहता है तो सीमेन्ट में मिलावट की सम्भावना हो सकती है।
7. सीमेन्ट को I.S. चालनी 9 से छानने पर अवशेष की मात्रा 10% से अधिक नहीं होनी चाहिये।
8. 1 : 4 सीमेन्ट रेत का मसाला बनाकर उससे ब्रिकेट (या गोली आदि) बनाते हैं। 3 दिन तक तराई करने के बाद, ये ब्रिकेट आसानी से नहीं टूटने चाहियें।

प्रयोग संख्या–2

उद्देश्य—की सामान्य सुसंजनता (normal consistency) ज्ञात करना।

उपकरण—विकाट सुई उपकरण सांचे सहित, एक तामचीनी की प्लेट व एक छोटी करनी।

सामग्री—400 ग्राम सीमेन्ट।

सिद्धान्त—सामान्य सुसंजनता पानी का वह प्रतिशत है जिसको सीमेन्ट में मिलाने से एक निश्चित गाढ़ेपन का पेस्ट बनता है।

सीमेन्ट पेस्ट में वह पानी की वह प्रतिशत मात्रा जिस पर उपकरण की 10 मिमी० व्यास की सुई (प्लंजर) का बेधन सांचे में तली 7 मिमी० (सांचे की शीर्ष से 33 से 35 मिमी०) तक होता है, सीमेन्ट की सामान्य सुसंजनता कहलाती है।

क्रियाविधि (Procedure)—सामान्य सुसंजनता ज्ञात करने के लिये 400 ग्राम सीमेन्ट को एक प्लेट में लो। इसमें 30% (अर्थात् 120 c.c) पानी डाल कर स्टॉप घड़ी (stop watch) चला दो। अब करनी की सहायता से पानी को सीमेन्ट में अच्छी

प्रकार मिला कर सीमेन्ट पेस्ट बना लो। पानी मिलाने का समय गेजिंग समय (gauging time) कहलाता है तथा यह 3 मिनट से 5 मिनट तक होना चाहिये। अब इस पेस्ट को साँचे में भरकर उपयुक्त स्थान पर रख दो। प्लंजर को इस प्रकार समंति करो कि सूई पेस्ट की सतह को छूती रहे। इस स्थिति में पैमाने पर संकेतक (pointer) का पाठ्यांक नोट कर लो। अब प्लंजर के क्लैम्प पेंच (clamp screw) को ढीला कर दो, जिससे यह पेस्ट में धँसने लगेगा। जब प्लंजर की स्थिति स्थिर (stable) हो जाये तब संकेतक का नया पाठ्यांक नोट कर लो। दोनों पाठ्यांकों के अन्तर से सूई की साँचे के धरातल से ऊँचाई की ज्ञा सकती है।

यदि सूई साँचे की तली से 5 से 7 मिमी ऊपर स्थिर हो जाये तो बनाया गया पेस्ट सामान्य सुसंजनता का है। यदि सूई 5–7 मिमी से ऊपर या नीचे रहती है तो दुबारा 400 ग्राम सीमेन्ट लेकर उसमें आवश्यकतानुसार कम या अधिक प्रतिशत पानी की मात्रा मिला कर उपरोक्त क्रियायें तब तक दोहरायी जाती हैं, जब तक कि सूई साँचे के धरातल से 5–7 मिमी पर न हो। इस स्थिति में पानी की प्रतिशत मात्रा ही सामान्य अथवा मानक सुसंजनता है। सामान्यतः इसका मान 32% से 34% तक होता है।

प्रेक्षण तालिका (Observation Table)

सीमेन्ट पेस्ट में पानी	संकेतक का प्रारम्भिक पाठ्यांक	संकेतक का अन्तिम पाठ्यांक	परिणाम
			सीमेन्ट की सामान्य सुसंजनता ....% है।

प्रयोग संख्या–3

उद्देश्य—सीमेन्ट के नमूने का प्रारम्भिक व अन्तिम जमाव समय ज्ञात करना।

उपकरण—विकाट सुई उपकरण सांचे सहित, भार सहित काउंटर बैलेंस, सुई का सैट, तामचीनी की प्लेट व छोटी करनी।

सामग्री—400 ग्राम सीमेन्ट।

सिद्धान्त व क्रिया विधि—सीमेन्ट में पानी मिलाने के समय से लेकर उस क्षण तक जब सीमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव होने लगता है, का समय प्रारम्भिक जमाव समय कहलाता है। इस समय की व्यवहारिक उपयोगिता यह है कि संरचना में सीमेन्ट का प्रयोग इस समय से पहले ही कर लेना चाहिये। इससे समय के बाद सोमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव शुरू हो जाता है और यदि अब सीमेन्ट में कोई विक्षेप (disturbance) होता है तो इससे सीमेन्ट की सामर्थ्य पर प्रतिकूल प्रभाव पड़ता है।

साधारण सीमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव समय 30 मिनट से कम नहीं होना चाहिये अन्यथा सीमेन्ट के प्रयोग में व्यवहारिक कठिनाइयाँ आती हैं। सीमेन्ट उत्पादन में क्लिंकर पिसाई के समय जिप्सम की मात्रा को नियन्त्रित करके प्रारम्भिक जमाव समय को घटाया या बढ़ाया जा सकता है। जिप्सम एक मंदक (retarder) की तरह कार्य करता है। इसकी मात्रा बढ़ाने से जमाव काल बढ़ता है। लेकिन जिप्सम की अधिक मात्रा से सीमेन्ट की क्वालिटी प्रभावित हो जाती है।

परीक्षण—इस परीक्षण में भी विकाट उपकरण व साँचा ही प्रयोग होता है, लेकिन इसमें 10 मिमी सूई (अथवा प्लंजर) के स्थान पर 1.13 मिमी व्यास (काट का खण्ड 1 मिमी^{2}) की गोल अथवा 1 मिमी^{2} की वर्गाकार सुई प्रयोग की जाती है।

विधि—1. परीक्षण के लिये 400 ग्राम सीमेन्ट तोल कर एक प्लेट में लो। अब सामान्य ससंजनता का पेस्ट बनाने के लिये जितने पानी की आवश्यकता होती है उसका 0.85 गुना पानी लो। (इसीलिये इसे परीक्षण से पहले सामान्य सुसंजनता का परीक्षण आवश्यक है।) पानी को सीमेन्ट में डाल कर स्टॉप घड़ी चालू कर दो। अब सीमेन्ट व पानी को 5 मिनट तक मिला कर पेस्ट बनाओ तथा इसको साँचे में भर दो, साँचे को ऊपर से समतल करके विकाट उपकरण में सूई के नीचे रख दो।

2. अब सूई को संमजित करके उसे पेस्ट की शीर्ष सतह से स्पर्श करा कर पैमाने पर संकेतक का पाठ्यांक नोट कर लो।

3. अब कुछ समय बाद क्लैम्प पेंच खोल कर सूई को पेस्ट में धँसाओं। आरम्भ में सूई साँचे की तल तक चली जायेगी। जैसे-जैसे समय बीतेगा सीमेन्ट जमता चला जायेगा जिससे पेस्ट में सूई की धँसन घटती चली जायेगी।

4. सूई को साँचे में थोड़े-थोड़ समय अलग-अलग जगहों पर तक तक धँसाओं जब तक सूई सांचे में नीचे से 5-7 मिमी पर स्थिर न होने लगे।

5. जैसे ही सूई साँचे के तल से 5 मिमी ऊपर ठहर जाये, स्टॉप घड़ी को बन्द करके समय ज्ञात कर लो। यह समय ही सीमेन्ट का प्रारम्भिक जमाव समय है।

अन्तिम जमाव समय (Final Setting Time) परीक्षण—यह परीक्षण प्रारम्भिक जमाव समय परीक्षण की भाँति ही किया जाता है। लेकिन इसकी सूई अलग होती है। प्रारम्भिक जमाव समय परीक्षण पूर्ण हो जाने पर यह परीक्षण उसी पेस्ट पर किया जा सकता है। इसके लिये प्लंजर में अंन्तिम जमाव समय के परीक्षण वाली सूई फिट कर दी जाती है। इस सूई की 0.5 मिमी लम्बाई कॉलर से बाहर को निकली रहती है।

थोड़े समय बाद सूई को पेस्ट से छुआ कर क्लैम्प पेंच को खोल देते हैं। आरम्भ में सीमेन्ट पेस्ट पर एक गोल चिह्न और बीच में एक बिन्दु बनता है। यह गोल चिह्न कॉलर के धँसने के कारण बनता है। जैसे-जैसे समय बीतता है, सीमेन्ट अधिक जमता है। थोड़े समय बाद एक स्थिति ऐसी आ जाती है कि सूई को छोड़ने पर पेस्ट में केवल बिन्दु बनता है, गोल चिह्न नहीं। इस समय सूई की नोक की धँसन 0.5 मिमी से कम होती है। सोमीन्ट में पानी मिलाने के समय से इस स्थिति तक का समय अन्तिम जमाव समय कहलाता है। साधारण पोर्टलैंड सीमेन्ट के लिये यह समय 10 घण्टे से अधिक नहीं होना चाहिये।

प्रेक्षण तालिका—

प्रारम्भिक जमाव समय—सीमेन्ट में पानी मिलाने से लेकर प्रारम्भिक जमाव समय वाली सूई के साँचे की तली से 5 से 7 मिमी० की ऊँचाई पर स्थिर होने में लगा समय = ... ।

अंतिम जमाव समय—सीमेन्ट में पानी मिलाने से लेकर अंतिम जमाव वाली सूई के गोल चिह्न न बनने तक का समय =..... ।

नोट—साधारण पोर्टलैण्ड सीमेन्ट के लिये प्रारम्भिक जामव समय 30 मिनट से कम नहीं हाना चाहिये तथा अंतिम जमाव समय 10 घण्टे से अधिक नहीं होना चाहिये।

Determination of Inial and Final Setting Times

Standard

- *IS : 4031 (Part 5) 1988.*

Objective

- To determine the initial and final setting times of cement.

Apparatus

- Vicat apparatus conforming to IS : 5513-1976.
- Balance of capacity 1 kg and sensitivity 1 gram.
- Gauging trowel conforming to IS : 10086-1982.

Procedure

- Unless otherwise specified this test shall be conduced at a temperature of 27 ± 2°C and 65 ± 5% of relative humidity of the Laboratory.
- Prepare a paste of 300 grams of cement with 0.85 times the water required to give a paste of standard consistency IS : 4031 (Part 4) 1988.

- The time of guaging in any case shall not be less than 3 minutes not more than 5 minutes and the gauging shall be completed before any sign of setting occurs.
- Count the time of gauging from the time of adding water to the dry cement until commencing to fill the mould.
- Fill the vicat mould with this paste making it level with the top of the mould.
- Slightly shake the mould to expel the air.
- In filling the mould the operator hands and the blade the gauging trowel shall only be used.

Initial Setting Time

- Immediately place the test block with the non-porous resting plate, under the rod bearing the initial setting needle.
- Lower the needle and quickly release allowing it to penetrate in to the mould.
- In the beginning the needle will completely pierce the mould.
- Repeat this procedure until the needle fails to pierce the mould for 5 ± 0·5 mm.
- Record the period elapsed between the time of adding water to the cement of the time when needle fails to pierce the mould by 5+0·5 mm as the initial setting time.

Final Setting Time

- Replace the needle of the vicat apparatus by the neddle with an annular ring.
- Lower the needle and quickly release.
- Repeat the process until the annular ring makes an impression on the mould.
- Record the period elapsed between the time of adding water to the cement to the time when the annular ring fails to make the impression on the mould as the final setting times.

Report

- Report the initial setting time and final setting time in minutes.

Precaution

- The time of gauging in any case shall not be less than 3 minutes not more than 5 minutes.

Determination of Initial and Final Setting Time of Hydraulic Cement by Vicat Needle (IS 4031)

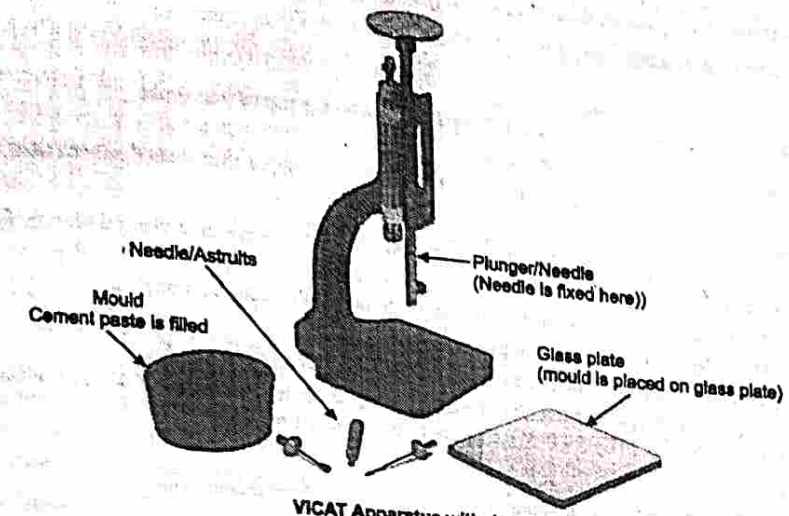
Cement Brand : _____ Date of Sampling : _____

Source : _____ Date of Testing : _____

Size of Sample : _____ Size of Lot : _____

Determination No.		
Normal Consistency		
Time When Water is Added to Cement		
Time at Initial Setting		
Total Time Taken for Initial Setting		
Time at Final Setting		
Total Time Taken for Final Setting		

Remarks : _____



VICAT Apparatus with details

प्रयोग संख्या–4

उद्देश्य—दिये गये सीमेन्ट के नमूने की महीनता ज्ञात करना।

उपकरण—IS Sieve 9 (90 μ), भार सहित काउंटर बैलेंस।

विवरण—सीमेन्ट जितना महीन होगा उसके गुण उतने ही अच्छे होंगे। महीनता से सीमेन्ट में निम्न गुण प्रभावित होते हैं—

1. सीमेट जितना महीन होगा उसके निर्जल [जल रहित, (anhydrous)] घटक यौगिक पानी के साथ उतनी ही तेजी से क्रिया करते हैं। इससे सीमेन्ट का जमाव शीघ्र होता है। इसीलिये आरम्भिक चरणों में सीमेन्ट की उच्च शक्ति के विकास के लिये शीघ्र बलग्राही सीमेन्ट (rapid hardening cement) को साधारण पोर्टलैंड से अधिक महीन पीसा जाता है।
2. महीनता से सीमेन्ट के बन्धक गुणों में सुधार होता है।
3. महीन सीमेन्ट का विशिष्ट सतही क्षेत्रफल अधिक होता है जिससे कार्य में सीमेन्ट की खपत कम होती है।
4. महीन सीमेन्ट से बने मसाले व कंक्रीअ की सुकार्यता (workability) भी अच्छी होती है।
5. महीन सीमेन्ट का प्रसार व संकुचन भी कम होता है।

अत: सीमेन्ट की क्वालिटी निर्धारण के लिये उसका महीनता परीक्षण आवश्यक होता है।

महीनता परीक्षण की निम्न दो विधियाँ हैं—

1. चालनी परीक्षण (Sieve test)
2. सतही क्षेत्रफल परीक्षण (Surface area test)

सीमेन्ट के कणों की माप 75μ से 150μ तक होती है। भारतीय मानक के अनुसार पोर्टलैंड सीमेन्ट का कम से कम 90% अंश I.S. 90μ चालनी से गुजर जाना चाहिये अर्थात् भार के अनुसार 90% कणों की माप 90μ (0·09 मिमी) से कम होना चाहिये।

100 ग्राम सीमेन्ट को I.S. Sieve No. 9 पर 10 मिनट तक छानने पर चालनी पर बचा अवशेष 10% से अधिक नहीं होना चाहिये।

प्रेक्षण—

I.S. Sieve No. 9 पर बचा अवशेष =

I.S. Sieve No. 9 पर बचा अवशेष का % =

निष्कर्ष—महीनता की दृष्टि से सीमेन्ट उपयुक्त/अनुप्रयुक्त है।

प्रयोग संख्या–5

सीमेन्ट की संपीडन सामर्थ्य ज्ञात करना (Determination of Compressive Strength of Cement)

Strandard

- IS 4031 (Part 6) 1988.

Definition

- Compressive strength is defined as the ratio of the load per unit area.

Apparatus

- Vibrating machine confirming to IS : 10080 – 1982.
- Poking rod confirming to IS : 10080 – 1982.
- Cube moulds shall e of 70.60 mm size confirming is IS : 10080 – 1982.
- Gauging trowel having steel blade 100 to 150 mm in length with straight edge weighing 210+10 gms.
- Balance of capacity 10 kg and sensitivity 1 gram.

Procedure

- Unless otherwise specified this test shall be conducted at a temperature 27° ± 2°C.
- Weight the material required for each cube separately.
- The quantity of cement, standard sand and water required for each cube are as follows :

Cement = 200 gms

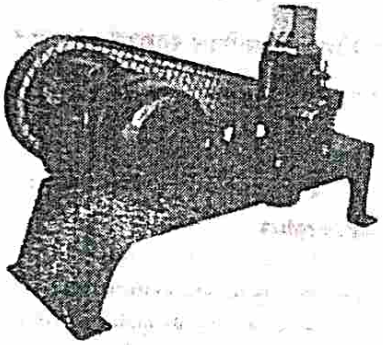
Standard Sand = 6000 gms — 2 mm to 1 mm - 200 gms; 1 mm to 500 mic - 200 gms; Conforming to IS : 650 - 1991. 500 mic to 90 mic - 200 gms

Water = (P/4 + 3) Percentage of combined mass of cement and stand.

P is the consistency of cement as per IS : 4031 (Part 4) 1988.

- Place on a nonporous plate, a mixture cement and standard sand.
- Mix it dry with a trowel for one minute and then with water until the mixture is of uniform colour.
- The time of mixing shall in any event be not less than 3 minutes and should be the time taken to obtain uniform colour exceeds 4 minutes.

- In assembling the moulds ready for use, cover the joints between the halves of the mould with a thin film of petroleum jelly and apply a similar coating of petroleum jelly between the contact surface of the bottom of the mould and base plate in order to ensure that no water escapes during vibration.
- Place the assembled mould on the table of the vibration machine and hold it firmly in position by means of suitable clamp, attach a hopper of suitable size and shape securely at the top of the mould to facilitate filling and hopper shall not be removed until the completion of vibration period.
- Immediately after fixing the mould in the vibrating machine, place the mortar in the cube mould and prod with the rod.
- Prod the mortar 20 times in about 8 seconds to ensure elimination of entrapped air and honey combing.
- Place the remaining mortar in the cube mould and prod again as specified for the first layer and then compact the mortar by vibration
- The period of vibration shall be two minutes at the specified speed or 12000 ± 400 vibrations per minute.
- Remove the mould from the vibrating machine and cut of the excess mortar with a straight edge.
- Store the test specimens in a place free form vibration, in moist air of at least 90 percent relative humidity and at a temperature of 27+2°C for 24+1/2 hours from the addition of water to the dry ingredients.



Casting of cement mortar cubes

- After this period, mark the specimens and remove from the moulds and unless required for test within 24 hours.
- Immediately submerge the cubes in a clean, fresh water or saturated lime solution and keep there until taken out just prior to test.
- Renew the water or solution in which the specimens are submerged for every seven days, and the temperature of water is maintained with the specified limits.
- Conduct testing at recognized ages of the specimens, the most usual being 7 and 28 days.
- When it may be necessary to obtain the early strength, test may be conduct at the age of 72± 2 hours.
- Calculate the ages from the addition of water to the dry ingredients.
- Test at least three specimens preferably from different batches at each selected age.

Calculations

- Compressive strength = $\frac{\text{Load}}{\text{Cross selectional area of the specimen}}$ N/mm^2.

Report

- Report the individual and the mean results to the second decimal and express in N/mm^2.

Precaution

- The time of mixing is very important and in no case shall not be less than 3 minutes and not to exceed 4 minutes.

प्रयोग संख्या-6 ★

मोटे मिलावे का लम्बोतरा सूचकांक परीक्षण (To determine Elongation index of coarse aggregate)

1. उद्देश्य—मिलावे का लम्बोतरा (दीर्घीकरण) सूचकांक ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—

(a) जब मिलावे के कणों की लम्बाई, उनके औसत परिमाप का $\frac{9}{5}$ (अथवा 1·8 गुणा) से अधिक होती है तो मिलावा लम्बोतरे कणों वाला कहलाता है।

(औसत परिमाप ज्ञात करने की विधि : प्रयोग में हम औसत परिमाप निकालते हैं) माना किसी कण का औसत माप 22·5 mm है। यदि यह कण $\frac{22{\cdot}5\times 9}{5} = 40{\cdot}5$ mm गेज से नहीं निकल पाता है तो लम्बोतरा कण कहलायेगा।

(b) औसत परिमाप—जिस चालनी (Sieve) से मिलावा निकल (Pass) जाये तथा जिस चालनी पर मिलावा रुक (retain) जाये, उन दोनों चालनियों का औसत मान मिलावे का औसत परिमाप कहलाता है। उदाहरण के तौर पर यदि कोई मिलावा 40 mm चालनी से निकल जाता है परन्तु 50 mm की चालनी पर रुक जाता है तो औसत परिमाप $\frac{50+40}{2} = 45$ mm होगा। अब यदि इस मिलावे का न्यूनतम परिमाप $\frac{45\times 9}{5} = 81$ mm है जो 81 mm गेज से नहीं निकल पाता है तो यह लम्बोतरा कण कहलायेगा।

(c) लम्बोतरा सूचकांक—यह मिलावे में विद्यमान लम्बोतरे कणों का प्रतिशत होता है, अर्थात्

$$\text{लम्बोतरा सूचकांक} = \frac{\text{लम्बोतरे कणों का भार}}{\text{कुल मिलावे का भार}} \times 100$$

लम्बोतरा सूचकांक के लिये अभी तक कोई सीमा निर्धारित नहीं है। मिलावे में लम्बोतरे कणों के कारण कंक्रीट में अधिक रिक्तियाँ बन जाती हैं जिनको भरने और कंक्रीट को सुकर बनाने के लिये अधिक मात्रा में बालू, पानी व सीमेन्ट मिलाना पड़ता है।

लम्बोतरा परीक्षण भी 6·3 mm से कम माप के मिलावे पर नहीं किया जाता है।

3. सामग्री—मोटा मिलावा जिसका लम्बोतरा सूचकांक ज्ञात करना है। प्रतिदर्श में कणों की संख्या 200 से कम नहीं होनी चाहिये।

4. उपकरण—(i) तुला

(ii) मानक चालनियों का सैट (10 चालनियाँ)

(iii) लम्बाई गेज (Length Gauge)।

5. विधि—मिलावे को मानक चालनियों के सैट से छानें। विभिन्न चालनियों पर रुकने वाले मिलावे को अलग-अलग पात्रों में भर लें। अब प्रत्येक भाग के मिलावे को लम्बाई गेज की सम्बन्धित कीलिनों के मध्य से पारित कराने का प्रयास करें। जो कण सम्बन्धित कीलियों के मध्य से नहीं निकल पाता है, लम्बोतरा कण के अन्तर्गत माना जायेगा।

माना एक कण I.S. चालनी 25 से निकल जाता है परन्तु I.S. चालनी 20 पर रुक जाता है। इसका औसत परिमाप $\frac{25+20}{4} = 22{\cdot}5$ mm है और इसके लम्बोतरा होने के लिये, इसका माप $\frac{22{\cdot}5\times 9}{5} = 40{\cdot}5$ mm से अधिक होना चाहिये अर्थात् यह लम्बाई गेज की 40·5 mm दूरी पर स्थित कीलियों से नहीं निकलना चाहिये।

अब सभी लम्बोतरे कणों को शुद्धता से तौल लें। मान लो इनका भार W_2 ग्राम है और मिलावा-प्रतिदर्श का कुल भार W_1 है। प्रेक्षण तालिका भरें और लम्बोतरा सूचकांक की गणना करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 6.1 लम्बोतरा सूचकांक

प्रतिदर्श का भार = W_1 ग्राम

मिलावे का माप		औसत माप mm में $\left(\frac{\text{Col}:1+2}{2}\right)$	मोटाई गेज से सम्बन्धित माप (Col : 3) $\times \frac{9}{5}$	लम्बाई गेज पर रुकने वाले मिलावे का भार
I.S. चालनी जिससे निकल जाये (mm)	I.S. चालनी जिस पर रुक जाये (mm) में			
1	2	3	4	5
50	40	45	81·0	..... ग्राम
40	25	32·5	58·5	..... ग्राम
25	20	22·5	40·5	..... ग्राम
20	16	18·0	32·4	..... ग्राम
16	12·5	14·25	25·6	..... ग्राम
12·5	10	11·25	20·2	..... ग्राम
10	6·3	8·15	14·7	..... ग्राम
			जोड़	..... ग्राम = W_2

नोट—सुविधा की दृष्टि से 63 व 31·5 mm चालनी छोड़ दी गयी है।

लम्बोतरा सूचकांक $E = \frac{W_2}{W_1} \times 100 = ...\%$

7. सावधानियाँ—(i) परीक्षण के लिये प्रत्येक भाग में कणों की संख्या 200 से कम नहीं होनी चाहिये।

(ii) मिलावा पूर्णत: सूखा होना चाहिये।

(iii) प्रत्येक भाग को शुद्धता से तौलें और तौलने के बाद उन्हीं पात्रों में भर दें जिनमें से उन्हें निकाला गया था, ताकि ये कण पत्रिल सूचकांक में काम आये।

(iv) प्रत्येक चालनी पर रुके मिलावे को अलग-अलग पात्रों में भरकर, उनका औसत परिमाप अंकित कर दें।

प्रयोग संख्या–7

मोटे मिलावे का पत्रिल सूचकांक (Determination of flakiness index of coarse aggregate)

1. उद्देश्य—मोटे मिलावे का पत्रिल (चपटापन) सूचकांक ज्ञात करना। यह परीक्षण कंक्रीट के लिये मोटे मिलावे की उपयुक्तता निर्धारित करने के लिये किया जाता है।

2. सिद्धान्त—मिलावे में पत्रिल (चपेट) व लम्बोतरे कणों की उपस्थिति ठीक नहीं है, क्योंकि इन कणों की अधिकता के कारण मिलावे में रिक्तियाँ रह जाती हैं, जिन्हें भरने के लिए कंक्रीट में महीन मिलावा अधिक प्रयोग करना पड़ता है। पत्रिल कणों का सतही क्षेत्रफल अपेक्षाकृत अधिक होता है। इसी कारण वांछित सुकरता (Workability) प्राप्त करने के लिये कंक्रीट में अधिक पानी डालना पड़ता है, जिससे इसकी सामर्थ्य प्रभवित होती है। पत्रिल कण प्राय: समानान्तर परतों में जमकर स्तरीय रचना बनाते हैं। इससे कंक्रीट का टिकाऊपन भी प्रभावित होता है। अत: मिलावे में पत्रिल कणों की अधिकतम सीमा निर्धारित की गयी है।

(a) पत्रिल मिलावा—जब मिलावे के कणों का न्यूनतम परिमाप (मोटाई) इसके औसत परिमाप के $\frac{3}{5}$ (अथवा 0·6) गुना से कम हो, तब यह पत्रिल (चपटा) मिलावा कहलाता है।

(b) पत्रिल सूचकांक—यह मिलावे में विद्यमान पत्रिल कणों का प्रतिशत होता है। उपरोक्त मिलावे का पत्रिल सूचकांक निम्न होगा—

$$\text{पत्रिल सूचकांक} = \frac{\text{पत्रिल कणों का भार}}{\text{प्रतिदर्श का कुल भार}} \times 100$$

पत्रिल सूचकांक 35-40% से अधिक स्वीकार्य नहीं है। 6·3mm से कम परिमाप वाले मिलावे के लिये यह परीक्षण नहीं किया जाता है।

3. सामग्री—मोटा मिलावा जिसका पात्रिल सूचकांक ज्ञात करना है, का नमूना पर्याप्त मात्रा में लें।

4. उपकरण–(i) मानक चालनियों का सैट (Set of 10 sieves)

(ii) तुला (Balance)

(iii) मोटाई गेज (Thickness Gauge)

5. विधि—(i) परीक्षण किये जाने वाले मिलावे की पर्याप्त मात्रा लें, ताकि जिस माप के कणों की जाँच करनी है उनकी संख्या कम से कम 200 हो। माना इस मिलावे का भार W_1 है।

(ii) चालनियों को साइज के अनुसार क्रमवार लगाने (प्रेक्षण तालिका 7.1 देखें) और मिलावे को इन चालनियों से छानें। (उदाहरण के लिये 20 mm आकार के मिलावे को क्रमवार निम्न चालनियों से छाना जायेगा—20 mm, 16 mm, 12·5 mm, 10 mm तथा 6·3 mm)।

(iii) विभिन्न चालनियों पर रुकने वाले मिलावे को अलग-अलग पात्रों में भर लें।

(iv) अब प्रत्येक भाग के मिलावे की मोटाई गेज के अनुरूप प्रखाँचे (Slot) से निकालें। जो मिलावा कण सम्बन्धित प्रखाँचे से निकल जाता है, वह पत्रिल कण माना जायेगा अर्थात् I.S. 20 mm चालनी से निकल जाने वाला और I.S. 16 mm चालनी पर रुकने वाला मिलावा $\left(\frac{20+16}{2}\right) \times \frac{3}{5} = 10{\cdot}80$ के प्रखाँचे से जितना निकल जायेगा, वह पत्रिल कहलायेगा और जो नहीं निकल पायेगा, अपत्रिल माना जायेगा।

(v) अब सभी प्रखाँचों से निकले कुल पत्रिल कणों को तौल लें। माना इन सबका कुल भार W_2 है।

(vi) निम्न प्रेक्षण तालिका भरकर पत्रिल सूचकांक की गणना करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 2.1—पत्रिल सूचकांक

प्रतिदर्श का भार = W_1 ग्राम

मिलावे का माप		औसत माप mm में $\left(\frac{\text{कॉलम : }1+2}{2}\right)$	मोटाई गेज से सम्बन्धित प्रखाँचा (कॉलम 3) × $\frac{3}{5}$	मोटाई गेज से निकलने वाले मिलावे का भार
I.S. चालनी जिससे निकल जाये (mm) में	I.S. चालनी जिस पर रुक जाये (mm) में			
1	2	3	4	5
63	50	56·5	33·90	.... ग्राम
50	40	45·0	27·00	.... ग्राम
40	25	32·5	19·50	.... ग्राम
31·5	25	28·25	16·95	.... ग्राम
25	20	22·50	13·50	.... ग्राम
20	16	18·00	10·80	.... ग्राम
16	12·5	14·25	8·55	.... ग्राम
12·5	10	11·25	6·75	.... ग्राम
10	6·3	8·15	4·89	.... ग्राम
			जोड़	.... ग्राम = W_2

पत्रिल सूचकांक, $F = \frac{W_2}{W_1} \times 100 =$ .... %

7. निष्कर्ष—यदि पत्रिल सूचकांक का मान निर्धारित सीमा के अन्दर है, मिलावा स्वीकार्य है।

8. सावधानियाँ—(i) मिलावा पूर्णतः सूखा होना चाहिये।

(ii) परीक्षण के लिये प्रत्येक भाग में कणों की संख्या 200 से कम नहीं होनी चाहिये।

(iii) प्रत्येक चालनी पर रुके मिलावे को अलग-अलग पात्रों में भरकर, उनका औसत परिमाप अंकित कर दें।

(iv) प्रत्येक भाग को शुद्धता से तौलें और तौलने के बाद उन्हीं पात्रों में भर दें, जिनमें से उन्हें निकाला गया था, ताकि ये कण लम्बोतरा सूचकांक परीक्षण में काम आये।

प्रयोग संख्या-3

मिलावे में उपस्थित महीन सिल्ट की मात्रा ज्ञात करने के लिये स्थानीय परीक्षण (Field test to determine fine silt in aggregate)

1. उद्देश्य—स्थलीय परीक्षण द्वारा बालू में महीन सिल्ट की मात्रा ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—महीन मिलावे (बालू) में प्रायः मृत्तिका (Clay), सिल्ट (Silt) व कार्बनिक पदार्थ मिले रहते हैं। इन हानिकारक पदार्थ के कारण कंक्रीट की गुणवत्ता प्रभावित होती है। सिल्ट का माप 0·06 mm से 0·002 mm होता है, जबकि मृत्तिका 0·002 mm से भी महीन होती है। ये अशुद्धियाँ बालू के कणों से चिपकी रहती हैं अथवा स्वतन्त्र रूप से भी विद्यमान होती हैं। मृत्तिका व सिल्ट की उपस्थिति के कारण मिलावे का सीमेन्ट पेस्ट से अभिलाग उत्तम नहीं बनता है। सिल्ट की मात्रा अधिक होने पर कंक्रीट को वांछित सुकर बनाने के लिये इसमें अधिक पानी मिलाना पड़ता है इससे कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है। अतः कंक्रीट तैयार करते समय महीन मिलावे में सिल्ट व मृत्तिका की उपस्थिति व मात्रा ज्ञात करना आवश्यक है। इसके लिये निम्न स्थलीय परीक्षण किया जाता है।

स्थलीय परीक्षण से यदि बालू की मात्रा 6% (आयतनानुसार) से अधिक है, तब मिलावे का I.S. 2386-भाग II के अनुसार लैब में अवसादन विधि द्वारा परिशुद्धता से परीक्षण किया जाना चाहिये। मिलावे में कार्बनिक पदार्थों की उपस्थिति ज्ञात करने के लिये अलग से परीक्षण किया जाता है।

बालू में सिल्ट व मृत्तिका की मात्रा 6% से अधिक होने पर इस्तेमाल से पहले इसे धो लेना चाहिये।

3. सामग्री—(i) बालू के तीन प्रतिदर्श (ii) साधारण नमक-पानी का घोल (नमक 1 %)।

4. उपकरण—250 ml धारिता का मापन सिलिण्डर।

5. विधि—(i) मापन सिलिण्डर में 50 ml के निशान तक नमक-पानी का घोल भरें।

(ii) अब सिलिण्डर में बालू डालें ताकि यह 100 ml चिह्न तक आ जाये।

(iii) सिलिण्डर में पुनः नमक-पानी का घोल डालें और पाठ्यांक 150 ml तक लायें।

(iv) सिलिण्डर के मुँह पर हथेली रखकर, इसे उठाकर सीधा-उल्टा करके जोर से हिलायें ताकि सिल्ट घोल में अच्छी तरह मिल जाये।

(v) अब सिलिण्डर को सीधा करके रख दें और तीन घण्टे तक पड़ा रहने दें। इस अवधि में बालू के ऊपर सिल्ट की परत जमा हो जायेगी (सिल्ट-मृत्तिका क्योंकि बालू से महीन होती है, अतः इनका अवसादन देर से होता है)।

(vi) सिलिण्डर में सिल्ट की परत की मोटाई व आयतन ज्ञात करें।

(vii) सिल्ट का प्रतिशत $= \frac{\text{सिल्ट का आयतन}}{\text{नमूने का आयतन}} \times 100$

(viii) उपरोक्त परीक्षण को तीन प्रतिदर्शों पर करें और इनका औसत मान ज्ञात करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 8.1

विवरण	परीक्षण		
	I	II	III
बालू प्रतिदर्श का कुल आयतन (V_1) = ... ml			
सिल्ट का आयतन (3 घण्टे पश्चात्) (V_2) = ... ml			
सिल्ट की प्रतिशत मात्रा (आयतन में) $= \frac{V_2}{V_1} \times 100$			

$\therefore$ औसत प्रतिशत $= \frac{I + II + III}{3}$

7. निष्कर्ष—यदि महीन मिलावे में सिल्ट की मात्रा 6% से अधिक है तो बालू को धोने के पश्चात् ही कंक्रीट में प्रयोग करना चाहिये।

8. सावधानियाँ—(i) सिलिण्डर में बालू व घोल को अच्छी प्रकार से हिलाकर मिलायें।

(ii) नमक का घोल बनाने के लिये $\frac{1}{2}$ लीटर पानी में 5 ग्राम नमक मिलायें।

(iii) बालू के ऊपर जमी सिल्ट की परत की मोटाई ध्यान से नापें।

✲ प्रयोग संख्या-9

मिलावे का स्थूल घनत्व व रिक्तियाँ ज्ञात करने का परीक्षण (Determination of Bulk Density and Voids of Aggregate)।

1. उद्देश्य—मिलावे का स्थूल घनत्व व रिक्तता प्रतिशत ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—प्रति घन मीटर सामग्री के भार को इसका स्थूल घनत्व कहते हैं अर्थात् सामग्री का इकाई आयतन का भार, इसका स्थूल घनत्व कहलाता है। इसे kg/litre (अथवा kg/cu m) में व्यक्त किया जाता है। किसी सामग्री के आयतन को भार में अथवा भार को आयतन में बदलने के लिये स्थूल घनत्व की आवश्यकता पड़ती है। मिलावे का स्थूल घनत्व इसकी आकृति, श्रेणीकरण, पात्र में भरने का तरीका तथा विशिष्ट गुरुत्व पर निर्भर करता है। मिलावा जितना अधिक श्रेणीकृत व संघनित होता है, इसका स्थूल घनत्व उतनी ही अधिक होगा। नुकीले पत्रिल कण स्थूल घनत्व का मान घटा देते हैं। इसी प्रकार कूट-कूट कर भरे गये मिलावे का स्थूल घनत्व, ढीली प्रकार से भरे गये मिलावे के स्थूल घनत्व से अधिक होता है।

कंक्रीट के घान मापन में जब सामग्री को आयतन में लेना हो तो मिलावे का ढीली (loose) अवस्था में स्थूल घनत्व ज्ञात करना चाहिये। मिलावे के श्रेणीकरण व आकृति की जाँच के लिये, परिणामों की तुलना करने के लिये, इसकी कुटाई करके सघन (compacted) अवस्था में घनत्व निकालना चाहिये।

स्थूल घनत्व ज्ञात होने पर, मिलावे के भार को आयतन में और आयतन को भार में परिवर्तित किया जा सकता है। भार आधारित व आयतन आधारित कंक्रीट मिक्स के लिये भी स्थूल घनत्व सहायक होना चाहिये।

3. सामग्री—मिलावे के तीन प्रतिदर्श।

4. उपकरण—(i) धातु का बेलनाकार पात्र, जिसकी धारिता मिलावे के मान के अनुसार निम्न होनी चाहिये—

(a) 4·75 mm अथवा इससे कम माप के मिलावे के लिये = 3 लीटर

(b) 4·75 mm से 40 mm माप के मिलावे के लिये = 15 लीटर

(c) 40 mm से अधिक माप के मिलावे के लिये = 30 लीटर

(ii) तुला

(iii) ठोकनी छड़ व्यास = 16 mm, लम्बाई = 600 mm

(iv) 250 ml का मापन जार।

(v) स्टील पैमाना, पात्र, ट्रे, हस्त डोई (hand scoop) इत्यादि।

5. विधि—

(A) संहनित (Compacted) अवस्था में मिलावे का स्थूल घनत्व

(i) मिलावे के माप के अनुसार धातु का पात्र (मापन जार) लें और इसका खाली का भार लें। मान लो यह भार W_1 है।

(ii) हस्त डोई (Scoop) से पात्र में लगभग 1/3 गहराई तक भली प्रकार श्रेणीकृत किया गया मिलावा भरें और ठोकनी छड़ से 25 बार इसकी कुटाई करें।

(iii) पुनः पात्र में उतनी ही गहराई में मिलावा भरें और इसकी भी उपरोक्त की भाँति 25 बार ठोकनी छड़ से कुटाई करें।

(iv) अन्त में पात्र के शीर्ष से कुछ ऊपर तक मिलावा भरें और इसकी भी 25 बार ठोकनी छड़ से कुटाई करें, अर्थात् पात्र को तीन परतों में ऊपर तक भरें और प्रत्येक परत की कुटाई करें।

(v) उपरोक्त कुटाई के बाद, स्टील फुटे की सहायता से पात्र के ऊपर का अतिरिक्त मिलावा हटा दें और मिलावा सहित पात्र को तौल लें। मान लो यह भार W_2 है।

(vi) मिलावे के शुद्ध भार को पात्र के आयतन से भाग देकर (जोकि मिलावे का भी आयतन है) मिलावे का प्रति इकाई आयतन (स्थूल घनत्व) ज्ञात करें और प्रेक्षण तालिका भरें।

(B) ढीली (Loose) अवस्था में मिलावे का स्थूल घनत्व

(i) मिलावे के माप के अनुसार पात्र (मापन जार) लें और इसका खाली का भार लें। मान लो यह भार W_1 है।

(ii) अब हस्त डोई से मिलावे को पात्र में ऊपर तक (बगैर कुटाई किये) भार लें। भरते समय मिलावे को 5 cm से अधिक ऊँचाई से मत गिरायें और इसका पृथक्कीकरण भी न होने दें।

(iii) स्टील फुटे की सहायता से पात्र के शीर्ष से ऊपर निकला हुआ (अतिरिक्त) मिलावा हटा दें और सतह समतल करें।

(iv) अब पात्र सहित मिलावे को तौल लें। मान लो यह भार W_3 है।

(v) मिलावे के शुद्ध भार को पात्र के आयतन (जो मिलावे का भी आयतन है) से भाग देकर, मिलावे का स्थूल घनत्व kg/litre में ज्ञात करें और प्रेक्षण तालिका भरें।

(C) रिक्तता (Voids) प्रतिशत

मिलावे का रिक्तता प्रतिशत ज्ञात करने के लिये, इसका विशिष्ट गुरुत्व ज्ञात किया जाता है। रिक्तता प्रतिशत मिलावे की कुटी हुयी व ढीली, दोनों अवस्थाओं के लिये ज्ञात किया जाता है।

अतः रिक्तता प्रतिशत $= \frac{G-R}{G} \times 100$

यहाँ G = विशिष्ट गुरुत्व

R = स्थूल घनत्व

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 9.1–स्थूल घनत्व व रिक्तता प्रतिशत

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
1.	पात्र (मापन जार) की क्षमता, V = ... लीटर			
2.	मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व (G) = ...			
3.	खाली पात्र पर भार, W_1 = ... किग्रा०			

7. निष्कर्ष— ... करना चाहिये ...

...भार, W_2 = ... किग्रा०

...भार, W_3 = ... किग्रा०

...घनत्व

...) = ... किग्रा०/ली०

7. ढीले ... घनत्व, $R_2 = \left(\frac{W_3 - W_2}{V}\right)$ = ...

किग्रा०/ली०

8. रिक्तता प्रतिशत $= \frac{G-R}{G} \times 100$

7. परिणाम—(i) संहनित मिलावे का औसत स्थूल घनत्व

(ii) रिक्तता प्रतिशत $= \frac{I+II+III}{3}$

(iii) ढीले मिलावे का औसत स्थूल घनत्व $= \frac{I+II+III}{3}$

8. सावधानियाँ—(i) विभिन्न भारों को परिशुद्धता से ज्ञात करें।

(ii) मिलावे के माप के अनुसार उपयुक्त पात्र (मापन जार) लें।

(iii) कुटाई छड़ से कुटाई करते समय इस पर अपनी तरफ से कोई दाब न डालें। छड़ के भार से ही कुटाई होने दें।

(iv) ढीली अवस्था में मिलावा भरते समय इसे ऊँचाई से मत गिरायें और न ही इसको दबायें।

प्रयोग संख्या-10

मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व व जल अवशोषण परीक्षण (Determination of Specific Gravity and Water absorption of Aggregate)

1. उद्देश्य—40 mm से 10 mm माप के मोटे मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व व जल अवशोषण ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—मिलावे में रिक्तियों का पता लगाने के लिये विशिष्ट गुरुत्व परीक्षण किया जाता है। मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व जितना अधिक होगा, यह उतना ही सघन, ठोस व सामर्थ्यवान् होगा। I.S. दो प्रकार के विशिष्ट गुरुत्व सुझाता है—

(a) आभासी विशिष्ट गुरुत्व (Apparent Specific Gravity)

(b) विशिष्ट गुरुत्व (Specific Gravity)

(a) आभासी विशिष्ट गुरुत्व—भट्टी शुष्क मिलावे (105 °C—110 °C पर 24 घण्टे तक गर्म करने पर) के भार तथा समान आयतन के हड्डी शुष्क (Bone Dry) मिलावे द्वारा हटाये गये पानी के भार के अनुपात को आभासी विशिष्ट गुरुत्व कहते हैं। हटाये गये पानी का आयतन, मिलावे के ठोस तथा केवल अपारगम्य रिक्तियों द्वारा हटाये गये पानी के आयतन के बराबर होता है।

कंक्रीट के यथार्थ आयतन की गणना करने के लिये विशिष्ट गुरुत्व लिया जाता है। अधिकांश मिलावों का विशिष्ट गुरुत्व 2·6 से 2·9 के मध्य होता है। परन्तु इसका अर्थ यह नहीं लेना चाहिये कि 2·6 से कम मान का मिलावा निम्न गुणों वाला होता है। विशिष्ट गुरुत्व के कोई निम्न सीमा निर्धारित नहीं की गयी है। फिर भी जहाँ पर कंक्रीट का भार निर्माण के स्थायित्व के लिये महत्व रखता है, जैसे भाराश्रित बाँधों में, मिलावे की निमन सीमा निर्धारित कर दी जाती है।

(b) विशिष्ट गुरुत्व या स्थूल विशिष्ट गुरुत्व—भट्टी शुष्क मिलावे (105 °C—110 °C पर 24 घण्टे तक गर्म करने पर) के भार तथा समान आयतन के लिये जल तृप्त परन्तु सतह-शुष्क मिलावे द्वारा हटाये गये पानी के भार के अनुपात को विशिष्ट गुरुत्व या स्थूल विशिष्ट गुरुत्व कहते हैं। हटाये गये पानी का आयतन मिलावे में उपस्थित ठोस कणों व कणों में विद्यमान रिक्तियों (पारगम्य व अपारगम्य) के आयतन के बराबर होता है।

(c) जल अवशोषण—जल अवशोषण का न्यून मान मिलावे के अपारगम्य व श्रेष्ठ होने का प्रमाण है। मिलावा जितना अधिक रन्ध्रता वाला होगा उतना ही अधिक पानी सोखता है। यदि मिलावा सूखा है, तो यह पानी सोखता है, जो न तो कणों के स्नेहन (Lubrication) के काम आता है और न ही कोई प्रतिक्रिया करता है। परन्तु इस अवशोषित पानी के कारण कंक्रीट की सुकार्यता (Workability) घट जाती है और जल-सीमेन्ट अनुपात भी बदल जाता है। अतः कंक्रीट मिश्रण के लिये कुल पानी की गणना करते समय मिलावे द्वारा सोखे जाने वाले पानी की मात्रा को भी ध्यान से रखा जाता है।

3. सामग्री—मोटे मिलावे के तीन नमूने, प्रत्येक 2 kg ।

4. उपकरण—(i) I.S. चालनी 40 mm व 10 mm ।

(ii) 75 cm × 45 cm आकार के नमी सोखने वाले सूती कपड़े के टुकड़े।

(iii) तुला-क्षमता 3 किग्रा०, सुग्राहिता 0·5 ग्राम तक।

(iv) तार से बनी टोकरी जिसके छिद्र 6·3 mm से बड़े न हों।

(v) विद्युत ताप भट्टी (105 °C—110 °C तापक्रम नियन्त्रण वाली)।

(vi) 1·5 लीटर धारिता वाला पात्र व काँच का तश्तरीनुमा ढक्कन।

(vii) कम गहराई वाली ट्रे, जिसका क्षेत्रफल $325 cm^2$ से कम न हो।

5. विधि—(i) लगभग दो किग्रा० प्रतिदर्श (मिलावा) लें। इसे I.S. चालनी 10 mm से छान लें।

(ii) चालनी पर रुके मिलावे को पानी से अच्छी प्रकार धो लें ताकि मृत्तिका के महीन कण छूट जायें।

(iii) इस मिलावे को तार वाली टोकरी में डालकर 27 °C±5 °C के तापक्रम वाले आसुत जल में 24 घण्टे तक डुबाकर रखें।

(iv) टोकरी को जोर से हिलायें ताकि मिलावे से चिपके हवा के बुलबुले छूट जायें। यही क्रिया 24 घण्टे की अवधि के बाद भी करें।

(v) उपरोक्त अवधि के बाद टोकरी से मिलावा निकालकर काँच के पात्र में भरें और इसको आसुत जल से ऊपर तक भर दें। अब पात्र के ऊपर काँच का समतल तश्तरीनुमा ढक्कन रखें। देख लें कि पात्र में हवा न रहे।

(vi) पात्र की बाहरी सतह को पोंछ दें और इसका भार ज्ञात करें। माना यह भार W_1 ग्राम है।

(vii) अब पात्र को खाली कर लें और इसमें पुनः ऊपर तक केवल आसुत जल भर कर तश्तरीनुमा ढक्कन लगायें। पात्र को बाहर से पोंछ कर साफ कर लें।

(viii) आसुत जल से भरे पात्र को तौल लें। माना यह भार W_2 ग्राम है।

(ix) मिलावे को सूखे कपड़े पर डालकर, इसकी सतहों पर लगे पानी को पोंछ दें। यदि कपड़ा और पानी न सोखे तो मिलावे को दूसरे कपड़े पर पलट लें और पोंछें।

(x) अब मिलावे को कपड़े पर इस प्रकार फैला दें कि कोई भी कण एक-दूसरे पर न पड़ा रहे। मिलावे को 10 मिनट तक अथवा शुष्क होने तक इसी प्रकार पड़ा रहने दें। मिलावे को शीघ्र शुष्क करने के लिये इसे कपड़े पर एक-दो बार पलट दें तथा ठण्डी हवा का झोंका दें, परन्तु इसे मिट्टी, धूप से बचायें।

(xi) इस संतृप्त किन्तु शुष्क सतह वाले मिलावे को तौल लें। माना यह भार W_3 ग्राम है।

(xii) अब मिलावे को कम गहरी ट्रे में डालकर 24 घण्टे तक विद्युत भट्टी में 100 °C—110 °C तापक्रम पर सुखाने के लिये रख दें। इस अवधि के पश्चात् मिलावे को भट्टी से बाहर निकालकर डेसीकेटर में डालकर ठण्डा कर लें और तौल लें। माना यह भार W_4 ग्राम है।

(xiii) मिलावे के भिन्न-भिन्न (तीन) प्रतिदर्श लेकर उपरोक्त प्रक्रिया दोहरायें।

(xiv) उपरोक्त आँकड़े प्रेक्षण तालिका में भर कर मिलावे का विशिष्ट गुरुत्व व जल अवशोषण के मान ज्ञात करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 10.1

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
(i)	पात्र + प्रतिदर्श + पानी का भार = ...W_1 gm			
(ii)	पात्र + पानी का भार = ...W_2 gm			
(iii)	संतृप्त किन्तु शुष्क सतह वाले मिलावे का भार = ...W_3 gm			
(iv)	भट्टी शुष्क प्रतिदर्श का भार = ...W_4 gm			
	गणनायें—			
(a)	विशिष्ट गुरुत्व, $G = \frac{W_4}{W_3 - (W_1 - W_2)}$			
(b)	आभासी विशिष्ट गुरुत्व $= \frac{W_4}{W_4 - (W_1 - W_2)}$			
(c)	जल अवशोषण $= \frac{W_3 - W_4}{W_4} \times 100$			

7. परिणाम—(i) औसत विशिष्ट गुरुत्व $= \frac{I + II + III}{3}$

(ii) औसत आभासी विशिष्ट गुरुत्व $= \frac{I + II + III}{3}$

(iii) औसत जल अवशोषण $= \frac{I + II + III}{3}$

8. सावधानियाँ—(i) भार ज्ञात करते समय 0·5 ग्राम की शुद्धता तक कार्य करें।

(ii) मिलावे को अच्छी तरह धोयें ताकि मिट्टी के कण छूट जायें।

(iii) सीव के पात्र को कपड़े लिटे तथा अच्छी तरह रखें और सीव का ढक्कन इस प्रकार कसकर फिट करें कि पात्र में कोई हवा न रहे।

(iv) मिलावे को डेसीकेटर में ठण्डा करते समय, इसमें किसी प्रकार की नमी नहीं छूटनी चाहिये।

(v) मिलावे को छायादार स्थान पर सुखायें। इसे सीधी धूप व अन्य ऊष्मा स्रोत से बचायें।

परीक्षण संख्या–11

बालू का सूक्ष्मता मापांक परीक्षण (Determination of fineness modulus of sand)

1. उद्देश्य—बालू (महीन मिलावे) का सूक्ष्मता मापांक ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—I.S. चालनी 4·75 mm से पारित होने वाला मिलावा, महीन मिलावा कहलाता है। सूक्ष्मता मापांक मिलावे का एक संख्यात्मक मान है जो मिलावे के कणों के औसत माप को बताता है। यह मान कंक्रीट के मिश्रण डिजाइन के लिये आवश्यक होता है। महीन मिलावे का सूक्ष्मता मापांक, इसको 6 मानक चालनियों के सैट से पारित करके ज्ञात किया जाता है। प्रत्येक चालनी पर रुके हुये मिलावे का संचित प्रतिशत निकाल लिया जाता है। अब इन चालनियों के संचित प्रतिशतों के जोड़ को 100 से भाग देने पर जो संख्या आती है, मिलावे की सूक्ष्मता मापांक कहलाती है।

कम जल : सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट तैयार करने के लिये अधिक सूक्ष्मता मापांक वाला मिलावा उपयुक्त रहता है।

3. सामग्री—बालू का प्रतिदर्श, भार 1 kg।

4. उपकरण—(i) सीव शेकर (Sieve shaker)।

(ii) चालनियों का सैट, जिसमें 4·75 mm, 2·36 mm, 1·18 mm, 600 माइक्रोन, 300 माइक्रोन व 150 माइक्रोन की चालनियाँ होती हैं।

5. विधि—(i) सभी चालनियों को घटते आकार क्रम में एक के ऊपर एक लगायें। सबसे ऊपर ढक्कन तथा सबसे नीचे पैन (Pan) रखें।

(ii) अब लगभग 2 kg बालू (प्रतिदर्श) लेकर सबसे ऊपर वाली चालनी में डालें तथा उसके ढक्कन लगायें।

(iii) चालनी-सैट को ठीक प्रकार से सीव शेकर में रखकर, इसे चालू कर दें।

(iv) 10 मिनट तक छानने के बाद यह क्रिया बन्द कर दें।

(v) अब प्रत्येक चालनी पर रुके मिलावे का भार शुद्धता से ज्ञात करें और प्रेक्षण तालिका में भर कर आवश्यक गणनायें करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 11.1—सूक्ष्मता मापांक

प्रतिदर्श का भार = ... kg

I.S. चालनी	चालनी पर रुका भार	संचित रुका भार	संचित रुके भार का प्रतिशत	टिप्पणी
4·75 mm				
2·36 mm				
1·20 mm				

600μ				
300μ				
150μ				
		योग =		

7. परिणाम—सूक्ष्मता मापांक $= \frac{\text{संचित रुके भारों के प्रतिशत का योग}}{100}$

8. सावधानियाँ—(i) छानते समय मिलावा चालनियों से बाहर नहीं गिरना चाहिये। इसके लिये चालनियों को ठीक से सटाकर सीव शेकर में रखना चाहिए।

(ii) चालनियों में रुके हुये मिलावे का भार परिशुद्धता से लेना चाहिये।

(iii) जाली के छिद्रों में फँसे कणों को सावधानी से निकला लेना चाहिये। जाली में फँसे कण, उसी जाली पर रुके माने जाते हैं।

प्रयोग संख्या–12

महीन मिलावे का विस्थापन विधि से सतही जलांश ज्ञात करने का परीक्षण (Determination of Surface Moisture in fine aggregate by Displacement Method)

1. उद्देश्य—बालू (महीन मिलावे) का विस्थापन विधि से सतही जलांश ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—जब बालू पानी के सम्पर्क में आता है, तो इसके कणों के चारों ओर नमी एकत्रित हो जाती है। यह नमी काफी समय तक बालू में बनी रहती है। नदी-तल से निकाला गया ताजा बालू भी काफी गीला होता है। बाहर खुले पड़े बालू में वर्षा होने पर अथवा इसे धोने पर भी इसमें नमी घुस जाती है। बालू की यह नमी मुक्त सतही जलांश (Free Surface Moisture) कहलाती है।

जब कंक्रीट मिश्रण में गीला मिलावा प्रयोग किया जाता है तो कंक्रीट में जल की मात्रा में वृद्धि होती है। यदि नमी पर विचार नहीं किया जाता है, तो कंक्रीट का जल : सीमेन्ट अनुपात बढ़ जाता है जिससे कंक्रीट की सामर्थ्य प्रभावित होती है। अत: बालू में सतही नमी की मात्रा ज्ञात करना आवश्यक है।

3. सामग्री—बालू के तीन प्रतिदर्श।

4. उपकरण—(i) 2 kg क्षमता की तुला जिसकी सुग्राहिता 0·5 gm तक हो।

(ii) काँच का 500 ml का मापन सिलिण्डर, जो 0·5 ml तक अंशांकित हो।

5. विधि—(i) बालू प्रतिदर्श की पर्याप्त मात्रा (200 ग्राम से कम नहीं) लें और शुद्धता से तौल लें। मान लो यह भार W_1 है।

(ii) अब मापन सिलिण्डर में किसी एक अंकित चिह्न तक पानी भर लें और इन दोनों का भार लें। मान लो यह भार W_2 है।

(iii) अब सिलिण्डर से कुछ पानी अन्य पात्र में निकाल लें और इसमें (सिलिण्डर में) इतना पानी रहने दें कि बालू प्रतिदर्श इसमें डूब जाये।

(iv) सिलिण्डर में बालू प्रतिदर्श भर दें और इसे दोनों हाथों से पकड़ कर दायें-बायें हिलायें ताकि बालू में यदि कोई वायु फँसी हुयी है, बाहर निकल जाये और बालू ठीक प्रकार से पानी में घुल जाये।

(v) अब सिलिण्डर में और पानी डाले और इसका तल ऊपर अंकित चिह्न तक ले आयें। सिलिण्डर को तौल लें। माना यह भार W_3 है।

(vi) अब प्रेक्षण तालिका भरें और आवश्यक गणनायें करें। गणनाओं में बालू के विशिष्ट गुरुत्व की आवश्यकता पड़ती है, जिसे अलग परीक्षण द्वारा ज्ञात कर लिया जाता है।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 12.1

	विवरण	परीक्षण I	परीक्षण II	परीक्षण III
1.	बालू प्रतिदर्श का भार, W_1 = ...ग्राम			
2.	अंकित चिह्न तक पानी भरे सिलिण्डर का भार, W_2 = ...ग्राम			
3.	अंकित चिह्न तक पानी व बालू भरे सिलिण्डर का भार, W_3 = ...ग्राम			
4.	विस्थापित पानी का भार (या आयतन) $V_s = W_1 + W_2 - W_3$ = ...ग्राम			
5.	बालू का आयतन, $V_d = \frac{\text{बालू का भार}}{\text{विशिष्ट गुरुत्व}} = \frac{W_1}{G}$			
6.	सतही जलांश का संतृप्त व शुष्क मिलावे के भार के सन्दर्भ में प्रतिशत, $P_1 = \frac{V_s - V_d}{W_1 - V_s} \times 100$			
7.	सतही जलांश का गीले मिलावे के भार के सन्दर्भ में प्रतिशत, $P_2 = \frac{V_s - V_d}{W_1 - V_d} \times 100$			

7. परिणाम—(i) P_1 औसत मान $= \frac{I + II + III}{3}$

(ii) P_2 औसत मान $= \frac{I + II + III}{3}$

8. सावधानियाँ—(i) प्रतिदर्श का भार 200 ग्राम से कम नहीं होना चाहिये। बड़ी मात्रा में नमूना लेने पर अधिक शुद्ध परिणाम प्राप्त होते हैं।

(ii) प्रतिदर्श को पानी में डालकर, इसमें फंसी वायु को पात्र को हिला-डुलाकर निकाल दें।

(iii) सभी भारों को 0·5 ग्राम की परिशुद्धता तक लें।

प्रयोग संख्या–13 ☆

महीन मिलावे की स्थूलता (फूला होना) पर समायोजन (Determination of Necessary adjustment for Bulking of Fine Aggregate of Field Method)

1. उद्देश्य—महीन मिलावे (बालू) की स्थूलता पर क्षेत्रीय विधि द्वारा आवश्यक समायोजन।

2. सिद्धान्त—जब बालू के कणों में नमी घुस जाती है, तो यह फूल जाता है और इसके आयतन में वृद्धि हो जाती है। इसे बालू का फूलना (या स्थूलता) कहते हैं। नमी के कारण बालू के कणों के चारों तरफ पानी की परत बन जाती है, जिससे कणों में सतही तनन (Surface Tension) उत्पन्न हो जाता है और वे एक-दूसरे को दूर धकेलते है। फलस्वरूप बालू के आयतन में वृद्धि हो जाती है। प्राय: ऐसा देखा गया है कि 5 से 6 % जलांश पर बालू के आयतन में 20 से 40 % की बढ़ोत्तरी हो जाती है। यह बढ़ोत्तरी सूक्ष्मता पर भी निर्भर करती है। महीन बालू के आयतन में बढ़ोत्तरी, मोटी बालू से अधिक होती है।

5-6 % से अधिक जलांश पर बालू का फूलना घटने लगता है। बालू के पूर्ण संतृप्त होने पर, सतही तनन समाप्त हो जाता है और इसके कणों में रुका पानी निकल कर इसकी सतह पर आ जाता है और बालू का आयतन लगभग शुष्क व असंतृप्त बालू के बराबर हो जाता है।

कंक्रीट मिक्स के लिये, जब आयतन के आधार पर बालू लिया जाता है और यह गीला होने के कारण फूला हुआ है तो तैयार कंक्रीट में बालू की मात्रा वास्तविक मात्रा से कम रह जाती है। इससे कंक्रीट निर्धारित मात्रा से कम उपलब्ध होती है। फलस्वरूप कंक्रीट की प्रति इकाई उत्पादन लगात बढ़ जाती है। ऐसा कंक्रीट के पृथक्करण की सम्भावना भी बढ़ जाती है, तब इसकी स्थूलता ज्ञात करके, इसके अनुरूप बालू को बढ़ा कर लेना चाहिये।

3. सामग्री—बालू के तीन प्रतिदर्श।

4. उपकरण—(i) 6 mm व्यास की इस्पात की ठोकनी छड़।

(ii) मापन जार या उपयुक्त पात्र (Container)।

(iii) इस्पात का फुटा।

5. विधि—(i) पात्र में 2/3 गहराई तक बालू प्रतिदर्श को सामान्य ढीली अवस्था में भर लें और इसकी ऊपरी सतह को समतल कर लें।

(ii) इस्पात के फुटे (पैमाने) को बालू में सीधा धँसाकर पात्र के पेंदे पर टिकायें और बालू की गहराई नोट करें। माना यह गहराई H है। (अंशांकित जार में यह गहराई बगैर फुटे के ही पढ़ी जा सकती है)।

(iii) अब इस बालू को किसी अन्य पात्र में खाली कर लें।

(iv) पहले पात्र में बालू के 1/4 आयतन के बराबर ($H/4$) पानी भरें और बालू की लगभग आधी मात्रा डालकर, ठोकनी छड़ से इसकी कुटाई करें, ताकि बालू का आयतन न्यूनतम हो जाये।

(v) अवशेष बालू को भी पात्र में डालकर उपरोक्त की भाँति कुटाई करें।

(vi) कुटी बालू की सतह समतल करके इसकी फुटा (पैमाना) धँसाकर गहराई नाप लें। मान लो यह H' है।

(vii) बालू की स्थूलता की गणना निम्न सूत्र से ज्ञात करें।

$$\text{प्रतिशत स्थूलता} = \frac{H - H'}{H'} \times 100$$

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 13.1—बालू की स्थूलता

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
1.	पात्र में ढीली अवस्था में भरी बालू की गहराई, H = ... mm			
2.	पात्र में संतृप्त बालू की गहराई, H' = ... mm			
3.	बालू का स्थूलता प्रतिशत = $\frac{H - H'}{H'} \times 100$			

7. परिणाम—स्थूलता का औसत प्रतिशत, $K = \frac{I + II + III}{3}$

8. निष्कर्ष—यदि कंक्रीट का आयतन में अनुपात 1 : 2 : 4 है तब बालू का आयतन, $1:\left(1+\frac{K}{100}\right)2:4$ के अनुसार लेना होगा।

9. सावधानियाँ—(i) एक पात्र से दूसरे पात्र में बालू सावधानी से पलटें ताकि यह बिखरे नहीं।

(ii) बालू की गहराई नापते समय, इसे समतल कर लें।

(iii) बालू की गहराई शुद्धता से नापें।

(iv) गहराई नापते समय पात्र में वायु के बुलबुले नहीं होने चाहियें।

☆ प्रयोग संख्या–14

घन परीक्षण (Cube Test for Compressive Strength of Concrete)

1. उद्देश्य—कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य ज्ञात करना (घन परीक्षण)।

2. सिद्धान्त—सादा सीमेन्ट कंक्रीट सम्पीडन में पर्याप्त सामर्थ्य रखती है, परन्तु इसकी तनन सामर्थ्य काफी कम होती है। (सम्पीडन सामर्थ्य के दसवें भाग से भी कम)। अत: सादा सीमेंट कंक्रीट का प्रयोग सम्पीडन अवयवों के लिये ही किया जाता है। उच्च सम्पीडन सामर्थ्य वाली कंक्रीट चिरस्थायी होती है और इसके अन्य गुण भी उत्तम होते हैं। अपघर्षण प्रतिरोध, कंक्रीट की सम्पीडन सामर्थ्य के साथ-साथ बढ़ता है। अत: कंक्रीट की गुणता की जाँच के लिये इसका सम्पीडन सामर्थ्य परीक्षण किया जाता है।

कंक्रीट के सम्पीडन सामर्थ्य परीक्षण के लिये, इसके मानक घन (अथवा सिलिण्डर) प्रतिदर्श डाले जाते हैं और उनको निर्धारित अवधि (7 दिन व 28 दिन) के पश्चात् सम्पीडन जाँच मशीन द्वारा जाँच की जाती है। M-15 ग्रेड की कंक्रीट की 150 mm घन की 28 दिन की तराई के बाद प्रारम्भिक परीक्षण सामर्थ्य 20 N/mm^2 तथा स्थलीय परीक्षण सामर्थ्य 15 N/mm^2 से कम नहीं होना चाहिये।

परीक्षण के लिये 100 mm का घन (Cube) भी बनाया जा सकता है अथवा 150 mm व्यास का 300 mm ऊँचाई वाला सिलिण्डरनुमा प्रतिदर्श भी मान्य है, परन्तु इसकी सामर्थ्य, घन की सामर्थ्य का 0·8 हो जाती है।

3. सामग्री—अवपात परीक्षण के लिये तैयार की गयी कंक्रीट में कम से कम 3 घन अवश्य डालें।

4. उपकरण—(i) सम्पीडन परीक्षण मशीन, क्षमता 100 टन।

(ii) 150 mm माप के घन साँचे (Cube Mould)।

(iii) करनी।

(iv) कुटाई छड़—16 mm व्यास, 600 mm लम्बाई, एक सिरा गोलीनुमा नोंकदार (Bullet Rounded) हो।

5. विधि—(i) सुघट्य कंक्रीट को 50 mm की मोटी परतों में साँचे में भरें और प्रत्येक परत की कुटाई छड़ से 25 बार अच्छी तरह कुटाई करें। प्रत्येक आघात में कुटाई छड़ नीचे की परत तक धँस जानी चाहिये। संहनन क्रिया कम्पन मशीन द्वारा भी सम्पन्न की जा सकती है, परन्तु कंक्रीट का घोल कम्पनों के कारण साँचे से बाहर नहीं गिरना चाहिये।

(ii) कंक्रीट भरने के बाद साँचों को 27 °C ± 3 °C तापमान पर $24\pm\frac{1}{2}$ घण्टों तक पड़ा रहने दें।

(iii) उपरोक्त अवधि के बाद प्रतिदर्श को साँचे से निकाल कर साफ पानी में डाल दें।

(iv) परीक्षण काल तक प्रतिदर्श को पानी में पड़ा रहने दें। पात्र में तराई का पानी प्रति सप्ताह बदलते रहें।

(v) निर्धारित अवधि (7 दिन व 28 दिनों) के पश्चात् प्रतिदर्श को पानी से निकाल लें और अच्छी तरह पोंछ लें (एक पारी में कम से कम तीन प्रतिदर्श की जाँच करके औसत परिणाम लिये जाते हैं)।

(vi) प्रतिदर्श को परीक्षण मशीन में सैट करें और इस पर धीरे-धीरे 14 N/mm² प्रति मिनट की दर से दाब लगायें और तब तक लगाते रहें, जब तक प्रतिदर्श टूट न जाये।

(vii) जिस भार पर प्रतिदर्श विफल होता है, नोट करें और प्रेक्षण तालिका भरें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 14.1–घन परीक्षण

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
1.	कंक्रीट की श्रेणी (M) = ...			
2.	निर्दिष्ट सामर्थ्य = ... N/mm²			
3.	घन का विवरण			
(a)	पहचान संख्या			
(b)	परिमाप			
(c)	ढलाई की विधि			
(d)	परीक्षण की विधि			
	परीक्षण के समय घन की आयु = ...			
	प्रतिदर्श का सतही क्षेत्रफल (A) = ... mm²			
	घन के विफल होते समय भार (P) = ... N			
	सम्पीडन सामर्थ्य = $\frac{P}{A}$ = ... N/mm²			

7. परिणाम—(i) औसत सम्पीडन सामर्थ्य = $\frac{I+II+III}{3}$

(ii) औसत सामर्थ्य से प्रतिशत विचलन = ...

8. सावधानियाँ—(i) प्रतिदर्श पर भार समान दर से केन्द्रित लगायें। उत्केन्द्रता के कारण गलत परिणाम उपलब्ध होते हैं।

(ii) जाँच के समय तक प्रतिदर्श पानी में डूबा रहना चाहिये। सूखे प्रतिदर्श पर परीक्षण न करें।

प्रयोग संख्या–15

कंक्रीट के लिये अवपात परीक्षण।

1. उद्देश्य—(a) सामान्य अवपात परीक्षण।

(b) अवपात पर जल : सीमेन्ट अनुपात में परिवर्तन का प्रभाव।

(c) अवपात पर सीमेन्ट : मिलावे के अनुपात में परिवर्तन का प्रभाव।

(d) अवपात पर महीन मिलावे : मोटे मिलावे के अनुपात में परिवर्तन का प्रभाव।

2. सिद्धान्त—कंक्रीट का मिश्रण, वहन, बिछाना, कुटाई इत्यादि क्रियायें आसानी से सम्पन्न की जा सकें, इसके लिये कंक्रीट सुकर (Workable) होनी चाहिये। परन्तु अधिक सुकार्य वाली कंक्रीट की सामर्थ्य घट जाती है। कंक्रीट की सुकार्यता ज्ञात करने के लिये सामान्यत: अवपात परीक्षण किया जाता है। कंक्रीट का अवपात मानक शंकु-साँचा में कंक्रीट भरकर, इसे हटा लेने पर कंक्रीट पिण्ड की ऊँचाई में आयी कमी को नापकर ज्ञात किया जाता है। कंक्रीट का अवपात इसके (i) जल-सीमेन्ट अनुपात, (ii) महीन व मोटे मिलावों के अनुपात, तथा (iii) सीमेन्ट व कुल मिलावे के अनुपात पर निर्भर करता है।

अवपात परीक्षण एक स्थलीय परीक्षण है जो कंक्रीट की सघनता ज्ञात करने के लिये किया जाता है। भिन्न-भिन्न कार्यों के लिये भिन्न-भिन्न अवपात वाली कंक्रीट की आवश्यकता पड़ती है। किसी विशेष के लिये अवपात का कोई एक मान निर्धारित कर लिया जाता है और तब इसी अवपात वाली कंक्रीट तैयार की जाती है। प्रतिदिन अथवा प्रत्येक घान की कंक्रीट के लिये यह परीक्षण करना उपयोगी रहता है। अवपात का मान बहुत बढ़ने या घटने पर इस बात का संकेत मिलता है कि कंक्रीट मिक्स ठीक नहीं है और इसमें सुधार की आवश्यकता है।

मिलावे में जलांश बढ़ने तथा मिलावे के श्रेणीकरण में परिवर्तन के कारण अवपात में वृद्धि हो सकती है। कंक्रीट के बहने की प्रकृति व फैलने को देखकर कंक्रीट की संसजन का अन्दाज लगाया जा सकता है। अच्छी ससंजनता वाली कंक्रीट धीरे-धीरे फैलेगी जबकि न्यून ससंजनता वाली कंक्रीट टूटकर बिखरने लगती है।

न्यून जल-सीमेन्ट अनुपात वाली कंक्रीट जो उच्च सामर्थ्य वाली कंक्रीट कहलाती है, का अवपात लगभग शून्य आता है। अत: यह परिक्षण न्यून जल-सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट के लिये नहीं किया जाता है।

जब कंक्रीट में मोटे मिलावे का अधिकतम माप 38 mm से बड़ा है, तब भी यह परीक्षण उपयुक्त नहीं है।

3. सामग्री—कंक्रीट के संघटक—सीमेन्ट, मोटा मिलावा, महीन मिलावा, पानी।

4. उपकरण—(i) धातु का मानक शंकु-छिन्नक साँचा (जो ऊपर-नीचे से खुला होता है)। (ii) करनी (iii) ट्रे (Tray) (iv) धातु की प्लेट (v) इस्पात का फुटा (पैमाना) (vi) ठोकनी छड़, व्यास 16 mm, लम्बाई 60 cm।

5. विधि—

(A) अवपात परीक्षण के लिये क्रिया विधि—

(i) माना 1 : 2 : 4 अनुपात की कंक्रीट का अवपात ज्ञात करना है। इसके लिये 2 kg सीमेन्ट, 4 kg बालू तथा 8 kg मोटा मिलावा लेकर इन्हें पक्के प्लेटफार्म (या इस्पात की मोटी चादर) पर पहले अच्छी तरह सूखा मिलायें, फिर 0·4 जल- सीमेन्ट अनुपात के बराबर पानी डालकर अच्छी तरह गीला मिलायें और समांग सुघट्य कंक्रीट तैयार करें।

(ii) अवपात शंकु-साँचे को भीतर से साफ करके उसमें हल्की ग्रीस लगा लें ताकि गीली कंक्रीट उससे चिपके नहीं।

(iii) शंकु-साँचे को किसी समतल जलरोधी प्लेट (धातु की) पर टिका कर उसमें लगभग 4 बराबर-बराबर ऊँचाई की पर्तों में तैयार कंक्रीट भरें। कंक्रीट की प्रत्येक परत को ठोकनी छड़ से 25 बार कुटाई करें। कुटाई कंक्रीट पिण्ड के पूरे क्षेत्र में समान रूप से करनी चाहिये। ऊपरी पर्तों की कुटाई करते समय ठोकनी छड़ निचली पर्तों की पूरी गहराई तक धँस जाना चाहिये।

(iv) शीर्ष परत की कुटाई पूर्ण हो जाने पर, साँचे से फालतु कंक्रीट करनी से हटा दें। साँचे के आस-पास गिरी कंक्रीट को भी हटाकर आधार प्लेट साफ कर दें।

(v) अब दोनों हैण्डिल पकड़कर साँचा धीरे से ऊपर उठा लें और अलग रख दें। ऐसा करने पर कंक्रीट धातु की प्लेट पर शंकु ढेर के रूप में रह जायेगी। साँचा हटाने पर (गीली) कंक्रीट का शीर्ष-तल कुछ नीचे दब जाती है।

(vi) स्थिर होने पर इस ढेर की ऊँचाई फुटे से शुद्धता से नाप लें। साँचे की मानक ऊँचाई में से ढेर की वर्तमान ऊँचाई घटायें। यही कंक्रीट प्रतिदर्श का अवपात (Slump) कहालाता है।

(vii) उपरोक्त क्रिया को 3 बार दोहरा कर औसत अवपात की गणना करें। यह परीक्षण सीमेन्ट के प्रारम्भिक जमाव काल की समाप्ति अर्थात् पानी मिलाये जाने के आधे घण्टा के भीतर पूर्ण कर लेना चाहिये।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 15.1—अवपात परीक्षण

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
1.	कंक्रीट की सामर्थ्य = ... M			
2.	अनुपात (सीमेन्ट : बालू : मोटा मिलावा)			
3.	सीमेन्ट की मात्रा = ... kg			
4.	बालू की मात्रा = ... kg			
5.	मोटा मिलावे की मात्रा = ... kg			
6.	जल : सीमेन्ट अनुपात			
7.	पानी की मात्रा = ... लीटर			
8.	अवपात (Slump) = ... mm			

7. परिणाम—(i) औसत अवपात $= \frac{I + II + III}{3}$

(ii) सुकार्यता ..... (उत्तम/ सन्तोषजनक / निम्न)

8. सावधानियाँ—(i) यह परीक्षण कम्पनरहित स्थान पर किया जाना चाहिये।

(ii) परीक्षण को सीमेन्ट के प्रारम्भिक जमाव काल में ही पूर्ण कर लेना चाहिये।

(iii) कंक्रीट के सभी संघटक भार (kg) में लें। यदि अनुपातन आयतन में दिया गया है तो घटकों के आयतन को उनके स्थूल घनत्व से गुणा करके भार ज्ञात कर लें। (आँकड़े उपलब्ध न होने पर महीन मिलावे का स्थूल घनत्व 1·5 से 1·6 तथा मोटे मिलावे का स्थूल घनत्व 1·6 लिया जा सकता है)।

(iv) शंकु-साँचा भीतर से साफ होना चाहिये। इसमें पुरानी जमी हुई कंक्रीट, यदि लगी हुई है, खुरच देनी चाहिये।

(v) प्रत्येक परीक्षण के लिये नई सामग्री व प्रतिदर्श बनायें।

(vi) साँचे को ऊपर उठाते समय कंक्रीट पिण्ड को झटका नहीं लगना चाहिये।

(vii) कंक्रीट की कुटाई सम्पूर्ण पिण्ड पर समान रूप से करनी चाहिये।

9. सीमायें—अवपात परीक्षण की मुख्य सीमायें निम्न हैं—

(i) अवपात की अनेक आकृतियाँ सम्भव हैं।

(ii) 38 mm से बड़े माप के (मोटे) मिलावे के लिये यह परीक्षण नहीं किया जाता है।

(iii) कंक्रीट की सुकार्यता व अवपात में कोई सीधा सम्बन्ध नहीं है।

(iv) सख्त प्रकार की (न्यूनतम जल : सीमेन्ट अनुपात वाली) कंक्रीट के लिये अवपात लगभग शून्य आता है।

(v) अत्यधिक गीली कंक्रीट का शंकु ढह जाता है और सही अवपात ज्ञात करने में दिक्कत आती है।

★ प्रयोग संख्या–16

संहनन गुणक परीक्षण (Compacting Factor Test for Workability of Concrete)

1. उद्देश्य—संहनन गुणक (कुटाई गुणक) परीक्षण द्वारा कंक्रीट की सुकार्यता ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—कम जल : सीमेन्ट वाली कंक्रीट की सुकार्यता अवपात विधि से ज्ञात करने में कठिनाई आती है, क्योंकि अवपात परीक्षण में अवपात आता ही नहीं है अथवा बहुत कम आता है। अतः कम जल : सीमेन्ट अनुपात (अथवा अधिक सामर्थ्य वाली) की कंक्रीट की सुकार्यता संहनन गुणक विधि से ज्ञात की जाती है। यह विधि एक मानक ऊँचाई से सुघट्य कंक्रीट गिराने में किये गये मानक कार्य के कारण कंक्रीट में हुये संहनन को ज्ञात करने के सिद्धान्त पर आधारित है। संहनन गुणक आंशिक कुटाई की कंक्रीट के तथा पूर्ण कुटाई की गयी कंक्रीट के भारों का अनुपात

$$\text{संहनन गुणक} = \frac{\text{आंशिक कुटाई की कंक्रीट का घनत्व}}{\text{पूर्ण कुटाई की कंक्रीट का घनत्व}}$$

संहनन गुणक परीक्षण लन्दन-इंग्लैड की संड्रक अनुसंधान प्रयोगशाल ने विकसित किया था और अवपात परीक्षण से अधिक परिशुद्ध परिणाम दर्शाता है। यह एक प्रयोगशाला में किया जाने वाला परीक्षण है, परन्तु सम्भव होने पर निर्माण-स्थल पर भी सम्पन्न किया जा सकता है।

3. सामग्री—कंक्रीट के संघटक-सीमेन्ट, महीन मिलावा, मोटा मिलावा व पानी [इस परीक्षण के लिये मिलावे का अधिकतम नामन मान (Nominal size) 38 mm से बड़ा नहीं होना चाहिये]।

4. उपकरण—(i) संहनन गुणक उपकरण (जिसमें दो शंकुनुमा हॉपर और एक बेलनाकार साँचा होता है)

(ii) हस्त डोई (Hand Scoop)

(iii) 30 किग्रा० क्षमता वाली प्लेटफार्म तुला, सुग्राहिता 10 ग्राम तक

(iv) दो करनी

(v) कुटाई छड़ 16 mm ϕ, 60 cm लम्बी।

5. विधि—(i) वांछित जल : सीमेन्ट अनुपात की कंक्रीट तैयार करके, उसे हस्त डोई से उपकरण के सबसे ऊपर वाले हॉपर (A) में किनारों तक भरें और करनी से समतल कर लें। (हॉपरों में कंक्रीट भरने से पहले, इनकी तली में बने कूट-द्वार ठीक से बन्द कर दें और साँचे का मुँह ढक दें)।

(ii) अब हॉपर (A) की तली में बने कूट-द्वार को खोल दें। ऐसा करने पर कंक्रीट ऊपरी हॉपर (A) से निकलकर निचले हॉपर (B) में आ जायेगी। यदि कुछ कंक्रीट ऊपरी हॉपर में चिपक गयी है तो इसे छड़ से धीरे से छुड़ाकर नीचे गिरा दें। हॉपरों की भीतरी सतह पर तेल लगाने से कंक्रीट का चिपकना कम हो जाता है।

(iii) जब कंक्रीट निचले हॉपर (B) में आ जाये, तब इसका भी कूट-द्वार खोल दें ताकि कंक्रीट उपकरण के सबसे नीचे रखे बेलनाकार साँचे (C) में जा पड़े। यदि साँचे पर ढक्कन पड़ा है, इसे हटा दें।

(iv) साँचे के ऊपर भर जाने पर, फालतू कंक्रीट करनी की सहायता से अलग निकाल दें और साँचे की बाहरी सतह को कपड़े से अच्छी तरह साफ कर दें।

(v) अब साँचे को कंक्रीट सहित शुद्धता से तौल लें। मान लो यह भार W_2 है (जबकि खाली साँचे का भार W_1 लिया गया है)। यह कंक्रीट आंशिक संहनित कंक्रीट कहीं जायेगी।

(vi) साँचे से कंक्रीट निकाल कर खाली कर लें और इसकी भीतरी सतह को कपड़े से पोंछ कर साफ कर लें।

(vii) अब साँचे में उसी मिक्स की कंक्रीट (लगभग) 5 cm की परतों में अच्छी प्रकार से कूट-कूट कर भरें। कुटाई के लिये कुटाई छड़ अथवा कम्पक का प्रयोग करें। यह कंक्रीट, पूर्ण संहनित कंक्रीट कही जायेगी।

(viii) साँचे की बाहरी सतह को कपड़े से साफ करके संहनित कंक्रीट समेत तौल लें। मान लो यह भार W_3 है।

(ix) अब प्रेक्षण तालिका भरें और गणना पूर्ण करें।

6. प्रेक्षण व गणनायें—

प्रेक्षण तालिका 12—संहनन गुणक परीक्षण

	विवरण	परीक्षण		
		I	II	III
1.	कंक्रीट प्रतिदर्श का मिक्स अनुपात—			
2.	जल : सीमेन्ट अनुपात—			
3.	खाली साँचे का भार $= W_1$ kg			
4.	साँचे तथा आंशिक संहनित कंक्रीट का भार $= W_2$ kg			
5.	आंशिक संहनित कंक्रीट का भार $= W_2 - W_1 =$ ..... kg			
6.	साँचे तथा पूर्ण संहनित कंक्रीट का भार $= W_3$ kg			
7.	पूर्ण संहनित कंक्रीट का भार $= W_3 - W_1 =$ ..... kg			
8.	संहनन गुणक $= \frac{\text{आंशिक संहनित कंक्रीट का भार}}{\text{पूर्ण संहनित कंक्रीट का भार}} = \frac{W_2 - W_1}{W_3 - W_1}$			

7. परिणाम—औसत संहनन गुणांक $= \frac{I + II + III}{3}$

8. निष्कर्ष—कंक्रीट की सुकार्यता ..... (उत्तम/ अच्छी/मध्यम/ निम्न) है।

9. सावधानियाँ—(i) हॉपरों में कंक्रीट डालते समय यह साँचे में नहीं गिरनी चाहिये।

(ii) ऊपरी हॉपर में कंक्रीट भरते समय, ढस पर दाब नहीं लगाना चाहिये।

(iii) हॉपरों के कूट-द्वार झटके के साथ खोलना चाहिये।

(iv) साँचे का कंक्रीट सहित भार ज्ञात करते समय इसकी बाहरी सतहों पर कंक्रीट चिपकी नहीं रहनी चाहिये। इसे अच्छी ह पोंछ देना चाहिये।

(v) सभी भार ध्यानपूर्वक प्रेक्षण तालिका में भरने चाहियें।

(vi) ऊपरी हॉपर से कंक्रीट गिराना, कंक्रीट मिक्स के दो मिनट से भीतर आरम्भ कर देना चाहिये।

प्रयोग संख्या-17

वी० बी० संघनतामापी परीक्षण (Vee-Bee Consistometer Test for Workability of Concrete)

1. उद्देश्य—वी० बी० सघनतामापी द्वारा कंक्रीट की सुकार्यता ज्ञात करना।

2. सिद्धान्त—कंक्रीट कार्य आसानी से सम्पन्न करने के लिये, कंक्रीट का सुकर (Workable) होना आवश्यक है, परन्तु अधिक सुकार्यता कंक्रीट में पृथक्करण व निःस्रवण जैसे दोषों को उत्पन्न करने का कारण भी बनती है। कंक्रीट की सुकरता (सुकार्यता) मापन के लिये Vee-Bee सघनतामापी प्रयोग की जाती है।

कंक्रीट की पूर्ण कुटाई प्राप्त करने के लिये किया गया लाभदायक आन्तरिक कार्य कंक्रीट की सुकार्यता कहलाता है। इस परीक्षण द्वारा सुघट्य कंक्रीट को पूर्ण संहनन करने में लगी शक्ति को समय के पैमाने पर मापा जाता है अर्थात् कंक्रीट प्रतिदर्श मानक कम्पन देने पर शंकु छिन्नक के आकार से सिलिण्डर का आकार ग्रहण करने में जो समय लेता है, ज्ञात किया जाता है।

वी० बी० सघनतामापी परीक्षण न्यून जल : सीमेंट अनुपात वाली कंक्रीट की सुकरता ज्ञात करने के लिये विशेष तौर पर उपयुक्त है।

3. सामग्री—कंक्रीट तैयार करने के लिये आवश्यक घटक—सीमेन्ट महीन व मोटा मिलावा तथा पानी।

4. उपकरण—(i) वी० बी० कन्सिस्टो-मीटर (जिसमें 3000 कम्पन प्रति मिनट वाला कम्पी पटल, धातु का बेलनाकार पात्र, पारदर्शक तश्तरी, फनल आदि लगे हों)। (ii) विराम-घड़ी (iii) करनी (iv) अवपात शंकु (Slump Cone) (v) ठोकनी छड़ें।

5. विधि—(i) उपकरण के बेलनाकार पात्र को कम्पी पटल पर रखकर विंग-नट कस दें और इसके अन्दर अवपात-शंकु टिका दें। अवपात शंकु के ठीक ऊपर फनल सैट कर दें।

(ii) अब फनल द्वारा अवपात शंकु में तैयार कंक्रीट चार समान मोटाई की परतों में भरें तथा प्रत्येक परत को मानक ठोकनी से 25 बार कुटाई करें। ध्यान रहे कंक्रीट उछल कर बेलनाकार साँचे में न पड़े।

(iii) फनल को घुमाकर दूर करें और पारदर्शी प्लेट को अवपात शंकु के ऊपर सैट करें और शंकु में भरी कंक्रीट की ऊँचाई नोट करें।

(iv) पारदर्शी प्लेट को एक तरफ सरकायें और अवपात शंकु को धीरे से ऊपर उठाकर अलग कर लें। अवपात शंकु के हटने पर कंक्रीट बेलनाकार पात्र में रह जायेगी और कुछ नीचे को दब जायेगी (उसका तल नीचे गिर जायेगा)।

(v) अब पारदर्शी प्लेट को सरका कर कंक्रीट के शीर्ष से छुड़ायें और पाठ्यांक नोट करें। दोनों पाठ्यांकों का अन्तर कंक्रीट का अवपात होगा।

(vi) अब कम्पी पटल में लगे विद्युत कम्पक को चला दें और विराम-घड़ी को चालू कर दें।

(vii) कम्पनों के कारण कंक्रीट का शंकुनुमा ढेर (पिण्ड) फैल कर साँचे का बेलनाकार रूप धारण कर लेगा और कंक्रीट शीर्ष क्षैतिज तल ग्रहण कर लेगा (कंक्रीट शीर्ष समतल होने पर यह पारदर्शक प्लेट की सतह से पूर्ण रूप से सम्पर्क में आ जाती है)।

(viii) जैसे ही कंक्रीट सतह समतल हो जाये, कम्पक बन्द कर दें और विराम-घड़ी भी रोक दें।

(ix) विराम-घड़ी पर समय (सैकण्डों) में पढ़ें। यह समय कंक्रीट की सुकरता का मापन है, जिसे वी० बी० डिग्री (Vee-Bee Degree) में दर्शाया जाता है।

(iii) जब कंक्रीट निचले हॉपर (B) में आ
रखे बेलनाकार साँचे (C) में जा पड़े। यदि
(iv) साँचे के ऊपर भर जाने पर, फा
कपड़े से अच्छी तरह साफ कर दें।
(v) अब साँचे को कंक्रीट सहि
है)। यह कंक्रीट आंशिक संहनि
(vi) साँचे से कंक्रीट
(vii) अब साँचे में
लिये कुटाई छड़ अथवा
(viii) साँचे
(ix) अब
6. प्रेक्ष

...ility of Concrete)

...होना आवश्यक है, परन्तु ... कंक्रीट की सुकरता ... कहलाता है। इस ... प्रतिदर्श ... जाता है ... पर ... आरम्भ कर देना चाहिये।

घनतामापी परीक्षण

	परीक्षण	
I	II	III

vee-Bee डिग्री $= \frac{I+II+III}{3}$

...घनता पैमाने से कंक्रीट की सघनता पढ़ लें। यह पैमाना तालिका 4.3 में दिया गया है।

8. सावधानियाँ—(i) प्रत्येक परीक्षण के लिये नयी कंक्रीट तैयार करें।

(ii) मिल्स तैयार हो जाने पर परीक्षण तुरन्त किया जाना चाहिये।

(iii) शंकु में कंक्रीट भरते समय यह बेलनाकार साँचे में नहीं गिरनी चाहिये।

(iv) साँचे में कंक्रीट सतह के समतल होते ही विराम-घड़ी रोक देनी चाहिये।

(v) कम्पक व विराम-घड़ी को एक साथ चालू तथा एक साथ बन्द करना चाहिये।

प्रयोग संख्या-18

Test : Rebound Hammer Test

1. Objective And Principle

Objective : The rebound hammer method could be used for :

(i) assessing the likely compressive strength of concrete with the help of suitable corelations between rebound index and compressive strength,

(ii) assessing the uniformity of concrete,

(iii) assessing the quality of the concrete in relation to standard requirements, and

(iv) assessing the quality of one element of concrete in relation to another.

Principle : When the plunger of rebound hammer is pressed against the surface of the concrete, the spring-controlled mass rebounds and the extent of such rebound depends upon the surface hardness of concrete. The surface hardness and therefore the rebound is taken to be related to the compressive strength of the concrete. The rebound is read off along a graduated scale and is designated as the rebound number or rebound index.

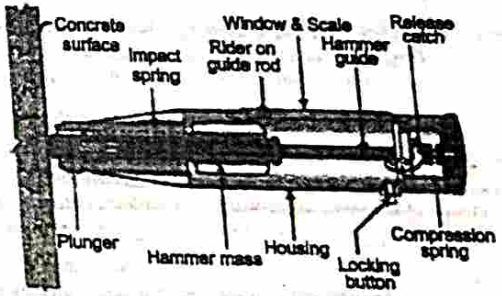
2. Apparatus Required

Rebound Hammer

It consists of a spring controlled mass that slides on a plunger within a tubular housing. The impact energy required hammers for different applications is given in Table 1.

S. No.	Application	Approx. Impact Energy Required for Rebound hammer (Nm)
1.	For testing Normal weight Concrete	2.25
2.	For light-weight concrete or small and impact sensitive parts of concrete	0.75
3.	For testing mass concrete for example, in roads, air field pavements and hydraulic structures	2.25

Table 18.1 : Impact Energy for Rebound hammer for different Appliations.



Schematic of Rebound hammer

3. Reference

IS-13311 (Part 2) : 1992 (Reaffirmed- May 2013) "Non Destructive Testing of Concrete-Methods of Test (Rebound hammer)".

4. Procedure

4.1 Checking of Apparatus

- It is necessary that the rebound hammer is checked against the testing anvil before commencement of a test to ensure reliable results. The testing anvil should be of steel having Brinell hardness of about 5000 N/mm^2. The supplier/manufacturer of the rebound hammer should indicate the range of readings on the anvil suitable for different types of rebound hammers.

4.2 Procedure of obtaining correlation between compressive strength of concrete and rebound number

- The most satisfactory way of establishing a correlation between compressive strength of concrete and its rebound number is to measure both the properties simultaneously on concrete cubes. The

concrete cube specimens are held in a compression testing machine under a fixed load, measurements of rebound number taken and then the compressive strength determined as per IS : 516-1959. The fixed load required is of the order if 7 N/mm^2 when the impact energy of the hammer is about 2.2 Nm. The load should be increased for callibrating rebound hammers of greater impact energy and decreased for calibrating rebound hammers of lesser impact energy. The test specimens should be as large as possible in order to minimise the size effect on the test result of a full scale structure 150 mm cube specimens are preferred for calibrating rebound hammers of lower impact energy (2.2 Nm), whereas for rebound hammers of higher impact energy, for example 30 Nm, the test cubes should not be smaller than 300 mm.

- If the specimens are wet cured, thay should be removed from wet storage and kept in the laboratory atmosphere for about 24 hours before testing. To obtain a correlation between rebound numbers and strength of wet cured and wet tested cubes, it is necessary to establish a correlation between the strength of wet tested cubes and the strength of dry testes cubes on which rebound readings are taken. A direct correlation between rebound numbers on wet cubes and the strength of wet cubes is not recommended. Only the vertical faces of the cube as cast should be tested. At least nine readings should be taken on each of the two vertical faces accessible in the compression testing machine when using the rebound hammers. The points of impact on the specimen must not be nearer an edge than 20 mm and should be not less than 20 mm from each other. The same points must not be impacted more than once.

4.3 Test Procedure :

1. For testing, smooth, clean and dry surface is to be selected. If loosely adhering scale is present, this should be rubbed off with a grinding wheel or stone. Rough surfaces from incomplete compaction, loss of grout, spalled or tooled surfaces do not give reliable results and should be avoided.

2. The point of impact should be at least 20 mm from any edge or shape discontinuity.

3. For taking a measurement, the rebound hammer should be held at right angles to the surface of the concrete member. The test can thus be conducted horizontally on vertical surfaces or vertically upwards or downwards on horizontal surfaces. If the situation demands, the rebound hammer can be held at intermediate angles also, but in each case, the rebound number will be different for the same concrete.

4. Rebound hammer test is conducted around all the points of observation on all accessible faces of the structural element. Concrete surfaces are throughly cleaned before taking any measurement. Around each pooint of observation, six readings of rebound indices are taken and average of these readings after deleting outliers as per IS : 8900-1978 becomes the rebound index for the point of observation.

5. Influences of Test Conditions :

- The rebound numbers are influenced by anumber of factors like types of cement and aggregate, surface condition and moisture content, age of concrete and extent of carbonation of concrete.

5.1 Influence of Type of Cement

- Concretes made with high alumina cement can give strengths 100 percent higher than that with ordinary Portland cement. Concretes made with super sulphated cement can give 50 percent lower strength than that with ordinary Portland cement.

5.2 Influence of Type of Aggregate

- Different types of aggregate used in concrete give different correlations between compressive strength and rebound number. Normal aggregates such as gravels and crushed rock aggregates give similar correlations, but concrete made with light weight aggregates require special calibration.

5.3 Influence of Surface Condition and Moisture Content of Concrete

- The rebound hammer method is suitable only for texture concrete. Open texture concrete typical of masonry blocks, honeycombed concrete or no-fines concrete are unsuitable for this test. All correlations assume full compaction, as the strength of partially relationship to the rebound numbers. Trowelled and floated surfaces are harder than moulder surfaces, and tend to over estimate the strength of concrete.
- A wet surface will give rise to under estimation of the strength of concrete calibrated under dry conditions. In structural concrete, this can be about 20 percent lower than in an equivalent dry concrete.

5.4 Influence of Curing and Age of Concrete

- The relationship between hardness and strength varies as a function of time. Variations in initial rate of hardening, subsequent curing and conditions of exposure also influence the relationship. Separate calibration curves are required for different curing regimes but the effect of age can generally be ignored for concrete between 3 days and 3 months old.

5.5 Influence of Carbonation of Concrete Surface

- The influence of carbonation of concrete surface on the rebound number is very significant. Carbonarted concrete gives an overstimate of strength which in extreme cases can be up to 50 percent. It is possible to establish correction factors by removing the carbonated layer and testing the concrete with the rebound hammer and on the uncarbonated concrete.

6. Interpretation Of Result

1. The rebound hammer method provides a convenient and rapid indication of the compressive strength of concrete by means of establishing a suitable correlation between the rebound index and the compressive strength of concrete. The procedures of obtaining such correlation is given in 4.2.

2. It is also pointed out that rebound indices are indicative of compressive strength of concrete to a limited depth from the surface. If the concrete in a particular members has internal microcracking, flaws or heterogeneity across the cross-section, rebound hammer indices will not indicated the same.

3. As such, the estimation of strength of concrete by rebound hammer method cannot be held to be very accurate and probable accuracy of prediction of concrete strength in a structure is ±25 percent. If the relationship between rebound index and compressive strength can be checked by tests on core samples obtained from the structure of standard specimens made with the same concrete materials and mix proportion, then the accuracy of results and confidence thereon are greatly increased.

प्रयोग संख्या–19 ☆

Test : Ultrasonic Pulse Velocity Method

Ultrasonic Pulse Velocity : This test is done to assess the quality of concrete by ultrasonic pulse velocity method as per IS : 13311 (Part 1) -1992. The underlying principle of this test is :

The method consists of measuring the time of travel of an ultrasonic pulse passing through the concrete being tested. Comparatively higher velocity is obtained when concrete quality is good in terms of density, uniformity, homogeneity *etc.*

Procedure to determine strength of hardened concrete by Ultrasonic Pulse Velocity :

(I) Preparing for use : Before switching on the 'V' meter, the transducers should be connected to the sockets marked "TRAN" and "REC".

The 'V' meter may be operated with either :

(a) the internal battery,

(b) an external battery or

(c) the A.C. line

(ii) Set reference : A reference bar is provided to check the instrument zero. The pulse time for the bar is engraved on it. Apply a smear of grease to the transducer faces before placing it on the opposite ends of bar. Adjust the 'SET REF' control unit the reference bar transit time is obtained on the instrument read-out.

Advertisements :

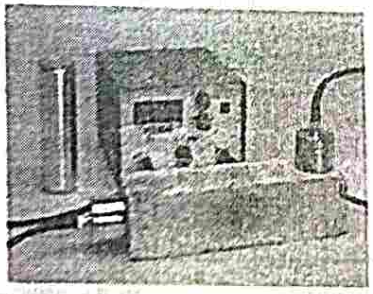
(iii) Range selection : For maximum accuracy, it is recommended than the 0.1 microsecond range be selected for path length upto 400 mm.

(iv) Pulse velocity : Having determined the most suitable test points on the material to be tested, make careful measurement of the path legnth 'L'. Apply couplant to the surfaces of the transducers and press it hard onto the surface on the material. Do not mave the transducers while a reading is being taken, as this can generate noise signals and errors in measurement. Continue holding the transducers itno the surface of the material until a consistent reading appears on the display, which is the time in microsecond for the ultrasonic pulse to travel the distance 'L'. The mean value of the display reading should be taken when the units digit hunts between two values.

Pulse Velocity = (Path length/Travel Time)

(v) Separation of transducer leads : It is advisable to prevent the two transducer leads from coming into close contact with each other when the transit time measurement are being taken. If this is not done, the receiver lead migh pick-up unwanted signals from the transmitter lead and this would result in an incorrect display of the transit time.

Interpretation of Results : The quality of concrete in terms of uniformity, incidence or absence of internal flaws, cracks and segregation, *etc*, indicative of the level of workmanship employed, can thus be assessed using the guidelines given below, which have been evolved for characterizing the quality of concrete in structures in terms of the ultrasonic pulse velocity.



Pulse Velocity (km/second)	Concrete Quality (Grading)
Above 4.5	Excellent
3.5 to 4.5	Good
3.0 to 3.5	Medium
Below 3.0	Doubtful

प्रयोग संख्या-20

To determine flexural strength of concrete beam

1. उद्देश्य—कंक्रीट की बंकन सामर्थ्य (flexural strength) ज्ञात करना (IS : 516 : 1959)

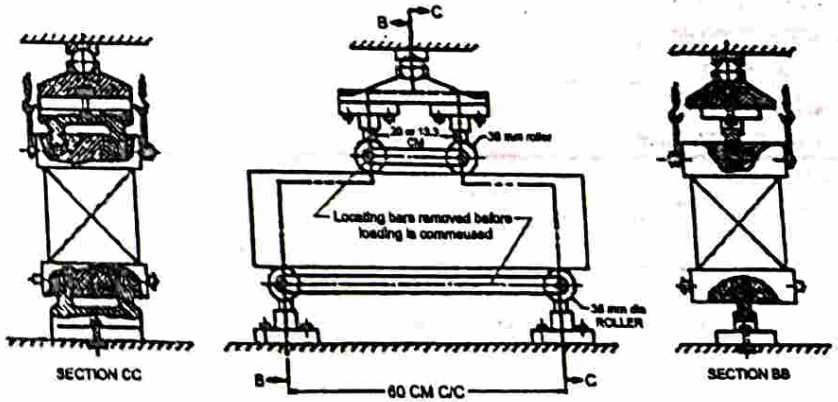
2. सिद्धान्त—निर्मित संरचनाओं में कंक्रीट का प्रयोग बीम तथा कालम में बहुतायत से किया जाता है। जिनमें नमन के कारण नमन संपीड़न तथा नमन तनन बल उत्पन्न होते हैं। अत: कंक्रीट की बंकन सामर्थ्य को ज्ञात किया जाना आवश्यक है। इस हेतु कंक्रीट का modulus of rupture ज्ञात किया जाता है। इस हेतु 100×100×700 mm और 100×100×500 mm माप के sample तैयार किये जाते हैं। 28 दिन की तराई के बाद sample तैयार हो जाती है।

3. सामग्री—Compression testing machine, चित्रानुसार Roller arrangement, test sample.

4. विधि—चित्र के अनुसार 38 mm व्यास के दो roller जो 60 cm या 40 cm दूर होते हैं के ऊपर test sample रखा जाता है। इसी प्रकार sample के ऊपर उतने बड़े 2 roller 20 cm या 13.3 cm दूरी पर रखे जाते हैं। अब load इस प्रकार से लगाया जाता है कि extreme fibre stress 7 kg/cm/min की दर बढ़े। loading की दर 400 kg/min (for 15 cm) 180 kg/min (for 10 cm) रखनी चाहिए। sample के विफल (fail) होने पर अधिकतम load ज्ञात कर लेना चाहिए।

Procedure : Test specimens stored in water at a temperature of 24° to 30° C for 48 hours before testing, shall be tested immediately on removal from the water whilst they are still in a wet condition. The dimensions of each specimen shall be noted before testing. No preparation of the surfaces is required.

Placing the specimen in the Testing Machine : The bearing surfaces of the supporting and loading rollers shall be wiped clean, and any loose sand or other material removed from the surfaces of the specimen where they are to make contact with the rollers. The specimen shall then be placed in the machine in such a manner that the load shall be applied to the uppermost surface as cast in the mould, along two lines spaced 20.0 to 13.3 cm apart. The axis of the specimen shall be carefully aligned with the axis of loading device. No packing shall be used between the bearing surfaces of the specimen and the rollers. The load shall be applied without shock and increasing continuously at a rate such that the extreme fibre stress increases at approximately 7 kg/sq cm/mm that is, at a rate of loading of 400 kg/min for the 15.0 cm specimens and at a rate of 180 kg/min for the 10.0 cm specimens. The load shall be increased until the specimen fails, and the maximum load supplied to the specimen during the test shall be recorded. The appearance of the fractured faces of concrete and any unusual features in the type of failure shall be noted.



Arrangement for loading of flexure test specimen

गणनायें—Sample की flexural strength को हम Modulus of rupture (f_b) में व्यक्त करते हैं। जिसमें "a" वह दूरी है जिसे line of fracture तथा निकटतम support के बीच specimen की tensile side की तरफ cm में नापा जाता है।

(i) यदि a 20 cm के से ज्यादा है (15 cm specimen)

या

a 13.3 cm से ज्यादा है (10 cm के specimen)

तब

$$f_b = \frac{p \times l}{bd^2}$$

(ii) यदि a 20 cm से कम तथा 17 cm से ज्यादा है (for 15 cm specimen)

तथा

a, 13.3 से कम पर 11.0 cm से ज्यादा है (for 10 cm specimen)

$$f_b = \frac{3p \times a}{b \times d^2}$$

b = measured width in cm of the specimen.

d = measured depth in cm of the specimen at point of failure

l = length in cm of the span onn which the specimen was supported

p = max load in kg.

(iii) यदि a का मान 17 cm या 11 cm से कम आता है तो test अमान्य हो जाता है।

रिपोर्ट—

Sample I

(a) Identification Mark :

(b) Date of Test :

(c) Age of specimen :

(d) Curing condition :

(e) Size of specimen :

(f) Span length :

(g) Maximum load : $p =$

(h) Position of fracture : $a =$

(i) Modulus of rupture

$$f_b = \frac{pl}{bd^2} \quad \text{(for } a \geq 20 \text{ cm or } a > 13.3 \text{ cm)}$$

$$f_b = \frac{3p \times a}{bd^2} \quad \text{(for 20 cm} > a > 17 \text{ cm or 13.3 cm} > a > 11 \text{ cm)}$$

(j) appearance of concrete : and type of fracture if these are unusual.

❑