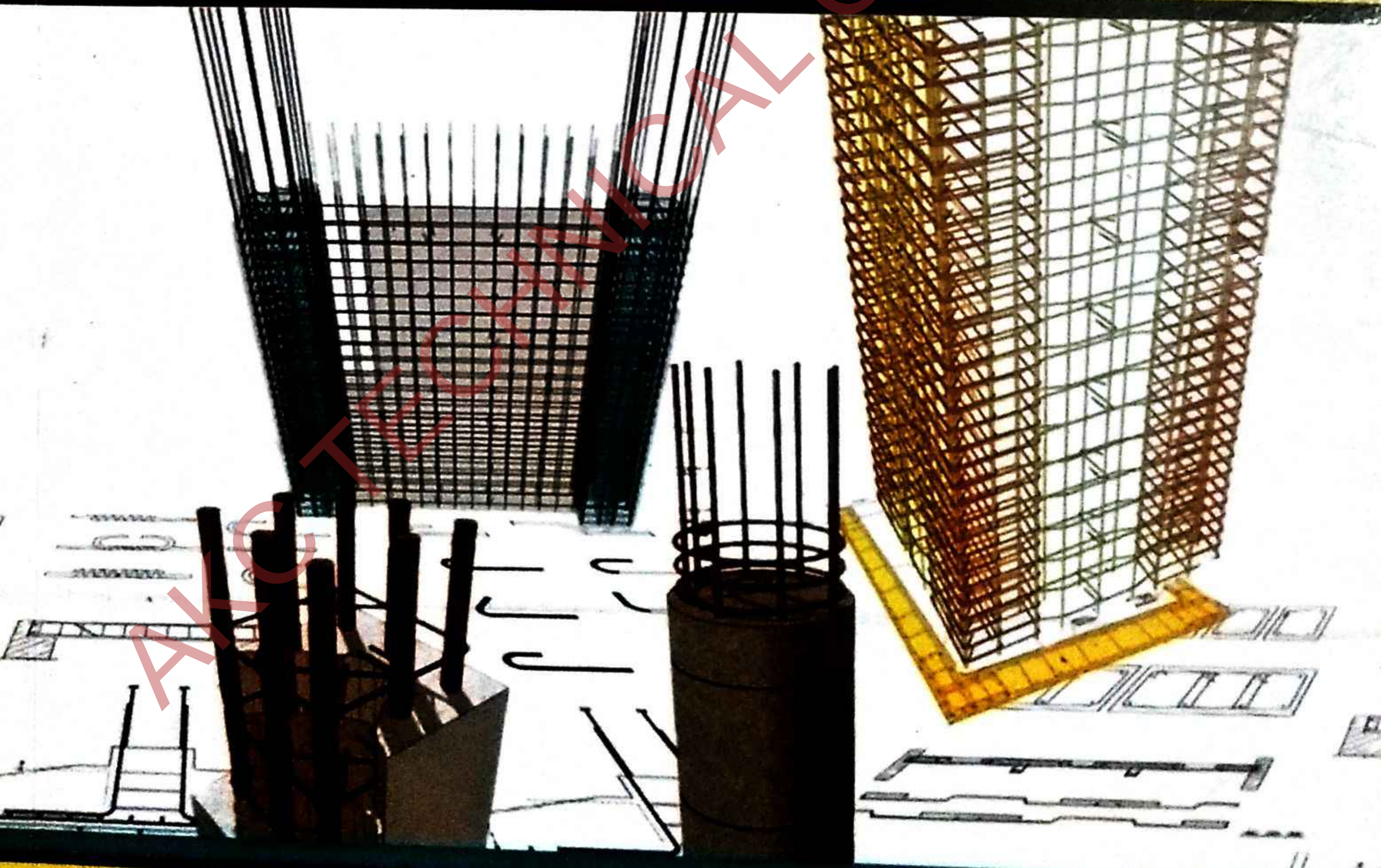
एम. के. वार्ष्णेय • गुलाब चन्द पाटिल

प्रबलित सीमेंट कंक्रीट ड्राइंग

REINFORCED CEMENT CONCRETE (RCC) DRAWING



एशियन पब्लिशर्स, मुज़फ़्फ़रनगर®

AKC TECHNICAL CLASSES

Syllabus

REINFORCED CEMENT CONCRETE (RCC) DRAWING

RATIONALE

Diploma holders in Civil Engineering are required to supervise the construction of RC structures. Thus one should be able to read and interpret drawings of RC structures. The competence to read and interpret structural drawings is best learnt by being able to draw these drawings. Hence there is a need to have a subject devoted to preparation of structural drawings.

LEARNING OUTCOMES

After undergoing the subject, students will be able to:

- Draw the reinforcement details for various structural elements from the given data
- Calculate reinforcement details from the given drawings
- Draw bar bending schedule from drawing
- Read and interpret R.C.C. drawings

DETAILED CONTENTS

1. **RC Drawing:** Reinforcement details from the given data for the following structural elements with bar bending schedules:
   (i) General instruction and rules, Drawing No. 1—Lap, Joint, Development drawing: Length, Rings, Hook etc.
   (ii) Drawing No. 2: RC Slabs—One way slab, Two way slab and Cantilever slab.
   (iii) Drawing No.3: Beams—Singly and doubly reinforced rectangular beams and Cantilever beam (All beams with vertical stirrups), T Beam, Tapered Beam.
   (iv) Drawing No.4: Columns and Footings—Square, Rectangular and Circular Columns with lateral ties and their isolated sloped column footings, column and beam junction.
   (v) Drawing No. 5: Portal Frame—Three bay two storey RC portal frame with blow up of column beam junctions.
   (vi) Drawing of cantilever retaining wall showing details of all the members and reinforcement.
   (vii) Drawing of Intze type water tank showing details of all the members and reinforcement.
   (viii) Drawing No. 6: Draw at least one sheet using AutoCAD software.

AKC TECHNICAL CLASSES

विषय-सूची

क्र०सं०	अध्याय	पेज
1.	प्रबलित सीमेंट कंक्रीट संरचनायों का परिचय (Introduction to Reinforced Cement Concrete Structures)	1–72
2.	प्रास प्रतिधारक दीवारें (Retaining Walls – Cantilever Type)	73–91
3.	शिरोपरि जल संग्रहण टंकी (Over head Water Tank)	92–118
4.	RCC ड्राइंग (RCC Drawing)	119–192

AKC TECHNICAL CLASSES

Chapter

1 प्रबलित सीमेंट कंक्रीट संरचनायों का परिचय

(INTRODUCTION TO REINFORCED CEMENT CONCRETE STRUCTURES)

§ 1.1. प्रस्तावना (Introduction) :

सादा सीमेंट कंक्रीट केवल सम्पीडन (Compression) में सामर्थ्य रखती है परन्तु तनाव/तनन (Tension) में बहुत कमजोर होती है तथा सामर्थ्य लगभग सम्पीडन के $\frac{1}{10}$ भाग से $\frac{1}{15}$ भाग तक रहती है जो बहुत कम है अतः सादा सीमेंट कंक्रीट को तनाव के लिये उपयोग में नहीं लाया जाता है। अतः तनाव को सहन करने के लिये सादा सीमेंट कंक्रीट को प्रबलित करने के लिये इसमें इस्पात की छड़ें लगायी जाती हैं तब इसे प्रबलित सीमेंट कंक्रीट (Reinforced Cement Concrete, R.C.C.) कहते हैं। प्रबलन इस्पात (Reinforcement Steel) की मात्रा सेक्शनल क्षेत्रफल का 0.7% से 4% तक होती है। प्रबलन स्टील के कारण सादा कंक्रीट की बीम में 10 गुणा मजबूती आ जाती है। इस्पात, सम्पीडन तथा तनाव दोनों में बराबर की सामर्थ्य रखत है।

R.C.C. में मृदु इस्पात (Mild Steel) की गोल छड़ों (Round Bars) 5 mm से 40 mm व्यास का प्रयोग होता है लेकिन वर्तमान में रिब्ड तथा टोर (Ribbed and Tor) स्टील की छड़ों का अधिक उपयोग किया जाता है।

§ 1.2. आर०सी०सी० के गुण (Merits of R.C.C.) :

सीमेंट कंक्रीट तथा इस्पात का संयोजन (Combination) से एक ऐसा प्रयोगिक (compound) पदार्थ बन जाता है जिसके निम्न गुण होते हैं।

(i) प्रबलित सीमेंट कंक्रीट के अवयव (Component of R.C.C.) सम्पीडन तथा तनाव दोनों प्रकार के प्रतिबलों के लिये बराबर की सामर्थ्य रखता है।

(ii) इस्पात छड़ें तथा कंक्रीट एक दूसरे के साथ मजबूत जोड़ (Bond) बना लेती है जिसके कारण प्रतिबल एक पदार्थ से दूसरे पदार्थ में सरलता से स्थानान्तरित हो जाते हैं।

(iii) तापमान के अन्तर आने पर आन्तरिक प्रतिबल उत्पन्न नहीं होते क्योंकि इस्पात में उच्च तनाव बल (High Tensile Strength), मोडूलस ऑफ-इलास्टीसिटी (Modulus of Elasticity) तथा कंक्रीट के समान ही प्रसार (Expension) तथा सकुंचन (Contraction) के गुण (properties) होते हैं।

(iv) इस्पात की छड़ें कंक्रीट में होने के कारण इन पर सीमेंट का कोट (Coating) चढ़ जाता है जो जंग लगने तथा इस्पात के क्षय होने से बचाता है तथा इस्पात पर कोई रासायनिक क्रिया नहीं होती है।

§ 1.3. प्रबलन इस्पात के प्रकार (Kind of Reinforcement) :

भारतीय मानक ब्यूरो (B.I.S.) ने प्रबलन के लिये निम्न प्रकार के इस्पात की संस्तुति की है।

(i) Fe 250 (Mild Steel) (I.S.: 432) Grade I & II

(ii) Fe 350 (Medium Tensile Steel (I.S.: 432)

(iii) High Yield Strength Steel (I.S.: 1786-1985)

(a) Fe 415 (Tor-40)

(b) Fe 500 (Tor-50)

ये छडे विरूपित (Deformed Bars) के रूप में उपलब्ध हैं।

AKG TECHNICAL CLASSES

§ 1.4. प्रबलन इस्पात का आकार (Shape of Reinforcement) :

(a) **गोल छड़ें (Round Bars)**—ये छड़ें 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 36, 40, 45 व 50 व्यास मि०मी० में उपलब्ध होती है। इनकी अधिकतम लम्बाई 13 मी० आती है। अब इन इस्पात छड़ों की मांग बहुत कम हो चुकी है।

(b) **विरूपित छड़ें (Deformed Bars)**—कंक्रीट का अभिलाग/बन्धन (Bond) बढ़ाने के लिये इनकी सतह को खुरदरा बनाया जाता है और इन छड़ों के प्रयोग से लगभग 40% प्रबलन इस्पात की बचत की जा सकती है। चित्र 1.1 देखें।

(c) **ऐंठी हुयी छड़ें (Twisted Bars) or Tor Bars**—इन्हें टोर इस्पात (Tor Steel) भी कहते हैं। Cold Twisted Deformed (CTD) यह ब्रान्ड नाम TORISTEG-STEEL से लिया गया है। इन छड़ों के प्रयोग से लगभग 33% प्रबलन इस्पात की बचत की जा सकती है।

ये छड़ें (HYSD Bars) (High Yield Strength Deformed Bars) कहलाती है। अत: T.M.T. (Thermo Mechanically Treated) Fe 415 भी उपलब्ध है।

ये टोर छड़ें भी गोल छड़ों के उपरोक्तानुसार व्यास में उपलब्ध हैं। ये छड़ें 9 मी० लम्बाई में मिलती है।

चित्र 1.1—विरूपित छड़ (Deformed Bar)

सारणी 1.1—Weight of Steel Sections Commonly used in Building Work

Bars 1	Weight Kg/M for Round Bars Plain or Ribbed Tor 2	Length (m) per tone 3	Weight kg/m For Square Bars 4
Dia (mm)			
5	0.154	6494	0.196
6	0.22	4505	0.28
8	0.39	2332	0.50
10	0.62	1621	0.78
12	0.89	1125	1.13
16	1.58	829	2.01
18	1.99	500	Not manufactured
20	2.47	405	3.14
25	3.85	260	4.91
32	6.31	159	8.04

Mild steel compression reinforcement can be replaced by Ribbed tor steel as per table of I.S. 1786 given below:

Mild steel mm	12	16	20	22	25	28	32	40
Ribbed steel mm	10	14	2 × 8	18	20	22	2 × 14	32

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 1.2—कंक्रीट के ग्रेड (Grades of Concrete)
(I.S. 456-2000)

ग्रुप	ग्रेड	अभिलक्षणिक सम्पीडन सामर्थ्य, f_{ck} (150 mm घन की 28 दिन की तराई पर) (Allowable Compressive Strength) N/mm^2
(i) सामान्य कंक्रीट (Ordinary conc.)	M–10	10
	M–15	15
	M–20	20
(ii) मानक कंक्रीट (Standard conc.)	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 (High strength conc.)	M–60	60
	M–65	65
	M–70	70
	M–75	75
	M–80	80

नोट—उच्च सामर्थ्य की कंक्रीट के लिये कोड के parameters लागू नहीं होते हैं, इसके लिये परीक्षणों को आधार बनाया जाना चाहिये।

सारणी 1.3—प्रति घन मीटर कंक्रीट के लिये संघटक (Components of Conc. Mix for per Cubic metre)

कंक्रीट अनुपात (सीमेंट : महीन मिलावा : मोटा मिलावा)	जल सीमेंट (w/c) अनुपात	पानी प्रति बोरा पानी की मात्रा (लीटर में)	सीमेंट		मिलावा (aggregate)	
			संख्या (बोरो में)	भार (कि॰ग्रा॰)	महीन (ली॰ में)	मोटा (ली॰ में)
1 : 1 : 2 (M – 25)	0.30	15	11.2	560	192	784
1 : $1\frac{1}{2}$: 3 (M – 20)	0.42	21	7.9	395	414	828
1 : 2 : 4 (M – 15)	0.55	27.5	6.2	310	434	868
1 : 3 : 6 (M – 10)	0.75	37.5	4.3	215	452	904
1 : 4 : 8 (M – 7·5)	0.95	47.5	3.3	165	462	924

§ 1.5. कंक्रीट का वर्गीकरण (Classification of Concrete) :

कंक्रीट मिक्स को दो श्रेणियों में रखा गया है।

(i) नामन मिक्स कंक्रीट (Nominal Mix Concrete)—संरचना में प्रयोग से पूर्व इस कंक्रीट का टैस्ट नहीं किया जाता है। इसकी जाँच साइट पर क्यूब भरकर 28 दिन की सामर्थ्य ज्ञात की जा सकती है। सामर्थ्य की इकाई N/mm^2 में ली जाती है। मिक्स का अनुपात टेबिल-4 में दर्शाया गया है। (1000 kg = 1 N)

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 1.4—नामन मिक्स कंक्रीट के लिये मिक्स-अनुपातन

कंक्रीट का ग्रेड	प्रति 50 kg (एक थैला) सीमेन्ट के लिये सकल मिलावे का आयतन	महीन व मोटे मिलावे का अनुपात (आयतन अनुसार)	प्रति बैग सीमेंट के लिये पानी की मात्रा
M – 5 (1 : 6 : 12)	800 kg	सामान्य 1 : 2,	60 लीटर
M – 7·5 (1 : 4 : 8)	625 kg	इसकी उच्चतम	45 लीटर
M – 10 (1 : 3 : 6)	480 kg	व न्यूनतम सीमायें	34 लीटर
M – 15 (1 : 2 : 4)	330 kg	$1:1\frac{1}{2}$ व $1:2\frac{1}{2}$	32 लीटर
M – 20 (1 : 1.5 : 3)	250 kg	होती हैं।	30 लीटर

नोट—1. औसत महीन मिलावे के लिये, मोटे मिलावे के 10 mm, 20 mm, व 40 mm माप के लिये, महीन व मोटे मिलावे का अनुपात 1 : 1.5, 1 : 2 व 1 : 2.5 होगा।

2. ग्रेड के नाम में M, M_{mix} को तथा संख्या 15 सेमी घन की 28 दिन पर N/mm^2 में विशिष्ट सामर्थ्य दर्शाती है।

Cement for small jobs: One 50 kg bag of cement will make approximately:

0.133 cu. m of $1 : 1\frac{1}{2} : 3$ concrete

0.166 cu. m of 1 : 2 : 4 "

6.192 cu. m of $1 : 2\frac{1}{2} : 5$ "

0.250 cu. m of 1 : 3 : 6 "

0.333 cu. m of 1 : 4 : 8 "

0.400 cu. m of 1 : 5 : 10 "

0.500 cu. m of 1 : 6 : 12 "

The equivalent size of a box for 50 kg cement bag is 40 cm × 35 cm × 25 cm internally.

(ii) डिजाइन मिक्स कंक्रीट (Design Mix Concrete)—

जब कंक्रीट को संरचना में वास्तविक प्रयोग से पहले सैम्पल तैयार करके प्रयोगशाला में जाँच की जाती है तो इसे डिजाइन मिक्स कंक्रीट कहते हैं। इसमें w/c ratio के निर्धारण के लिये सीमेंट में पानी की मात्रा में भिन्न-2 परिवर्तन करके परीक्षण किये जाते हैं। मोटे व महीन एग्रीगेट (Aggregate) में उपस्थित नमी (Moisture) की गणना को भी ध्यान में रखा जाता है। प्रत्येक सैम्पल की 28 दिन की कंक्रीट सामर्थ्य तथा जल सीमेंट अनुपात (w/c ratio) के बीच वक्र (Curves) खींचे जाते हैं तथा उस वक्र का चयन किया जाता है जो वांछित कंक्रीट सामर्थ्य से 1.65 गुना अधिक सामर्थ्य का हो।

डिजाइन मिक्स कंक्रीट बनाने के लिये सभी घटकों (Components) की मात्रा भार (Weight) में ली जाती है। M–10 से M–50 तक कंक्रीट के ग्रेड के लिये डिजाइन मिक्स किये जा सकते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 1.5

Mix (Nominal)	Cement in Kilograms				Dry Sand (av.)	Aggregate graded (av.) 12 to 25 mm
	Machine Mixing		Hand Mixing			
	Gravel/ Shingle	Broken/ Stone	Gravel/ Shingle	Broken Stone	cu. m	cu. m
$1:1:2$	550	580	570	600	0.40	0.80
$1:1\frac{1}{2}:3$	370	390	380	400	0.42	0.84
$1:2:3$	360	380	370	390	0.54	0.81
$1:2:4$	290	310	300	320	0.45	0.90
$1:2\frac{1}{2}:5$	250	270	260	280	0.46	0.92
$1:3:6$	190	210	200	220	0.46	0.92
$1:4:8$	140	160	150	170	0.47	0.94
$1:5:10$	120	130	120	130	0.48	0.96
$1:6:12$	100	110	100	110	0.49	0.98
$1:6:18$	70	80	70	80	0.35	1.00

नोट—1. एक 50 kg सीमेंट बैग (Colour Grey) का आयतन 34.72 लीटर या 35 लीटर (या 0.035 cu. metre) तथा वजन 1440 kg/cu. m. तथा शीघ्र कठोर होने वाला (Rapid Hardening) सीमेंट का वजन 1200 kg/cu. m।

2. स्लैबों तथा बीमों में जहाँ केवल तनाव बार (Tensile Bars) प्रयोग किये जाते हैं। सरिया की मात्रा 70 kg/cu. m कंक्रीट और 110 kg जहाँ पर छल्ले (Stirrups), वितरण इस्पात (Transverse Steel), अपरूपण प्रबलन इस्पात (Shear Reinforcement) सम्मिलित है।

3. स्लैब तथा बीमों में बाँधने वाला तार (Binding Wire) 14 या 16 गेज (2 mm या 1.6 mm) की मात्रा 2 kg से 4 kg/tonnes of bars लिया जाता है।

4. कॉलम में 160 kg प्रबलन इस्पात/cu. m रखते हैं।

5. कॉलम बाँधने वाला तार $1\frac{1}{2}$ kg/tonnes of bars लिया जाता है।

सारणी 1.6—Cement Consumption Norms

S.No. 1.	Item of Work 2.	Mix	Consumption of Cement in cu. m 3.	Approximate No. of bags. 4.
1.	P.C.C. or R.C.C. with cement sand and stone ballast	$1:1^{1/2}:3$	0.29 per cu.m.	8.7
2.	–do–	1 : 2 : 4	0.225 per cu.m.	6.7
3.	–do–	1 : 3 : 6	0.15 per cu.m.	4.5
4.	–do–	1 : 4 : 8	0.115 per cu.m.	3.5
5.	–do–	1 : 5 : 10	0.095 per cu.m.	2.8
6.	–do–	1 : 6 : 12	0.075 per cu.m.	2.25
7.	First class B.W. in cement and sand mortar in	1 : 3	0.083 per cu.m.	2.5
8.	–do–	1 : 4	0.062 per cu.m.	1.8
9.	–do–	1 : 5	0.052 per cu.m.	1.6
10.	–do–	1 : 6	0.042 per cu.m.	1.3
11.	C.R. stone masonry in cement and coarse sand in	1 : 3	0.095 per cu.m.	2.9

AK TECHNICAL CLASSES

S.No. 1.	Item of Work 2.			Consumption of Cement in cu. m 3.	Approximate No. of bags. 4.
12.	–do–	1 : 4	0.08	per cu.m.	2.4
13.	–do–	1 : 5	0.07	per cu.m.	2.1
14.	–do–	1 : 6	0.06	per cu.m.	1.8
15.	R.R. Stone masonry in cement and coarse sand.	1 : 3	0.100	per cu.m.	3.0
16.	–do–	1 : 4	0.085	per cu.m.	2.6
17.	–do–	1 : 5	0.080	per cu.m.	2.4
18.	–do–	1 : 6	0.070	per cu.m.	2.1
19.	Struck pointing with cement and coarse sand.	1 : 2	0.15	per % sq.m.	4.5
20.	12 mm. thick plastering with cement & sand on brick work.	1 : 2	0.76	per % sq.m.	22.8
21.	–do–	1 : 3	0.50	per % sq.m.	15.0
22.	–do–	1 : 4	0.38	per % sq.m.	11.4
23.	–do–	1 : 5	0.30	per % sq.m.	9.0
24.	12 mm thick plasterng with cement and sand on brick work.	1 : 6	0.25	per % sq.m.	7.5
25.	–do– with cement, white lime and sand	1 : 1 : 6	0.255	per % sq.m.	7.64
26.	20 mm thick D.P.C. in cement and coarse sand.	1 : 2	0.90	per % sq.m.	27.0
27.	25 mm thick plain floor with cement coarse sand and grit in	1 : 2 : 4	0.73	per % sq.m.	22.0
28.	Same as item no. 27 above but 40 mm thick	1 : 2 : 4	1.00	per % sq.m.	29.9
29.	10 mm thick plastering with cement and sand mortar	1 : 2	0.61	per % sq.m.	18.22
30.	–do–	1 : 3	0.40	per % sq.m.	12.12
31.	–do–	1 : 4	0.30	per % sq.m.	9.07
32.	–do–	1 : 5	0.24	per % sq.m.	7.29
33.	–do–	1 : 6	0.20	per % sq.m.	6.10
34.	R.B. work with cement and coarse sand.	1 : 3	0.12	per cu.m.	3.74

Note: 1. 2% variation on each item allowable as per P.W.D. norms.
2. Volume of 1 bag of cement weighing 50 kg. shall be taken as 0.034 cum.

§ 1.6. Hooks and Bends in the Reinforcements :

(a) Length of one hook $= (4d) + [(4d + d)]$

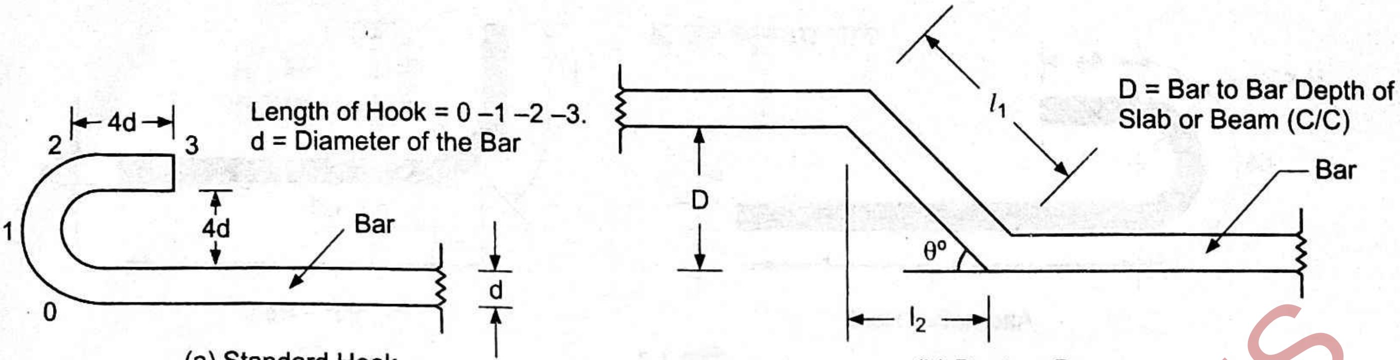
जहाँ पर $(4d + d)$ = वक्र (Curved) की लम्बाई होती है।

(b) Additional length $(l_a) = l_1 - l_2$, यह लम्बाई सरिये को θ° यानि 30° से 60° तक मोड़ने पर एक सिरे से दूसरे सिरे तक की अतिरिक्त लम्बाई ली जाती है। साधारणत: θ° = 45° लिया जाता है।

$$\therefore \quad \frac{D}{l_2} = \tan\theta \quad \text{तथा} \quad \frac{D}{l_1} = \sin\theta$$

$$\therefore \quad \text{The additional length} = \frac{D}{\sin\theta} - \frac{D}{\tan\theta}$$

AKC TECHNICAL CLASSES

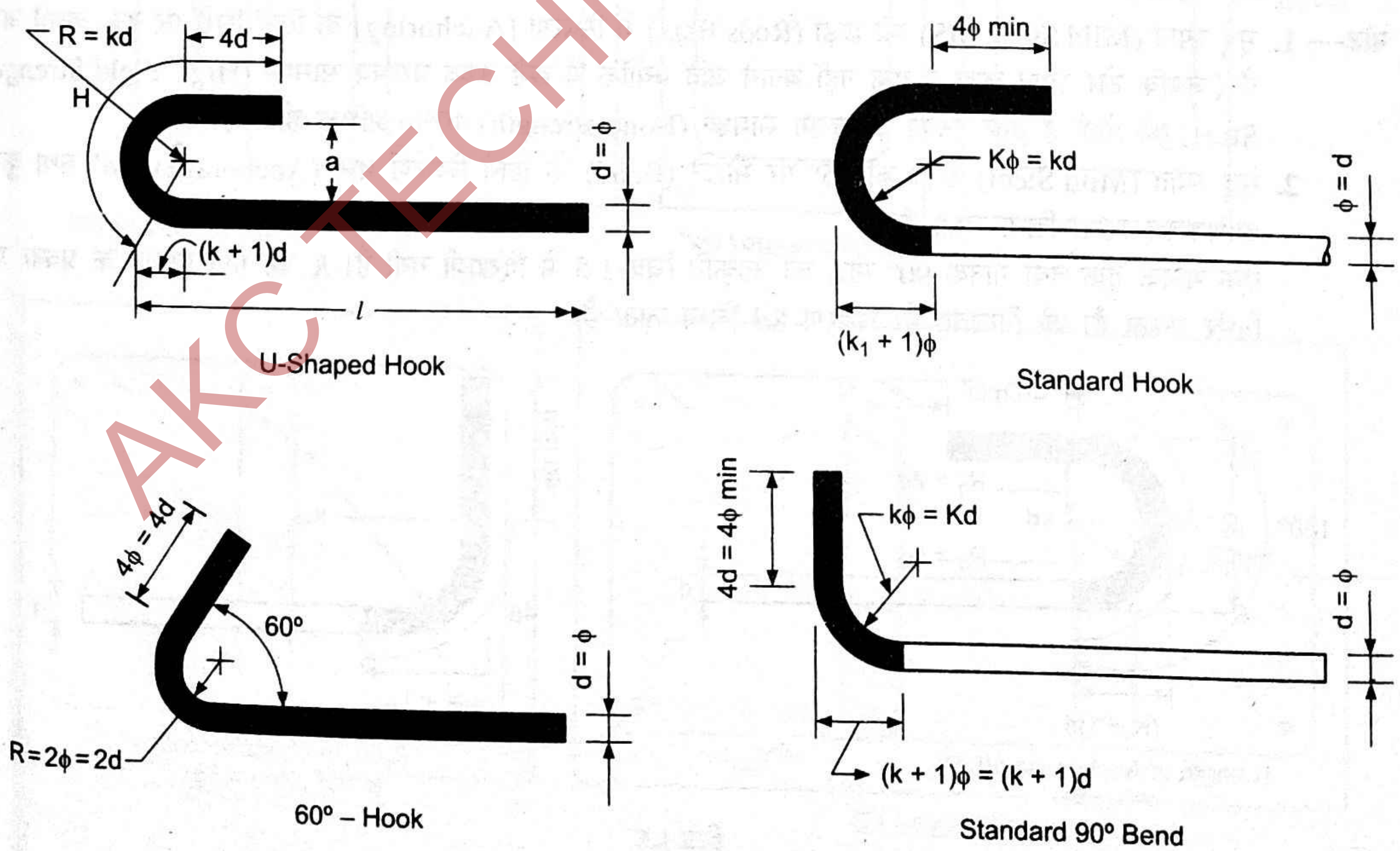


(a) Standard Hook (b) Bent-up Bar

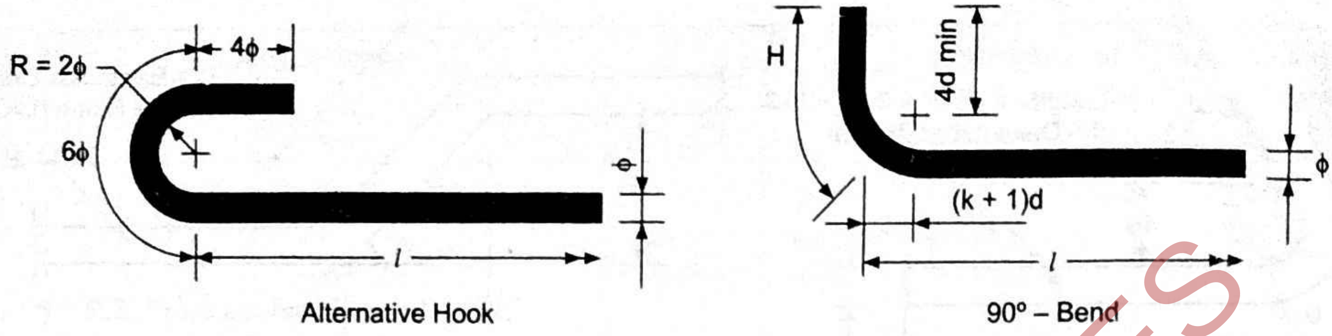
चित्र 1.2—Hooks and Bends in Reinforcement

θ (= 30°, 45° and 60°, respectively), we get different values of l_a, as given below:

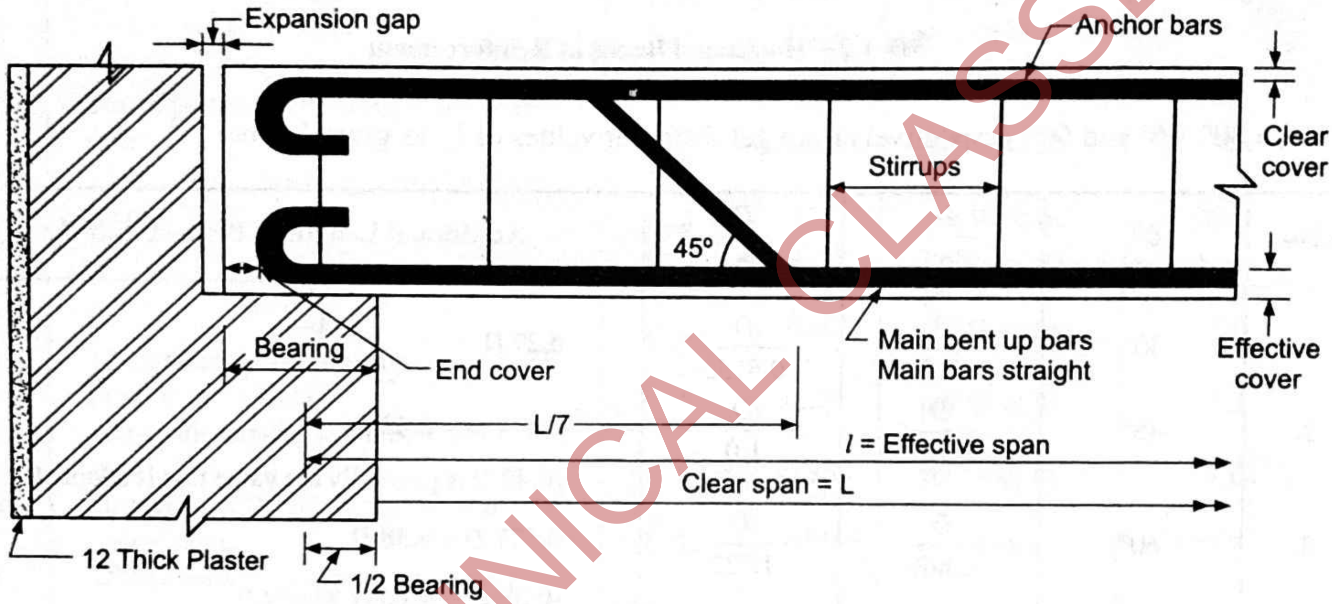
S.No.	θ°	$\frac{D}{\sin\theta}$	$\frac{D}{\tan\theta}$	Additional Length of Bent-up Bar, l_a
1.	30°	$\frac{D}{0.5}$	$\frac{D}{0.5733}$	**0.27 *D***
2.	45°	$\frac{D}{0.707}$	$\frac{D}{1.0}$	0.414 *D* ≈ **0.42 *D*** (0.42 *D* is generally the value that is adopted)
3.	60°	$\frac{D}{0.866}$	$\frac{D}{1.732}$	0.577 *D* ≈ **0.58 *D*** (0.58 *D* is usually adopted)



AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.3

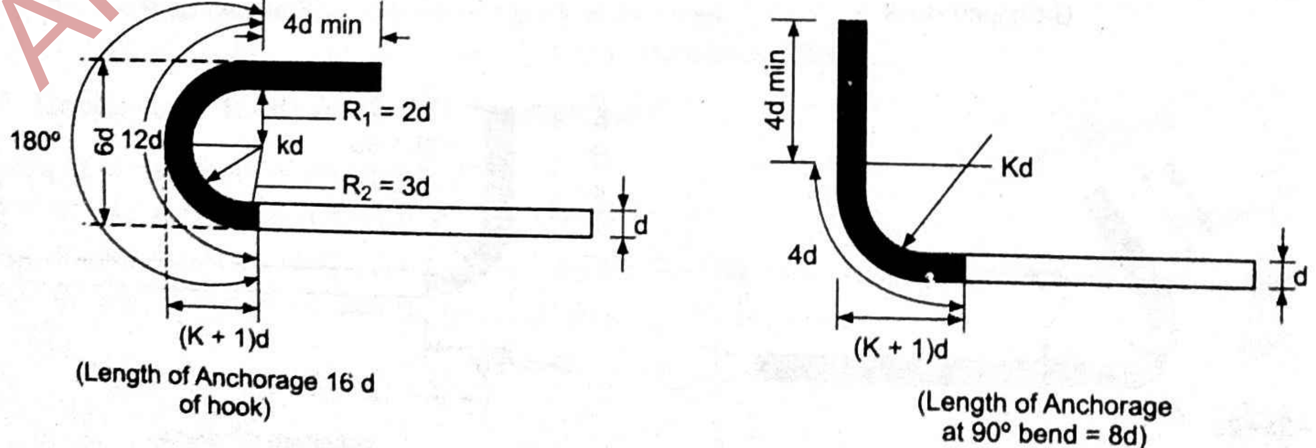


चित्र 1.4—Different Types of Hooks

नोट— 1. मृदु स्पात (Mild Steel, MS) की छड़ों (Rods Bars) में स्थिरण (Anchoring) के लिये सिरों पर हुक बनाये जाते हैं (जबकि टोर स्पात छड़ों में हुक नहीं बनाये जाते क्योंकि ये छड़ें उच्च पराभव सामर्थ्य (High Yield Strength Steel) की होती हैं और इनकी अभिलाग सामर्थ्य (Bond strength) 40% अधिक होती है।

2. मृदु स्पात (Mild Steel) छड़ों को 45° पर मोड़ने (Bend) के लिये स्थिरण मान (Anchorage) '4*d*' तथा कुल अधिकतम 16 *d* लिया जाता है।

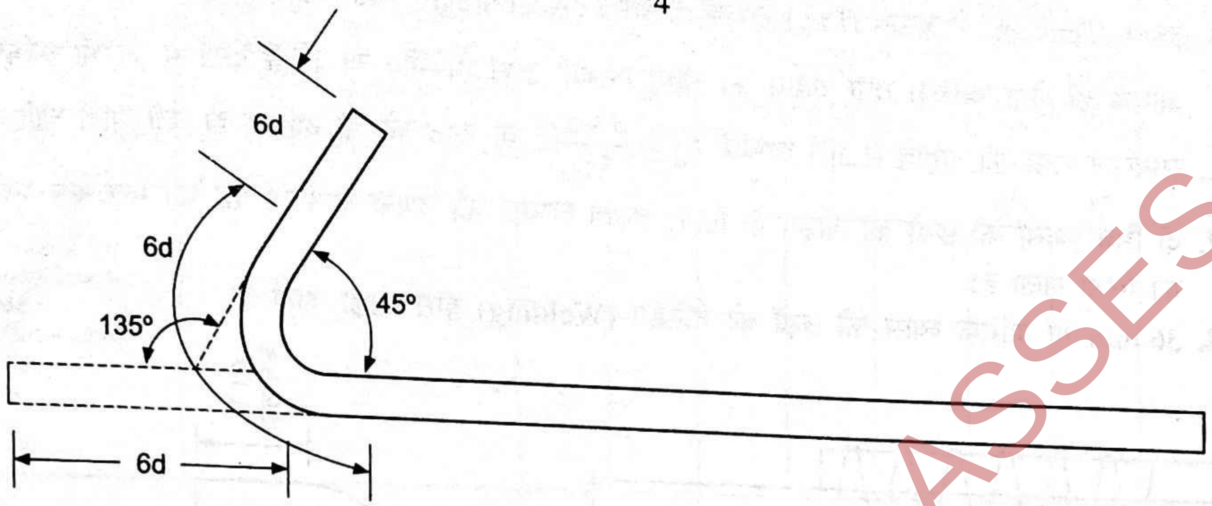
एक मानक हुक तथा मानक 90° मोड़ की आकृति चित्र 1.5 में दिखायी गयी हैं। *K* का मान इस्पात के प्रकार पर निर्भर करता है। जो निम्नवत है। स्थिरण 8*d* लिया जाता है।



चित्र 1.5

AKC TECHNICAL CLASSES

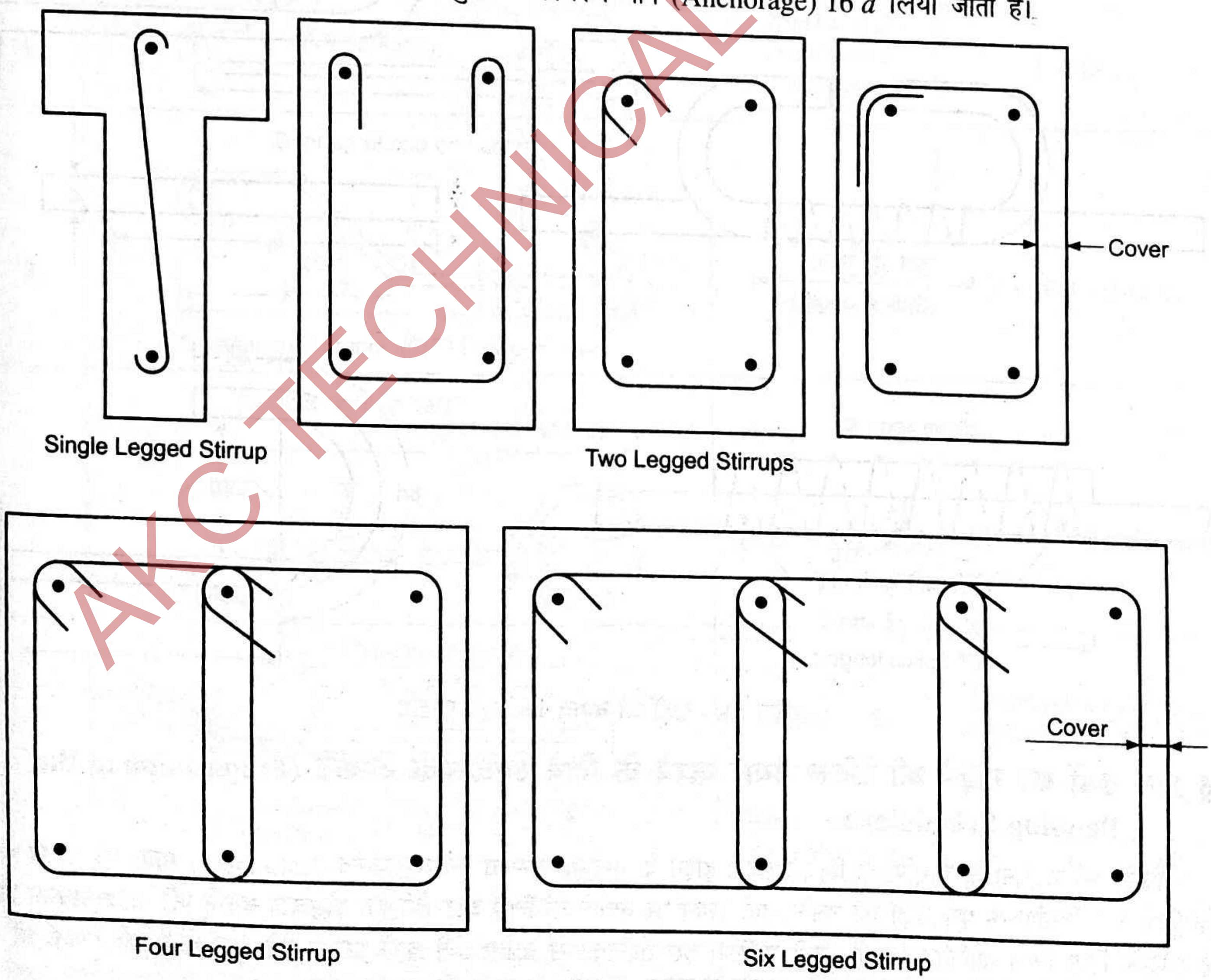
इस्पात	K का न्यूनतम मान
(i) Mild steel	2
(ii) Tor steel	4



चित्र 1.6

सभी हुक व मोड़ IS: 2502 के अनुरूप होने चाहिये।

3. 135° मोड के लिये 12*d* तथा *U* हुक का स्थिरण मान (Anchorage) 16 *d* लिया जाता है।



चित्र 1.7

AKC TECHNICAL CLASSES

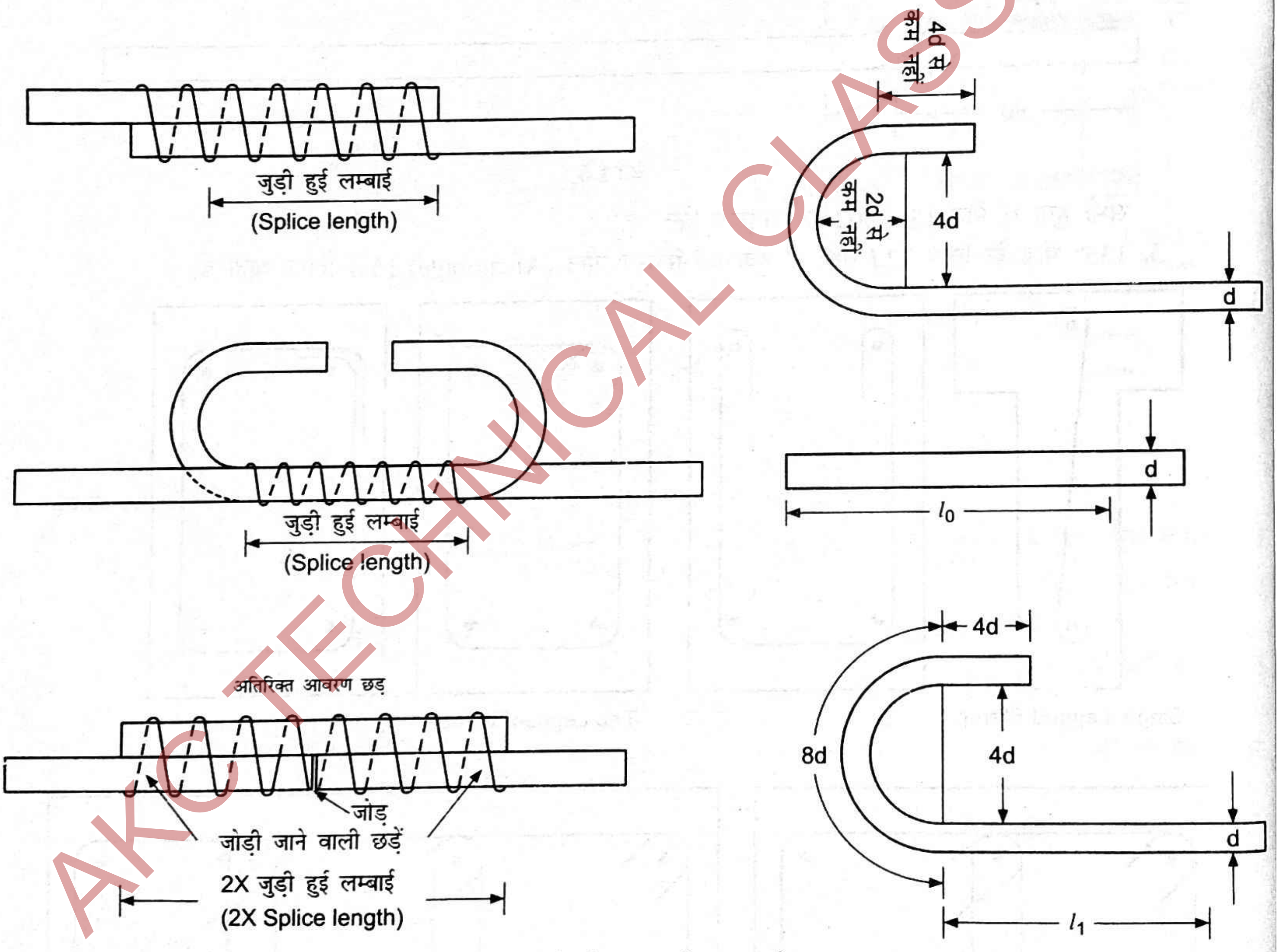
4. चढ़ावों (Overlaps) की संख्या कुल छड़ों की संख्या के 50% से अधिक नहीं होना चाहिये। ये चढ़ाव बिखरी (Staggered) स्थिति में होने चाहिये।

5. तनाव (Tension) में चढ़ाव (Lap) लम्बाई, स्थिरण (Anchorage) सहित $L_d = \dfrac{d \times \sigma_{st}}{4\tau_{bd}}$ या 30d दोनों में जो भी अधिक हो लेना चाहिये। तथा चढ़ाव की सीधी लम्बाई 200 मि०मी० या 15 d दोनों में जो भी अधिक हो।

6. सम्पीड़न छड़ों की चढ़ाव (Lap) लम्बाई $L_d = \dfrac{d \times \sigma_{st}}{5\tau_{bd}}$ या 24d जो भी अधिक हो, ली जानी चाहिये।

7. दो भिन्न व्यासों की छड़ों को जोड़ने के लिये, चढ़ाव लम्बाई की गणना के लिये 'd' का मान कम व्यास की छड़ का लिया जाता है।

8. 36 mm या अधिक व्यास की छड़ों को वैल्डिंग (Welding) द्वारा जोड़ा जाता है।



चित्र 1.8—छड़ों को चढ़ाव जोड़ द्वारा जोड़ना

§ 1.7. छड़ों को मोड़ने की टेबिल तैयार करने के लिये आवश्यक आँकड़े (Preparation of Bar Bending Schedule) :

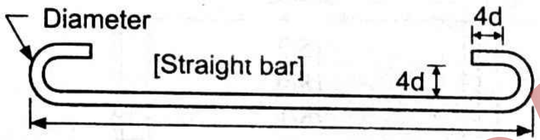
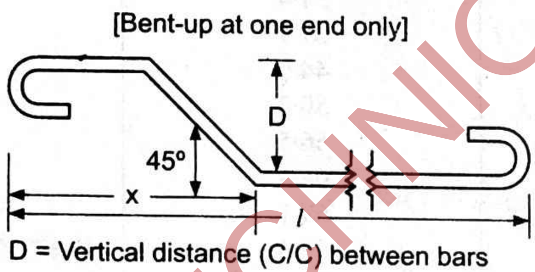
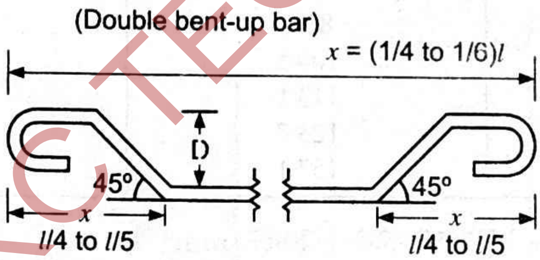
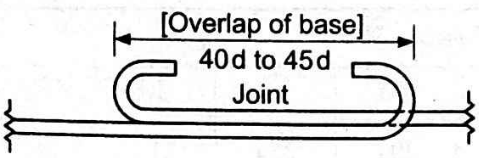
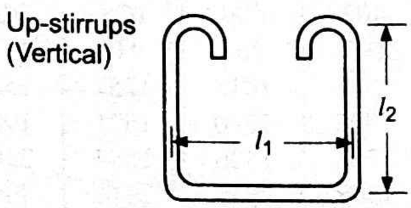
किसी भी संरचना के निर्माण के लिये उसकी ड्राइंग के अनुसार इस्पात की अनुमानित (Estimated) मात्रा की गणना करने के लिये तथा निर्माण के पूर्व छड़ों को उनके सही स्थान पर लगाने के लिये **बार वेल्डिंग शेड्यूल बनाने की आवश्यकता होती है** जिसके लिये निम्न तालिका बनायी जानी चाहिये। इस तालिका से प्रयोग होने वाले इस्पात की कुल मात्रा की गणना भी की जा सकती है।

AKC TECHNICAL CLASSES

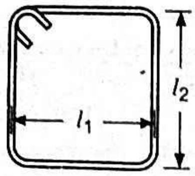
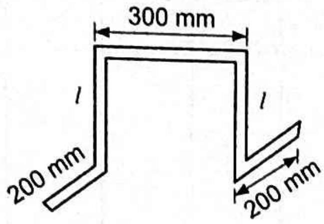
सारणी 1.7

S. No.	Type of bar	Details of Bar/Shape of Bending	Diameter of bar Round (ϕ)/Tor ($\bar{\phi}$)	Length of each bend of One Bar					No. of bars	Total length (m)	wt./m	Total wt.
				Hook	Angle of bend			Total (n)				
					90° (L)	45°	Straight portion					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Main bar											
2.	Distribution bar											
3.	Overlaps length											
	(a) Main											
	(b) Distribution											
4.	Stirrups											
5.	Rings											
6.	Chair											
7.	.... (if any)											

सारणी 1.8—Typical Bar Bending Schedule

S.No.	Details of Bar Shape/Shape of Bending	Length of Hooks	Total Length of Bar
1.		$2[9d] = 18\ d$ (both hooks together)	$[l + 18\ d]$
2.		$2(9d) = 18\ d$ (both hooks together)	$[l + 18\ d + 0.42\ D]$
3.		$2[9d] = 18\ d$ (as for above cases)	$[l + 18\ d + 2 \times 0.42\ D]$
4.		$2[9d] = 18d$	Overlap length at joint $= [(40\ d \text{ to } 45\ d) + 18\ d]$
5.		[Here, one hooks length = $14d$] $2 \times (14d) = 28\ d$	$[l_1 + 2l_2 + 28\ d]$

AKC TECHNICAL CLASSES

S.No.	Details of Bar Shape/Shap of Bending	Length of Hooks	Total Length of Bar
6.		$2(12d) = 24\ d$	$[2(l_1 + l_2) + 24\ d]$
7.		$200 + 200 + 300 + 2l$	$700 + 2l$
8.	Any other shape.		

सारणी 1.9—गोल छड़ों का विवरण (Round Bars) इस्पात का घनत्व-7850 किग्रा/मी³

व्यास (mm)	क्षेत्रफल (mm^2)	परिधि (mm)	प्रति मी० लम्बाई का भार (kg)
5	20	15·7	0·15
6	28	18·9	0·22
8	50	25·1	0·39
10	79	31·4	0·62
12	113	37·7	0·89
14	154	44·0	1·21
16	201	50·3	1·58
18	255	56·5	2·00
20	314	62·8	2·47
22	380	69.1	2·98
24	453	75·4	3·55
25	491	78·5	3·85
28	616	88·0	4·83
32	805	100·5	6·31
36	1018	113·1	7·99
40	1257	125·7	9·86
50	1964	157·1	15·41

सारणी 1.10—गोल छड़ों के समूह का काट-क्षेत्रफल (mm^2 में)

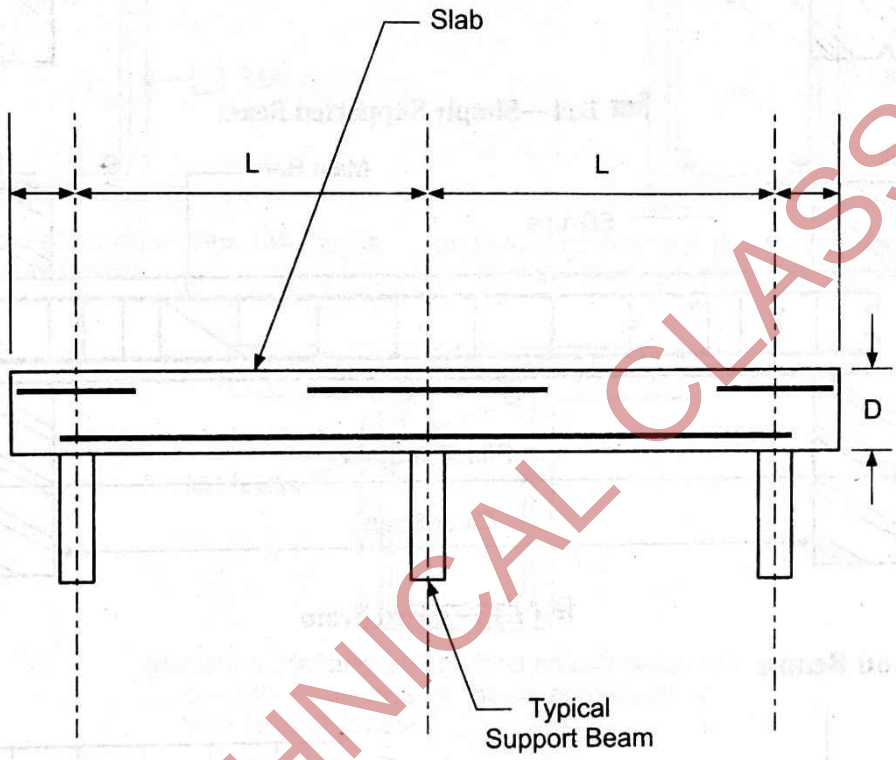
छड़ों की संख्या	छड़ का व्यास (mm में)									
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25
1	28	50	79	113	154	201	254	314	380	452	491
2	56	100	157	226	308	402	509	628	760	905	982
3	84	151	236	339	462	603	763	942	1140	1357	1473
4	113	201	314	452	616	804	1018	1257	1521	1810	1963
5	141	251	393	565	770	1005	1270	1571	1901	2262	2524
6	169	301	471	678	924	1206	1526	1884	2281	2714	2945
8	226	402	628	905	1232	1608	2036	2514	3041	3619	3927
10	282	503	785	1131	1539	2011	2545	3142	3801	4524	4909

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.8. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट खण्ड़ों के अभिकल्पन (Design of R.C.C. Members/Components):

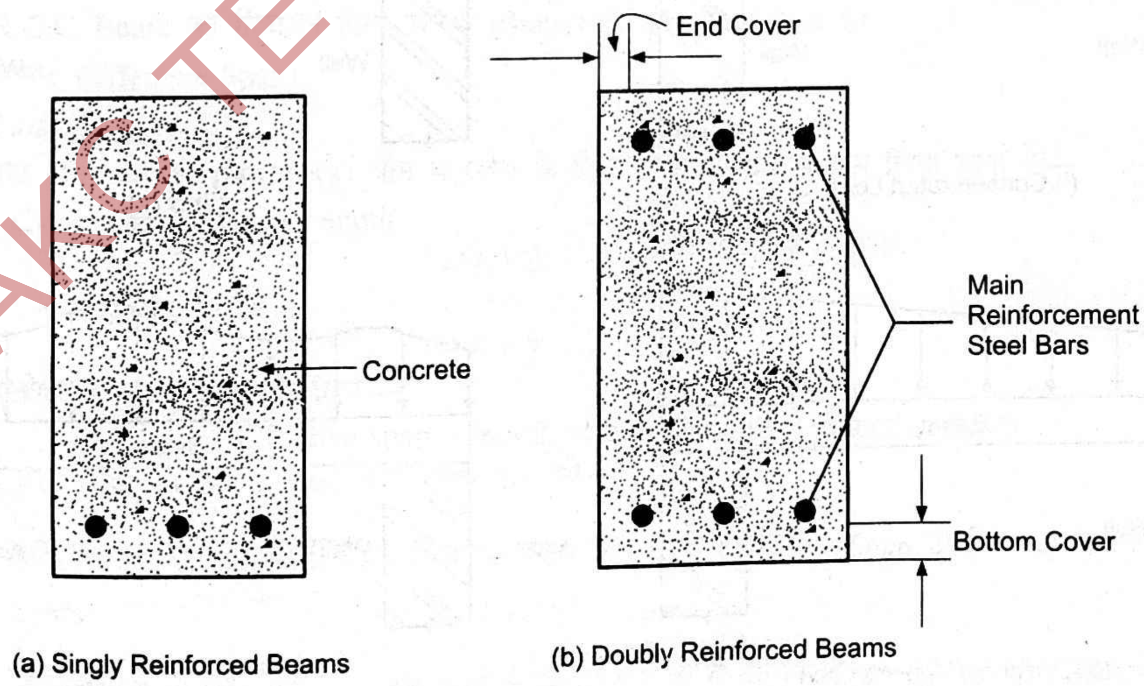
धरन (Beam), टी धरन (T-Beam), लिन्टल (Lintel), स्लैब (Slab) तथा स्तम्भ (Column) के डिजाइन, कोड़ IS 456-2000 के अनुसार निम्न प्रकार ड्राइंगों के सहित दिये गये हैं। इस कोड़ के अनुसार S.I. प्रणाली को ही अपनाया गया है।

धरन (Beam)—बीम संरचना का एक क्षैतिज घटक होता है जो अनुप्रस्थ भार को ले जाता है। बीम सेक्शन में आयताकार होती है। बीम पर फ्लोर (Floor) स्लैब या रुफ (Roof) स्लैब टीकी होती है। बीम सभी भारों को (स्वयं के भार सहित) स्तम्भों या दीवारों पर स्थानान्तरित करती है।



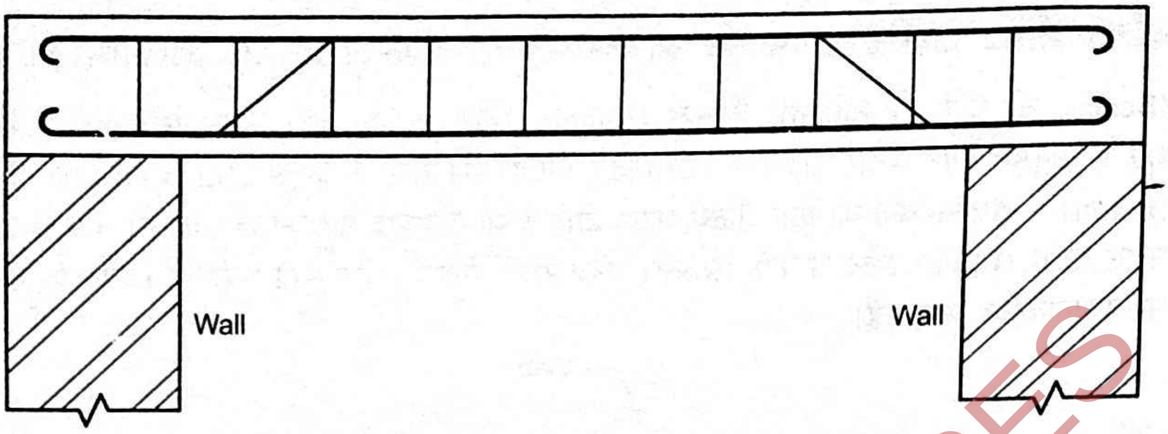
चित्र 1.9—Beam Profile

RCC Beams—X-Sections

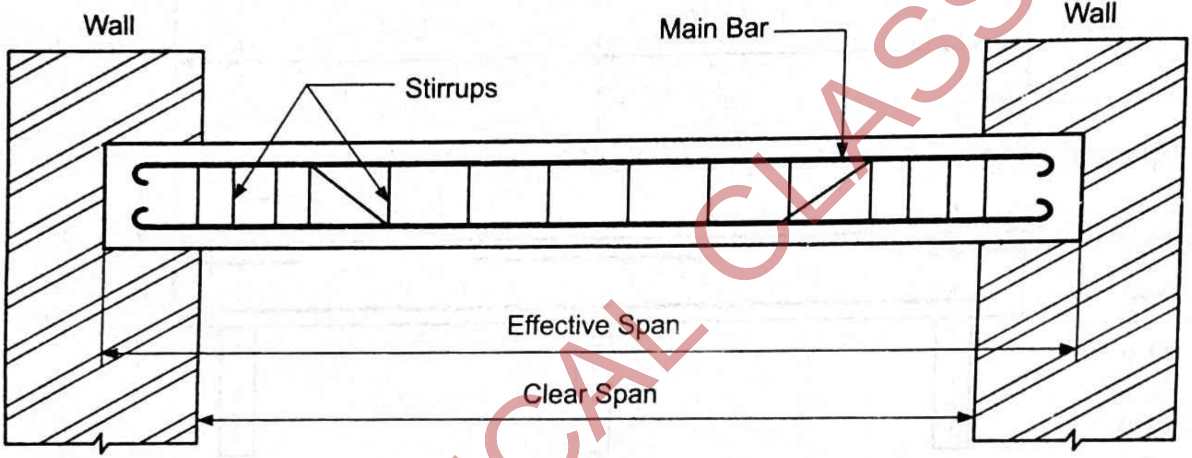


चित्र 1.10

AKC TECHNICAL CLASSES

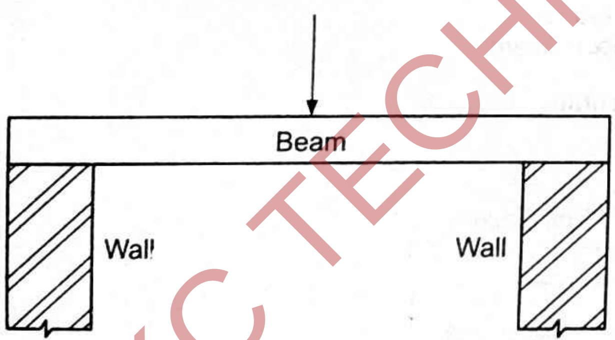


चित्र 1.11—Simply Supported Beam

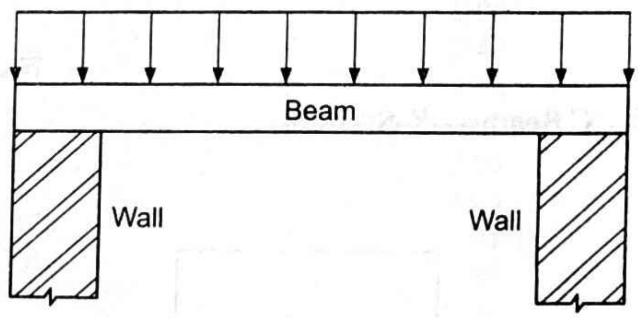


चित्र 1.12—Fixed Beam

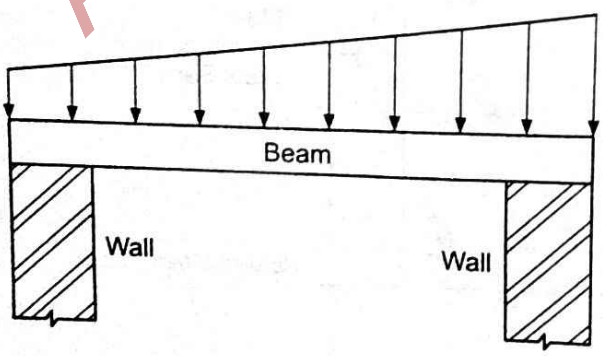
Types of Loading on Beams



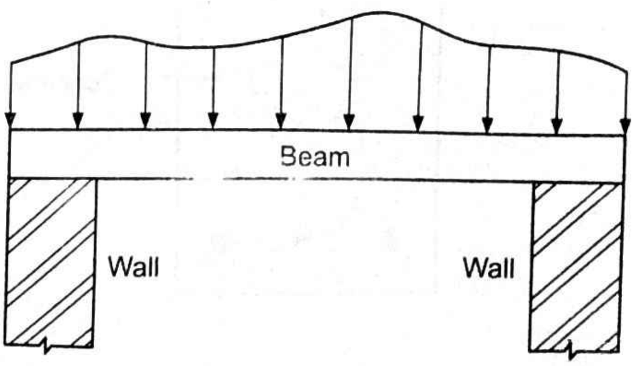
(i) Concentrated Load



(ii) U.D.L.



(iii) Uniformly Varying Load



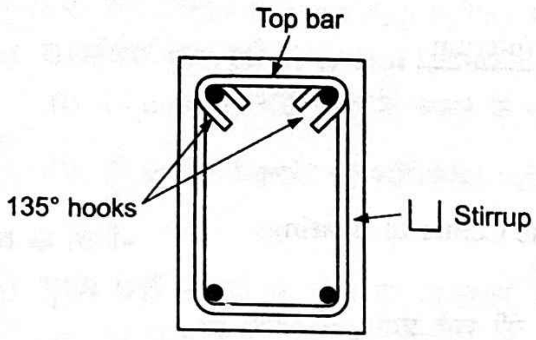
(iv) Arbitrary Loading

चित्र 1.13

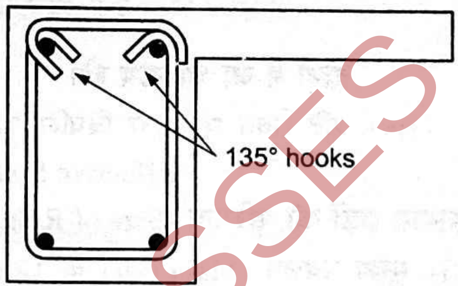
AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.9. Stirrups for Shear and Torsion :

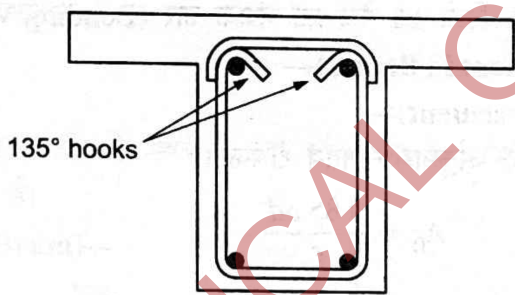
बीम की अपरूपण (Shear) व ऐंठन (Torsion) के लिये छल्ले (Stirrups) निम्न आकार में डिजाइन किये जाने चाहिये।



(a) No confining concrete either side—thus 135° hooks needed for both ends of top bar.



(b) Lateral confinement provided by slab on right-hand side thus 90° hook permissible for top bar on that side.



(c) Lateral confinement provided on both sides by concrete slab—thus 90° hooks permissible at both ends of top bar.

चित्र 1.14

§ 1.10. प्रबलित कंक्रोट-धरनों की अभिकल्पन विधि (Design Procedure of R.C.C. Beams):

Singly R.C.C. Beam का डिजाइन निम्न स्टैपस (Steps) के द्वारा किया जाता है।

1. प्रभावी पाट (Effective Span)

2. भार (Loads)

प्रभावी पाट (Effective Span)—(a) बीम व स्लैब के लिये निम्न में कम से कम लिया जाता है—

(i) Clear span + effective depth

$$l = L + d$$

(ii) Clear span + width

$$l = L + b$$

(b) कैन्टीलीवर बीम तथा स्लैब के लिये—

Effective span = length of over hanging + effective depth

(c) सतत धरन (Continuous Beam) तथा स्लैब के लिये—

(i) यदि Width, $\frac{\text{Clear Span}}{12}$ के बराबर या उससे कम है तो Effective Span उपरोक्त (a) के अनुसार लिया जायेगा।

(ii) यदि Width, $\frac{\text{Clear Span}}{12}$ or 600 mm में जो भी कम हो से अधिक है तब (i) एक सिरा फिक्सड (Fixed) तथा दूसरा सतत् (Continuous) है।

Effective Span = Clear Span

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii) यदि एक सिरा शुद्धालम्बित है तथा दूसरा सतत्

$$\text{Effective Span} = \text{Clear Span} + \frac{\text{Effective depth}}{2}$$

$$\text{or Clear span} + \frac{\text{width of last fulcrum}}{2}$$

दोनों में जो भी कम हो।

(iv) यदि रोकर या रोलर बियरिंग हो तो—

Effective Span = Distance between the Centre of Bearings

इस्पात छड़ों की परिमाप (Size of Reinforcement Bars)—

(i) मुख्य प्रबलन (Main Bar) के 12 mm व इससे अधिक व्यास की छड़ें प्रयोग की जाती हैं।

(ii) 6 mm से 12 mm व्यास की छड़ें सामान्यत: वितरक (Distribution), उद्ग छल्लों (Vertical Stirrups) तथा बन्धक (Anchor) छड़ों के रूप में प्रयोग की जाती है।

(iii) छड़ों के जाल बनाने व बाँधने के लिये 16 गेज का बंधक तार (Bending Wire) प्रयोग किया जाता है।

बीम में प्रबलन इस्पात (Reinforcement in Beams)—

(a) तनन प्रबलन (Tensile Reinforcement)—

(i) **न्यूनतम**—IS 426-2000 के अनुसार न्यूनतम क्षेत्रफल,

$$A_0 = \frac{0.85\, bd}{f_y}$$

A_0 = Area of tensile reinforcement in mm^2

f_y = Strength of reinforcement N/mm^2 में

b, d = Width and effective depth of beam

(ii) **अधिकतम**— $A_0 = 0.04\, bD$

D = Total depth of section

(b) **अधिकतम सम्पीडन प्रबलन (Compression Reinforcement)**—यह भी 0.04 bD से अधिक नहीं होना चाहिये। तथा 0.2% न्यूनतम नीचे की झुकाव के लिये रखा जाता है।

नोट—उदग्र छल्लें (Vertical Stirrups) न्यूनतम 8 mm ϕ में साइड़ के भार प्रतिरोध के लिये प्रयोग करने चाहिये तथा हुक (Hooks) को 135° पर मोडना चाहिये।

शुद्ध आवरण (Clear Cover)

(i) बीम की तली में 25 mm या मुख्य छड़ (Main Bar) का व्यास जो भी अधिक हो।

(ii) स्लैब के लिये शुद्ध आवरण 15 mm या मुख्य छड़ का व्यास जो भी अधिक हो।

(iii) 200 mm व्यास के स्तम्भ जिनमें 12 mm व्यास तक की छड़ें प्रयोग की जाती हैं उनमें शुद्ध आवरण 25 mm रखा जाता है तथा अन्यथा मामलों में 40 mm रखा जाता है।

(iv) प्रतिधारक दीवारों (Retaining Walls) व कंक्रीट के ऐसे घटक (Component) जो मिट्टी, समुद्री जल के सम्पर्क में रहते हैं वहाँ आवरण 15 mm से 50 mm तक अधिक लिया जा सकता है। आवरण की अधिकतम मोटाई 75 mm होनी चाहिये।

छड़ो का अन्तराल (Spacing)—IS 456-2000 के अनुसार अन्तराल निम्न प्रकार होना चाहिये।

1. बीम के लिये—

(a) **क्षैतिज (Horizontal)**—अन्तराल दो समानान्तर मुख्य छड़ों के बीच क्षैतिज दूरी निम्न में जो भी अधिक हो, से कम नहीं होनी चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

(i) समान व्यास की छड़ों के लिये छड़ के व्यास के बराबर।
(ii) छोटे-बड़े व्यास की छड़ों की स्थिति में बड़े व्यास की छड़ के बराबर।
(iii) मोटे मिलावे (Coarse Aggregate) की अधिकतम माप से 5 mm अधिक रखते हैं।

(b) ऊर्ध्वाधर/उदग्र दूरी (Vertical Distance)—निम्न में से अधिकतम से कम नहीं होनी चाहिये।
(i) 15 mm (ii) बड़ी छड़ के व्यास के बराबर
(iii) $\frac{2}{3}\times$ मोटे मिलावे की अधिकतम माप।

2. स्लैब के लिये–

(a) मुख्य छड़ों—छड़ों के बीच का अन्तराल, निम्न में से जो भी कम हो से अधिक नहीं होना चाहिये।
(i) $3d$ यानि $3\times$ स्लैब की मोटाई
(ii) 300 mm

(b) वितरण छड़ों—छड़ों के बीच का अन्तराल निम्न में से जो भी कम हो से अधिक नहीं होना चाहिये।
(i) $5d$ यानि $5\times$ स्लैब की मोटाई
(ii) 450 mm

2. भार (Loads)—

(A) बीम का स्वयं भार (Dead Load)—बीम के स्वयं के भार की गणना के लिये बीम सेक्शन को निम्न आधार पर मानते हुये भार की गणना की जा सकती है।

(a) बीम की गहराई (Depth of Beam)—

(i) हल्के भार के लिये $\frac{\text{पाट}}{15}$ से $\frac{\text{पाट}}{20}$

(ii) मध्यम भार के लिये $\frac{\text{पाट}}{10}$ से $\frac{\text{पाट}}{20}$

(iii) भारी भार के लिये $\frac{\text{पाट}}{5}$ से $\frac{\text{पाट}}{10}$

(b) बीम की चौड़ाई (Width of Beam)—गहराई का $\frac{1}{3}$ से $\frac{2}{3}$ अतः गहराई व चौड़ाई ज्ञात होने पर बीम का भार/m लम्बाई की गणना की जा सकती है।

(B) बीम पर चल भार (Live Load)—विभिन्न श्रेणी के भवनों पर चल भार के मान IS : 875 के अनुसार लिये जायें। आवासीय भवन, फ्लैट, अस्पताल के वार्ड, होस्टलस (Hostels) के लिये न्यूनतम 200 kg/m^2 लिया जाता है। लेकिन न्यूनतम कुल चल भार स्लैब के लिये प्रति पैनल 2.5 गुने तथा बीम के लिये 6 गुने से कम नहीं लिया जायेगा।

(C) बीम पर सम्पूर्ण भार/मी० लम्बाई

कुल भार = बीम का स्वयं का भार (Dead Load) + चल भार (Live Load)

3. अधिकतम नमन आघूर्ण (Maximum B.M.)

$$\text{U.D.L. के लिये B.M.} = \frac{wl^2}{8}\ \text{kg-m}$$

$$= \frac{wl^2}{8}\times 10^4\ \text{N-mm} \qquad [10\ \text{N} = \text{kg}]$$

w = U.D.L. kg/m

l = Effective span (m)

4. (i) उदासीन अक्ष (Neutral Axis)

$m = 13$

$\sigma_{cbc} = 7\ \text{N/mm}^2$

$\sigma_{st} = 140\ \text{N/mm}^2$

$$x = \frac{m \cdot \sigma_{cbc} \times d}{m \cdot \sigma_{cbc} + \sigma_{st}}$$

$$x = 0.394\ d$$

(ii) उत्तोलक भुजा (Lever Arm) $z = 0.869\ d$ $\left[z = 1 - \frac{x}{3}\right]$

(iii) प्रतिरोधी आघूर्ण (Moment of Resistance)

$$Mr = 1.2\ bd^2$$

विभिन्न ग्रेड की कंक्रीट के लिये प्रमुख गुणाकों के मान सारणी 1.11 में दिये गये हैं।

5. प्रभावी गहराई (Effective Depth)

$$d = \sqrt{\frac{M_r}{1.2 b}}$$

6. प्रबलन इस्पात (Reinforcement Steel)

$$\text{Area of tensile steel} = A_{st} = \frac{M_r}{\sigma_{st} \times z}$$

7. जाँच (Checks)—**(a)** न्यूनतम तनन इस्पात के लिये जाँच—

$$A_{st} \not< A_0$$

$$A_0 = \frac{0.85 bd}{f_y}$$

(b) कर्तन प्रबलन जाँच (Shear Reinforcement)

(i) अधिकतम कर्तन बल $V = \frac{w \times L}{2}$ (L = clear span)

(ii) नॉमिनल कर्तन बल $T_v = \frac{V}{bd}$

(iii) खण्ड में तनन इस्पात का प्रतिशत, $p_s = \frac{100 \times A_{st}}{bd}$

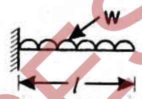
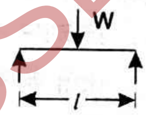
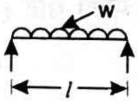
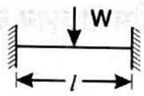
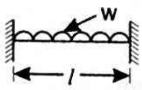
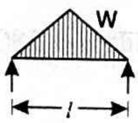
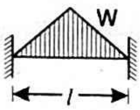
कंक्रीट के ग्रेड व इस्पात प्रतिशत के आधार पर सम्बन्धित टेबिल में दिये गये मानों से कर्तन सामर्थ्य तथा अधिकतम अनुमत (Permissible) कर्तन प्रतिबल की गणना करना चाहिये।

सारणी 1.11—विभिन्न ग्रेड की कंक्रीट के लिये प्रमुख गुणांकों के मान

कंक्रीट का ग्रेड	कंक्रीट की सामर्थ्य N/mm^2	अनुमत प्रतिबल σ_{cbc} N/mm^2	मापांक अनुपात $m = \frac{280}{3\sigma_{cbc}}$	उदासीन अक्ष गुणांक $x_1 = \frac{m\sigma_{cbc}}{m\sigma_{cbc} + \sigma_{st}}$	उत्तोलक भुजा गुणांक $z = 1 - \frac{x}{3}$	प्रतिरोध आघूर्ण गुणांक $Q = \frac{1}{2}\sigma_{cbc}x$
M 10	10	3	31	0.399	0.867	0.52
M 15	15	5	18	0.391	0.870	0.85
M 20	20	7	13	0.394	0.869	1.20
M 25	25	8.5	11	0.400	0.867	1.47
M 30	30	10	9	0.391	0.870	1.70
M 35	35	11.5	8	0.397	0.868	1.98
M 40	40	13	7	0.394	0.869	2.23

AKC TECHNICAL CLASSES

सारणी 1.12—कर्तन, बंकन व विक्षेप गुणांक

Max S.F.	Max B.M.	Max Deflection	Loading
(i) W	Wl	$\frac{Wl^3}{3EI}$	
(ii) wl	$\frac{wl^2}{2}$	$\frac{Wl^3}{8EI}$	
(iii) $\frac{W}{2}$	$\frac{Wl}{4}$	$\frac{Wl^3}{48EI}$	
(iv) $\frac{wl}{2}$	$\frac{wl^2}{8}$	$\frac{5Wl^3}{384EI}$	
(v) $\frac{W}{2}$	$\frac{Wl}{8}$	$\frac{Wl^3}{192EI}$	
(vi) $\frac{wl}{2}$	$\frac{wl^2}{12}$	$\frac{WL^3}{384EI}$	
(vii) $\frac{W}{2}$	$\frac{Wl}{6}$	$\frac{Wl^3}{60EI}$	
(viii) $\frac{W}{2}$	$\frac{5Wl}{48}$	$\frac{1.4Wl^3}{384EI}$	

जहाँ w = धरन की प्रति मीटर लम्बाई में भार

W = धरन की सम्पूर्ण लम्बाई में कुल भार, l = पाट

क्षेत्रफल (Areas)

(a) त्रिभुज (Triangle)—

(i) समकोण $= \frac{1}{2} \times$ आधार $\times$ शीर्ष लम्ब

(ii) समबाहु $= 0.433 \times$ (भुजा)^2

(iii) अन्य $= \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$

जहाँ $s = \frac{a+b+c}{2}$, a, b, c त्रिभुज की भुजायें हैं।

(b) वृत्त (Circle)—

(i) परिधि $= \pi D = 2\pi R$

(ii) क्षेत्रफल $= \frac{\pi D^2}{4} = \pi R^2 = 0.7854\, D^2$

यहाँ D = व्यास, R = त्रिज्या, $\pi = 3.1416$

AKC TECHNICAL CLASSES

(c) परवलय (Parabola)—

$$\text{क्षेत्रफल} = \text{आधार} \times \left(\frac{2}{3}\,\text{ऊँचाई}\right)$$

द्विघातीय समीकरण (Quadratic Equation)

$$ax^2 + bx + c = 0 \quad \therefore \quad x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

उदाहरण 1.1: 6 n. के शुद्ध पाट (Clear Span) के लिये आयताकार एकल प्रबलित कंक्रीट बीम (Simply Supported) का डिजाइन तथा ड्राइंग कीजिये। बीम पर 15,000 N/m चल भार आ रहा है। आलम्ब (Support) की चौड़ाई 400 mm है और $\sigma_{cbc} = 7\ \text{N/mm}^2$, $\sigma_{st} = 140\ \text{N/mm}^2$, $m = 13$, तथा R.C.C. का घनत्व 25,000 N/m³

हल : (i) प्रभावी पाट (Effective Span)—

$$= 6\ \text{m} + 400\ \text{mm}$$
$$= 6.4\ \text{m}$$

(ii) बीम सेक्शन की माप—

$$\text{गहराई (Depth)} = \frac{\text{पाट}}{10} = \frac{6.4}{10} = 0.64\ \text{m}$$

तथा $\frac{6.4}{11} = 0.581\ \text{m}$ लगभग 0.58 m

अत: $d = 580$ mm मान लिया गया है।

$$\text{चौड़ाई (Width)} = \text{गहराई} \times \left(\frac{1}{3}\ \text{से}\ \frac{2}{3}\right)$$ अत: चौड़ाई = गहराई × $\frac{1}{2}$ लेने पर

$$b = \frac{580}{2} = 290 \text{ लगभग } 280\ \text{mm}$$

अत: सेक्शन की माप = $b \times d = 280 \times 580$ mm

(iii) बीम पर भार/*m*—

(a) चल भार = 15000 N

(b) स्वयं का भार = $0.58 \times 0.28 \times 2500$

$$= 4060\ \text{N}$$

कुल भार = 15000 + 4060 = 19060 N या लगभग 19,000 N = 1900 kg/m

(iv) अधिकतम B.M.—

$$M = \frac{wl^2}{8} = \frac{1900 \times (6.4)^2}{8}$$
$$= 9728\ \text{kg-m}$$
$$= 9728 \times 10^4\ \text{N-mm}$$

(v) उदासीन अक्ष (Neutral Axis)

$$x = \frac{m \cdot \sigma_{cbc} \times d}{m\,\sigma_{cbc} + \sigma_{st}}$$
$$= 0.394\,d$$

(vi) प्रतिरोधी आघूर्ण (Moment of Resistance)—

$$M_r = b \cdot x \cdot \frac{\sigma_{cbc}}{2}\left(d - \frac{x}{3}\right)$$

AKC TECHNICAL CLASSES

$$= b \times \frac{0.394\,d}{2} \times 7\left(d - \frac{0.394\,d}{3}\right)$$

$$= 1.2\ bd^2$$

दोनों B.M. बराबर होने चाहिये

$$\therefore \quad 1.2\ bd^2 = 9728 \times 10^4$$

$$1.2 \times 280\ d^2 = 9728 \times 10^4$$

$$d = \sqrt{\frac{9728 \times 10^4}{1.2 \times 280}}$$

$$= 538 \text{ mm}$$

यदि इसमें तली का प्रभावी आवरण जोड़ दिया जाये तो बीम की कुल गहराई = 538 mm + 40 mm

= 578 mm

गहराई लगभग = 580 mm

अत: यह गहराई मानी गयी गहराई के बराबर है।

अब प्रभावी गहराई = 580 – 40

= 540 mm

(vii) तनन प्रबलन का क्षे०फ० (Area of Tensile Reinforcement)

$$A_{st} = \frac{M_r}{\sigma_{st} \times z} = \frac{9728 \times 10^4}{140 \times 0869 \times 540}$$

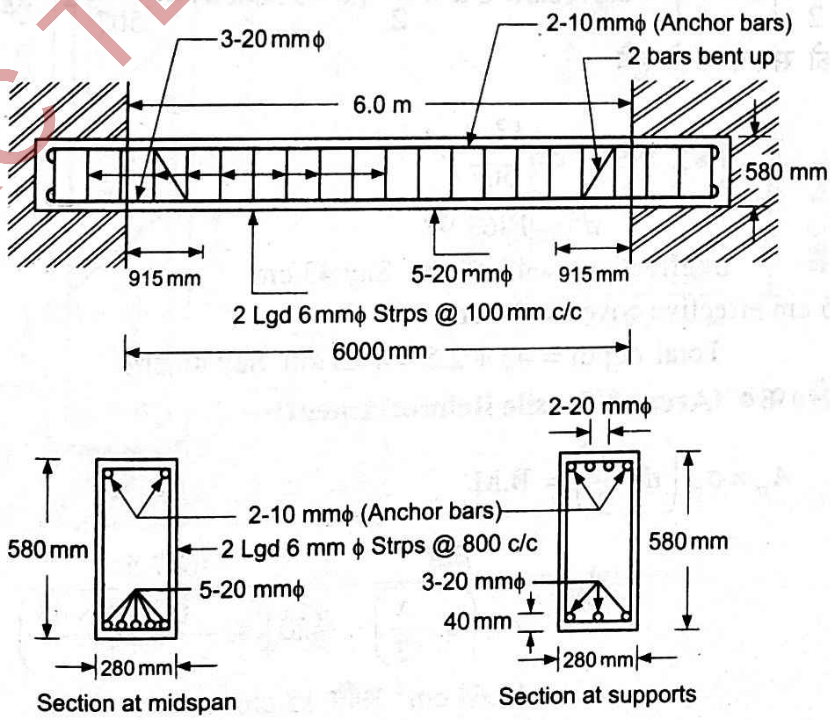
$$= 1480 \text{ mm}^2$$

$$20 \text{ mm } \phi \text{ छड़ों की संख्या} = \frac{A_{st}}{a_{st}} = \frac{1480}{314} = 4.71 \text{ यानि 5 छड़ें}$$

यदि इनके बीच में 20 mm अन्तराल रखे और दोनों का कवर 25 mm छोड़ें तो छड़ों को एक पंक्ति में डालने के लिये बीम की आवश्यक न्यूनतम चौड़ाई = 2 × 25 + 5 × 20 + 4 × 20

= 230 mm

अत: बीम की 280 mm चौड़ाई में 5 छड़ें एक लाइन में डाली जा सकती हैं।



चित्र 1.15

उदाहरण 1.2 : 5 mm के प्रभावी पाट (Effective Span) के लिये आयताकार एकल आर०सी०सी० बीम (Simply Supported) का डिजाइन तथा ड्राईंग कीजिये। जिस पर स्वयं के भार के साथ 15,000 N/m चल भार आर रहा है। आलम्ब की चौड़ाई (Support) 400 mm है। और $\sigma_{cbc} = 5 \text{ N/mm}^2$, $\sigma_{st} = 120 \text{ N/mm}^2$ तथा $m = 15$ दिया गया है।

हल : दिया है—

(i) Effective span = 5.0 m
(ii) Load = 15,000 N/m
(iii) $\sigma_{st} = 120 \text{ N/mm}^2, \sigma_{cbc} = 5 \text{ N/mm}^2$
(iv) $m = 15$

(a) **अधिकतम B.M.** $= \dfrac{wl^2}{8} = \dfrac{1500 \times 5^2}{8} = 4687.5$ kg-m

(b) **बीम का सेक्शन,** गहराई $= \dfrac{l}{10} = \dfrac{5}{10} = 0.5 \text{ m} = 500 \text{ mm}$

अत: $d = 500$ mm मान लिया गया

$$\text{चौड़ाई, } b = \frac{500 \times 2}{3} = \text{लगभग } 333 \text{ mm}$$

अत: $b = 300$ mm मान लिया गया

अत: सेक्शन की माप 300 × 500 mm.

(c) **उदासीन अक्ष** (N.A.)—सेक्शन को सन्तुलित मानते हुये

$$\frac{\sigma_{cbc}}{\sigma_{st}} = \frac{x}{(d-x)\,m} \text{ या } \frac{5}{120} = \frac{x}{\left(d - \frac{x}{15}\right)}$$

$x = 0.3846\,d$ तथा lever arm $z = 1 - 0.3846\,d = 0.6154\,d$

(d) $\text{MR} = b \times x \times \dfrac{\sigma_{cbc}}{2}\left(d - \dfrac{x}{3}\right) = 0.3 \times 0.3846\,d \times \dfrac{50}{2}\,(d - 0.3846d) = \dfrac{1275}{507}d^2$ kg-m

B.M. तथा MR को समान करते हुये

$$4687.5 = \frac{1275}{507}d^2$$

$$d^2 = 1863.97$$

d (effective) = 43.17 cm Say 43 cm

Add 2.5 cm effective cover = 2.5 cm

Total depth = 43 + 2.5 = 45.5 cm Say 46 cm

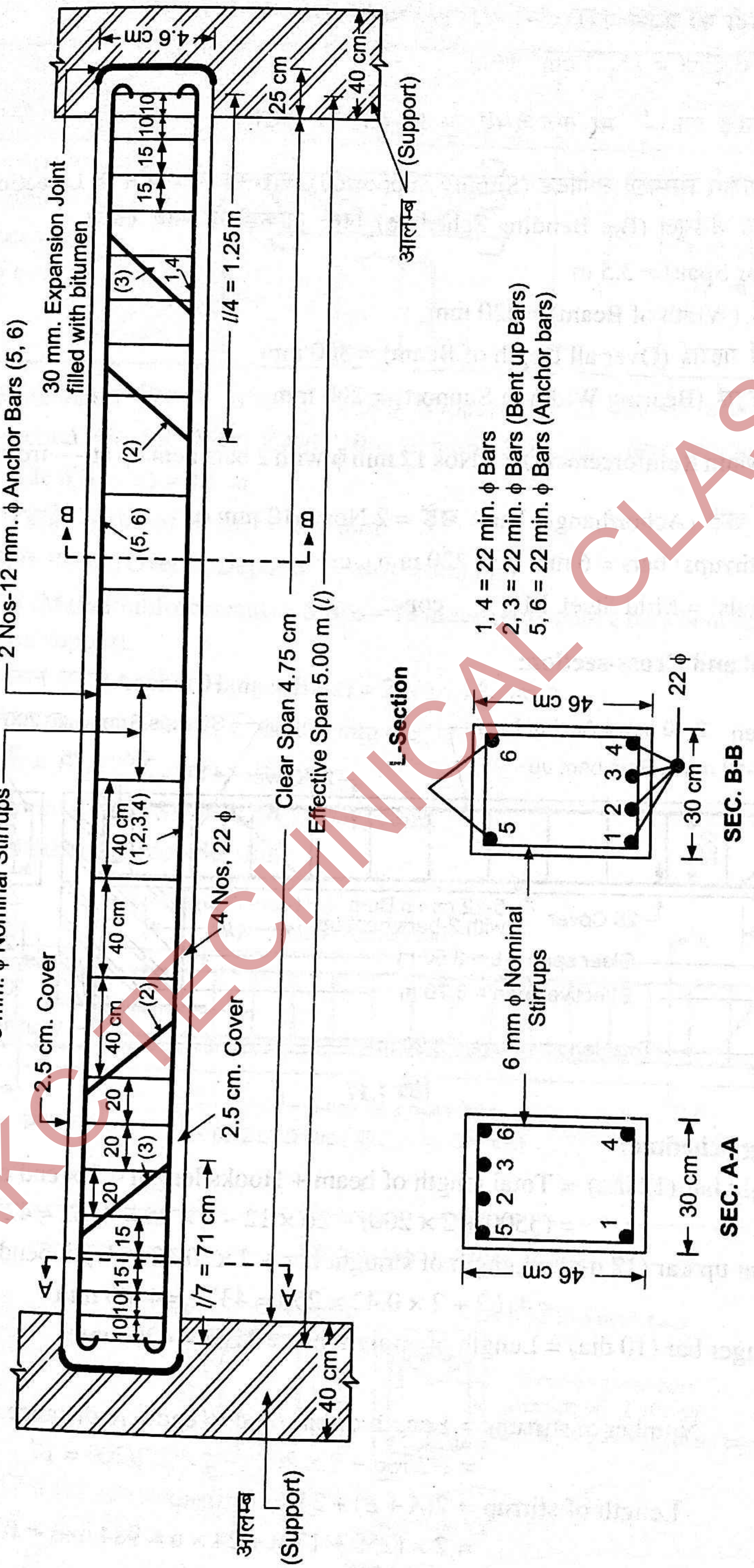
(e) **तनन प्रबलन का क्षे०फ० (Area of Tensile Reinforcement)—**

$$A_{st} \times \sigma_{st}\left(d - \frac{x}{3}\right) = \text{B.M.}$$

$$A_{st} = \frac{BM}{\sigma_{st}\left(d - \frac{x}{3}\right)} = \frac{4687.5}{120\left(43 - \frac{0.3846 \times 43}{3}\right)}$$

$= 14.64 \text{ cm}^2$ यानि 15 cm^2

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.16—R.C.C. Beam

AKC TECHNICAL CLASSES

22 ϕ की 4 Nos. घड़ों का प्रयोग करें।

$\therefore$ इस्पात का कुल क्षेत्रफल = 15.21 cm^2 होगा।

इन चार छड़ों में 2 छड़ें एक $\frac{l}{4}$ पर तथा दूसरी $\frac{l}{7}$ पर 45° पर मोड़ें।

उदाहरण 1.3 : एक आयताकार सिम्पली सपोर्टिड (Simply Supported) आर०सी०सी० बीम के L-section, X-section और बार बैन्डींग शैडयूल (Bar Bending Schedule) निम्न आंकड़ों के साथ खीचें।

(i) शुद्ध पाट (Clear Span) = 3.5 m

(ii) बीम की चौड़ाई (Width of Beam) = 220 mm

(iii) बीम की सम्पूर्ण गहराई (Over all Depth of Beam) = 300 mm

(iv) आलम्ब की चौड़ाई (Bearing Width in Support) = 200 mm

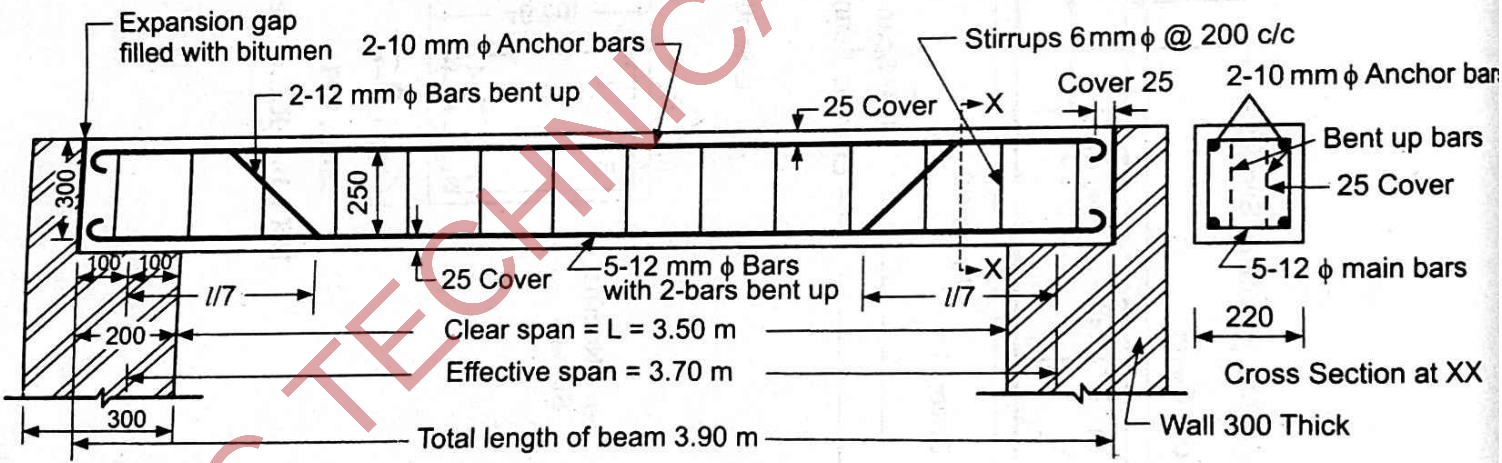
(v) मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) = 5 Nos 12 mm ϕ with 2 bars bent up at $\frac{L}{7}$ from centre of support

(vi) स्थिरण/लटकन छड़ें (Achor/hanger bars) छड़ें = 2 Nos – 10 mm ϕ

(vii) उदग्र छल्ले (Stirrups) bars = 6 mm ϕ @ 220 mm c/c.

(viii) पदार्थ (Materials) = Mild Steel, $M_{20\ grade}$ conc.

हल : (i) Longitudinal and Cross-section:



चित्र 1.17

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) Bar Bending Schedule:

(a) Bottom straight bar (12 dia) = Total length of beam + Hooks length – 2 × end cover

$= (3500 + 2 \times 200) + 26 \times 12 - 2 \times 25 = 4162 \approx 4200$ mm

(b) Length of bent up bar (12 dia) = Length of straight bar + 2 × (0.42 × depth bend)

$= 4162 + 2 \times 0.42 \times 250 = 4372 \approx 4400$ mm

(c) Length of hanger bar (10 dia) = Length of straight bar = 4162 ≈ 4200 mm

(d) Stirrups:

Number of stirrups = Length of bar (end to end)/c/c distance of stirrup

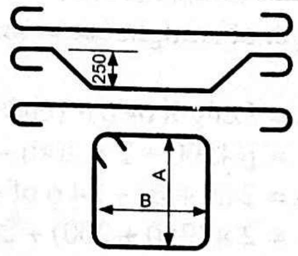
$= [(3500 + 2 \times 200) - 2 \times 25]/200 = 17$

Length of stirrup $= 2(A + B) + 24\,\phi$ of stirrup

$= 2 \times (250 + 170) + 24 \times 6 = 984$ mm ≈ 1000 mm

Bar bending schedule is given below:

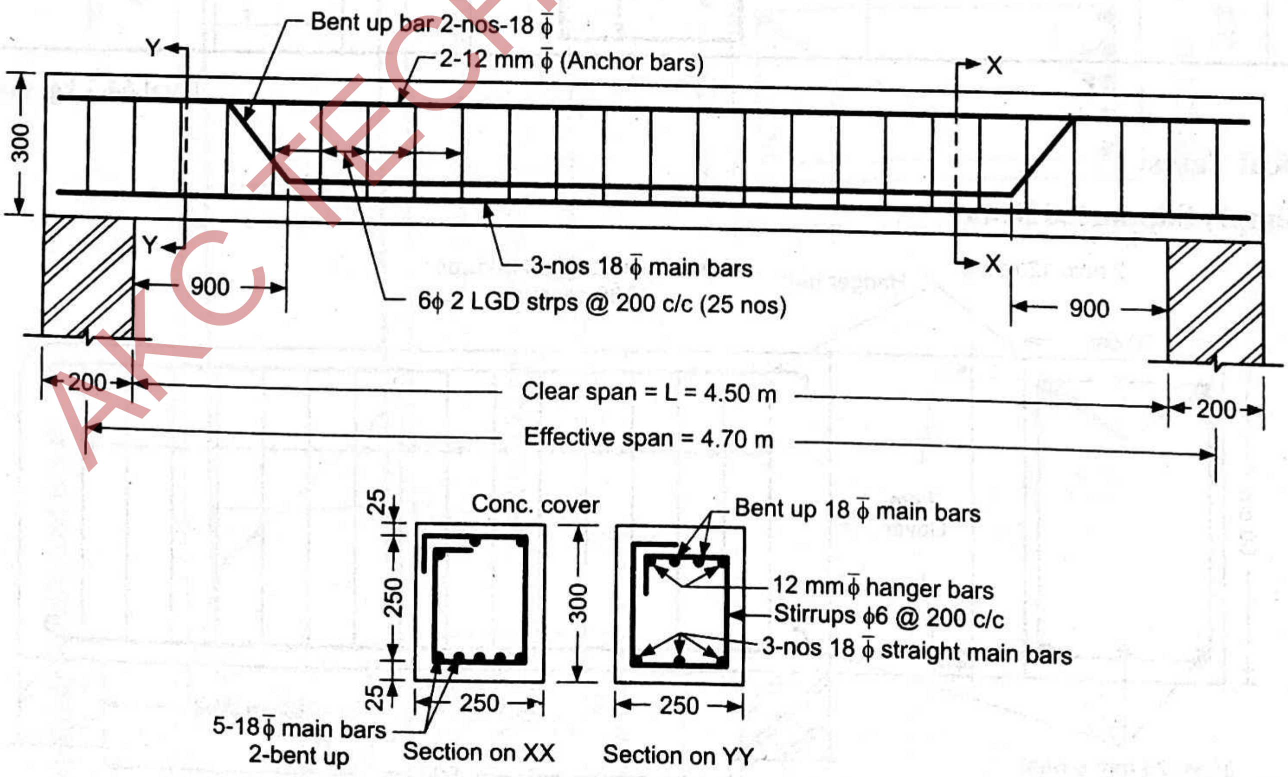
सारणी 1.13—Bar Bending Schedule (Example I)

S. No.	Type of Bar	Shape	I No.	II Length	III Weight kg/m	IV Total Weight kg
1.	Tensile straight bars 12 mm ϕ		3	4.2 m	0.89	11.22
2.	Crank or Bent up bar ϕ 12		2	4.4 m	0.89	7.84
3.	Hanger bars ϕ 10		2	4.20 m	0.62	5.21
4.	Stirrups ϕ 6		17	1.0 m	0.22	3.74
					Total	= 28.01 say 30 kg

उदाहरण 1.4 : एक आयताकार सिम्पली सपोर्टिड (Simply Supported) आर०सी०सी० बीम (Beam) के L-Section, X-section तथा बार बैन्डिग शैडयूल (Bar Bending Schedule) निम्न आंकड़ों के आधार पर खींचें।

1. शुद्ध पाट (Clear Space) = 4.5 m
2. बीम की चौड़ाई (Width of Beam) = 250 mm
3. बीम की कुल गहराई (Overall Depth of Beam) = 300 mm
4. मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) = 5 Nos – 18 mm $\bar{\phi}$ bars with 2 bars bent up at 900 mm from inside of each end support.
5. स्थिरण/लटकन छड़ें (Anchor/Hanger Bars) = 2 Nos. 12 mm $\bar{\phi}$
6. उदग्र छल्ले (Stirrups) = 6 mm $\bar{\phi}$ @ 200 mm c/c
7. कंक्रीट आवरण (Conc. Cover) = 25 mm.
8. पदार्थ (Materials) = HYSD bars, M_{20} grade conc.

हल : (i) Longitudinal and Cross-Section:



चित्र 1.18

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) Bar Bending Schedule:

(a) Bottom straight bar (18 dia) = Total length of beam – 2 × end cover
$= (4500 + 2 \times 200) - 2 \times 25 = 4850$ mm

(b) Length of bent up bar (18 dia) = Length of straight bar + 2 × (0.42 × depth of bend)
$= 4850 + 2 \times 0.42 \times 250 = 5050$ mm

(c) Length of hanger bar (12 dia) = Length of straight bar = 4850 mm

(d) Stirrups:

Number of stirrups = Length of bar (end to end)/c/c distance of stirrup
$= [(4500 + 2 \times 200) - 2 \times 25]/200 = 24.25 \approx 25$

Length of stirrup = $2(A + B) + 24\,\phi$ of stirrup
$= 2 \times (250 + 200) + 24 \times 6 = 1044 \text{ mm} \approx 1100$ mm

Bar bending schedule is given below:

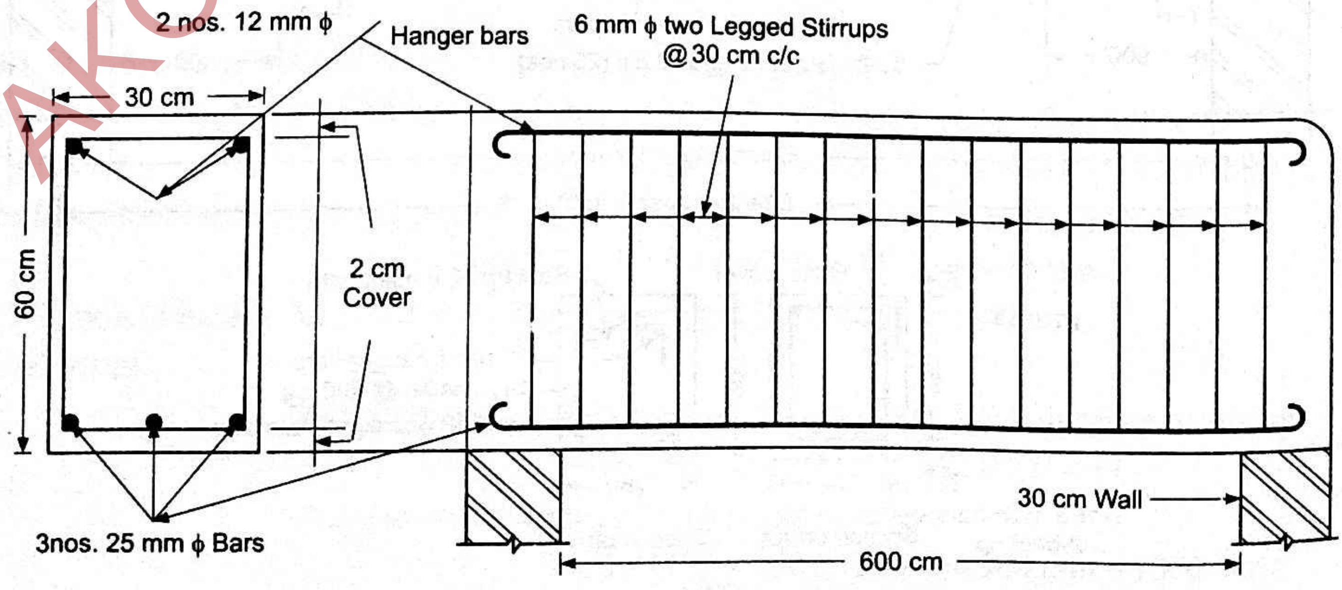
सारणी 1.14—Bar Bending Schedule (Example I)

S. No.	Type of Bar	Shape	Nos. I	Length II	Weight kg/m III	Weight kg I × II × III
1.	Main tensile straight bar ϕ 18	4.85m	3	4.85 m	2.0	29.1
2.	Bent up bars	250; 4.85 + 0.42	2	5.05 m	2.0	20.2
3.	Anchor bars ϕ 12		2	4.85	0.89	8.7
4.	Stirrups ϕ 6	250; 200	25	1.10 m	0.22	6.1

Total 64.1 kg, say 65 kg

Typical Cases:

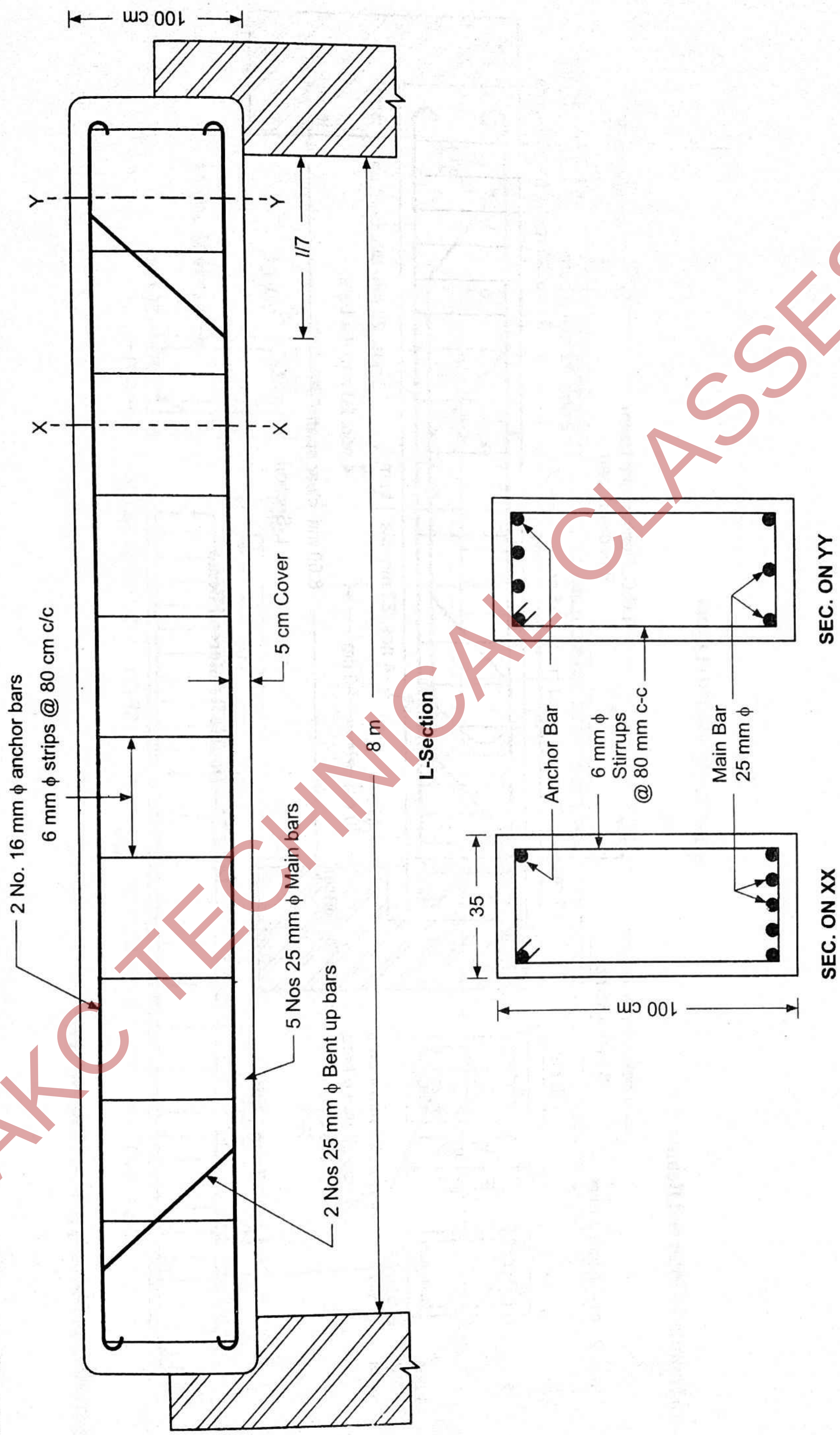
(a) Simply Supported Beam



चित्र 1.19—Simple Beam L-section and Cross-section (No bar bent up)

AKC TECHNICAL CLASSES

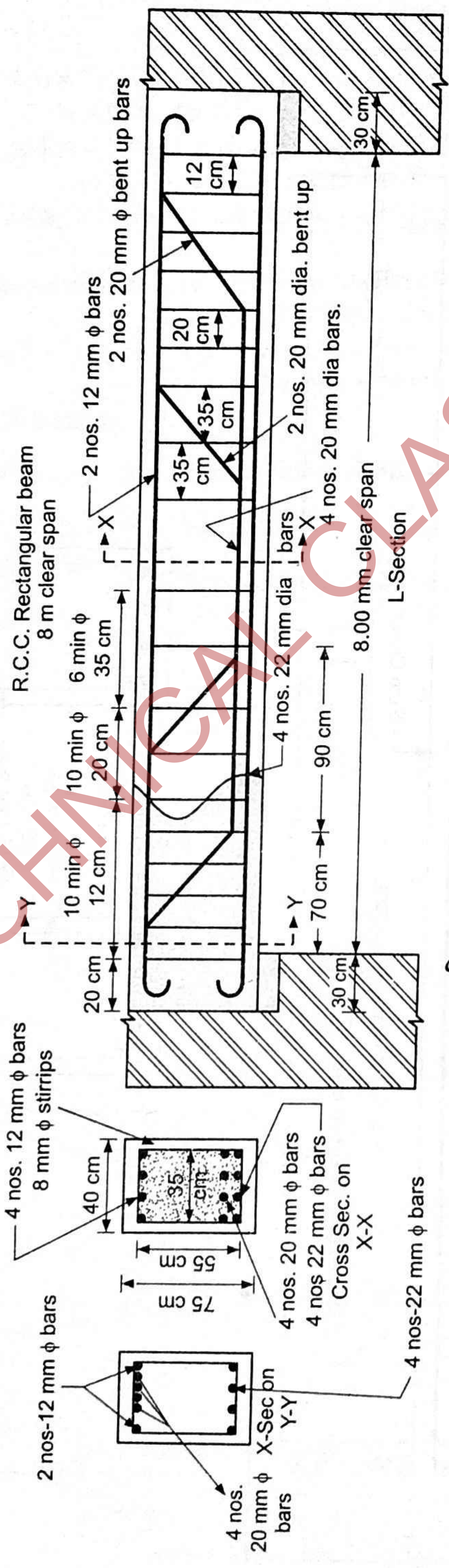
(b) Single Reinforced Beam



चित्र 1.20—Single Reinforced Beam

AKC TECHNICAL CLASSES

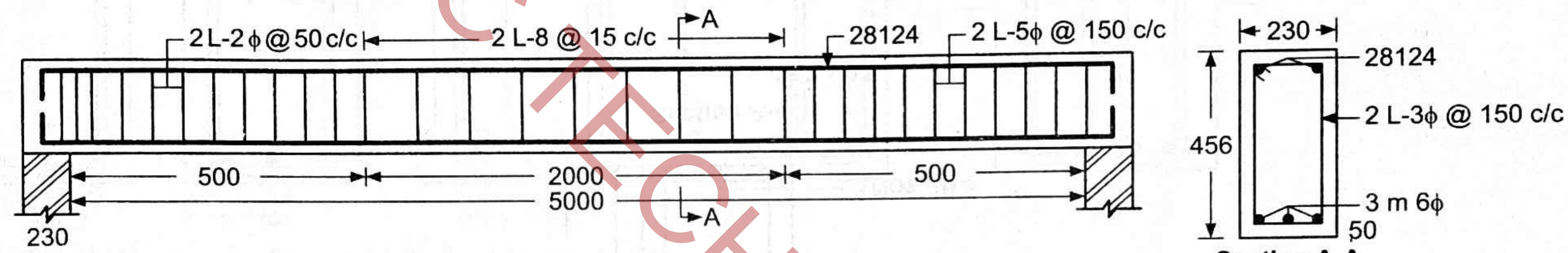
(c) Double Reinforced Beam



चित्र 1.21—Double Reinforced Beam

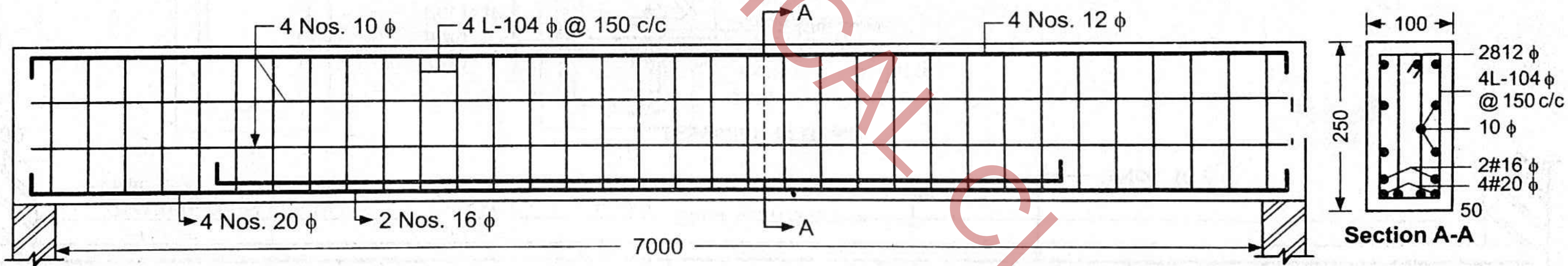
(d) Simply Supported Beams (without Hook)

(i)



(a)

(ii)

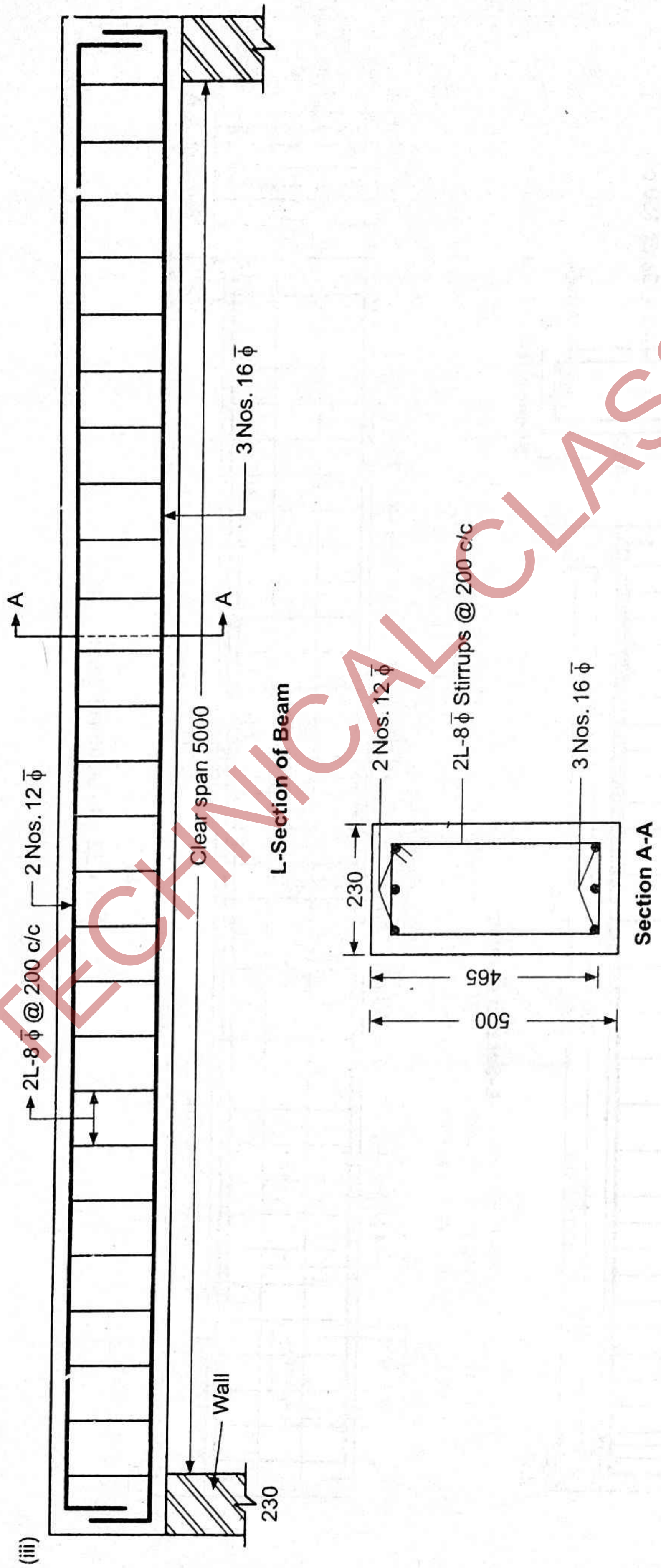


(b)

चित्र 1.22—L-section of Beam

AKC TECHNICAL CLASSES

(iii)

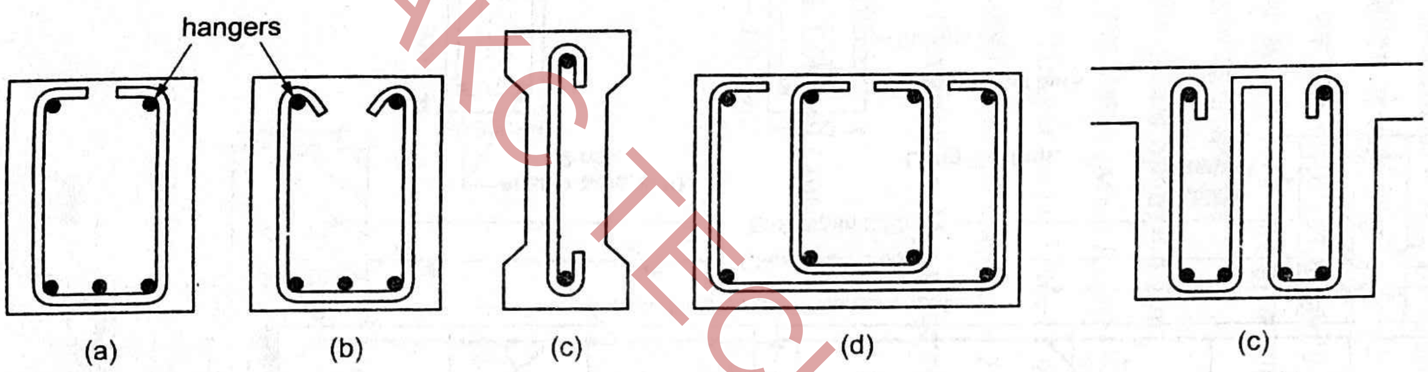


चित्र 1.23

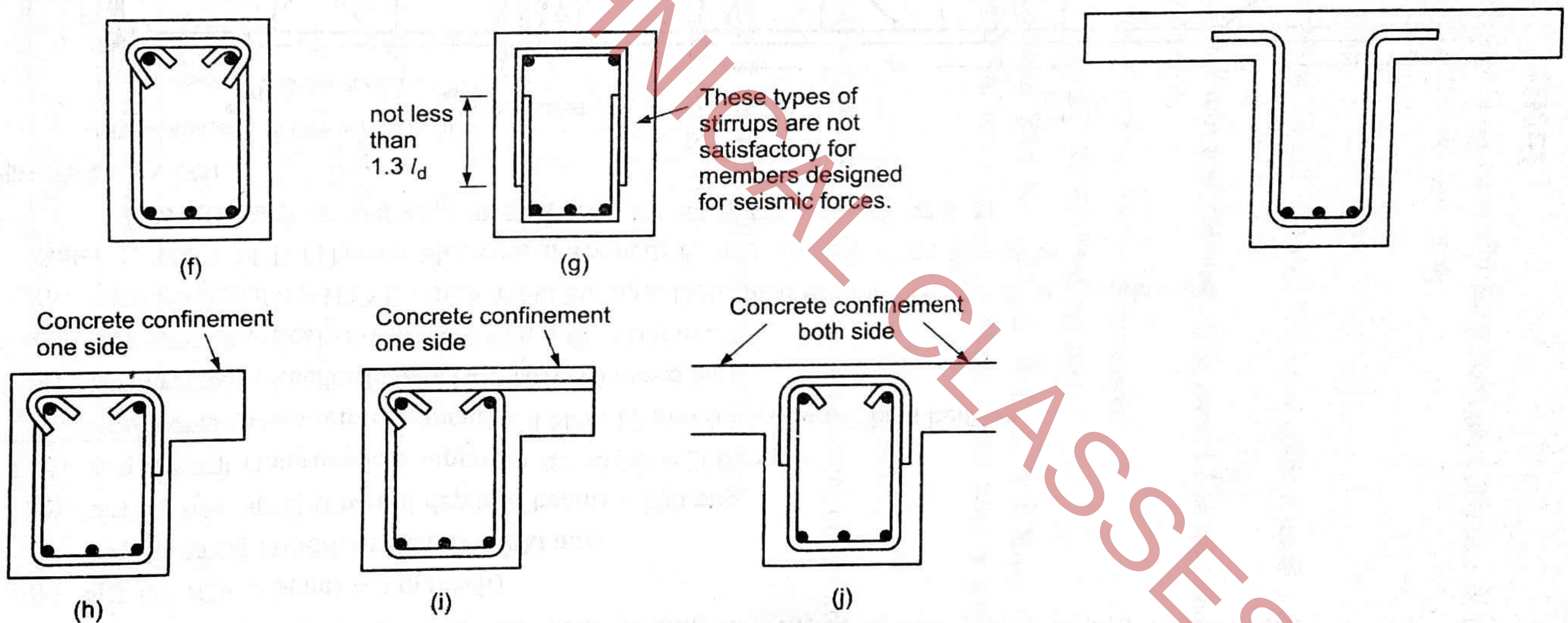
AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.11. Types of Stirrups :

A. Open stirrups for beams with negligible torsion



B. Closed stirrups for beams with significant torsion



चित्र 1.24—Types of Stirrups

AKC TECHNICAL CLASSES

आयताकार आर०सी०सी० सतत् बीम (CONTINUOUS RECTANGULAR R.C.C. BEAMS)

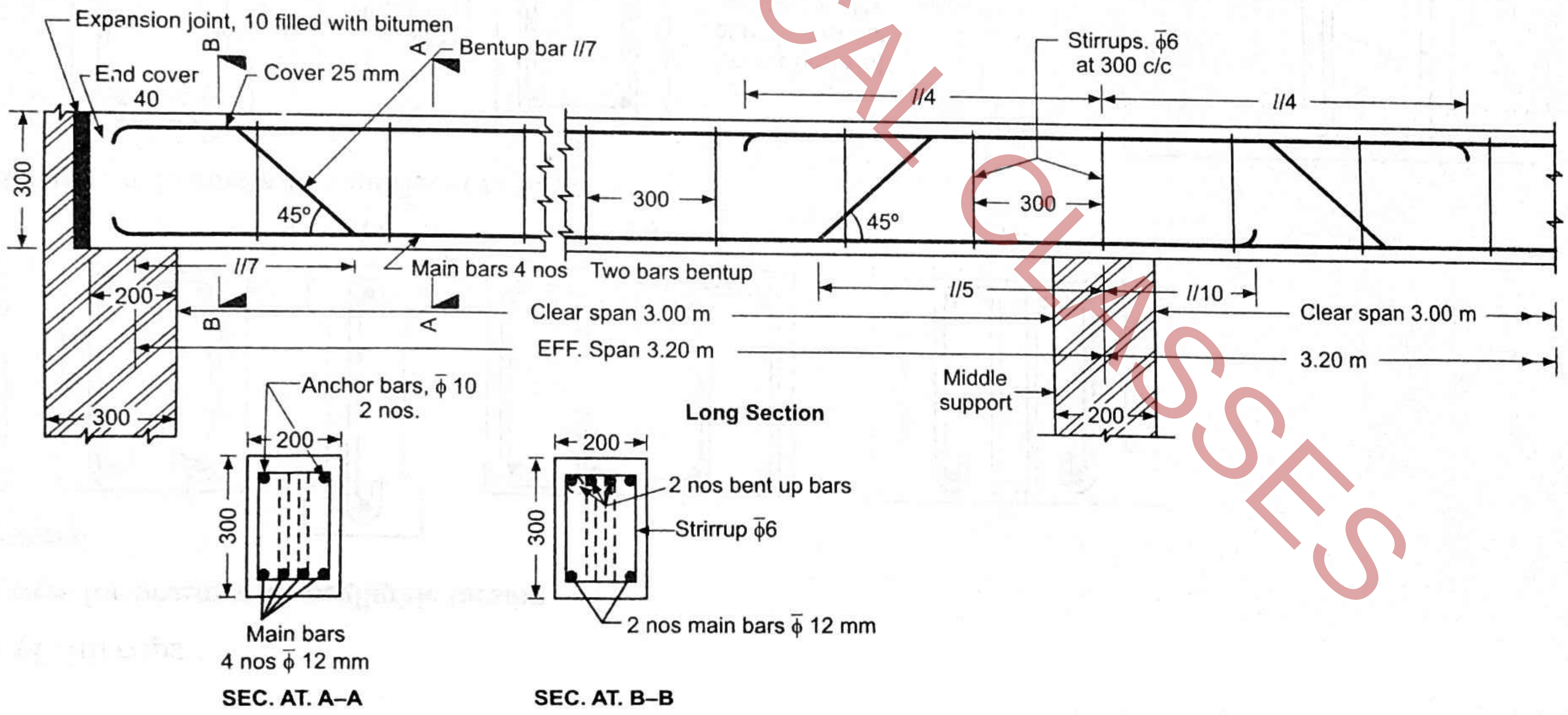
उदाहरण 1.5 :

1. निम्न आकड़ों के साथ आर०सी०सी० सतत् बीम का L-section, तथा आलम्ब व मध्य के पास दो क्रास सेक्शनस खीचें।
   - (a) शुद्ध पाट (Clear Span) = 3 m (each)
   - (b) बीम की चौड़ाई (Width of Beam) = 200 mm
   - (c) बीम की कुल गहराई (Overall depth of beam) = 300 mm
   - (d) मध्य आलम्बों (Intermediate supports) की चौड़ाई = 200 mm
   - (e) मुख्य प्रबलन (Main reinforcement) = 4 Nos. 12 mm ϕ bars with 2 bars bent up
   - (f) स्थिरण/लटकन (Anchor/hanger) = 2 Nos. 10 mm ϕ bars
   - (g) उदग्र छल्ले (Vertical stirrups) = 6 mm ϕ @ 300 mm c/c
   - (h) पदार्थ (Materials) = HYSD (High Yield Strength Deformed Bars) or Tor bar & M_{20} grade conc.

Note: 1. अब T.M.T. (Thermo Mechanical Treated) Fe 415 टोर छड़ें बाजार में उपलब्ध है।

2. HYSD छड़ों के साथ M_{20} या इससे उच्च ग्रेड की कंक्रीट प्रयोग की जाती है।

हल—चित्र 1.25 देखें।



चित्र 1.25

AKC TECHNICAL CLASSES

अभ्यास

उदाहरण 1.6 : एक आयताकार सिम्पली सपोर्टिड (Simply Supported) बीम साइज 300 mm × 500 mm के L-sec व दो X-sec (एक मध्य में, दूसरा आलम्ब के पास) निम्न आकड़ों के साथ खीचें।

1. शुद्ध पाट (Clear Span) = 5 m
2. दीवार की चौड़ाई (Width of Wall) = 0.30 m
3. मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) = 4 Nos. 16 mm ϕ with 2 Nos cranked/bent up @ 1 m from the support
4. उदग्र छल्ले (Vertical stirrups) = 2 legged, 8 mm ϕ @ 250 mm c/c in central 2 m span and 2 legged, 8 mm ϕ @ 150 mm c/c in remaining portion.
5. पदार्थ (Materials) = M_{20} grade conc. and steel Fe 415 with 25 mm cover.

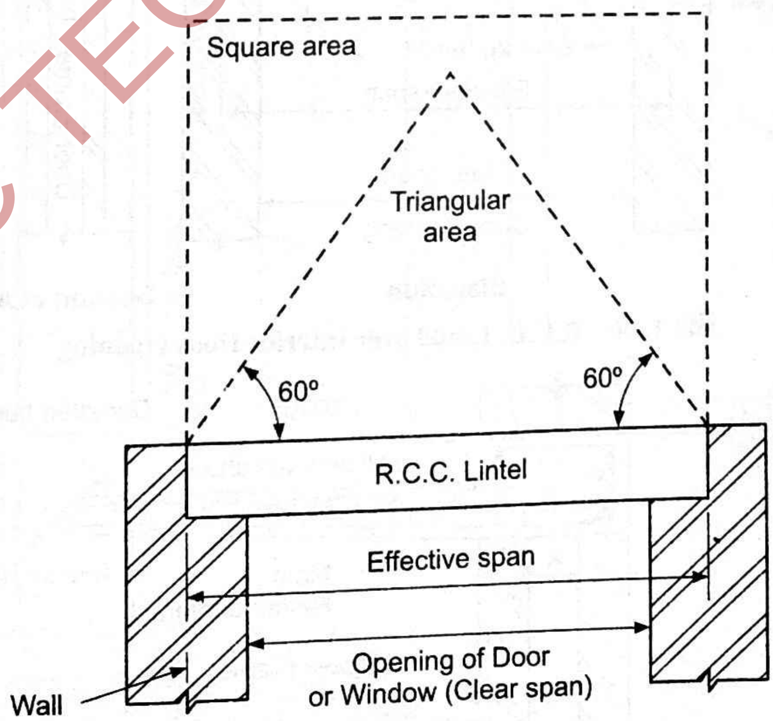
   बार वैल्डिंग शैडयूल तैयार करते हुये स्टील व कंक्रीट की मात्रायें भी ज्ञात करें।

उदाहरण 1.7 : एक आयताकार बीम (Simply Supported) साइज 300 × 600 mm के L-sec व दो X-sec (एक मध्य में व दूसरा आलम्ब के पास निम्न आंकड़ों के साथ खींचें तथा बेन्ड़िग (bending) शैडयूल बनाकर स्टील व कंक्रीट की मात्रा भी ज्ञात करें। अन्य डाटा मान लें।

1. शुद्ध पाट (Clear Span) = 4.2 m
2. मुख्य तनन प्रबलन (Main Reinforcement) = 4 Nos. 20 mmϕ curtailed at a distance of 2 m from support
3. लटकन (Hanger bar) = 2 No. 12 mm ϕ
4. उदग्र छल्ले (Vertical stirrups) = 2 legged, 8 mm ϕ @ 150 mm c/c for full length.
5. पदार्थ (Materials) = M_{20} grade conc. and steel Fe 415

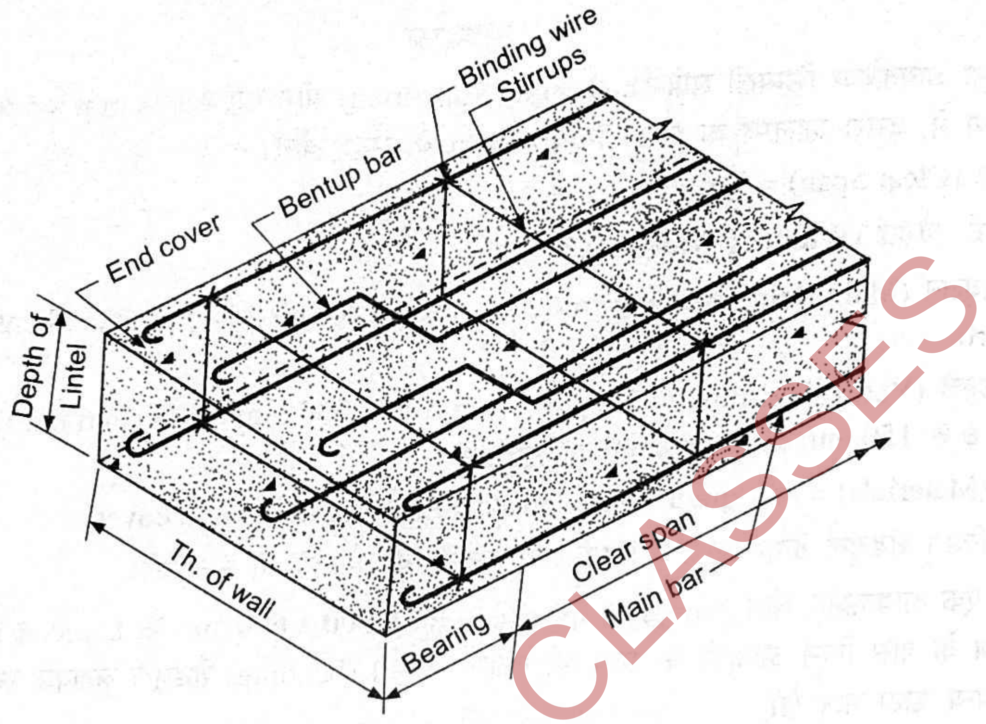
§ 1.12. Lintel :

Effective Load on Lintel



चित्र 1.26

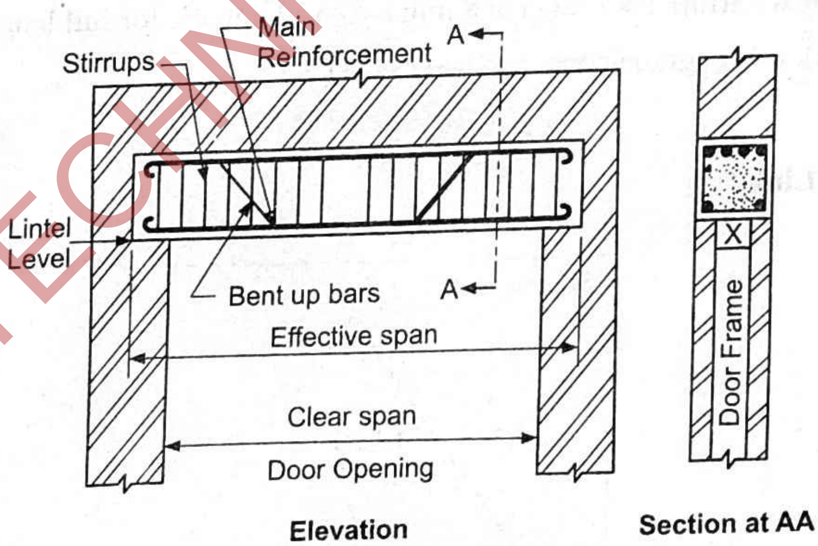
AKC TECHNICAL CLASSES



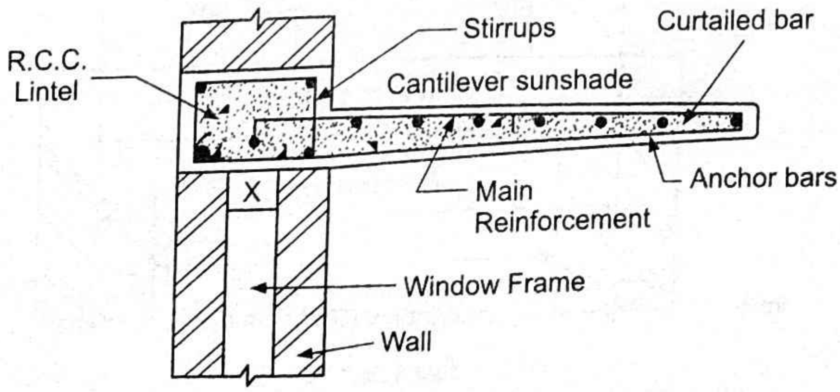
चित्र 1.27—Details of Reinforcement in Lintel

§ 1.13. Classification of Lintels :

- Timber Lintel
- Steel Lintels
- Stone Lintel
- R.C.C. Lintels
- Brick Lintels



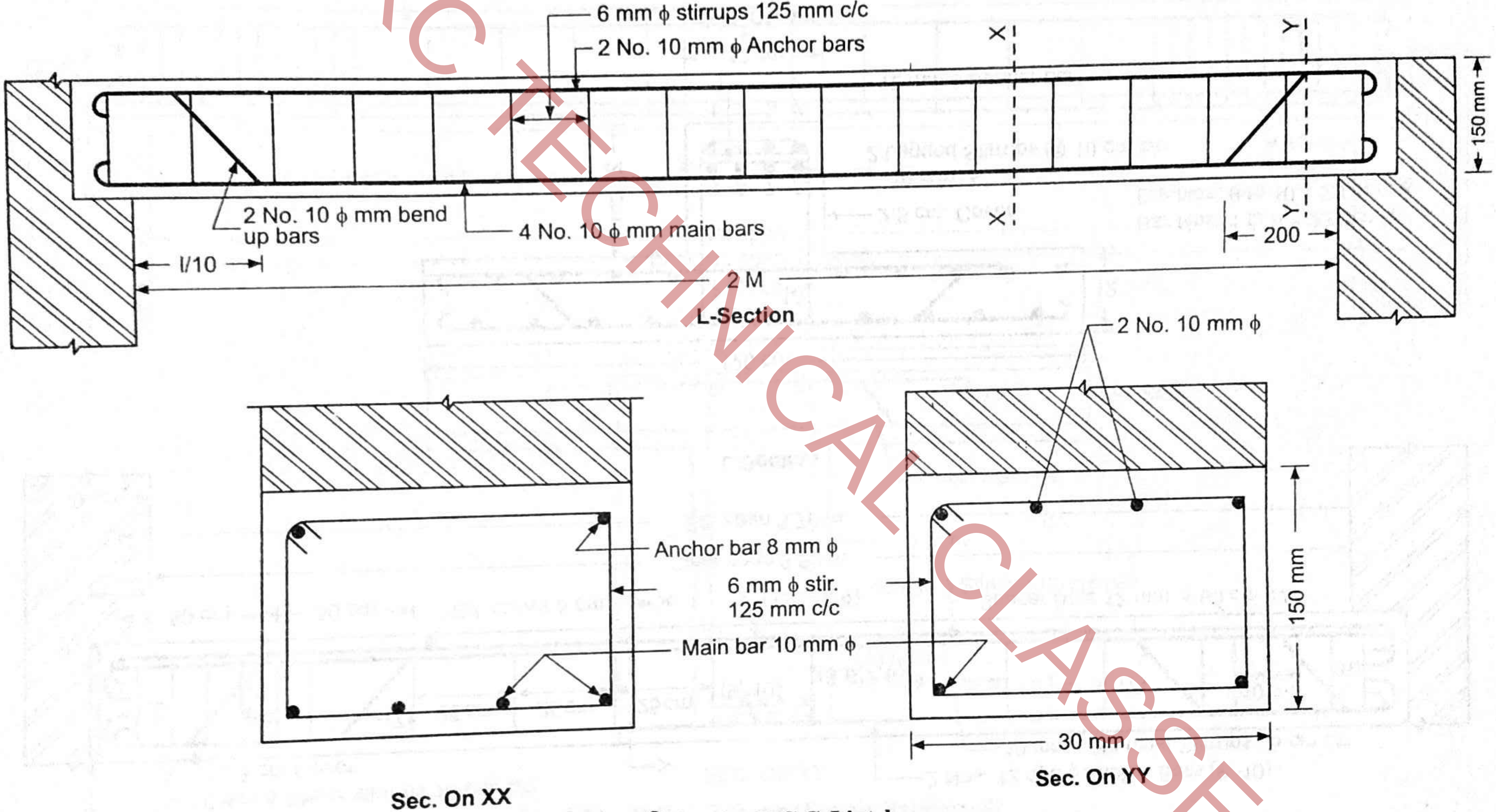
चित्र 1.28—R.C.C. Lintel over Interior Door Opening



चित्र 1.29—Lintel over Exterior Window Opening

AKC TECHNICAL CLASSES

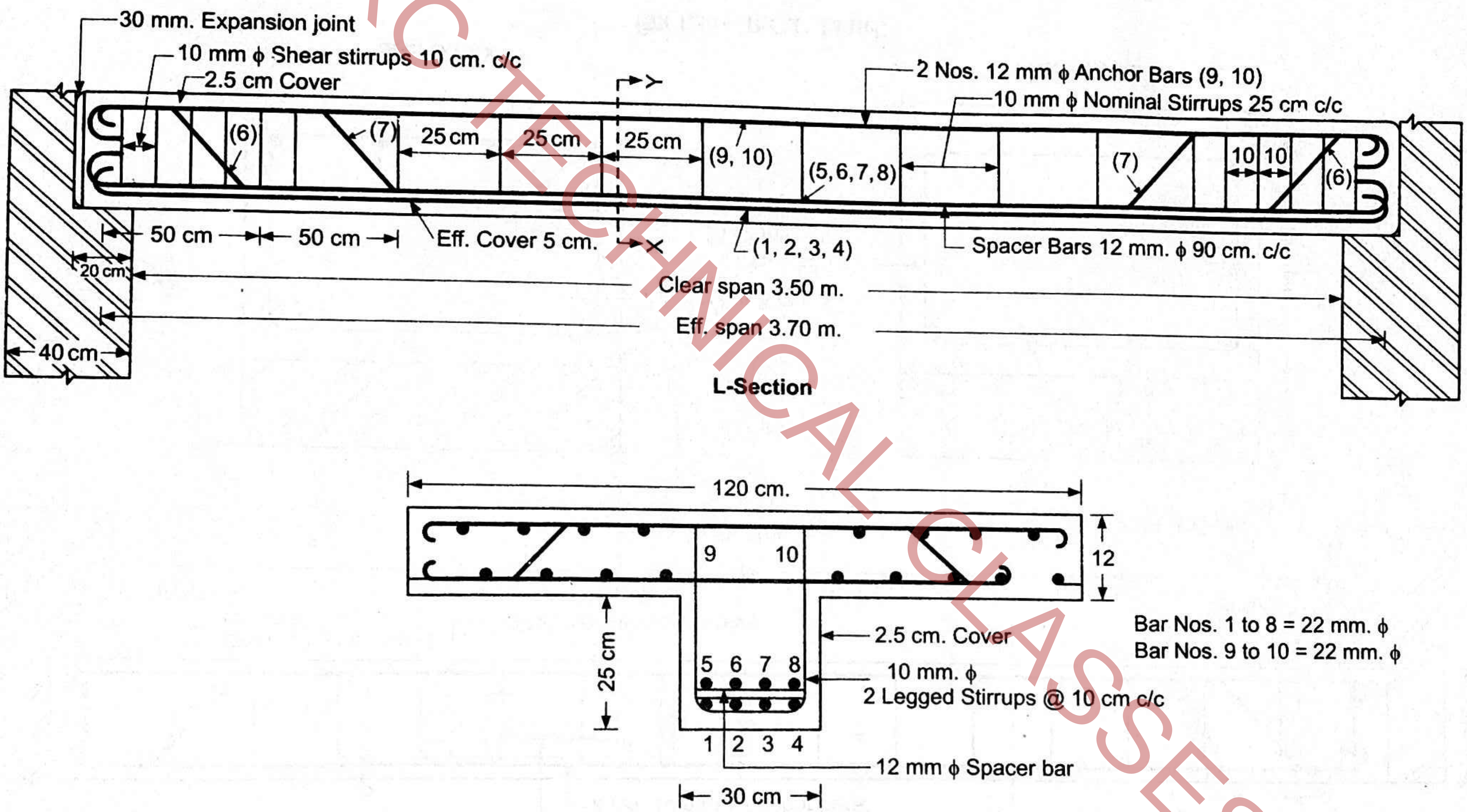
§ 1.14. Typical L-section and X-sections of R.C.C. Lintel :



चित्र 1.30—R.C.C. Lintel

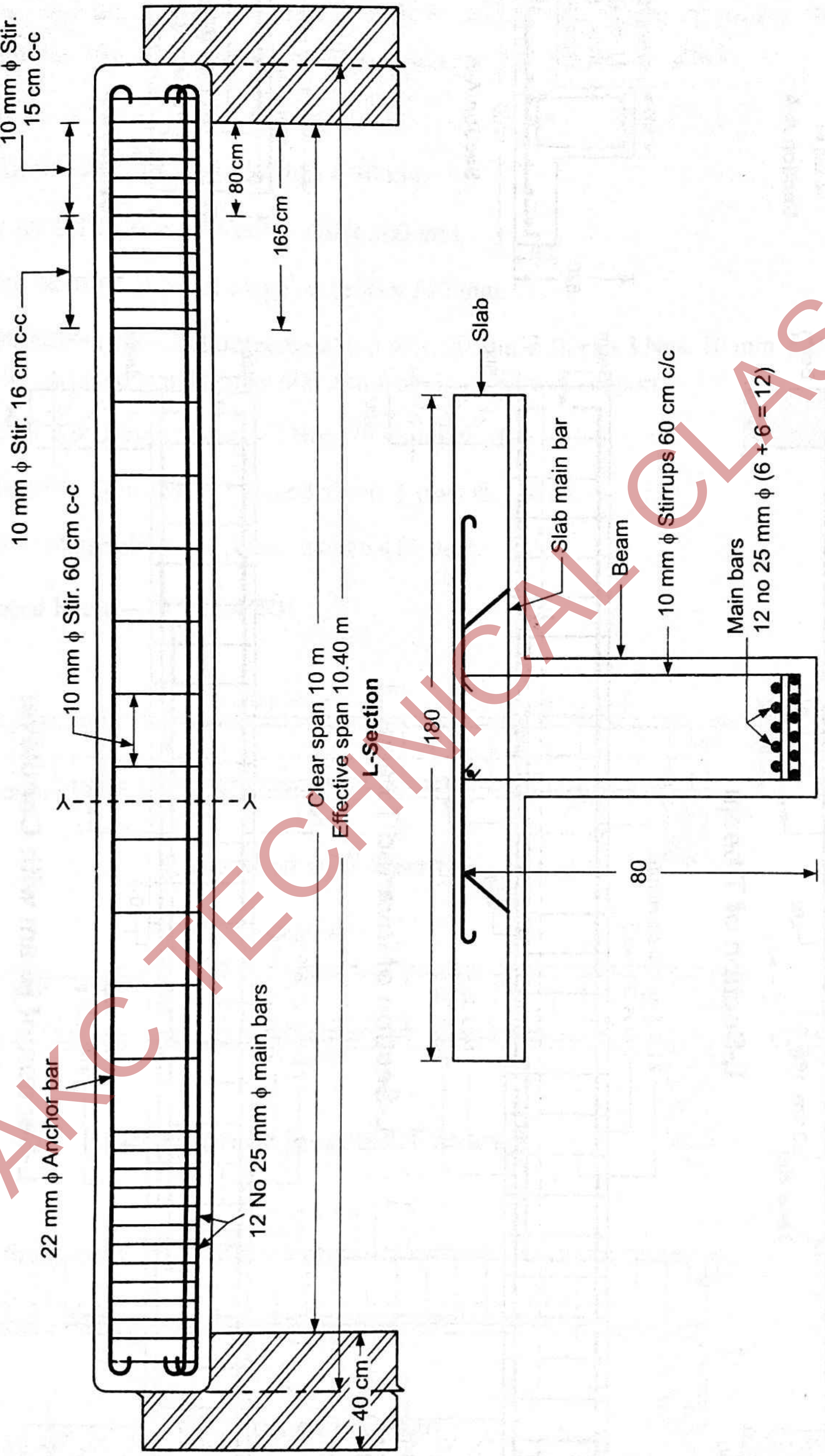
AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.15. Typical R.C.C. T-beam :



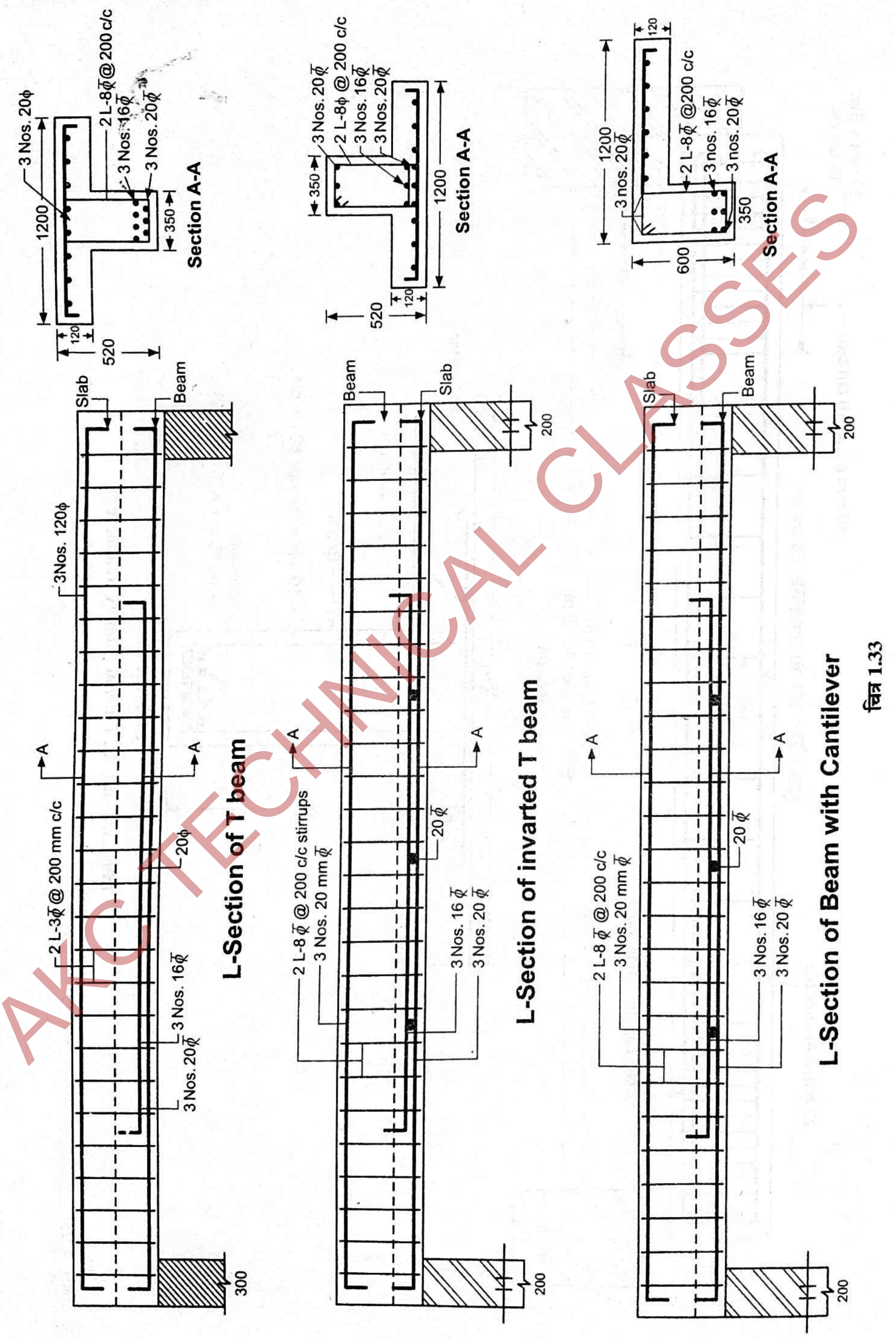
चित्र 1.31—R.C.C. T-Beam

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.32—R.C.C. T-Beam (Doubly Reinforced)

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.33

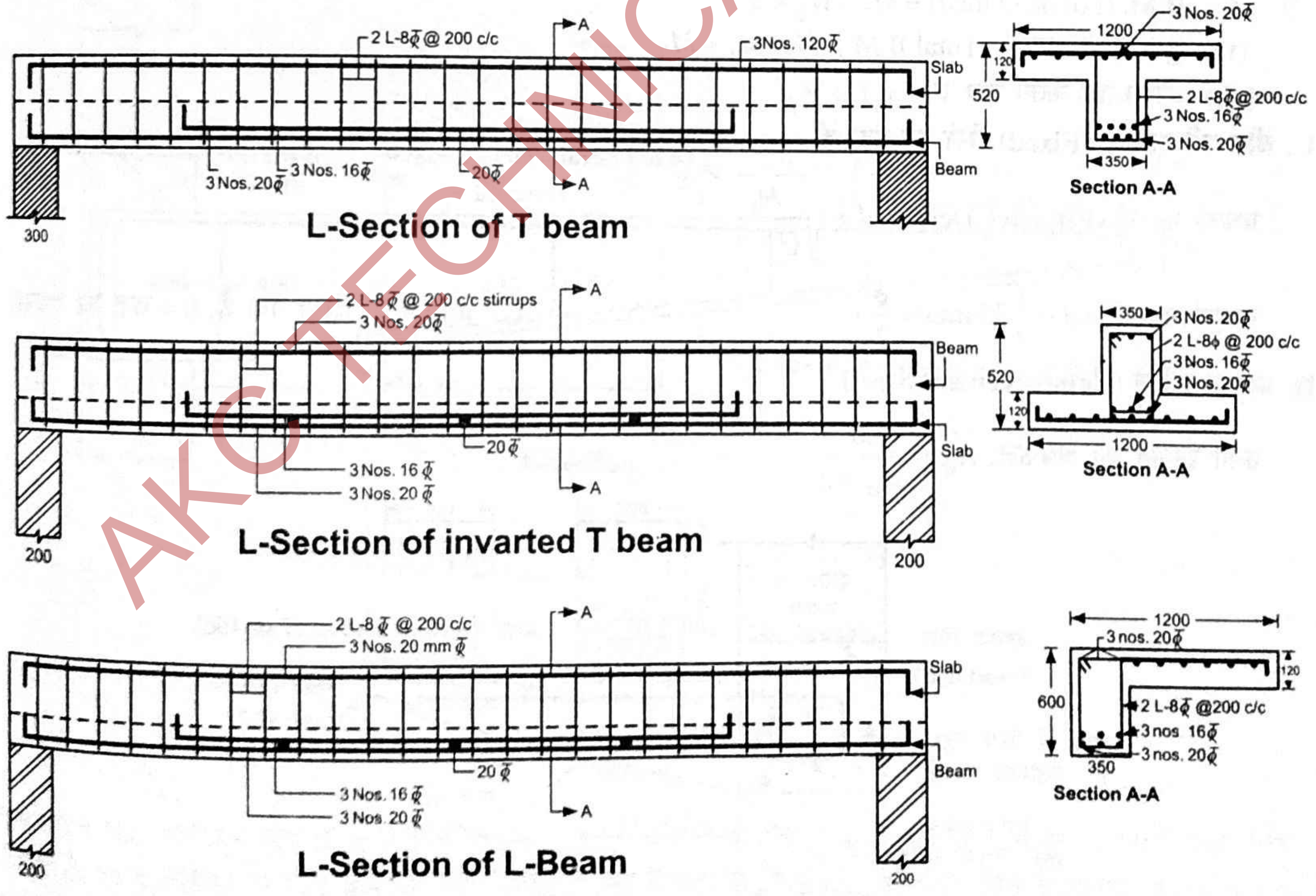
AKC TECHNICAL CLASSES

अभ्यास

उदाहरण 1.8 : एक बीम के लिये निम्न डाटा दिये गये हैं। यदि यह बीम टी बीम (T-Beam), उल्टी टी बीम (Inverted T-Beam) तथा एल बीम (L-Beam) हो तो इसके L-section तथा X-section खींचिये।

1. शुद्ध पाट (Clear span) = 4 m
2. सपोंट की चौड़ाई (Support Width) = 30 mm
3. वैब का साइज (Size of Web) = 350 × 400 mm
4. फ्लैंज का साइज (Size of Flage) = 1200 × 120 mm
5. मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) = 3 Nos. 20 mm ϕ (tor) + 3 Nos. 16 mm ϕ (tor) in two layers and to be curtailed at a distance 400 mm from inner face of support.
6. लटकन छड़ें (Hanger bars) = 3 Nos. 20 mm ϕ (tor)
7. उदग्र छल्लें (Stirrups) = 2 legged 8 mm ϕ (tor) @ 200 c/c
8. पदार्थ (Materials) = M_{20} conc. and Fe 415 steel.

हल : Flanged Beam—चित्र 1.34 देखें।



चित्र 1.34

AKTECHNICAL CLASSES

§ 1.16. प्रास धरन (Cantilever Beam) का डिजाइन (Design) :

विधि (Procedure)—डिजाइन करने की विधि के मुख्य बिन्दु निम्नवत है—

A. सेक्शन

1. आबद्ध (Fixed) सिरे पर गहराई $D = \frac{\text{पाट}}{5}$ से $\frac{\text{पाट}}{8}$ सामान्यत: इसे $\frac{\text{पाट}}{6}$ अर्थात् $\frac{l}{6}$ मान लेते हैं।
2. मुक्त सिरे (Free End) पर गहराई $D' = 100$ से 200 mm
3. चौड़ाई $= \frac{D}{2}$ से $\frac{D}{3}$ यह चौड़ाई पूरी लम्बाई में समान रखी जाती है। सामान्यत: $\frac{D}{2}$ लेते हैं।

B. भार तथा नमन आघूर्ण (Weight and B.M.)

(i) बीम के Fixed सिरे पर maximum B.M. $= M_1 = \frac{w_1 L^2}{2}$

(ii) कर्तन बल Fixed सिरे पर maximum होगा $= w_1 L$ $[w_1 = \text{U.D.L.} = \text{Live Load}]$

(iii) स्वयं का भार (Dead Load)—यह बीम समलम्बाकार (Tripizoidal) होती है। अत: आबद्ध (Fixed) सिरे से C.G. की दूरी $\bar{x} = \left(\frac{D+2D'}{D+D'}\right) \times \frac{L}{3}$

(iv) भार $= W_2 = \frac{D+D'}{2} \times$ Width of beam $\times L \times$ density of R.C.C. beam

(v) B.M. (For dead load) $= M_2 = W_2 \times \bar{x}$

(vi) कुल नमन आघूर्ण (Total B.M.), $M = M_1 + M_2$

(vii) अधिकतम कर्तन बल $V = w_1 L + W_2$

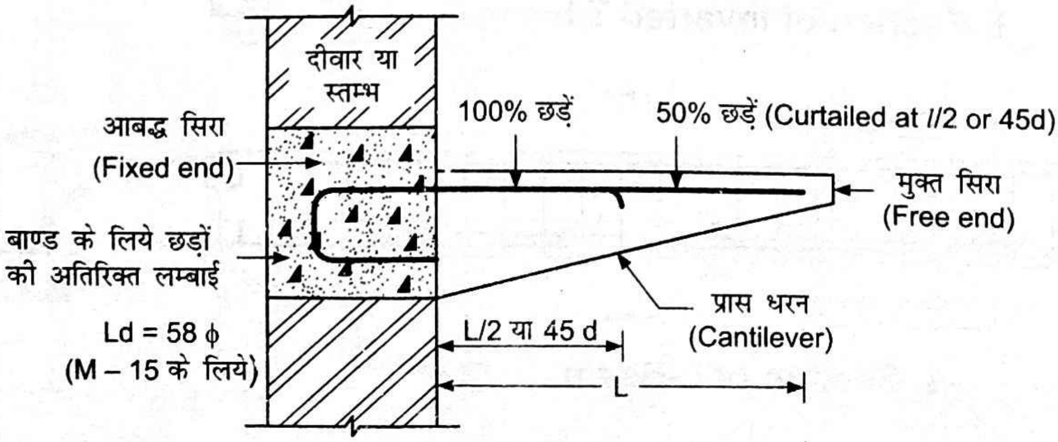
C. बीम की आबद्ध (Fixed) सिरे पर गहराई—

प्रभावी गहराई (Effective Depth), $d = \sqrt{\frac{M}{Q \times b}}$

सम्पूर्ण गहराई $= d + \left(25\text{ mm} + \frac{\phi}{2}\right)$ [25 mm कवर लिया गया है, ϕ = छड़ का व्यास]

D. प्रबलन स्टील (Reinforcement Steel)

तनन इस्पात का क्षेत्रफल, $A_{st} = \frac{M}{\sigma_{st} \times z}$



चित्र 1.35—Typical Section of Cantilever

AKC TECHNICAL CLASSES

उदाहरण 1.9 : निम्न डाटा के साथ कैन्टीलीवर बीम (Cantilever Beam) के प्लान (Plan) एल सेक्शन (L-Section) तथा दो क्रास सेक्शन (Cross-sections) खीचें।

(i) शुद्ध पाट (Clear Span) = 3.2 m

(ii) मुक्त सिरे पर कुल गहराई (Overall depth at free end) = 150 mm

(iii) आबद्ध सिरे पर कुल गहराई (Overall Depth at Fixed End) = 450 mm

(iv) बीम की चौड़ाई (Width of Cantilever Beam) = 300 mm

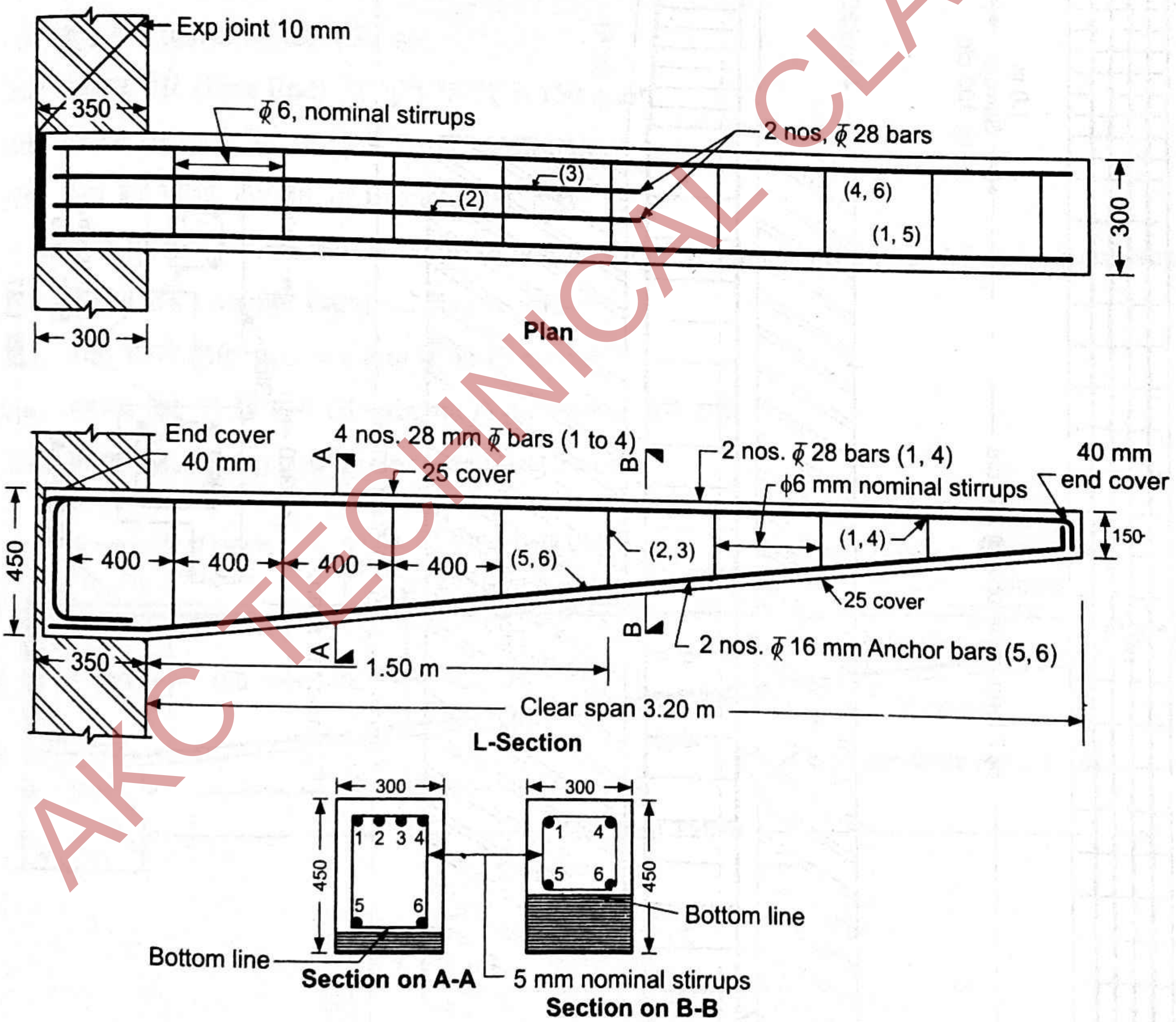
(v) मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) = 4 Nos. 28 mm ϕ with two bars curtailed @ 1.5 m from support

(vi) स्थिरण छड़ें (Anchor bars) = 2 Nos. 16 mm ϕ

(vii) उदग्र छल्ले (Stirrups) = 6 mm ϕ @ 400 mm c/c

(viii) आबद्ध सिरे पर बियरिंग (Bearing at Fixed End) = 300 mm (बीम की चौड़ाई)

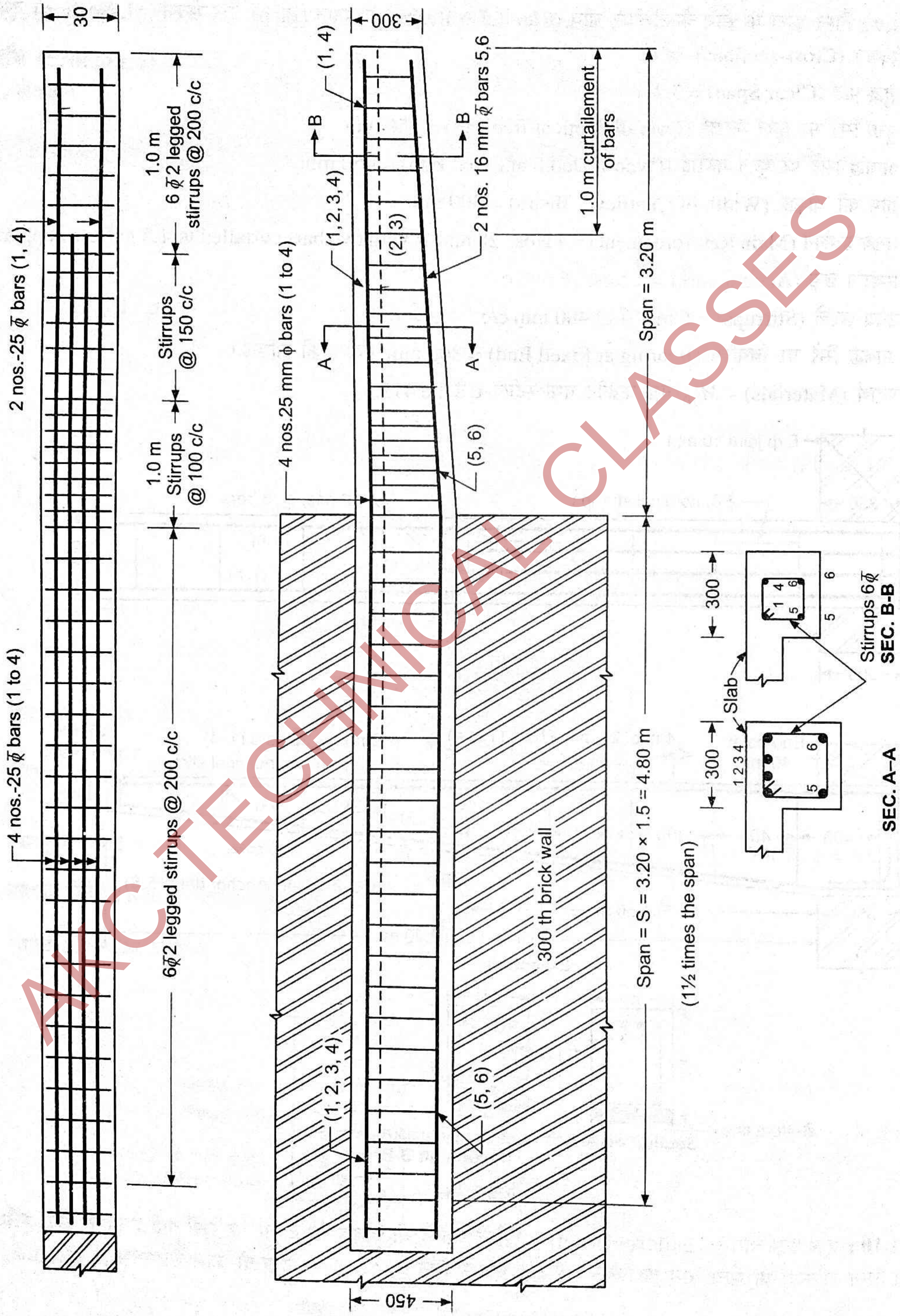
(ix) पदार्थ (Materials) – M_{20} ग्रेड कंक्रीट तथा स्टील छड़ें Fe 415.



चित्र 1.36

उदाहरण 1.10 : एक प्रास बीम (Cantilever Beam) 3.2 m लम्बी है जो चिनाई की दीवार पर रखी गयी है इसके ऊपर स्लैब स्थापित है। निम्न आँकड़ों के साथ बीम का प्लान (Plan), एल सेक्शन (L-Section) तथा दो क्रास सेक्शनस (X-Sections) खींचे।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.37

AKC TECHNICAL CLASSES

आंकड़े—

(i) बीम का साइज (Size of Beam) = 300 mm × 350 mm @ free end and 300 mm × 450 mm @ fixed end

(ii) दीवार में लम्बाई (Length in the Wall) = 4.8 m

(iii) मुख्य प्रबलन (Main Steel) = 4 Nos 25 mm ϕ, 2 Nos, curtailed at 1.2 m from free end.

(iv) लटकन छड़ें (Hanger Bars) = 2 Nos 16 mm ϕ

(v) उदग्र छल्ले (Stirrups) = 6 mm ϕ-2 legged @ 200 mm c/c in the support wall and @ 100 mm c/c from fixed end upto 1 m length @ 150 mm c/c upto curtailed bars and in remaining length @ 200 mm c/c

(vi) पदार्थ (Materials)—M_{20} grade conc. and Fe 415 steel.

हल : चित्र 1.37 देखें।

उदाहरण 1.11 : निम्न डाटा के आधार पर प्रासबीम (Cantilever Beam) के L-Section, two X-sections खींचें।

आंकड़े—

(i) शुद्ध पाट (Clear Span) = 3.2 m

(ii) स्वतन्त्र सिरे (Free End) पर कुल गहराई = 150 mm

(iii) आबद्ध (Fixed) सिरे पर कुल गहराई = 450 mm

(iv) बीम की चौड़ाई (Width of Beam) = 300 mm

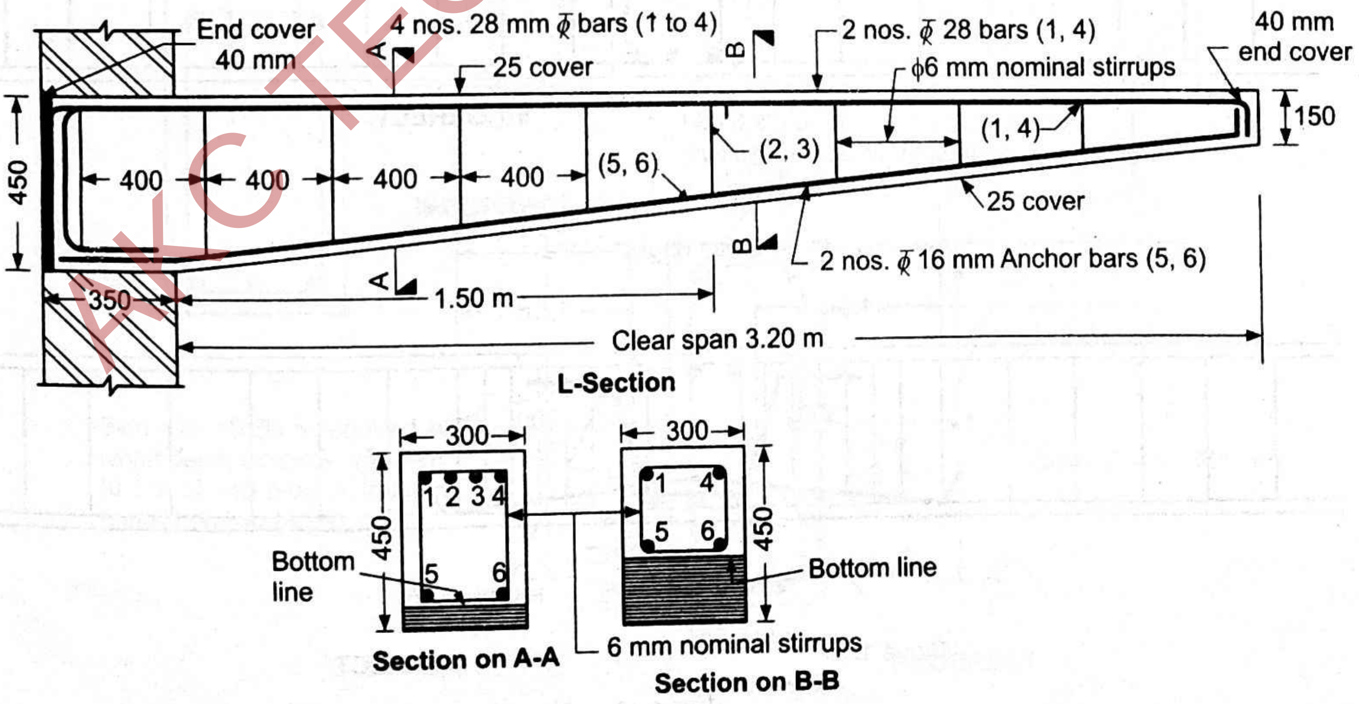
(v) मुख्य प्रबलन (Main Steel) = 4 Nos 28 mm ϕ with 2 Nos bars curtailed at 1.5 m from support

(vi) स्थिरण छड़ें (Anchor Bars) = 2 Nos 16 mm ϕ

(vii) उदग्र छल्ले (Stirrups) = 6 mm ϕ @ 40 mm c/c

(viii) आबद्ध सिरे पर बियरिंग (Bearing at Fixed End) = 300 mm

(ix) पदार्थ (Materials) = M_{20} conc. and Fe 415 steel.

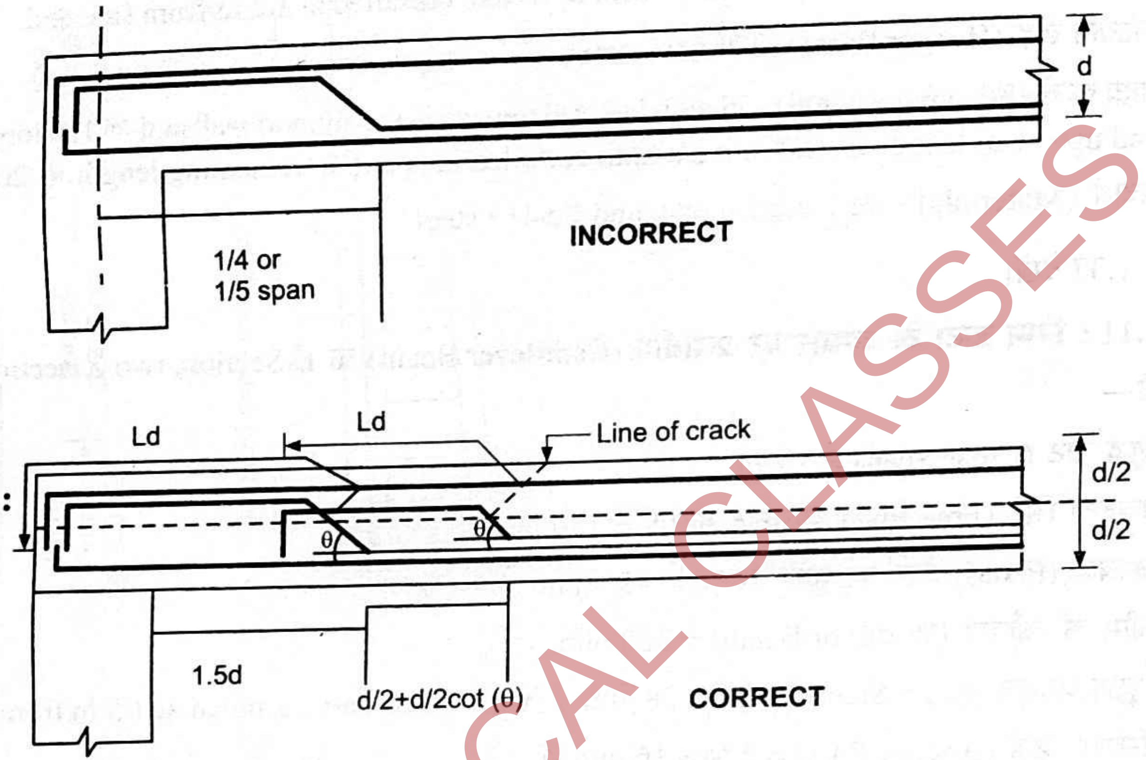


चित्र 1.38

AKC TECHNICAL CLASSES

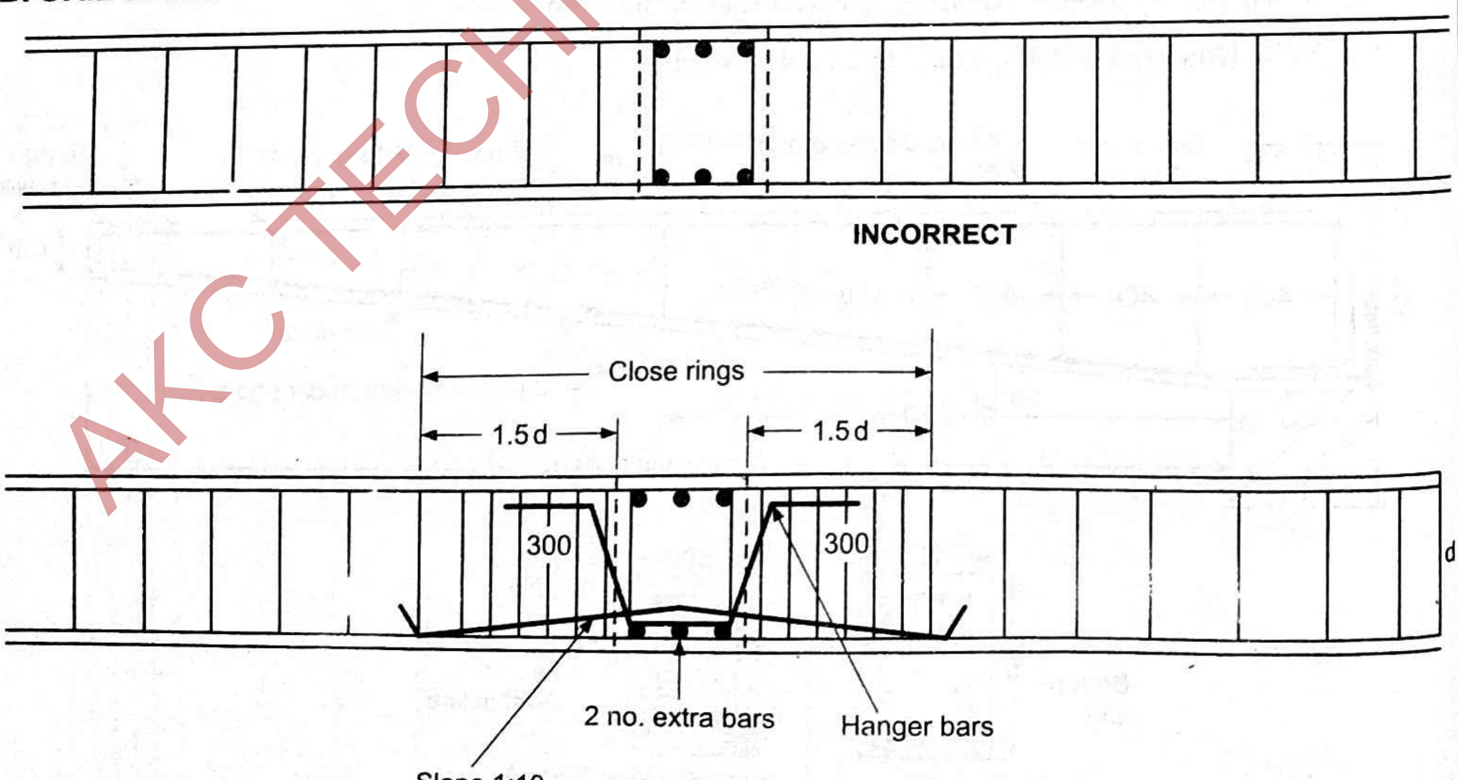
§ 1.17. आर०सी०सी० संरचनाओं में प्रबलन इस्पात के सही स्थान पर लगाना (Placement of Reinforcement at Correct Place in R.C.C. Structure) :

A. BEAM



चित्र 1.39

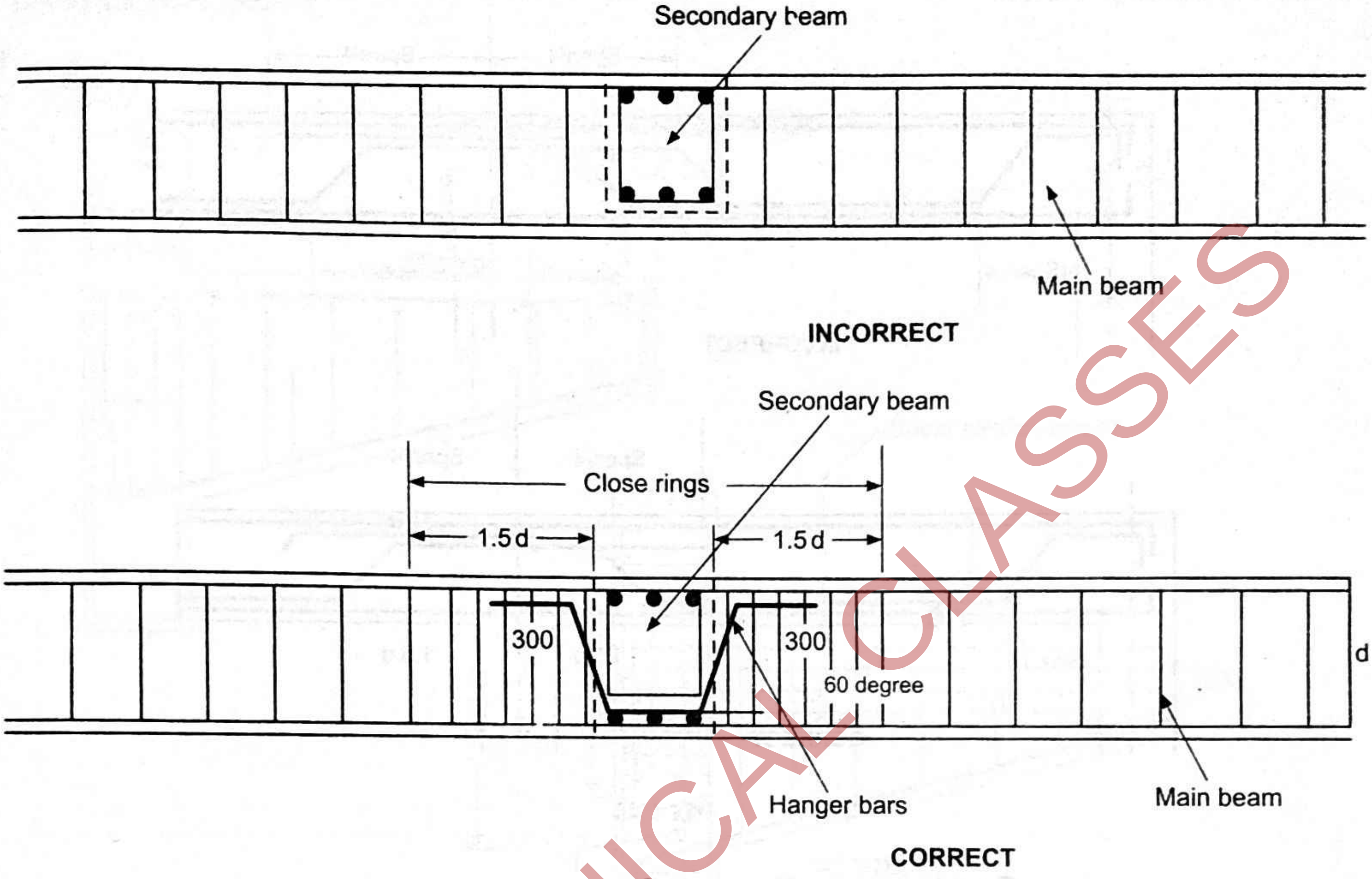
B. GRID BEAM



चित्र 1.40

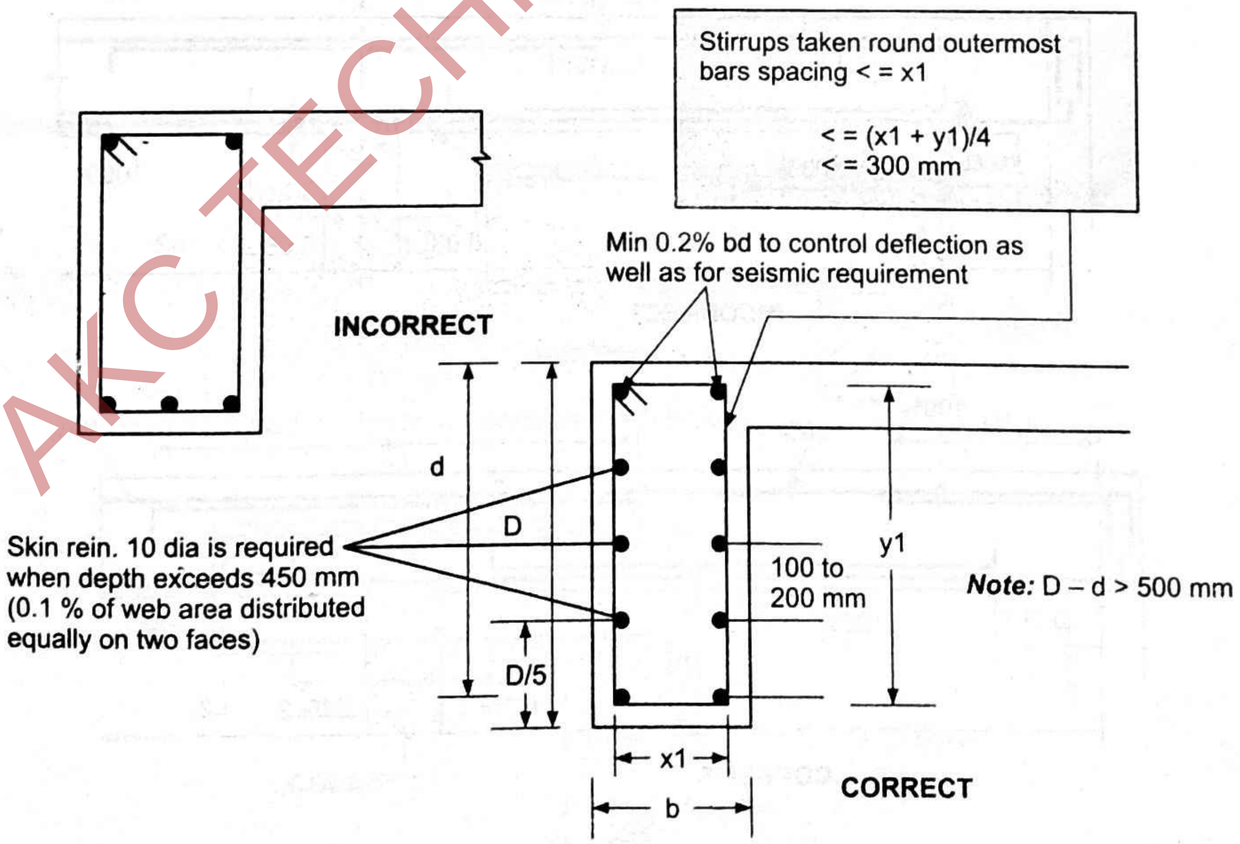
AKC TECHNICAL CLASSES

C. DETAILS OF MAIN AND SECONDARY BEAMS



चित्र 1.41

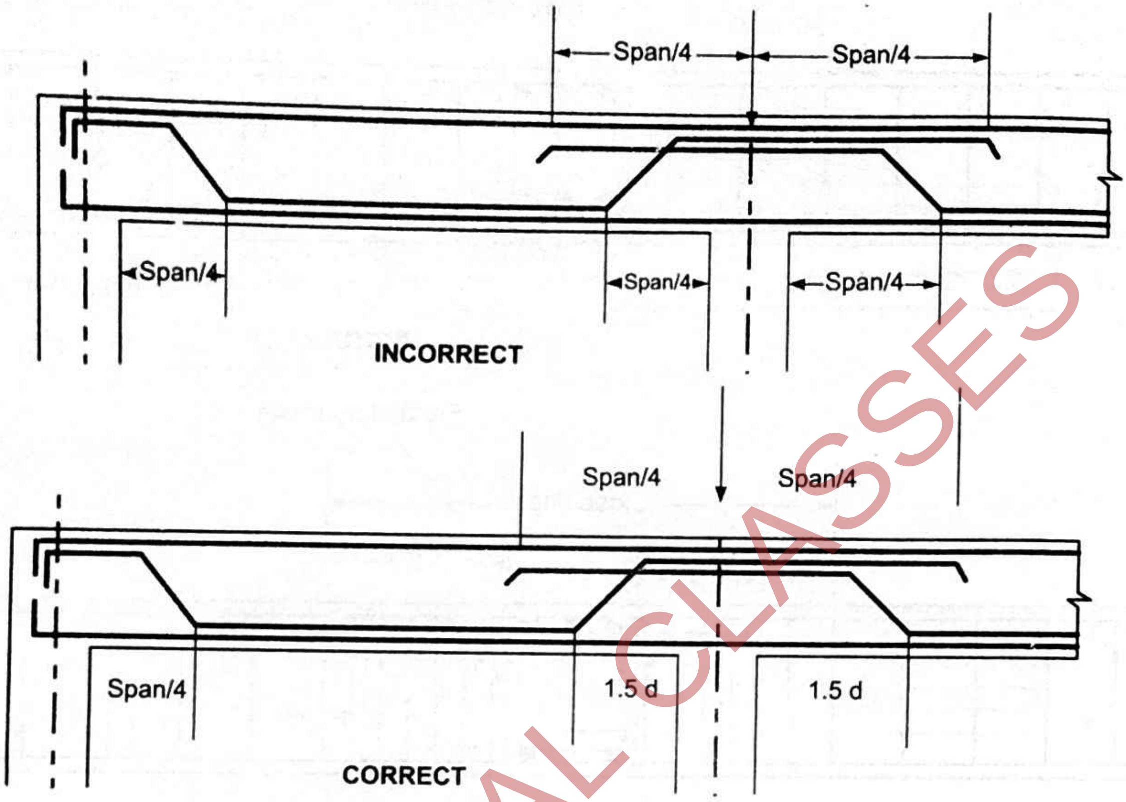
D. SHEAR AND TORSION REINFORCEMENT IN BEAMS



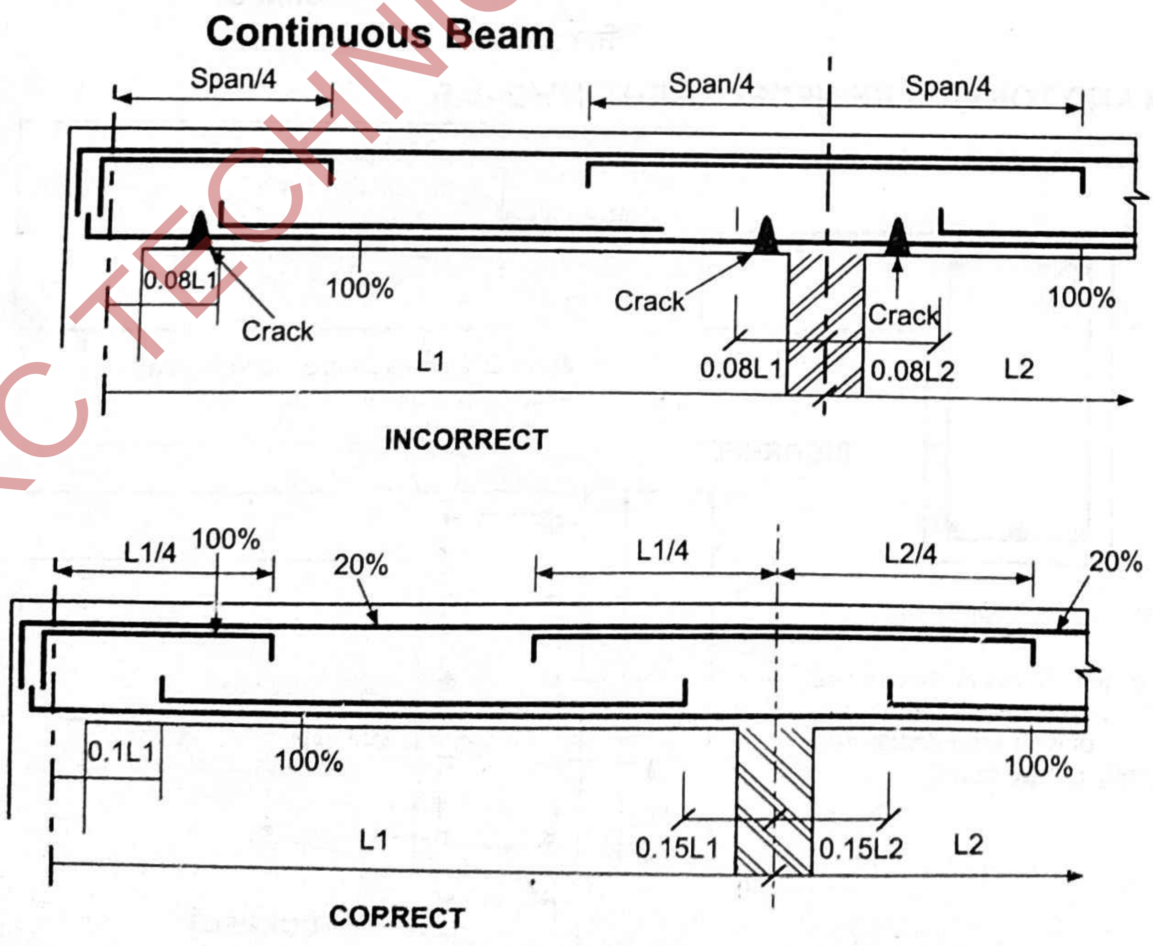
चित्र 1.42

AKC TECHNICAL CLASSES

E. CONTINUOUS BEAM



चित्र 1.43

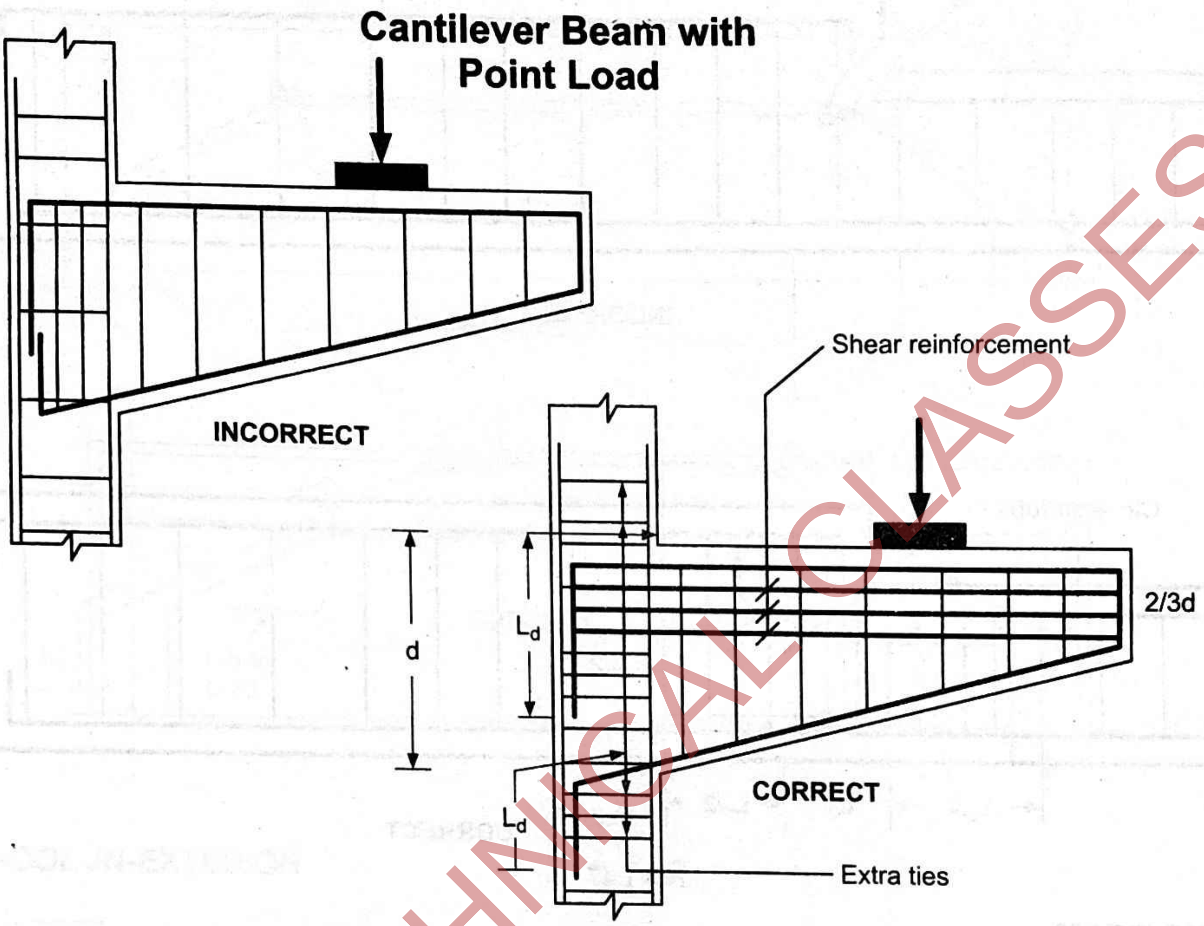


चित्र 1.44

AKC TECHNICAL CLASSES

F. CANTILEVER BEAM

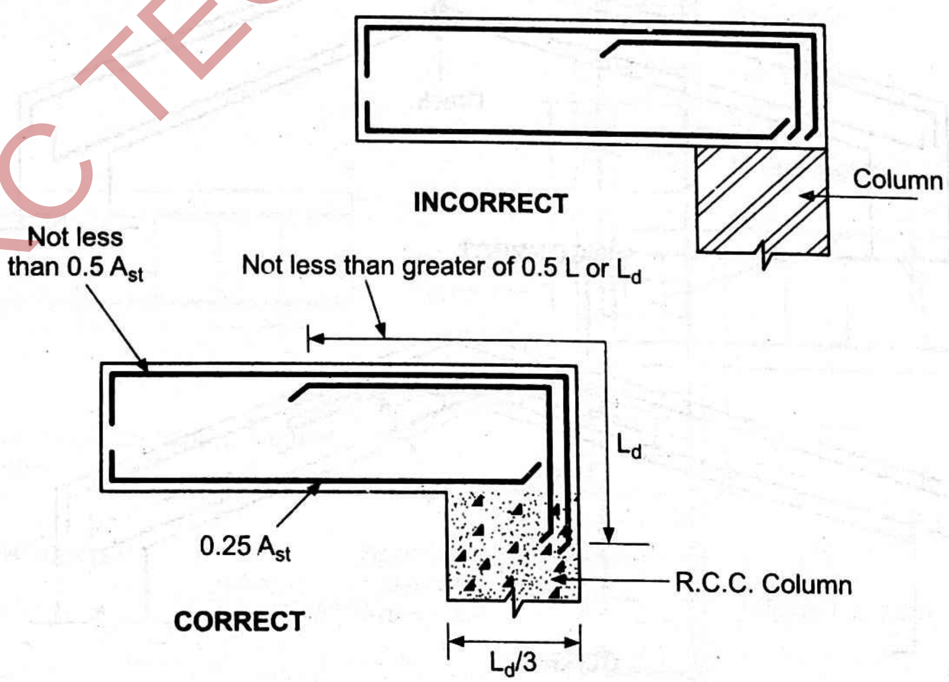
(a)



चित्र 1.45

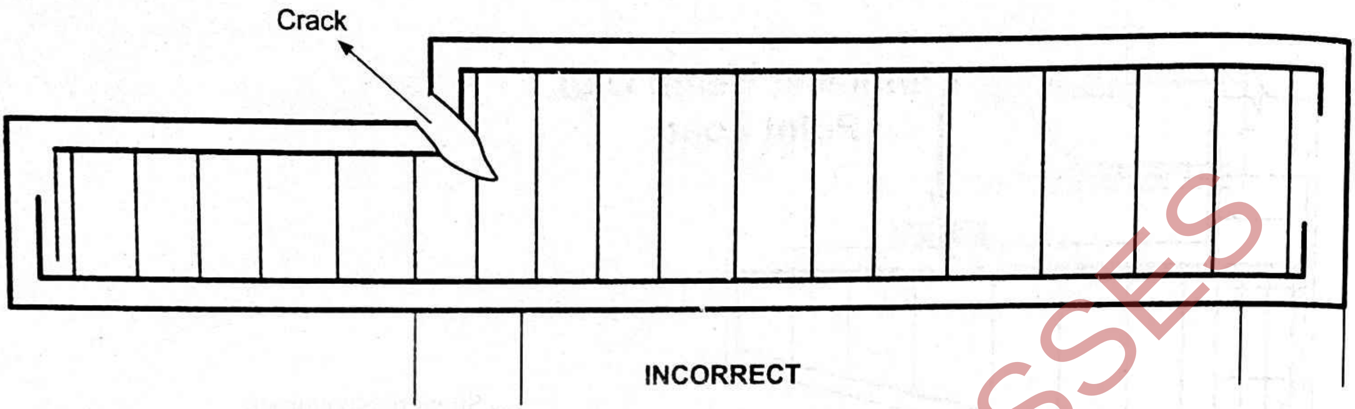
AKC TECHNICAL CLASSES

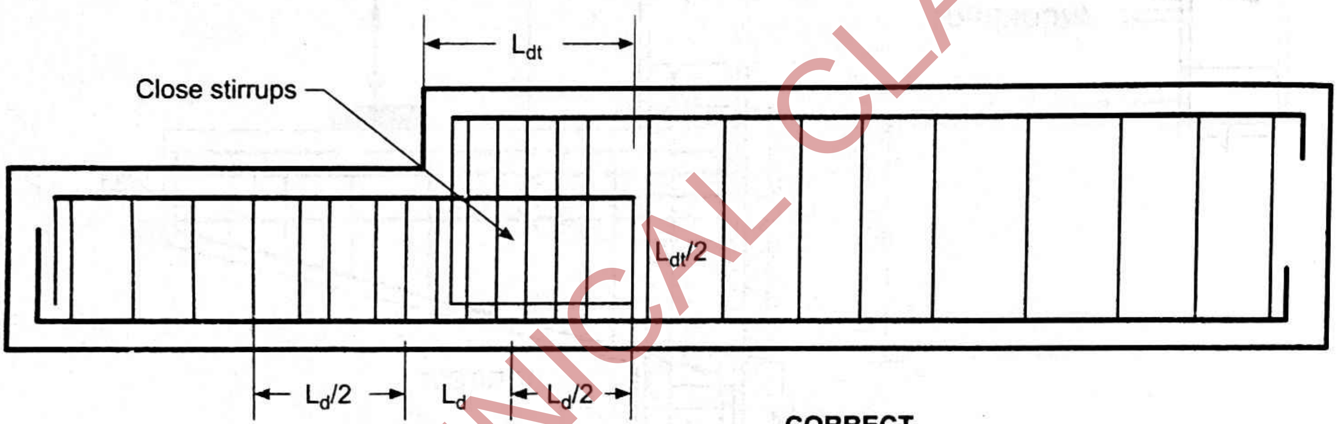
(b) Cantilever Beam Projecting from Column



चित्र 1.46

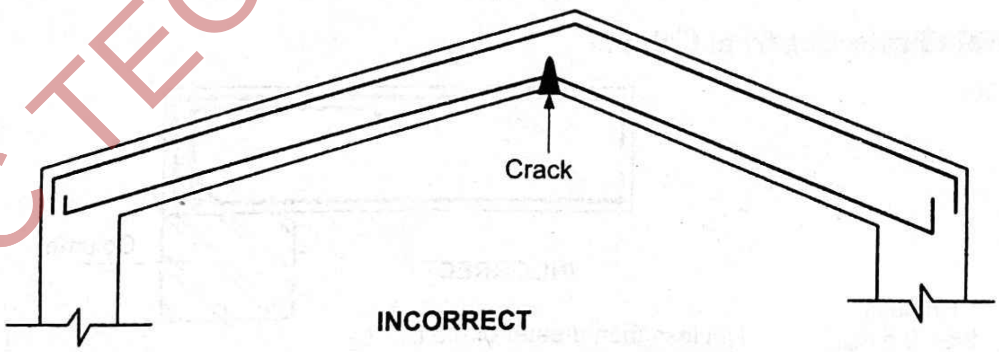
(c) **Cantilever Beam**

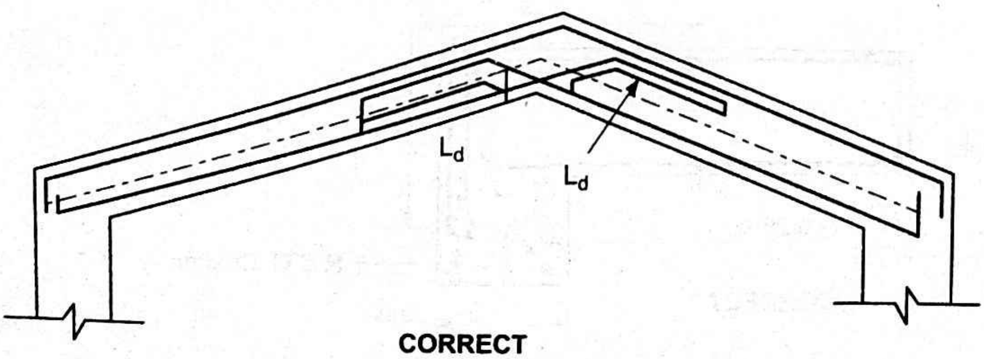




चित्र 1.47

G. SLOPING BEAM

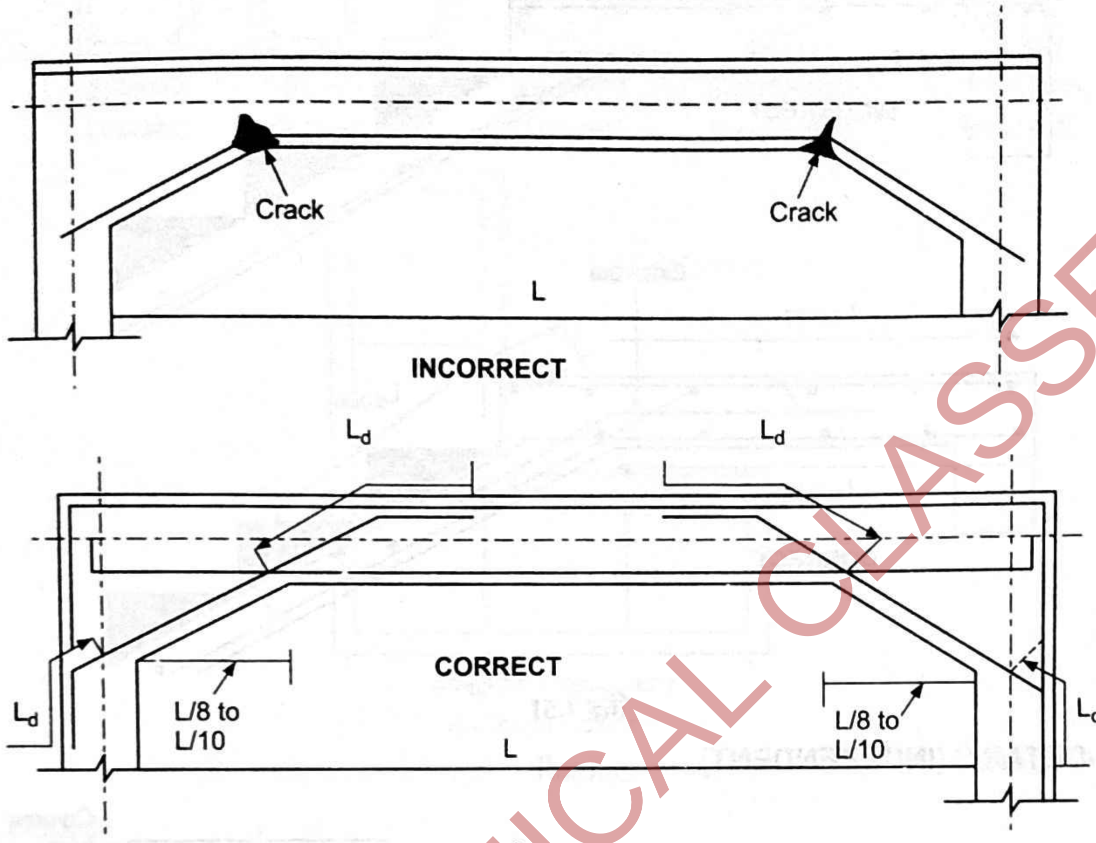




चित्र 1.48

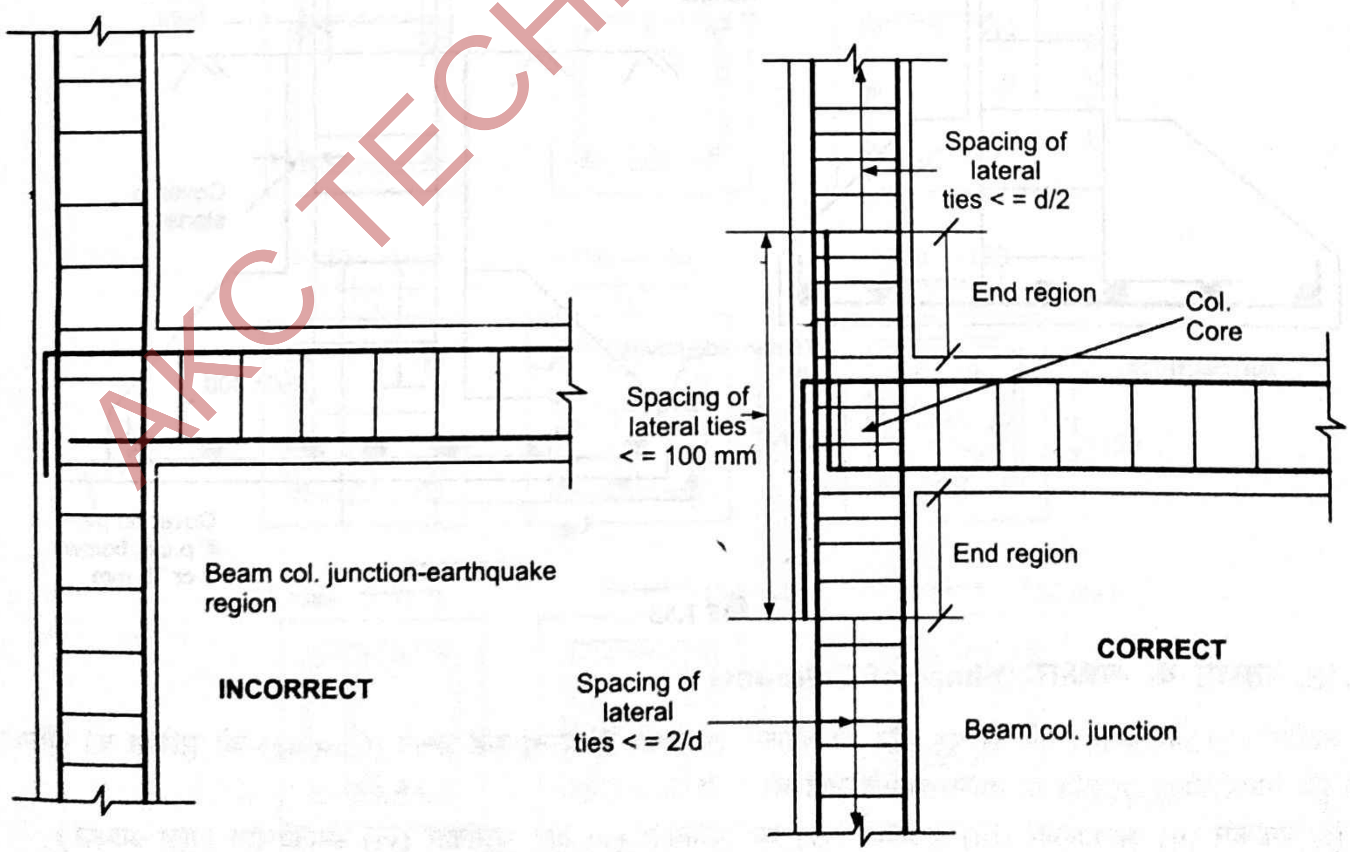
AKC TECHNICAL CLASSES

H. HAUNCH BEAMS



चित्र 1.49

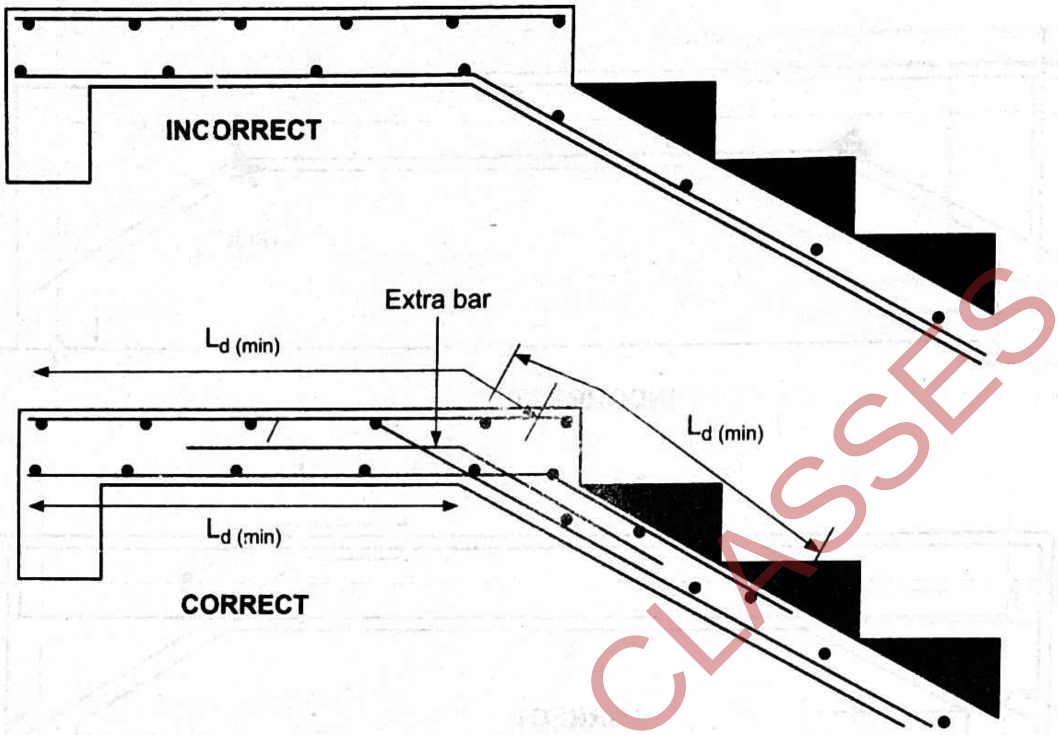
I. BEAM-COL JN-EXTERIOR



चित्र 1.50

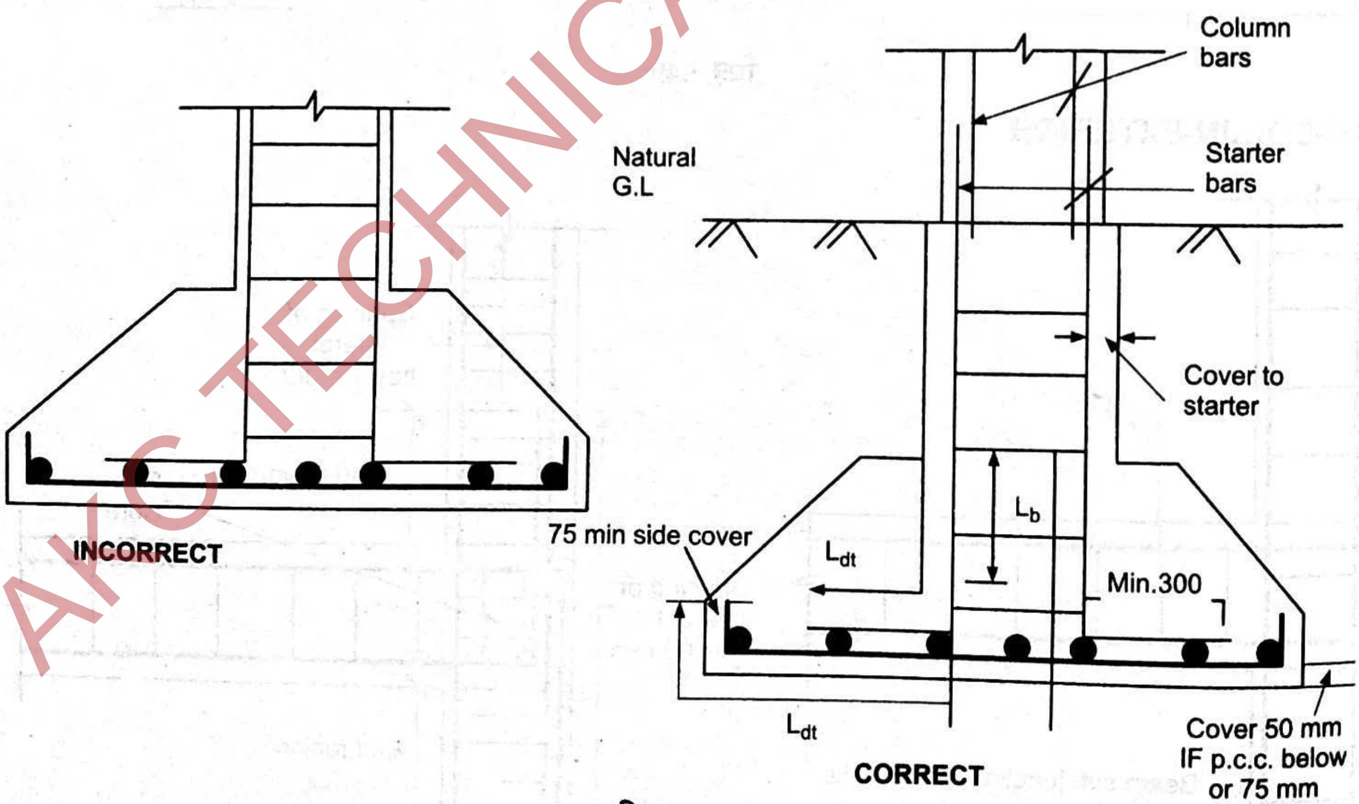
AKC TECHNICAL CLASSES

J. STAIRCASE-WITH WAIST SLAB



चित्र 1.51

K. FOOTING-DETAILS (INDEPENDENT)



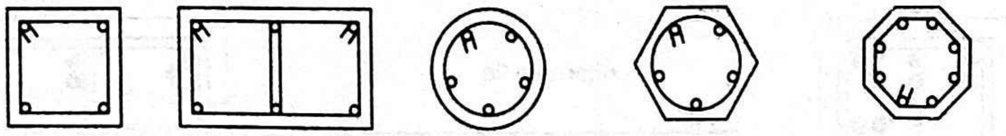
चित्र 1.52

§ 1.18. स्तम्भों के आकार (Shape of Columns) :

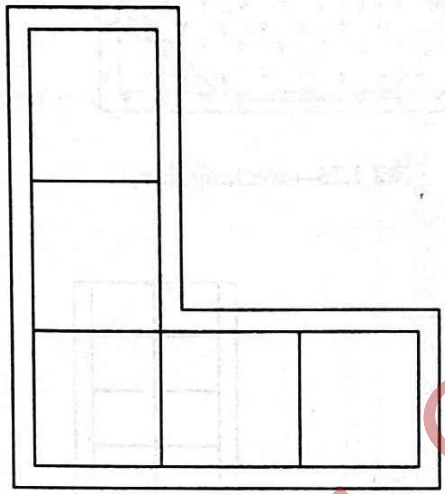
ज्यामितीय (Geometry) दृष्टि से यह कोई भी आकार ले सकते हैं, परन्तु इन्हें बनाने (Casting) की सुविधा को दृष्टिगत रखते हुये निम्नलिखित आकृति के स्तम्भ बनाये जाते हैं।

(i) वर्गाकार (ii) आयताकार (iii) वृत्ताकार (iv) षट भुजाकार (v) अष्ट भुजाकार (vi) समकोणीय (एल आकार)

AKC TECHNICAL CLASSES



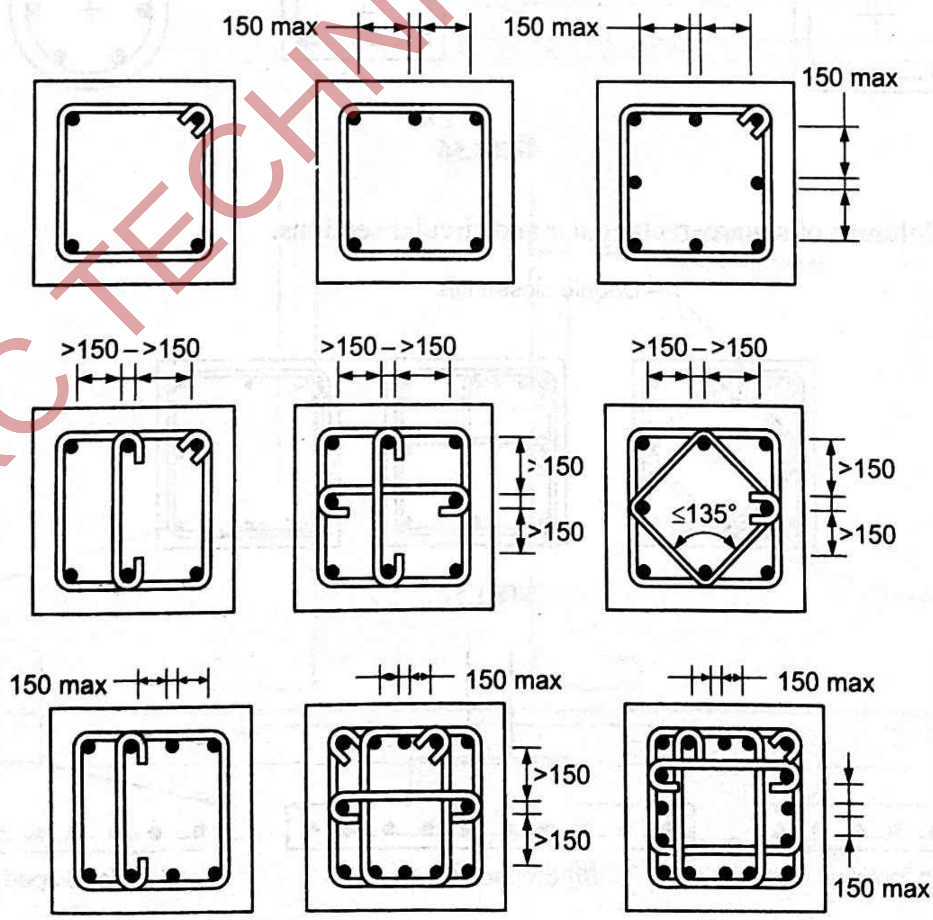
(i) वर्गाकार (Square) (ii) आयताकार (Rectangular) (iii) वृत्ताकार (Circular) (iv) षटभुजाकार (Hexagonal) (v) अषटभुजाकार (Octagonal)



समकोणीय (एल-आकार)
(L-Shape Column)

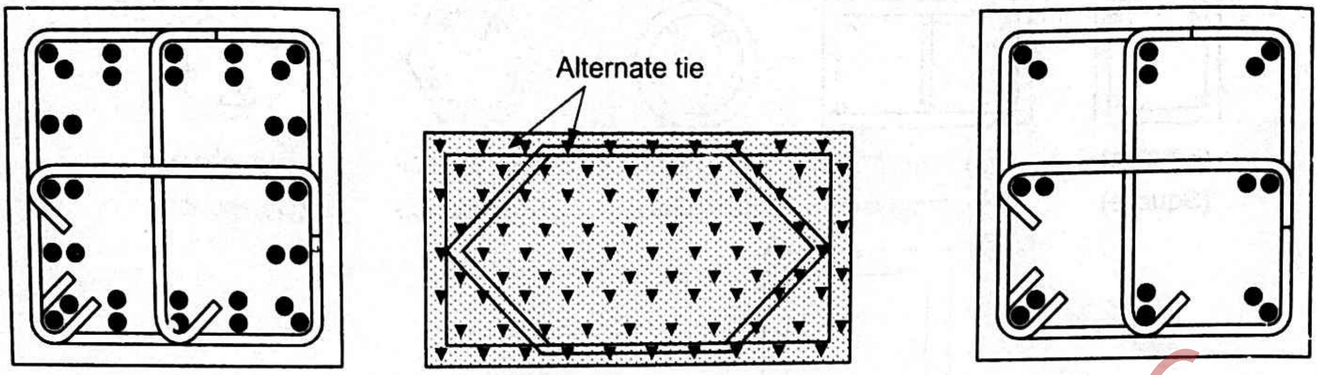
चित्र 1.53

Ties in Columns

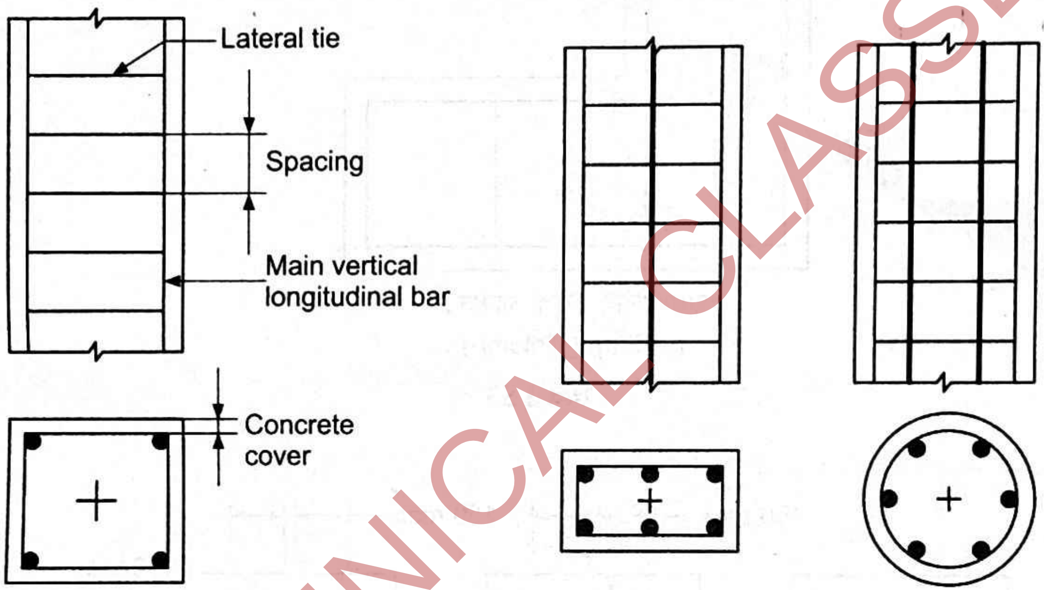


चित्र 1.54—Typical Tie Arrangements

AKC TECHNICAL CLASSES

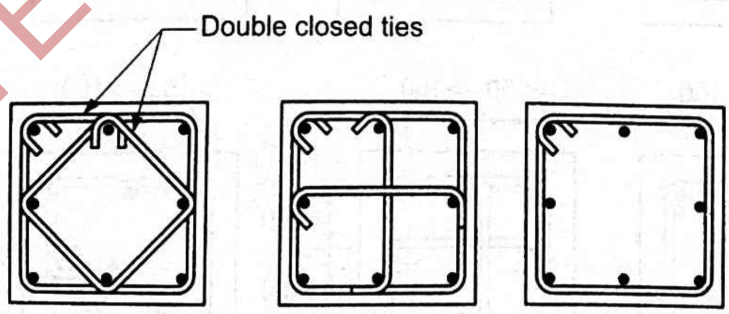


चित्र 1.55—Rectangular

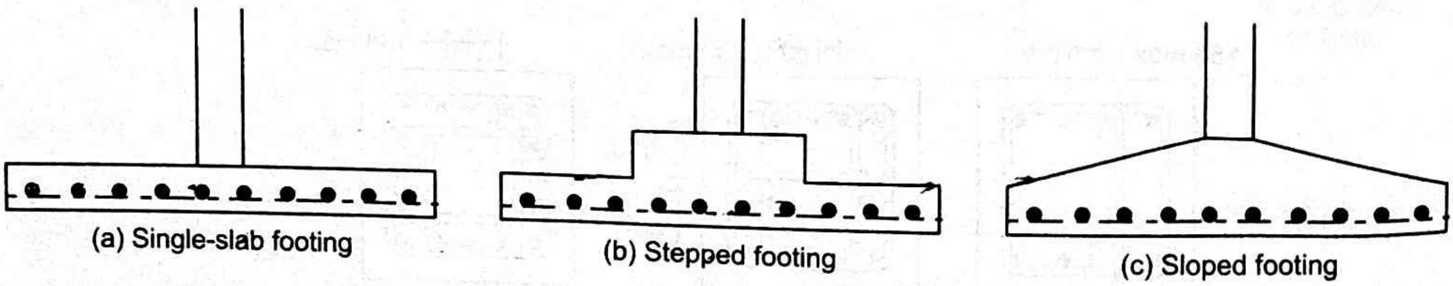


चित्र 1.56

RCC Columns : Columns of square, rectangular and circular sections.

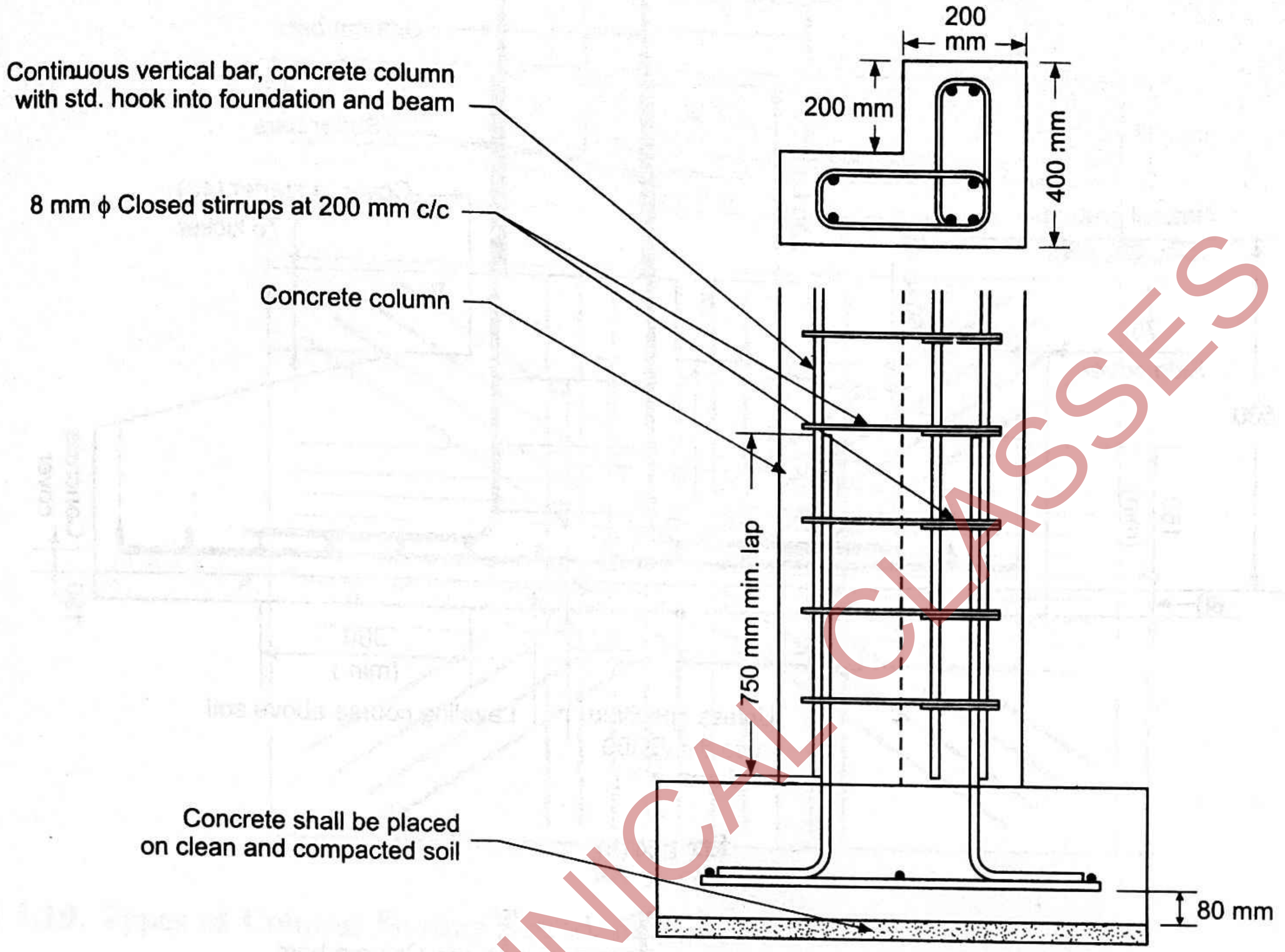


चित्र 1.57

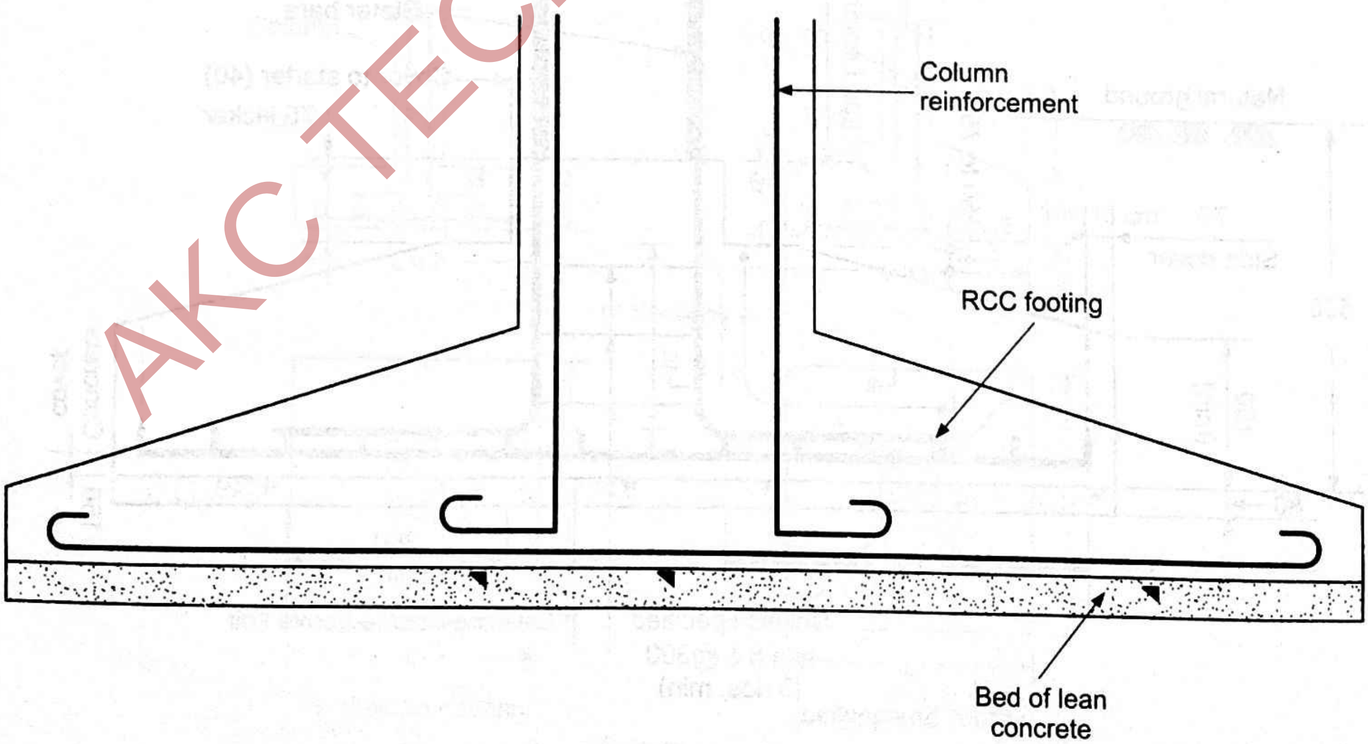


चित्र 1.58—Shapes of Isolated Footings

AKC TECHNICAL CLASSES

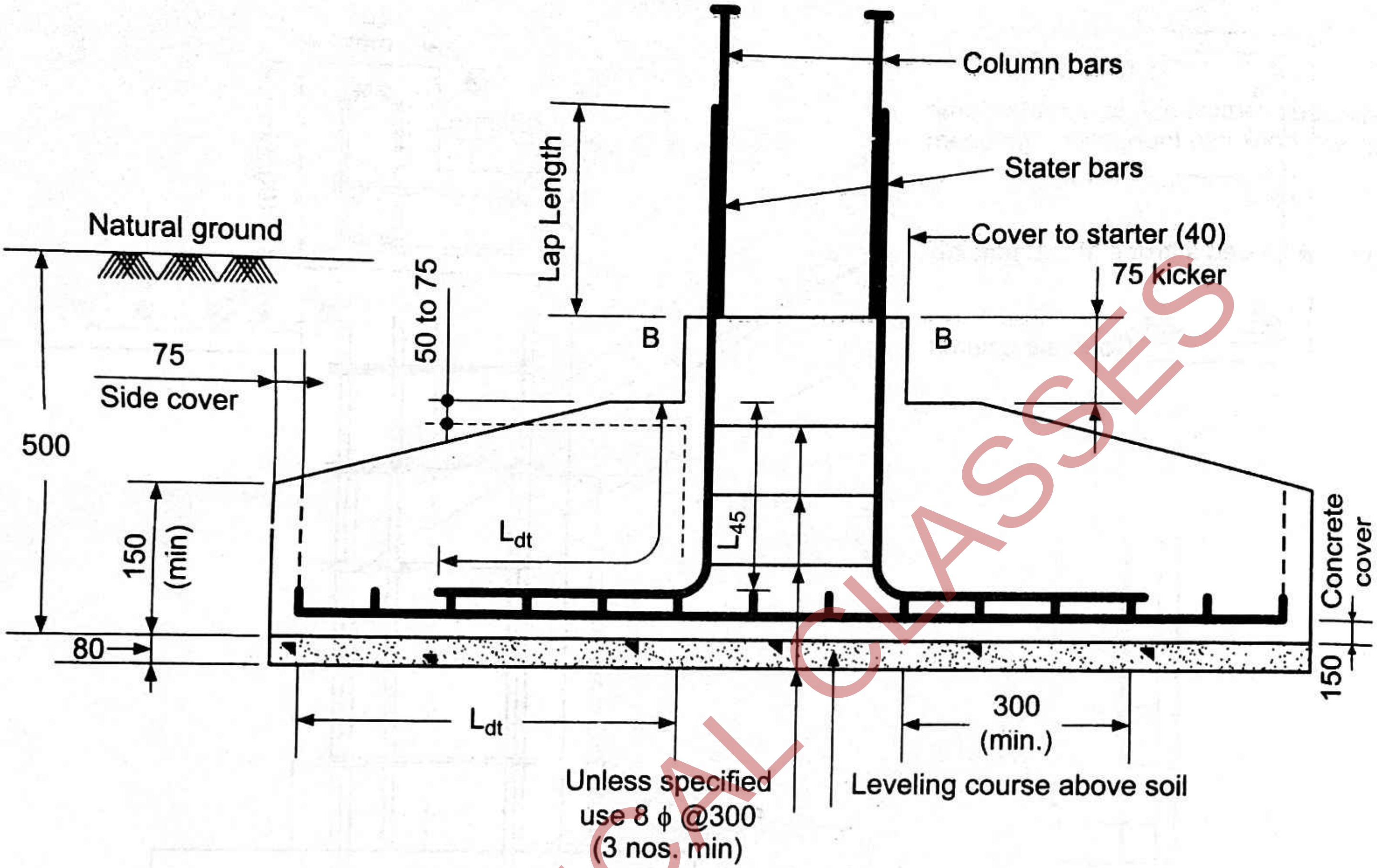


चित्र 1.59

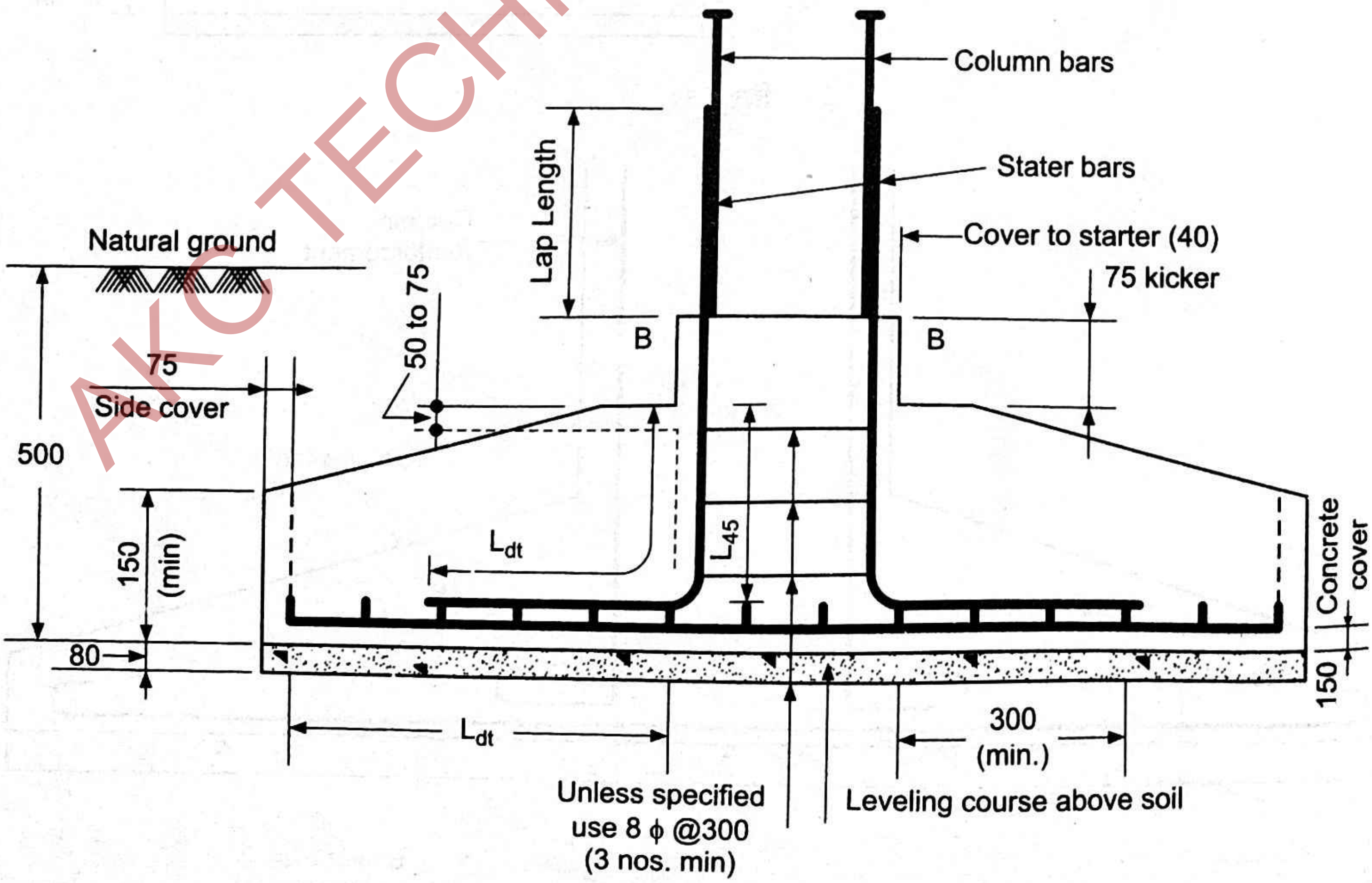


चित्र 1.60 (a)

AKC TECHNICAL CLASSES

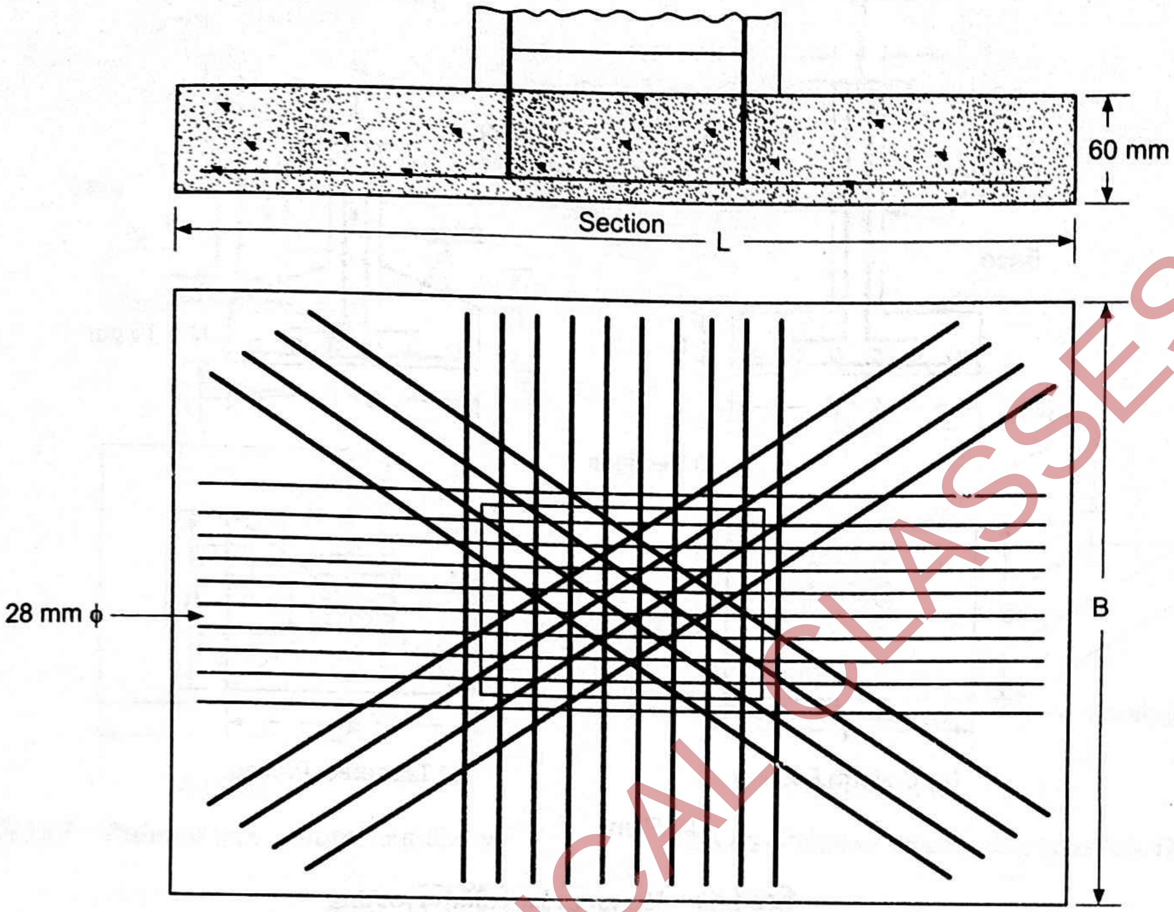


चित्र 1.60 (b)



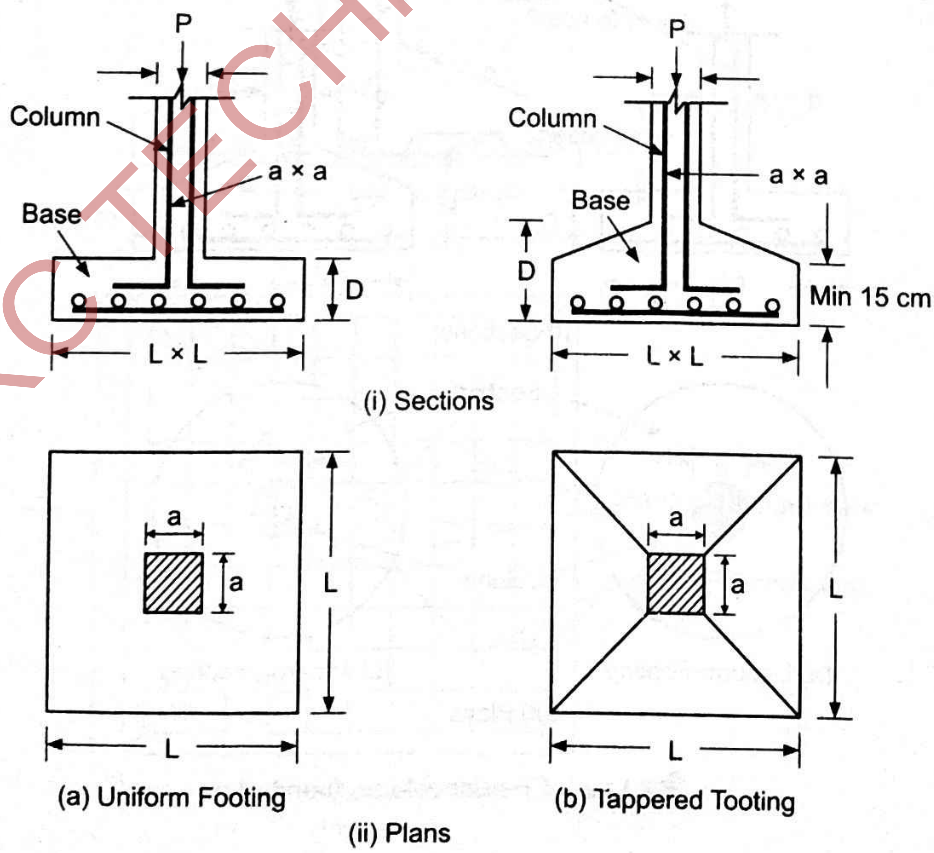
चित्र 1.61 (a)

AKC TECHNICAL CLASSES



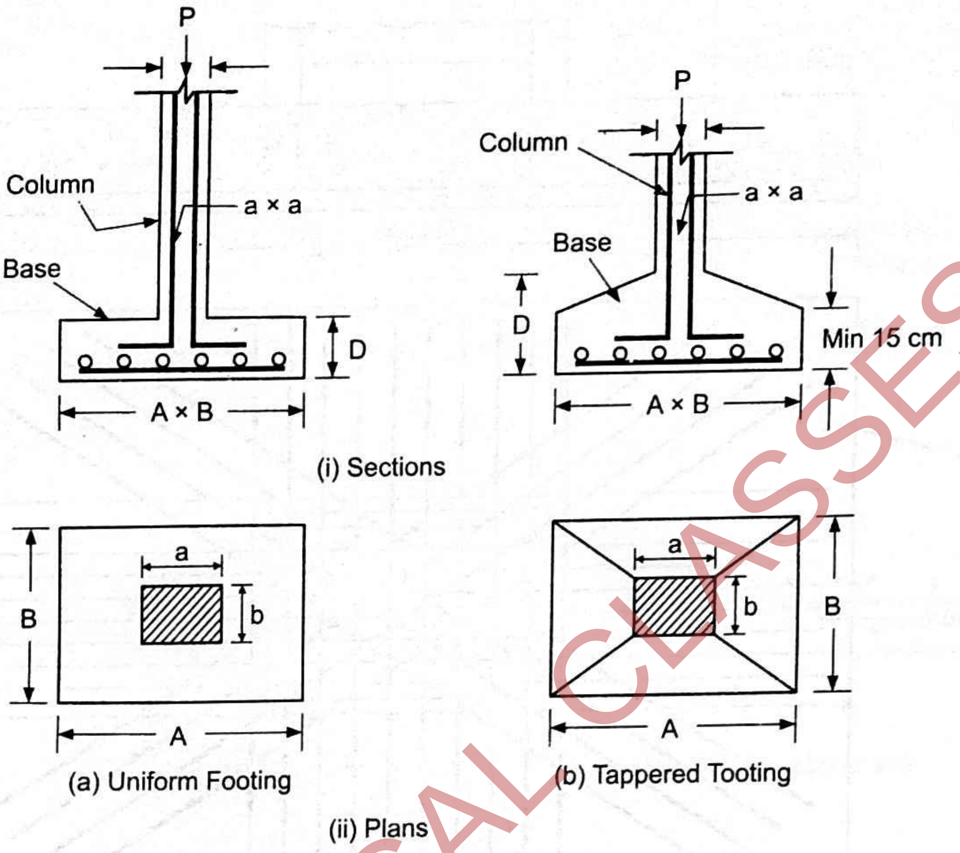
चित्र 1.61 (b)

§ 1.19. Types of Column Footing Foundation :

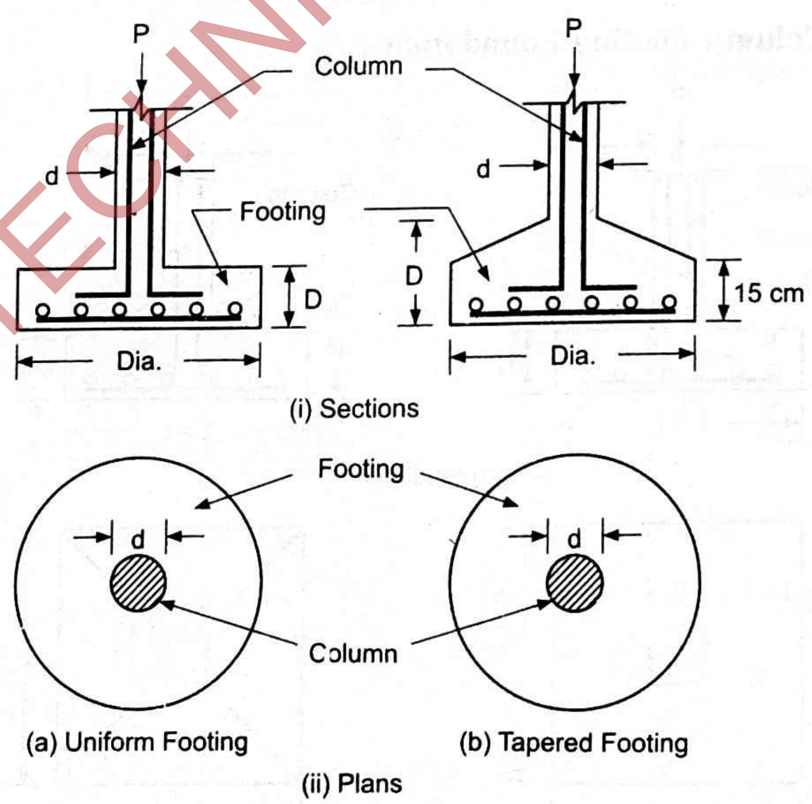


चित्र 1.62—वर्गाकार स्तम्भ नींव

AKC TECHNICAL CLASSES

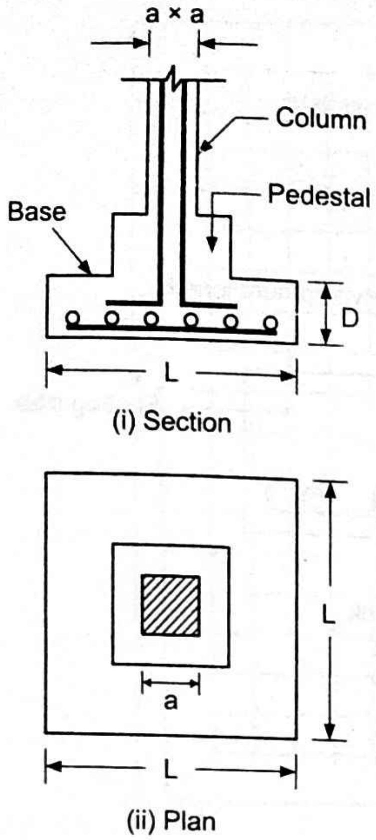


चित्र 1.63—Rectangular column footing

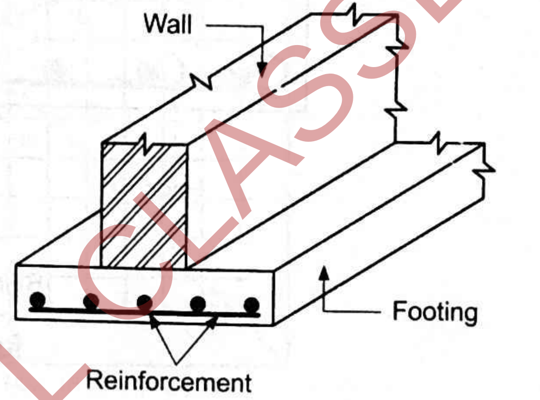


चित्र 1.64—Circular column foundation

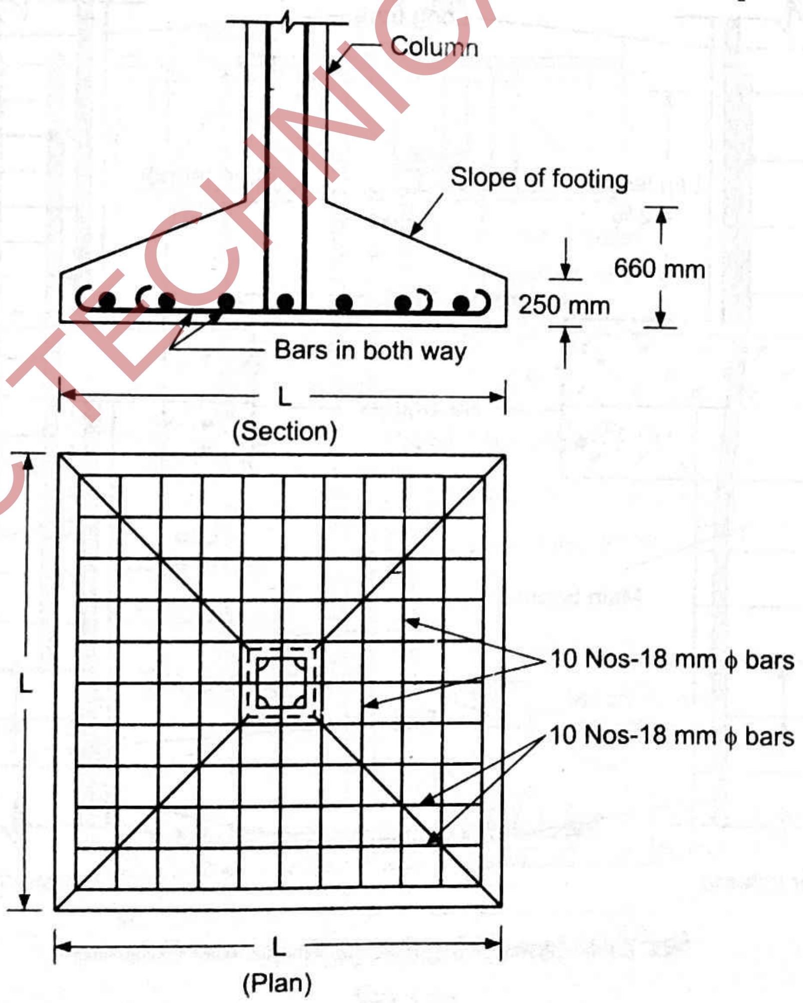
AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 1.65—Pedestal type column foundation

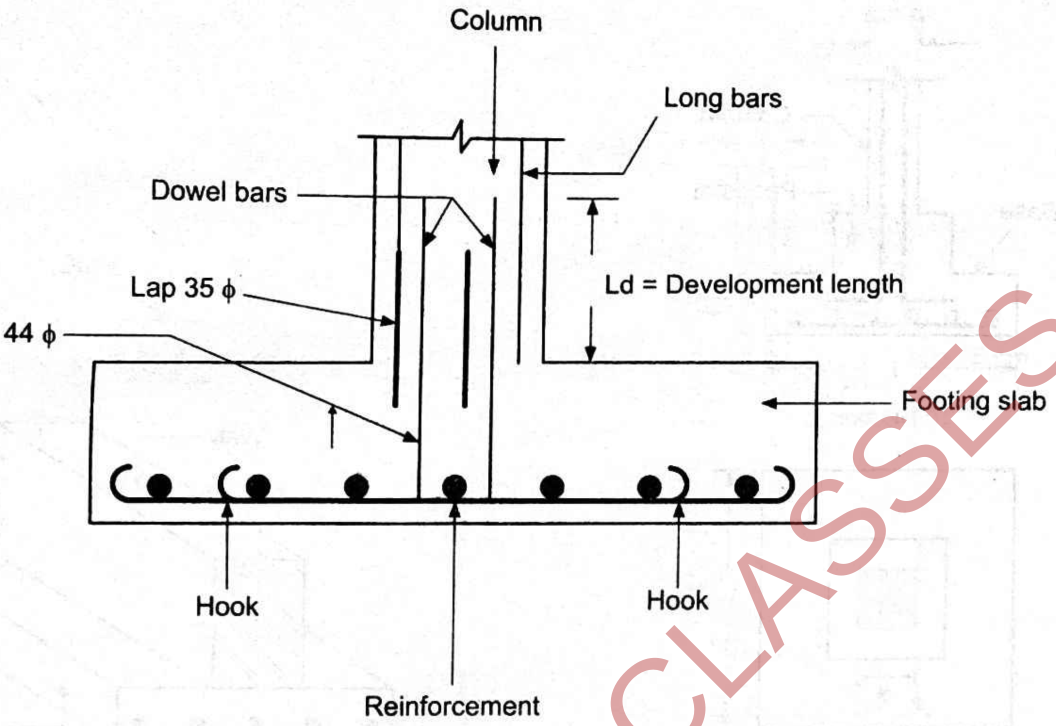


चित्र 1.66—Wall or step footing type foundation

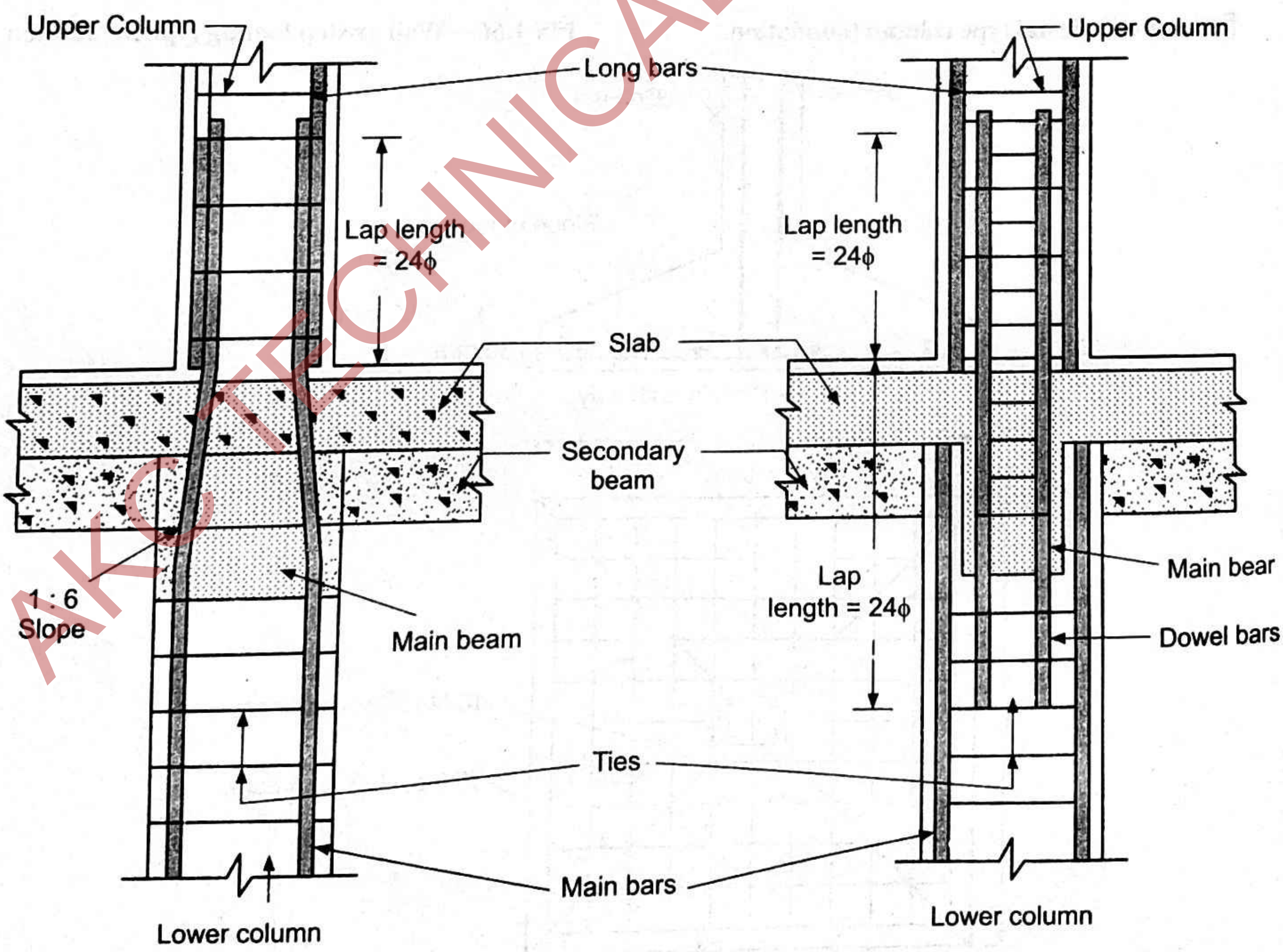


चित्र 1.67

AKC TECHNICAL CLASSES

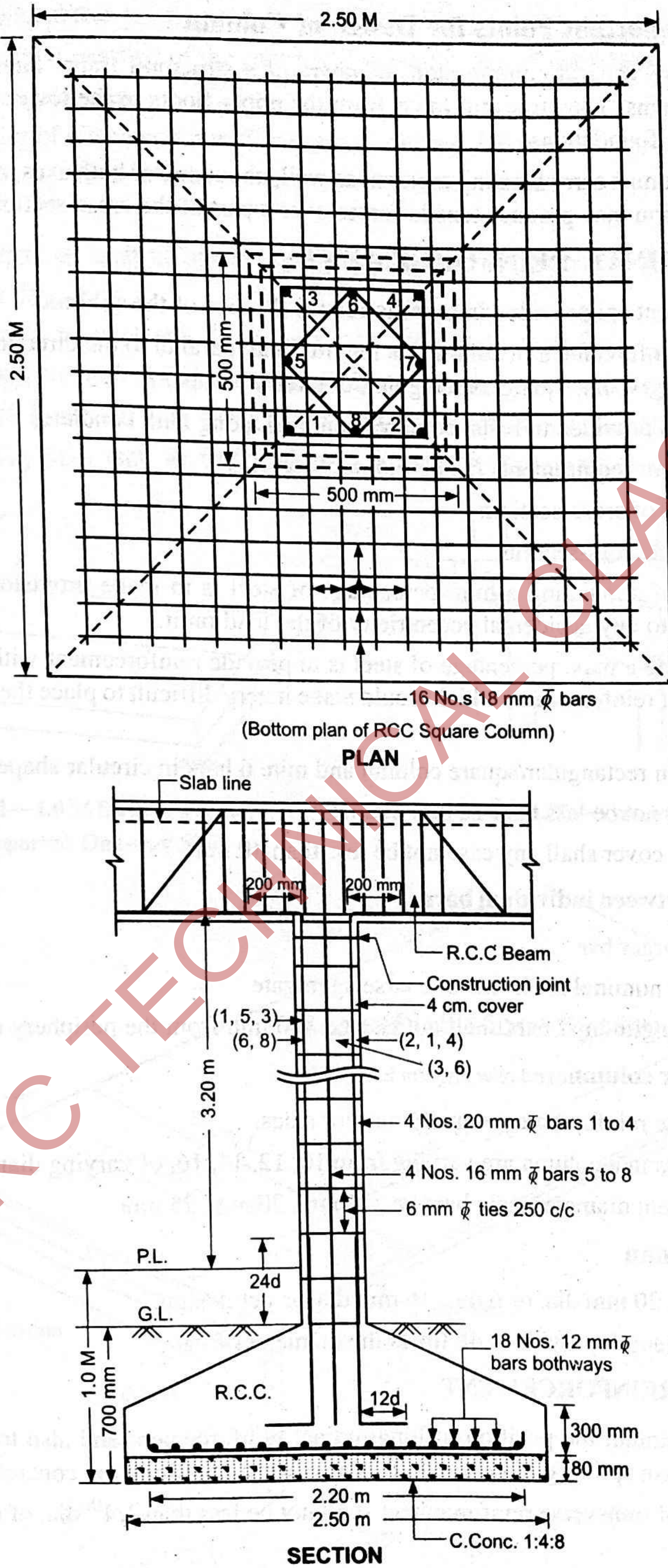


चित्र 1.68—Dowel Bars



चित्र 1.69—Anchoring R.C.C. Beams and Columns

AKC TECHNICAL CLASSES


2.50 M
2.50 M
500 mm
500 mm
3
6
4
5
7
1
8
2
16 No.s 18 mm ϕ bars
(Bottom plan of RCC Square Column)
PLAN
Slab line
200 mm
200 mm
R.C.C Beam
Construction joint
4 cm. cover
(1, 5, 3)
(6, 8)
(2, 1, 4)
(3, 6)
3.20 m
4 Nos. 20 mm ϕ bars 1 to 4
4 Nos. 16 mm ϕ bars 5 to 8
6 mm ϕ ties 250 c/c
P.L.
24d
G.L.
18 Nos. 12 mm ϕ bars bothways
1.0 M
700 mm
R.C.C.
12d
300 mm
80 mm
2.20 m
2.50 m
C.Conc. 1:4:8
SECTION

चित्र 1.70

§ 1.20. Some Important Points for Design of Column :

- Columns are vertical compression members of a structural frame intended to support the load-carrying beams. They transmit loads from the upper floors to the lower levels and then to the soil through the foundations.
- Usually columns carry bending moment as well, about one or both axes of the cross section, and the bending action may produce tensile forces over a part of the cross-section.

(A) LONGITUDINAL REINFORCEMENT

- Reinforcement are provided in order to reduce the size of the column.
- The main reinforcement in columns is longitudinal, parallel to the direction of the load and consists of bars arranged in a square, rectangular, or circular shape.
- Main steel is provided to resist compression load along with concrete.
- Reinforcement requirements (Longitudinal Steel A_{st})

  min A_{st} 0.8% of cross-section.

  max A_{st} 6% of cross-section.
- The object of stipulating a min. percentage of steel is to make provision to prevent buckling of column due to any accidental eccentricity of the load on it.
- For stipulating a max. percentage of steel is to provide reinforcement with in such a limit to avoid congestion of reinforcement which would make it very difficult to place the concrete and consolidate it.
- Min. 4 bars in rectangular/square column and min. 6 bars in circular shape column.
- The bar shall not be less than 12 mm diameter.
- The nominal cover shall any case not be less than 40 mm.

(ii) Min. distance between individual bars

– the dia of larger bar

– 5 mm more nominal max. size of coarse aggregate

- Spacing of longitudinal bars shall not exceed 300 mm from the periphery of the column.

(iii) For rectangular column.

- Distributed the reinforcement equally on four sides.
- The no. of bars in a column are varying from 10, 12, 14, 16, of varying diameter.
- Provide different diameter main bars i.e., 16 mm, 20 mm, 25 mm.

(iv) For circular column

- Provide 6 nos. 20 mm dia. or 6 nos. 16 mm dia. as per design.
- The effective length provide is 48 times the diameter of bar.

(B) TRANSVERSE REINFORCEMENT

- In order to maintain the position of longitudinal reinforcement and also to prevent their buckling which may cause splitting of concrete. It is also assist confining the concrete.
- The diameter of transverse reinforcement shall not be less than $1/4^{th}$ dia. of main bar in no case less than 5 mm.

AKTECHNICAL CLASSES

(i) The spacing of lateral ties

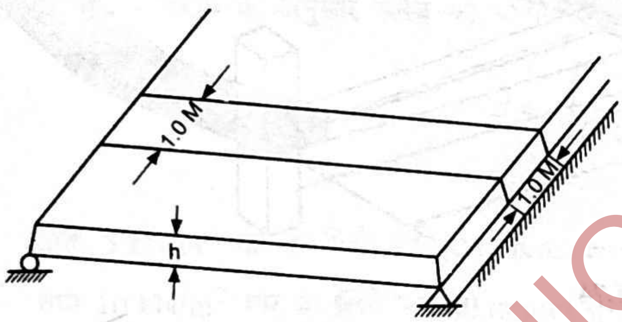
- The least lateral dimension of the column/16 times the dia. of main bars.
- Max spacing is 300 mm
- The lateral ties of diameter 8 mm @ a spacing 200 and 250 mm c/c.

§ 1.21. SLAB :

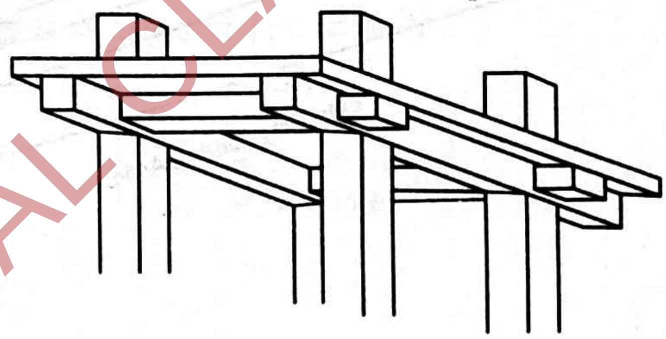
संरचना का एक घटक जो जगहों को छत या फर्श की तरह ढ़कने के लिये प्रयोग होता है स्लैब कहलाता है। स्लैब दीवारों या बीमों या स्तम्भों पर टिकी रहती है।

जो स्लैब सीधे स्तम्भों पर रूकी होती है उसे फ्लैट स्लैब (Flat Slab) कहते हैं।

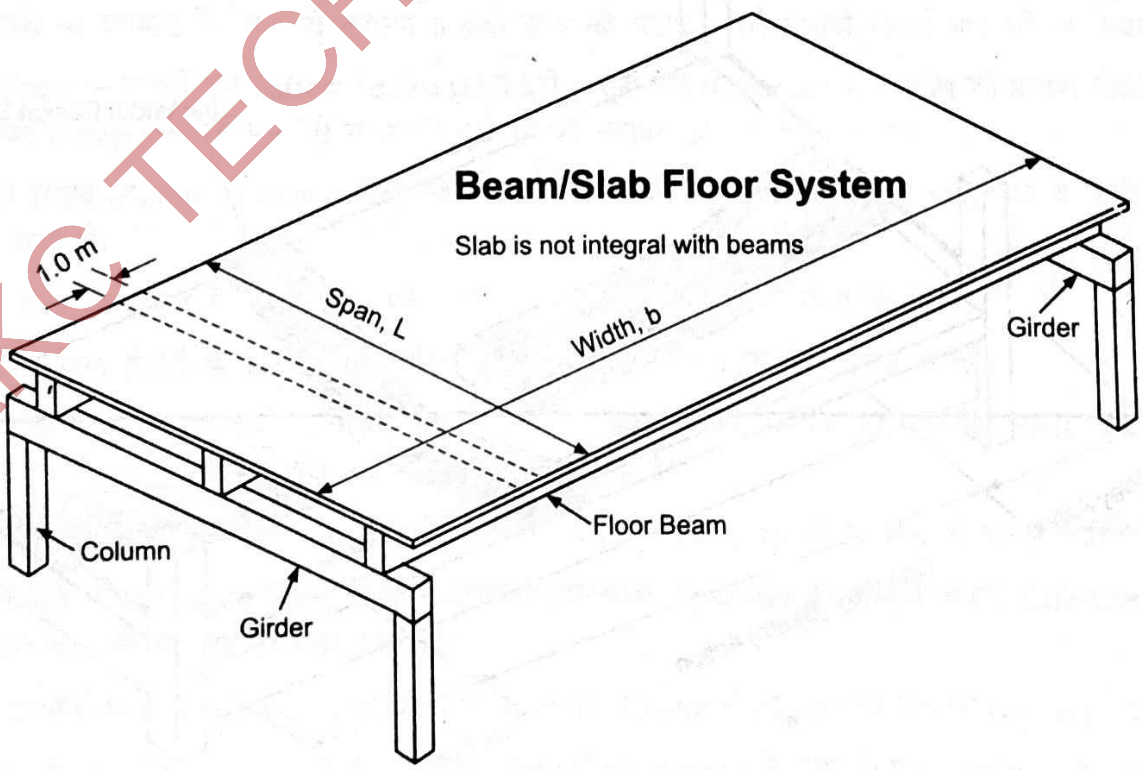
जब स्लैब दो साइड़ों पर टिकी होती है तब स्लैब की बैन्डिग (Bending or Deflection) एक दिशा में होता है तो उसे **One Way Slab** कहते हैं और जब स्लैब चारों साइड़ से टिकी होती है और बैन्डिंग (Bending or Deflection) दो दिशाओं में हो तो उसे Two way Slab कहते हैं। ऐसी स्थिति स्लैब के कॉलमस (Columns) के पंक्तियों में होने पर होती है।



चित्र 1.71—1.0 M Strip in a Simply supported One-way Slab



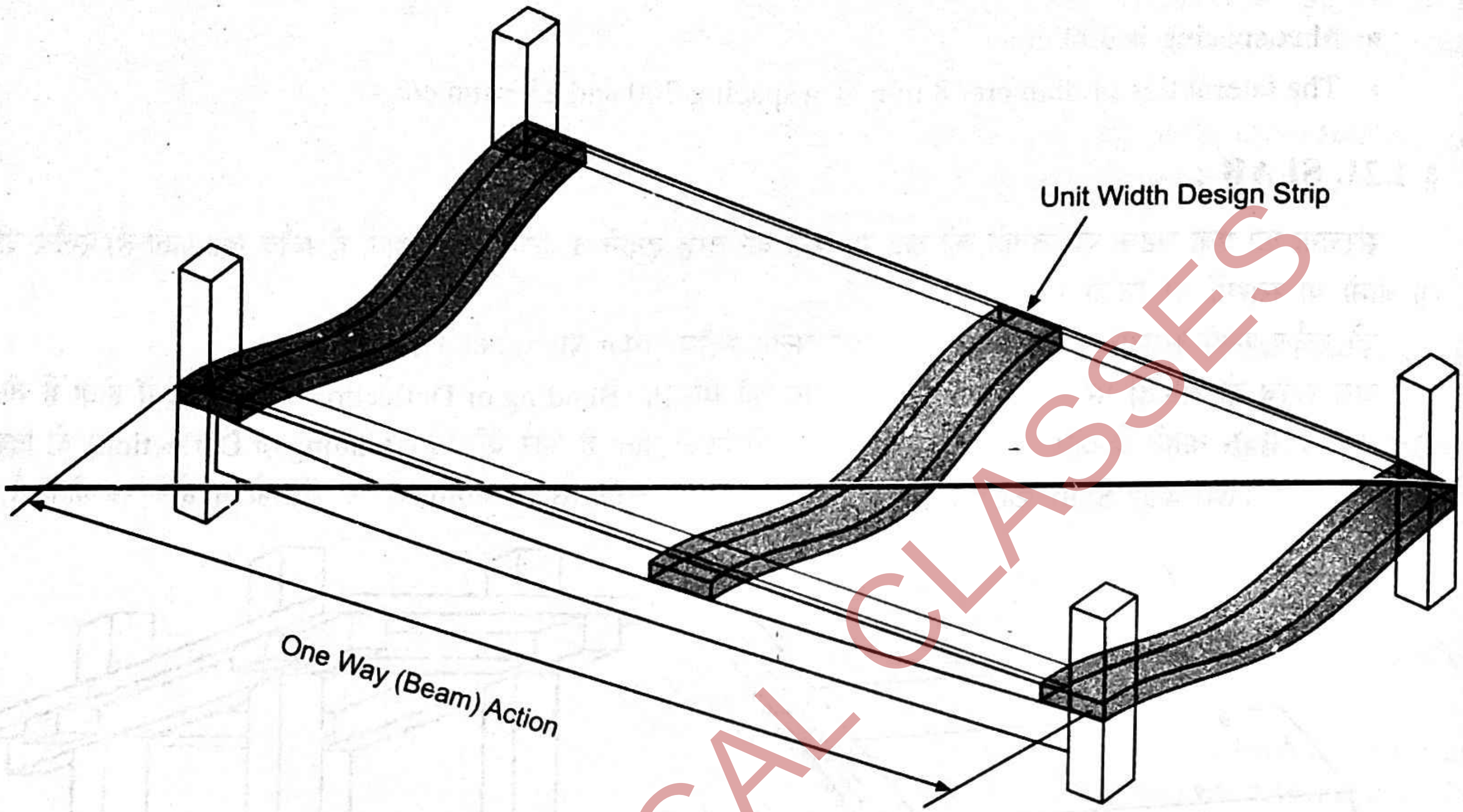
चित्र 1.72—Two-way Slab with Beams



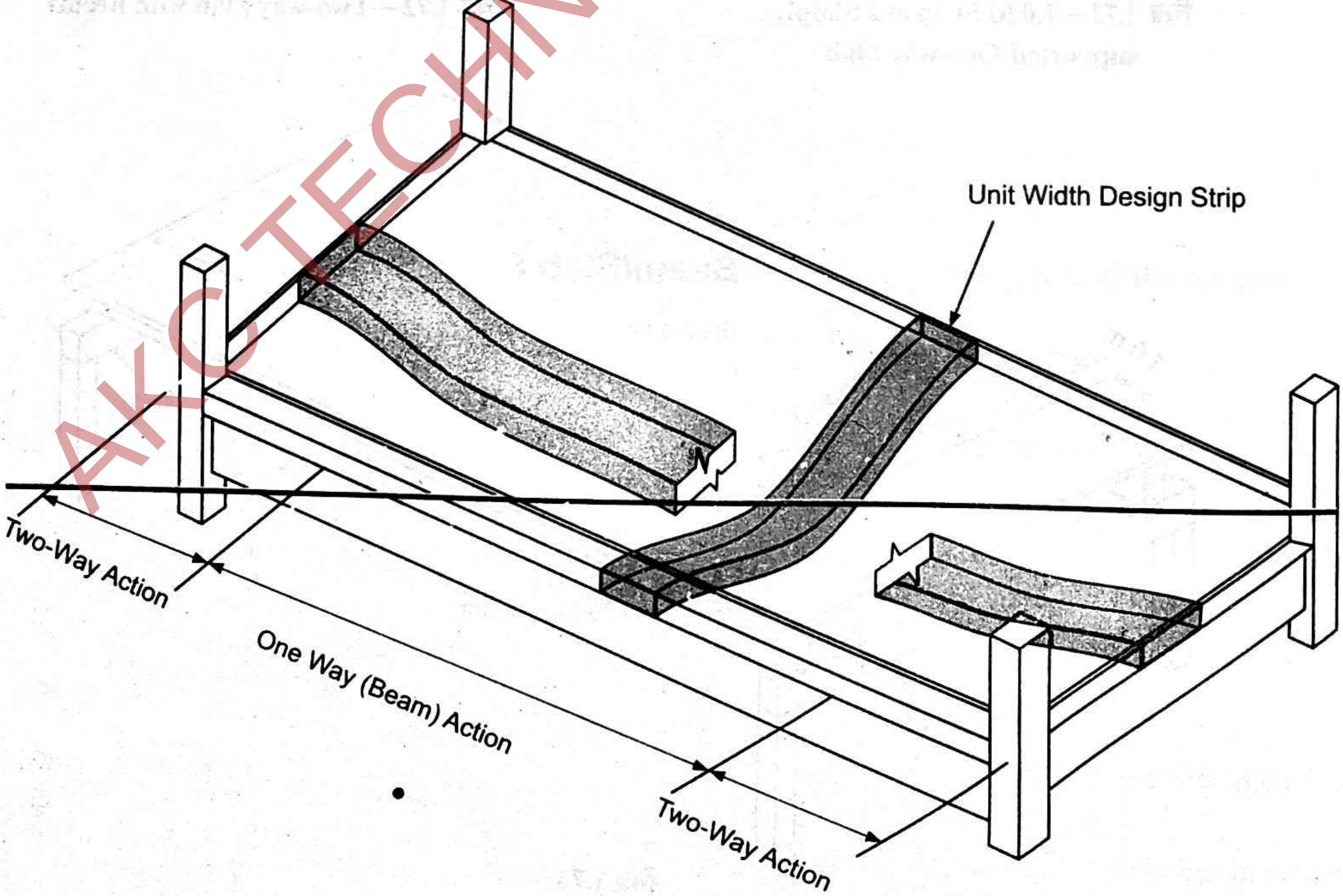
चित्र 1.73

AKC TECHNICAL CLASSES

LOADING OF ONE-WAY SLAB



चित्र 1.74



चित्र 1.75

AKC TECHNICAL CLASSES

नोट—

1. $\frac{\text{बड़ी लम्बाई}}{\text{छोटी लम्बाई}} = \frac{L_y}{L_x}$ if > 2 है तो उसे One Way Slab कहेगें। अन्यथा यह two way slab कहलायेगी।
2. वन वे (One Way) स्लैब में मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) छोटी लम्बाई के समानान्तर डाला जाता है तथा बड़ी लम्बाई के समानान्तर डाला गया प्रबलन वितरण इस्पात (Distribution Steel) कहलाता है।
3. टू वे स्लैब (Two Way Slab) में मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) दोनों तरफ (Directions) में डाला जाता है।
4. टू वे स्लैब में यदि कोने नीचे की ओर (Held Down) किये गये हैं तो किनारों के ऊपर उठने के विरुद्ध ऐंठन (Torsion) को सन्तुलित रखने के लिये अतिरिक्त प्रबलन (Reinforcement) की आवश्यकता होती है।
5. I.S. 456-2000 के अनुसार स्लैब की मोटाई, पाट व गहराई के अनुपात पर निर्भर करती है।

$$d = \sqrt{\frac{M_r}{0.85 \times b}}$$

$m = 18$

$\sigma_{cb} = 5\ \text{N/mm}^2$

$\sigma_{st} = 140\ \text{N/mm}^2$

$\therefore\ M_r = 0.85\ bd^2$

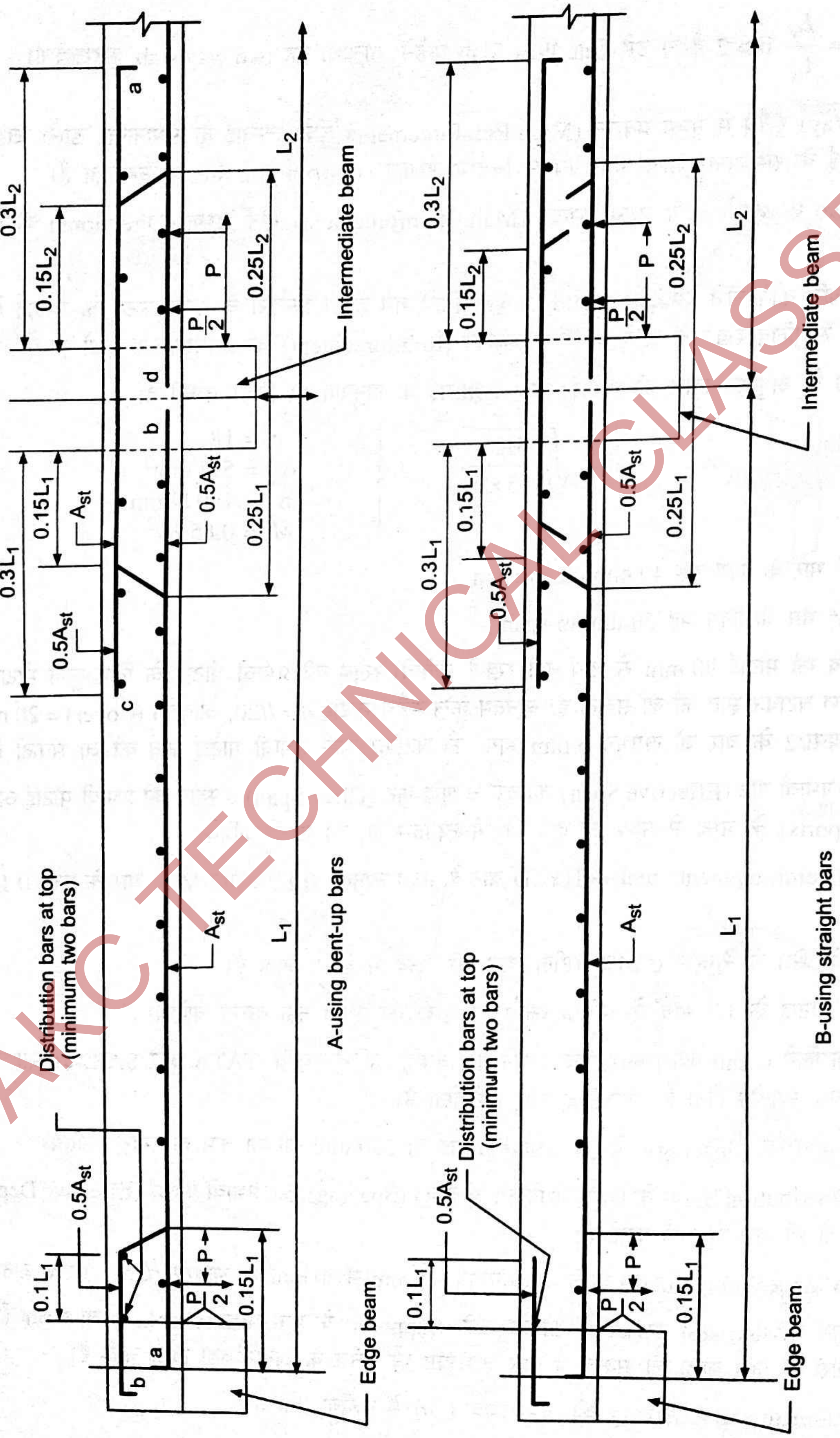
अत: $5\ \text{kN/m}^2$ भार के लिये यह 40 mm/meter span

तथा $10\ \text{kN/m}^2$ भार के लिये यह 60 mm/m-span

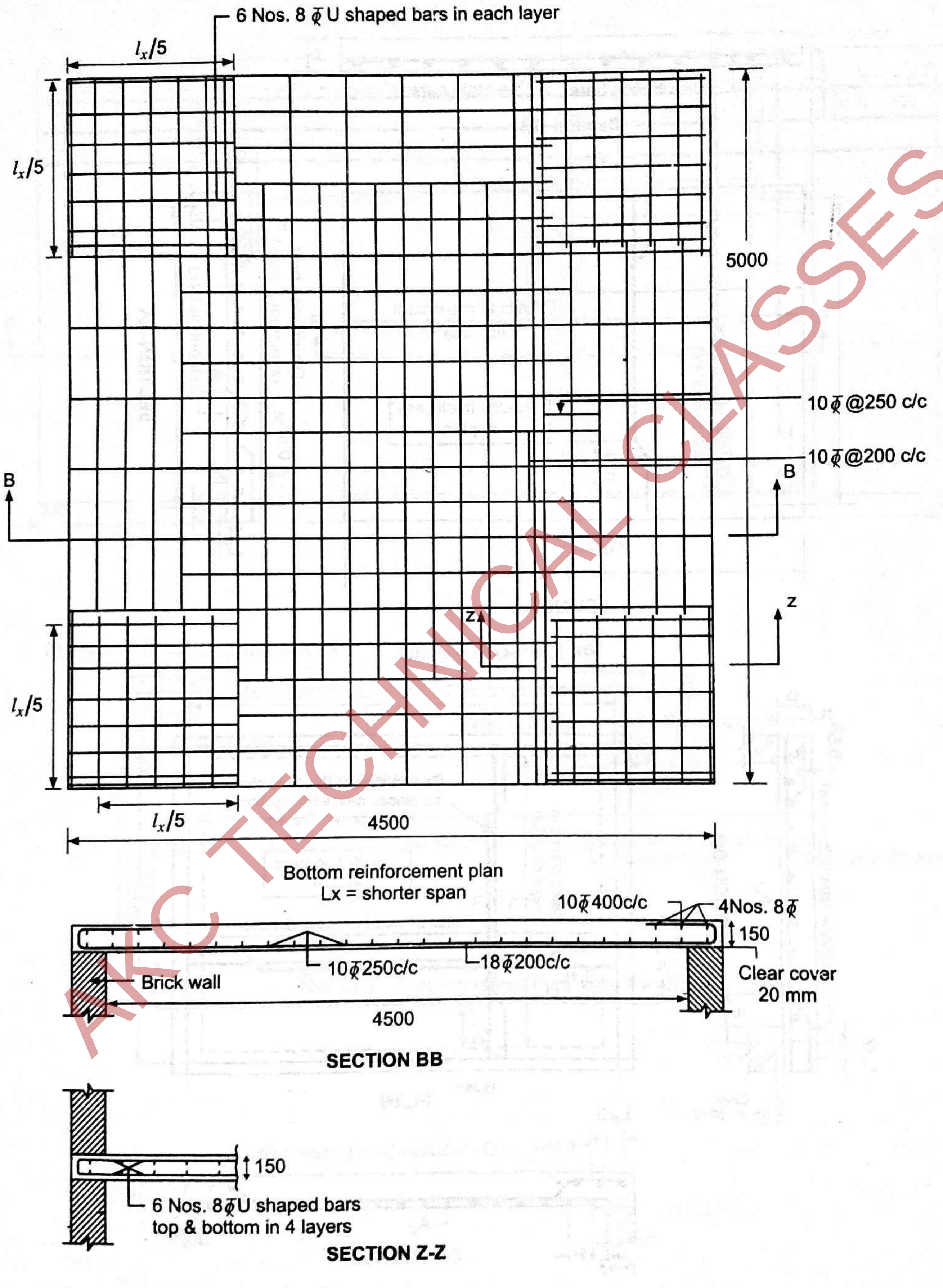
साधारणत: स्लैब की मोटाई 90 mm से कम नहीं रखनी चाहिये। स्लैब की प्रभावी मोटाई के लिये कुल मोटाई में से उचित आवरण घटाकर ज्ञात की जा सकती है। न्यूनतम कुल स्लैब मोटाई $d = l/20$, आवरण (Cover) = 20 mm, तथा छड़ के व्यास/2 के बार जो लगभग 6 mm होगा को घटाकर सही प्रभावी मोटाई ज्ञात की जा सकती है।

6. पाट (Span)—प्रभावी पाट (Effective Span) की दूरी = शुद्ध पाट (Clear Span) + स्लैब की प्रभावी मोटाई अथवा आलम्बों (Supports) के मध्य से मध्य की दूरी जो भी न्यूनतम हो, ली जानी चाहिये।
7. प्रबलन इस्पात (Reinforcement Steel)—HYSD बार के लिये न्यूनतम 0.12% तथा M.S. बार के लिये 0.15% लिया जाता है।
8. उच्च तापमान के क्षेत्र में न्यूनतम 0.24% स्टील, छत की स्लैब में डाला जाता है।
9. स्लैब की कुल मोटाई के 1/8 भाग से अधिक व्यास की छड़ों का प्रयोग नहीं करना चाहिये।
10. मुख्य प्रबलन के लिये 6 mm व्यास का सरिया प्रयोग नहीं करना चाहिये क्योंकि TATA और SAIL इस साइज में नहीं बनाते हैं यह स्थानीय होता है जो घटिया स्तर का होता है।
11. मुख्य छड़ों के अन्तराल (Spacing) को $3X$ प्रभावी गहराई या 250 mm जो भी कम हो रखना चाहिये।
12. वितरण छड़ें (Distribution Bars) के लिये अधिकतम अन्तराल (Spacing), $5X$ प्रभावी गहराई (Effective Depth) या 450 mm जो भी कम हो रखी जाती है।
13. मुख्य प्रबलन (Main Reinforcement) के लिये साधारणत: 15 mm से 20 mm का आवरण (Cover) रखा जाता है।
14. एक के बाद दूसरी (Alternate) मुख्य छड़ों को आलम्बों (Supports) के पास मोड़ा (Cranked) जा सकता है या 180° पर किनारों के पास मोड़ा जा सकता है और तब टॉप पर स्लैब के अन्दर बढ़ा दिया जाता है।
15. छड़ों के Curtailment and Cranking को निम्न चित्र 1.76 में दर्शाया गया है।

AKC TECHNICAL CLASSES



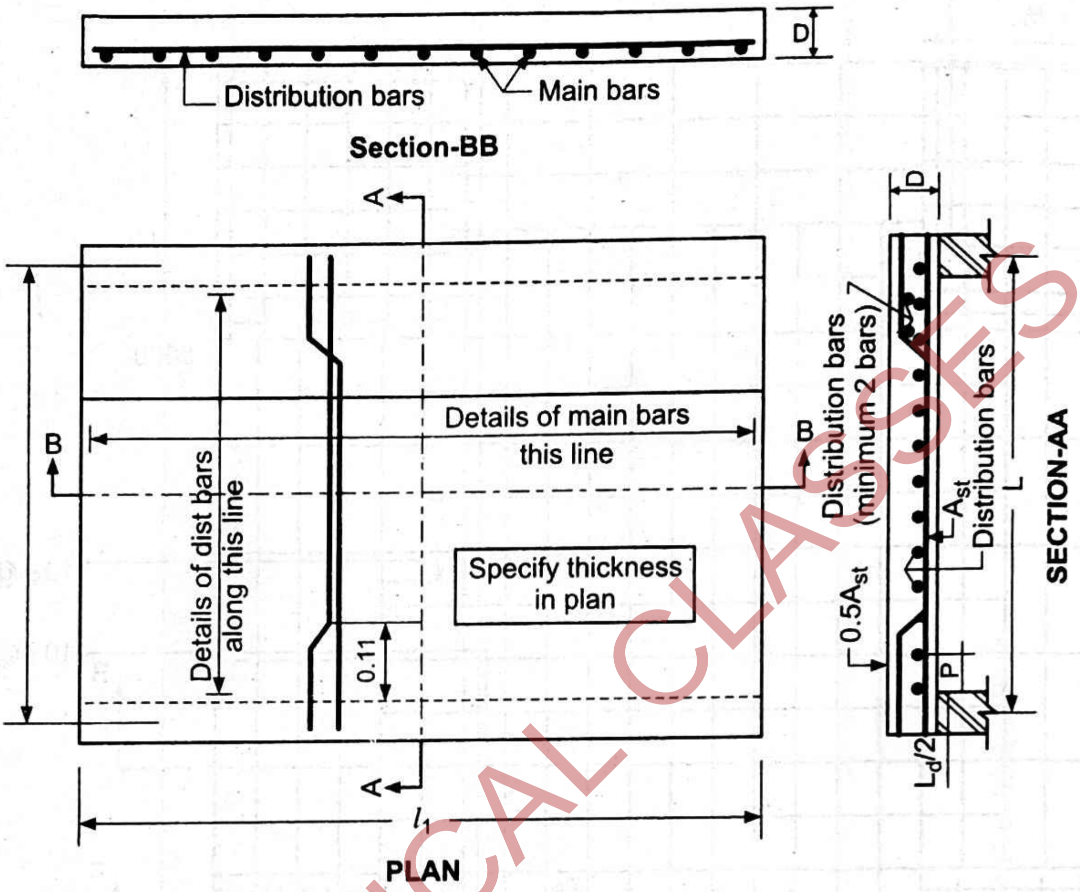
चित्र 1.76—Curtailment and Cranking of Bars



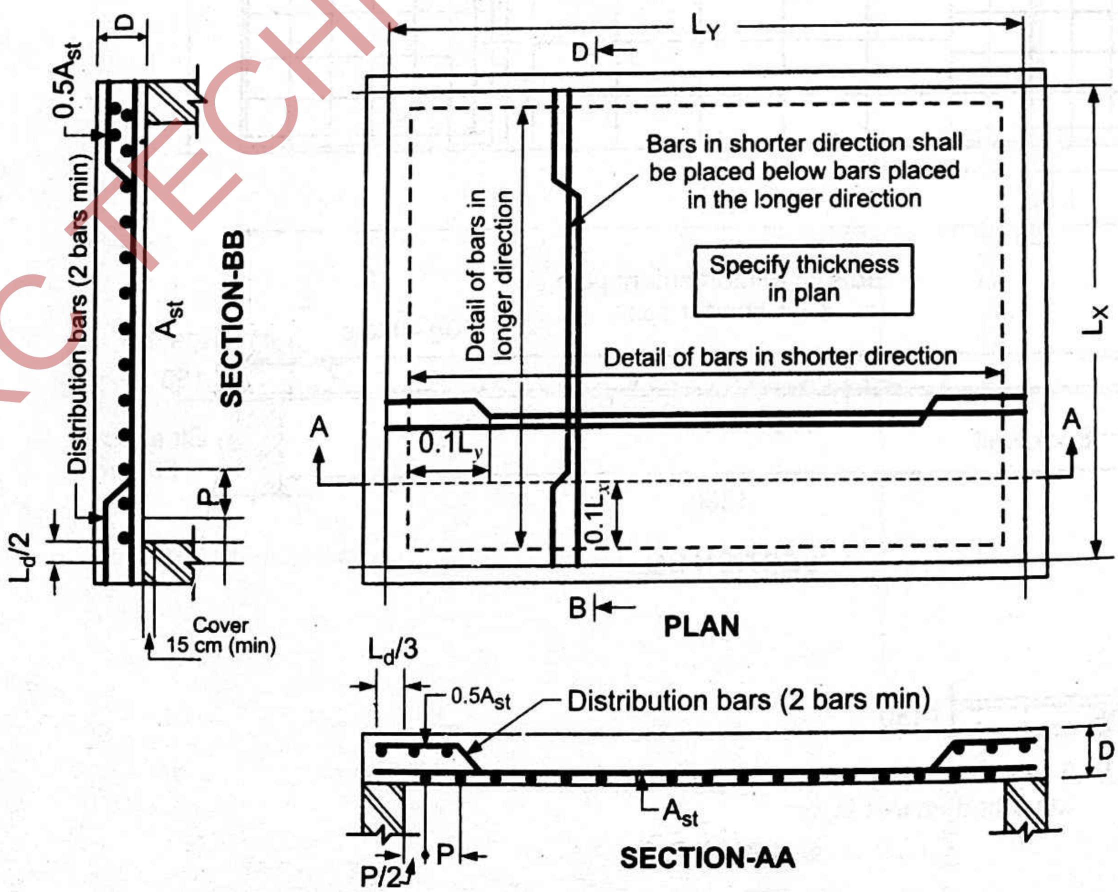
AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 1.77—Torsion Reinforcements at Corners

Typical Detailing of Slab

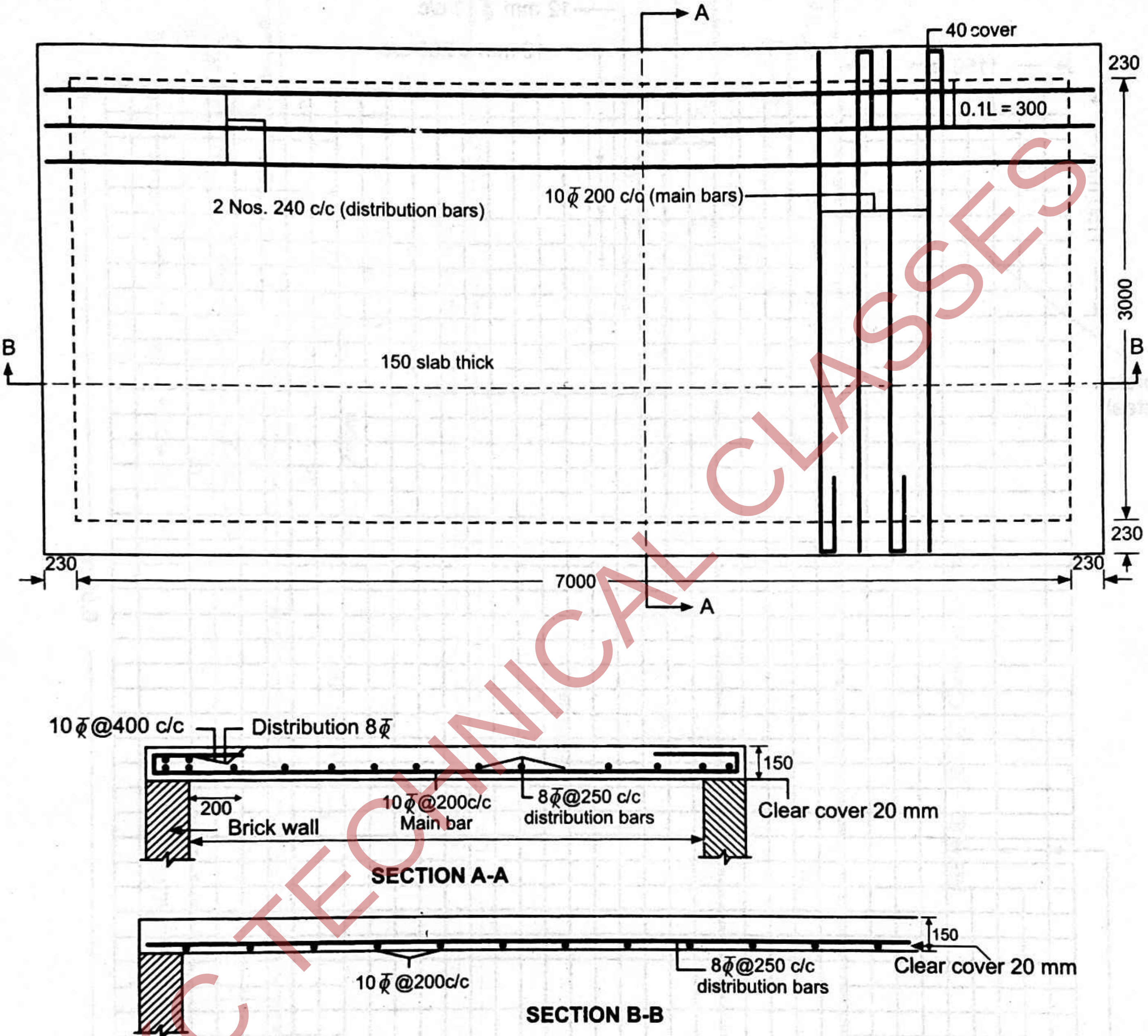


चित्र 1.78—One way slab



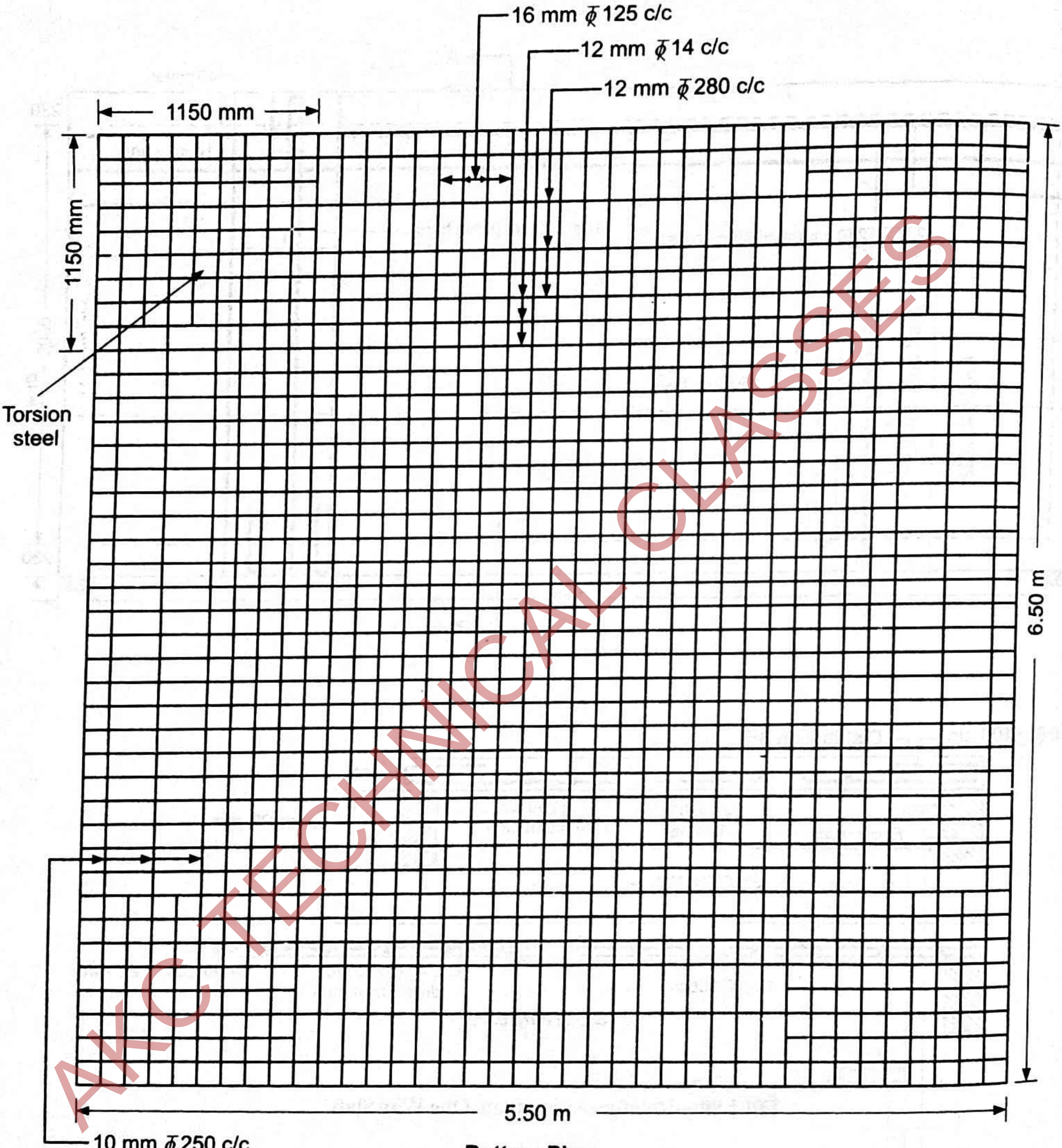
चित्र 1.79—Two way slab

AKC TECHNICAL CLASSES

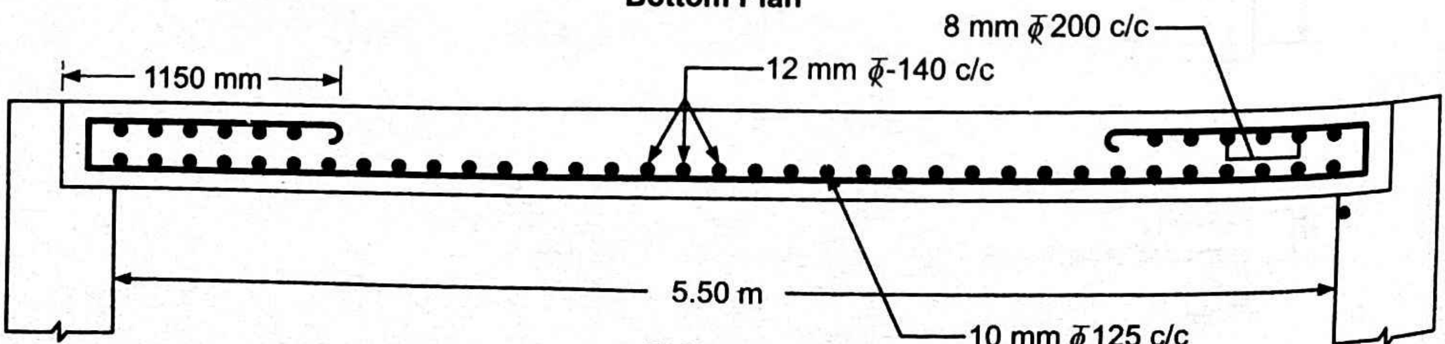


चित्र 1.80—Reinforcement Plan. One Way Slab

AKC TECHNICAL CLASSES



Bottom Plan

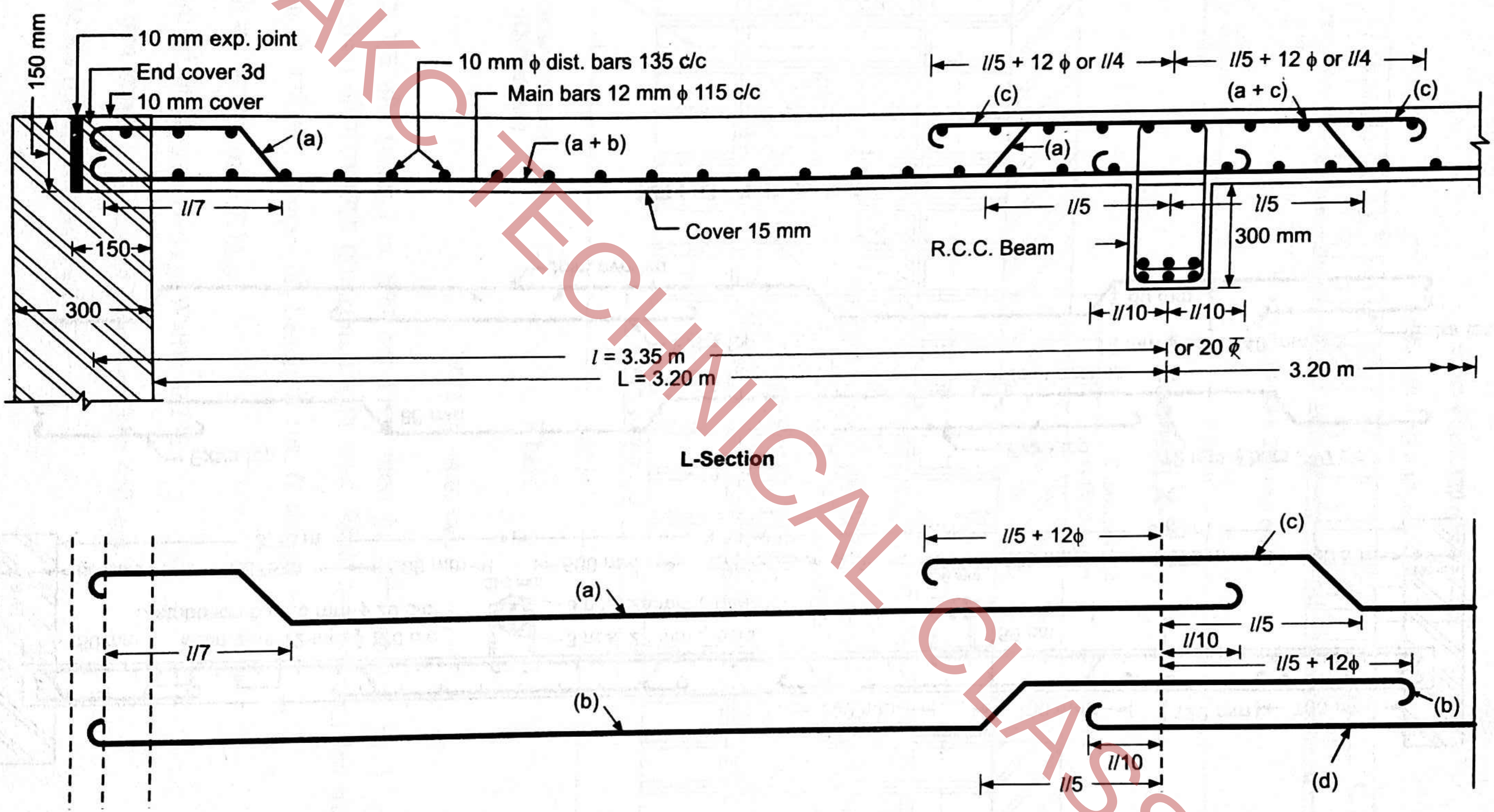


X-Section

चित्र 1.81—Two way slab

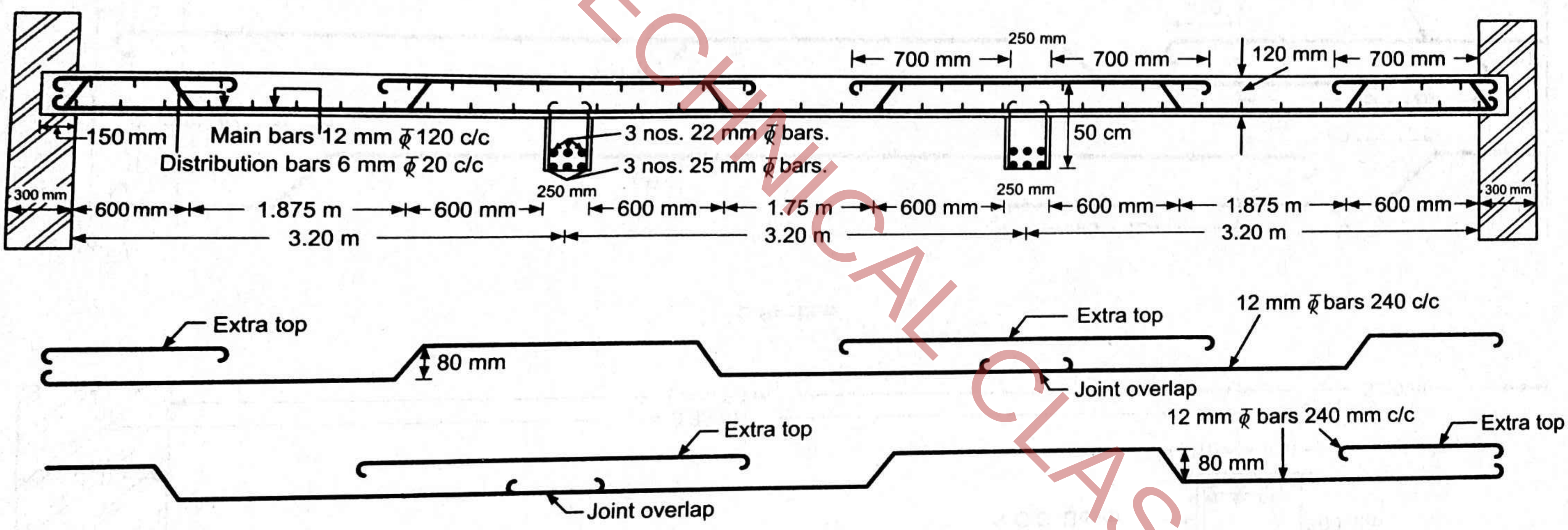
AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.22. Continuous Slab :



चित्र 1.82—R.C.C. Continuous Slab

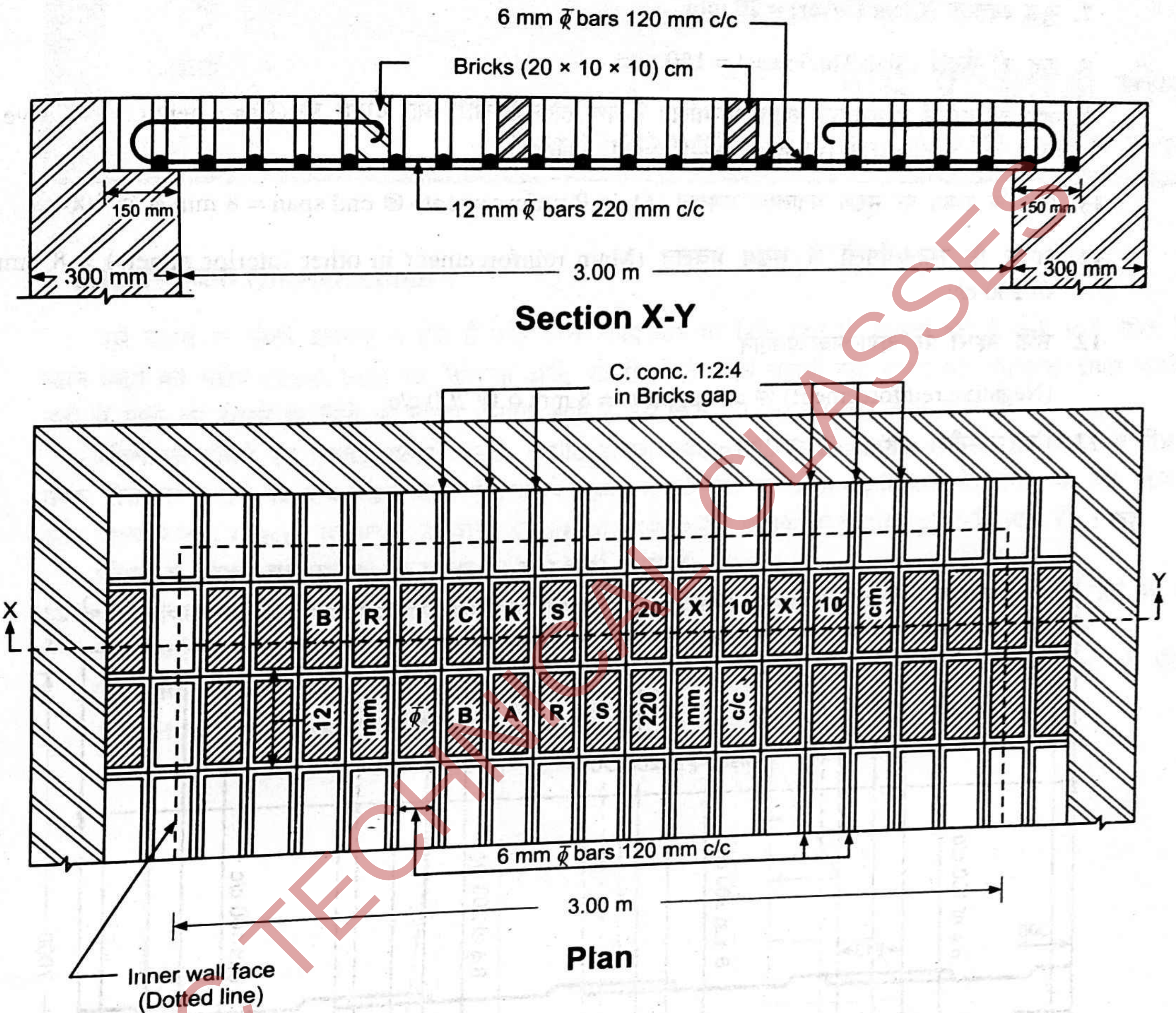
§ 1.23. T-Beam Slab :



चित्र 1.83—T-Beam Slab

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 1.24. R.B. Slab :



चित्र 1.84—R.B. Slab

AKC TECHNICAL CLASSES

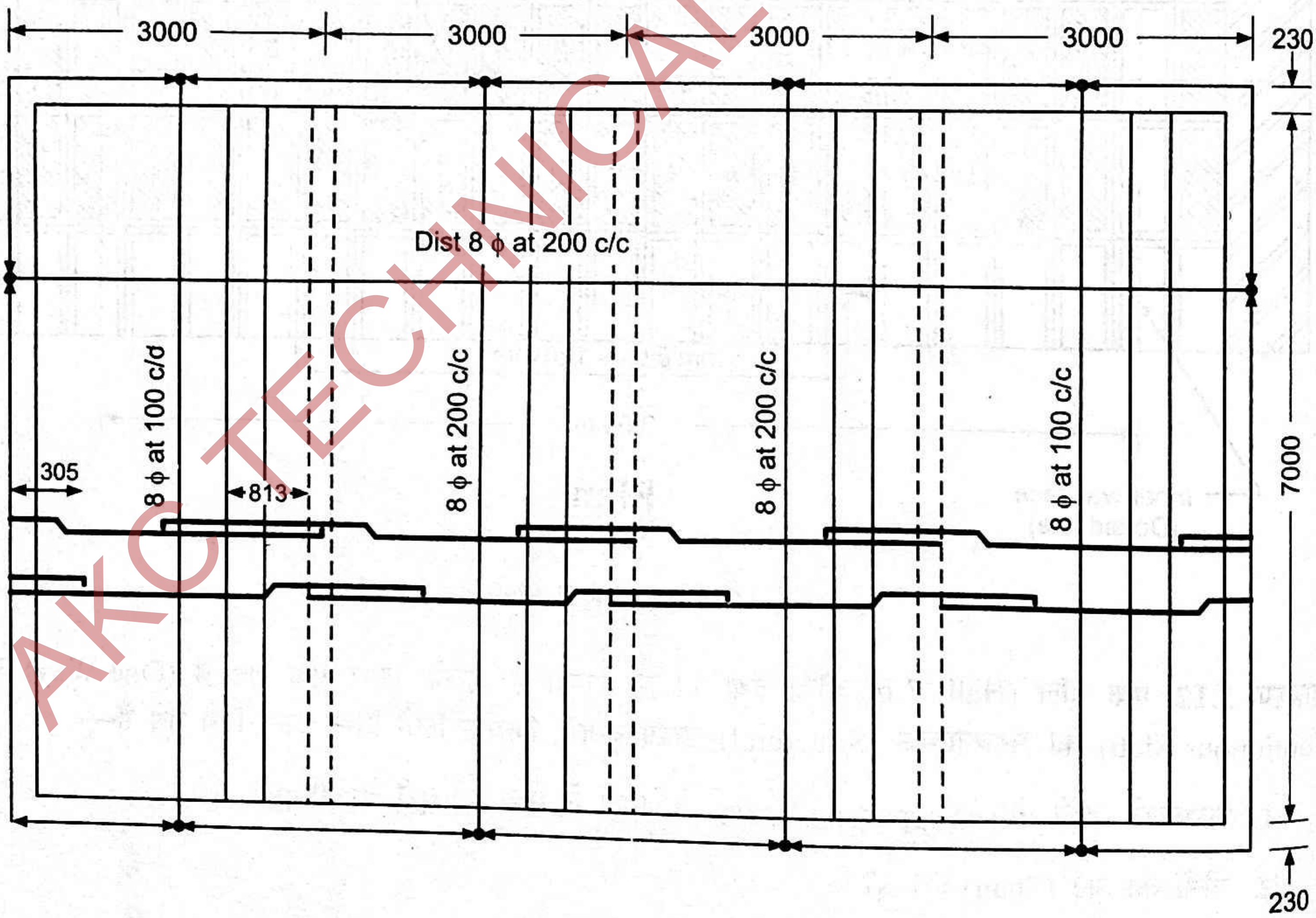
उदाहरण 1.12: एक हॉल (Hall) 7 m चौड़ा तथा 11.77 लम्बा है। इसके ऊपर एक वन वे (One Way) सतत् छत (Continuous Slab) की संरचनात्मक (Structural) ड्राईंग बनायें, जिसके लिये निम्न डाटा दिये गये हैं—

1. सम्भालने वाली बीम (Supporting Beam) के मध्य से मध्य की दूरी = 3.0 m.
2. बीमों का पाट (Span) = 7.35 m
3. दीवारों की मोटाई (Thickness of Wall) = 0.23 m
4. बीम क्रास सेक्शन (x-section of Beam) = 230 × 450 mm
5. कंक्रीट ग्रेड (Grade of Conc.) = M_{20}

6. स्टील (Type of Steel) = Fe 415
7. शुद्ध आवरण (Clear Cover) = 20 mm
8. छत की मोटाई (Slab Thickness) = 150 mm
9. बीम की गहराई में छत की मोटाई सम्मिलित है तथा हॉल के चारों ओर दीवारें हैं। (Beam depth is inclusive of slab depth. The Hall is having walls on all 4 sides)
10. सिरों के स्थान पर मुख्य धनात्मक प्रबलन (Main Reinforcement) @ end span = 8 mm ϕ @ 100 c/c
11. अन्दर के स्पान/पैनलों में मुख्य प्रबलन (Main reinforcement in other interior panels) = 8 mm ϕ @ 200 c/c
12. सभी सहारों पर ऋणात्मक प्रबलन

    (Negative reinforcement) @ all supports = 8 mm ϕ @ 200 c/c
13. वितरण स्टील = 8 mm ϕ @ 200 c/c

हल :



चित्र 1.85—(One Way Continuous Slab)

AKC TECHNICAL CLASSES

Chapter 2

प्रास प्रतिधारक दीवारें
(RETAINING WALLS – CANTILEVER TYPE)

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.1. प्रस्तावना (Introduction) :

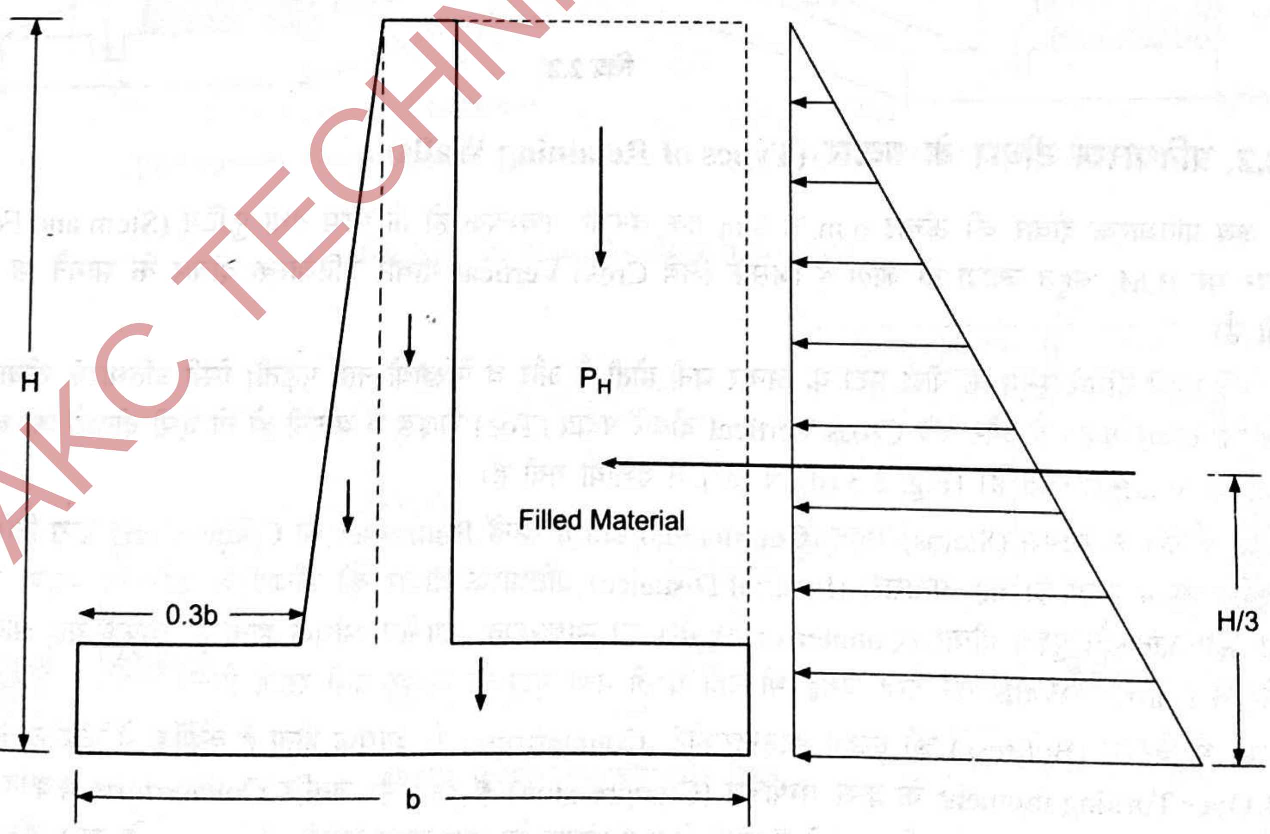
ऐसे पदार्थ जो ढ़ीली अवस्था में होते हैं और स्वयं अपने बल पर टिके रहने में असमर्थ होते हैं जैसे, पानी, ढीली मिट्टी यानि मिट्टी का भराव (Earth Fill) रेत, कोयला आदि को रोकने के लिये बनायी गयी दीवार को प्रतिधारक दीवार कहते हैं। नदी में पानी को रोकने के लिये जो दीवार बनायी जाती है उसे बाँध (Dam) का नाम दिया जाता है।

प्रतिधारक दीवारें ईंट चिनाई, पत्थर चिनाई, कंक्रीट अथवा प्रबलित कंक्रीट की बनायी जाती है। इस दीवार में नीचे की तरफ पीछे भरे पदार्थ का दाब बढ़ता जाता है इसलिये इसकी मोटाई नीचे की तरफ बढ़ती जाती है। दीवार के पीछे भराव की ओर वाला फलक (Face) सामान्यत: ऊर्ध्वाधर (Vertical) तथा बाहरी फलक ढालू (Slopy) रखी जाती है।

प्रतिधारक दीवार पर मुख्यत: दो प्रकार के दाब कार्य करते हैं।

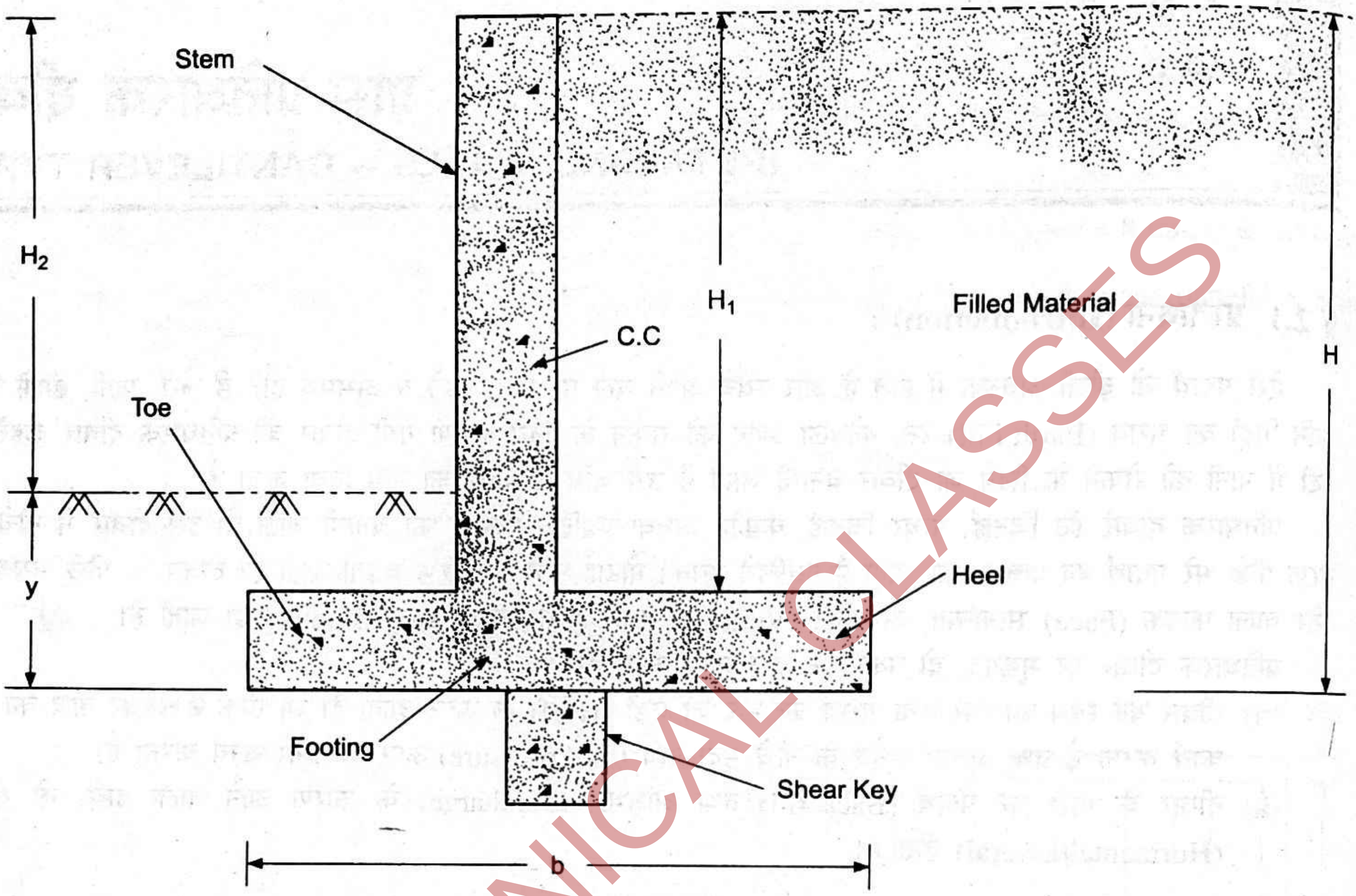
(i) दीवार का स्वयं का भार तथा भराव का भार जो ऐड़ी (Heel) के ऊपर आता है। जो ठीक ऊर्ध्वाधर नीचे की ओर कार्य करता है तथा आधार स्लैब के नीचे मृदा दाब (Soil pressure) ऊपर की ओर कार्य करता है।

(ii) दीवार के पीछे भरे पदार्थ (Back fill) तथा अधिभार (Surcharge) के कारण आने वाला दाब, जो क्षैतिज (Horizontal/Lateral) होता है।



चित्र 2.1—Diagrammatic Representation

Cantilever Retaining Wall



AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 2.2

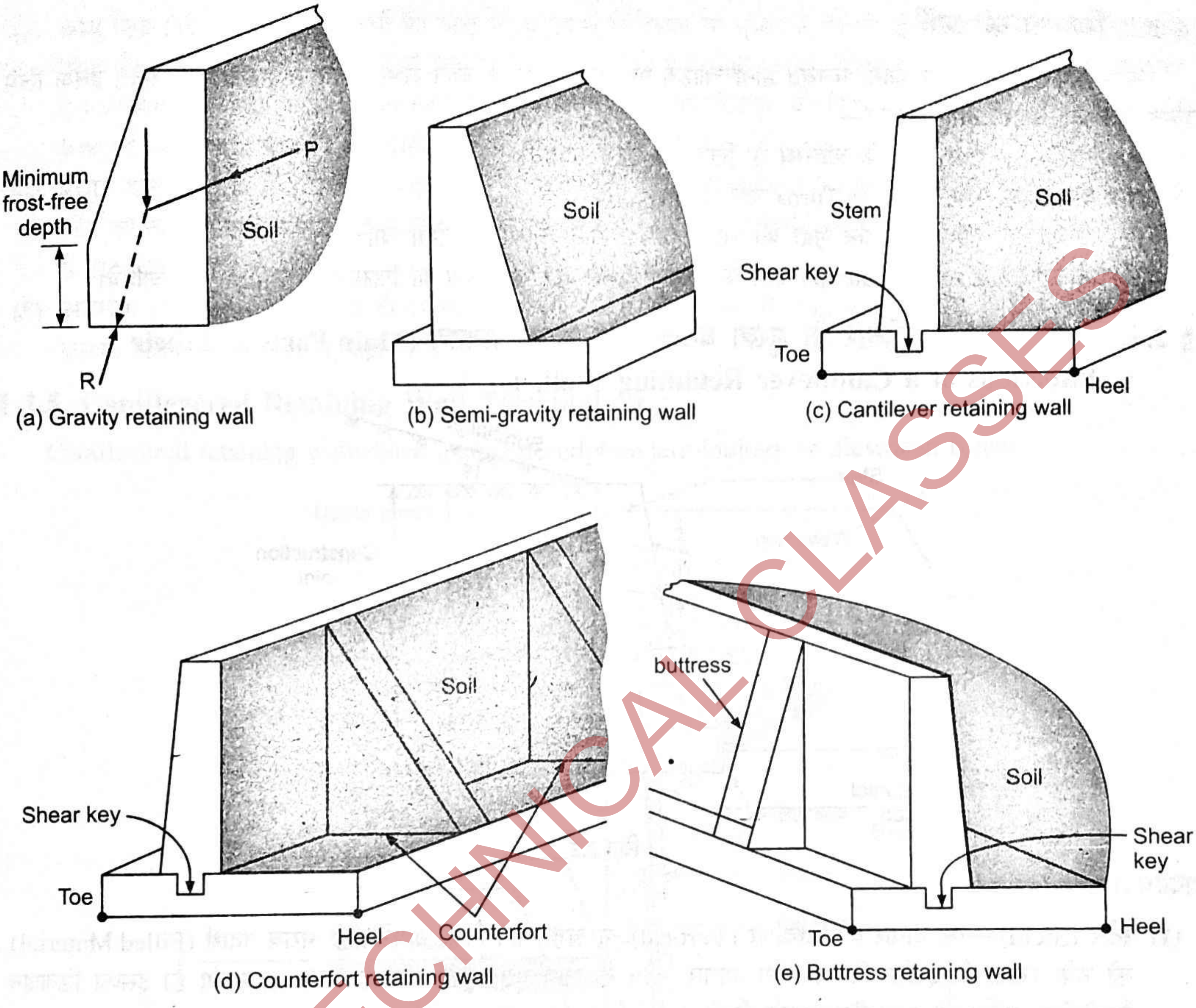
§ 2.2. प्रतिधारक दीवार के प्रकार (Types of Retaining Walls) :

जब प्रतिधारक दीवार की ऊँचाई 6 m से 8 m तक बनानी आवश्यक हो तो स्टैम तथा फुटिंग (Stem and Footing) के जंक्शन पर B.M. बहुत ज्यादा हो जाता है जिसके लिये Cross Vertical दीवारें प्रतिधारक दीवार के सामने या पीछे बनानी पड़ती है।

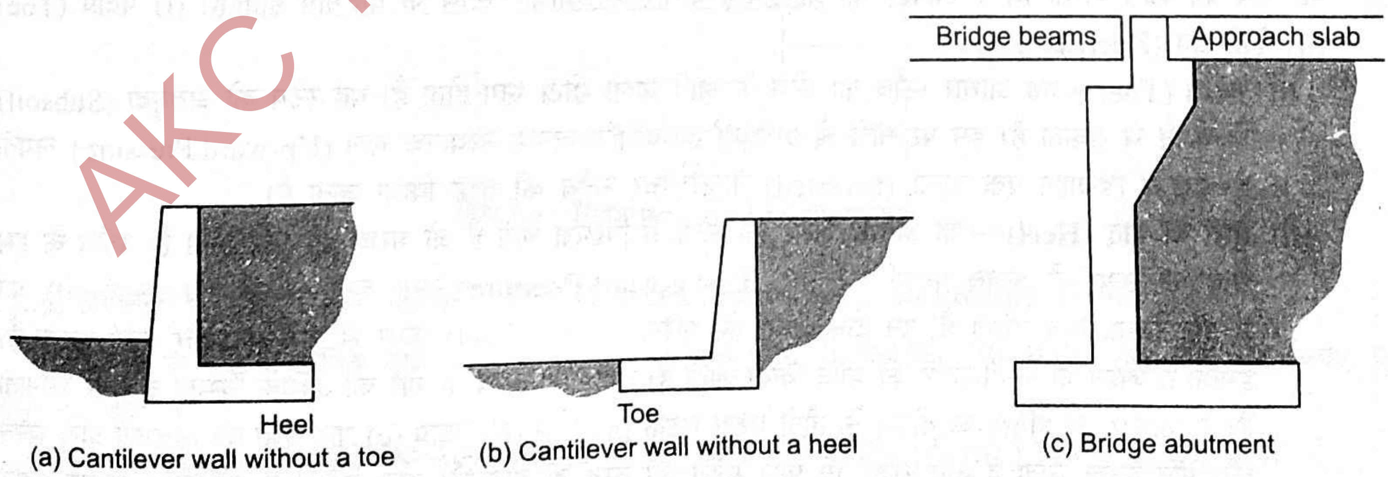
यदि क्रास दीवारें स्टैम के पीछे मृदा के अन्दर बनी होती है और वे दिखायी नहीं पड़ती। ऐसी प्रतिधारक दीवारों को पुश्ता प्रतिधारक दीवारें कहते हैं और यदि Cross Vertical दीवारें पदाग्र (Toe) साइड् में बनानी हो तो ऐसी दीवारों को बटरस दीवारें (Buttress Walls) कहते हैं। [Fig. 2.3 (d) व (e)] में दर्शायी गयी है।

इन दीवारों के स्टैमस (Stems) सतत् (Continuous) होते हैं जिन्हें Buttresses या Counterforts द्वारा निश्चित अन्तराल पर सपोर्ट किया जाता है। यह अन्तराल (Internal Distance) प्रतिधारक दीवार की ऊँचाई के आधे के बराबर या थोड़ा सा ज्यादा रखा जाता है। पुश्ता दीवार (Counterfort Wall) का साधारणत: उपयोग अधिक होता है क्योंकि यह आकर्षक लगती है और ये Buttress Walls की तरह जगह भी नहीं घेरती तथा मृदा के अन्दर दबी रहती हैं।

तब भी बटरस (Buttress) की दक्षता काउन्टरफोर्ट (Counterforts) से अधिक होती है क्योंकि ये कंक्रीट के बनाये जाते हैं जो Over Turning moment के द्वारा सम्पीडन (Compression) में रहते हैं। जबकि Counterforts कंक्रीट के बने होते हैं और तनन (Tension) में प्रयोग किये जाते हैं इसलिये इन्हें दीवार के साथ उदग्र छल्ले (Stirrups) के द्वारा बाँधना आवश्यक हो जाता है। कभी-कभी बहुत ऊँची प्रतिधारक दीवार को Buttresses तथा Counterforts के लिये डिज़ाइम किया जाता है।



चित्र 2.3—Retaining Walls (a, b, c, d & e)



चित्र 2.4—More Retaining Walls (a, b, c)

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.3. स्थिरता की शर्तें :

सम्पूर्ण प्रतिधारक दीवार इतनी मजबूत होनी चाहिये कि उस पर पड़ने वाले सभी दबाब में सुरक्षित रह सकें। इसके लिये निम्न शर्तों का पालन होना चाहिये—

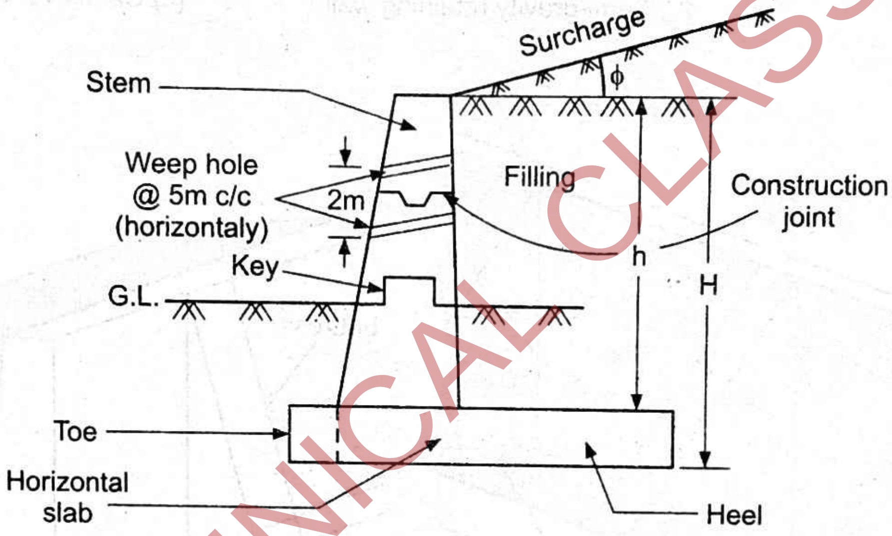
(i) यह B.M. तथा S.F. के प्रतिरोध के लिये दृढ़ होनी चाहिये।

(ii) दीवार को पलटना (Over Turn) नहीं चाहिये।

(iii) आधार पर अधिकतम दाब मृदा की धारण क्षमता से अधिक नहीं होना चाहिये।

(iv) क्षैतिज (Horizontal/Lateral) दाब के कारण दीवार को खीसकना या फिसलना (Slide) नहीं चाहिये।

§ 2.4. प्रास प्रतिधारक दीवार के मुख्य घटक तथा उनका प्रकार्य (Main Parts and their Functions of a Cantilever Retaining Wall) :



चित्र 2.5

प्रकार्य (Functions)—

(1) स्टेम (Stem)—यह दीवार का ऊर्ध्वाधर (Vertical) या खड़ा भाग है जो अपने पीछे भराव पदार्थ (Filled Material) को रोके रखता है। इसका निचला भाग आधार स्लैब के साथ दृढ़तापूर्वक आबद्ध (Fixed) रहता है। इसका डिजाइन कैन्टीलीवर स्लैब की तरह किया जाता है।

(2) आधार स्लैब (Base Slab)—यह नीचे भूमि पर टिकी रहती है जो क्षैतिज होती है। इससे स्टेम जुड़ी रहती है जो स्टेम की नींव का कार्य करती है। T-आकार की प्रतिधारक दीवार की आधार स्लैब के दो भाग होते हैं। (i) पदाग्र (Toe) (ii) ऐड़ी/पाद (Heel)।

(i) पदाग्र (Toe)—यह आधार स्लैब का स्टेम के आगे वाला छोटा भाग होता है। यह स्टेम को अवमृदा (Subsoil) में धँसने से रोकता है। इस पर नीचे से अवमृदा का प्रतिक्रियात्मक उत्थापक बल (Up-ward Pressure) लगता है। इसका डिजाइन एक उल्टी (Inverted) कैन्टीलीवर स्लैब की तरह किया जाता है।

(ii) ऐडी या पाद (Heel)—यह आधार स्लैब का स्टैम से पिछला भाग है जो भराव की ओर होता है। स्लैब के इस भाग पर ऊपर से भराव पदार्थ का भार (Down-ward Pressure) तथा तली से अवमृदा (Subsoil) का प्रतिक्रियात्मक दाब पड़ता है। इन दोनों दाबों का परिणामी (Resultant) ऊपर से नीचे की ओर कार्य करता है। इसका डिजाइन भी कैन्टीलीवर की भाँति किया जाता है। यह भाग भराव के भार को अधिक विस्तृत क्षेत्र पर फैलाता है। T-आकार को प्रतिधारक दीवार के तीनों मुख्य घटक (a) स्टेम (b) पदाग्र (c) पाद/ऐड़ी का डिजाइन प्रास स्लैब की भाँति किया जाता है और कार्य भी प्रास स्लैब की तरह ही होता है। अत: इसे प्रास प्रतिधारक दीवार कहते हैं। इसी प्रकार L-आकार की दीवार को भी प्रास प्रतिधारक (Cantilever Retaining Wall) कहते हैं।

AKC TECHNICAL CLASSES

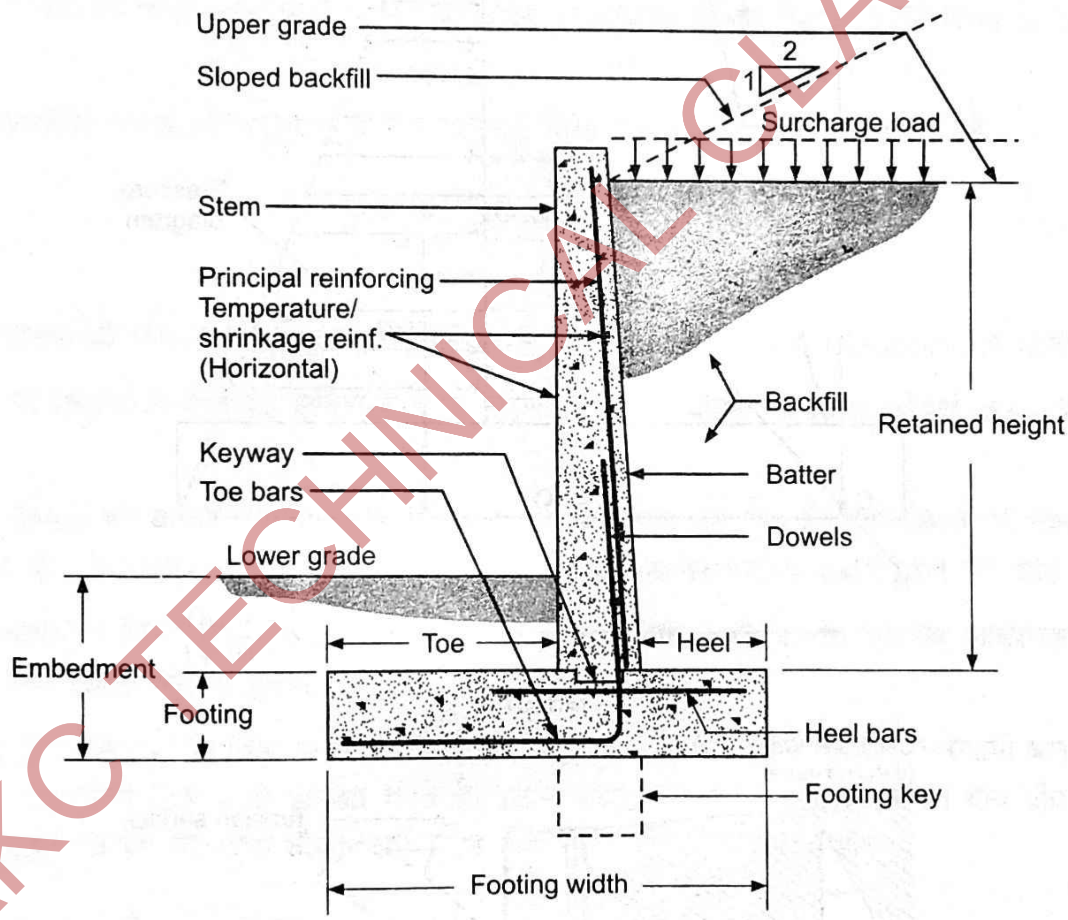
(3) **स्राव छिद्र (Weep Holes)**—वर्षा का पानी भराव पदार्थ में रिसता या घुसता है जिससे दीवार पर अतिरिक्त क्षैतिज दाब बढ़ता है। इस पानी की निकासी के लिये स्टेम में छिद्र बनाये जाते हैं जिनकी परस्पर क्षैतिज दूरी लगभग 5 m तथा ऊर्ध्वाधर दूरी लगभग 2 m रखी जाती है। इन छिद्रों के पीछे बजरी-गिट्टी का फिल्टर भर दिया जाता है ताकि भराव पदार्थ कण रूके रहे और छिन्द्र चोक न हो। पानी छन कर बाहर निकल जाये।

(4) **प्रसार जोड़ (Expansion Joint)**—R.C.C. की प्रतिधारक दीवार में क्षैतिज व ऊर्ध्वाधर जोड़ दिये जाते हैं। क्षैतिज जोड़ स्टेम की तली के पास तथा ऊर्ध्वाधर जोड़ 10 से 15 मी० के अन्तराल पर दिये जाते हैं। इन जोड़ों को मास्टिक-एस्फाल्ट से भर दिया जाता है।

(5) **आवरण (Cover)**—प्रतिधारक दीवार की स्टेम पर कंक्रीट का 50 से 70 mm आवरण देना चाहिये। ताकि नमी के कारण स्टील पर कुप्रभाव न पड़े।

§ 2.5. Cantilevered Retaining Wall Terminology :

Cantilevered retaining walls have unique descriptive terminology as illustrated below:



चित्र 2.6—Retaining Wall Terminology

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.6. प्रतिधारक दीवार पर कार्यरत बल (Forces Acting on a Retaining Wall) :

(i) भराव के कारण क्षैतिज दाब—दीवार के शीर्ष पर शून्य होता है। नीचे की तरफ बढ़ता हुआ दीवार के आधार पर अधिकतम होता है।

रैन्किन के सिद्धान्त (Theory) के अनुसार किसी भी गहराई 'h' पर सक्रिय (Active) दाब $= p_a = K_a \, w \, h$

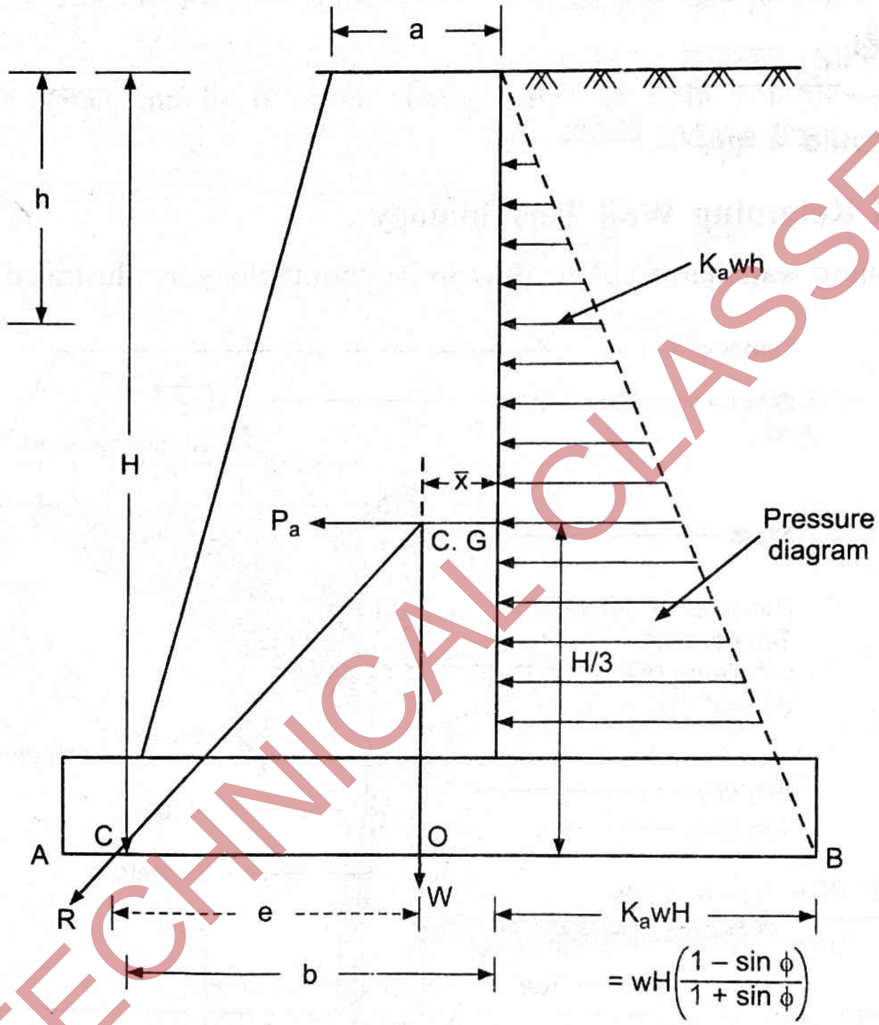
जहाँ K_a = Coefficient of active earth pressure $= \dfrac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}$

$$\therefore \qquad p_a = wh\left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right)$$

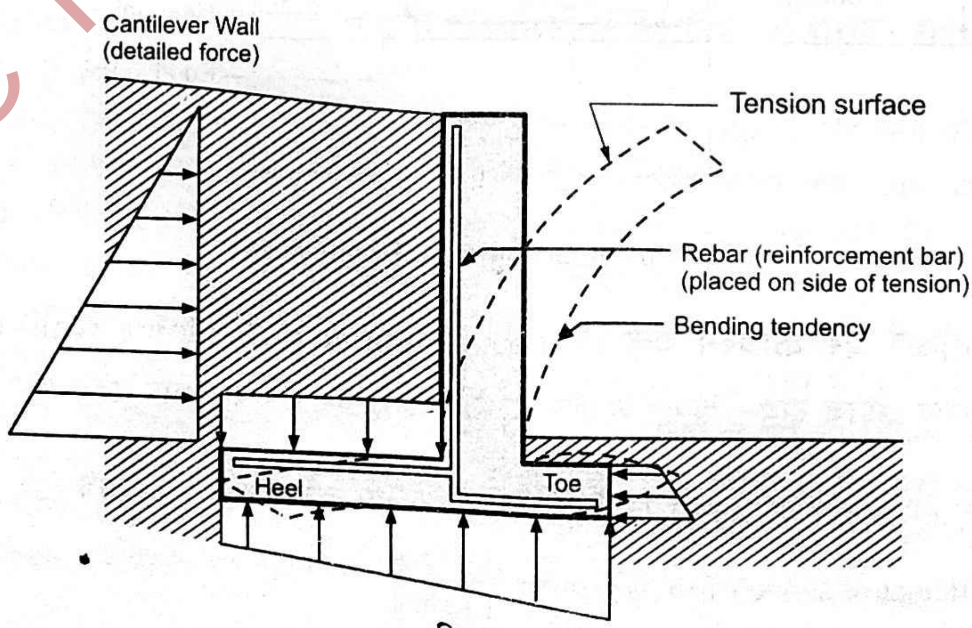
w = Unit weight of back fill

ϕ = Angle of internal friction of back fill (angle of repose) and it is zero for water

इस प्रकार दाब आरेख (Pressure Diagram) एक त्रिभुजाकार होता है। जिसका क्षेत्रफल दीवार की एक मीटर लम्बाई पर पड़ने वाला कुल दाब को प्रदर्शित करता है।



चित्र 2.7



चित्र 2.8

AKC TECHNICAL CLASSES

अत: कुल दाब,

$$P_a = \frac{1}{2} \times H \times wH \left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right) \times 1$$

$$= \frac{1}{2} wH^2 \left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right)$$

यह दाब आधार से $\frac{H}{3}$ की ऊँचाई पर कार्य करता है जो त्रिभुज की C.G. पर से गुजरता है। यह दाब दीवार को बिन्दु A पर पलटने (Over Turn) व दीवार को आगे की तरफ सरकाने का प्रयास करता है।

नोट—समतल भराव के लिये यह क्षैतिज होता है।

(ii) दीवार का स्वयं का भार—दीवार का भार इसके गुरुत्व केन्द्र (C.G.) से होता हुआ नीचे को ऊर्ध्वाधर कार्य करता है। यह भार/बल दीवार को पलटने तथा आगे सरकने के विरुद्ध कार्य करता है और स्थिरता प्रदान करता है। इसे W से प्रदर्शित करते हैं।

दीवार के ऊर्ध्वाधर फलक से गुरुत्व केन्द्र तक की दूरी निम्न सूत्र द्वारा ज्ञात की जा सकती है

$$\bar{x} = \frac{a^2 + ab + b^2}{3(a+b)}$$

a तथा b दीवार की शीर्ष तथा आधार पर चौड़ाई हैं। P_a तथा W का परिणामी (Resultant) R होगा।

अब दीवार की स्थिरता के लिये यह आवश्यक है कि परिणामी 'R' को दीवार की आधार चौड़ाई (Base Width) से होकर गुजरना चाहिये।

(iii) ऐड़ी (Heel) पर भराव का भार—ऐड़ी (Heel) पर मैटिरियल भरा होता है। जिसका भार भी दीवार को पलटने व सरकने से रोकता है। जो दीवार की स्थिरता में सहायक होता है। यह भराव अपने C.G. से नीचे की ओर कार्य करता है।

दीवार के आधार में किसी प्रकार के तनन प्रतिबल (Tension) उत्पन्न न हो, इसके लिये यह आवश्यक है कि परिणामी बल आधार के मध्य तिहाई भाग से गुजरे।

माना कि R दीवार के CG के बिन्दु O से न निकल कर बिन्दु C से गुजर जाता है तब OC परिणामी बल R की उत्केन्द्रता (Eccentricity) कहलायेगी जिसे e से प्रदर्शित करते हैं। इसके कारण दीवार की तली पर समान दाब तीव्रता नहीं रहती है। और दीवार के बाहरी किनारे की तरफ तीव्रता अधिकतम तथा भराव की ओर न्यूनतम होगी।

Case-I : जब $e < \frac{b}{6}$, तब पूरी आधार चौड़ाई पर सम्पीडन दाब लगता है।

$$p_{max} = \frac{W}{b}\left[1 + \frac{6e}{b}\right]$$

$$p_{min} = \frac{W}{b}\left[1 - \frac{6e}{b}\right]$$

Case-II : जब $e > \frac{b}{6}$

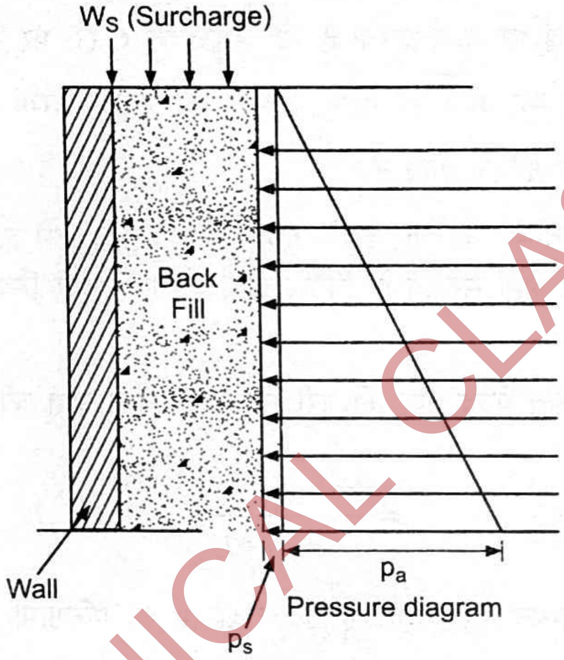
तो p_{min} ऋणात्मक हो जाता है यानि आधार के भीतरी किनारे पर तनन प्रतिबल (Tension) उत्पन्न होता है।

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.7. भराव के साथ अधिभार (Backfill with Surcharge) :

भराव पर अधिभार इसके शीर्ष पर ट्रैफिक के कारण या पास में संरचना के कारण हो सकता। यदि W_s अधिभार दाब है तब स्टेम पर प्रभाव निम्न होता है।

$$p_s = K_a \times W_s$$



चित्र 2.9

§ 2.8. ढाल में भराव (Backfill is Sloping) :

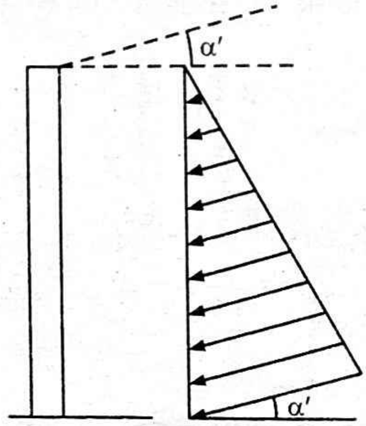
ढाल में भराव का दाब स्टेम (Stem) पर शीर्ष सतह के समानान्तर हैं।

यानि $p_a = K'_a\, w\, h$

$$K'_a = \cos\alpha' \frac{\cos\alpha' - \sqrt{\cos^2\alpha' - \cos^2\phi}}{\cos\alpha' + \sqrt{\cos^2\alpha' - \cos^2\phi}}$$

α' = क्षैतिज से भराव के ढाल का कोण इसे सचार्ज कोण भी कहते हैं।

K'_a = सक्रिय मृदा दाब का गुणांक है।



चित्र 2.10

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.9. प्रास प्रतिधारक दीवार के घटकों के माप निर्धारित करने के हस्तगुर (Thumb Rules for Adopting Size of Different Components of Cantilever Retaining Wall) :

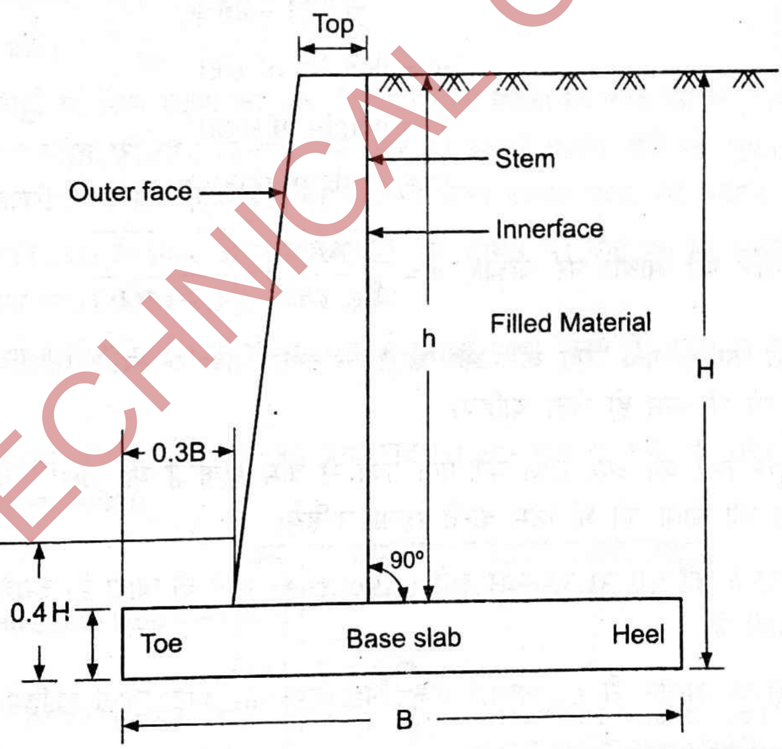
हस्तगुर सिद्धान्तों व अनुभव पर आधारित है जिसके अनुसार अस्थायी तौर पर विभिन्न घटकों की माप प्रारम्भिक गणनाओं के लिये अपनायी जा सकती है।

1. दीवार की कुल ऊँचाई – आधार स्लैब के निचले सिरे से स्टेम के शीर्ष तक की कुल ऊँचाई है जो H से प्रदर्शित की गयी है।
2. स्टेम (a) शीर्ष पर चौड़ाई = 150 mm से 300 mm

   (b) आधार पर चौड़ाई (at junction of stem and base slab)

   = यह चौड़ाई 4 cm प्रति मी० स्टेम की ऊँचाई + शीर्ष पर चौड़ाई
3. स्टेम की ऊँचाई (h) = H में से आधार स्लैब की मोटाई घटाकर प्राप्त की जा सकती है।
4. आधार स्लैब की (a) चौड़ाई $B = 0.4\,H$ से $0.6\,H$ तथा $0.6\,H$ से $0.75\,H$ सचार्ज वाली दीवार के लिये

   (b) मोटाई = स्टेम की मोटाई या $\frac{H}{10}$ से $\frac{H}{12}$ तथा 300 mm जो भी अधिक हो।



चित्र 2.11

5. टो प्रोजक्शन (Toe Projection)—यह $\frac{B}{3}$ से $\frac{B}{4}$ रखते हैं तथा साधारणतः $0.3\,B$ लेते हैं।
6. नींव की गहराई—रैंकिन सूत्र से निकाली जाती है।

$$D_{min} = \frac{p}{w}\left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right)^2 = \frac{p}{w} \times K_a^2$$

p = मृदा की Safe Bearing Capacity, kg/m^2 में

w = मृदा का घनत्व (Density), kg/m^3 में

ϕ = मृदा का विश्राम कोण (Angle of Repose)

AKC TECHNICAL CLASSES

§ 2.10. प्रास प्रतिधारक दीवार के डिजाइन के चरण (Design Steps for Cantilever Retaining Wall):

A. अवयवों की मापें (Dimensions of Various Components)—

(i) हस्तगुर (Thumb rule) की सहायता से स्टेम तथा आधार स्लैब की सभी मापें मान लें।

B. दीवार की स्थिरता की जाँच (Stability of Wall)—

(ii) रैंकिन सूत्र से क्षैतिज दाब $P_a = \frac{wh^2}{2}\left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right)$

(iii) दीवार की **एक मी० लम्बाई लेते हुये**, इसकी पलटने, सरकने तथा नींव पर अधिकतम दाब की जाँच करें।

C. दीवार के विभिन्न अवयवों का डिजाइन (Design of Different Components of Wall)—

(iv) **स्टेम (Stem)**—स्टेम के निचले सिरे पर अधिकतम

$$BM = \frac{wh^3}{6}\left(\frac{1-\sin\phi}{1+\sin\phi}\right)$$

w = density of soil

h = height of stem

ϕ = angle of repose

स्टेम की आधार पर चौड़ाई, $d = \sqrt{\frac{M}{Q \cdot b}} = \sqrt{\frac{M}{1.2 \times 1000}}$

(v) तनन इस्पात का क्षे०फ० ज्ञात करें और छड़ों के व्यास तथा अन्तराल निर्धारित करें। छड़ों का अन्तराल $3d$ या 300 mm जो भी कम हो लेना चाहिये।

(vi) स्टेम के मुक्त सिरे की ओर BM का मान तेजी से कम होता है यह $(h)^{1/3}$ की दर से घटता है। अत: ऊपर की तरफ स्टील की मात्रा को भी कम करते रहना चाहिये।

शीर्ष से 0.75 h की दूरी पर एकान्तर छड़ें (Alternate) काट दी जाती हैं। इसके बाद 0.5 h पर पुन: एकान्तर छड़ें काट दी जाती है।

लेकिन स्टेम के आधार से L_d लम्बाई तक कोई छड़ नहीं काटी जानी चाहिये।

(vii) जहाँ पर तनन समाप्त हो जाता है और वहाँ पर तनन छड़ की आवश्यकता नहीं होती तो वहीं पर छड़ न काटकर इसकी और अधिक लम्बाई 12ϕ या d जो भी अधिक हो लेने के बाद ही काटनी चाहिए।

(viii) स्टेम की ऊर्ध्व छड़ें आधार स्लैब में L_d लम्बाई तक जानी चाहिये। इसको 90° पर मोड़कर पदाग्र (Toe) की चौड़ाई तक ले जाया जा सकता है।

(ix) **वितरण या ताप इस्पात (Distribution or Temperature Reinforcement)**—यह इस्पात मुख्य इस्पात के लम्बवत् अर्थात् क्षैतिज (Horizontal) डाला जाता है। इसकी न्यूनतम मात्रा मुख्य इस्पात की मात्रा की (Fe 415) 0.20% ली जाती है। इससे छड़ों के व्यास तथा अन्तराल ज्ञात कर लें। यह स्टील एक फलक (Face) पर न डालकर स्टेम स्लैब की दोनों साइड़ों में आधा-आधा डाला जा सकता है। छड़ों का अन्तराल $5d$ या 450 mm जो भी कम हो अपनाना चाहिये।

AKC TECHNICAL CLASSES

(x) **वितरण छड़ों को बाँधना व अतिरिक्त इस्पात**—भराव वाली साइड में वितरण छड़ें बन्धक तार (Binding Wire) की सहायता से मुख्य तनन इस्पात (Main Tensile Steel Bars) से बाँध दी जाती है।

(xi) बाहर वाली साइड़ में वितरण छड़ों को बाँधने के लिये 10 mm ϕ की अतिरिक्त छड़ें @ 300 mm c/c पर डाली जा सकती हैं।

(xii) **आधार स्लैब का डिजाइन**—यह निम्न दो भागों में डिजाइन किया जाता है।

(a) पदाग्र (Toe) डिजाइन—

इस पर नीचे से मृदा का प्रतिक्रियात्मक दाब (Up-lift Pressure) लगता है। यह भाग Inverted Cantilever Slab की तरह कार्य करता है। इसका Bending ऊपर की ओर होता है तथा Tensile Forces नीचे की साइड में उत्पन्न होते हैं।

B.M. की गणना में स्वयं के भार को छोड़ दिया जाता है B.M. की गणना करके इसकी गहराई तथा तनन इस्पात की मात्रा निकाल ली जाती है। यह तनन प्रबलन पदाग्र की तली में डाला जायेगा।

वितरण इस्पात (Fe 415) 0.20% की दर से ज्ञात करके, छड़ों का व्यास तथा अन्तराल निर्धारित किया जा सकता है।

(b) पाद/ऐड़ी (Heel)—पाद स्लैब पर तीन दाब कार्य करते हैं।

(i) नीचे से मृदा का प्रतिक्रियात्मक दाब (Uplift Pressure)

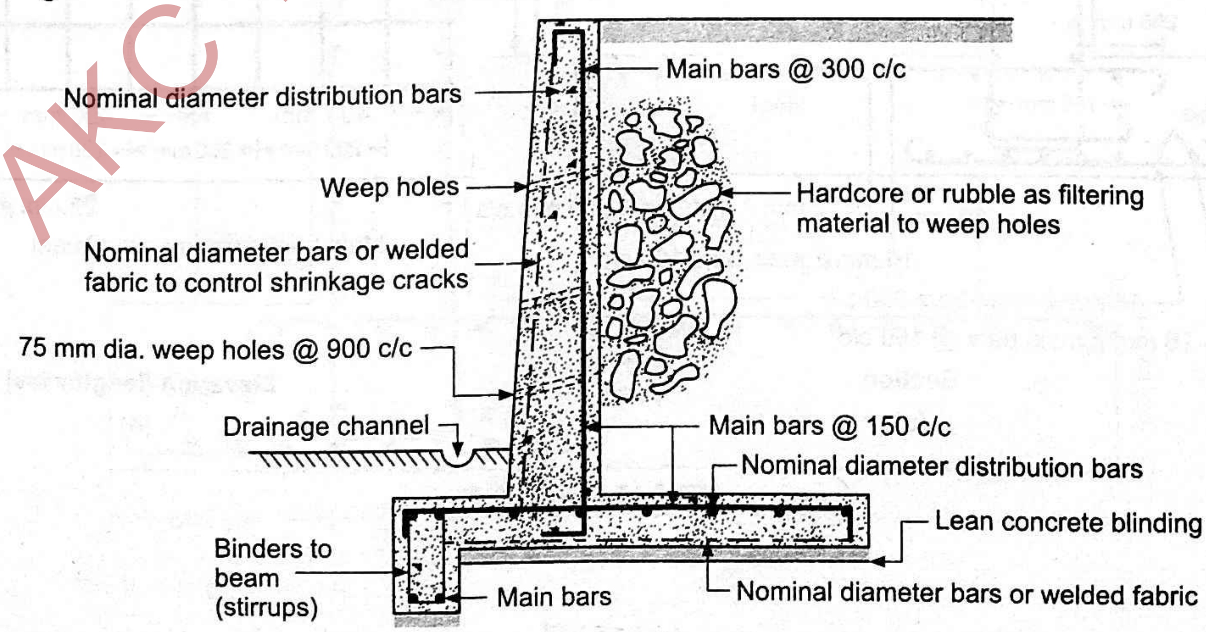
(ii) पाद स्लैब का स्वयं का भार

(iii) पाद स्लैब के ऊपर भरी मिट्टी या अन्य पदार्थ का भार नीचे को कार्य करता है। दोनों का परिणामी बल नीचे को कार्य करता है यह स्लैब भी प्रास स्लैब की तरह डिजाइन की जाती है। इसकी प्रवृत्ति नीचे को झुकाने की होती है जिससे तनन प्रतिबल स्लैब के ऊपरी भाग में उत्पन्न होते हैं। इसलिये तनन इस्पात ऊपर की साइड़ में डाला जाता है।

तनन इस्पात की मात्रा आबद्ध (Fixed) सिरे पर अधिकतम B.M. के आधार पर ज्ञात की जा सकती है। भारतीय मानक विशिष्टियों के अनुसार छड़ों का व्यास तथा अन्तराल ज्ञात किया जाये।

आधार स्लैब में भी स्टेम की भाँति वितरण इस्पात डाला जाता है इसकी मात्रा स्लैब के क्रास सेक्शन के 0.2% ली जा सकती है।

नोट—पदाग्र (Toe) भाग में वितरण इस्पात नीचे की ओर तथा पाद (Heel) भाग में ऊपर की ओर मुख्य इस्पात से सटा हुआ लेकिन लम्बवत डाला जायेगा।

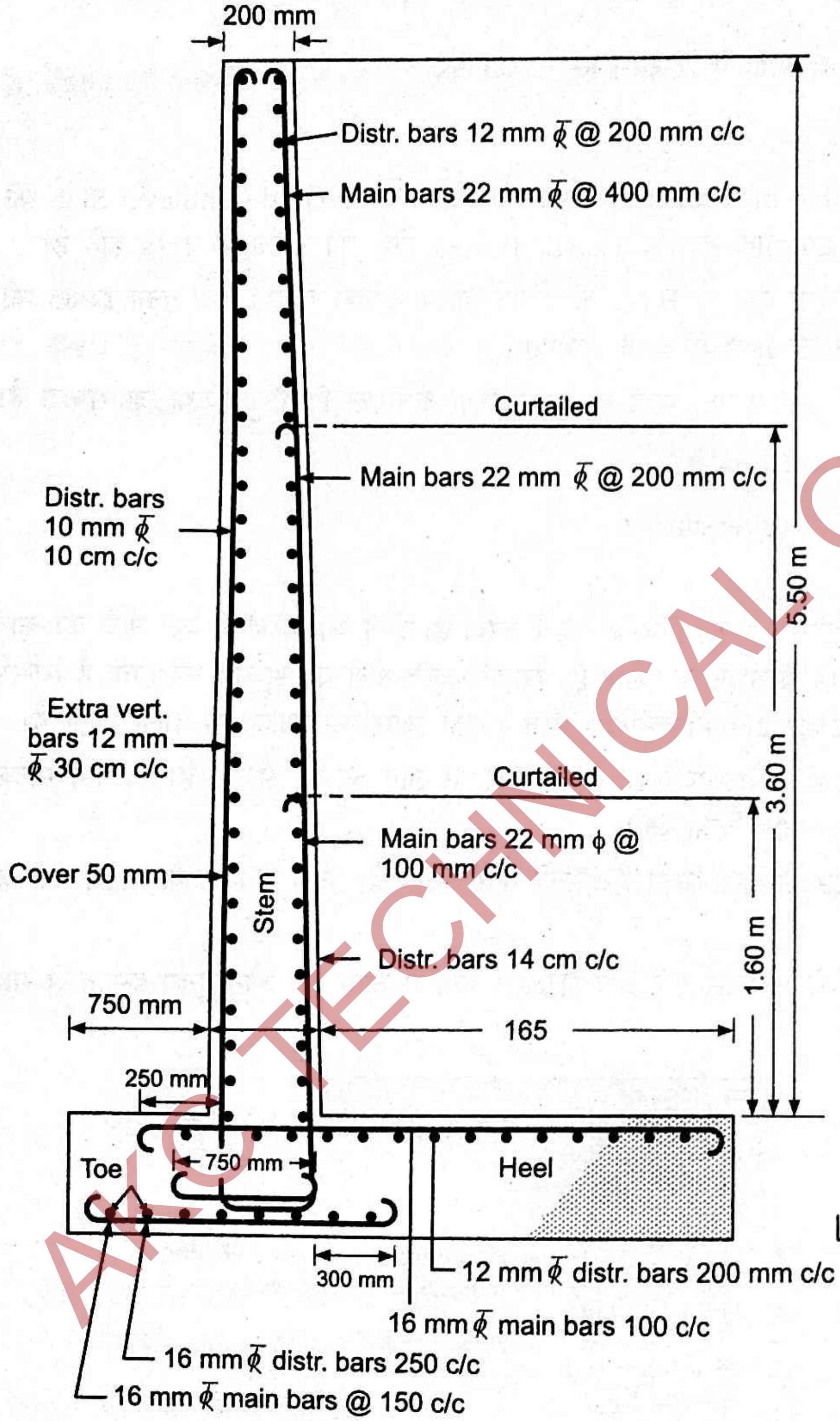


चित्र 2.12

AKC TECHNICAL CLASSES

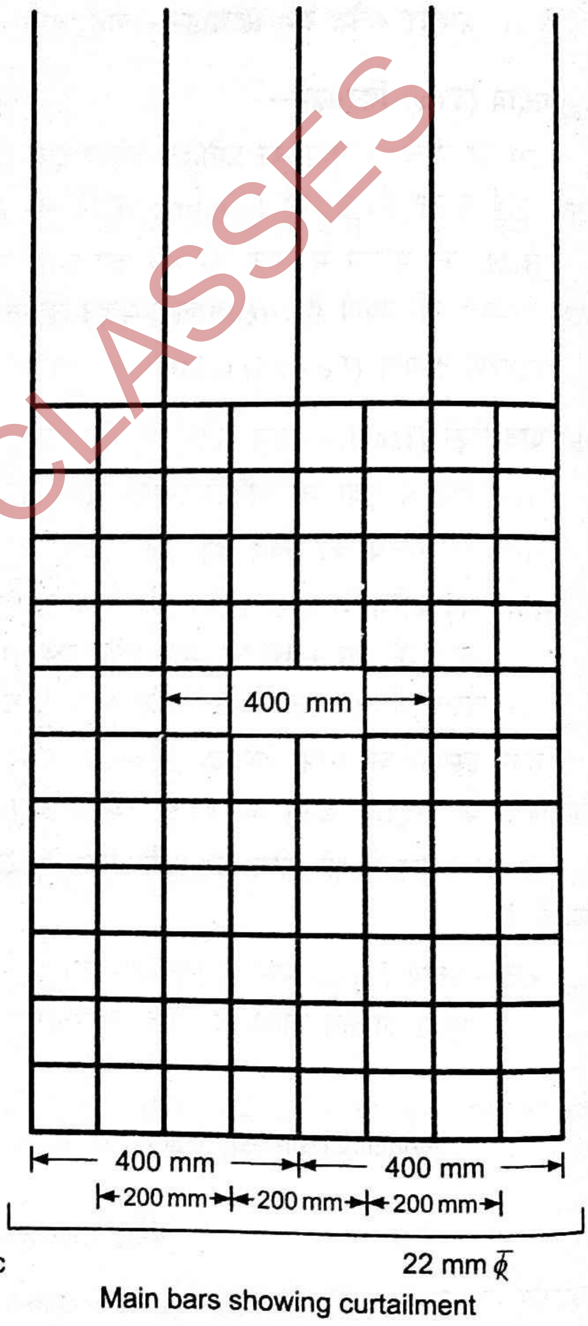
TYPICAL EXAMPLES

Example 1:



Section

(a)



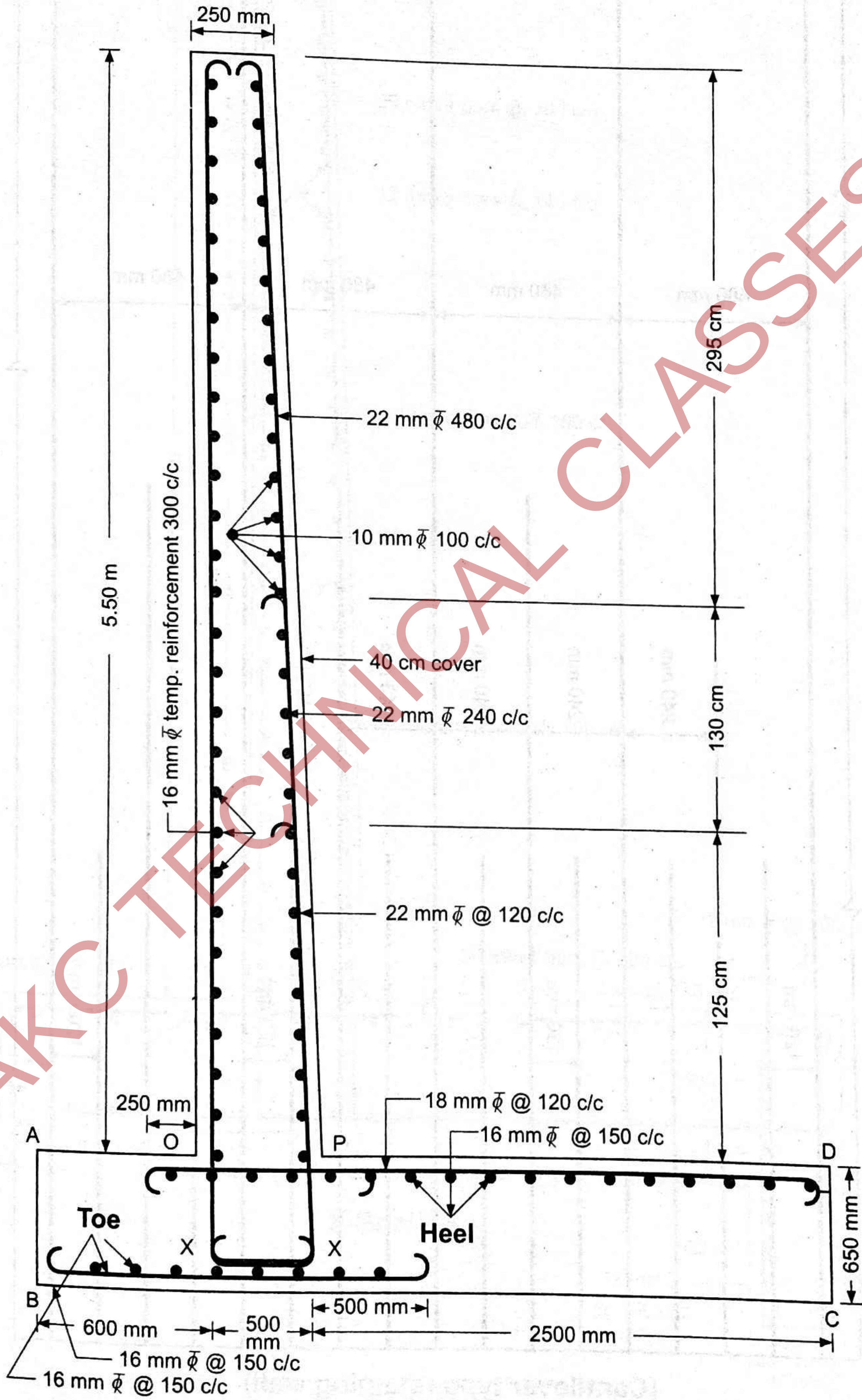
Elevation (lengthwise)

(b)

चित्र 2.13—(a & b)

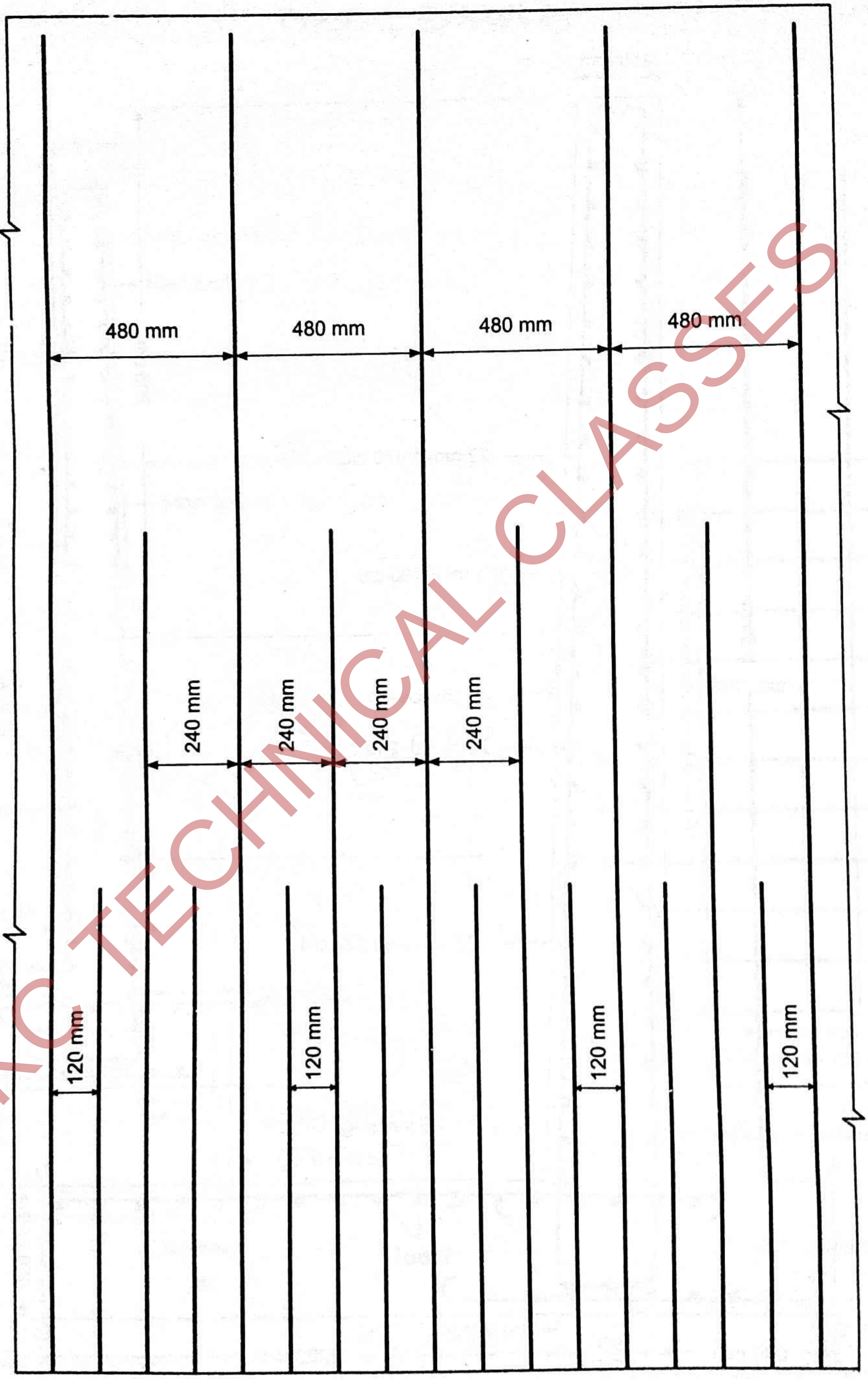
AKC TECHNICAL CLASSES

Example 2:



चित्र 2.14 (a)

AKC TECHNICAL CLASSES

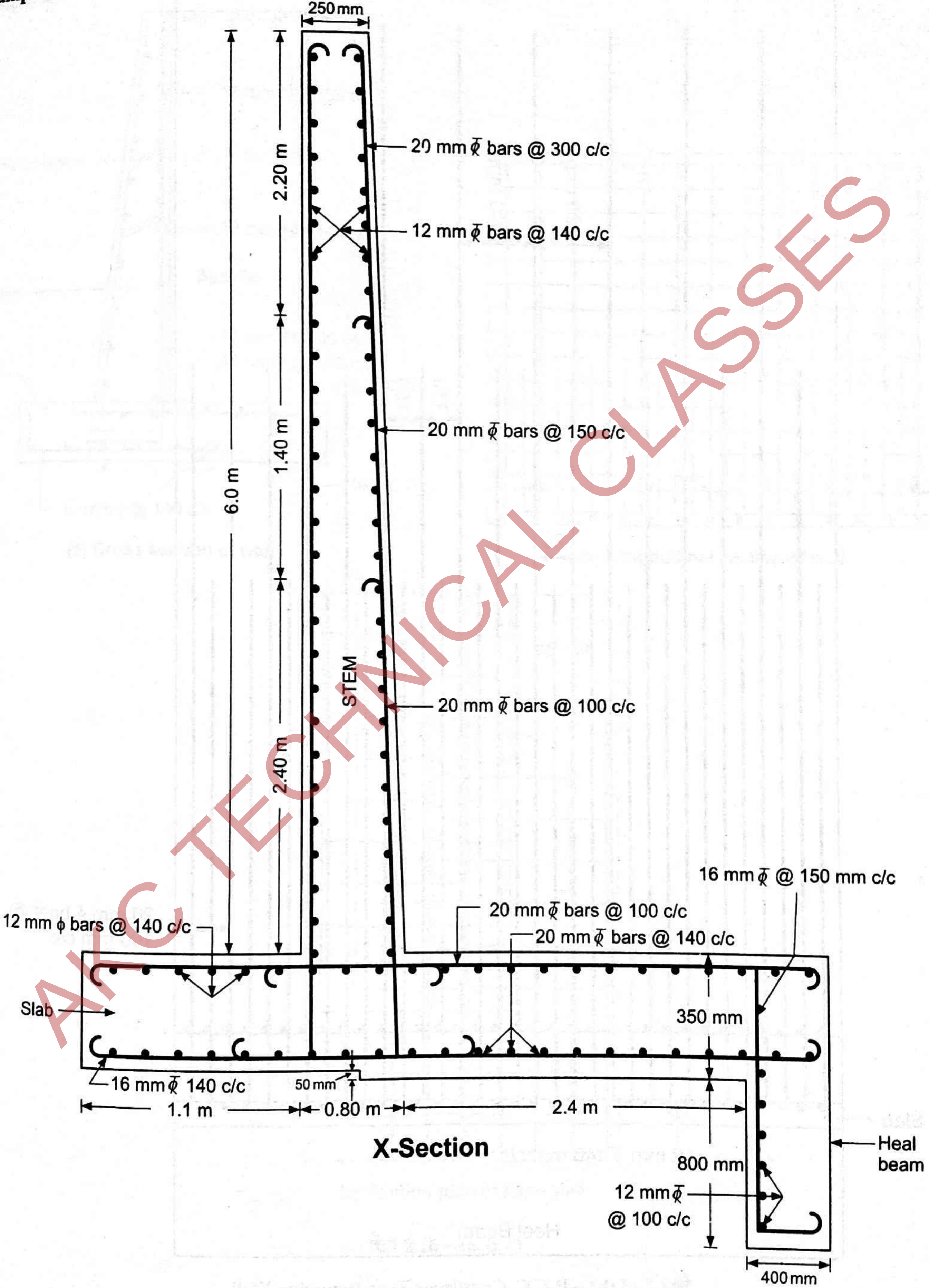


AKC TECHNICAL CLASSES

(Cantilever type retaining wall)

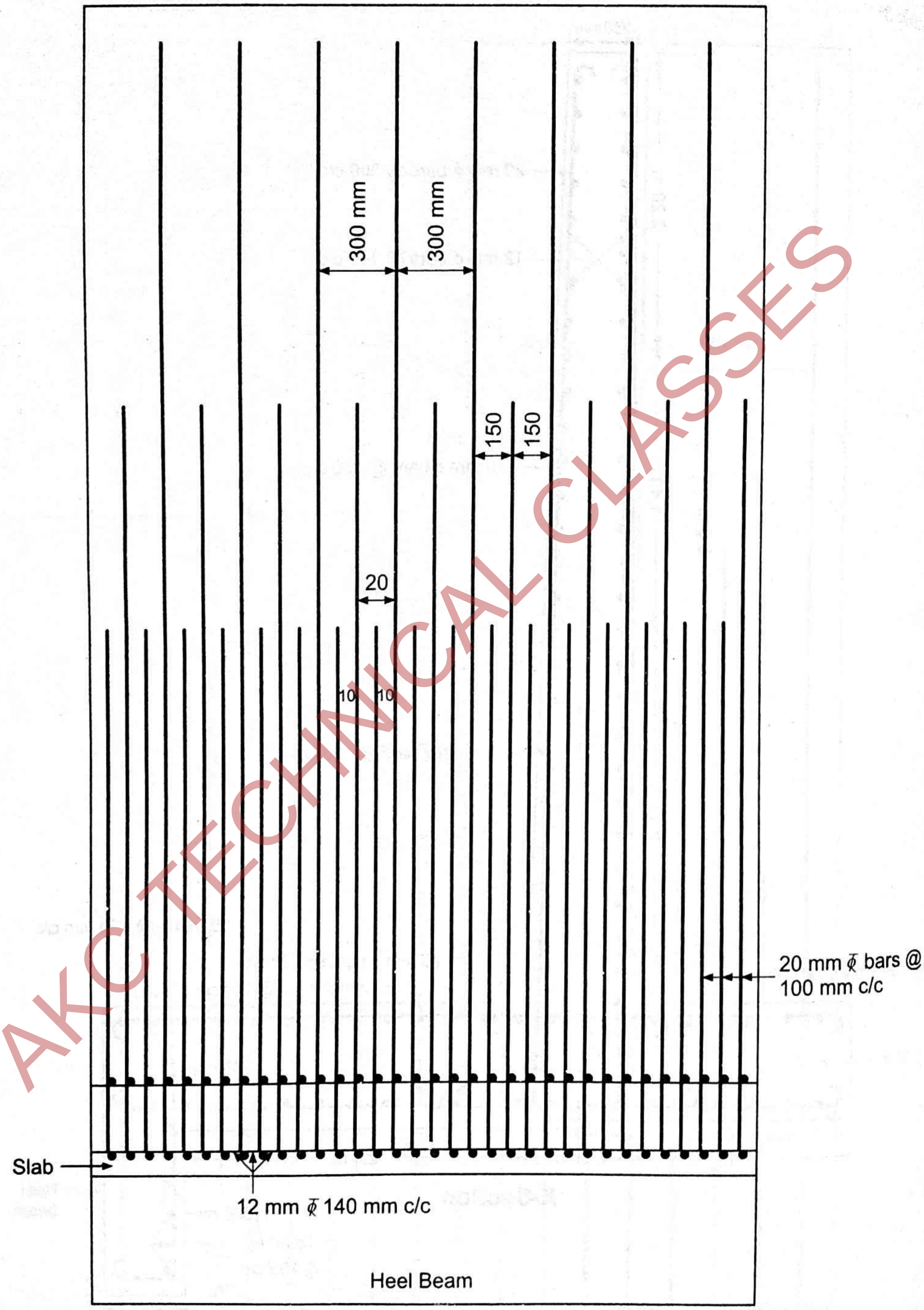
चित्र 2.14 (b)

Example 3:



AKC TECHNICAL CLASSES

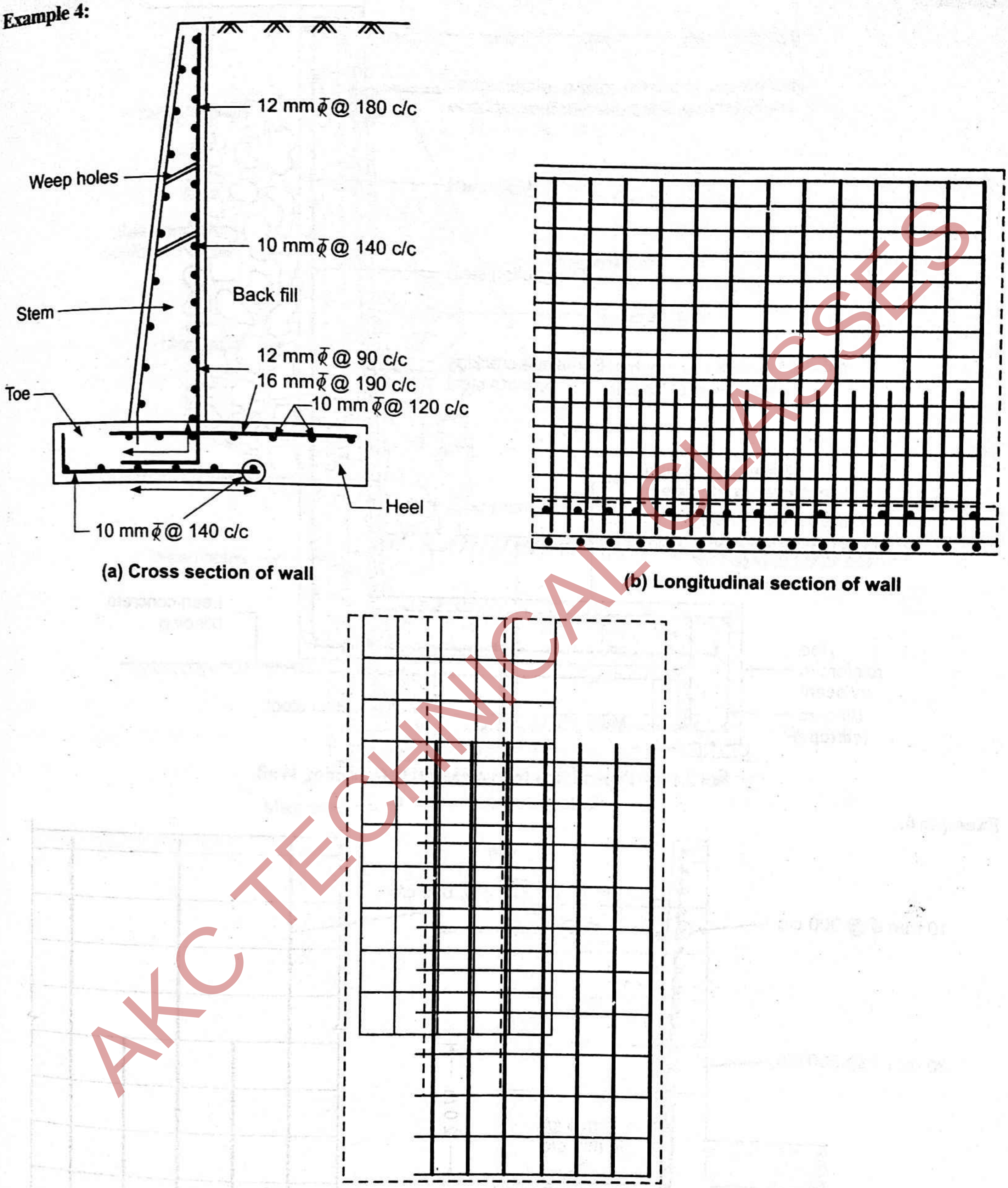
चित्र 2.15 (a)



AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 2.15 (b)—R.C.C. Cantilever Type Retaining Wall

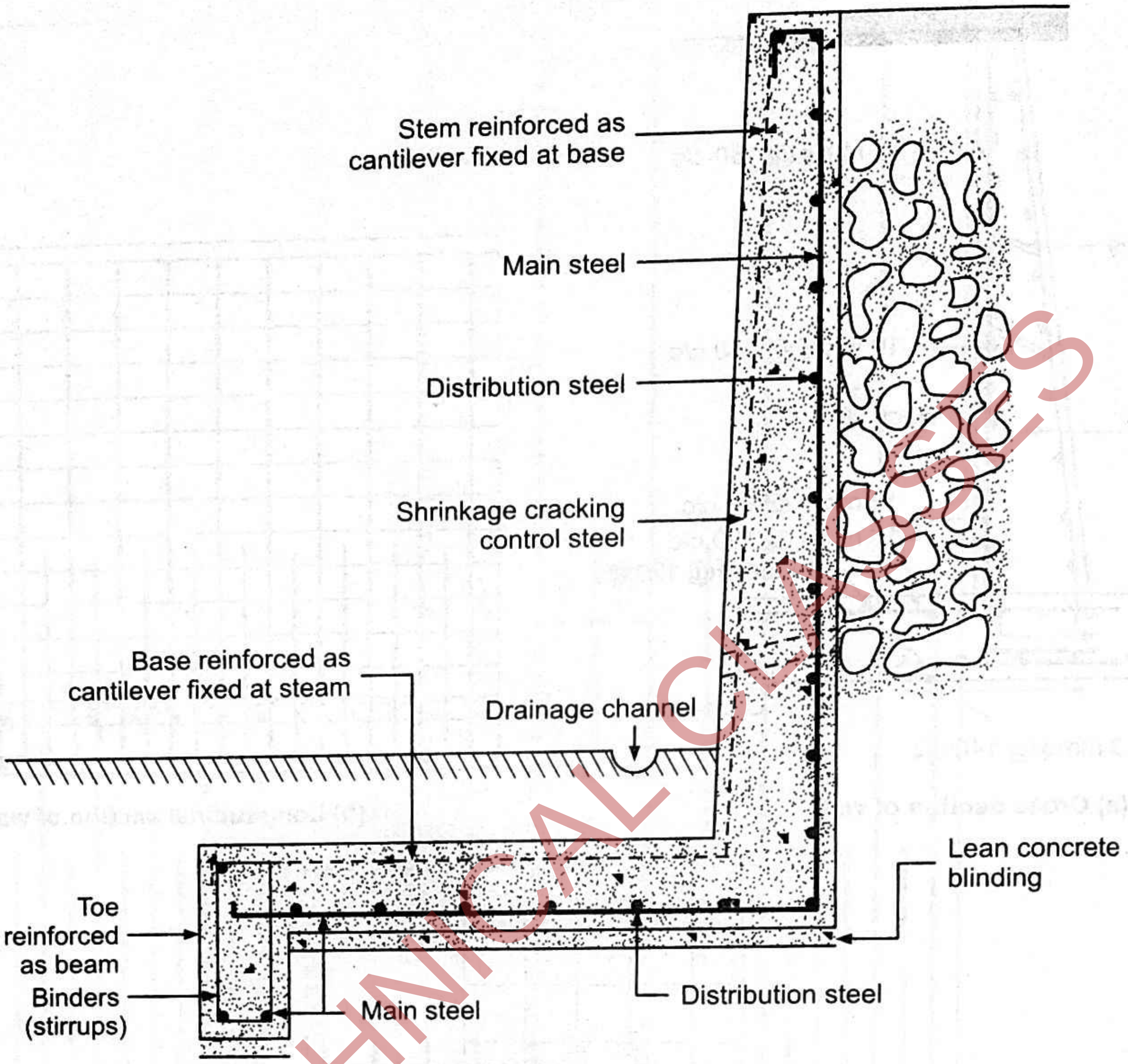
Example 4:



चित्र 2.16—(a, b, c)

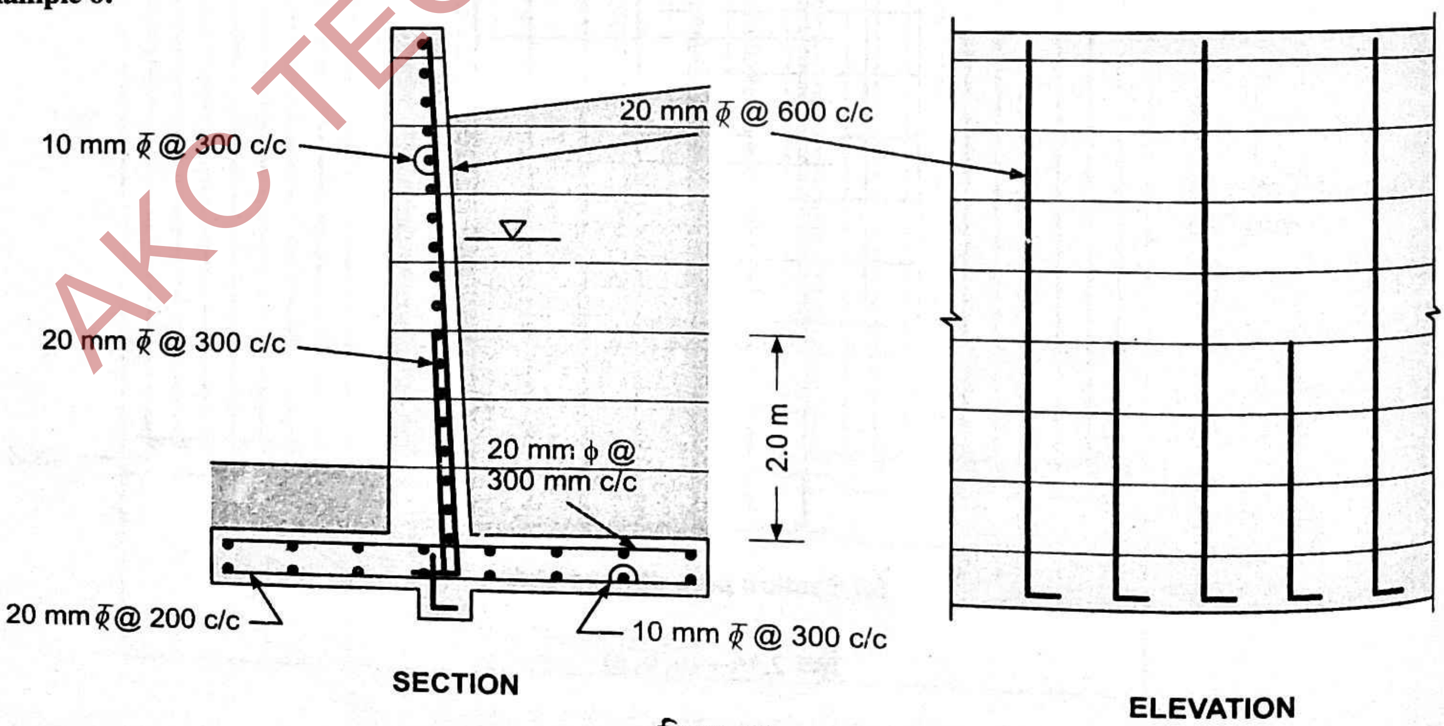
AKC TECHNICAL CLASSES

Example 5:



चित्र 2.17—**Typical Reinforced Concrete Retaining Wall**

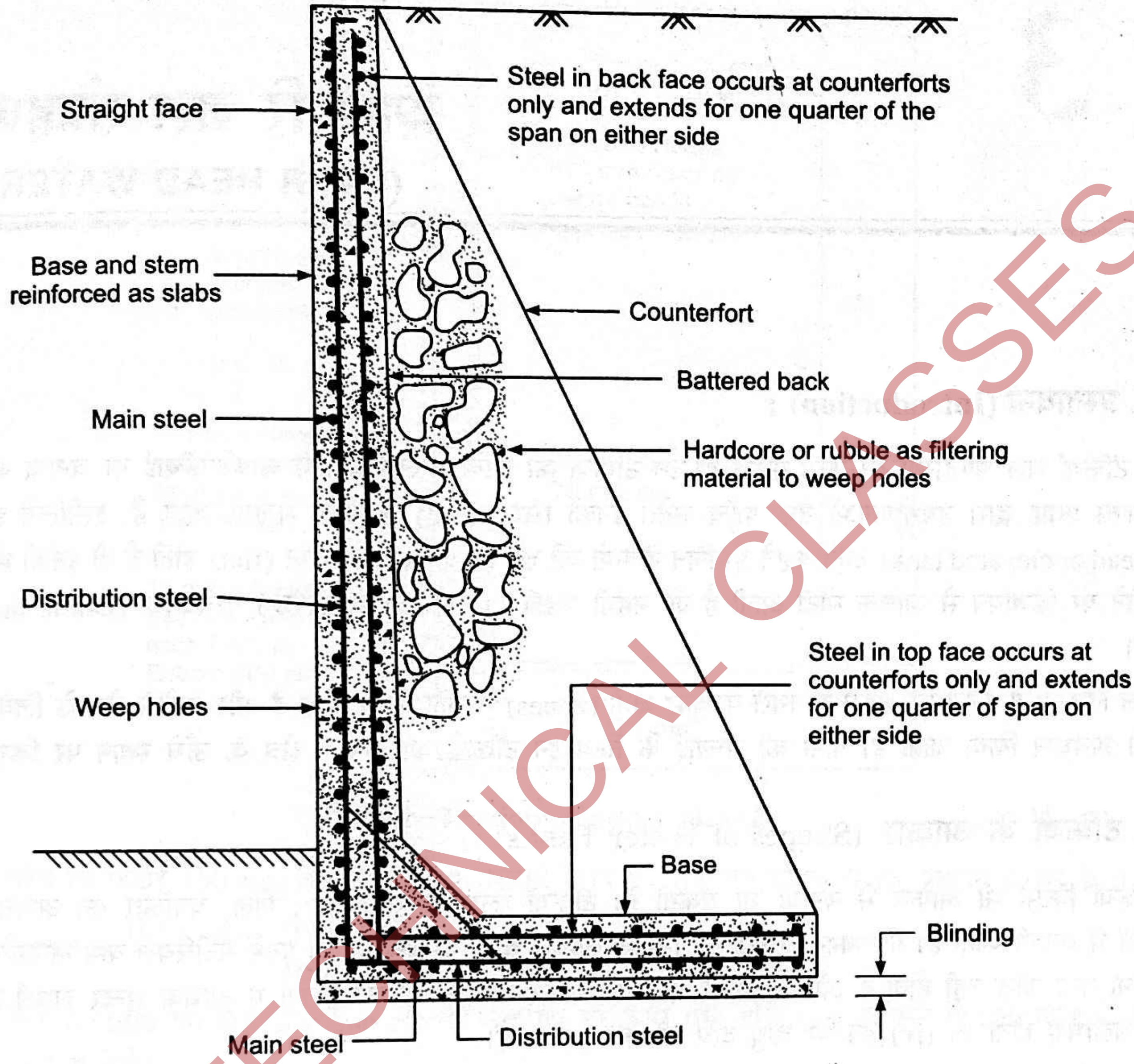
Example 6:



चित्र 2.18

AKC TECHNICAL CLASSES

Example 7: Counterfort Retaining Walls



चित्र 2.19

AKC TECHNICAL CLASSES

Chapter

3

शिरोपरि जल संग्रहण टंकी
(OVER HEAD WATER TANK)

§ 3.1. प्रस्तावना (Introduction) :

ये टंकियाँ जल भण्डारण का कार्य करती हैं। इन टंकियों को इनके सप्लाई क्षेत्र में काफी ऊँचाई पर बनाया जाता है ताकि पानी गुरुत्व प्रवाह द्वारा उपभोगताओं तक पहुँच सके। इनको सिर (head) से ऊँचा बनाया जाता है, इसीलिये इन्हें शिरोपरि (overhead or elevated tank) टंकी कहते हैं। जिन टंकियों की छत (floor slab) सपाट (flat) होती है तो इनकी मोटाई अधिक व्यास होने पर डिजायन से अधिक मोटी आती है जो महंगी पड़ती है। इसीलिये इसकी छत गुम्बदनुमा (Dome shape) बनायी जाती है।

जल वितरण के लिये पूरे शहरों व नगरों के कुछ क्षेत्रों (zones) में बाँट लिया जाता है और प्रत्येक क्षेत्र के लिये एक सर्विस टंकी का प्रावधान किया जाता है। पानी की सप्लाई के लिये इन टंकियों का निर्माण क्षेत्र के ऊँचे स्थान पर किया जाता है।

§ 3.2. टंकियों के आकार (Shapes of Water Tanks) :

टंकियाँ किसी भी आकार में बनायी जा सकती हैं। टंकियाँ प्लान में सामान्यत:, गोल, वर्गाकार का आयताकार सुन्दर आकृतियों में बनायी जाती हैं। गोलाकार टंकियों का निर्माण अधिक होता है। क्योंकि (i) इनमें मैटीरियल कम लगता है (ii) इनमें कोई कोना तथा जोड़ नहीं होता है और देखने में भी अन्य प्रकार की टंकियों की तुलना में अधिक सुन्दर लगती हैं (iii) यह अधिक जलाभेद्य होती है। (iv) इन पर वायु दाब भी कम लगता है।

कमधारिता (capacity) वाली टंकी आयताकार या वर्गाकार बनायी जाती है। अधिक धारिता वाली टंकी गोलाकार बनायी जाती है। गोलाकार टंकियों को भूमि से ऊपर पर्याप्त ऊँचाई पर स्टेजिंग (staging) पर रखा जाता हैं।

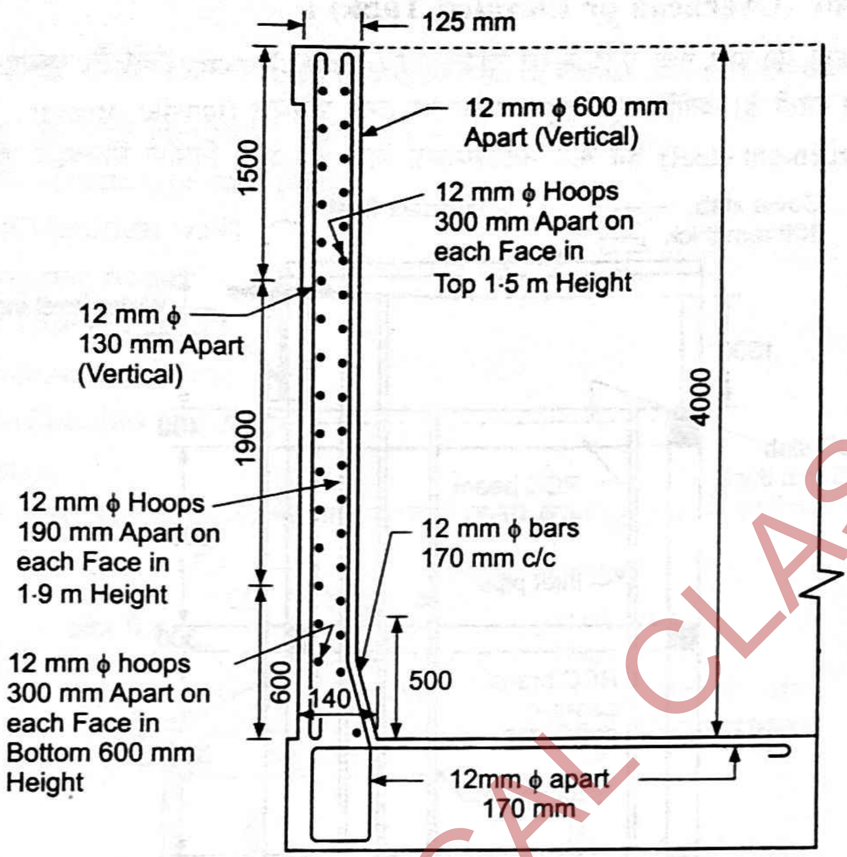
बड़ी गोलाकार टंकियों की छत/स्लैब गुम्बदनुमा (dome type) होती है।

गुम्बदनुमा स्लैब न्यूनतम मोटी होती है फिर भी सबसे अधिक सामर्थ्यवान होती है। इस प्रकार की शंकुनुमा (conical) आधार स्लैब वाली टंकी को इंजे (Intze type) टंकी कहते हैं।

§ 3.3. सतही टंकी (Surface Tank) :

इसके लिये 150 mm मोटी आधार स्लैब में दोनों फलकों पर इसके सेक्शन के क्षेत्रफल का 0.3% प्रबलन इस्पात (reinforcement steel) लगाना उचित रहता है। आधार स्लैब के नीचे M-10 ग्रेड की 75 mm से 100 mm मोटी कंक्रीट (lean concrete grad (1 : 4 : 8)) की परत डाल कर समतल किया जाता है। R.C.C. की छत टंकी के नीचे R.C.C. कॉलम भी बनाये जा सकते हैं। टंकी के ऊपर निरीक्षण के लिये मैन-होल (Man-hole) तथा सीढ़ियाँ बनी होती हैं। टंकी में उतरने के लिये सीढ़ियाँ बनी होती है। खाली टंकी (यदि भूमि में बनायी गयी है। मिट्टी के दबाव के अनुसार तथा भरी टंकी पानी के दबाव अनुसार डिजायन की जाती है।) टंकी की दीवार में प्रबलन इस्पात Fig. 3.1 में दर्शाया गया है।

AKC TECHNICAL CLASSES



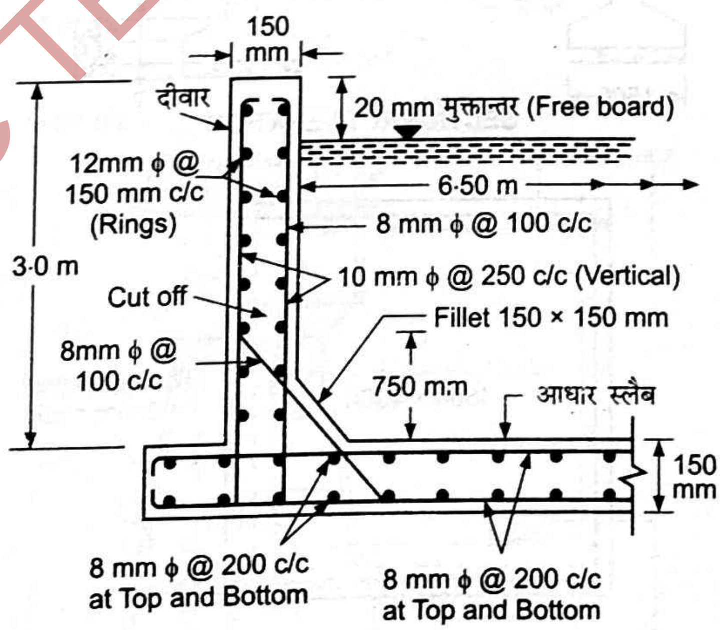
चित्र 3.1—Reinforcement in tank wall

AKC TECHNICAL CLASSES

आधार स्लैब की मोटाई 150 mm ली जाती है अत: आधार स्लैब की दोनों फलकों पर 0.3% प्रबलन इस्पात डाला जायेगा।

$$\text{इसका क्षेत्रफल} = \frac{0.3 \times 150 \times 1000 \text{ यानि } (b \times d)}{100} = 450 \text{ mm}^2$$

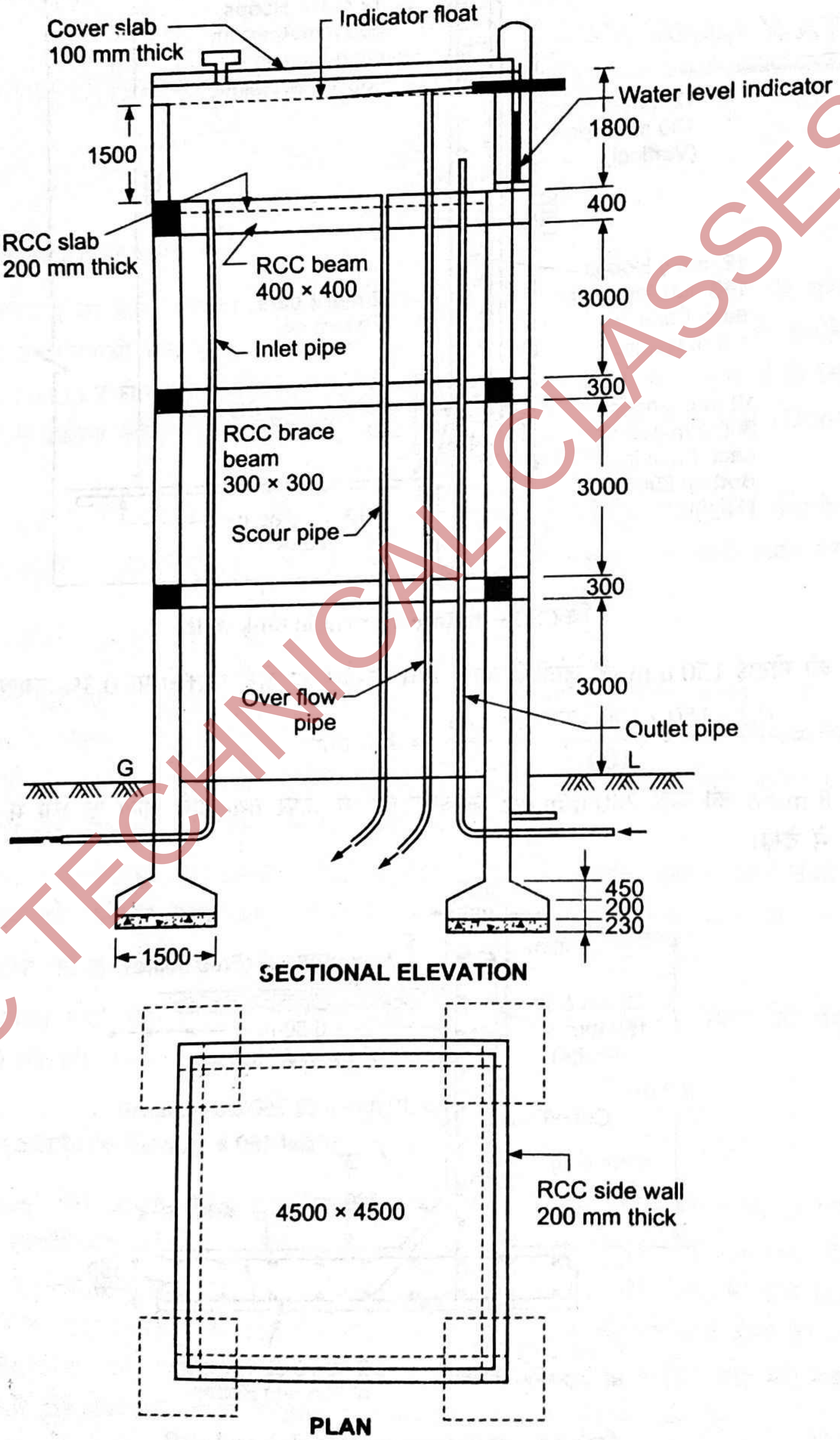
जिसके लिये 8 mmϕ की छड़ें 200 mm c/c के अन्तराल पर ऊपर तथा नीचे जाल के रूप में दोनों दिशाओं में डाली जायेगी। Fig. 3.2 में देखें।



चित्र 3.2—Reinforcement in slab and wall

§ 3.4. शिरोपरि टंकी (Overhead or Elevated Tank) :

इस प्रकार की टंकियों की छत तथा फर्श-स्लैब गुम्बदनुमा (dome shaped) होती है। गुम्बद की मोटाई अन्य प्रकार की स्लैब की मोटाई से कम रहती है। क्योंकि गुम्बदनुमा स्लैब पर तनन प्रतिबल (tensile stresses) नहीं आते हैं। इसलिये इसमें प्रबलन इस्पात (reinforcement steel) की कम आवश्यकता होती है। अतः निर्माण मितव्ययी होते हैं।



चित्र 3.3—RCC overhead square tank

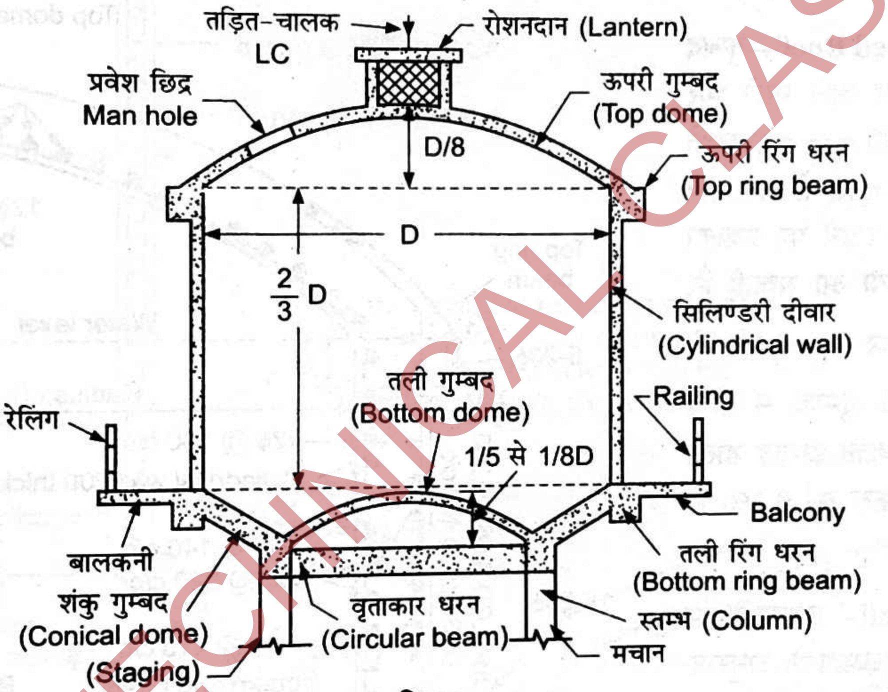
AKC TECHNICAL CLASSES

3.4.1. शिरोपरि जल टंकी के मुख्य घटक (Main Components of Dome Shaped Overhead Watertank) :

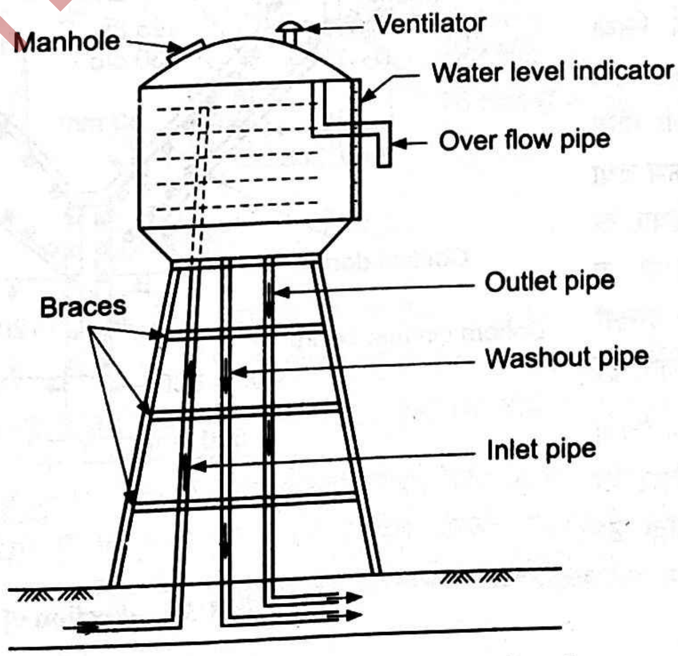
एक शिरोपरि जल टंकी के मुख्य निम्नलिखित घटक होते हैं—

1. गुम्बदनुमा छत स्लैब (Dome type roof slab)
2. बेलनाकार दीवार (Cylindrical wall)
3. शीर्ष रिंग बीम (Top ring beam)
4. तली/आधार गुम्बद (Bottom dome)
5. तली रिंग बीम (Bottom ring beam)
6. मंचिक (Staging)/(Columns and Braces)
7. नींव (Foundation)

यह शिरोपरि टंकी इंजे प्रकार (Intze type) के नाम से जानी जाती है। Fig. 3.4 में दर्शायी गयी है।



चित्र 3.4



चित्र 3.5—Working of overhead tank

AKC TECHNICAL CLASSES

3.4.2. शिरोपरि टैंकों के डिजायन के मुख्य पग (Main Steps in the Design of Overhead Tank) :

(i) Design of top dome and top ring beam.
(ii) Design of cylindrical wall.
(iii) Design of bottom ring beam at the junction of cylindrical wall and conical dome.
(iv) Design of the combination of conical dome and bottom spherical dome.
(v) Design of bottom ring circular beam.
(vi) Design of staging.
(vii) Design of foundation.

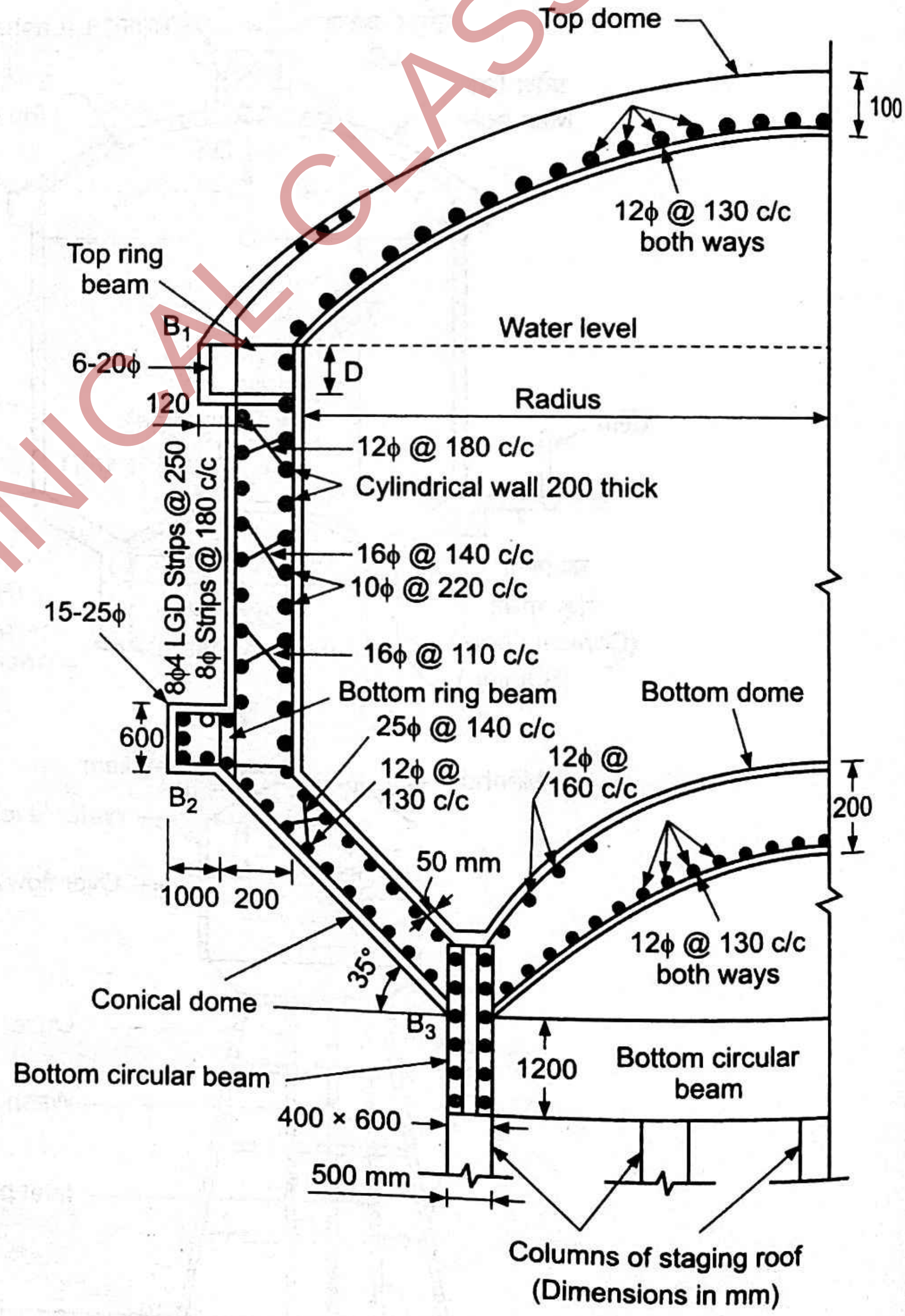
डिजायन के मुख्य पगों (steps) का वर्णन किया गया है और उन्हीं के आधार पर विभिन्न घटकों के साथ चित्रों (Figures) को दिया गया है।

(i) Top Dome/Domed Roof—गुम्बद स्लैब की मोटाई इसके ऊपर आने वाले भार के अनुसार 100 mm से 200 mm तक रखते हैं। लेकिन इसकी मोटाई 75 mm से कम नहीं रखी जाती है। क्योंकि कम रखने पर प्रबलन इस्पात छड़े डालने में समस्या आ सकतीं हैं।

इसका उठान (rise), पाट (span) का $\frac{1}{4}$ से $\frac{1}{8}$ तक लिया जाता है। गुम्बद में दोनों दिशाओं में जाल बनाकर प्रबलन इस्पात डाला जाता है। यह खण्ड के क्षेत्रफल का 0.3% से कम नहीं होना चाहिये।

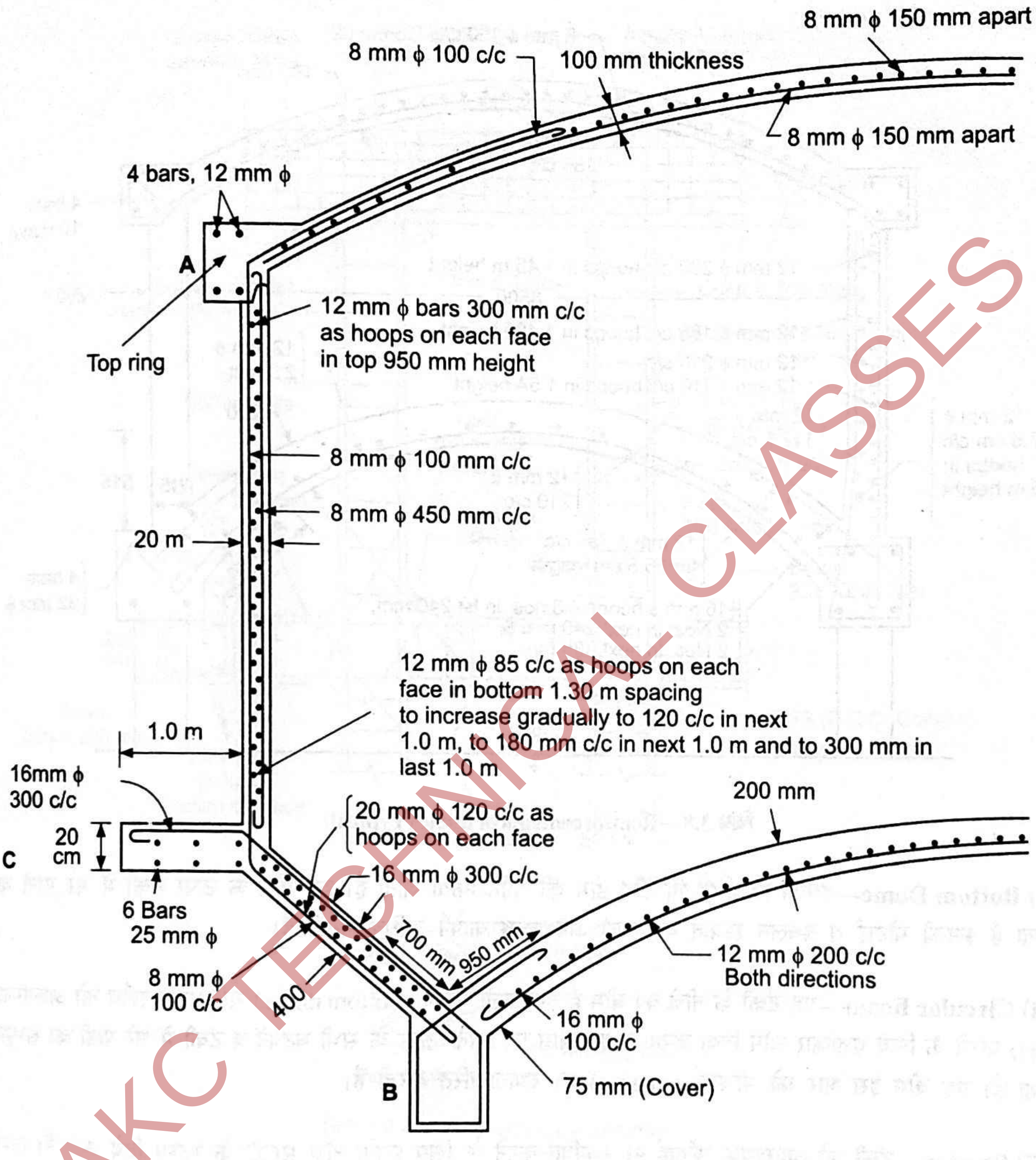
(ii) Cylindrical Wall—इसका व्यास तथा ऊँचाई टंकी की धारिता/क्षमता के अनुसार निर्धारित की जाती है। इस दीवार का डिजायन हूप तनन (hoop tension) बल के लिया किया जाता है। यह हूप तनन बल का मान टंकी में जल की गहराई के समानुपाती होता है। हूप तनन का मान ऊपर की तरफ कम तथा नीचे की तरफ बढ़ता जाता है। अत: दीवार के ऊपरी भाग में छड़ों का अन्तराल बढ़ाया जा सकता है। प्रबलन छड़ें क्षैतिज छल्लों (horizontal rings) की तरह डाली जाती हैं।

वितरण इस्पात का क्षेत्रफल 0.3% लिया जाता है और यह खड़ी स्थिति में दीवार के दोनों फलकों (faces) पर डाला जाता है। Fig. 3.6



चित्र 3.6—Section of tank

AKC TECHNICAL CLASSES

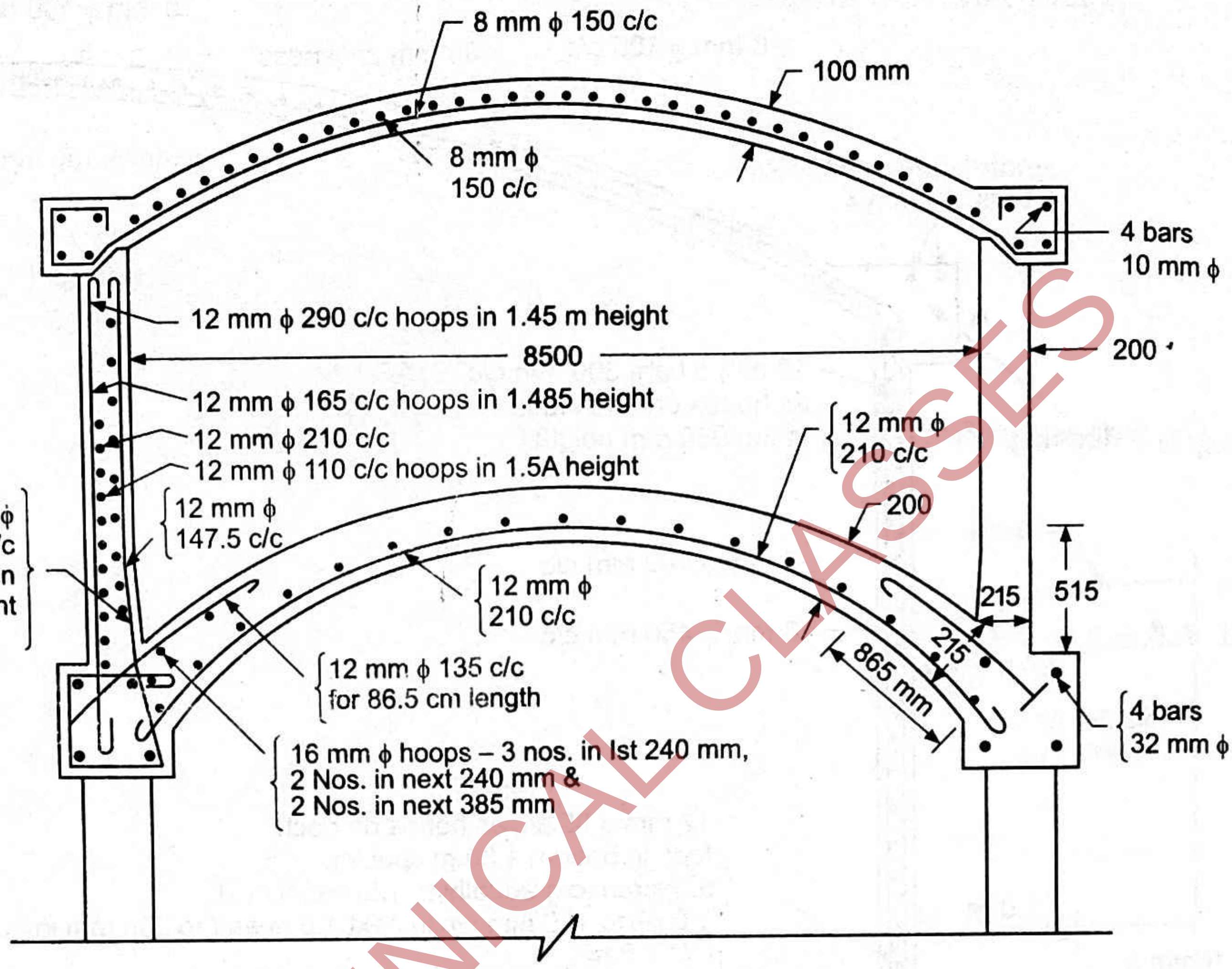


चित्र 3.7

(iii) Top Ring Beam—यदि टॉप डोम पूर्णरूप से गोलार्द्ध (full hemisphere) नहीं है तो आधार के छल्ले का मैरीडियनल दाब (meridianal pressure) ऊर्ध्वाधर न होकर झुका हुआ (inclined) होगा। अतः इस दाब का क्षैतिज अवयव (horizontal component) आधार दीवारों को बाहर न उलटे, इसलिये डोम के आधार पर रिंग बीम डाली जाती है।

(iv) Bottom Ring Beam—यह बीम सिलिण्डरीकल दीवार तथा आधार स्लैब या शंकु-गुम्बद के संगम (junction) पर डाली जाती है। इस बीम पर ऊपर का समस्त भार (टॉप डोम, ऊपरी रिंग बीम, बेलनाकार (cylindrical) दीवारें) तथा टंकी की क्षमता का भरा जल इत्यादि आता है। रिंग बीम का डिजायन B.M., torsion moment तथा shear के लिये किया जाता है।

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 3.8—Reinforcements of dome (Typical)

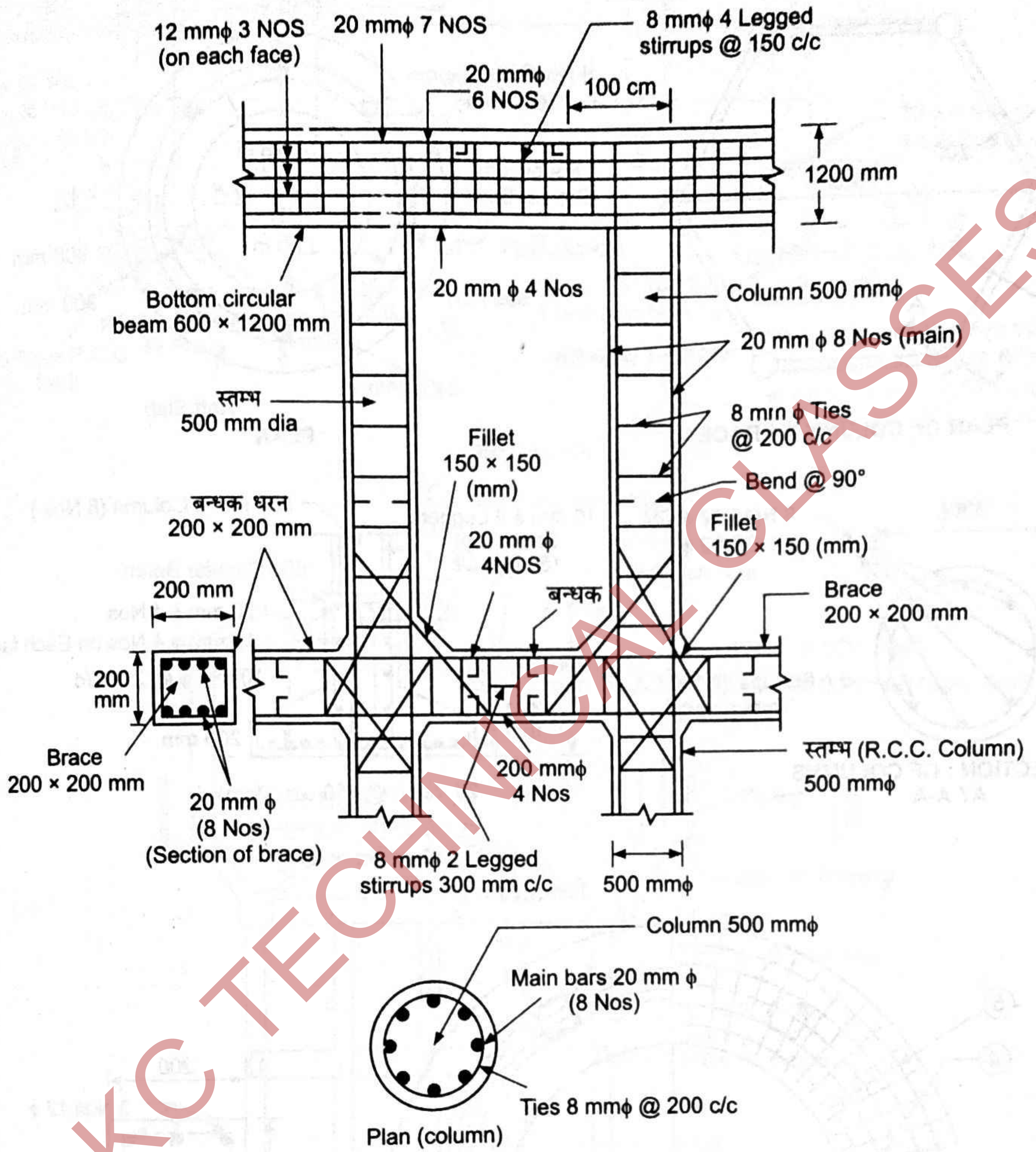
AKC TECHNICAL CLASSES

(v) Bottom Dome—इसका डिजायन भी टॉप डोम की भाँति किया जाता है। इस डोम के ऊपर टंकी में भरे पानी का भार आता है इसकी मोटाई व प्रबलन इस्पात की मात्रा अपेक्षाकृत काफी अधिक आती है।

(vi) Circular Beam—यह टंकी के नीचे का बीम है तथा तली गुम्बद (bottom dome) या आधार स्लैब को आलम्बित (support) करने के लिये वृत्ताकार बीम दिया जाता है। इस बीम पर इसके ऊपर के सभी घटकों व टंकी में भरे पानी का सम्पूर्ण भार आता है। यह बीम इस भार को मंचिका (staging) पर स्थानान्तरित करती है।

(vii) Staging—टंकी को आवश्यक ऊँचाई पर स्थापित करने के लिए इसके नीचे RCC के स्तम्भ दिये जाते हैं। लम्बे स्तम्भों को आपस में जोड़कर ग्रुप बनाने व आबद्ध (fixed) करने के लिये उचित अन्तराल पर बन्धक (braces) लगाये जाते हैं। स्तम्भों की संख्या टंकी के माप तथा आकार के अनुसार रखी जाती है।

स्तम्भों के डिजायन के लिये टंकी का भार, पानी भार सहित व स्वयं का भार तथा वायु दाब के कारण सीधे तथा बंकन आघूर्ण (B.M.) को ध्यान में रखना होता है। Fig. 3.9 में देखें।

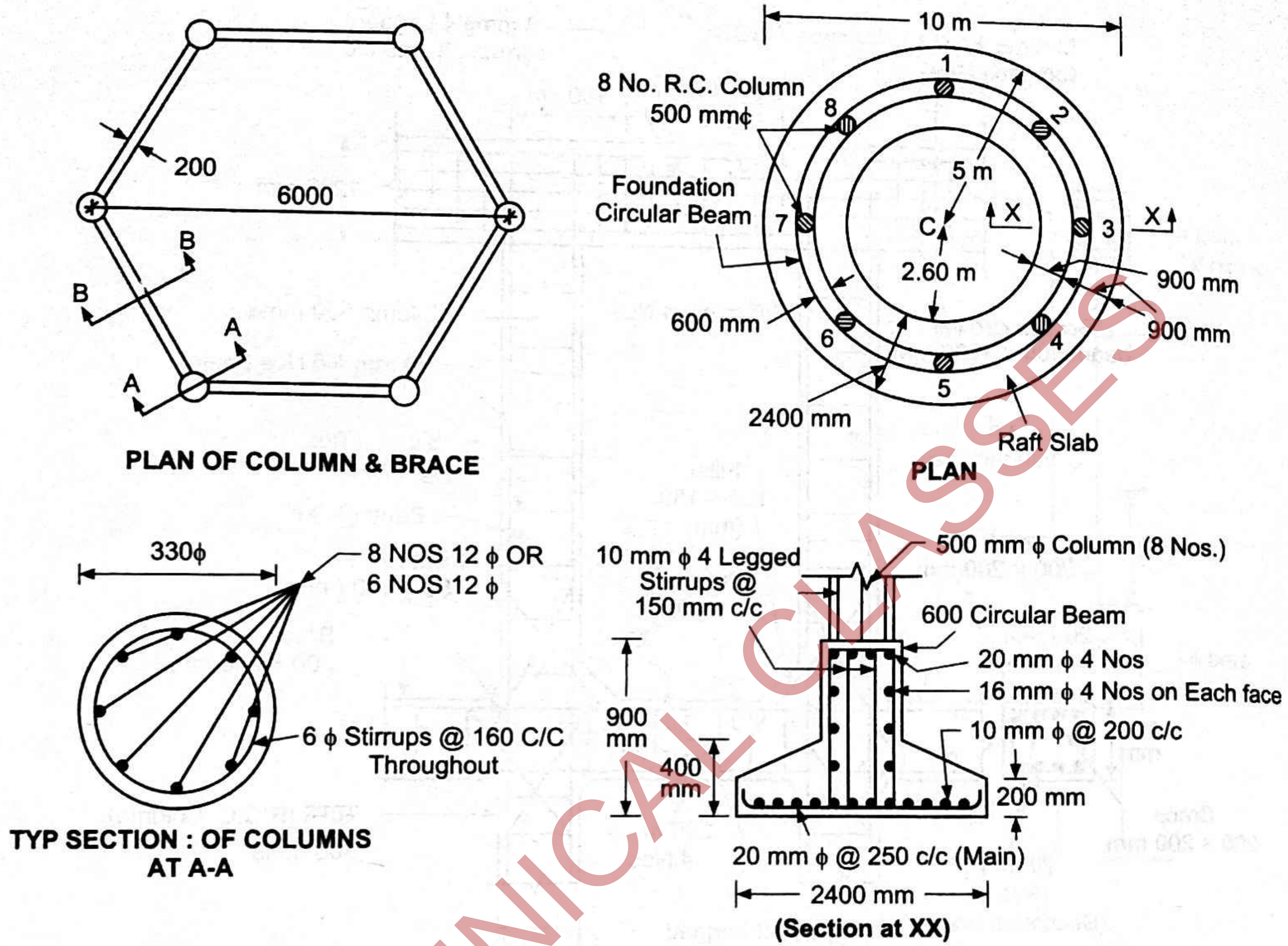


चित्र 3.9—Reinforcement of staging

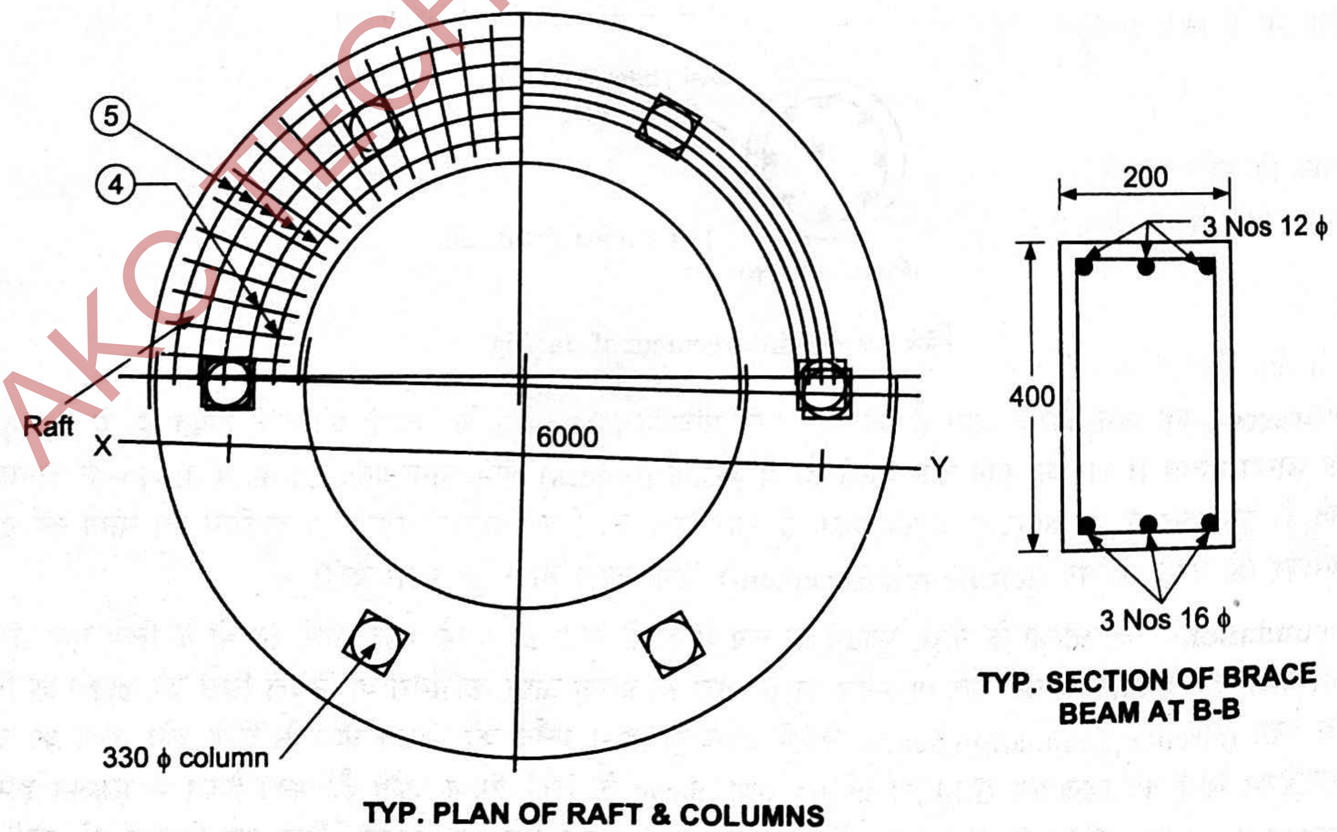
AKC TECHNICAL CLASSES

(viii) Braces—यह एक क्षैतिज बीम है जो ऊँचाई में मंचिका (staging) के स्तम्भों को बांधे रखते हैं। ये स्तम्भों में वायु दाब के कारण उत्पन्न B.M. का मान कम करते हैं। ये बन्धक (braces) बीम सामान्यत: 2.5 m से 3.0 m के अन्तराल पर दिये जाते हैं। इन बन्धकों पर वायुदाब काफी आता है और वायु की दिशा बदलती रहती है। इसलिये इन बीमों की दोनों साइड़ों में बराबर का तनन प्रबलन (tensile reinforcement) दिया जाता है। Fig. 3.10 देखें।

(ix) Foundation—यह स्तम्भों के नीचे, फुटिंग के रूप में डाली जाती है। सबसे पहले सभी स्तम्भों के लिये एक संयुक्त (combined) प्रकार की वृत्ताकार राफ्ट नींव या स्लैब डाली जाती है। इसके ऊपर कॉलमस के निचले सिरों को जोड़ने के लिये वृत्ताकार नींव धरन (circular foundation beam) डाली जाती है। राफ्ट स्लैब की फुटिंग बीम के दोनों ओर आगे को बढ़ी रहती है। फाउड़ेशन बीम का डिजायन B.M., Torsion तथा shear के लिये किया जाता है। फाउन्डेशन में प्रबलन इस्पात (reinforcement steel) Fig. 3.10 व Fig. 3.11 में दिखाया गया है। फाउन्डेशन की गहराई रैंकिन सूत्र से ज्ञात की जाती है।

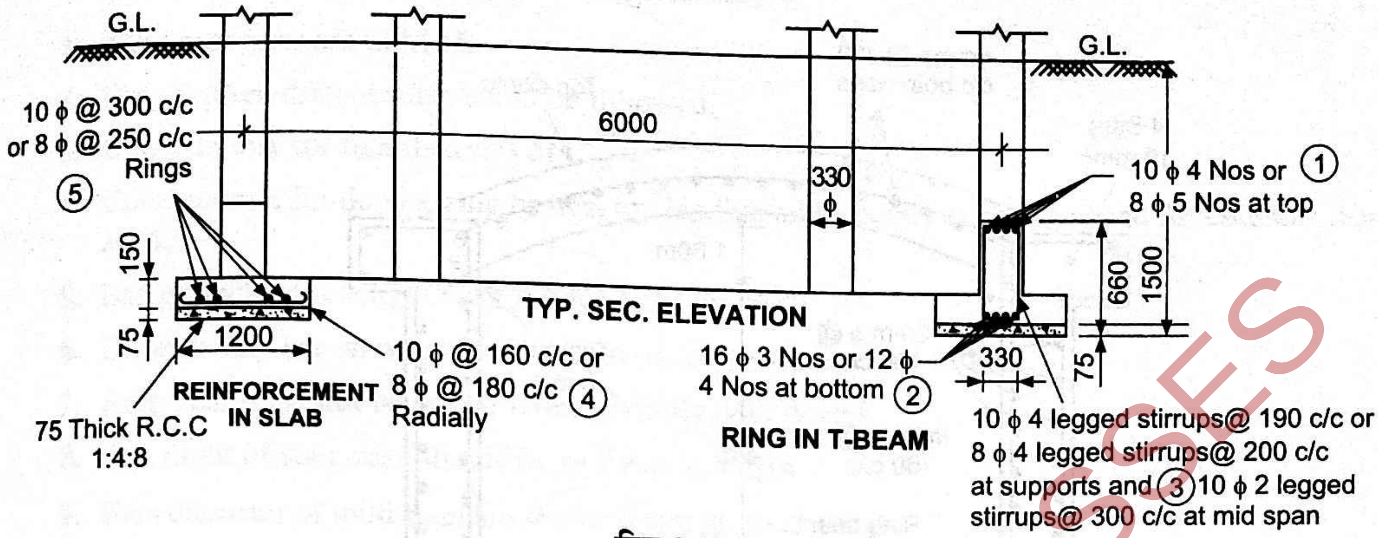


चित्र 3.10

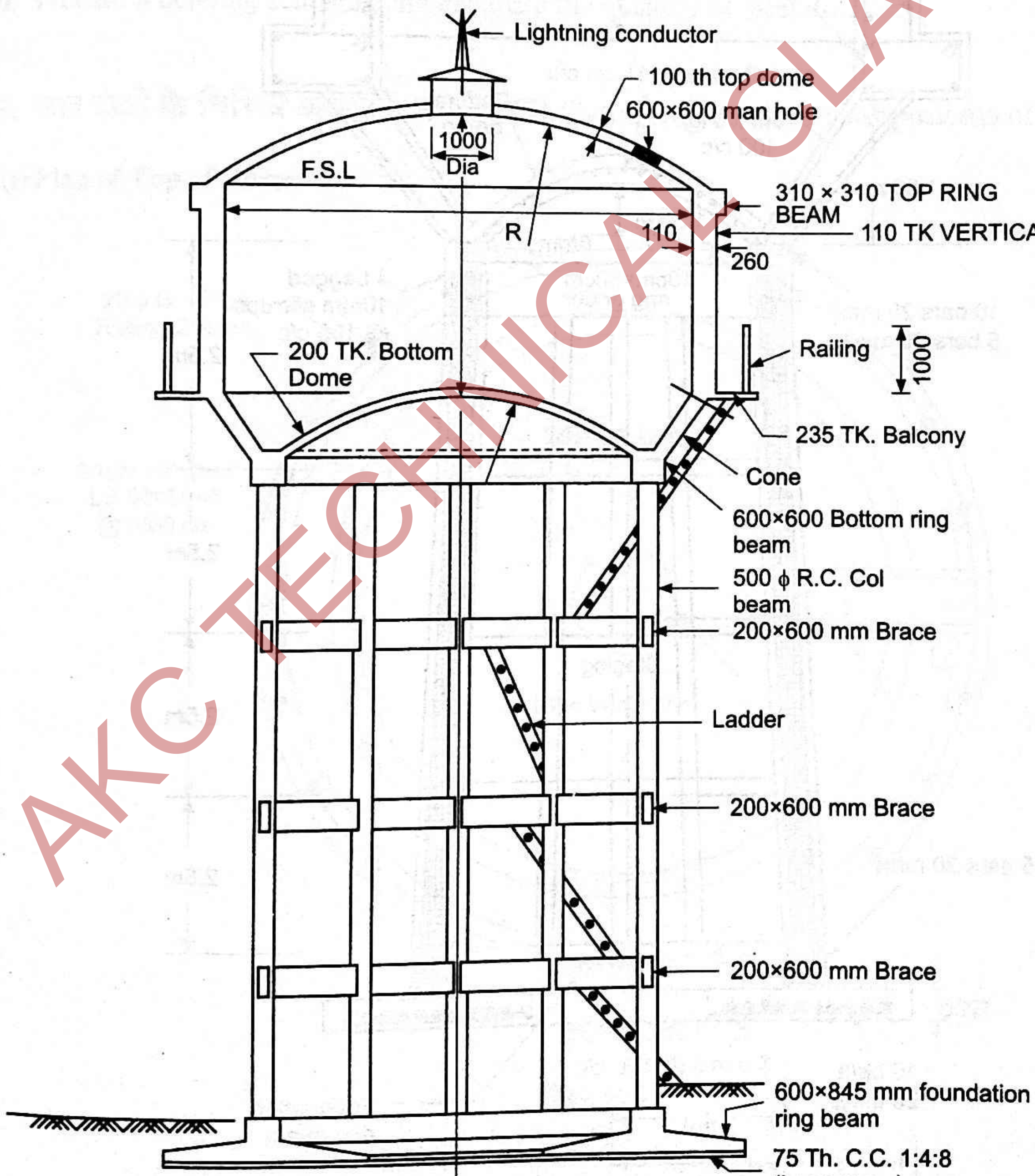


चित्र 3.11 (a)

AKOTECHNICAL CLASSES

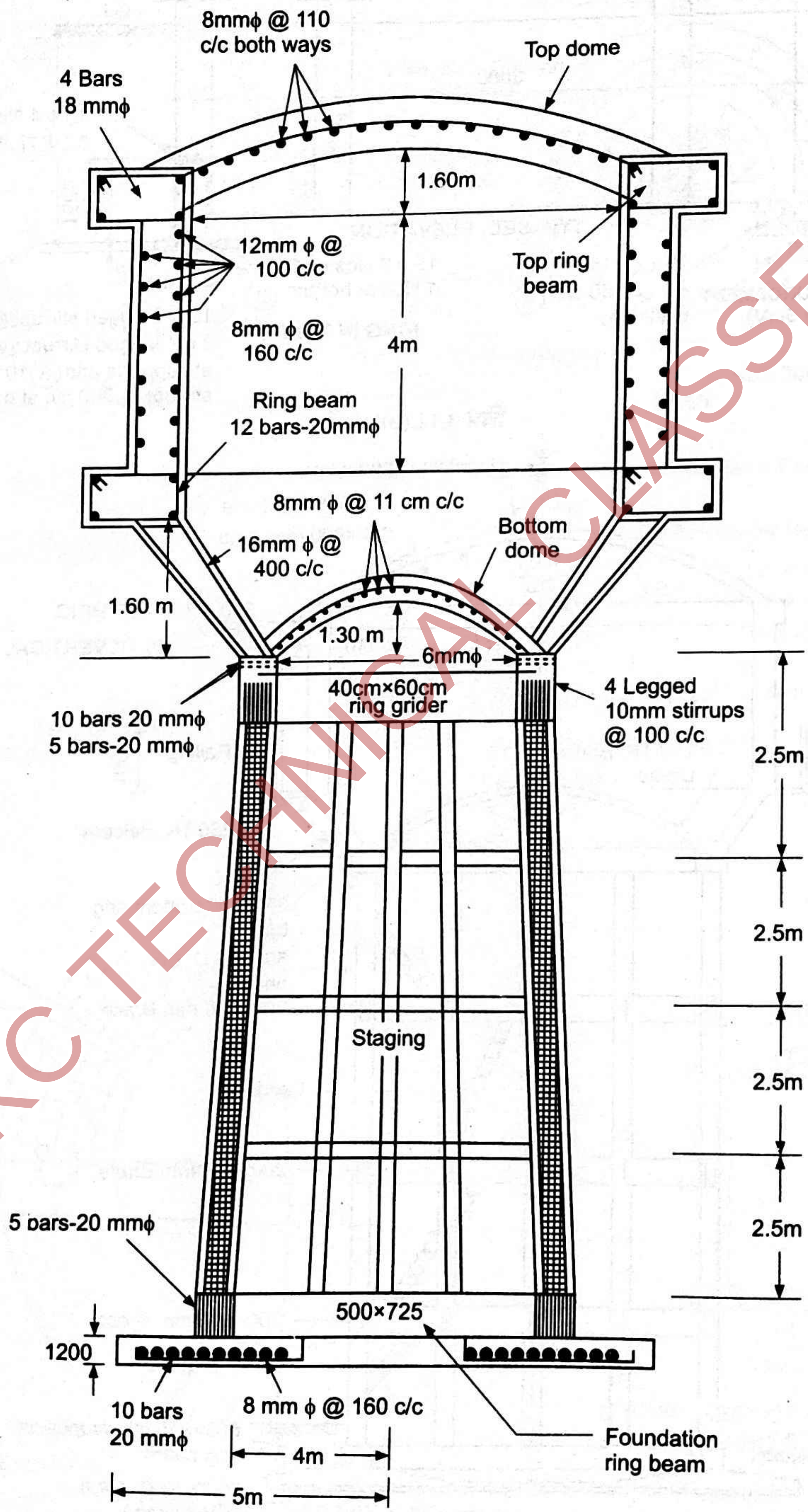


चित्र 3.11 (b)



चित्र 3.12—Typical elevation of Intze water tank

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 3.13—Typical reinfocement details

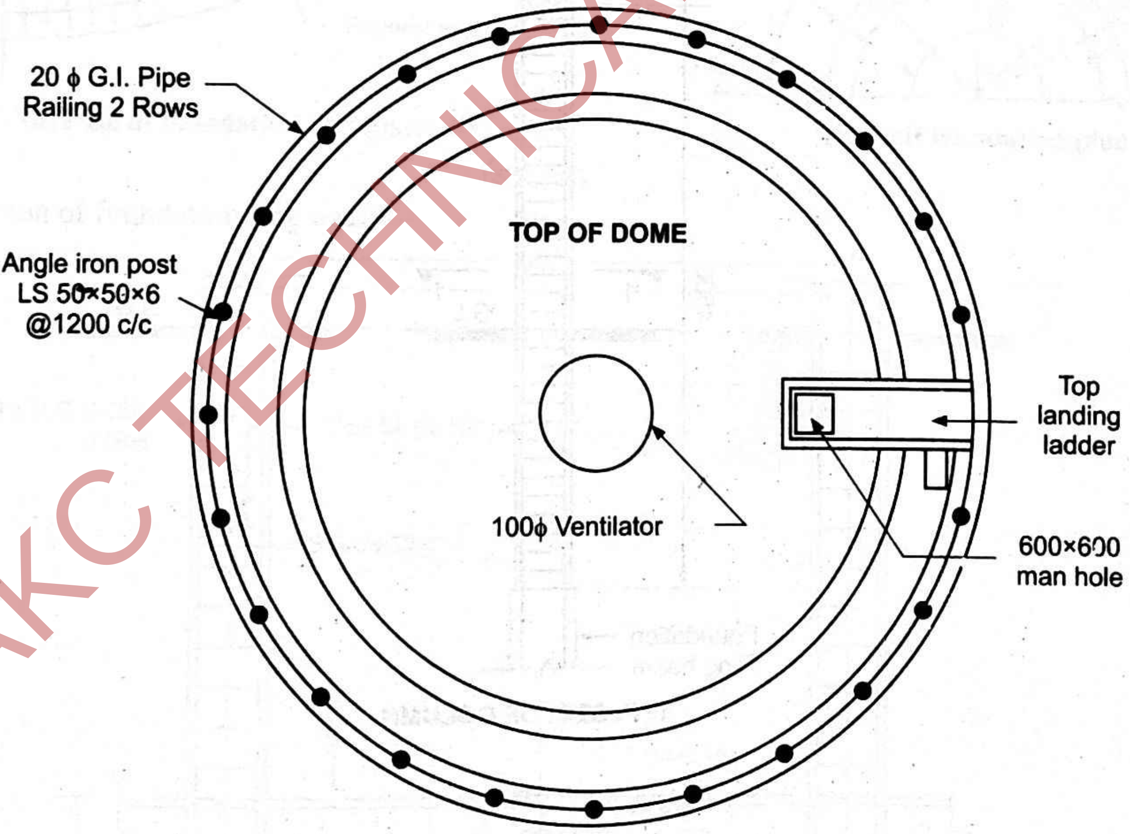
AKC TECHNICAL CLASSES

Notes to be Written on Detailed Working Drawing—

1. All dimensions are in M.M.
2. Only written dimensions should be followed.
3. Concrete mix for foundation is $M15$.
4. Concrete mix for domes, ring beams, top landing and balcony etc. is $M20$ and for columns brace is $M15$.
5. Lap or anchorage length is $52 \times \phi$ for $M20$ concrete.
6. Cover to any bar on water face is 25 M.M. and in other cases 15 MM.
7. Ring beams should be casted monolithically with domes.
8. The flight of stair-case should be in suitable length.
9. Bars diameter of mild steel are shown ϕ and tor steel are $\bar{\phi}$.
10. Prepare a bending schedule and calculate the quantity of steel dia wise.

§ 3.5. जल टंकी के विभिन्न अवयवों का विवरण (Details of Various Components of Water Tank) :

(i) Plan of Top of Dome—

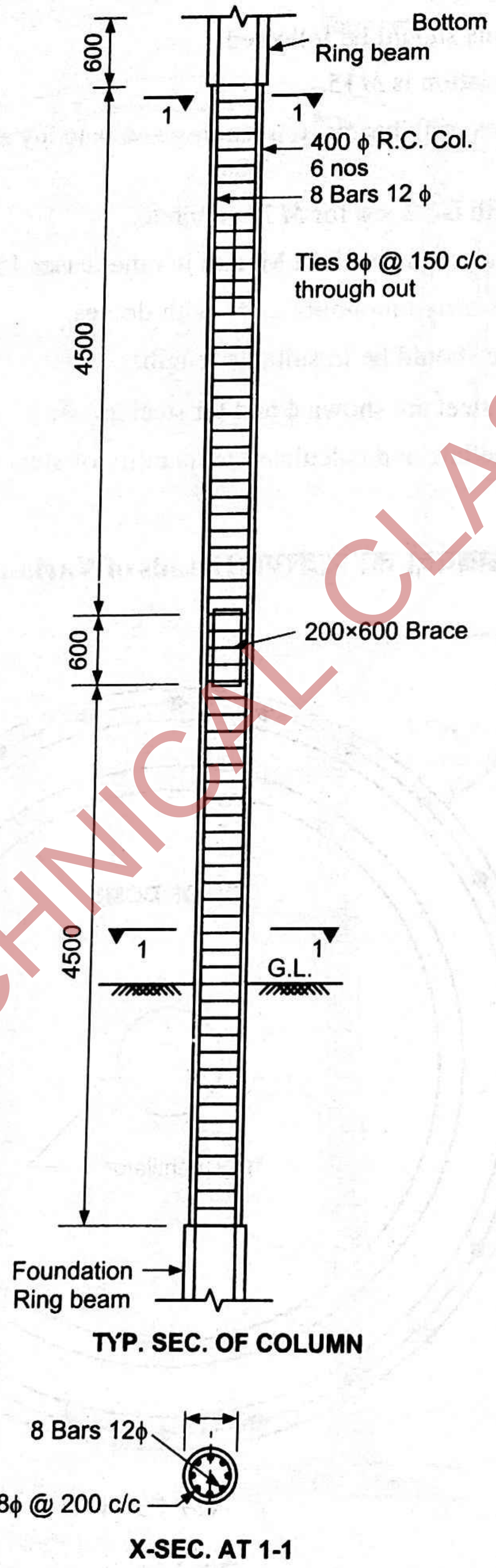


TOP PLAN

चित्र 3.14

AKC TECHNICAL CLASSES

(ii) Typical Section of Column—

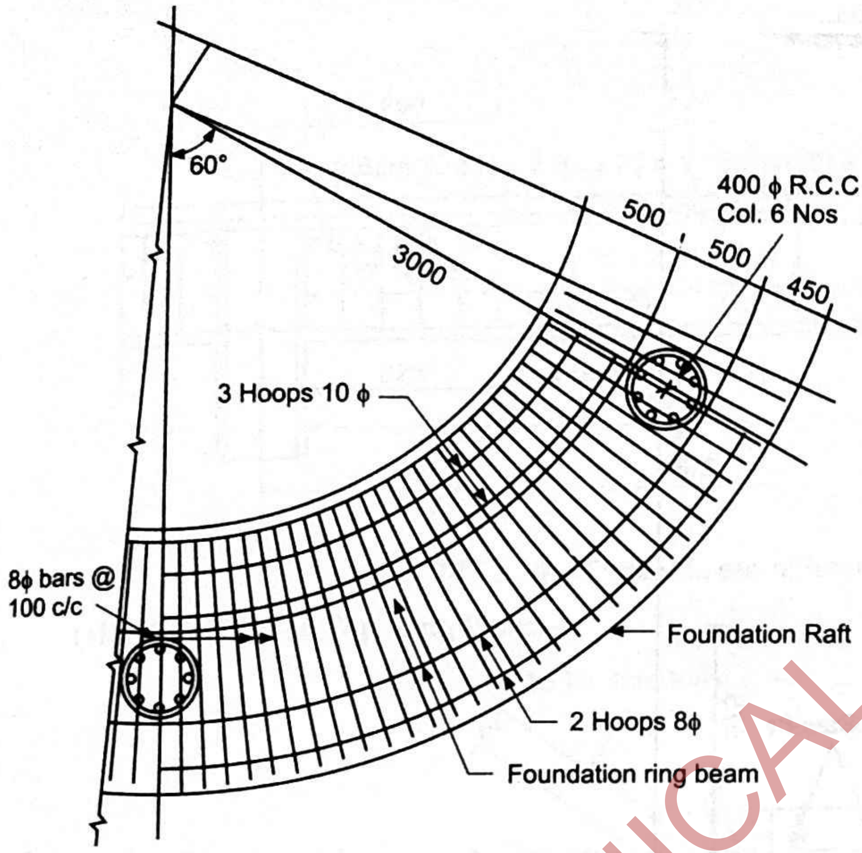


AKC TECHNICAL CLASSES

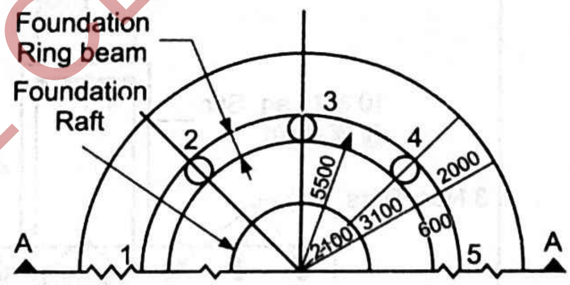
चित्र 3.15

(iii) Foundation—

(a) Plan of Raft (b) Half foundation plan



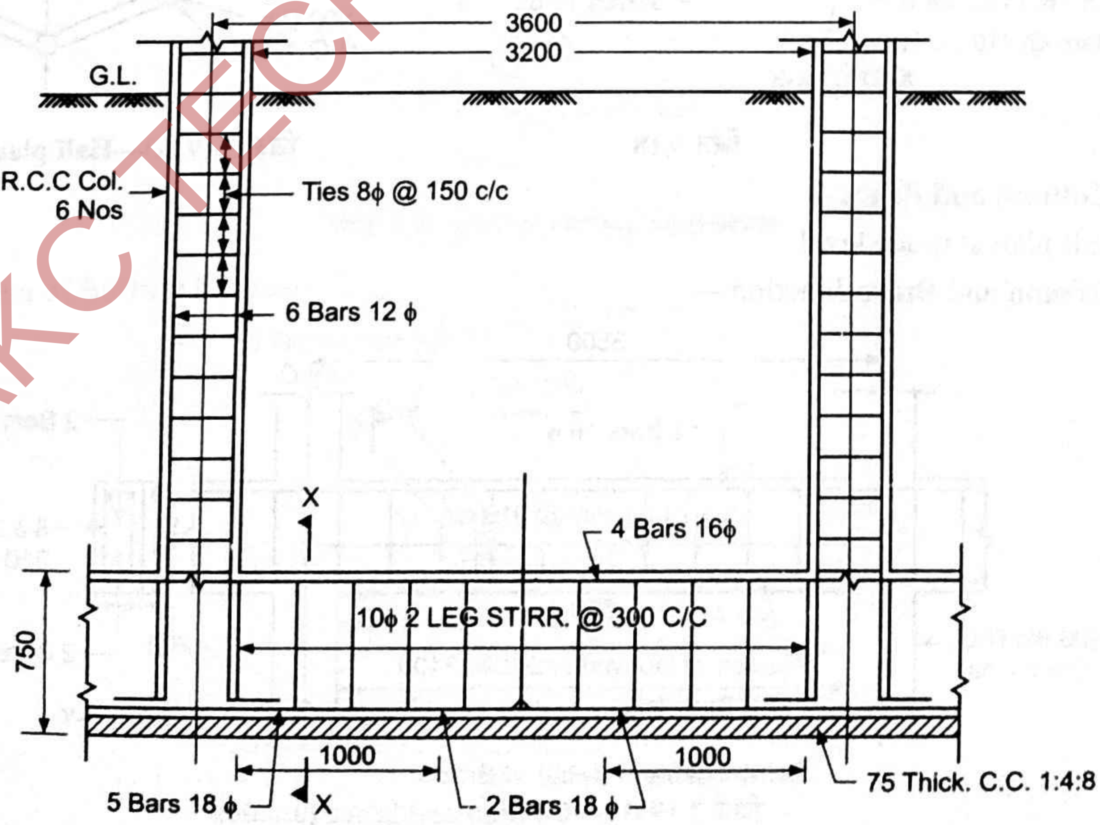
(a) Plan of foundation raft (partially)



(b) Half foundation plan

चित्र 3.16

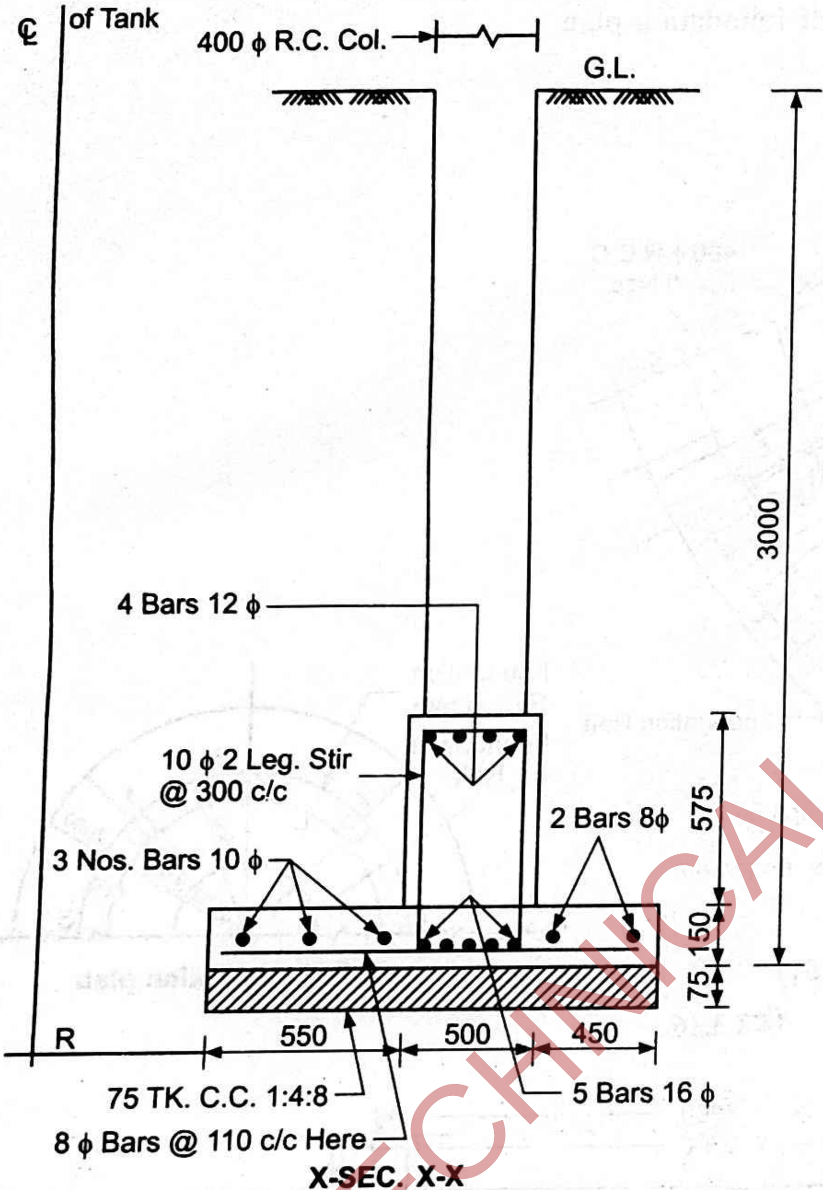
(c) L-section of foundation ring beam—



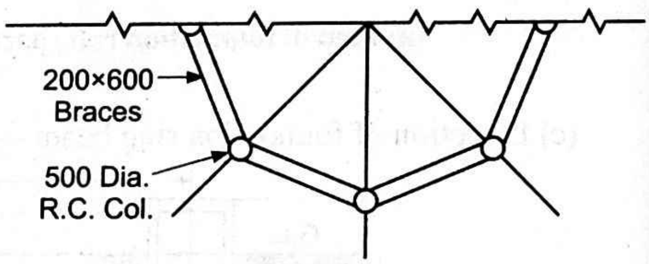
चित्र 3.17—Typical L. sec. of foundation ring beam

AKC TECHNICAL CLASSES

(d)



चित्र 3.18

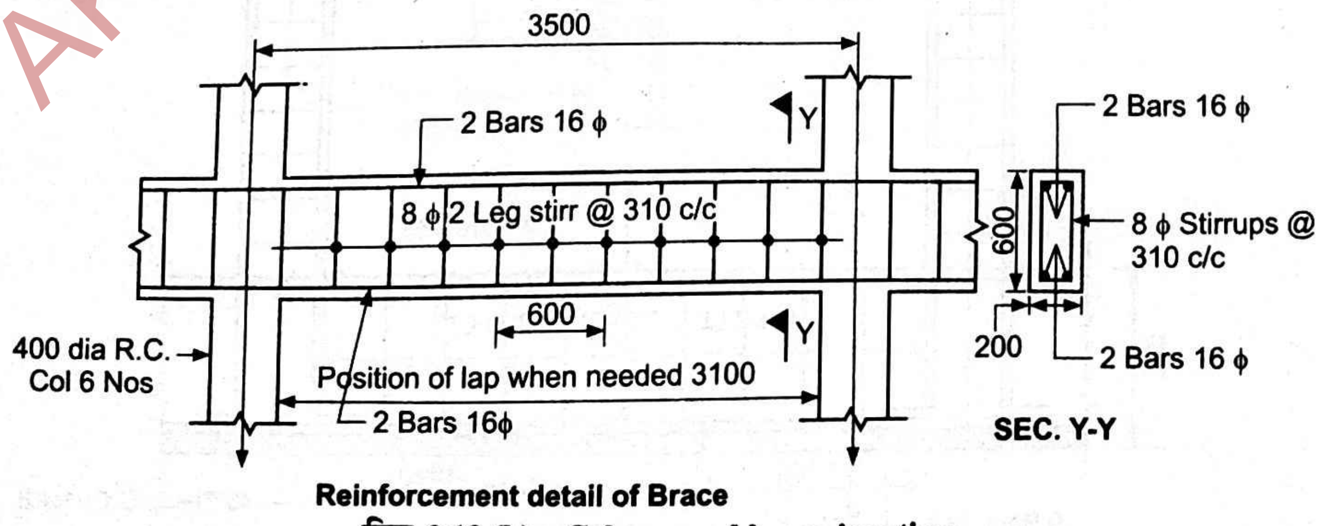


चित्र 3.19 (a)—Half plan at brace level

(iv) Column and Brace—

(a) Half plan at brace level

(b) Column and Brace Junction—

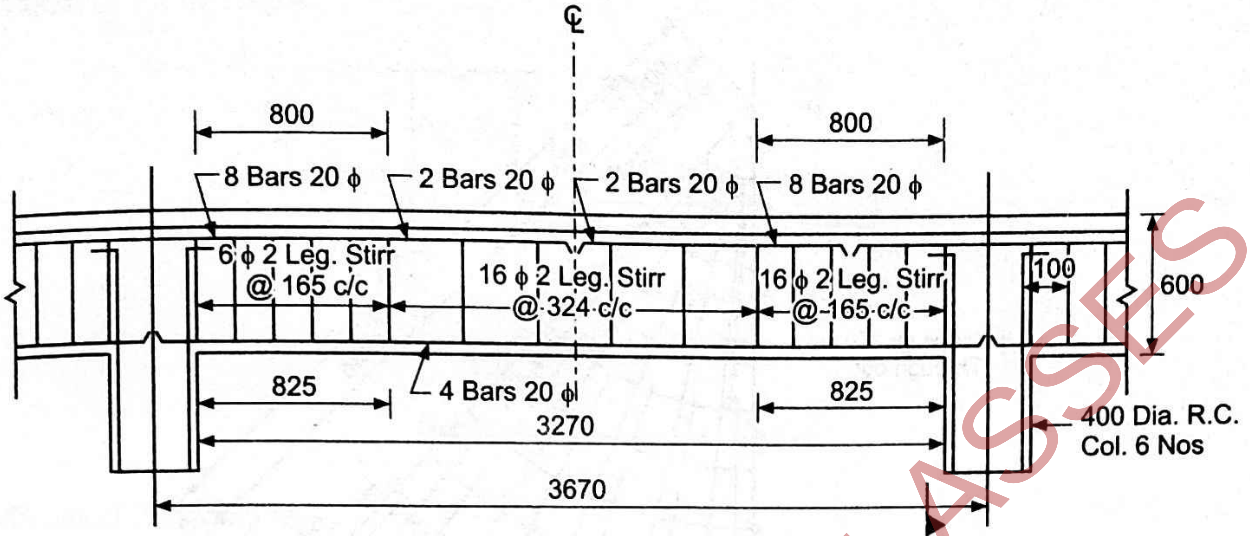


Reinforcement detail of Brace

चित्र 3.19 (b)—Column and brace junction

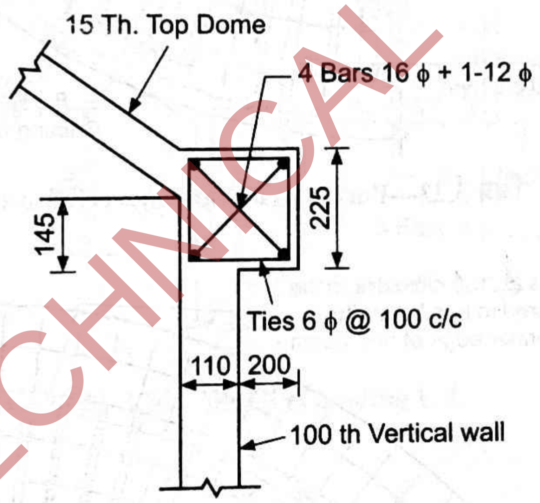
AKC TECHNICAL CLASSES

(v) Section of Bottom Ring Beam—



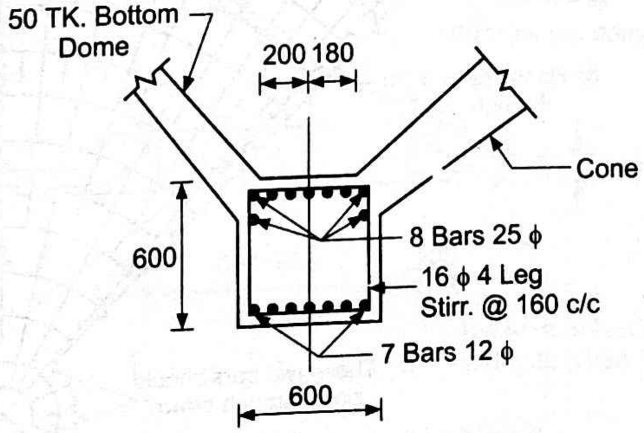
चित्र 3.20—Typical L. sec. of bottom ring beam

(vi) (a) Section of Top Ring Beam—



चित्र 3.21—Details of top ring beam

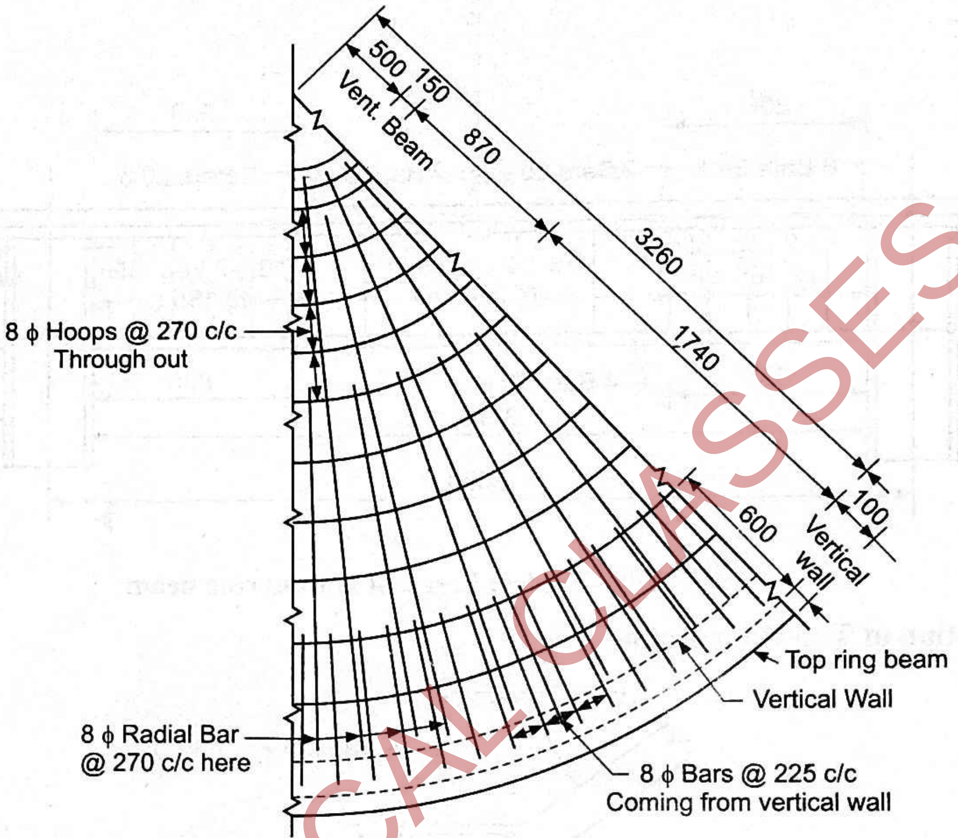
(b) Section of Bottom Beam—



चित्र 3.22

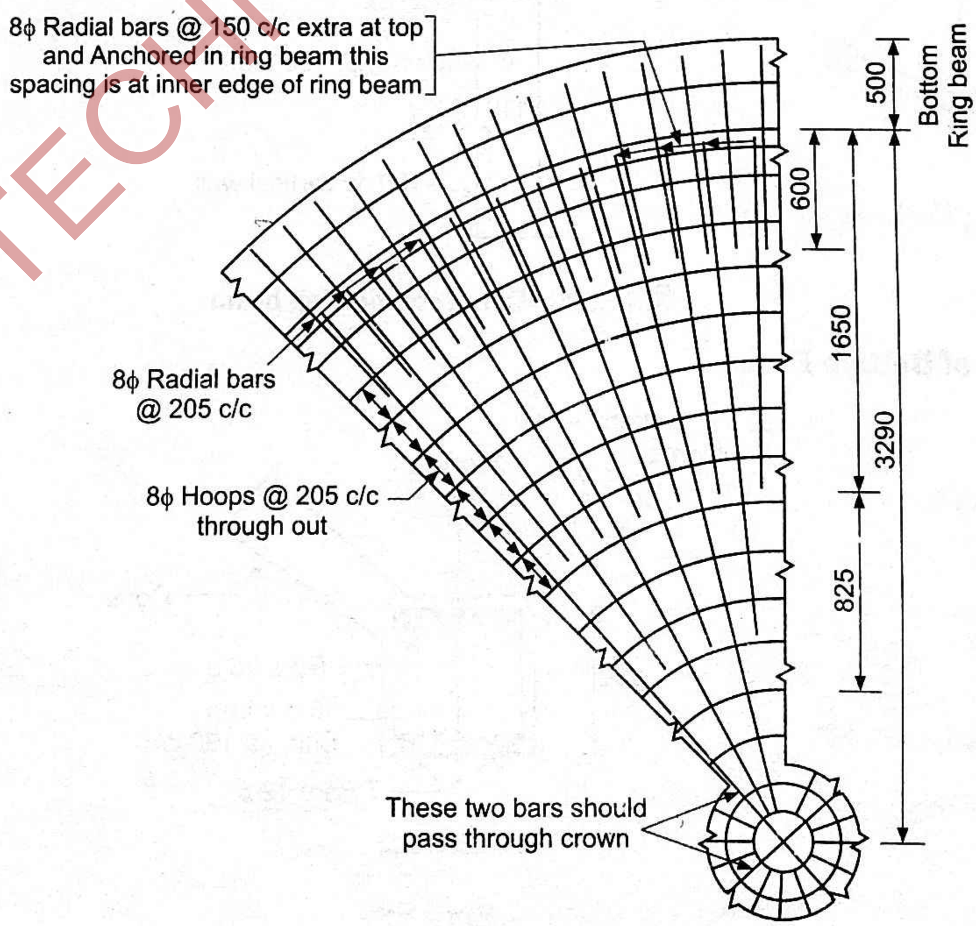
(vii) Domes Reinforcement—

(a) Plan of Top Dome—



चित्र 3.23—Part plan of top dome reinforcement

(b) Plan of Bottom Dome—

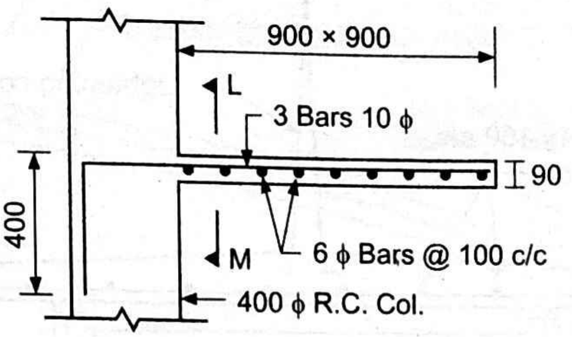


चित्र 3.24—Part plan of bottom dome reinforcement

AKC TECHNICAL CLASSES

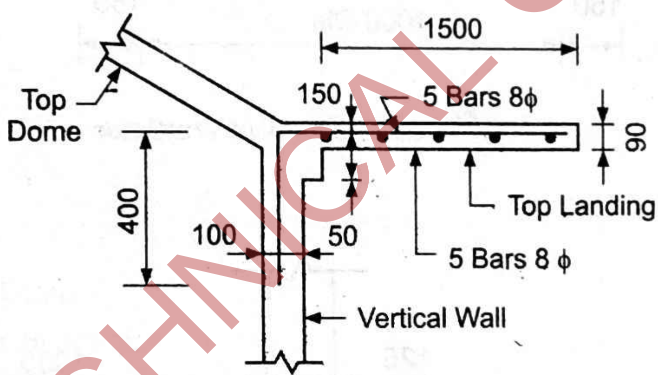
(viii) Details of other Components—

(a) Detail of 1st landing—



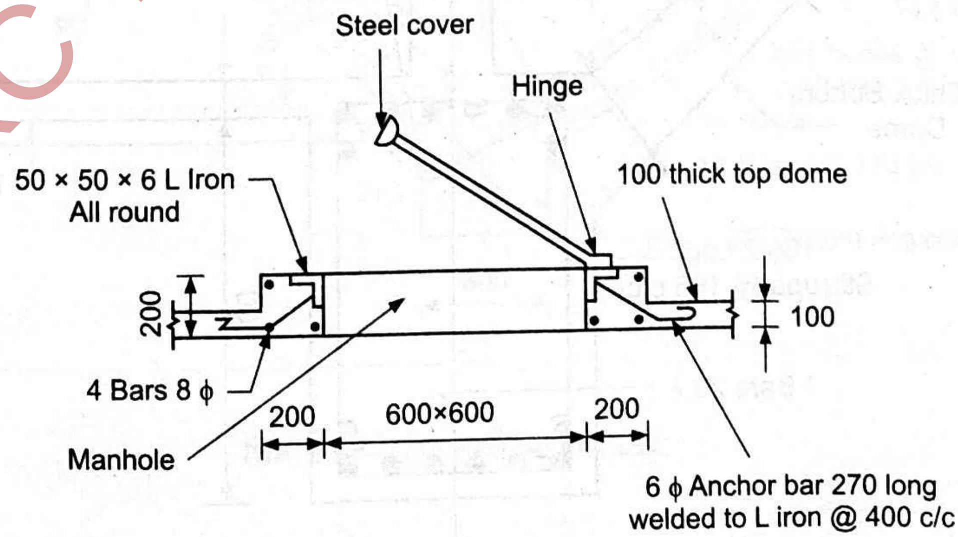
चित्र 3.25—Detail of landing L-1

(b) Detail of 2nd landing—



चित्र 3.26—Detail of landing L-2

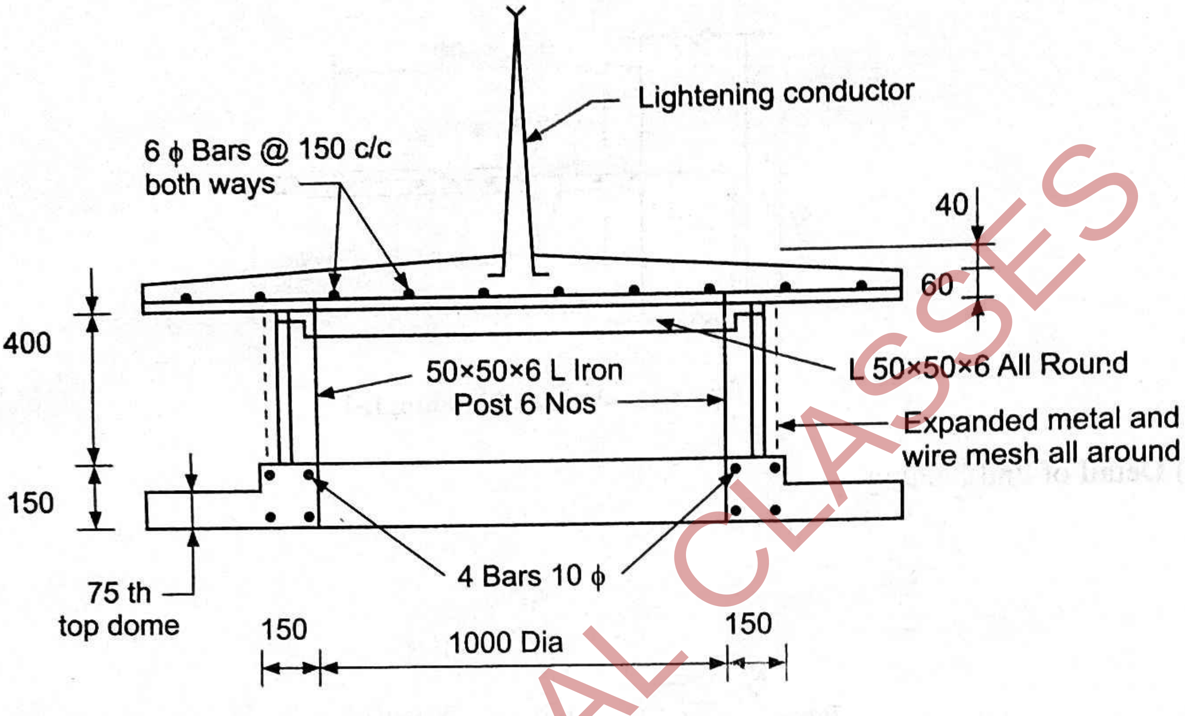
(c) Detail of man-hole—



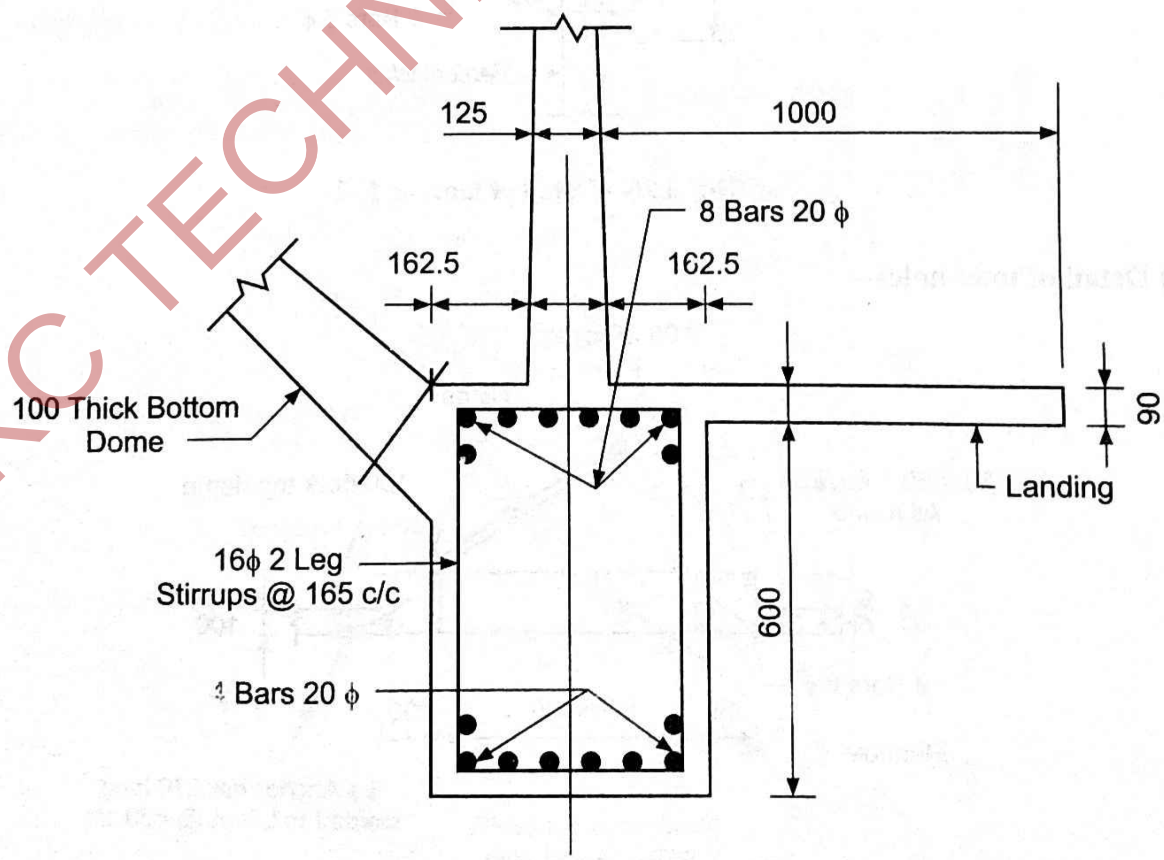
चित्र 3.27—Detail of man-hole cover

AKC TECHNICAL CLASSES

(d) Detail of Ventilator—



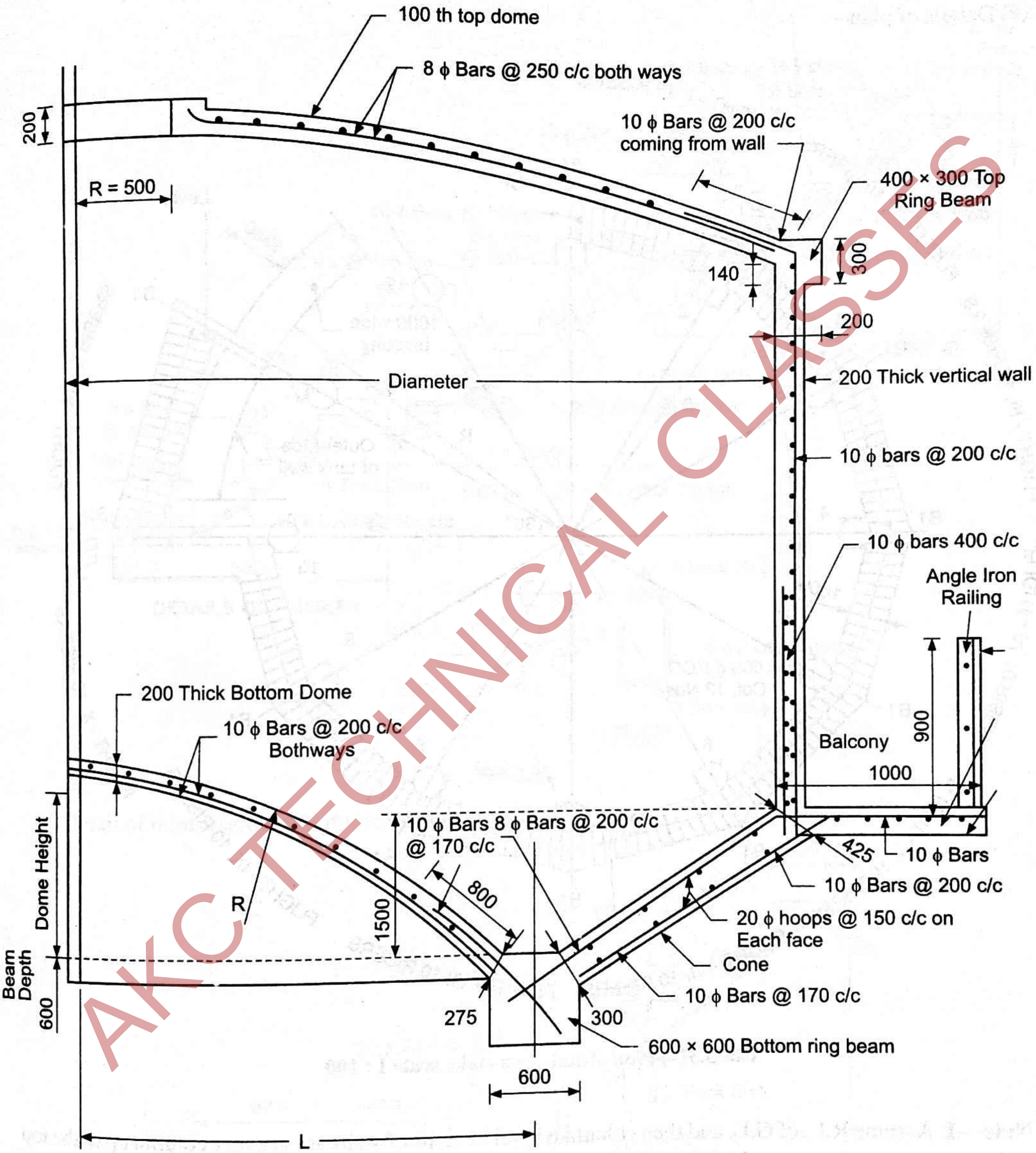
चित्र 3.28—Detail of ventilator



चित्र 3.29

AKC TECHNICAL CLASSES

(ix) Typical Section of Tank—

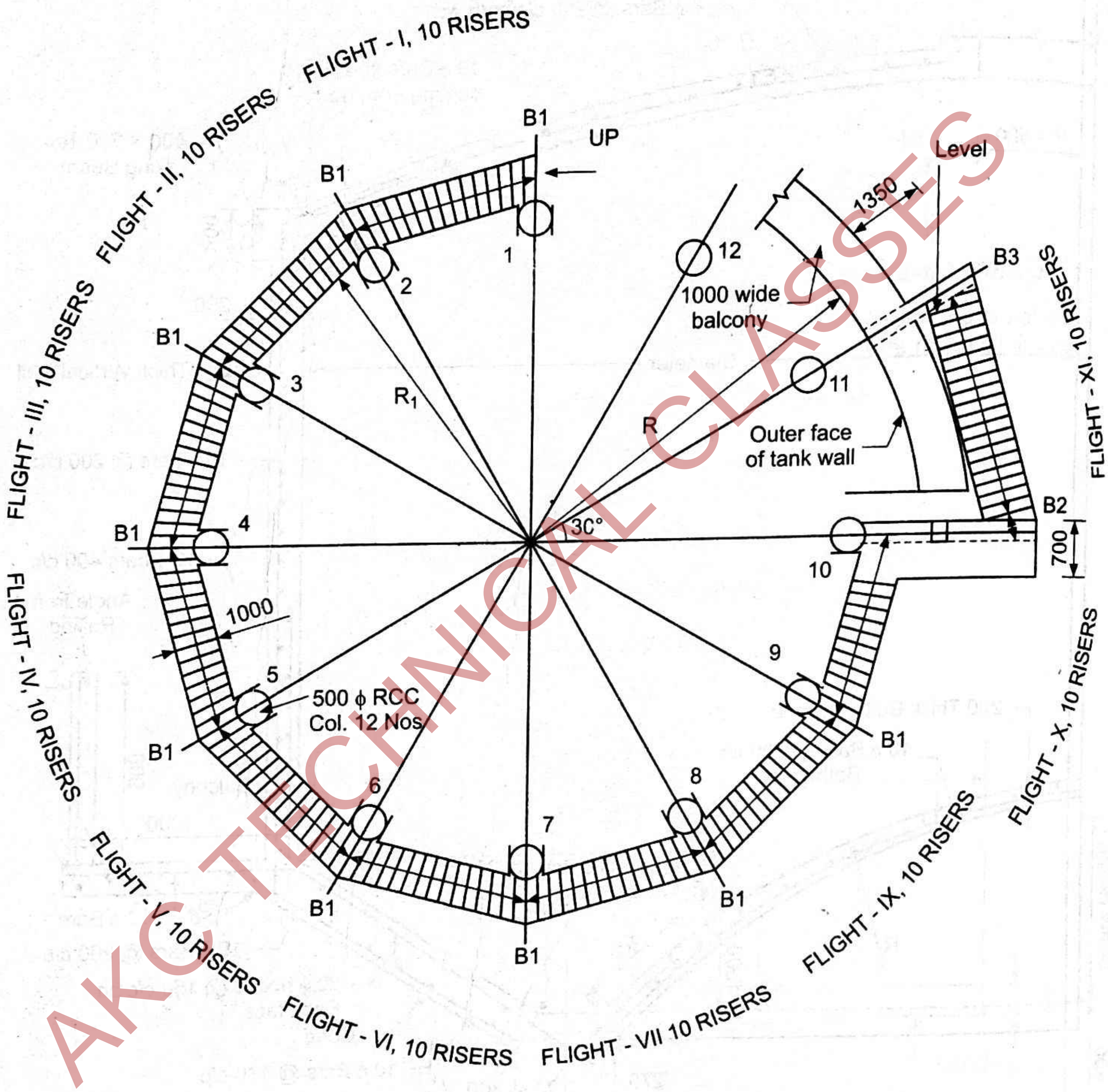


AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 3.30—Half Section of Tank

(x) Staircase—

(a) Details of plan—



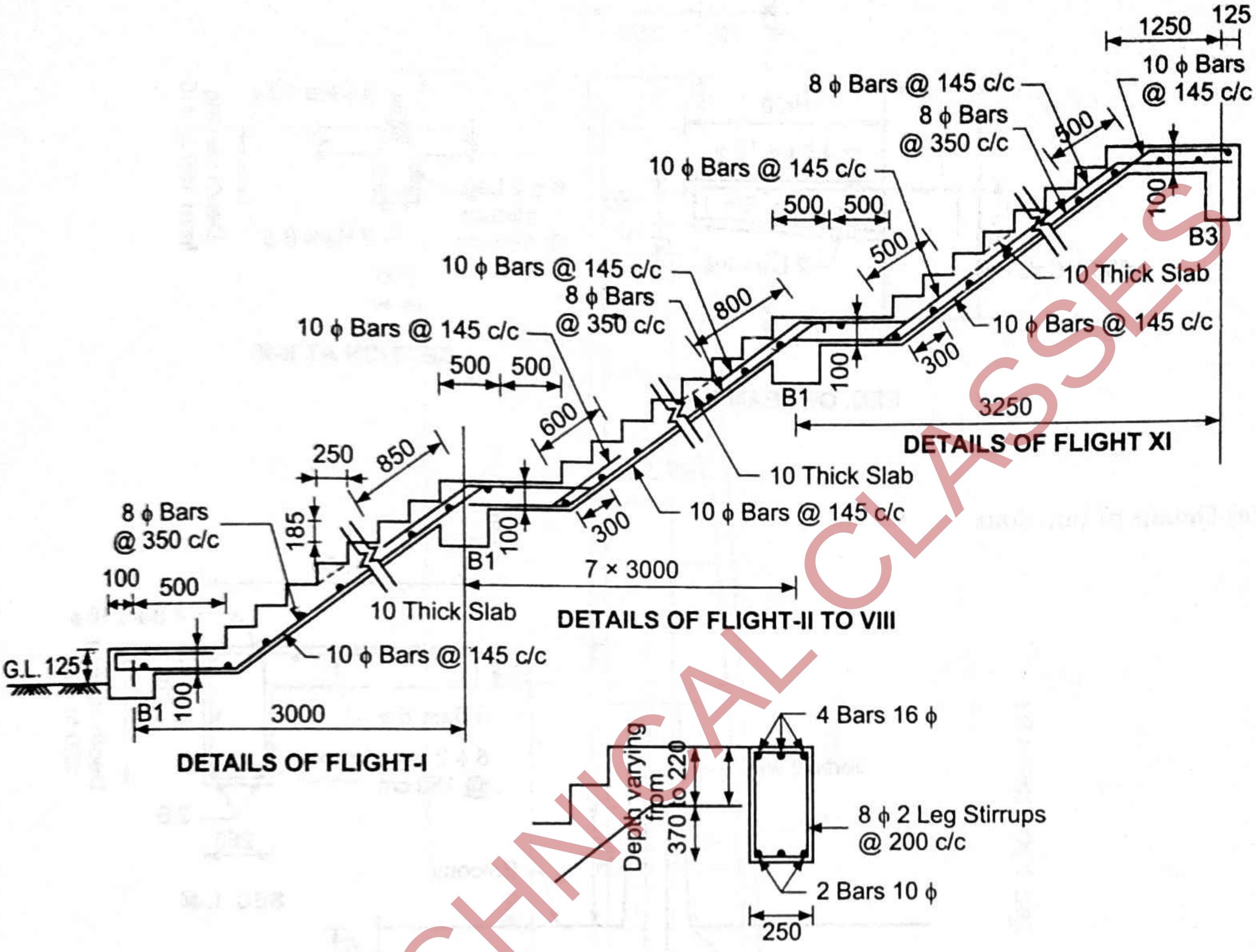
AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 3.31—Plan of stair case–take scale 1 : 100

Note—1. Assume R.L. of G.L. and then calculate level of steps of staircase at every column up to the top beam.

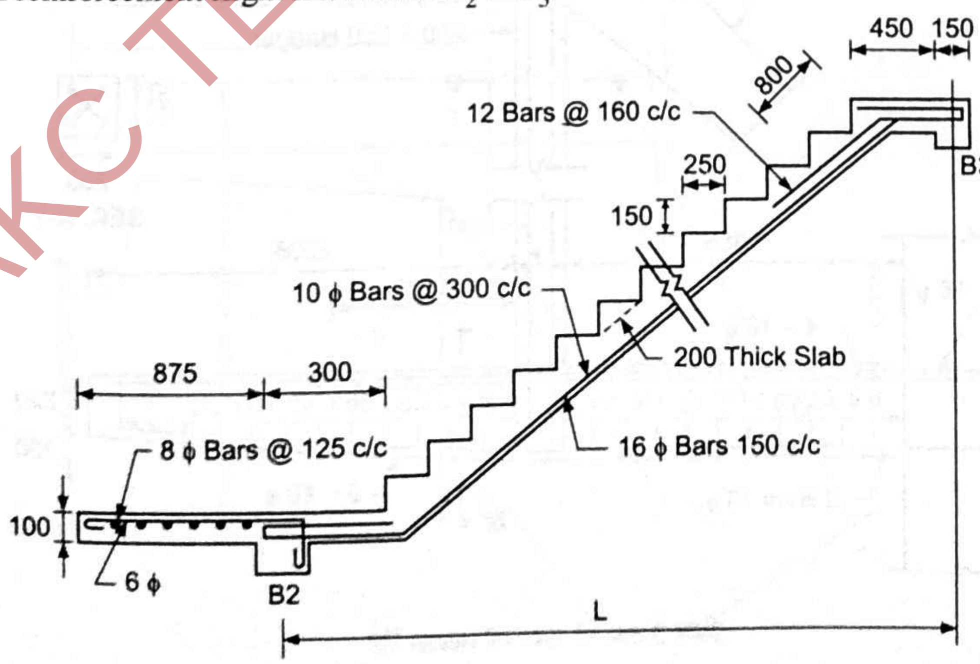
2. Nos of flights are from column to column.

(b) Detail of reinforcement in flight from G.L. beam B_1 to top beam B_3.



चित्र 3.32

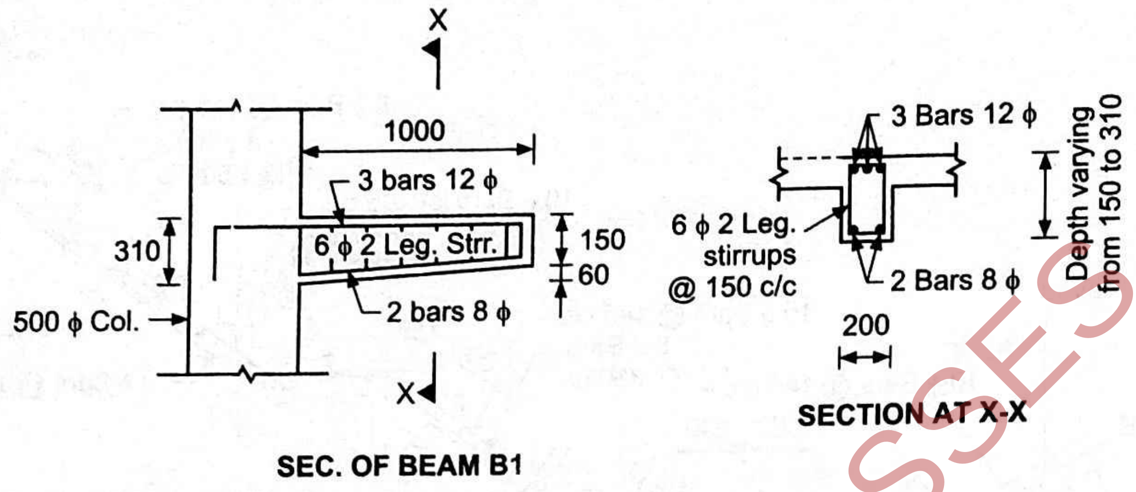
(c) Detail of reinforcement flight from beam B_2 to B_3



चित्र 3.33—Typical details of flight B_2 to B_3

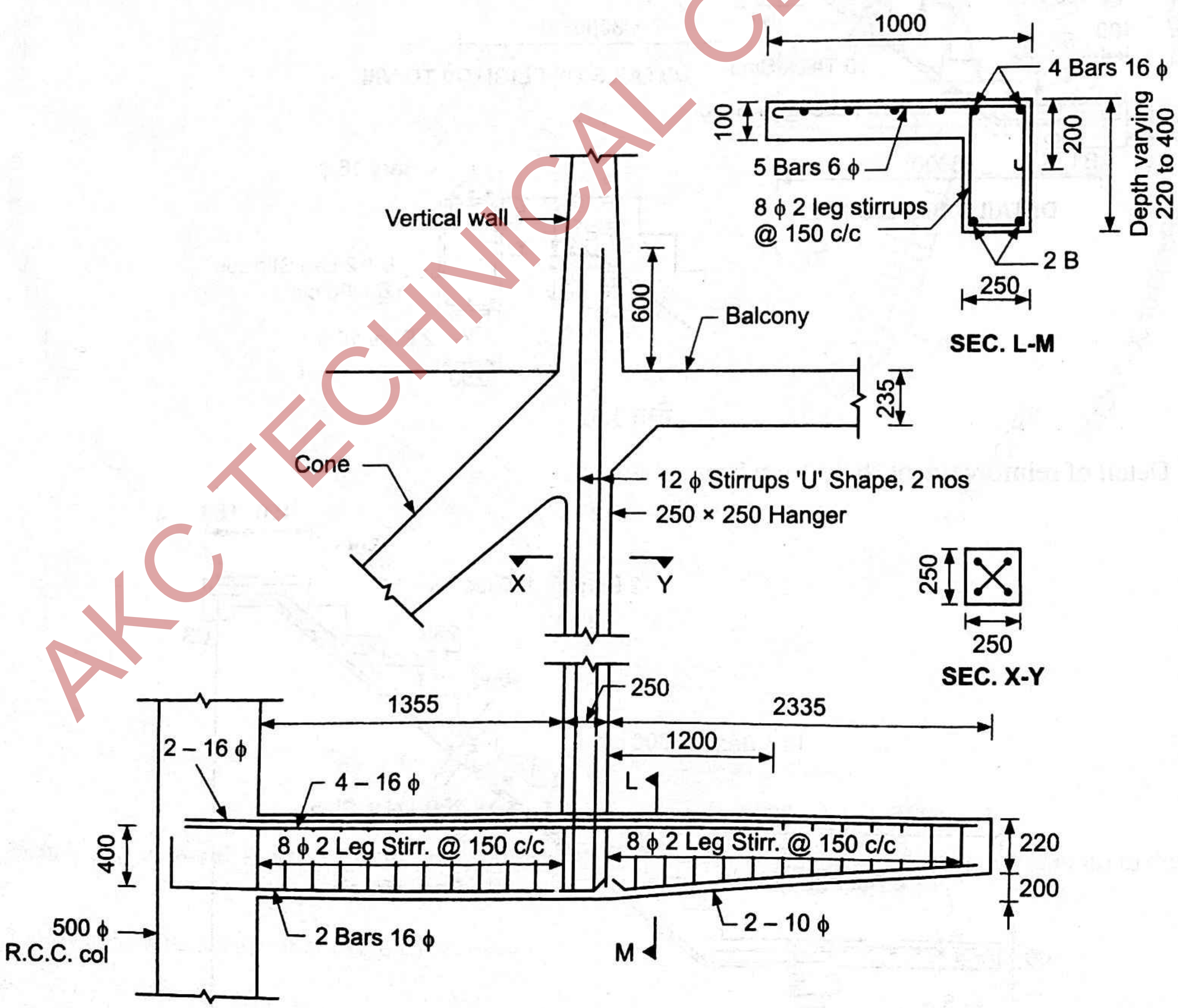
AKC TECHNICAL CLASSES

(d)



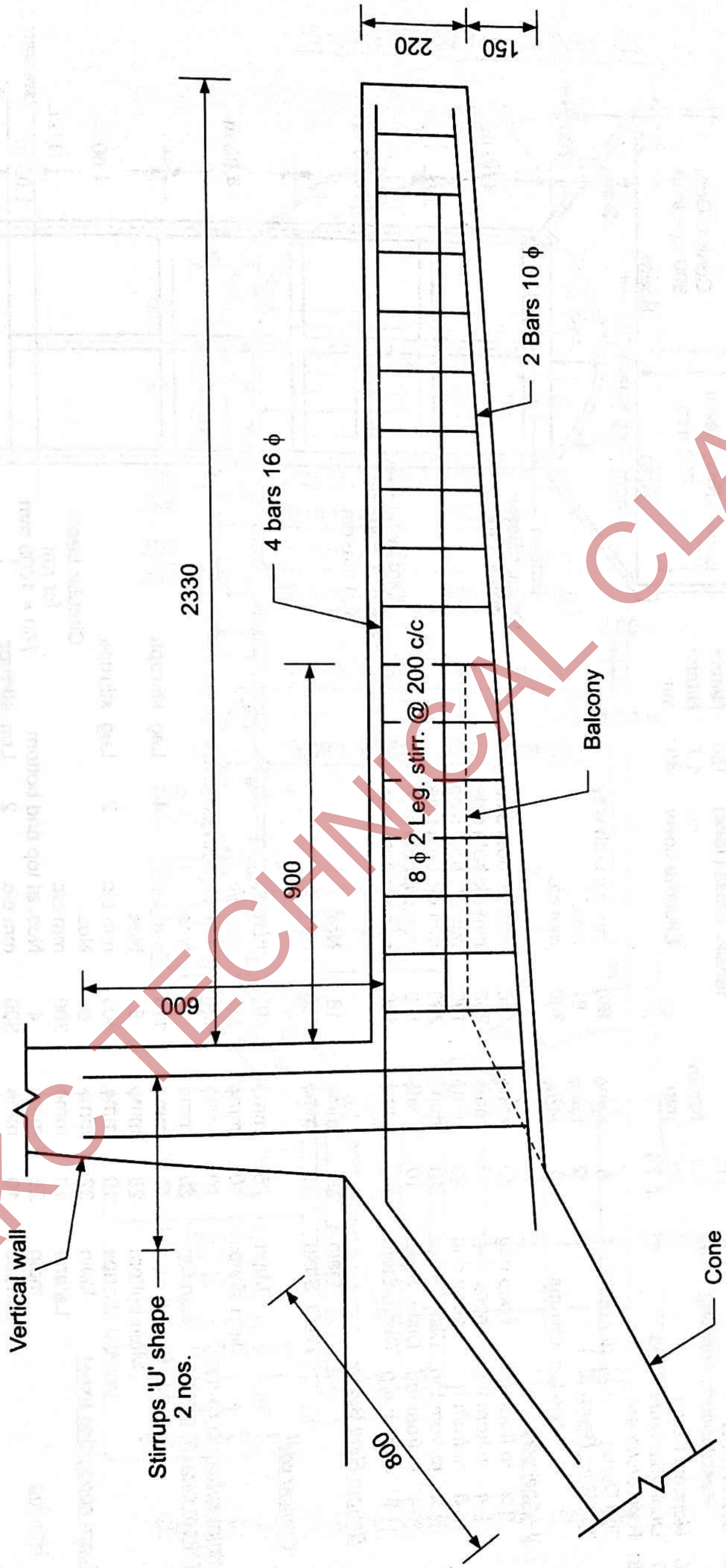
चित्र 3.34

(e) Details of junctions



चित्र 3.35—L-sec of beam B2

AKC TECHNICAL CLASSES



चित्र 3.36—Beam B3

AKC TECHNICAL CLASSES

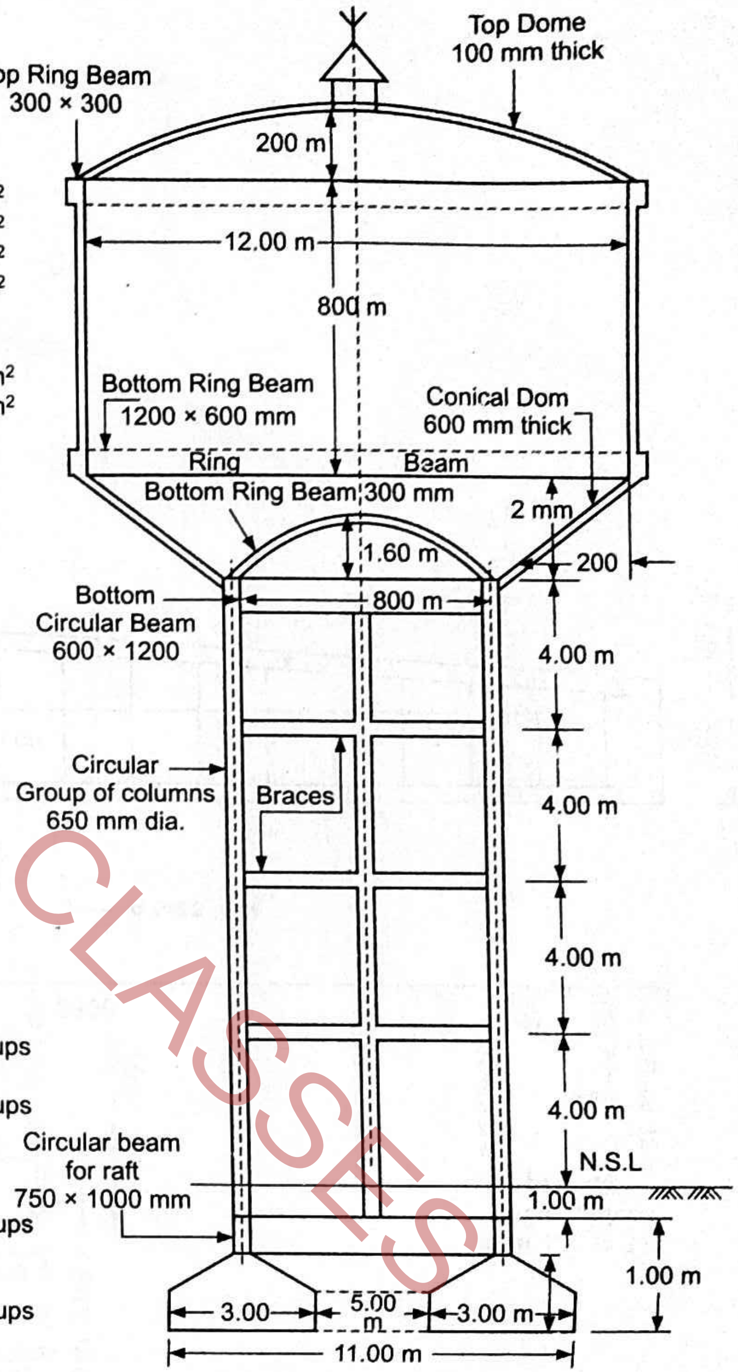
EXERCISE—

DESIGN OF INTZE WATER TANK

Name of work:

No.	Item		Value	Unit	Item	Value	Unit
1	Tank capacity		1000000	Ltr.	1000 m^3		
2	Height of tower from G.L.		16.00	mtr	Foundation from G.L.	1.00	mtr
3	Live load on Dome		1.50	kN/m^2	Finishes load	0.1	kN/m^2
3	Intensity of wind		1.50	kN/m^2	wt of water	10	kN/m^2
4	Number of columns		8	No.	Bearing capacity of earth	250	kN/m^2
4	Concrete	M	20		unit weight	24	kN/m^2
		σ_{cc}	5	N/mm^2	m	13	
		σ_{cb}	7	N/mm^2	Q	0.897	
5	Steel HYSD	fy	415		Tensile stress (Tank)	150	N/mm^2
	Resistance to cracking	σ_{ct}	1.2	N/mm^2	σ_{cb}	1.7	N/mm^2
6	Nominal Cover		25	mm	Effective cover	40	mm
7	Depth/diameter Ratio	1:	0.75				
8	Reinforcement						

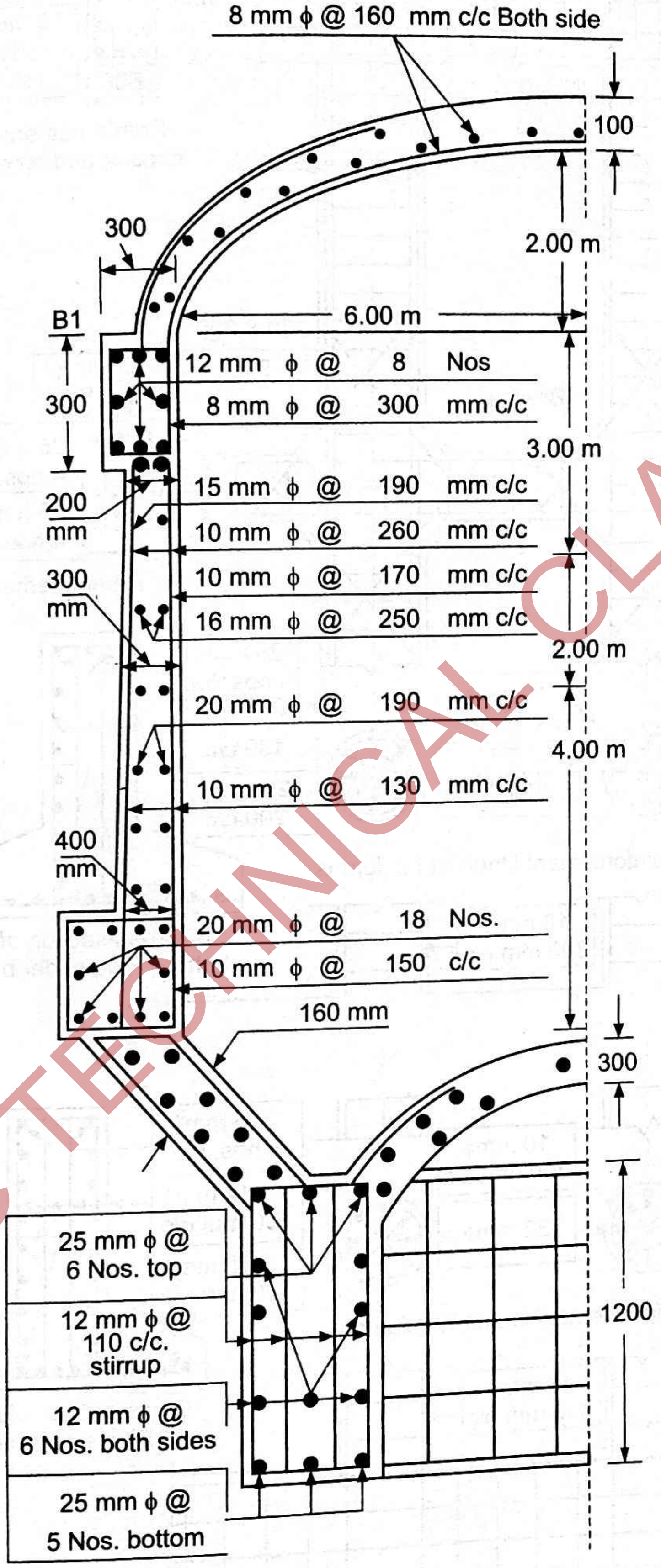
Member	Detail	Dia		Spacing/No.	Unit		
Top Dome (main/distri.)		8	mmϕ	160	mm c/c both way		
Top Ring Beam (B$_1$)		12	mmϕ	8	Nos.		
	two leg. stirrups	8	mmϕ	300	mm c/c		
Vertical wall							
2 m from top	hoop ring	10	mmϕ	190	mm c/c both side		
4 m from top	hoop ring	16	mmϕ	250	mm c/c both side		
8 m from top	hoop ring	20	mmϕ	190	mm c/c both side		
2 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	260	mm c/c both side		
4 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	170	mm c/c both side		
8 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	130	mm c/c both side		
Bottom Ring Beam	Main	20	mmϕ	18	Nos.		
	Distri. Steel	10	mmϕ	150	mm c/c		
Conical wall	Main	25	mmϕ	190	mm c/c		
	Distri. Steel	10	mmϕ	130	mm c/c		
Bottom spherical Dome		10	mmϕ	120	mm c/c both side		
Bottom circular girder	Main top	25	mmϕ	6	Nos.		
	Vertical stirrups	12	mmϕ	110	mm c/c	4	Leg. stirrups
	Main bottom	25	mmϕ	5	Nos.		
	Vertical stirrups	10	mmϕ	300	mm c/c	2	Leg. stirrups
Column supporting tower	Main	32	mmϕ	8	Nos.		
	Lateral	10	mmϕ	300	mm c/c		
Bracing	main	25	mmϕ	4	Nos. at top and bottom		
	Stirrups	10	mmϕ	300	mm c/c	2	Leg. stirrups
Circular beam for Raft	bottom	25	mmϕ	6	Nos.		
	top	25	mmϕ	3	Nos.		
	Stirrups	12	mmϕ	130	mm c/c	4	Leg. stirrups
Raft Foundation slab	main	25	mmϕ	200	mm c/c		
	Distribution	12	mmϕ	180	mm c/c		



चित्र 3.37(a)

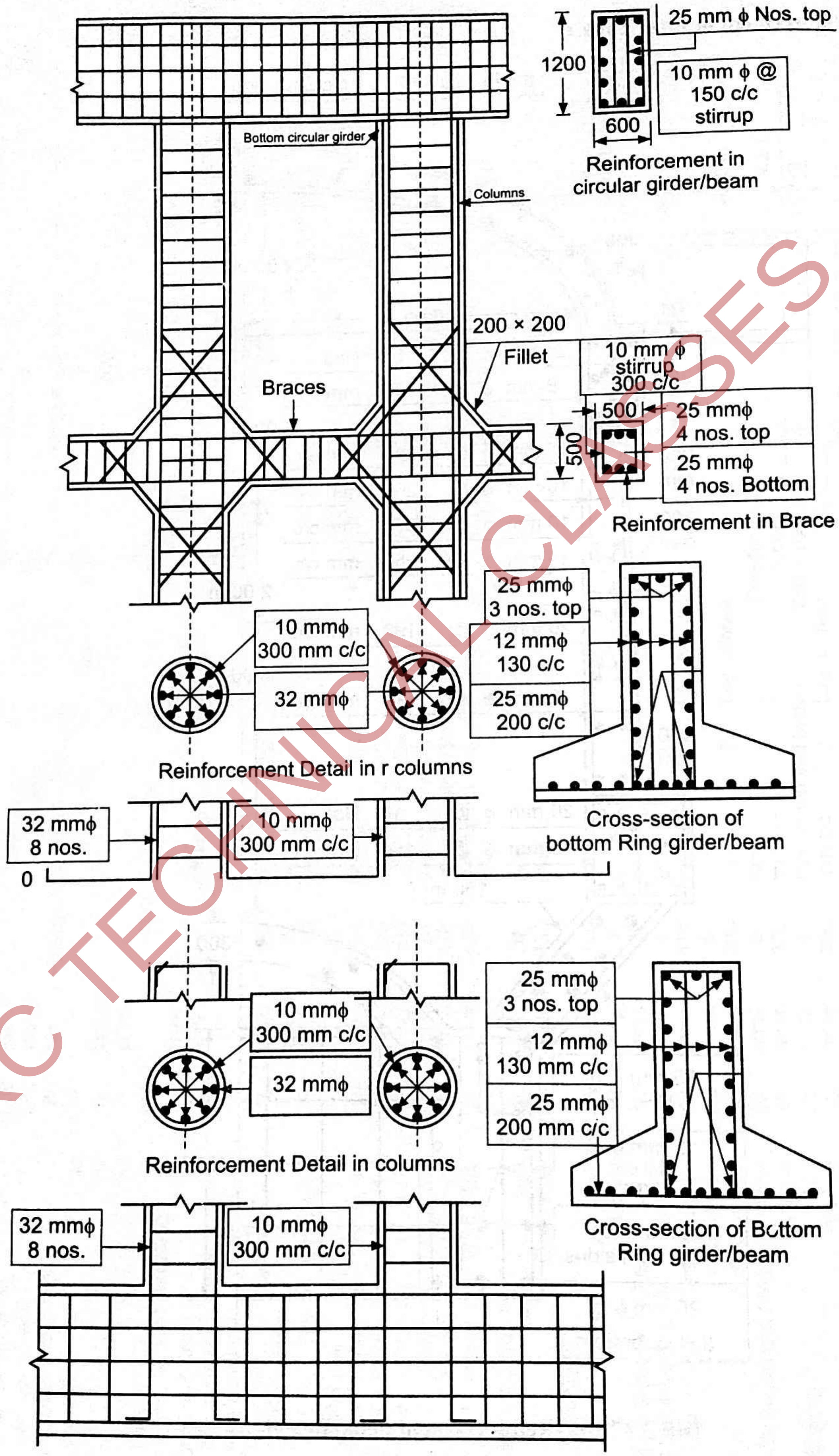
AKC TECHNICAL CLASSES

Details of Reinforcement in Intze Tank :



चित्र 3.37(b)—Reinforcement detail intze tank

AKC TECHNICAL CLASSES



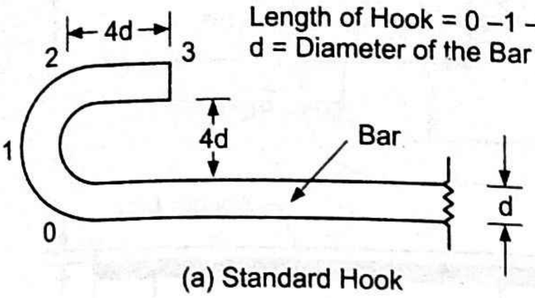
AKC TECHNICAL CLASSES

चित्र 3.38—Reinforcement detail in circular beam and raft foundation slab.

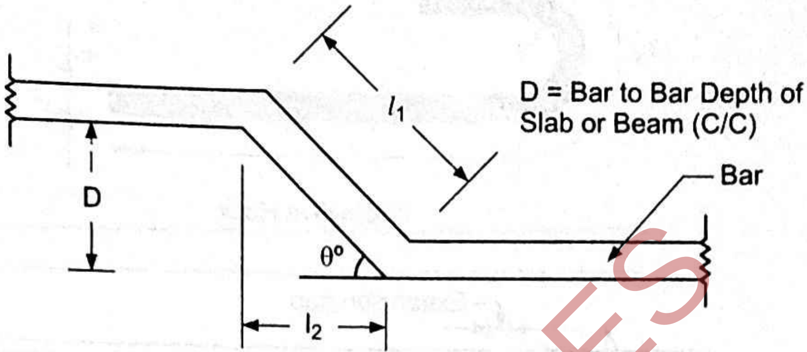
R.C.C. DRAWING

AKC TECHNICAL CLASSES

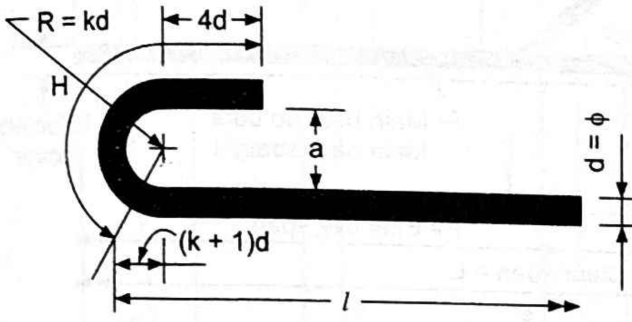
I. General Instruction and Rules, Drawing 1-lap, Joint, Development Drawing: Length, Rings, Hook etc.



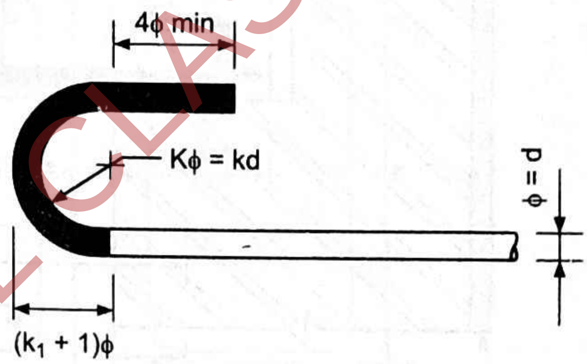
(a) Standard Hook



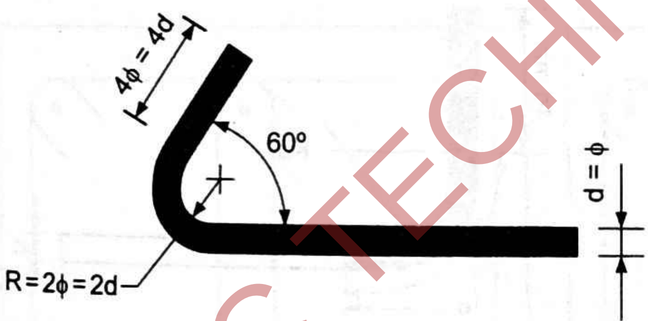
(b) Bent-up Bar



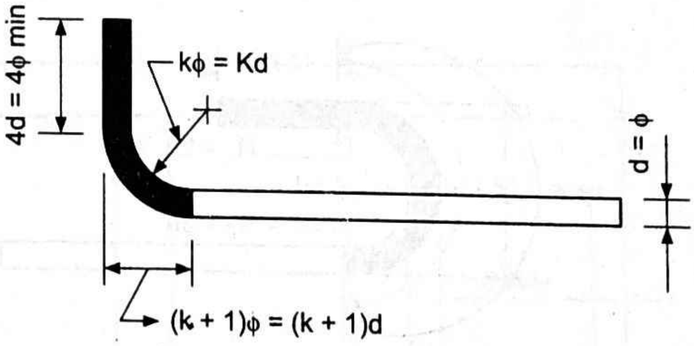
U-Shaped Hook



Standard Hook



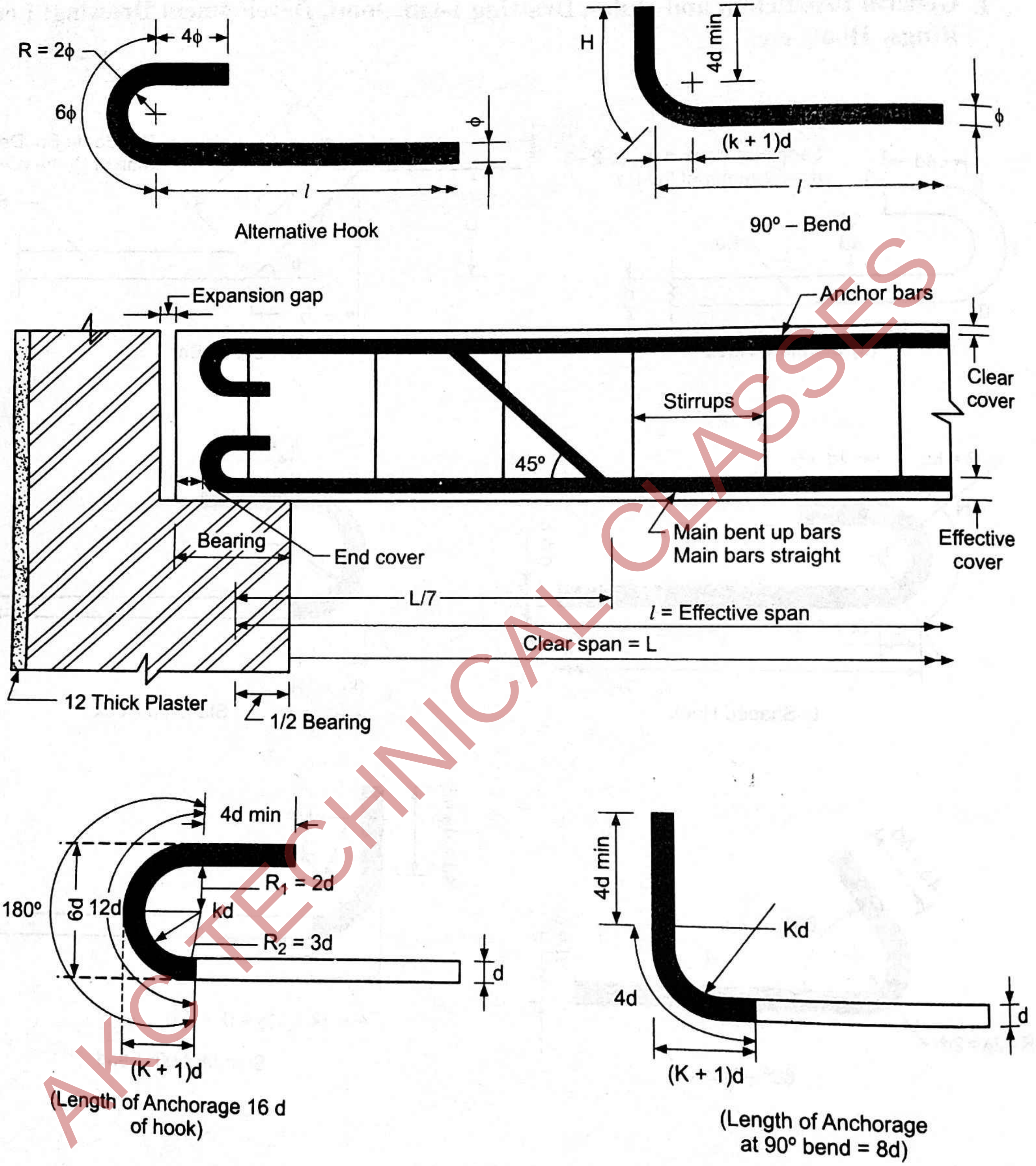
60° – Hook



Standard 90° Bend

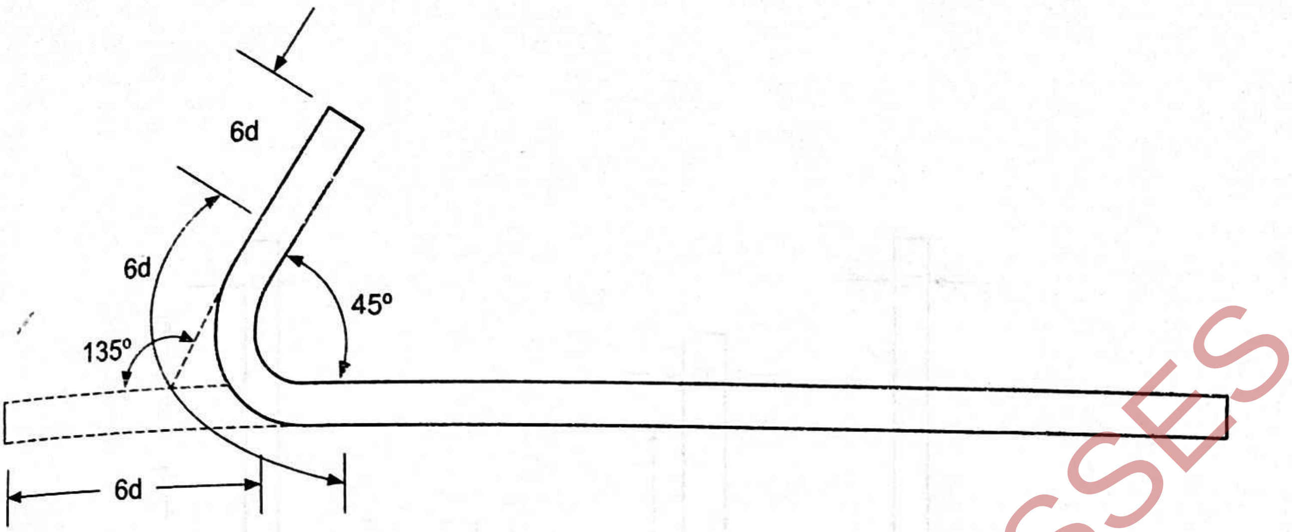
DRG No. 1.1

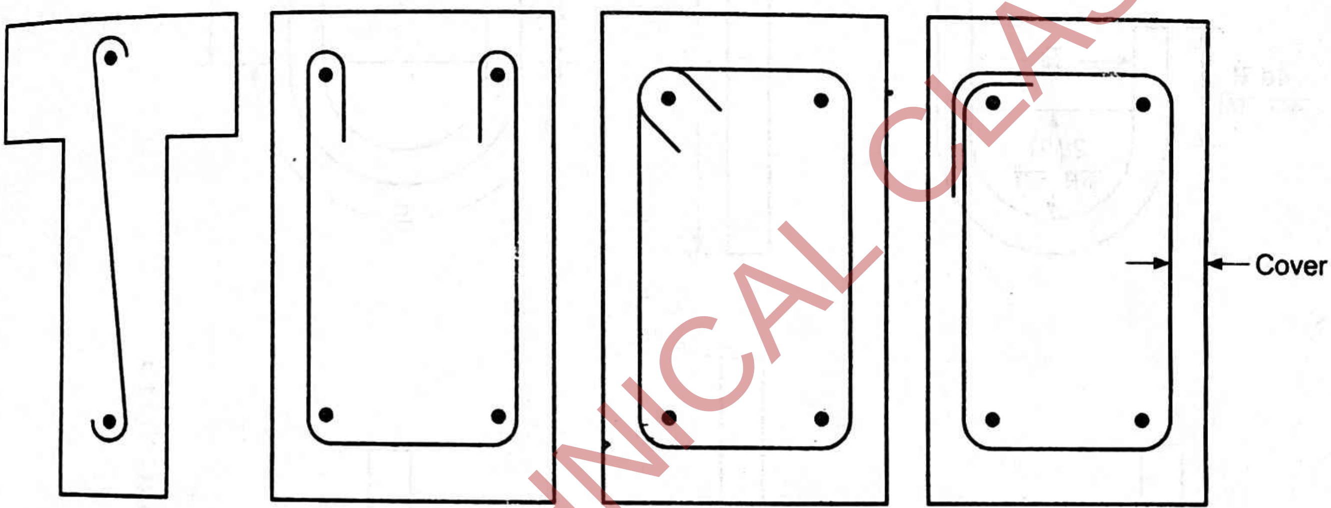
AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 1.2

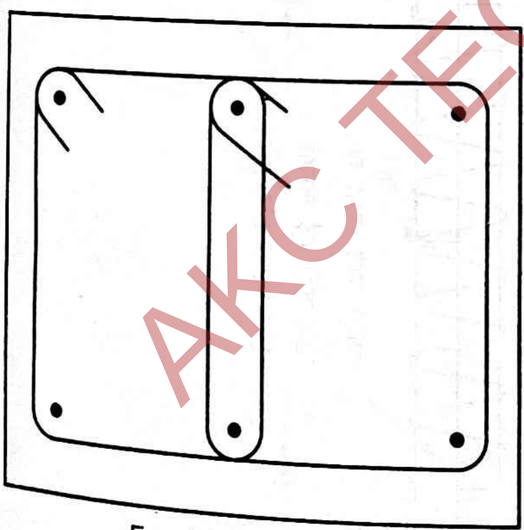
AKG TECHNICAL CLASSES



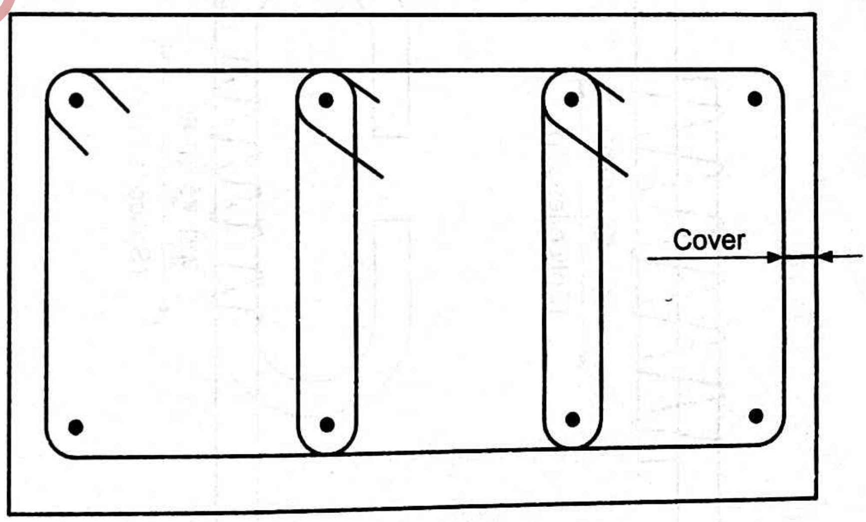


Single Legged Stirrup

Two Legged Stirrups



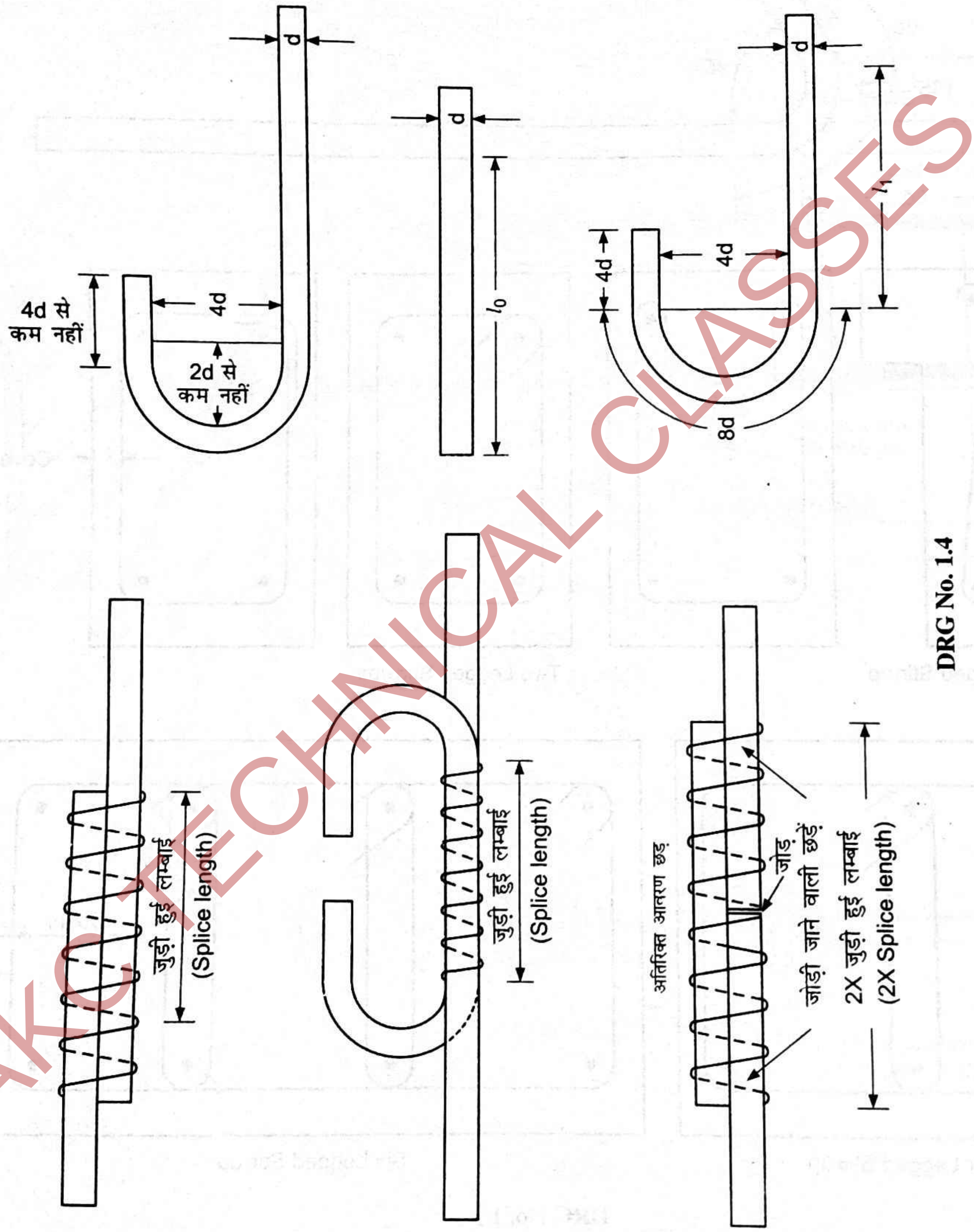
Four Legged Stirrup



Six Legged Stirrup

DRG No. 1.3

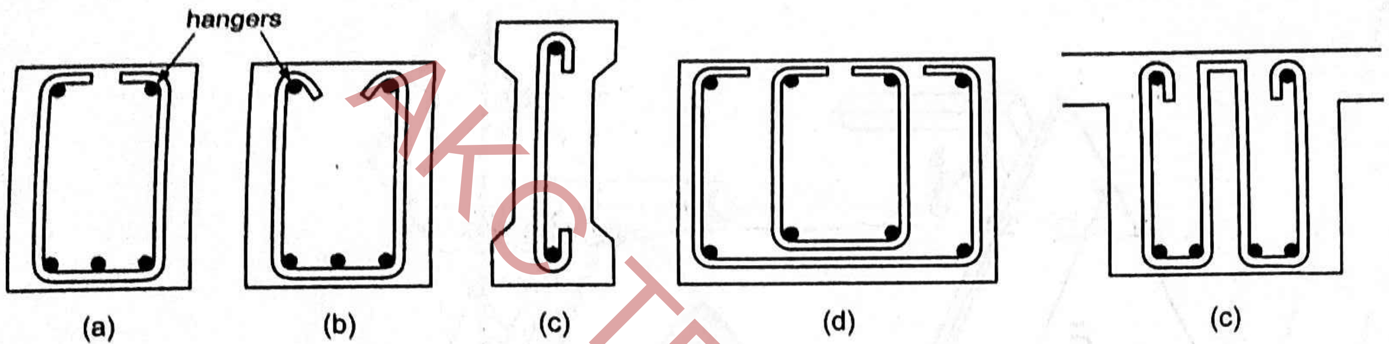
AKC TECHNICAL CLASSES



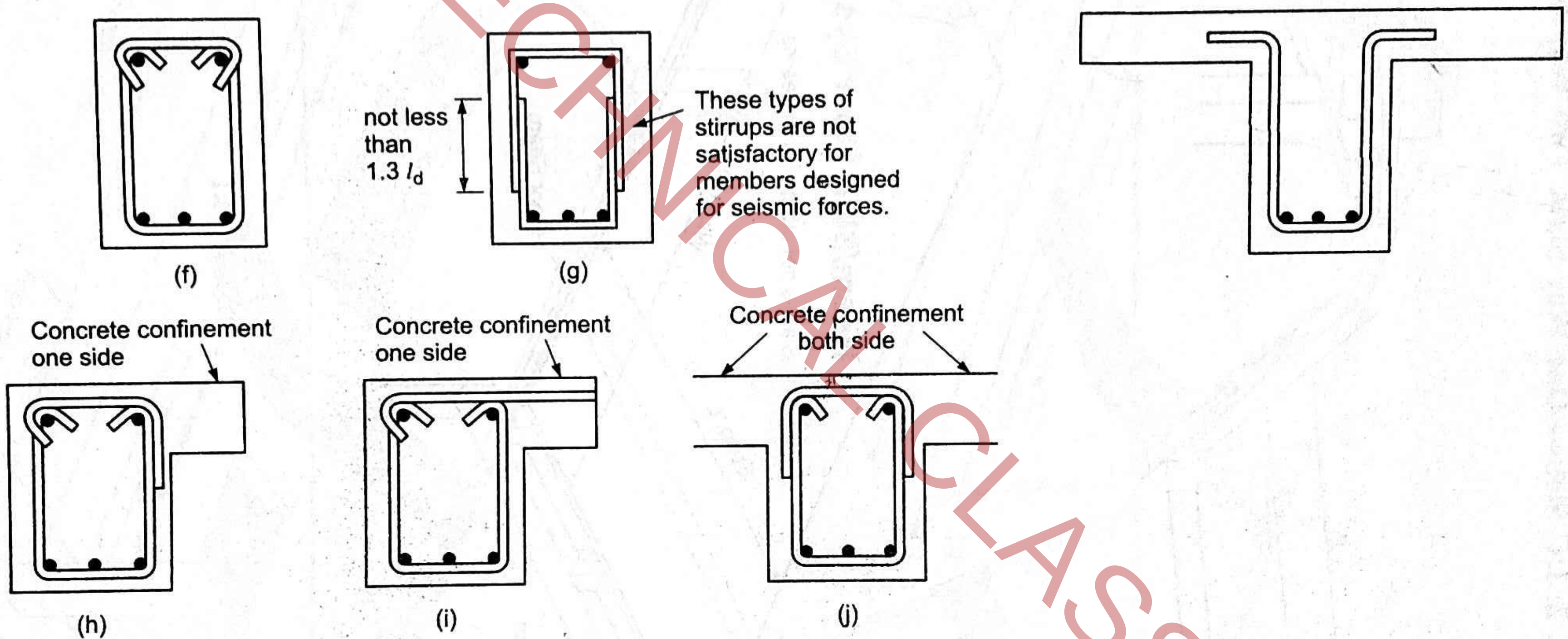
DRG No. 1.4

AKC TECHNICAL CLASSES

A. Open stirrups for beams with negligible torsion

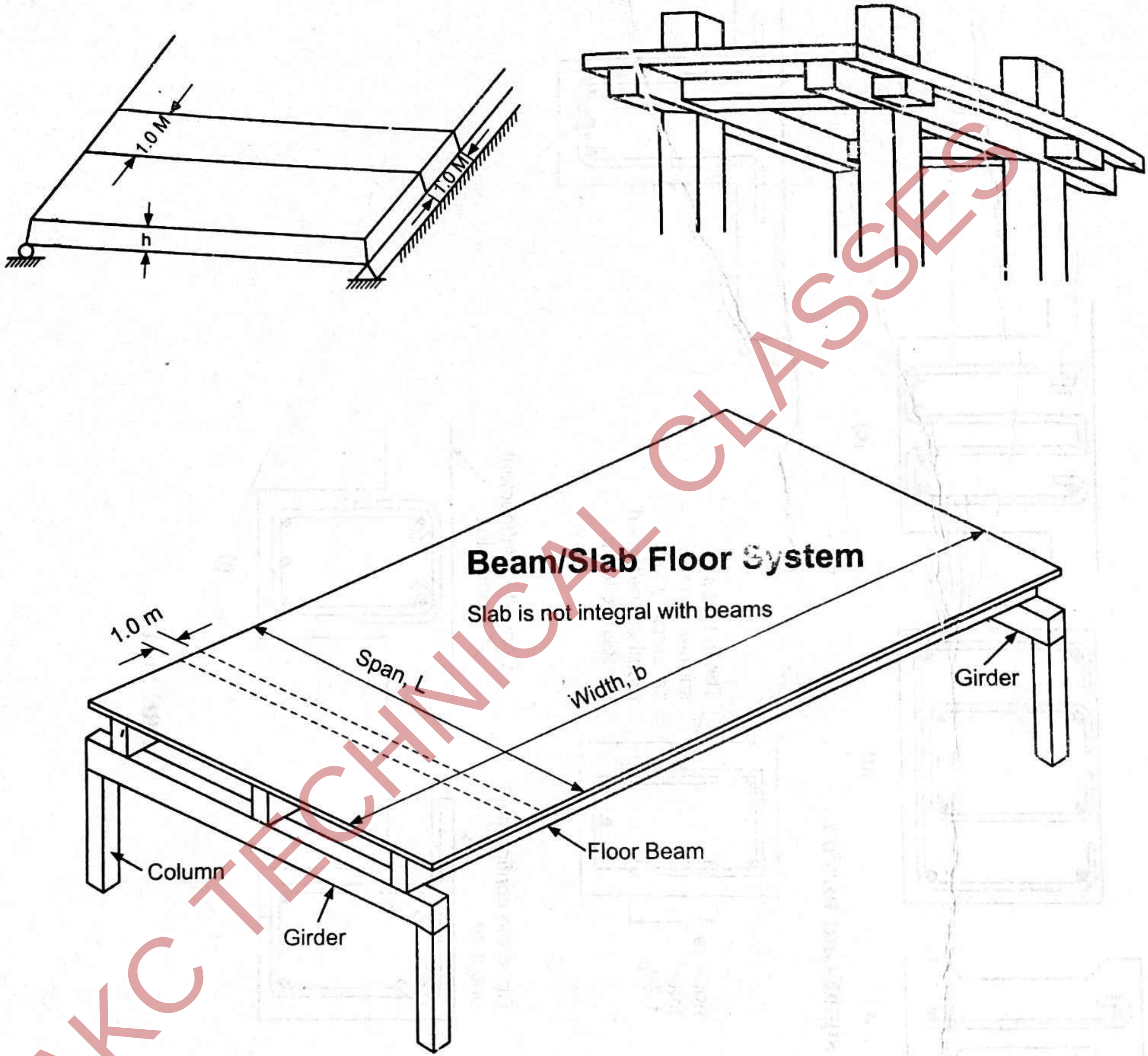


B. Closed stirrups for beams with significant torsion



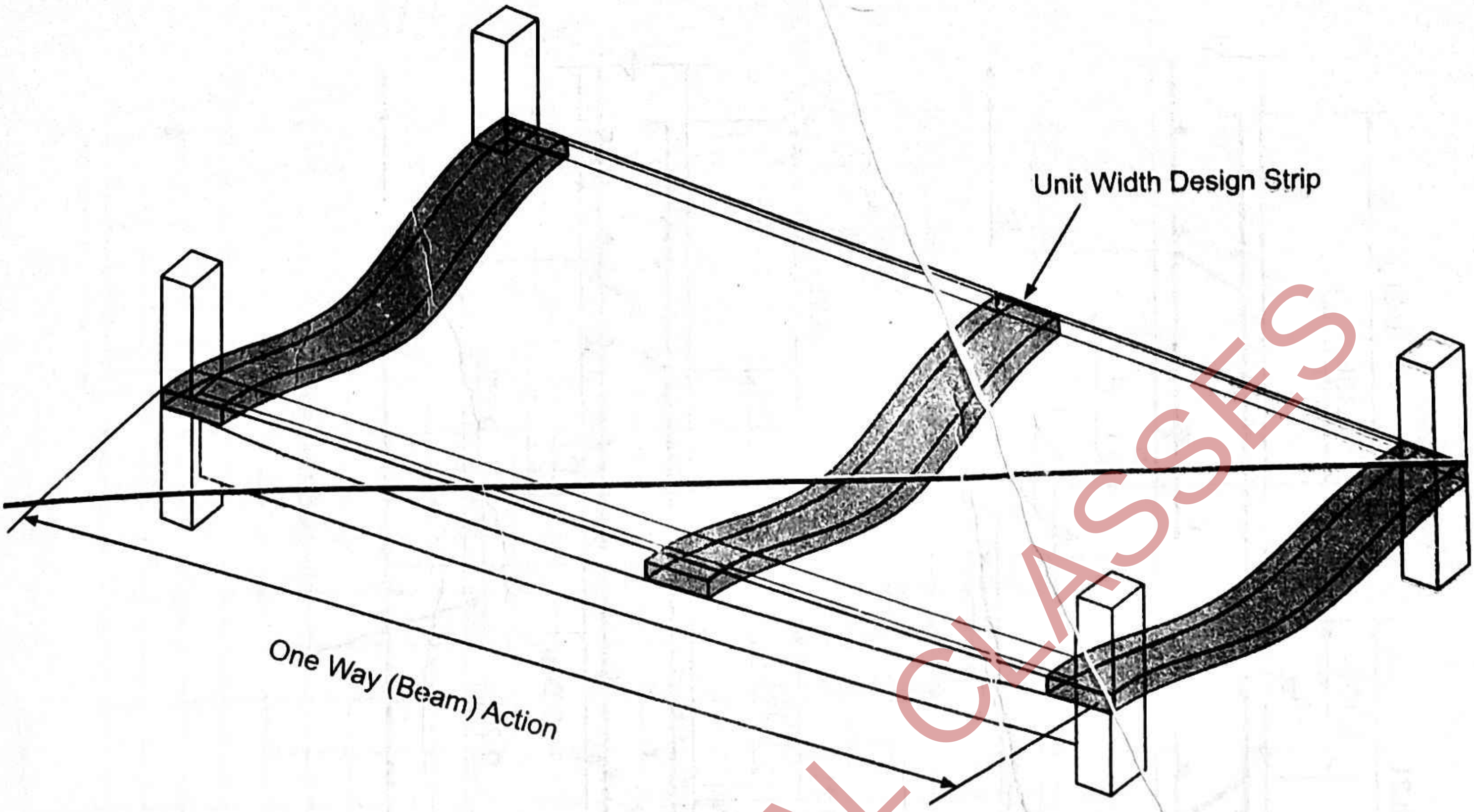
DRG No. 1.5

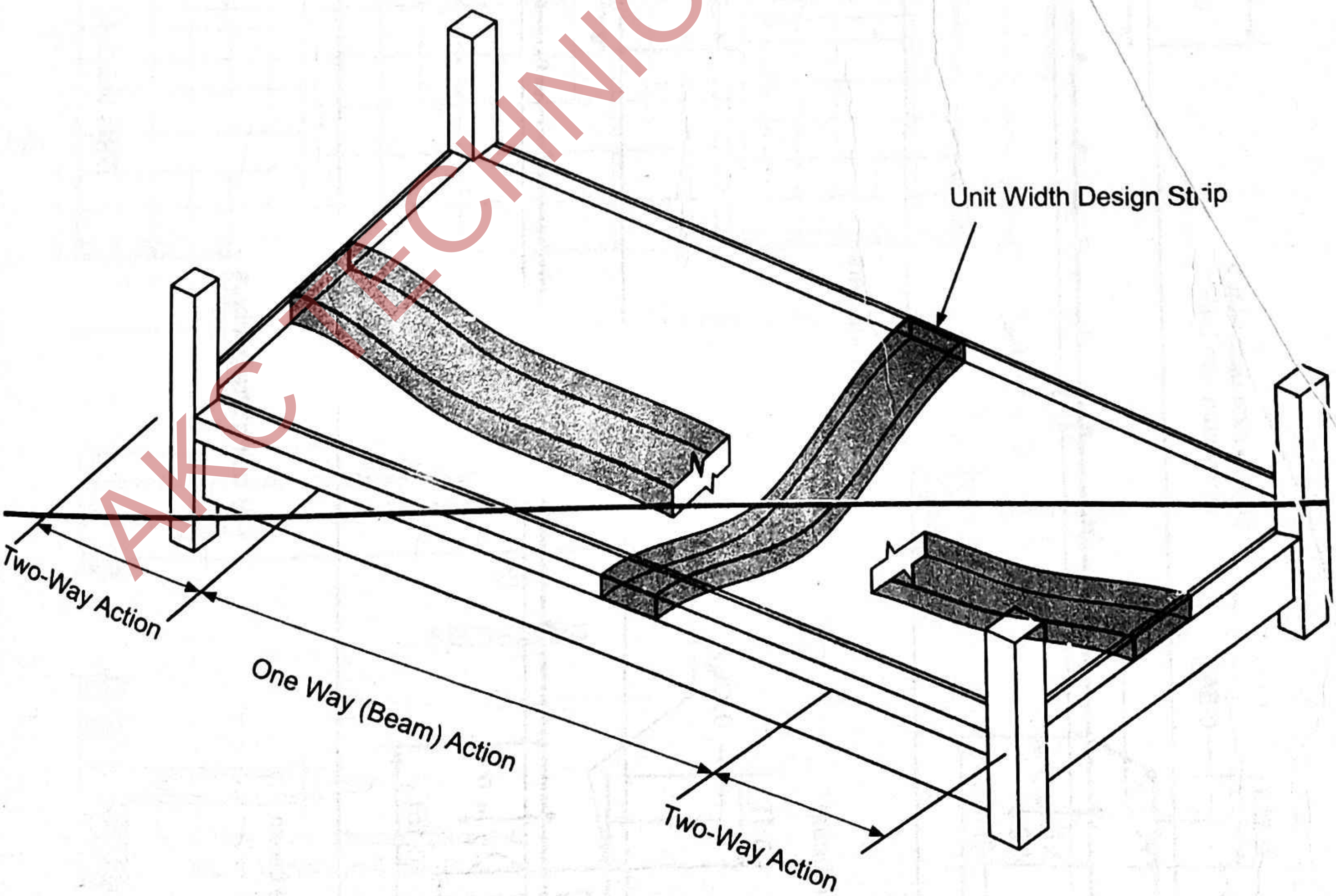
II. Drawing No. 2: RC Slabs—One Way Slab, Two Way Slab and Cantilever Slab.



DRG No. 2.1

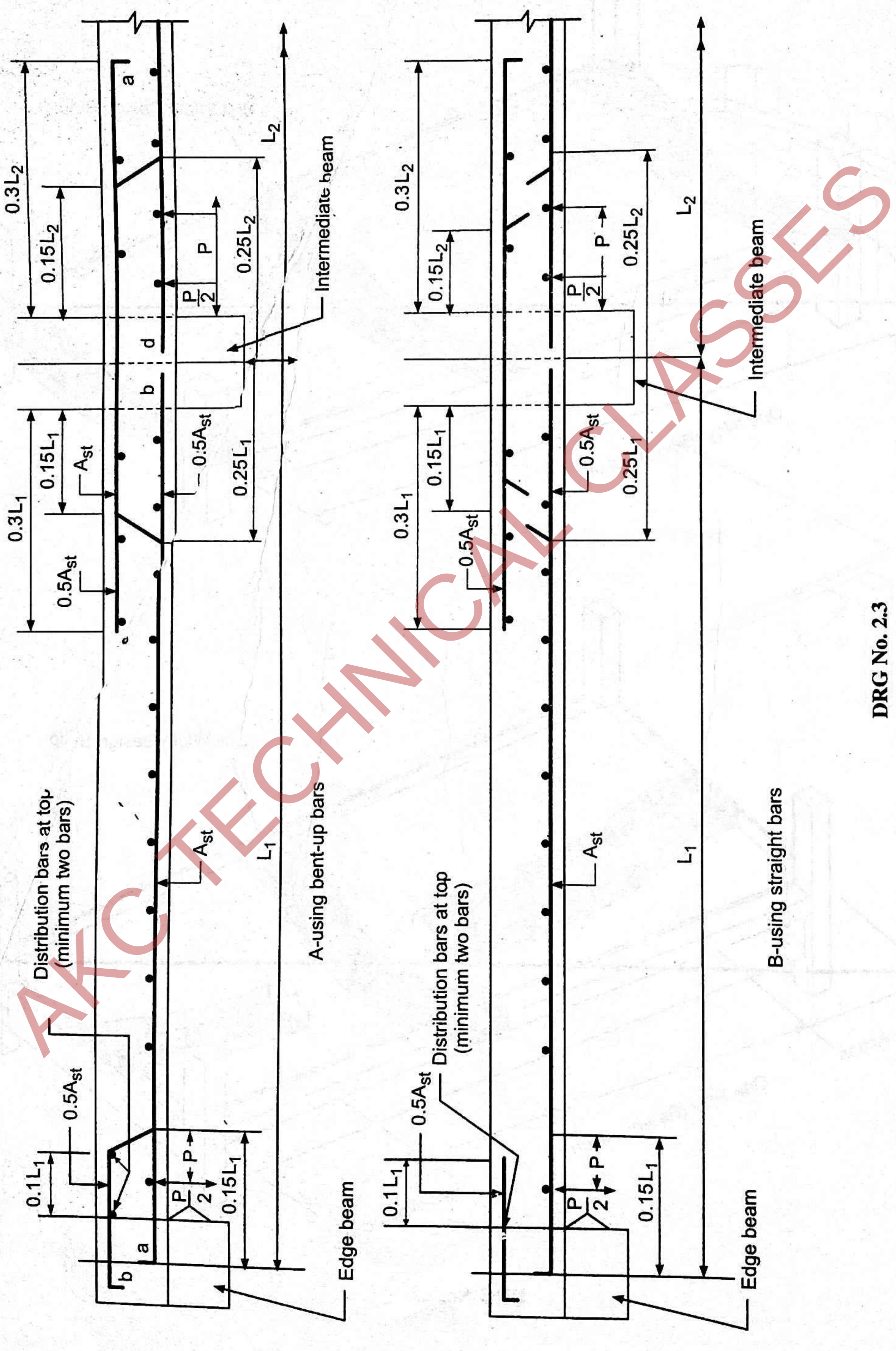
AKC TECHNICAL CLASSES



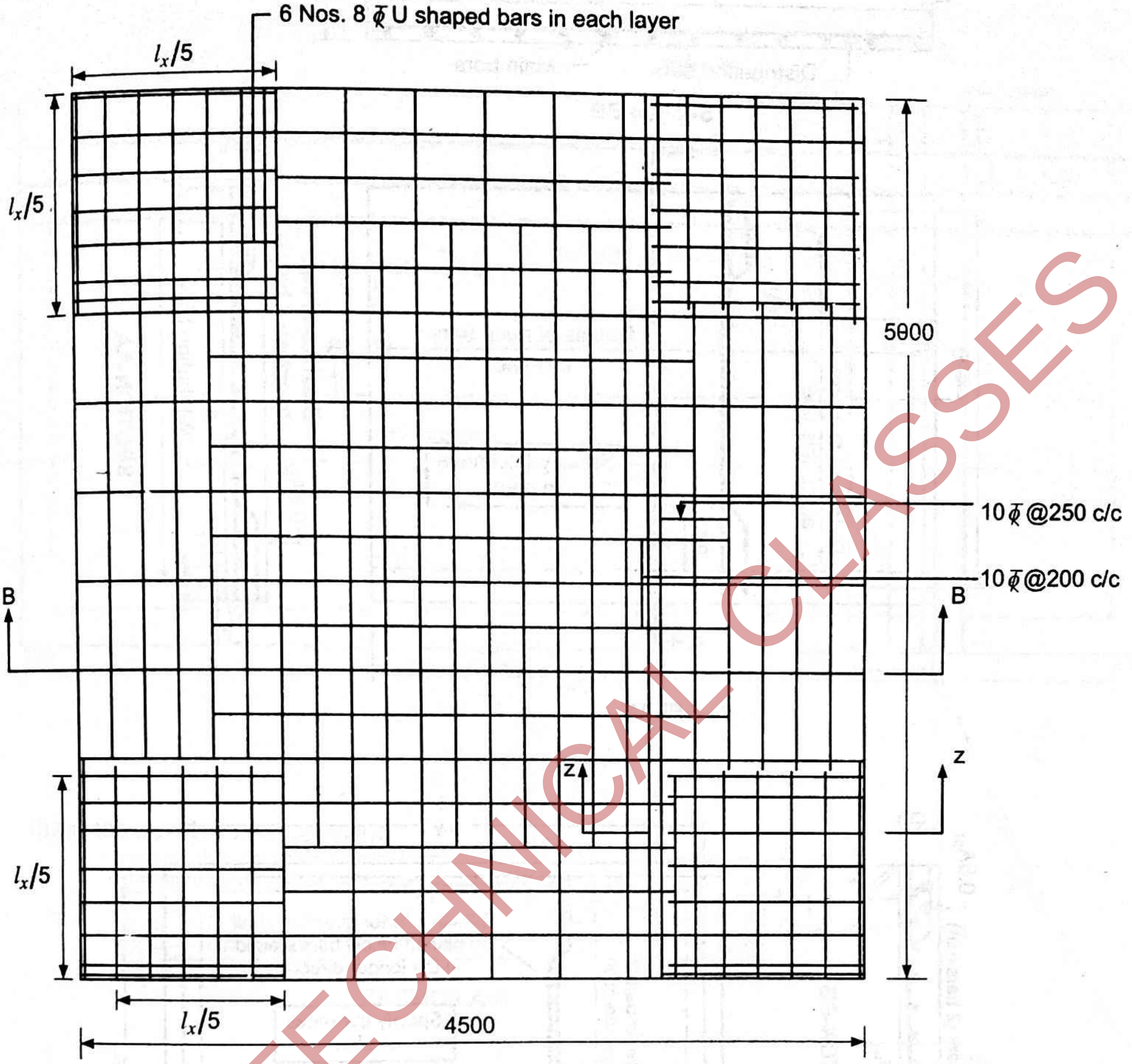


AKC TECHNICAL CLASSES

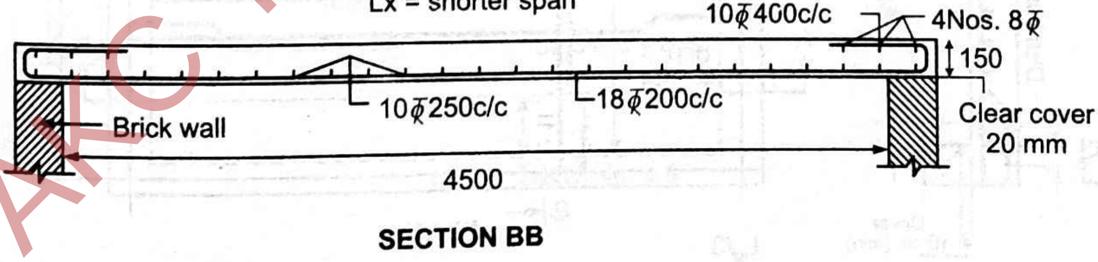
DRG No. 2.2


0.3L2
0.15L2
P
P/2
0.25L2
L2
Intermediate beam
a
d
b
0.3L1
0.15L1
Ast
0.5Ast
0.25L1
Distribution bars at top (minimum two bars)
L1
A-using bent-up bars
0.1L1
0.15L1
Edge beam
B-using straight bars
AKC TECHNICAL CLASSES

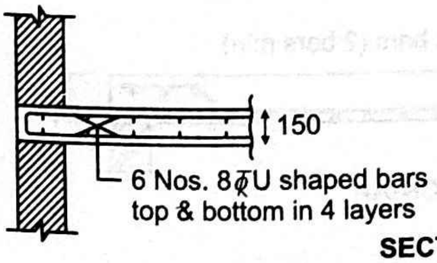
DRG No. 2.3



Bottom reinforcement plan
Lx = shorter span



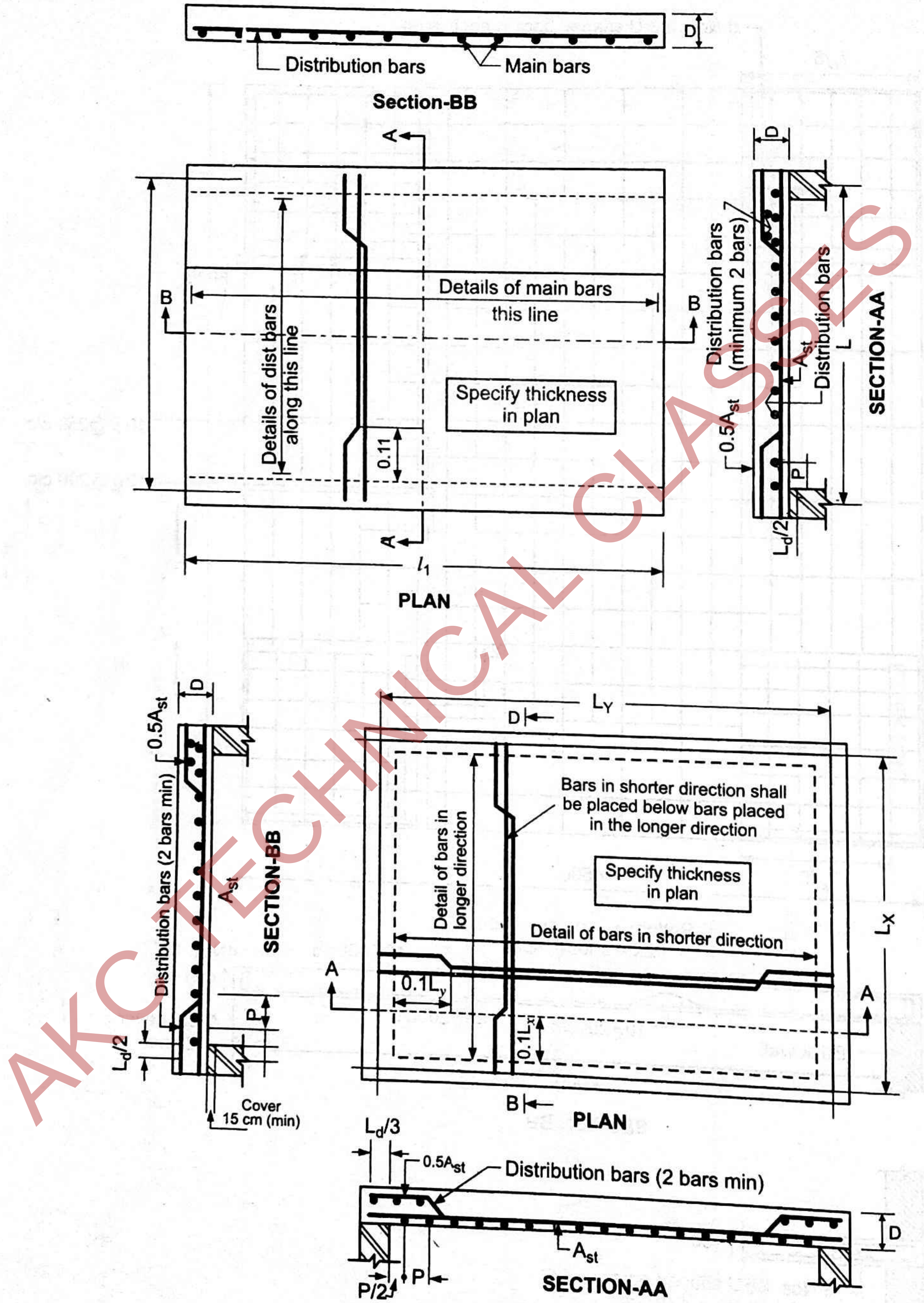
SECTION BB



SECTION Z-Z

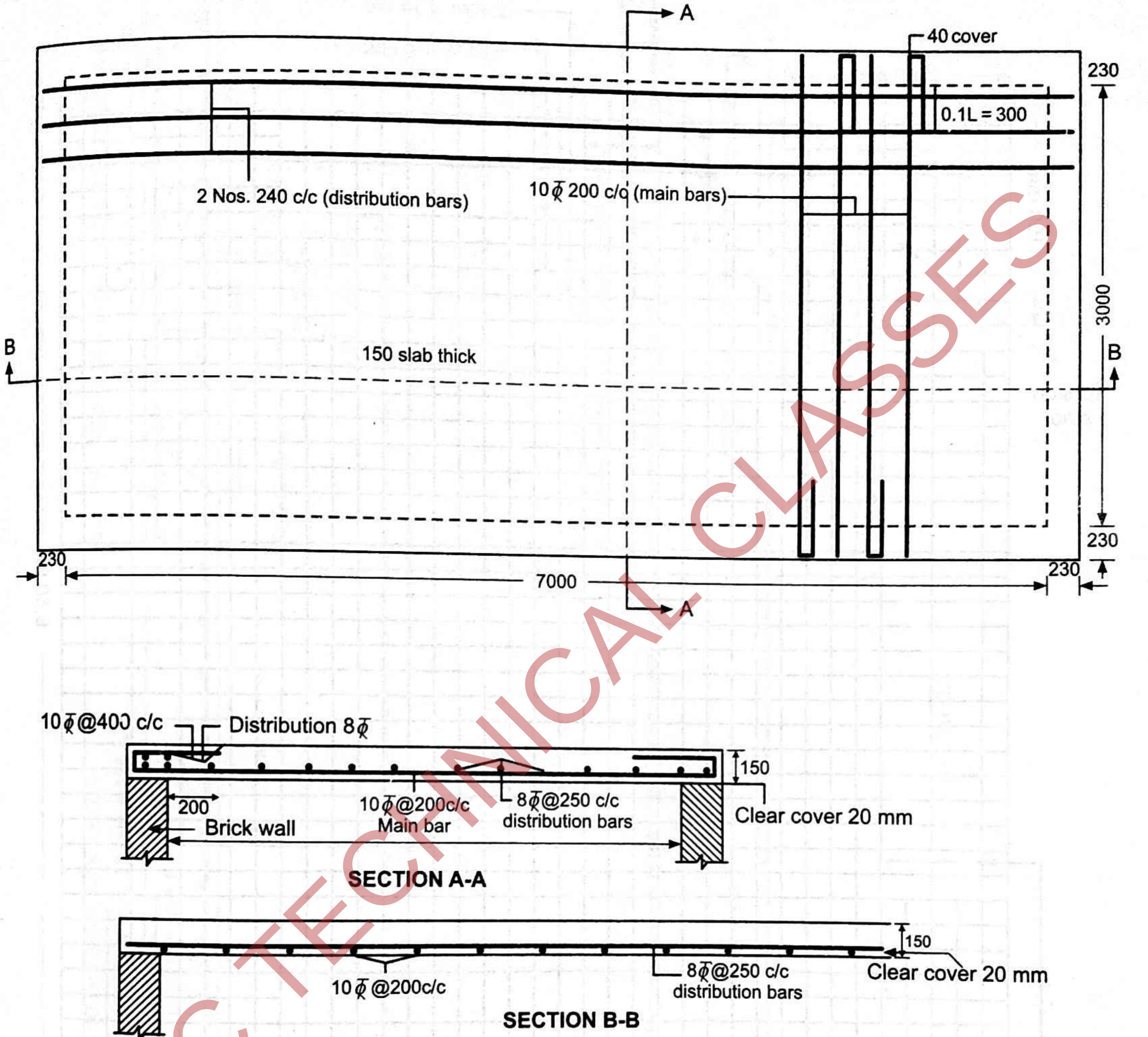
DRG No. 2.4

AKC TECHNICAL CLASSES



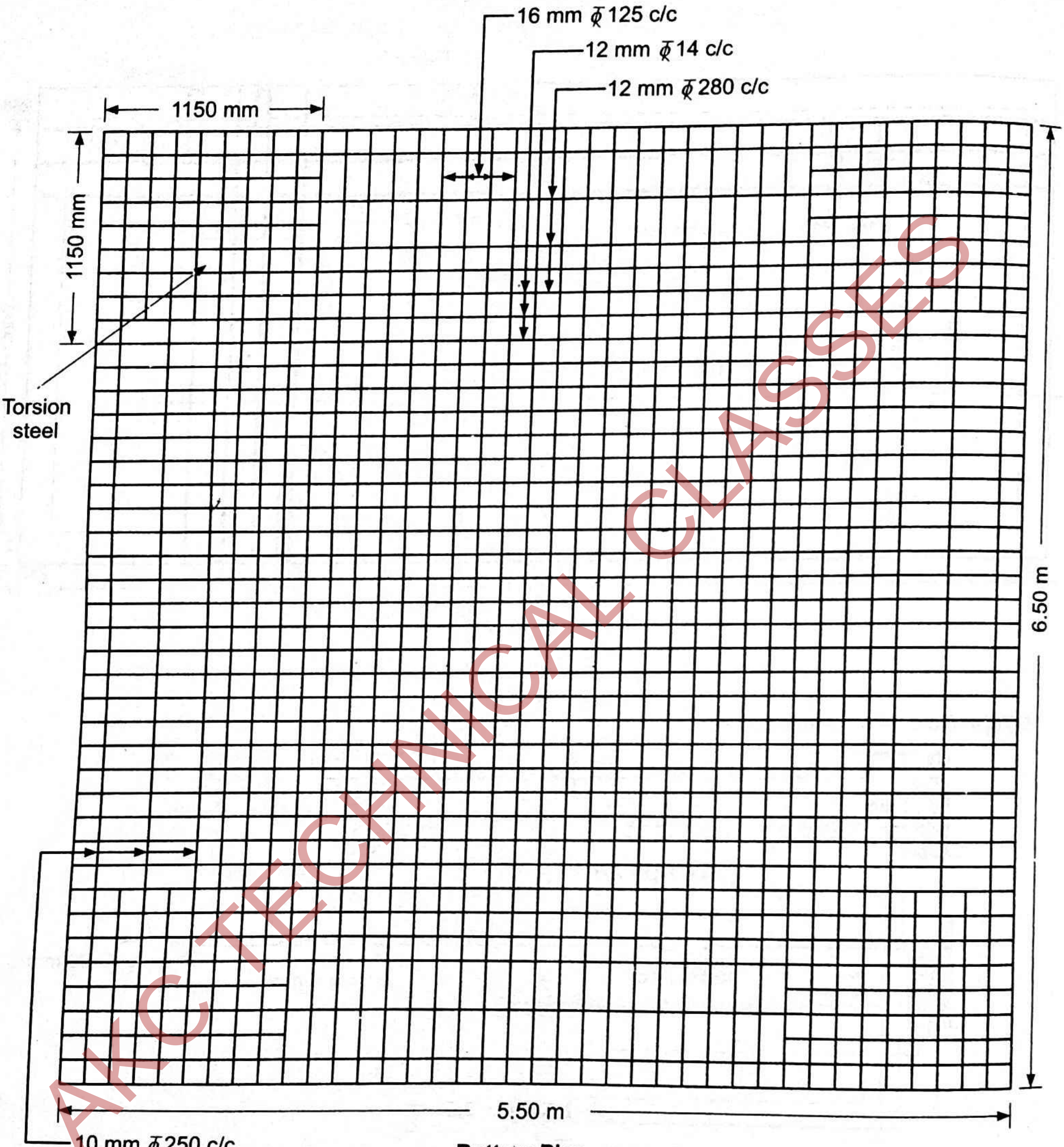
DRG No. 2.5

AKC TECHNICAL CLASSES

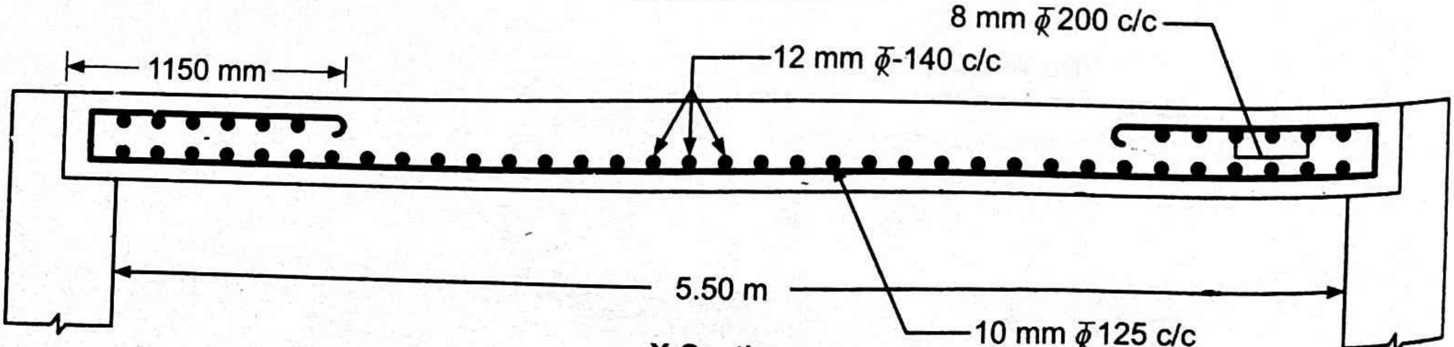


DRG No. 2.6

AKC TECHNICAL CLASSES

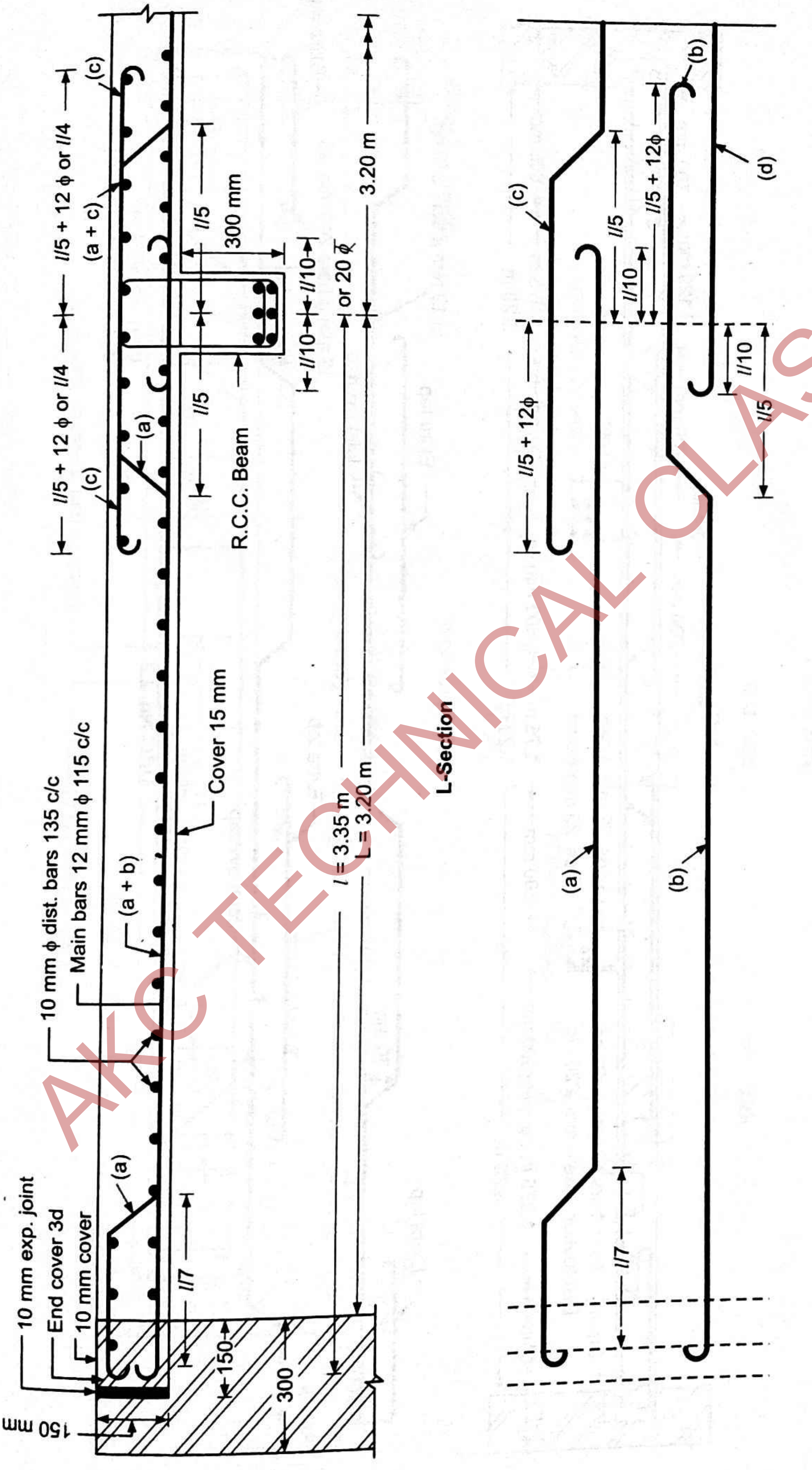


Bottom Plan



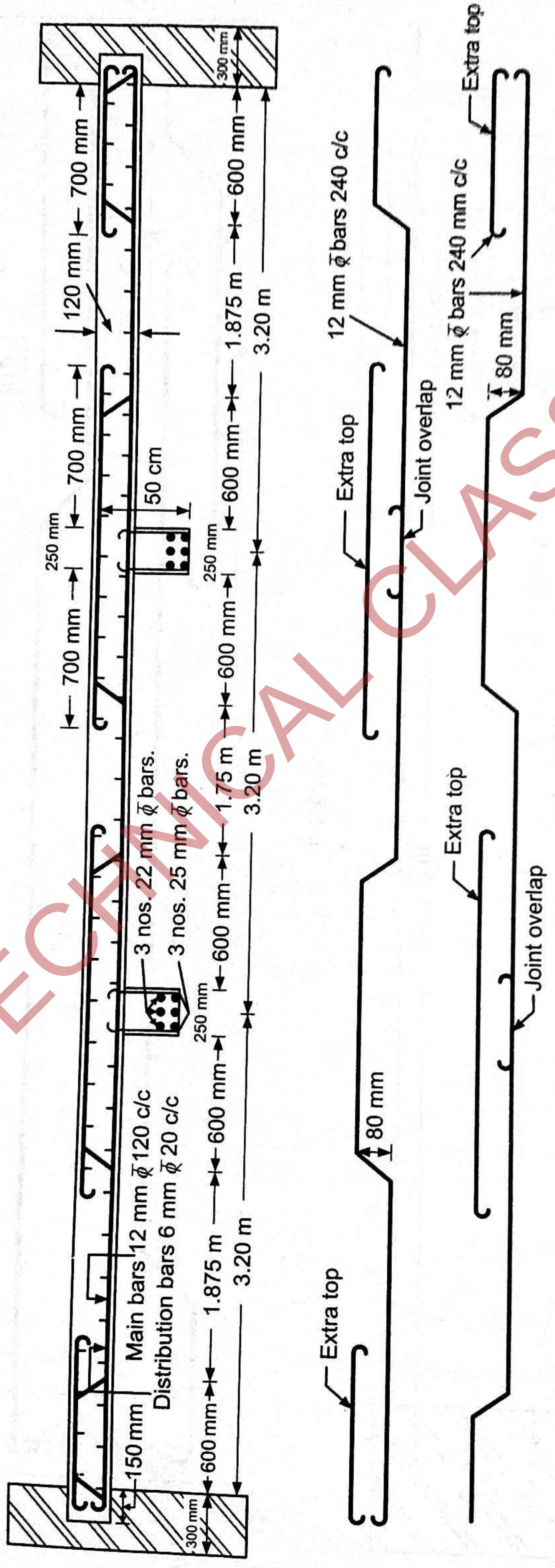
X-Section

DRG No. 2.7



DRG No. 2.8

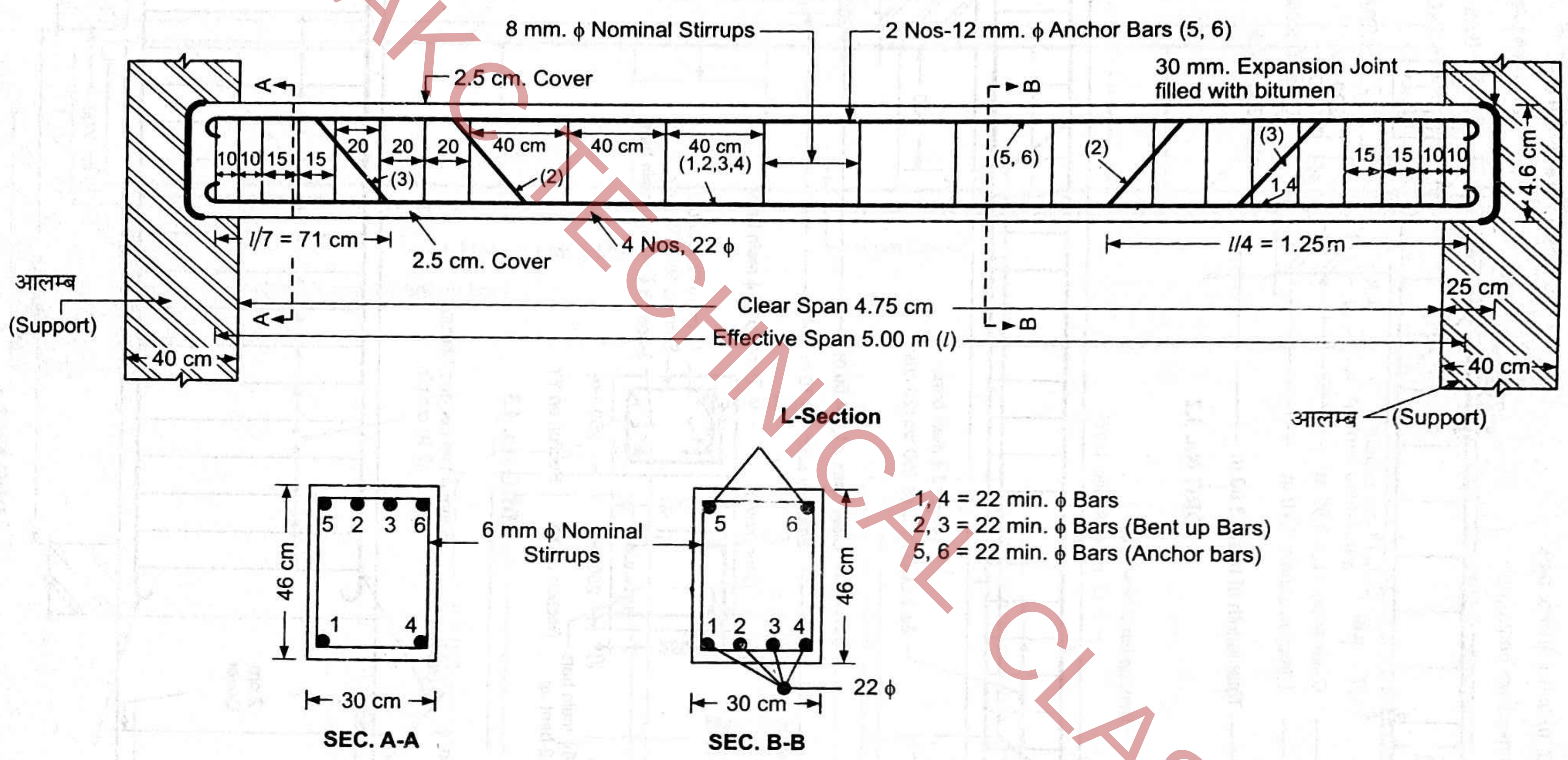
AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 2.9

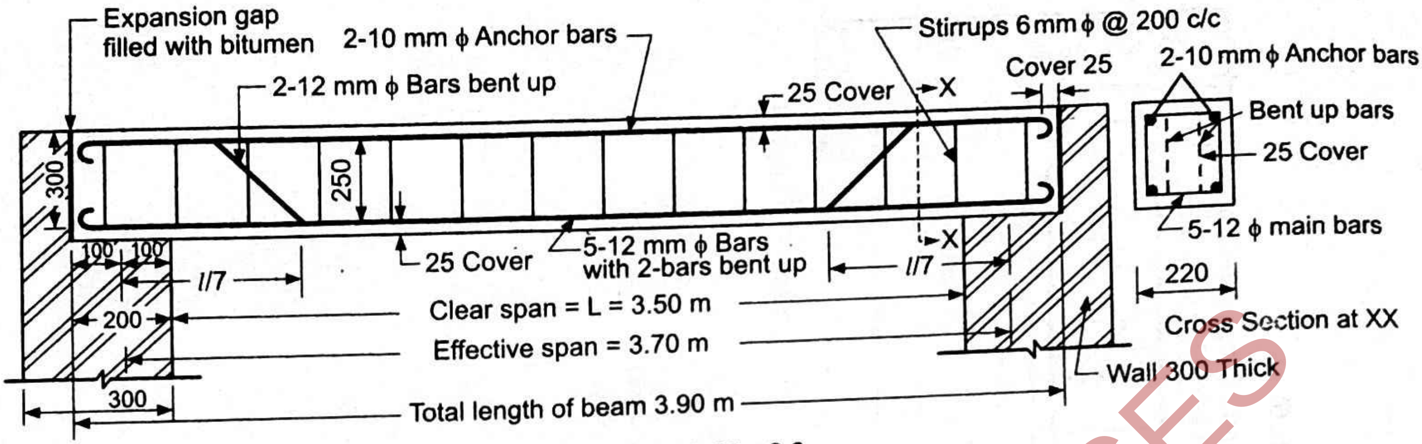
AKC TECHNICAL CLASSES

III. *Drawing No.3:* Beams—Singly and Doubly Reinforced Rectangular Beams and Cantilever Beam (All Beams with Vertical Stirrups), T-Beam, Tapered Beam.

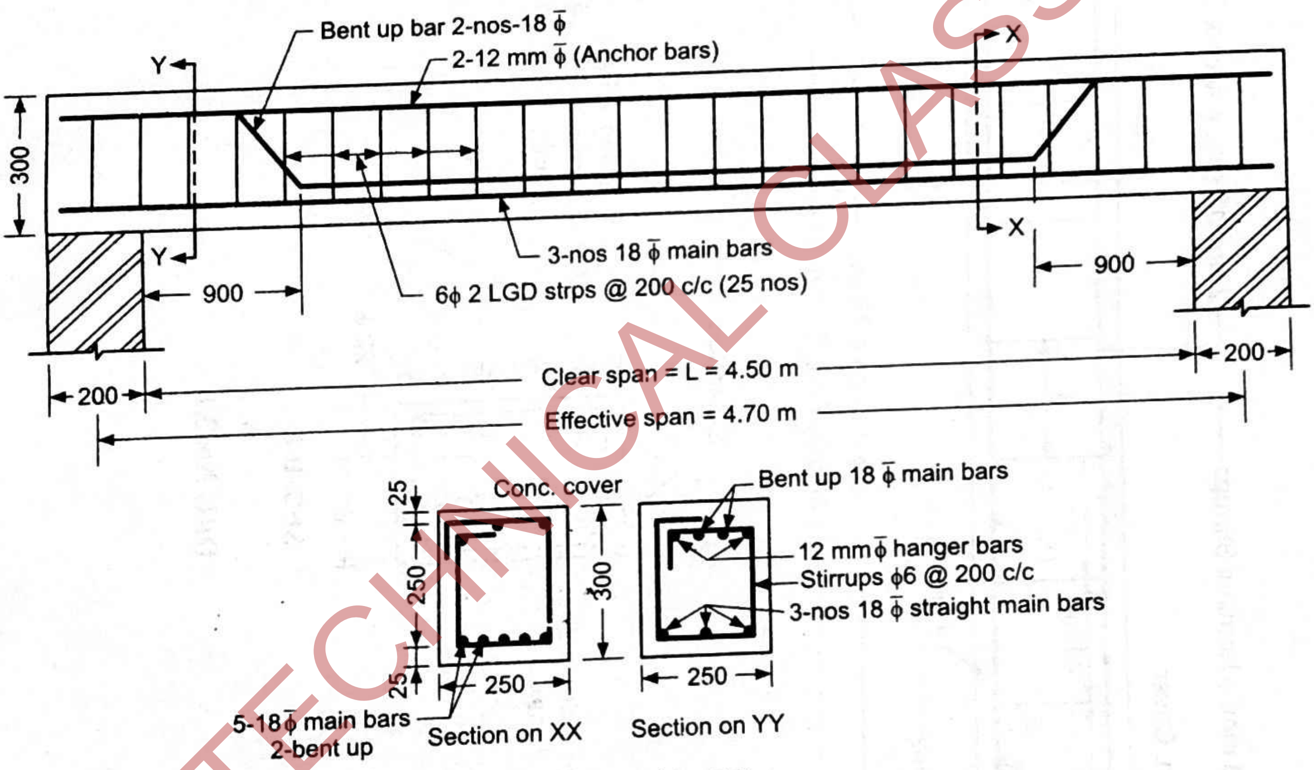


DRG No. 3.1

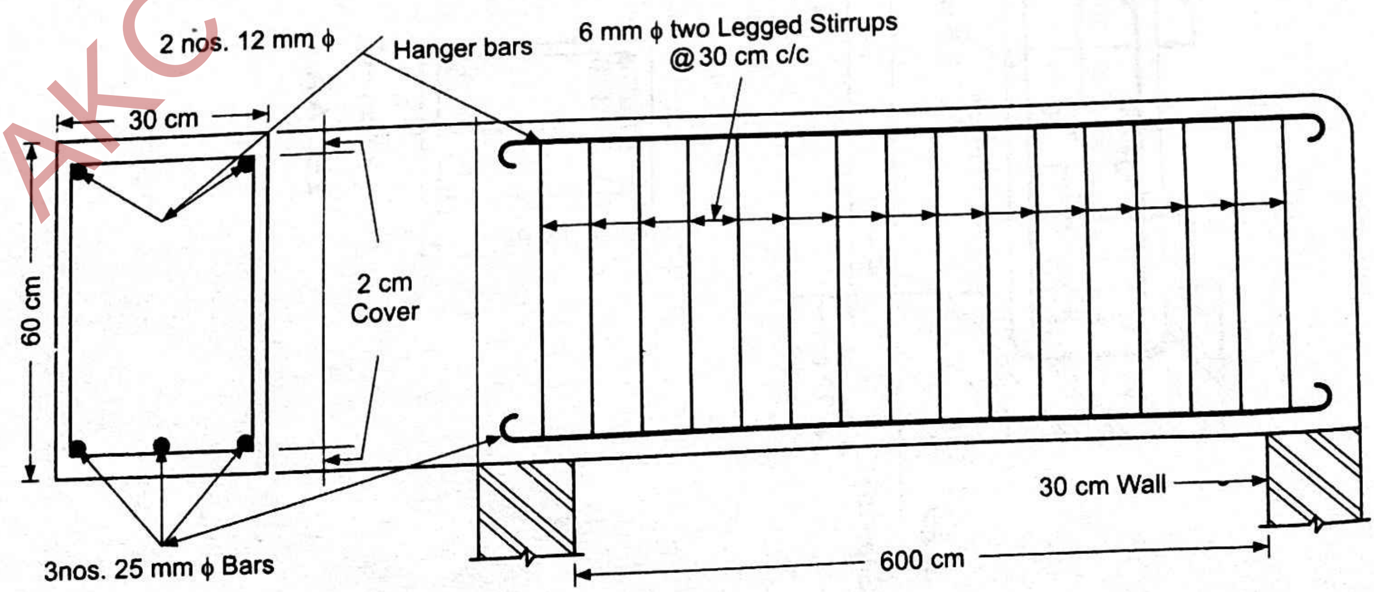
AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 3.2

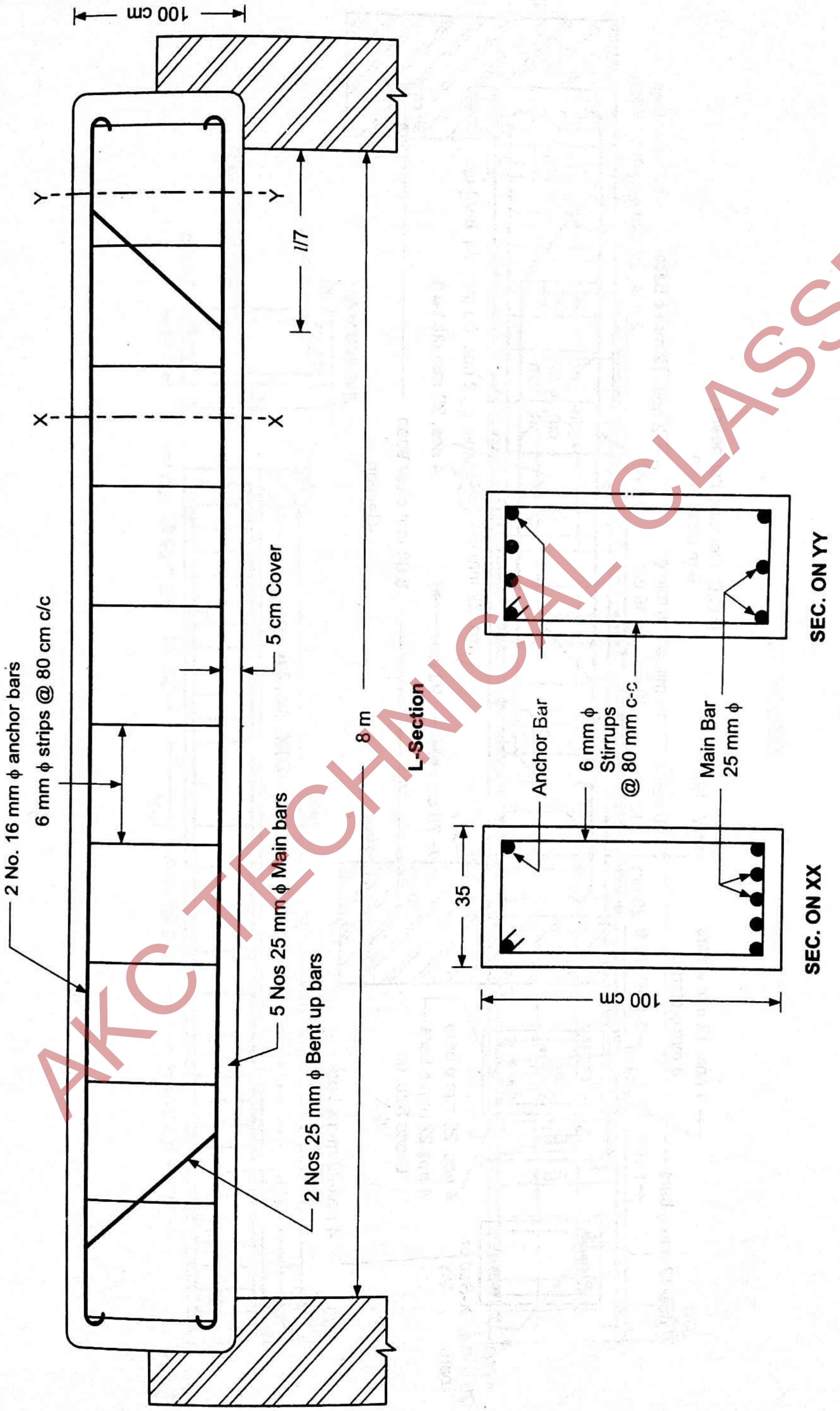


DRG No. 3.3



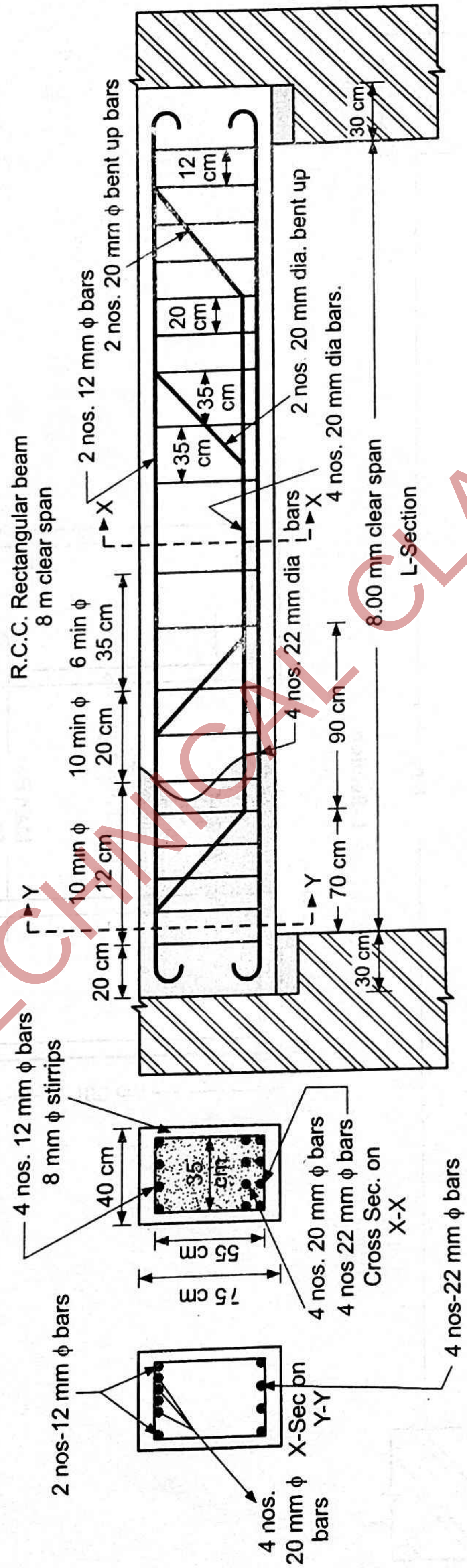
DRG No. 3.4

AKC TECHNICAL CLASSES



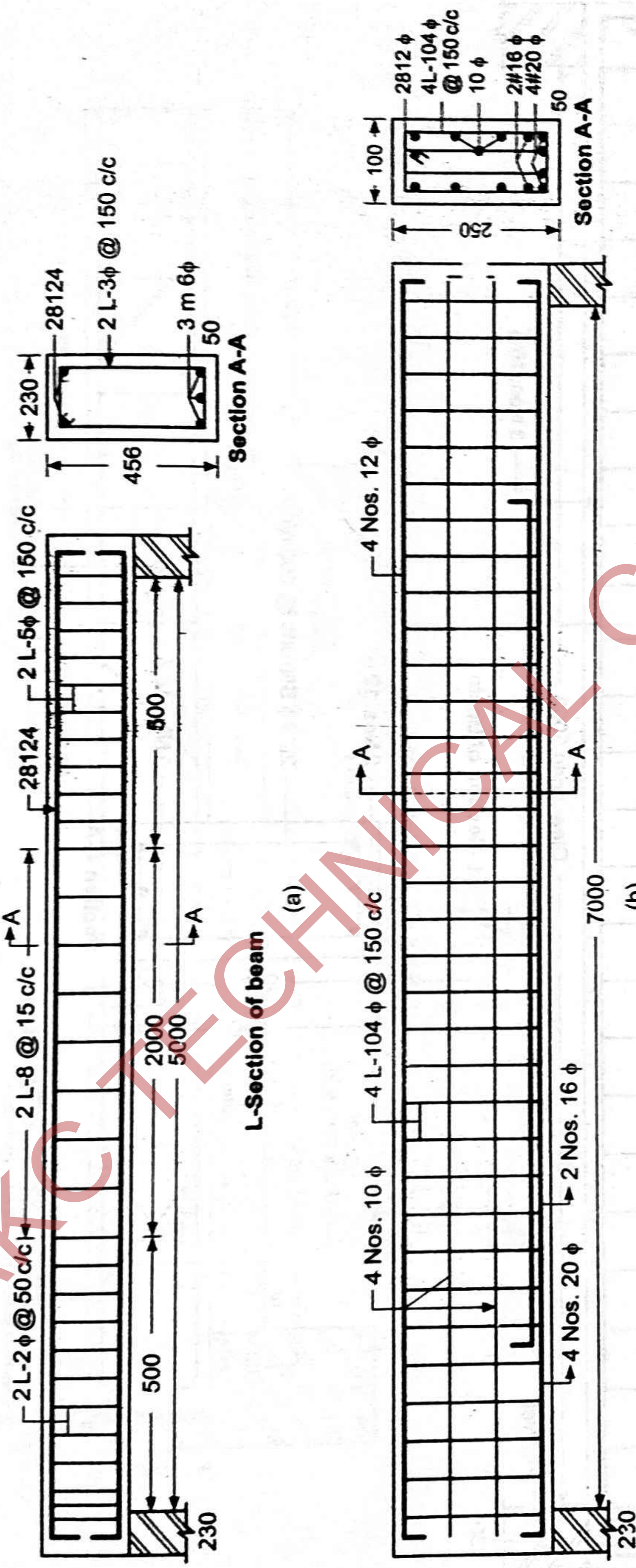
DRG No. 3.5

AKC TECHNICAL CLASSES



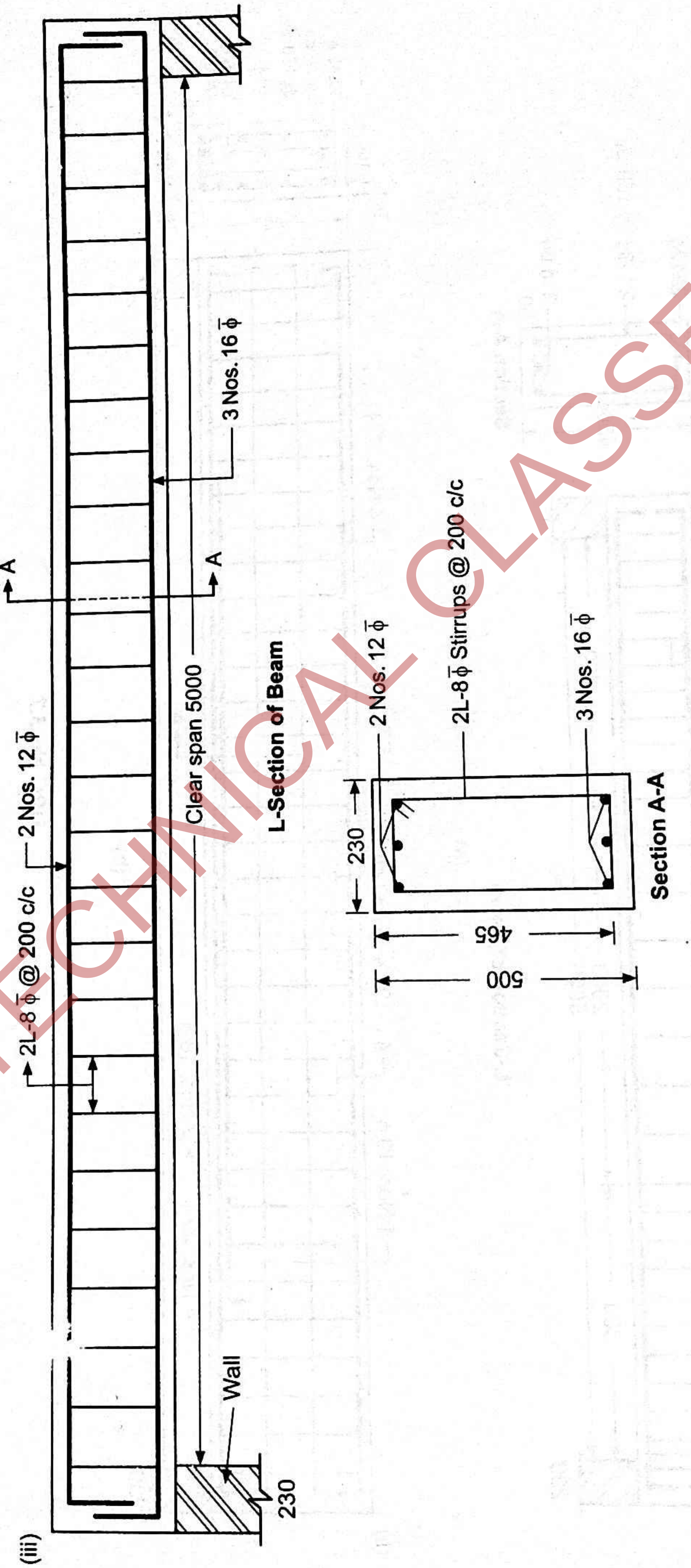
DRG No. 3.6

AKC TECHNICAL CLASSES



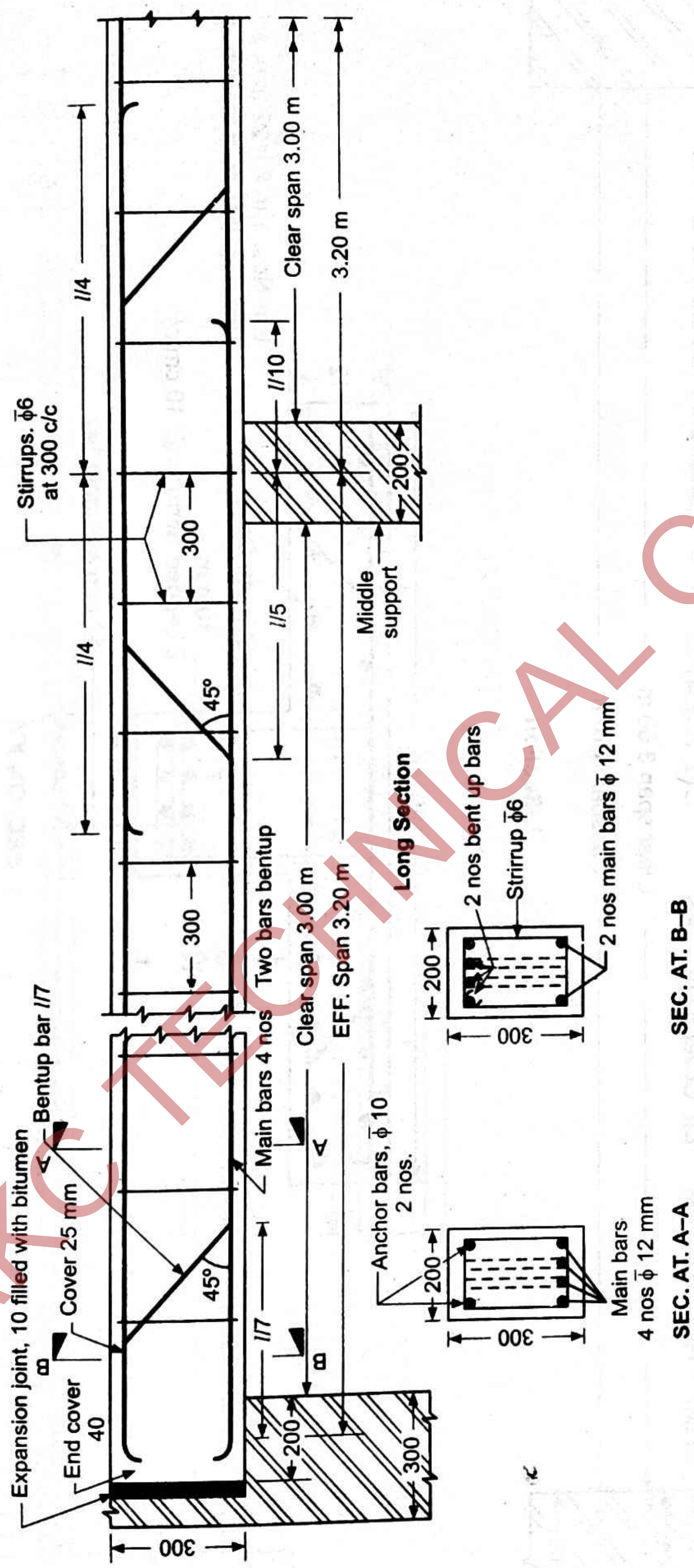
DRG No. 3.7

AKC TECHNICAL CLASSES



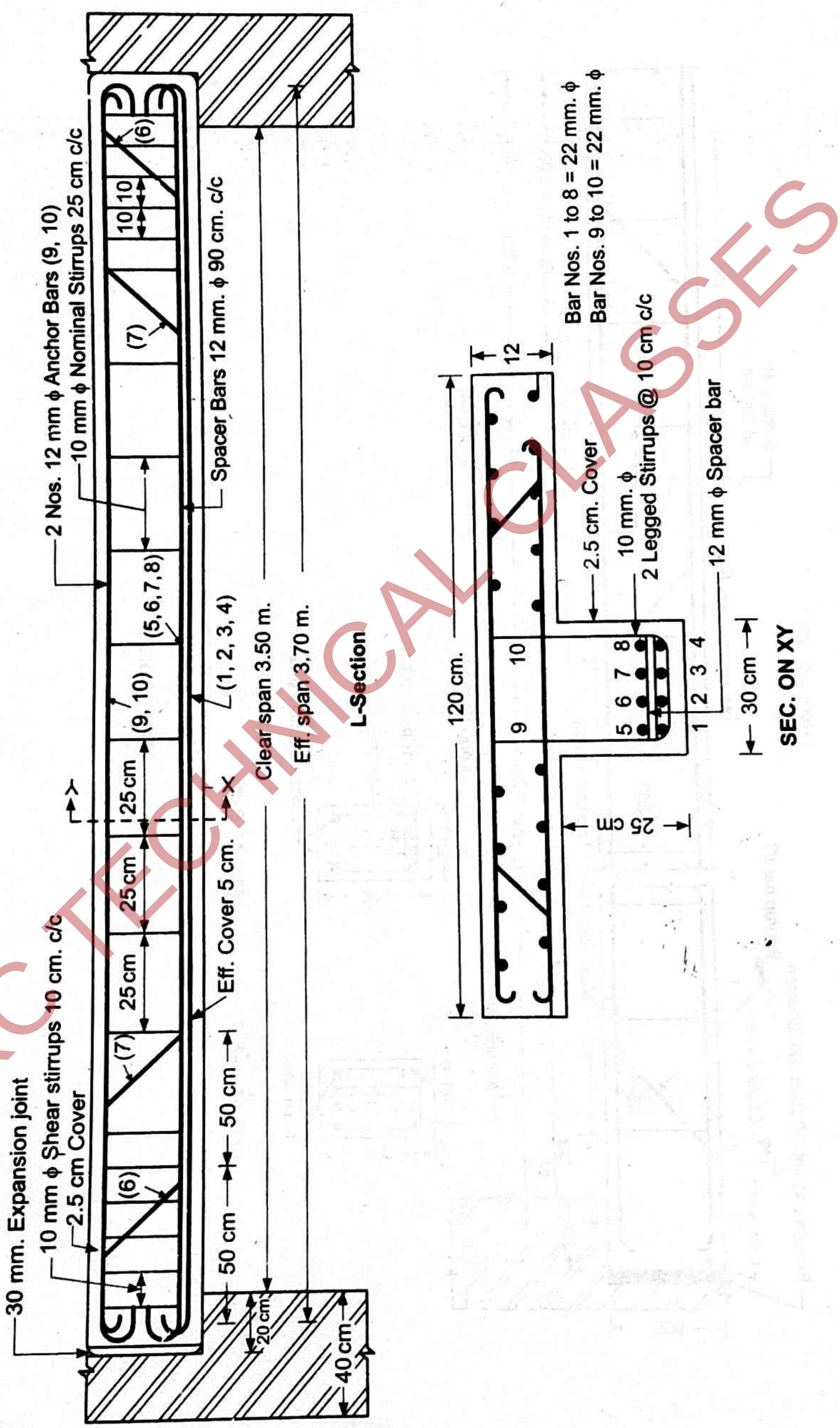
DRG No. 3.8

AKC TECHNICAL CLASSES



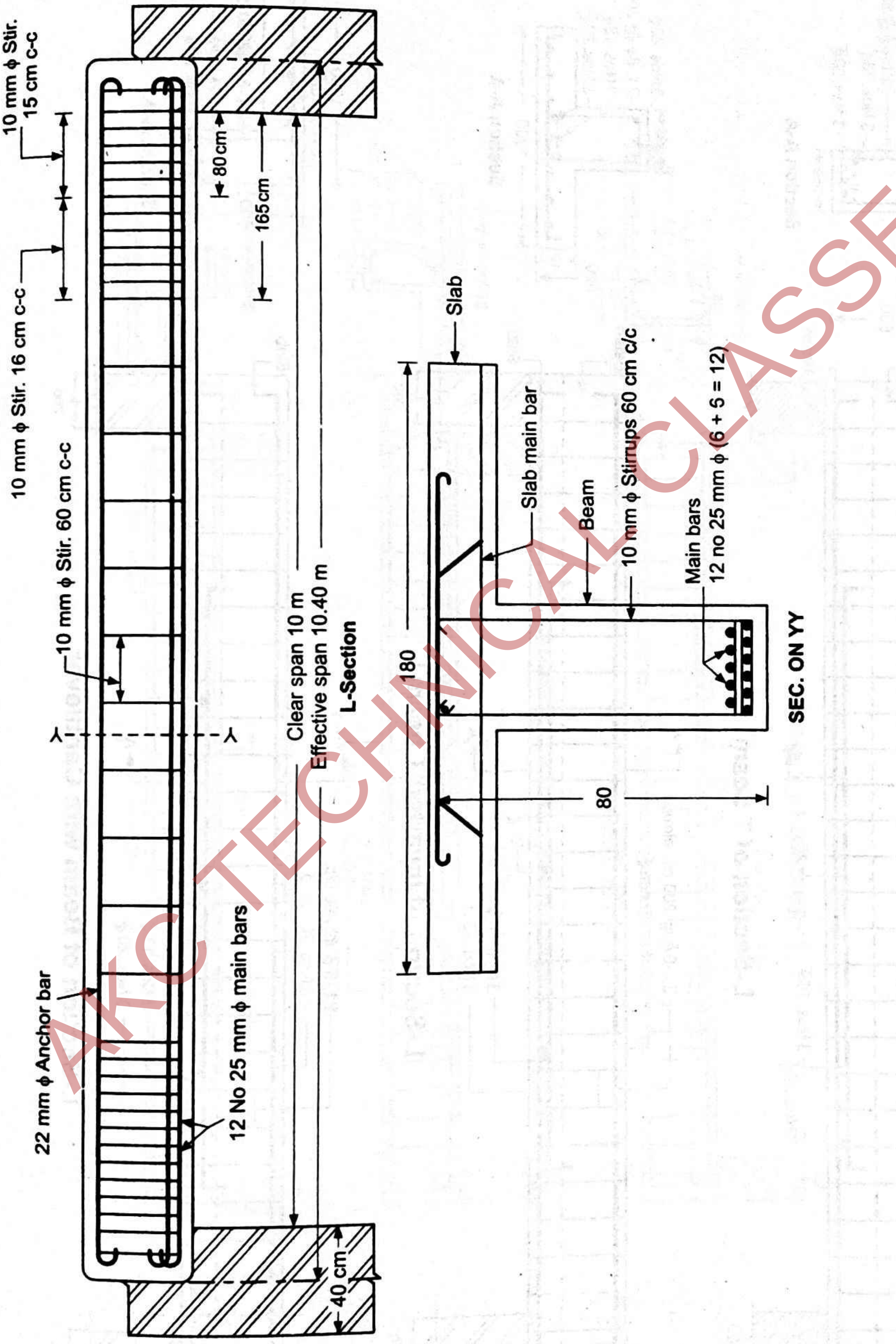
DRG No. 3.9

AKC TECHNICAL CLASSES



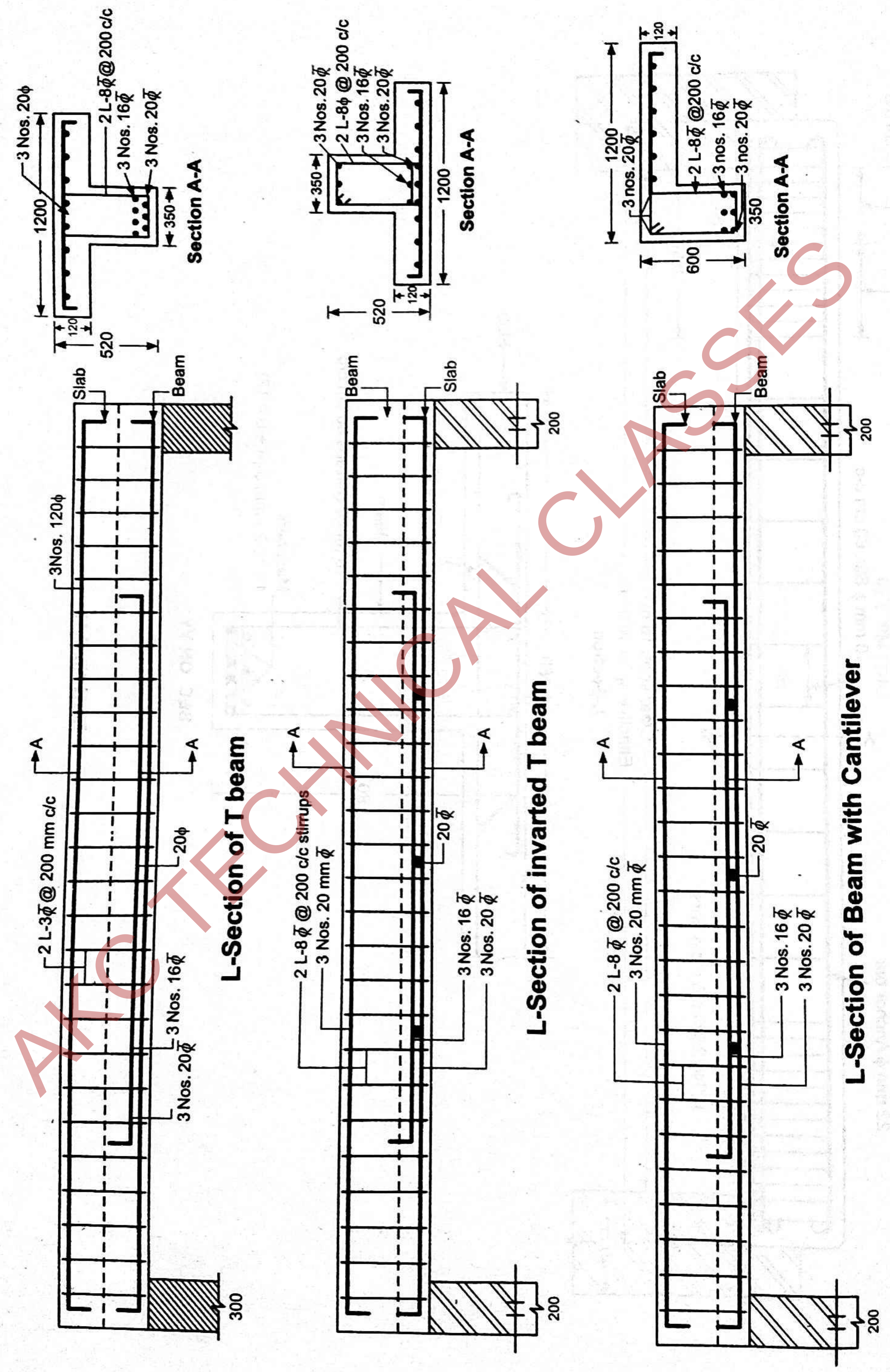
DRG No. 3.10

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 3.11

AKC TECHNICAL CLASSES



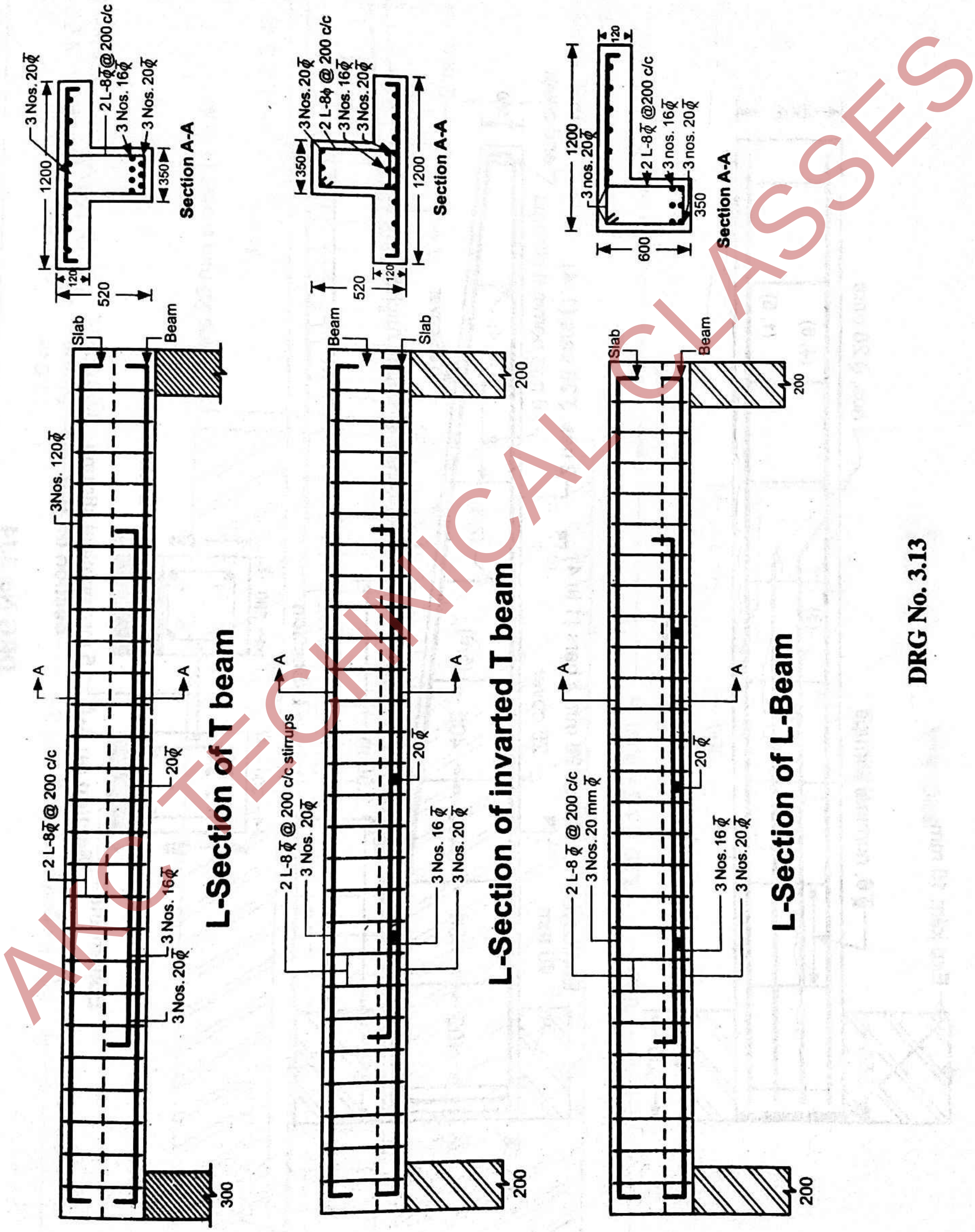
L-Section of T beam

L-Section of invarted T beam

L-Section of Beam with Cantilever

DRG No. 3.12

AKC TECHNICAL CLASSES

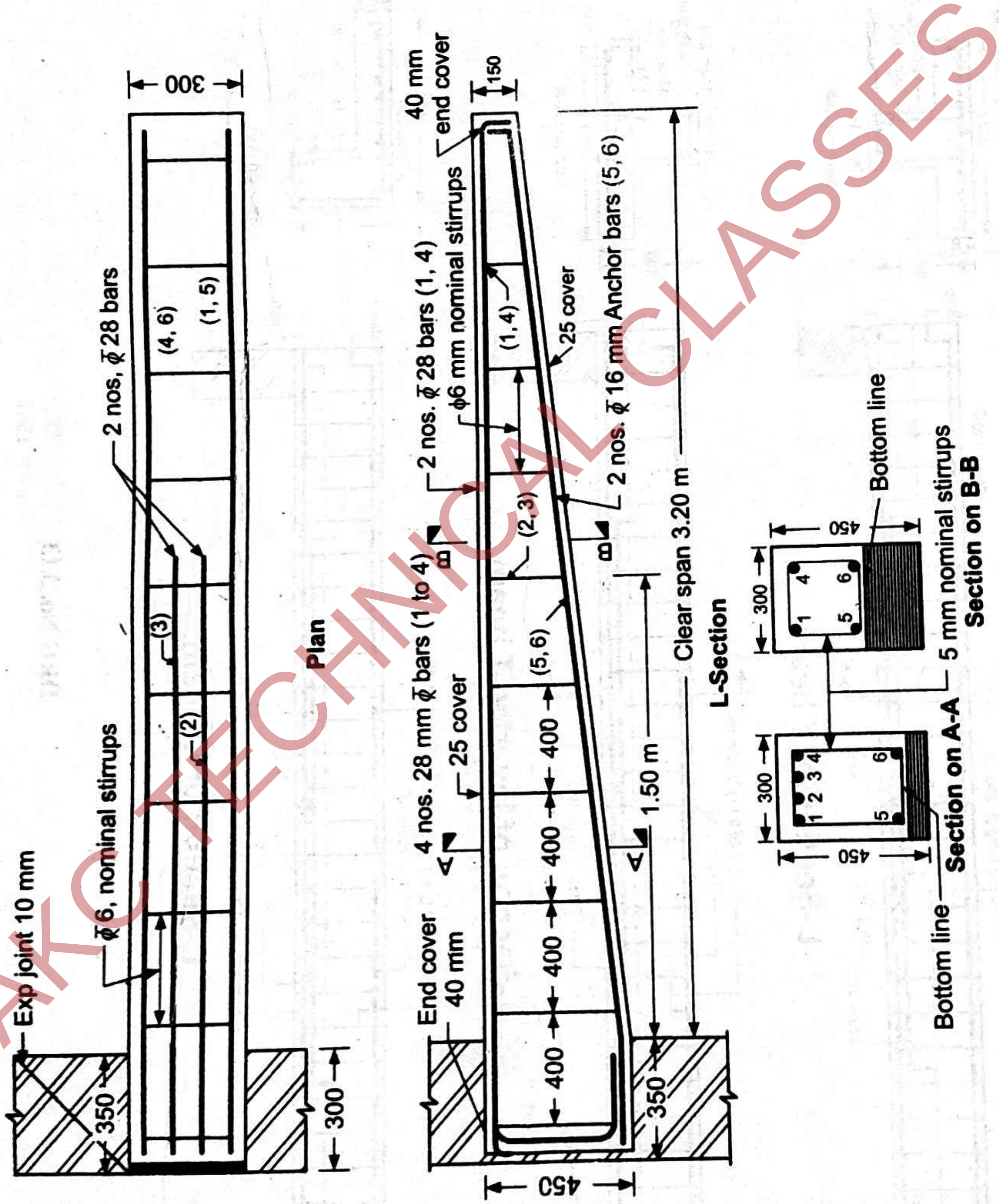


L-Section of T beam

L-Section of invarted T beam

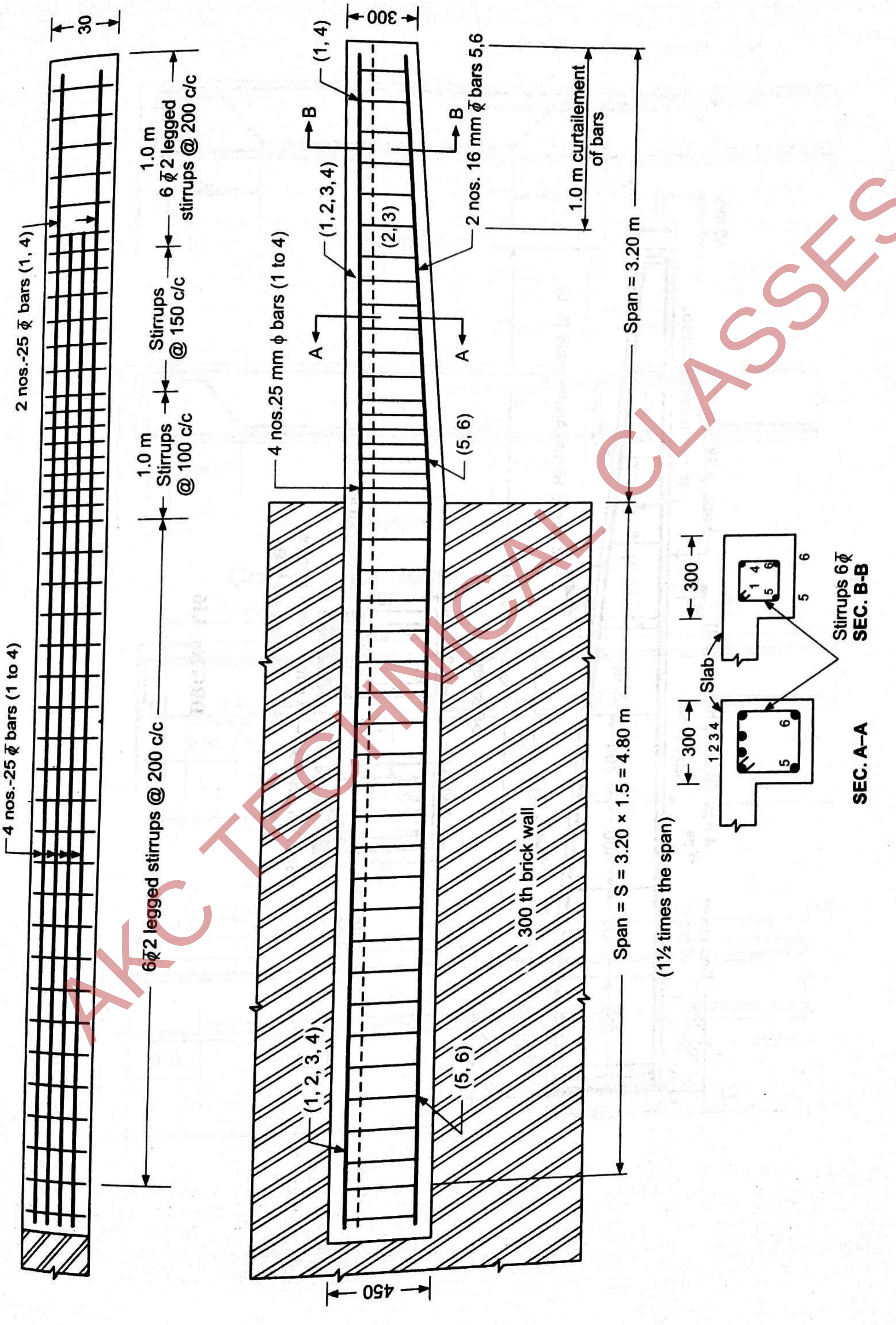
L-Section of L-Beam

DRG No. 3.13

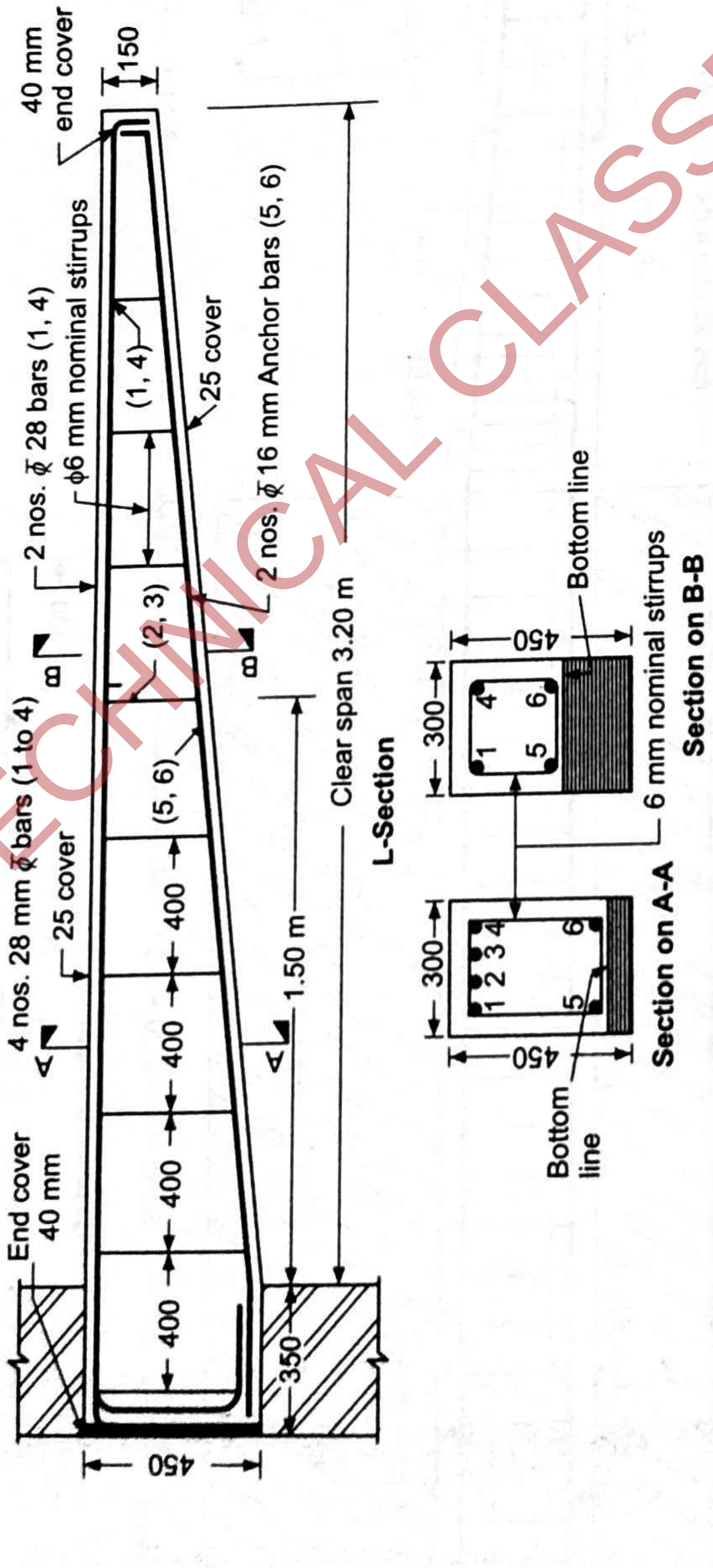


DRG No. 3.14

AKC TECHNICAL CLASSES

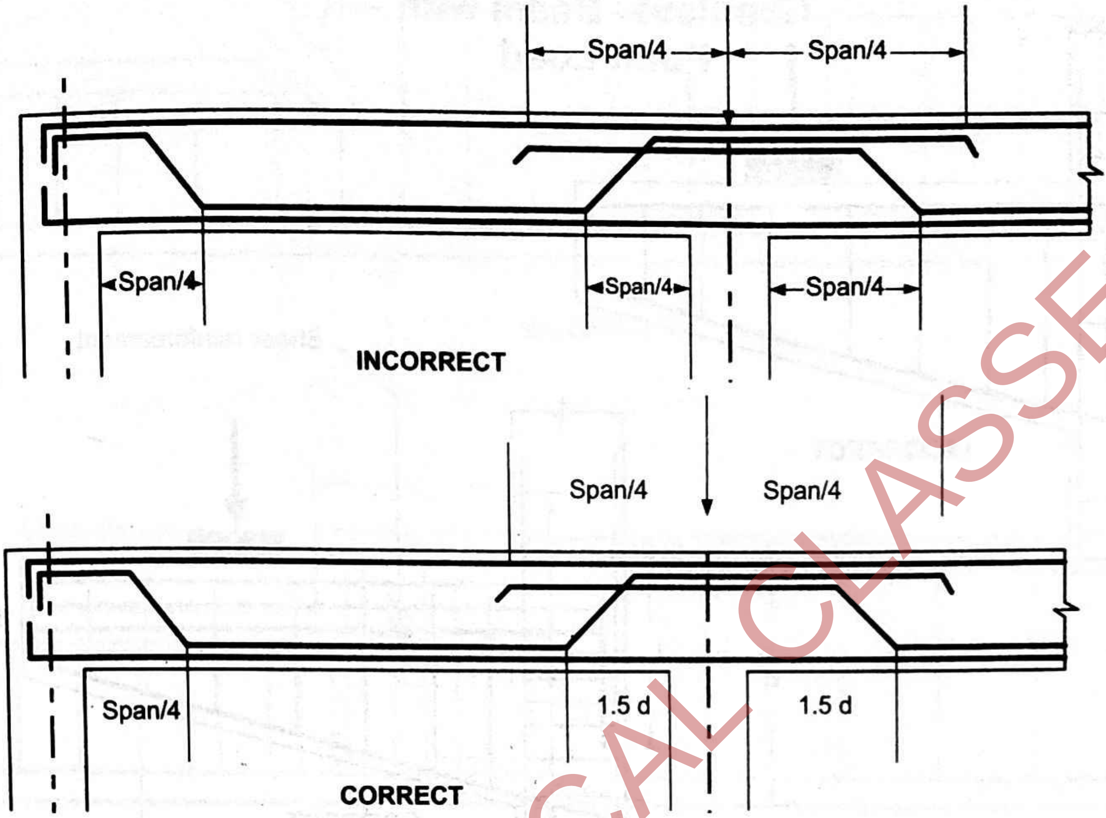

30
2 nos.-25 ɸ̄ bars (1, 4)
1.0 m
6 ɸ̄ 2 legged stirrups @ 200 c/c
Stirrups @ 150 c/c
1.0 m Stirrups @ 100 c/c
4 nos.-25 ɸ̄ bars (1 to 4)
6ɸ̄ 2 legged stirrups @ 200 c/c
300
(1, 4)
B
B
(1,2,3,4)
(2,3)
2 nos. 16 mm ɸ̄ bars 5,6
1.0 m curtailement of bars
Span = 3.20 m
A
A
4 nos.25 mm ɸ bars (1 to 4)
(5, 6)
300 th brick wall
Span = S = 3.20 × 1.5 = 4.80 m
(1½ times the span)
(1, 2, 3, 4)
(5, 6)
450
300
Slab
SEC. A–A
Stirrups 6ɸ
SEC. B-B

DRG No. 3.15

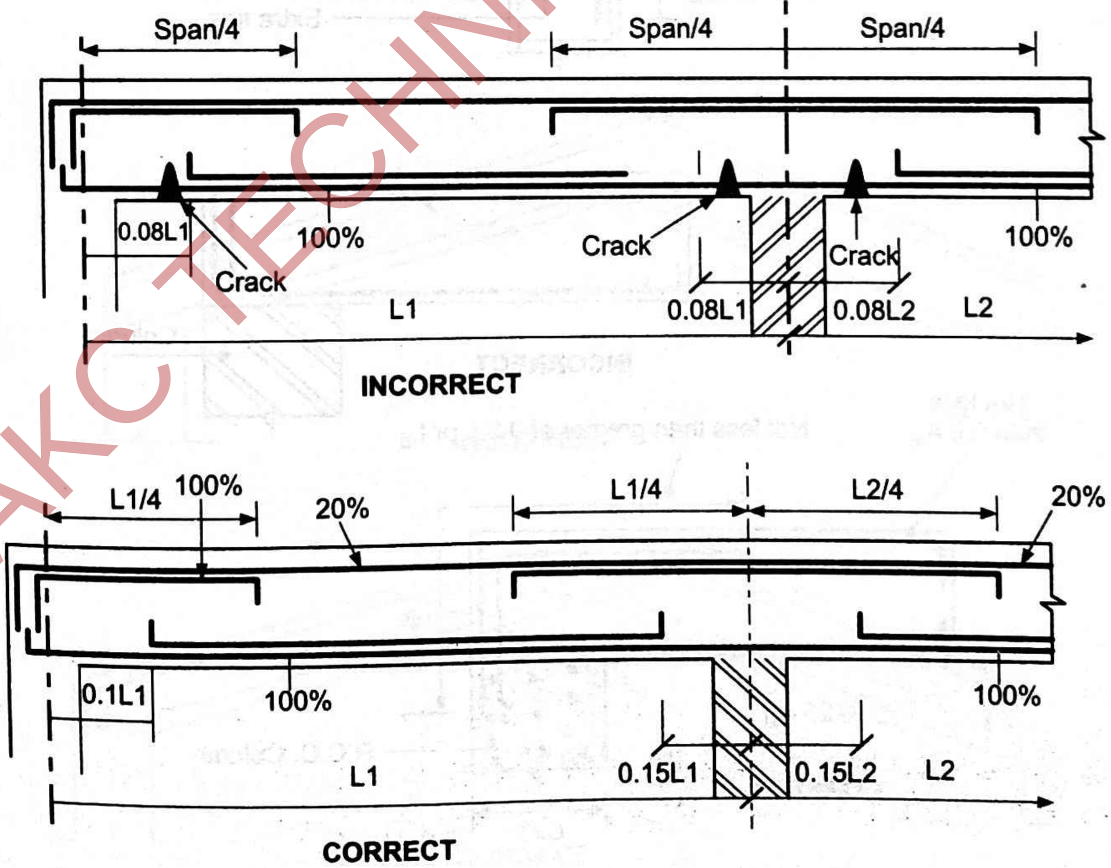


DRG No. 3.16

AKC TECHNICAL CLASSES

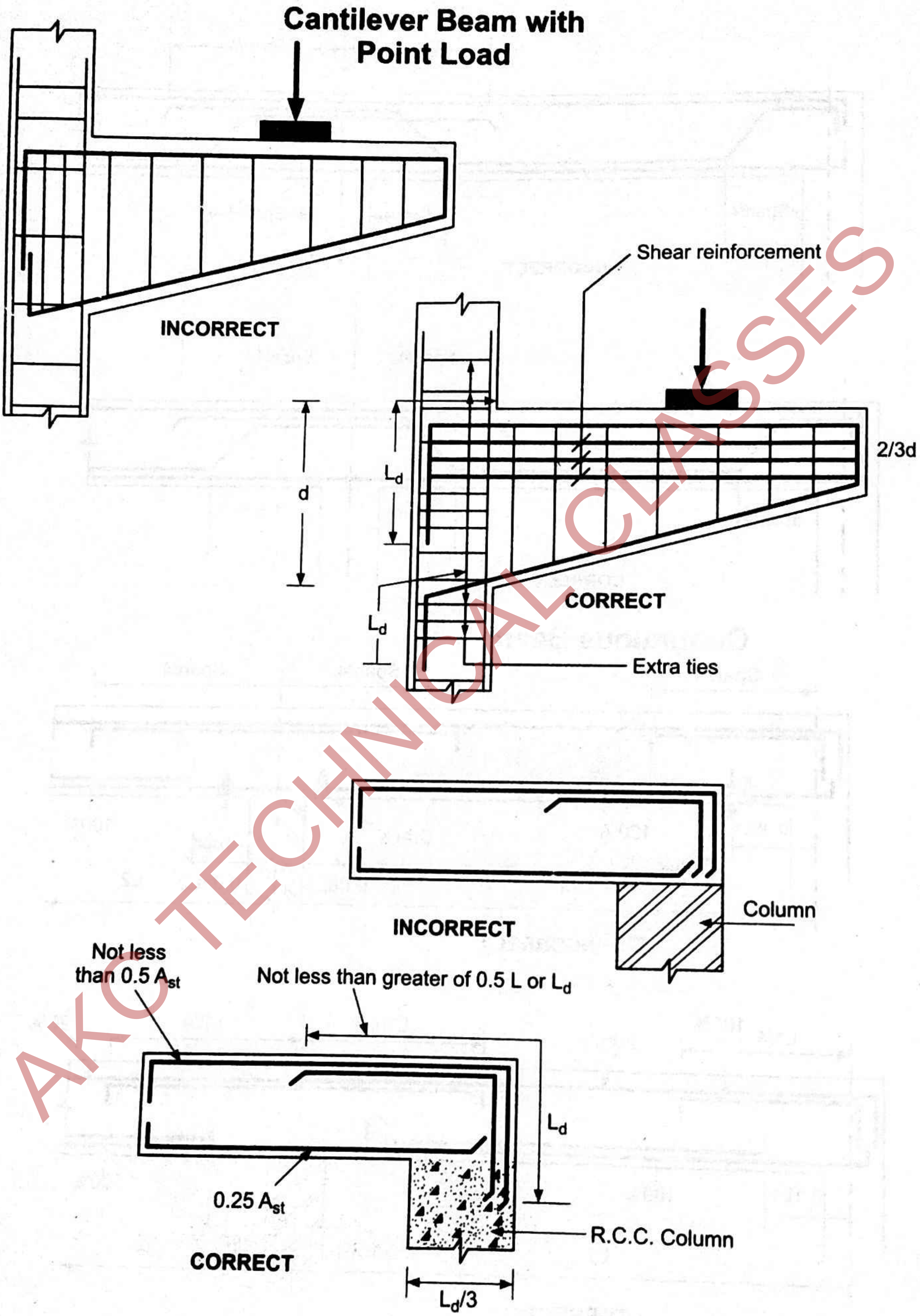


Continuous Beam



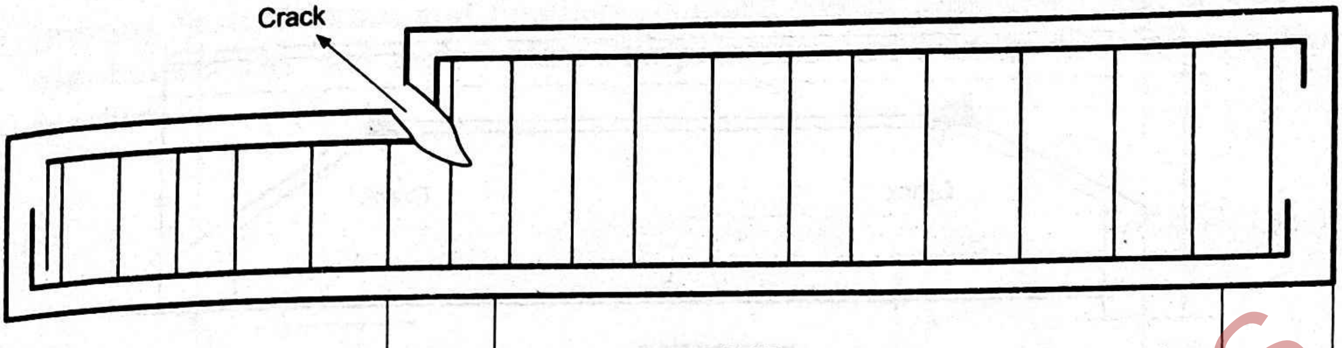
AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 3.17

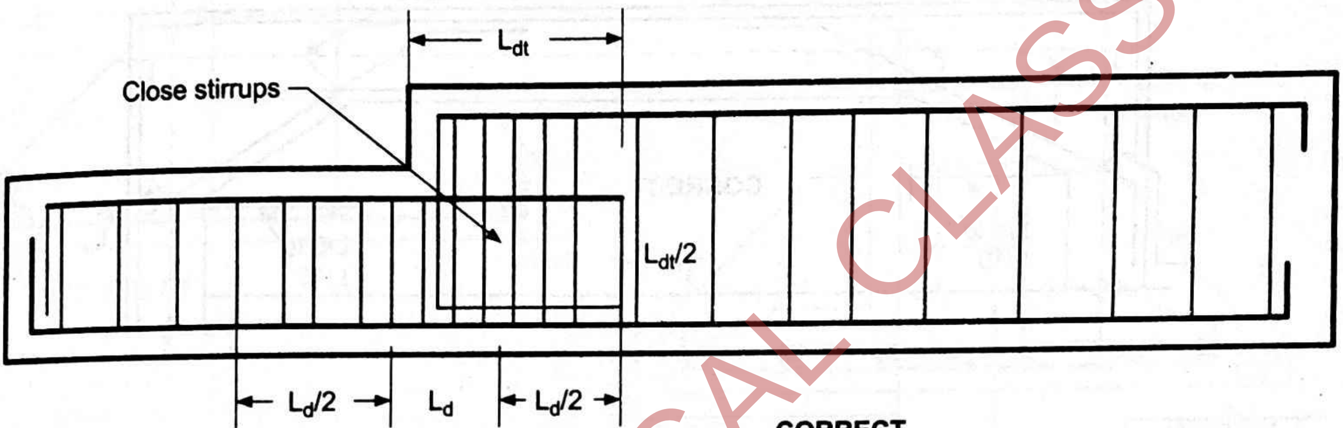


DRG No. 3.18

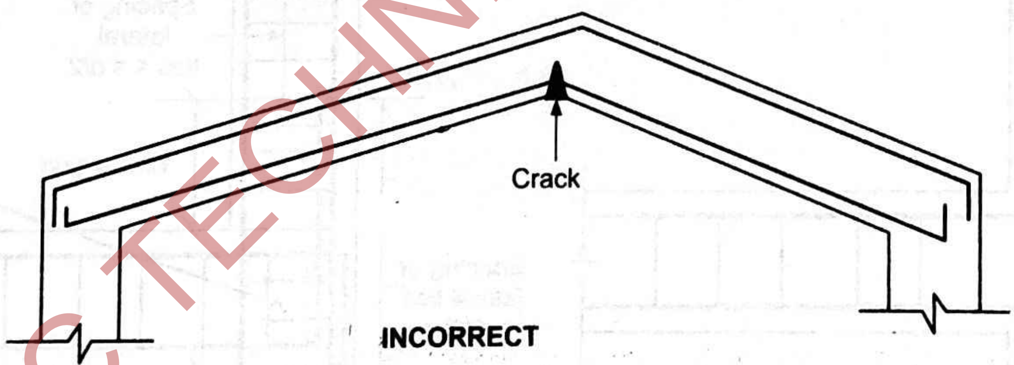
AKC TECHNICAL CLASSES



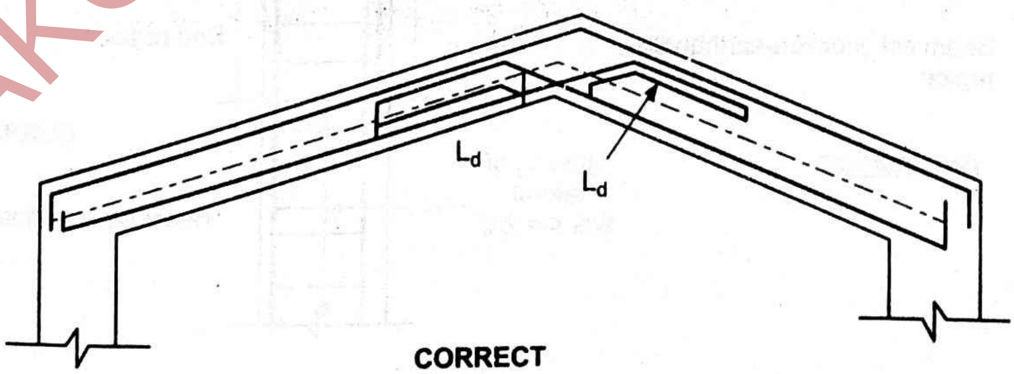
INCORRECT



CORRECT



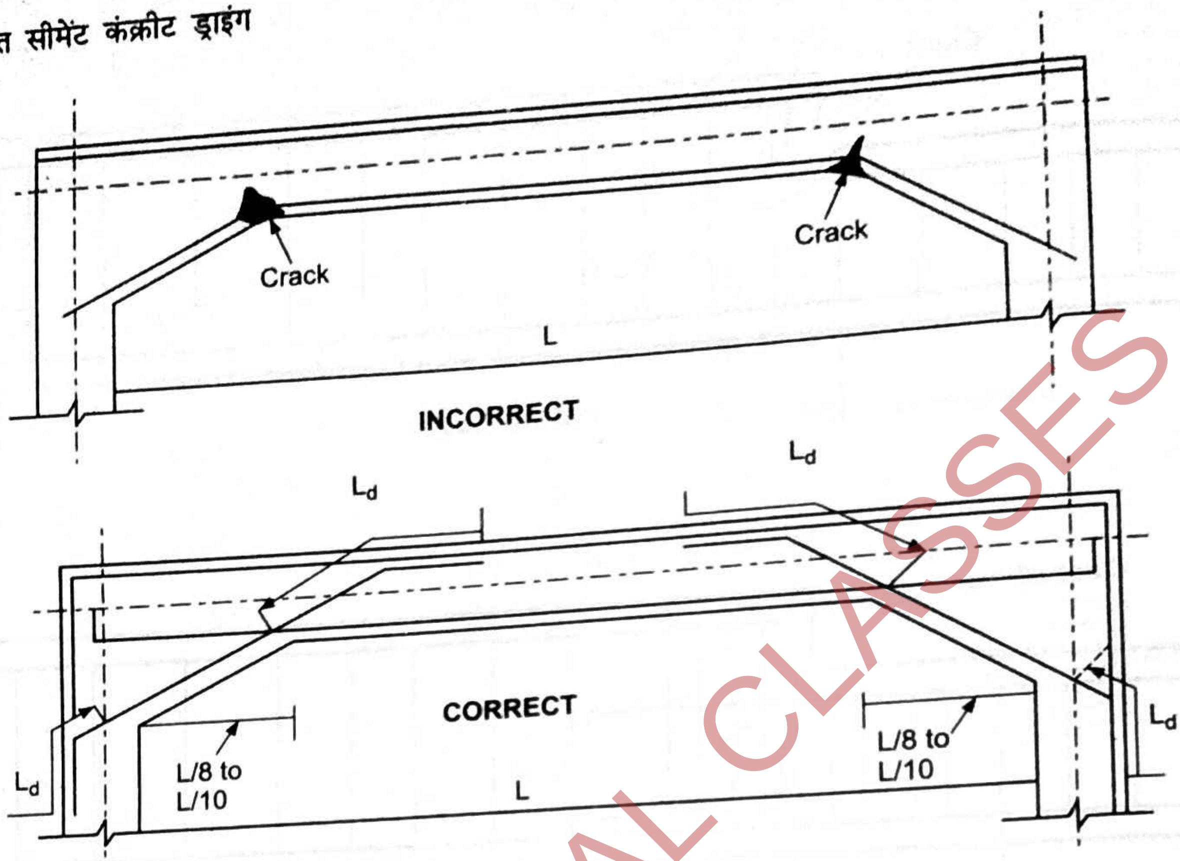
INCORRECT

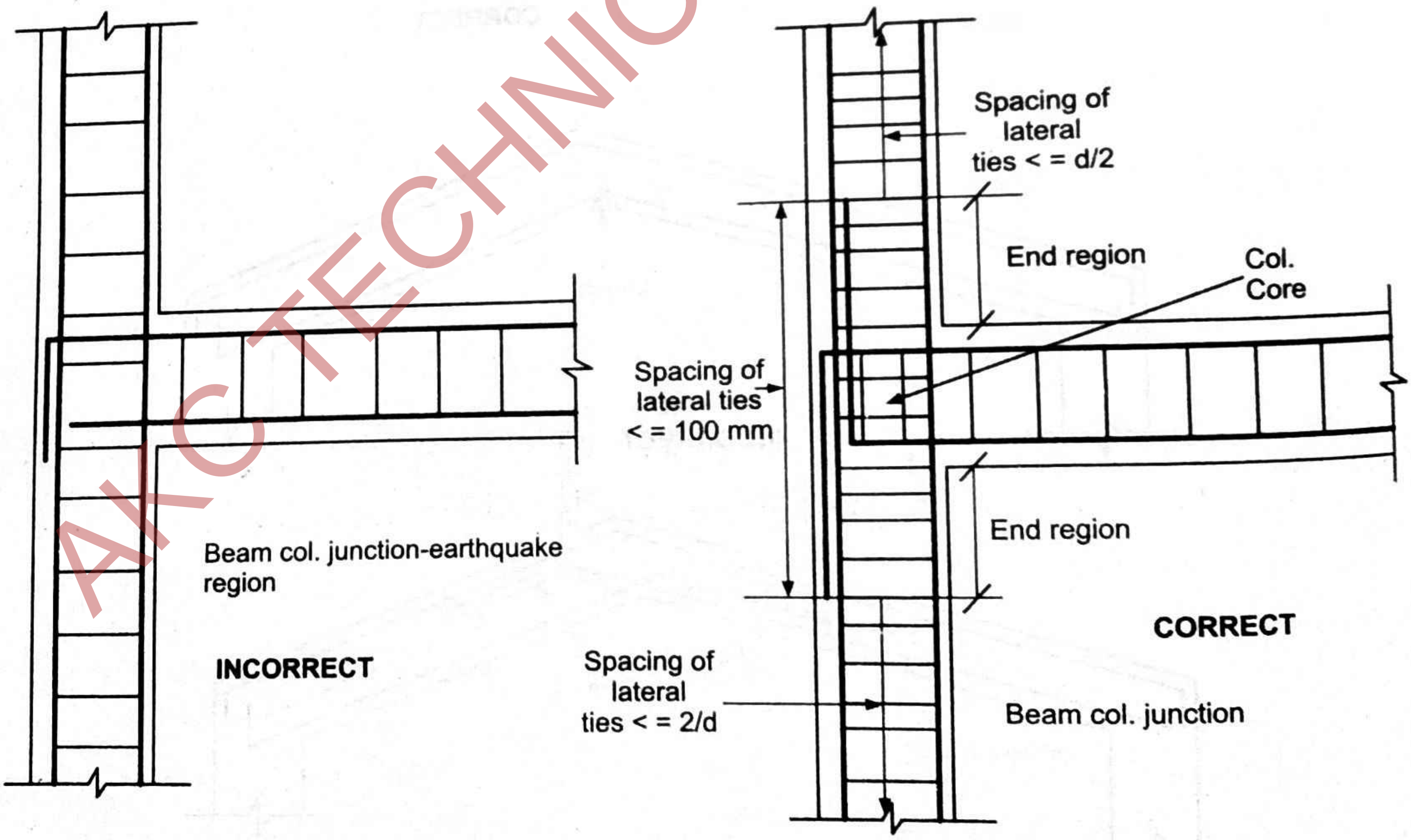


CORRECT

DRG No. 3.19

AKC TECHNICAL CLASSES

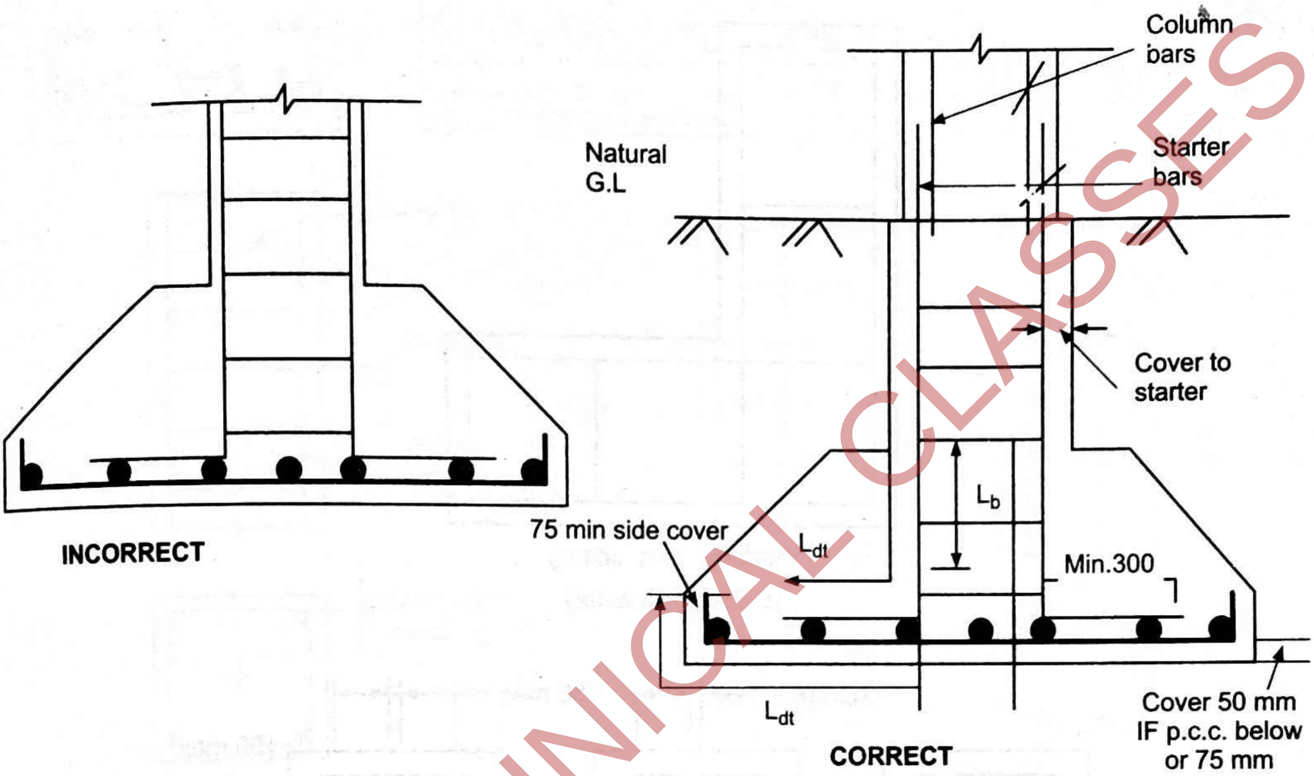




AKC TECHNICAL CLASSES

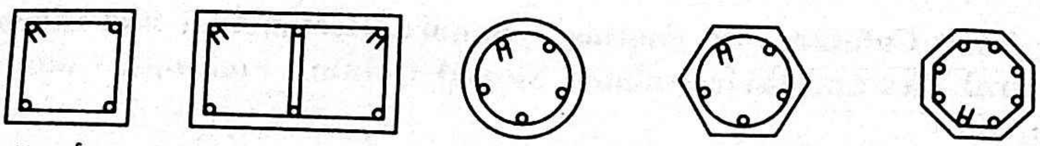
DRG No. 3.20

IV. Drawing No.4: Columns and Footings—Square, Rectangular and Circular Columns with Lateral Ties and their Isolated Sloped Column Footings, Column and Beam Junction

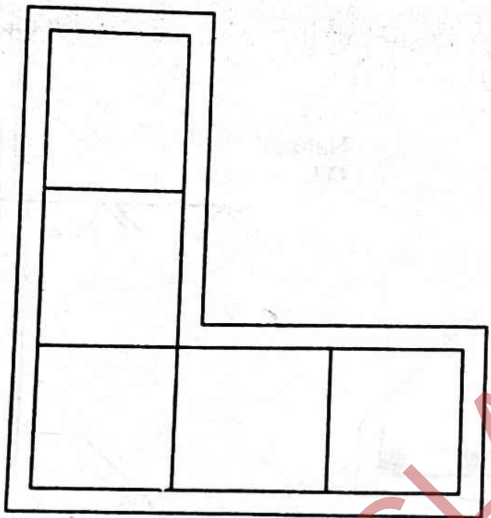


DRG No. 4.1

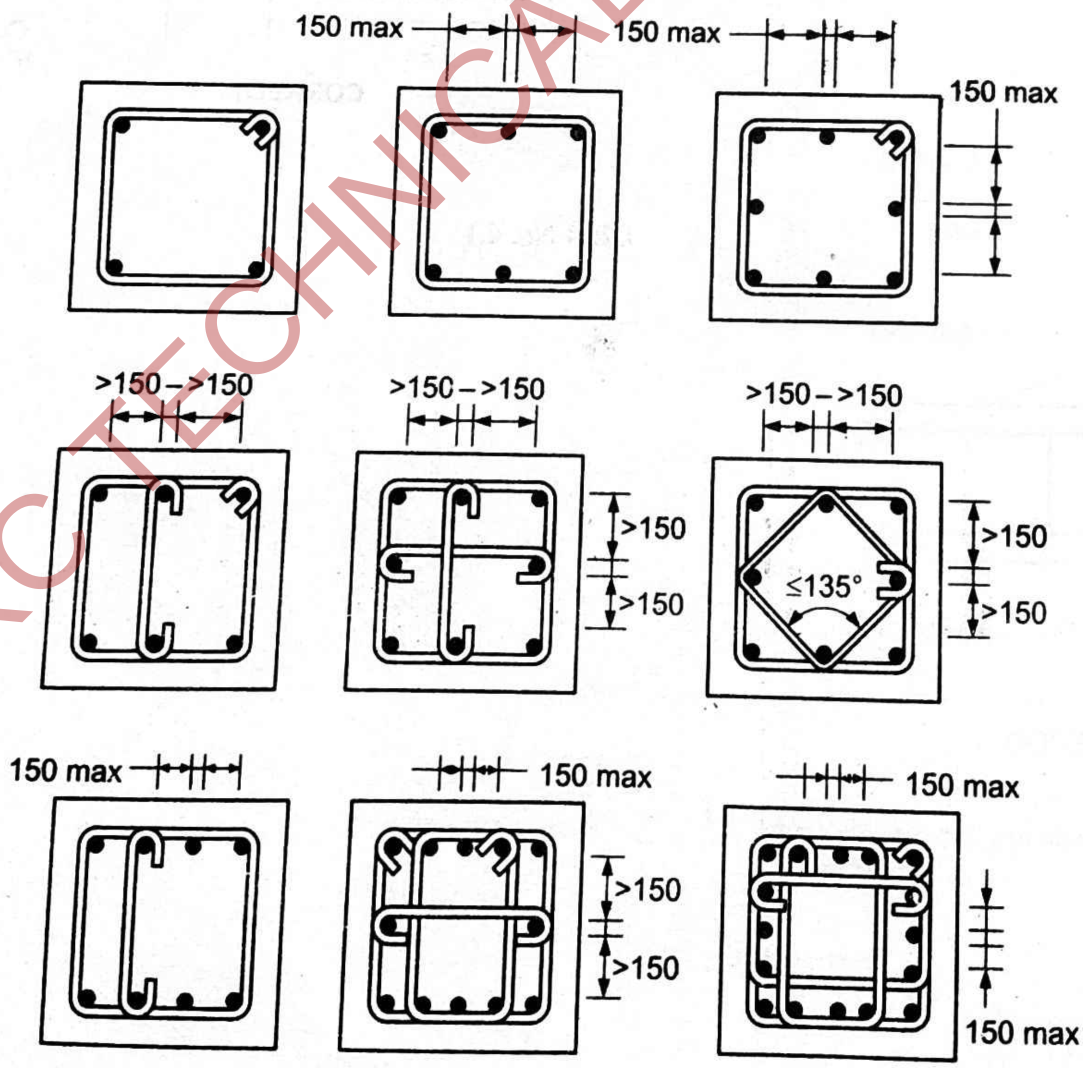
AKC TECHNICAL CLASSES



(i) वर्गाकार (Square) (ii) आयताकार (Rectangular) (iii) वृत्ताकार (Circular) (iv) षटभुजाकार (Hexagonal) (v) अषटभुजाकार (Octagonal)

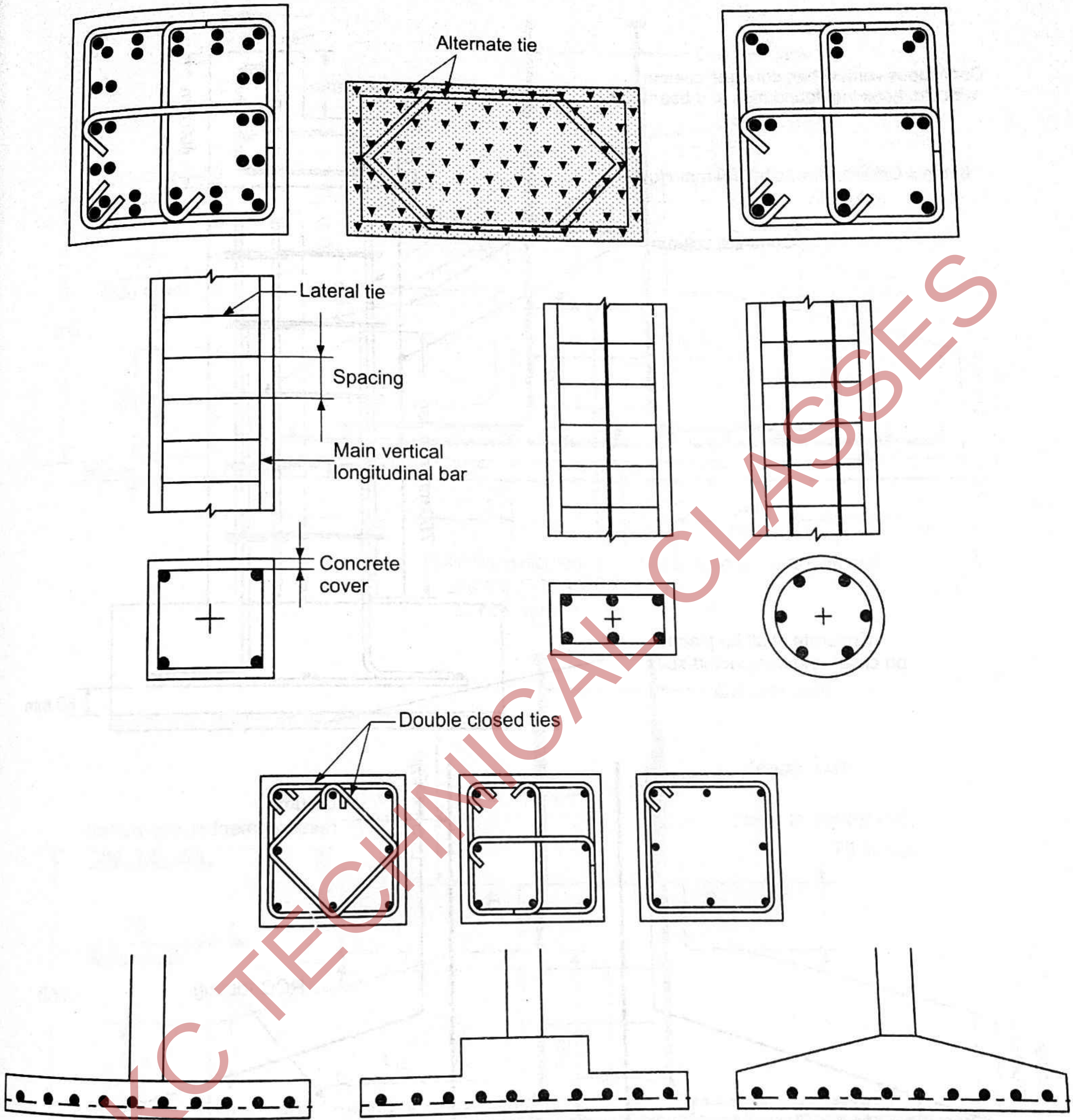


समकोणीय (एल-आकार)
(L-Shape Column)



DRG No. 4.2

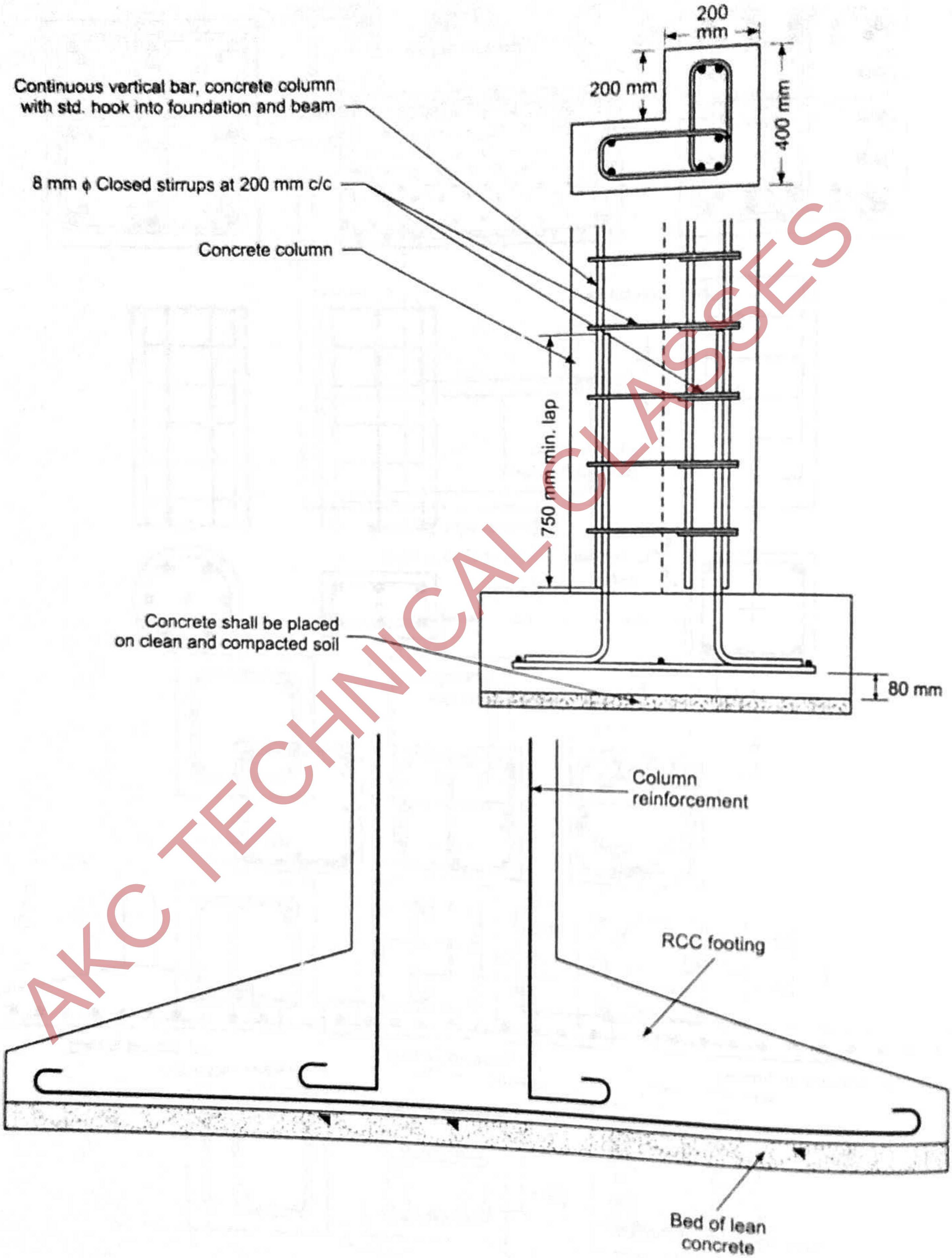
AKC TECHNICAL CLASSES



(a) Single-slab footing (b) Stepped footing (c) Sloped footing

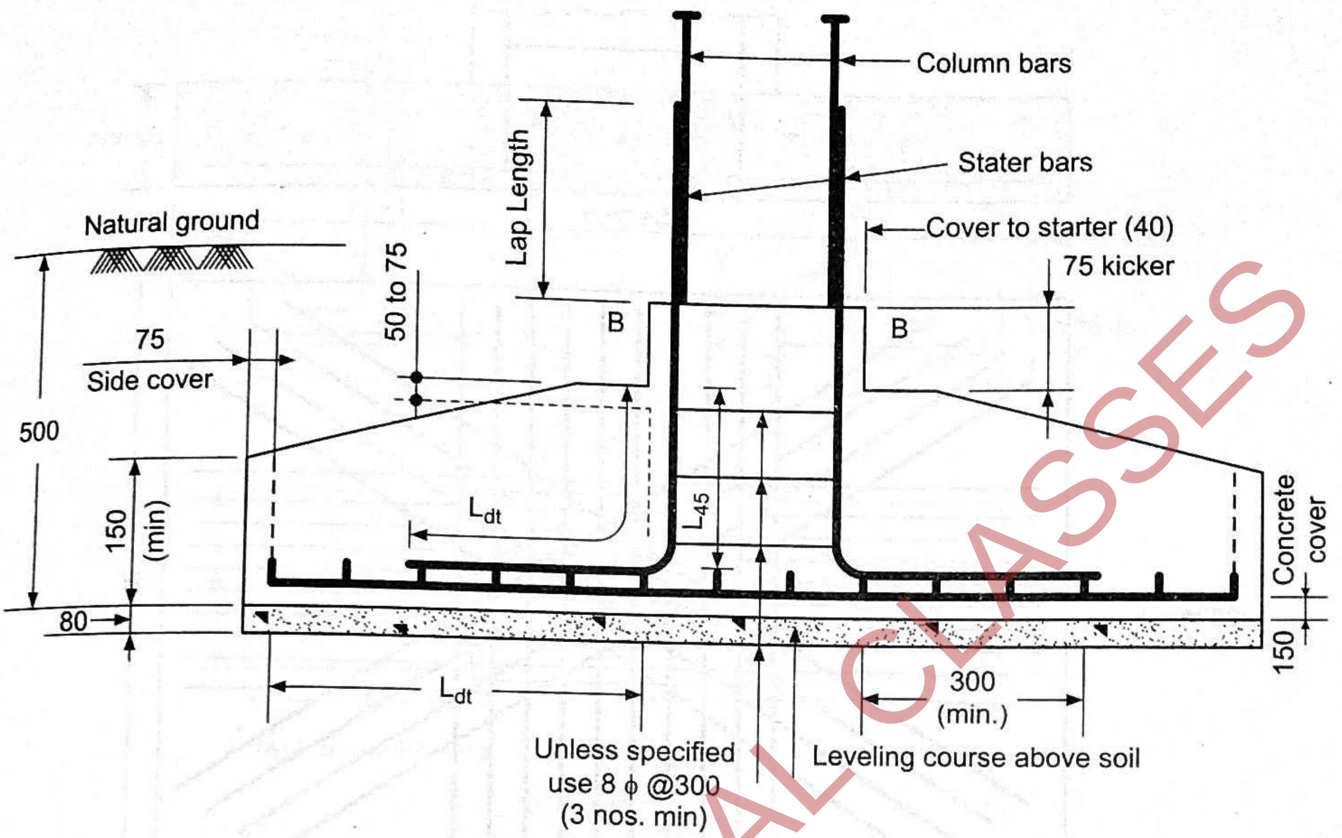
DRG No. 4.3

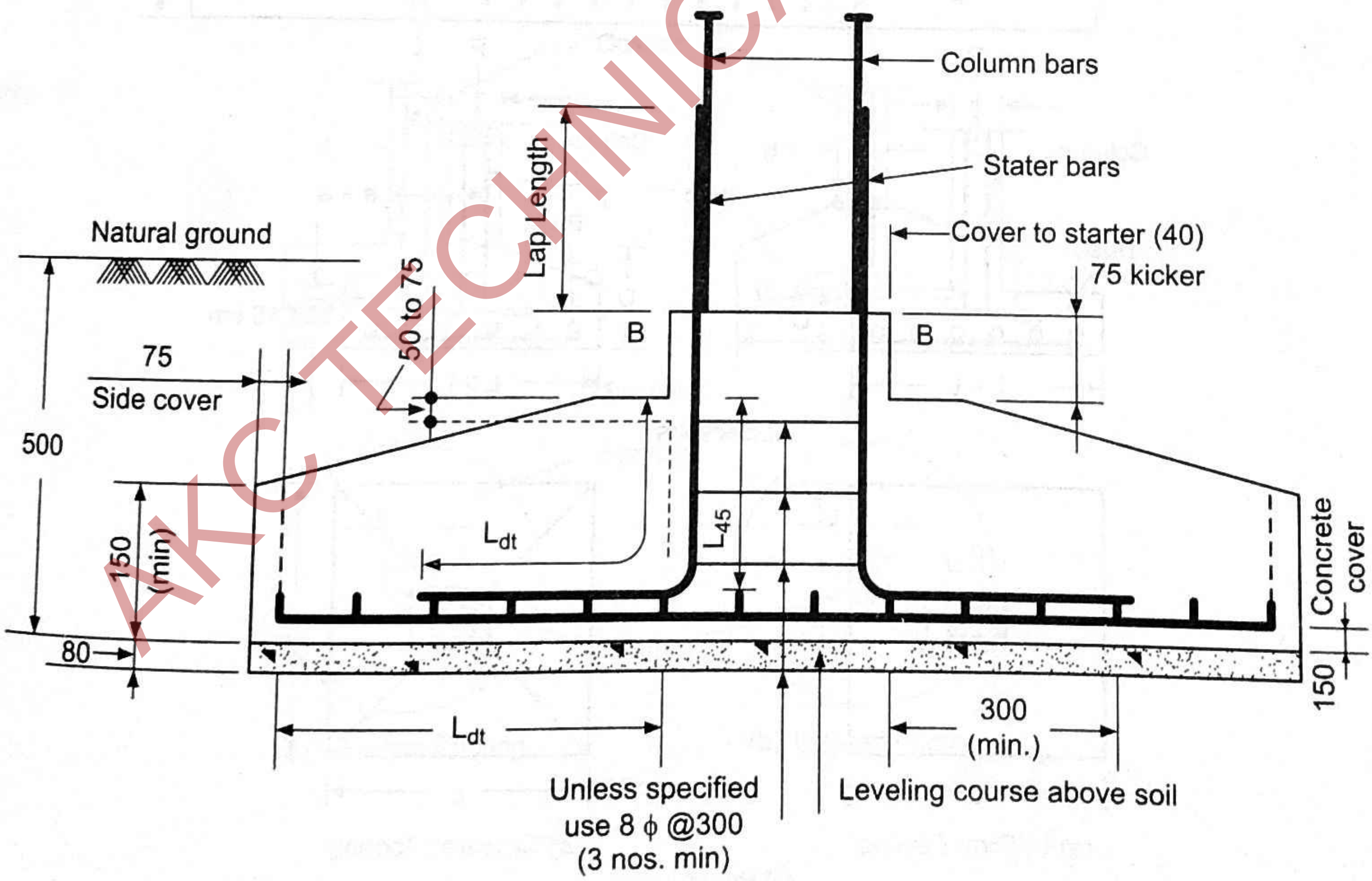
AKC TECHNICAL CLASSES



AKC TECHNICAL CLASSES

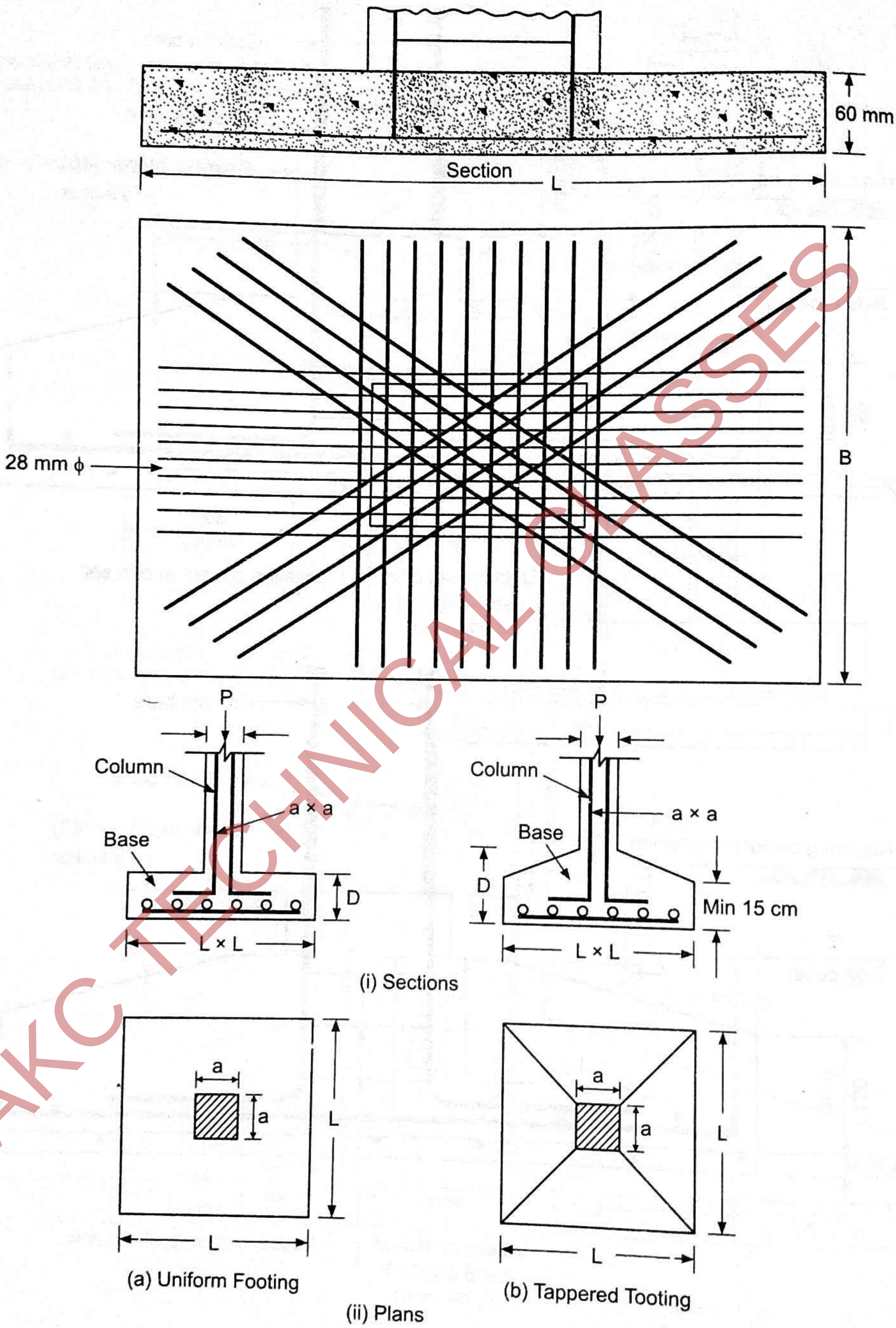
DRG No. 4.4





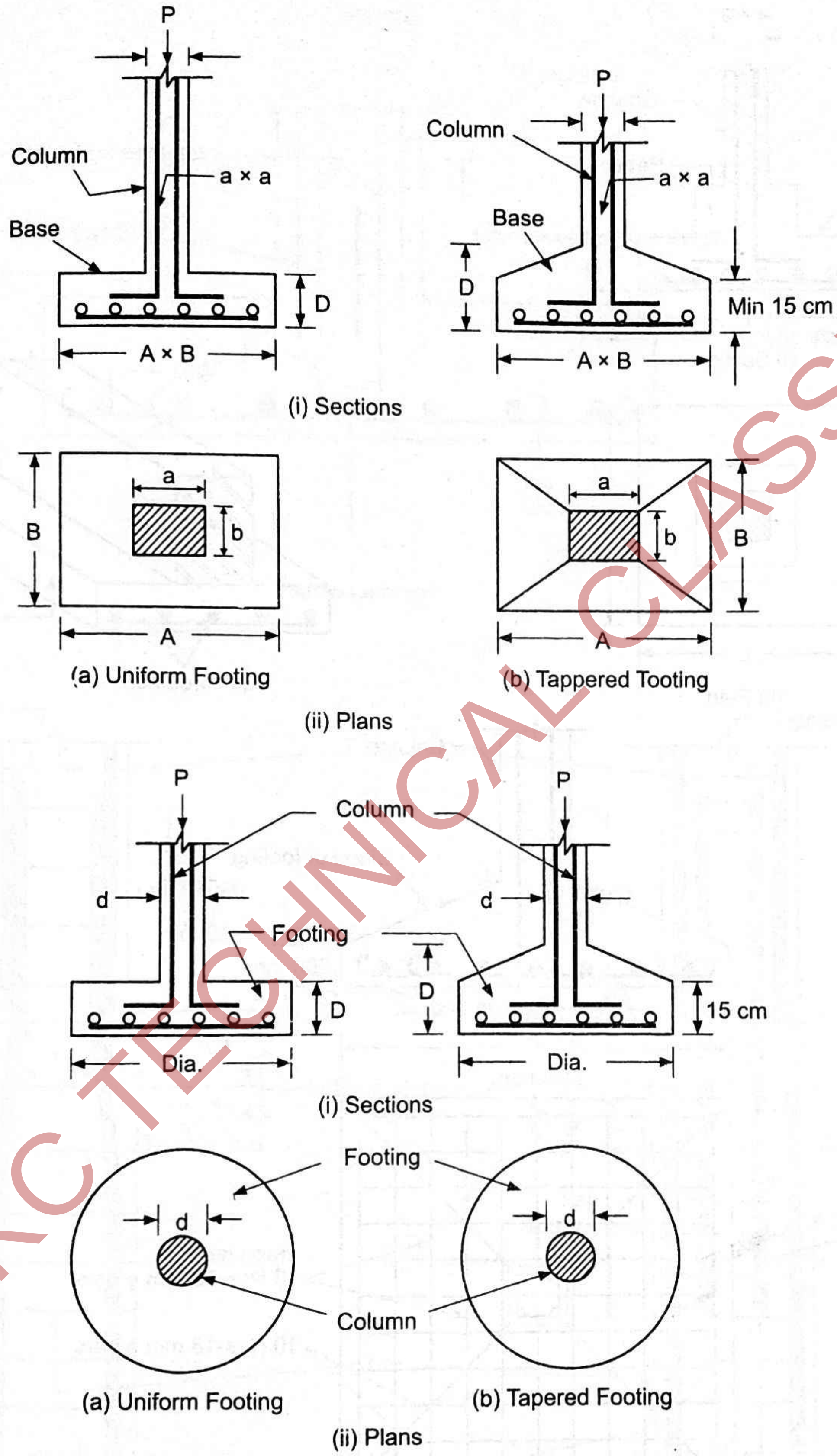
AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 4.5



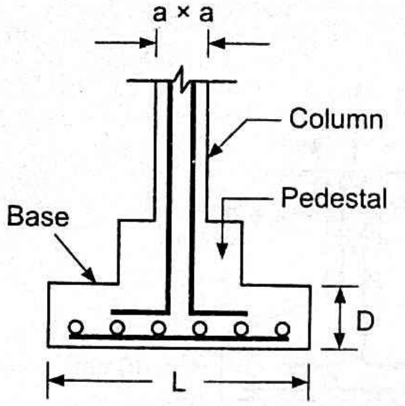
AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 4.6

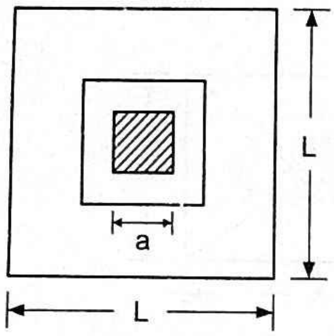


DRG No. 4.7

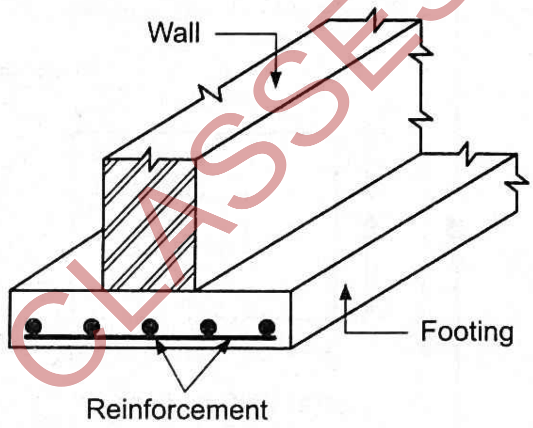
AKC TECHNICAL CLASSES

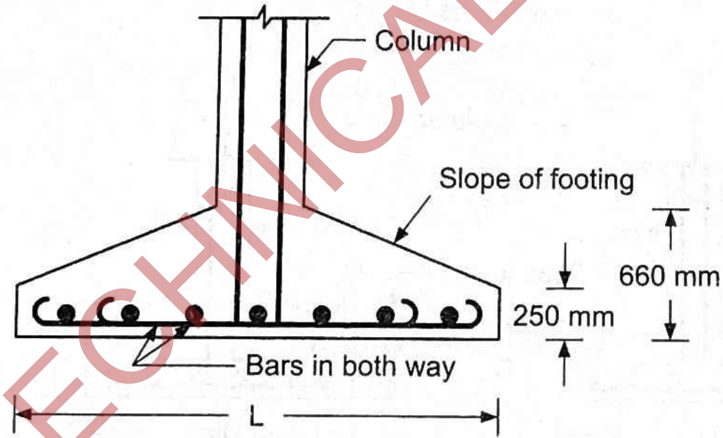


(i) Section

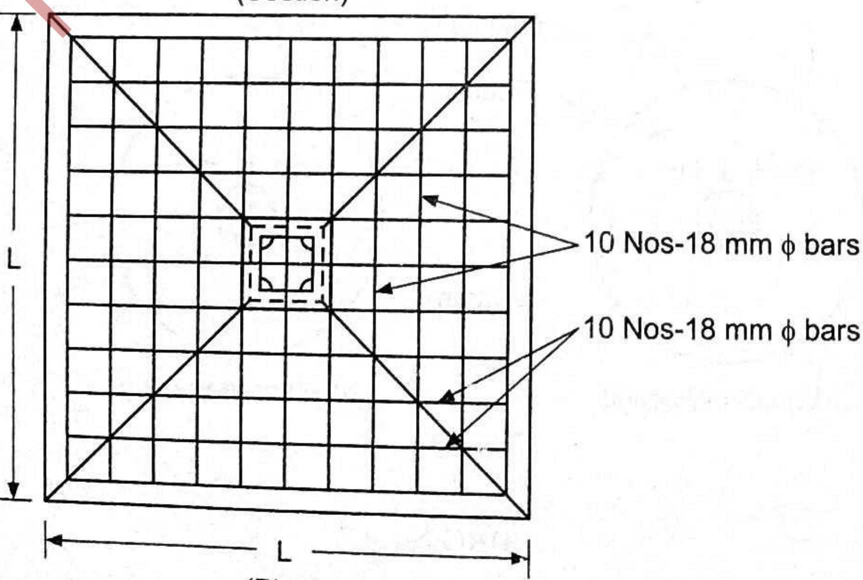


(ii) Plan





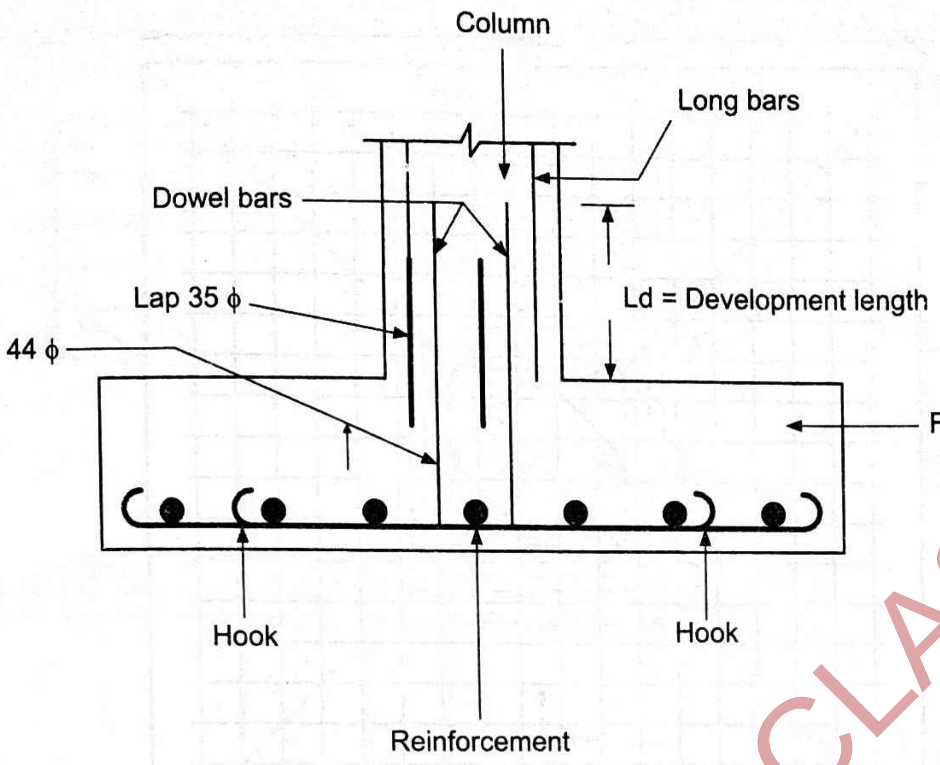
(Section)

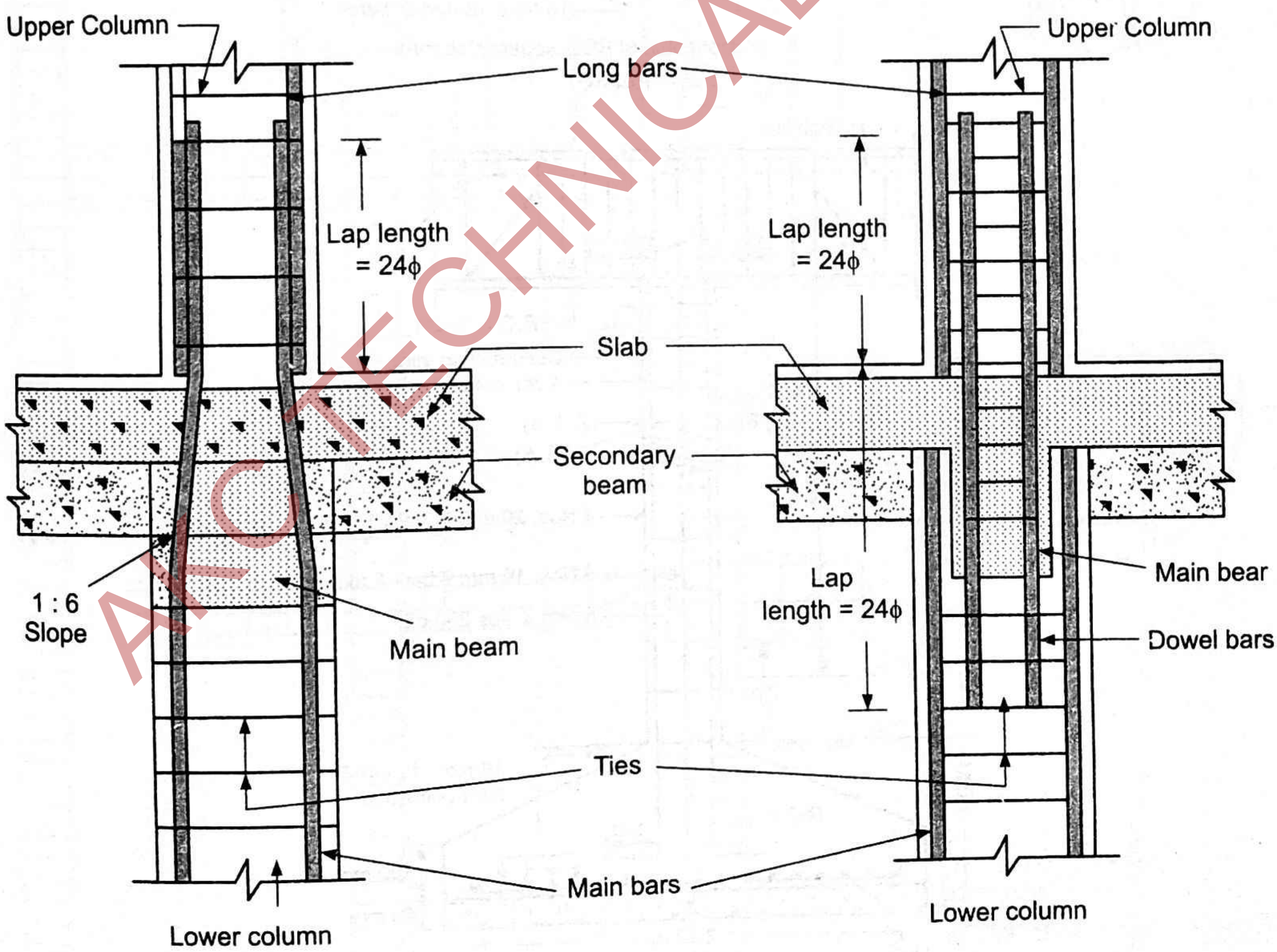


(Plan)

DRG No. 4.8

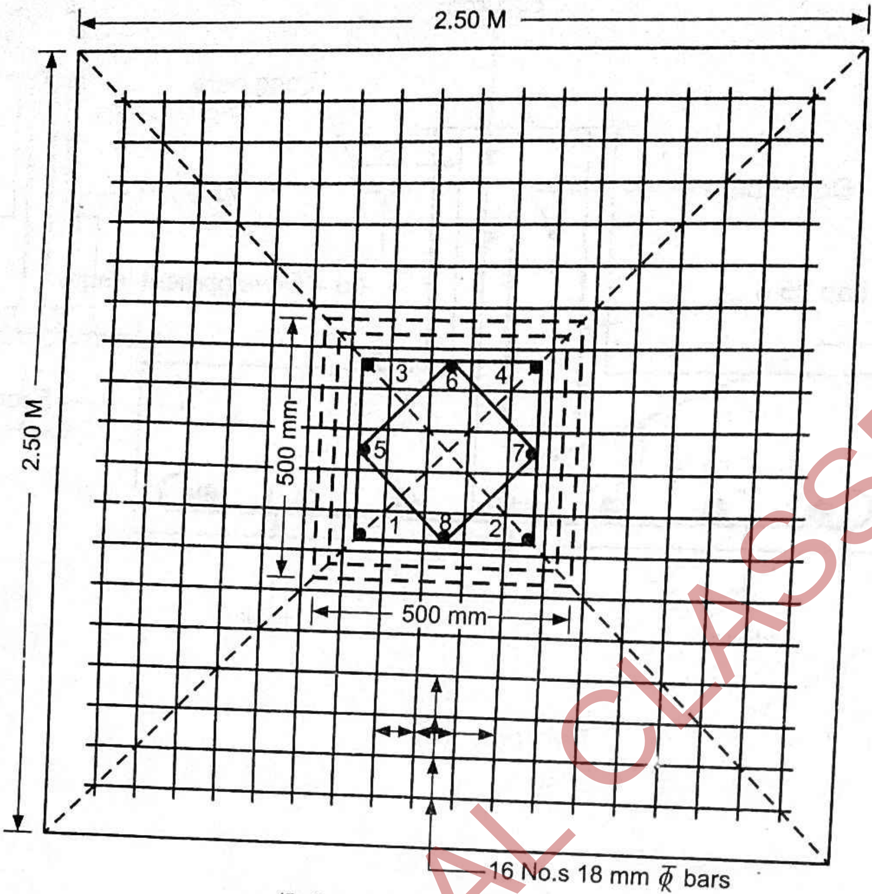
AKC TECHNICAL CLASSES





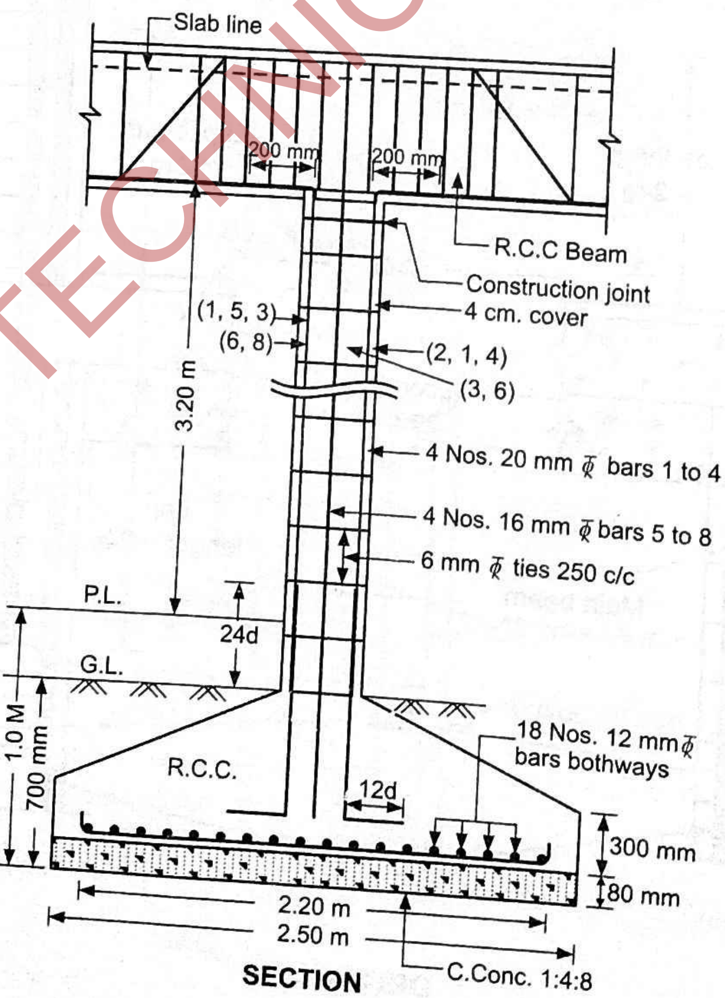
AKTECHNICAL CLASSES

DRG No. 4.9



(Bottom plan of RCC Square Column)

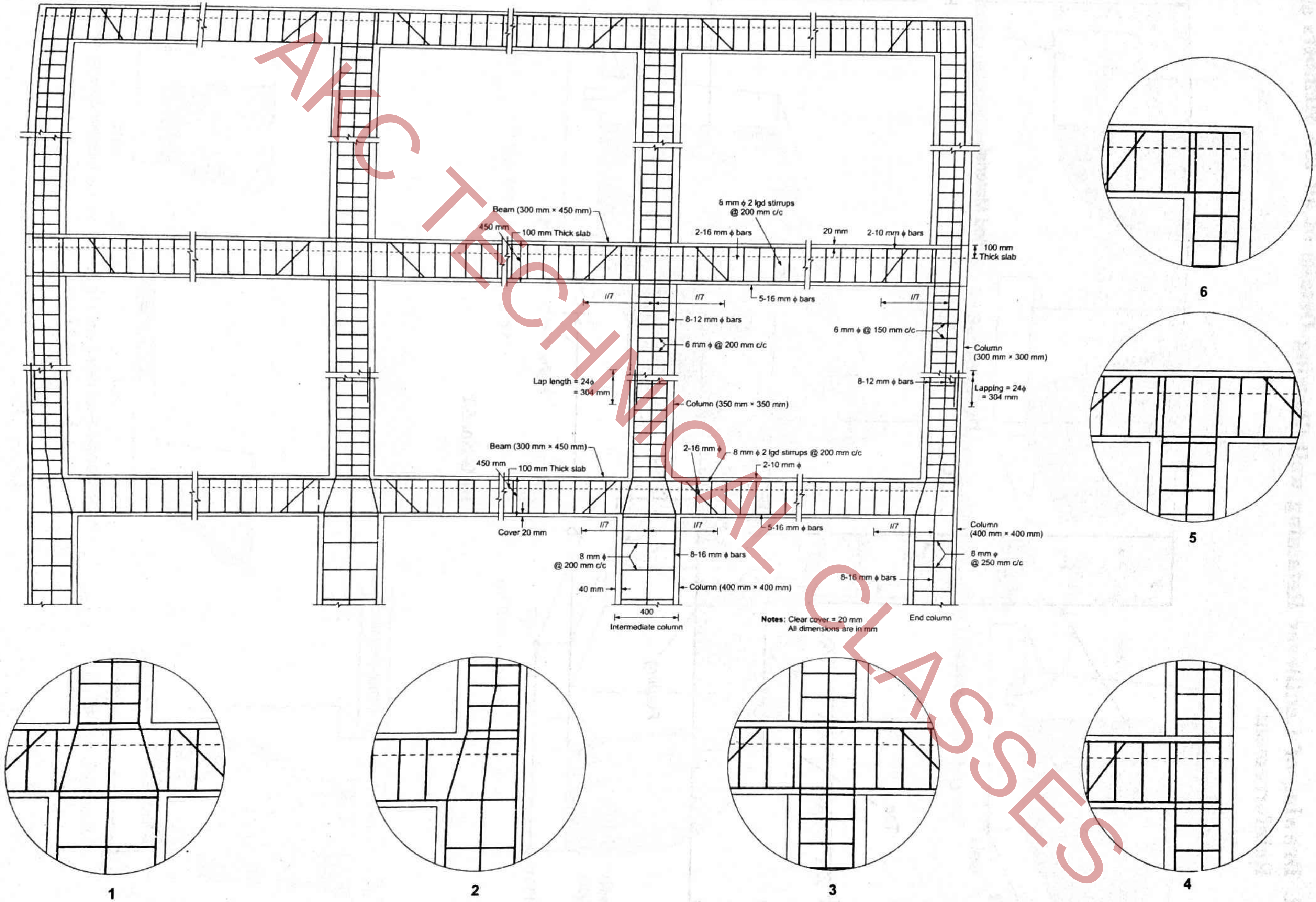
PLAN



SECTION

AKC TECHNICAL CLASSES

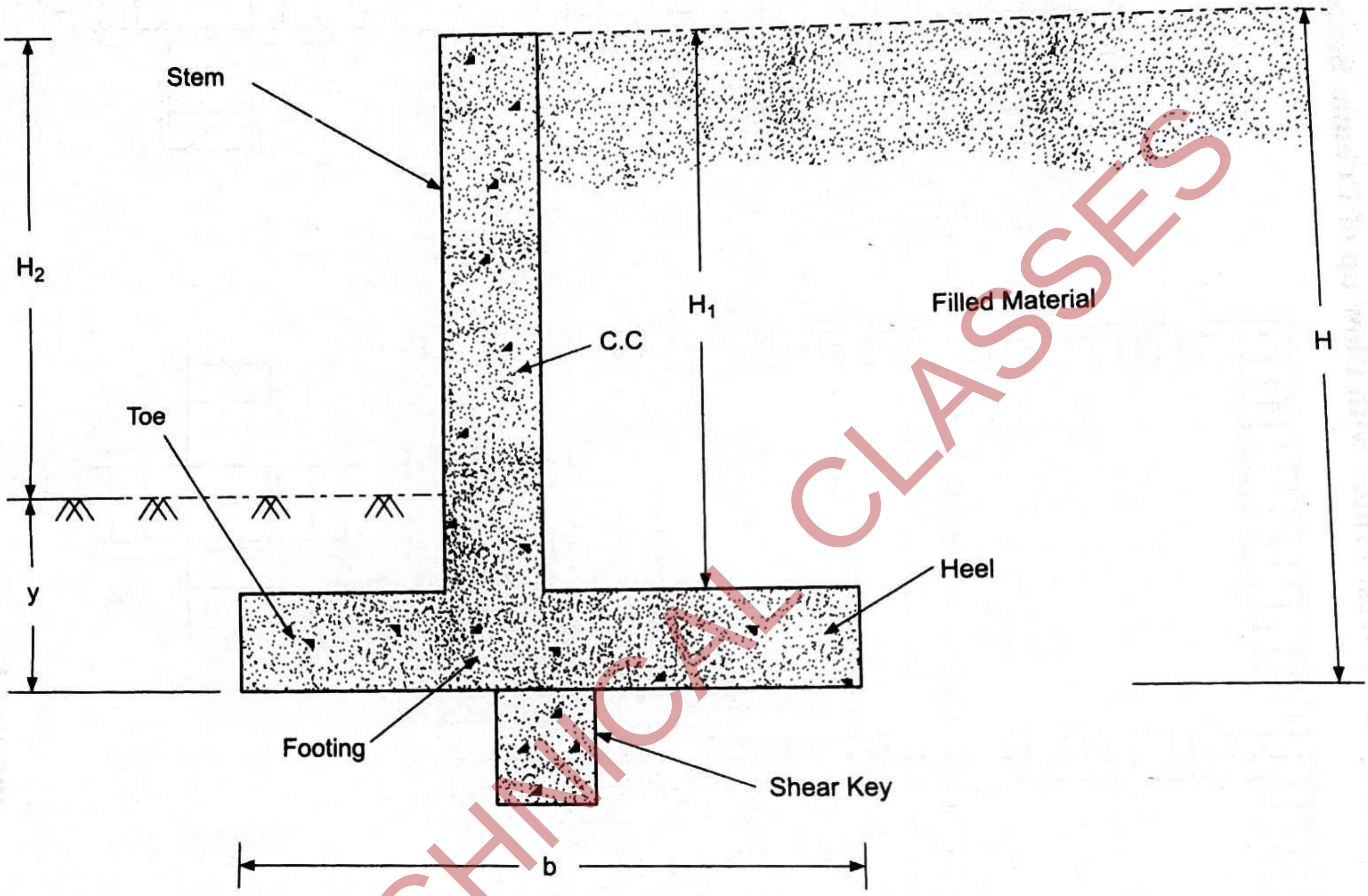
V. *Drawing No. 5: Portal Frame*—Three Bay two Storey RC Portal Frame with Blow up of Column Beam Junctions.



DRG No. 5.1

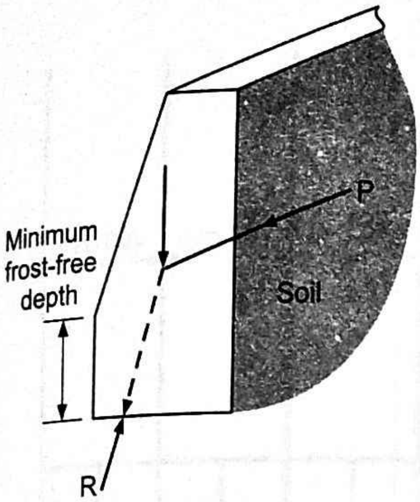
AKC TECHNICAL CLASSES

VI. Drawing of Cantilever Retaining wall Showing Details of all the Members and Reinforcement.

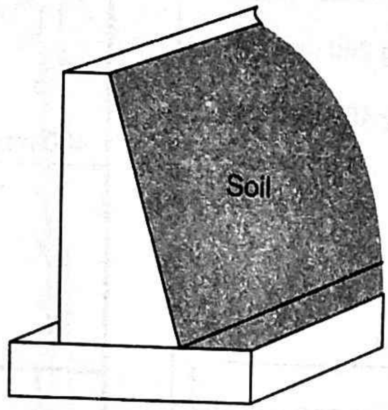


DRG No. 6.1

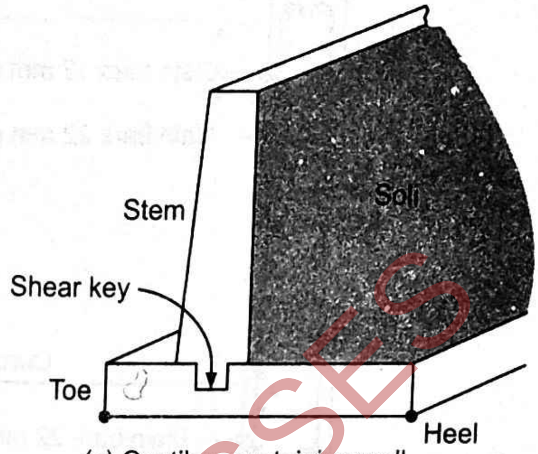
AKC TECHNICAL CLASSES



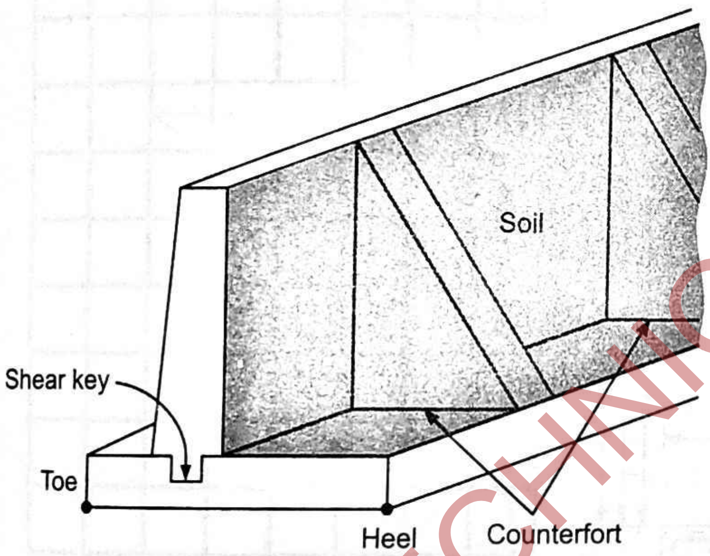
(a) Gravity retaining wall



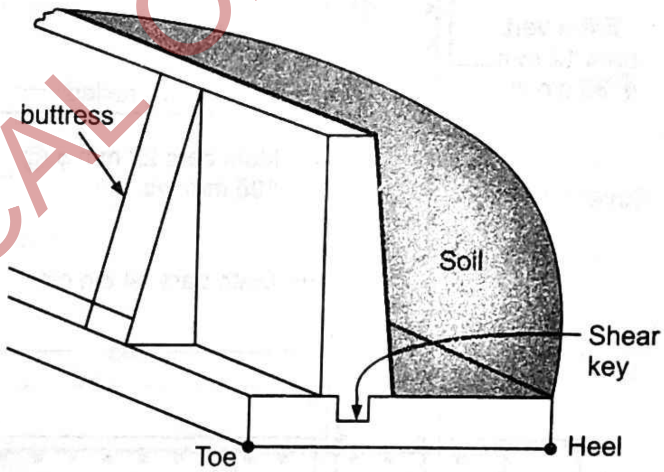
(b) Semi-gravity retaining wall



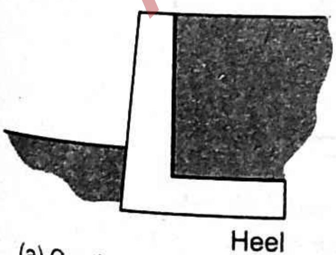
(c) Cantilever retaining wall



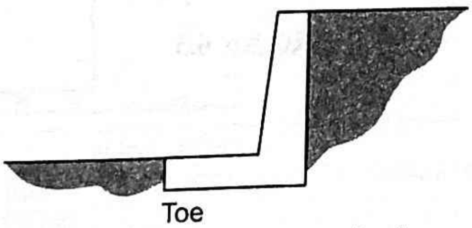
(d) Counterfort retaining wall



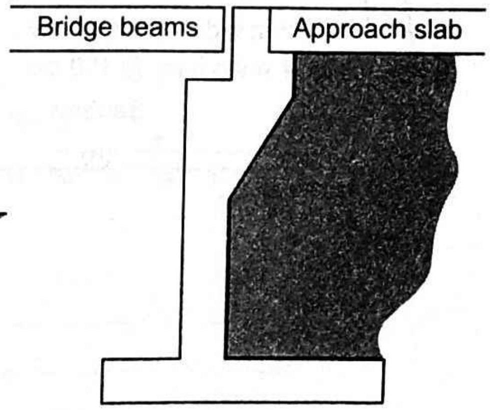
(e) Buttress retaining wall



(a) Cantilever wall without a toe



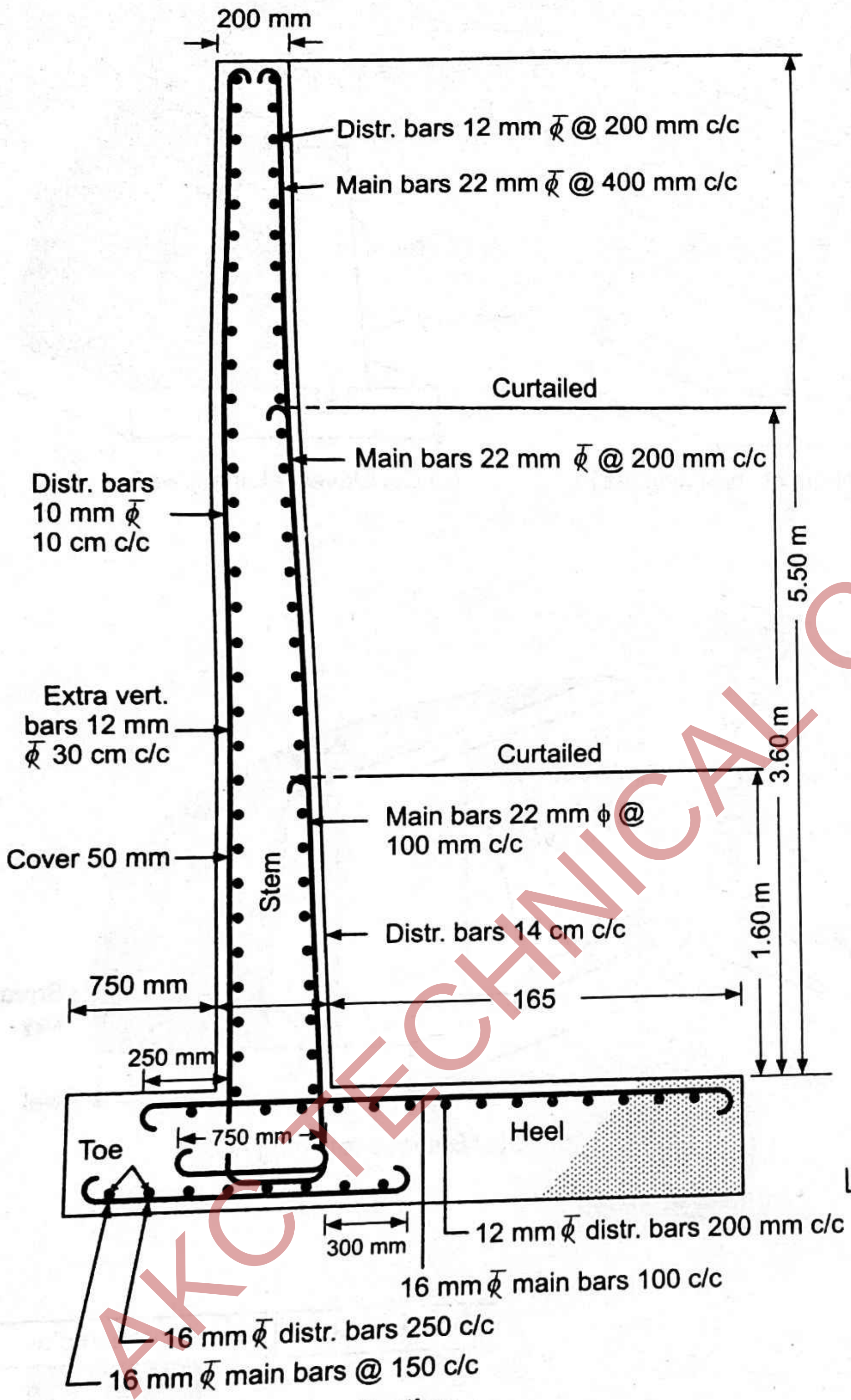
(b) Cantilever wall without a heel



(c) Bridge abutment

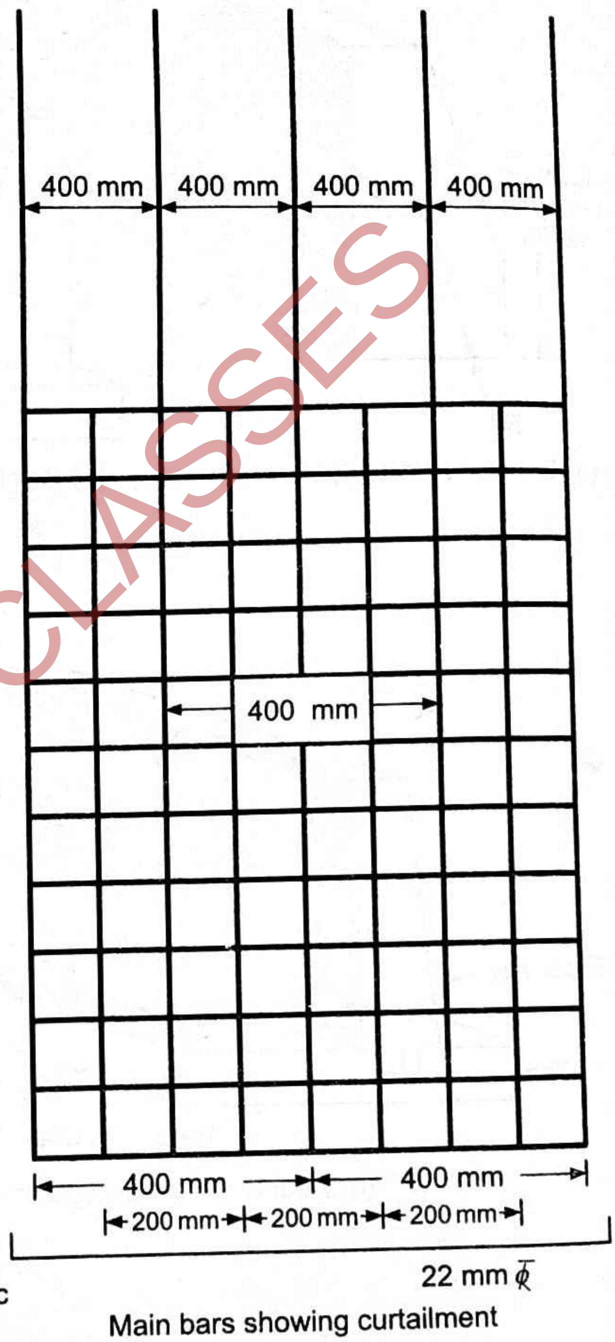
DRG No. 6.2

AKC TECHNICAL CLASSES



Section

(a)

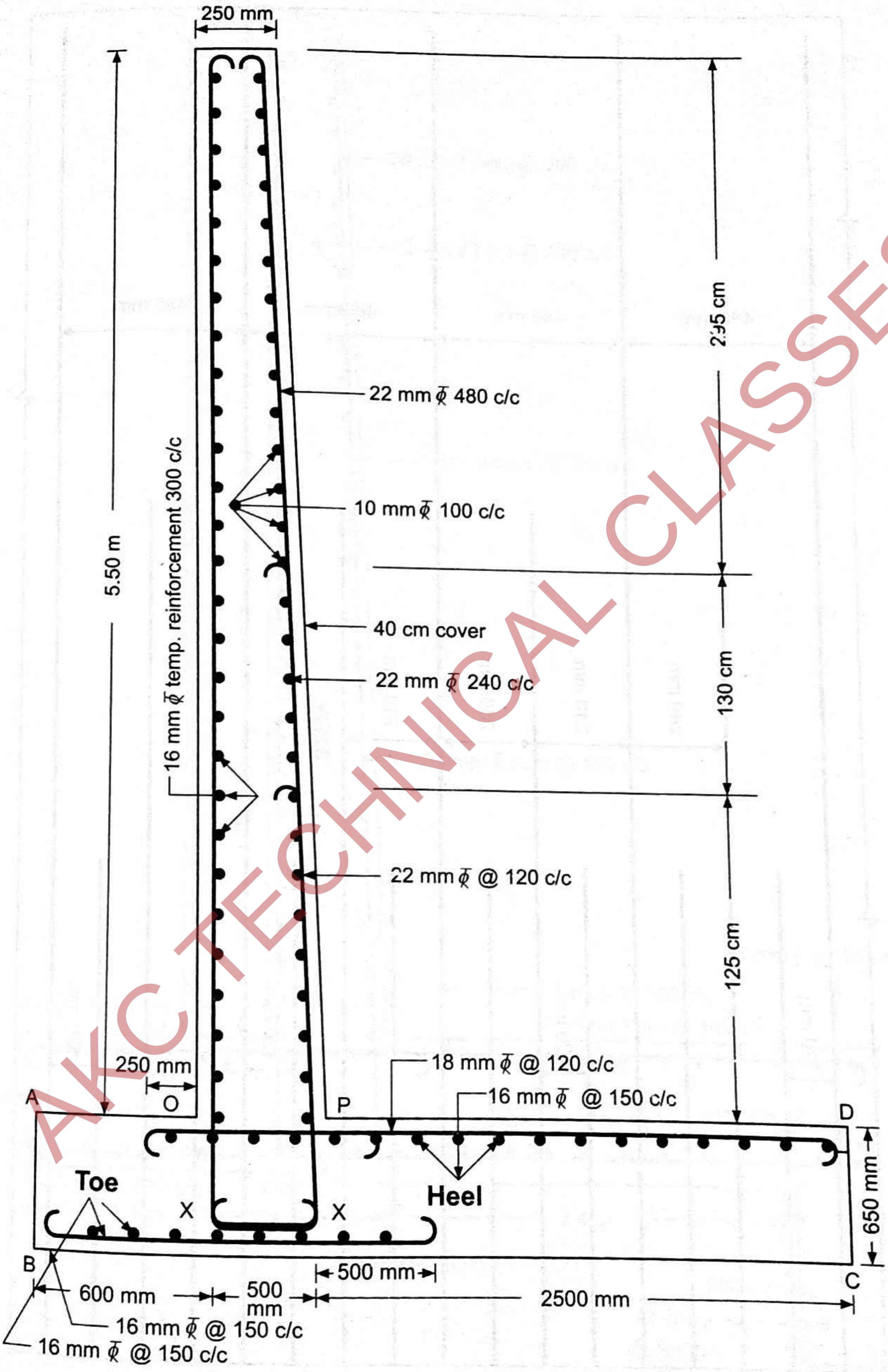


Elevation (lengthwise)

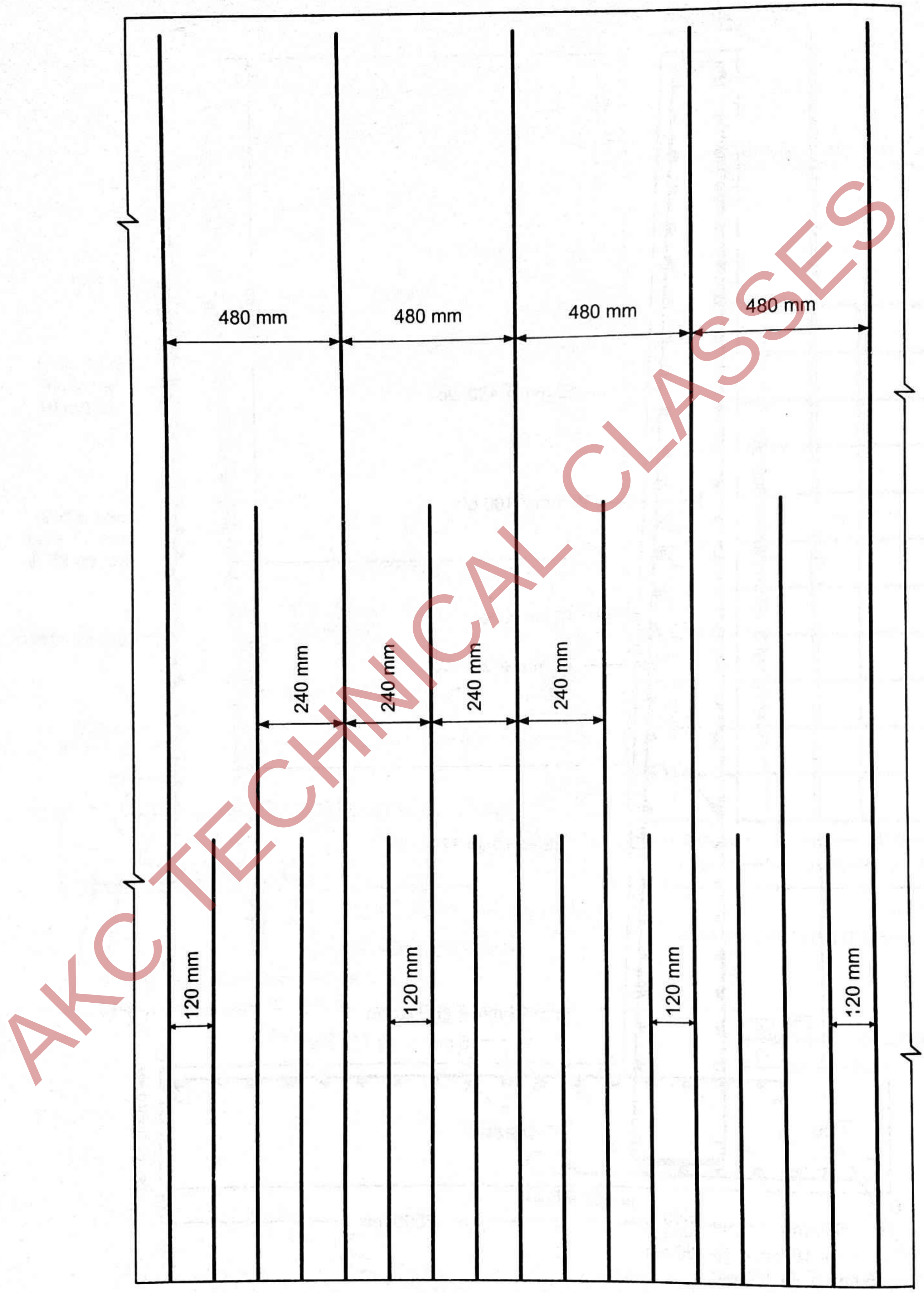
(b)

DRG No. 6.3

AKC TECHNICAL CLASSES

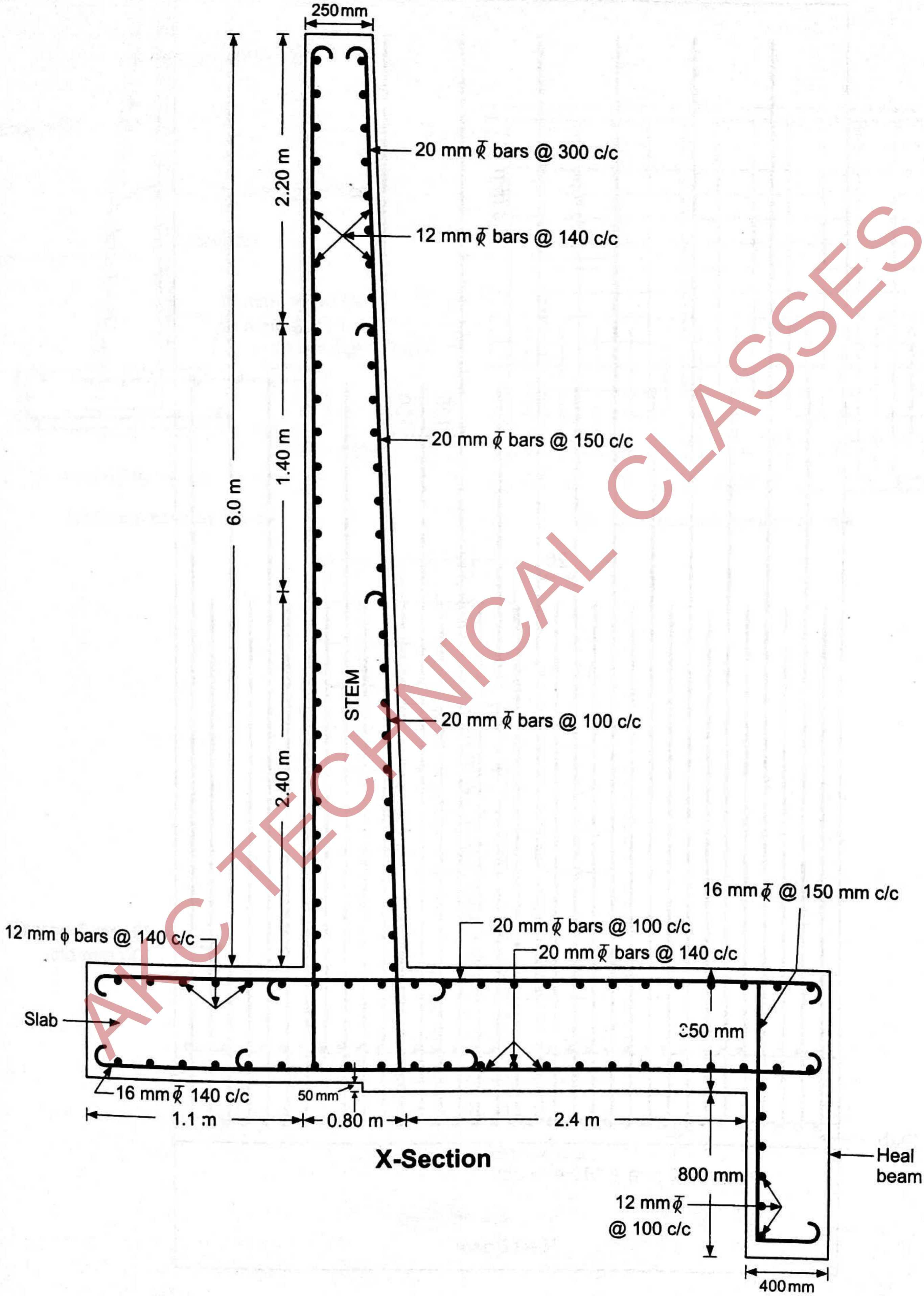

250 mm
5.50 m
16 mm ϕ temp. reinforcement 300 c/c
22 mm ϕ 480 c/c
10 mm ϕ 100 c/c
40 cm cover
22 mm ϕ 240 c/c
22 mm ϕ @ 120 c/c
18 mm ϕ @ 120 c/c
16 mm ϕ @ 150 c/c
250 mm
A
O
P
D
Toe
Heel
X
X
B
C
650 mm
500 mm
600 mm
500 mm
2500 mm
16 mm ϕ @ 150 c/c
16 mm ϕ @ 150 c/c
130 cm
125 cm

DRG No. 6.4



(Cantilever type retaining wall)

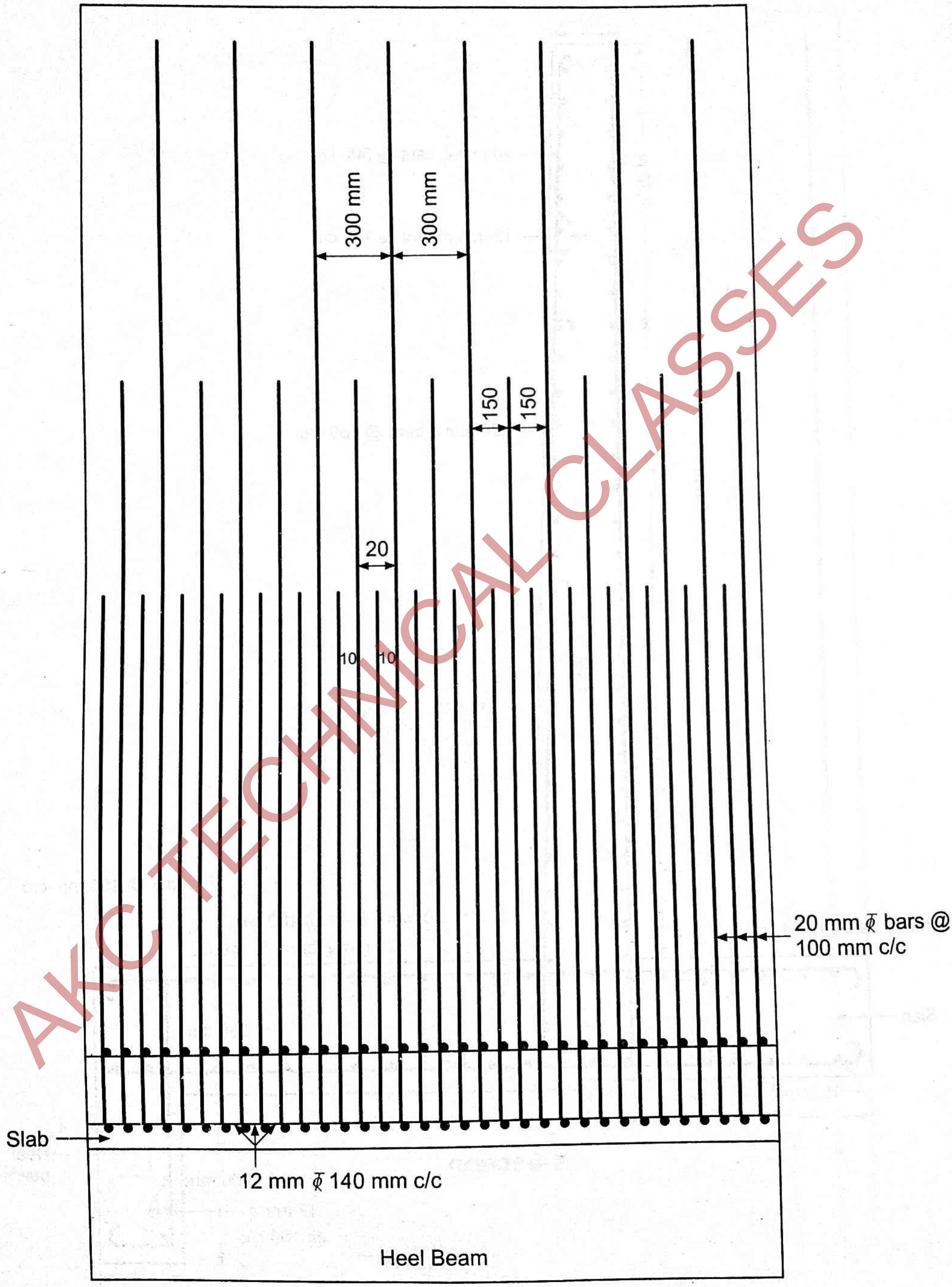
DRG No. 6.5



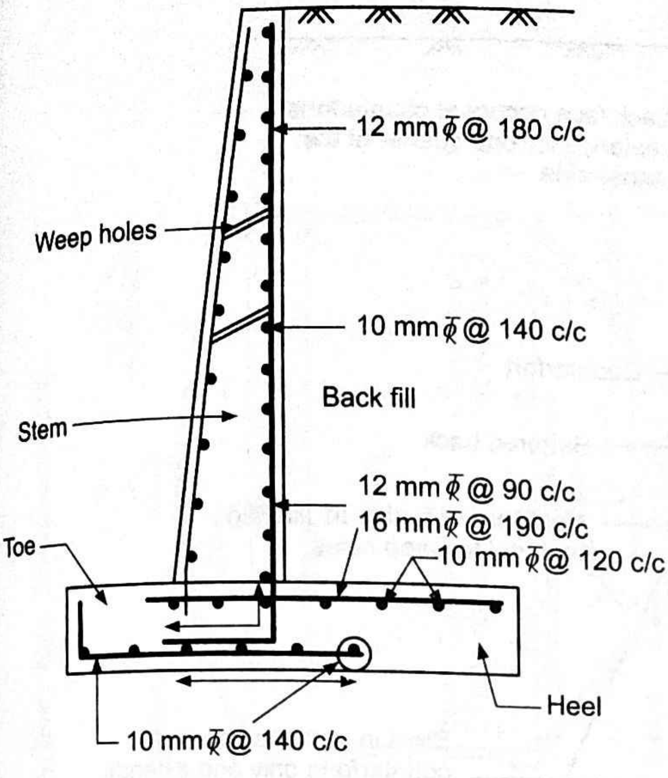
X-Section

AKC TECHNICAL CLASSES

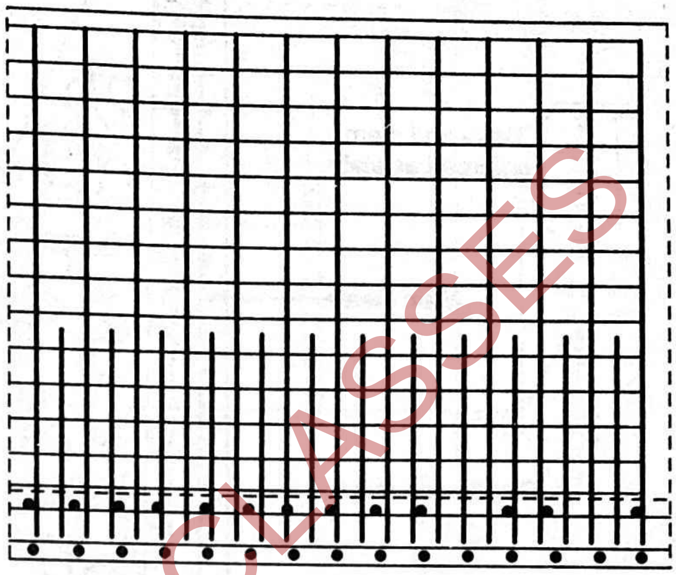
DRG No. 6.6


300 mm
300 mm
150
150
20
10
10
20 mm ⌀ bars @ 100 mm c/c
Slab
12 mm ⌀ 140 mm c/c
Heel Beam
AKC TECHNICAL CLASSES

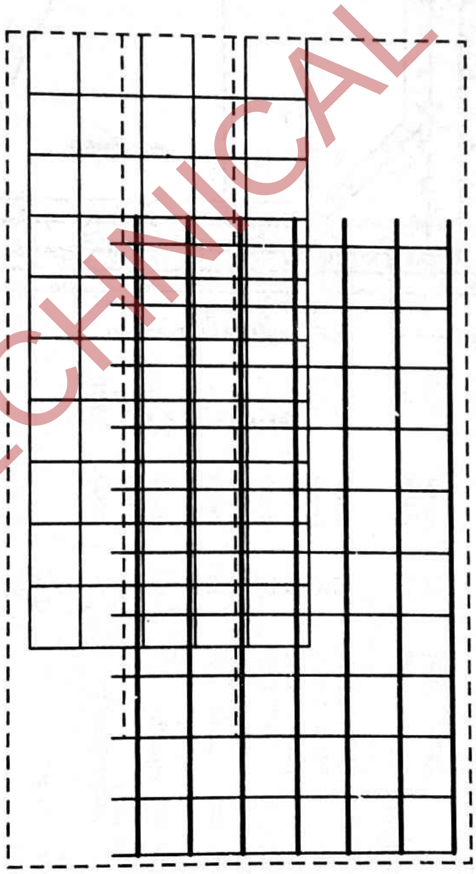
DRG No. 6.7



(a) Cross section of wall



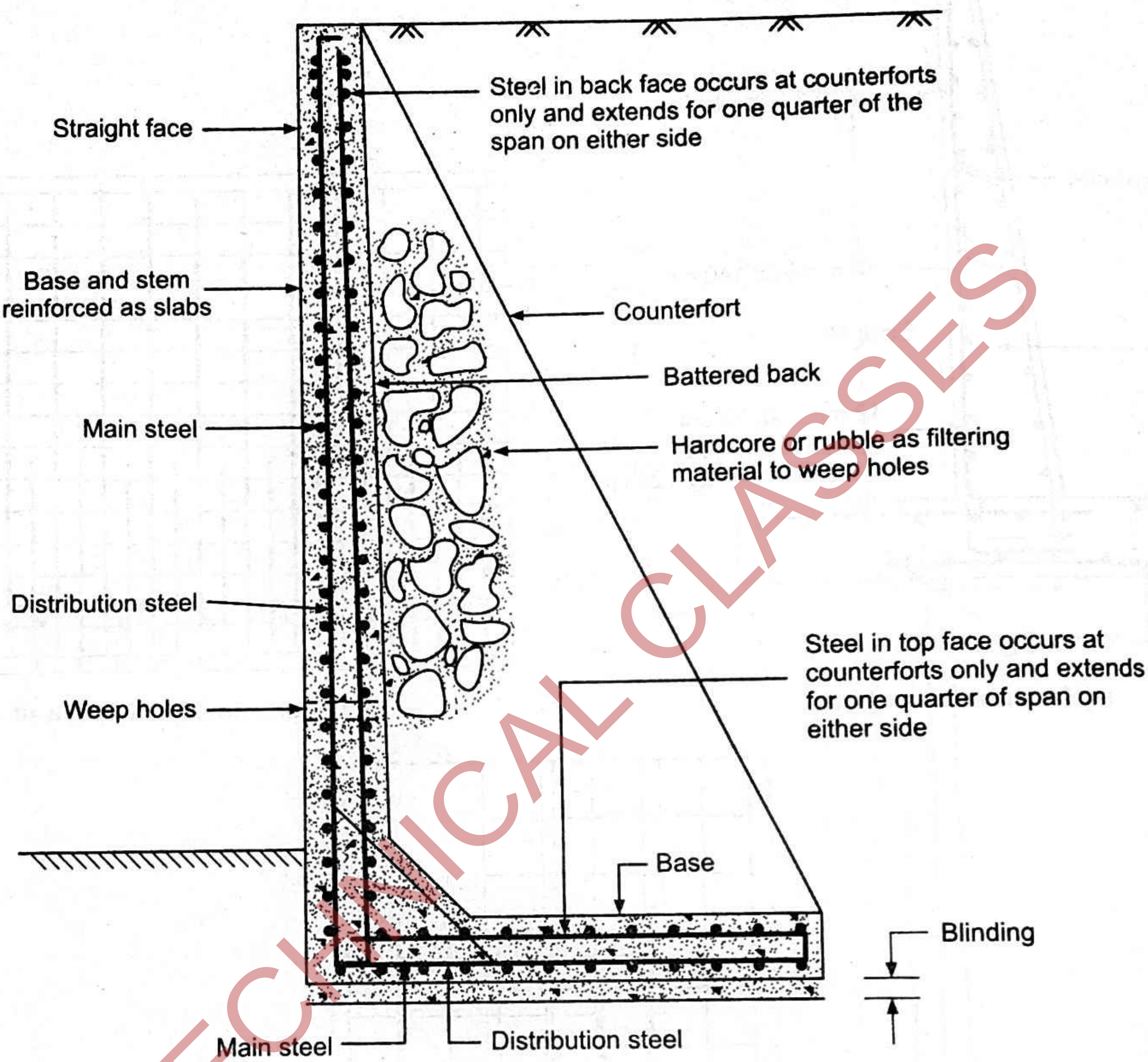
(b) Longitudinal section of wall



(c) Section plan of base slab

DRG No. 6.8

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 6.9

AKC TECHNICAL CLASSES

VII. *Drawing of Intze Type Water Tank Showing Details of all the Members and Reinforcement.*

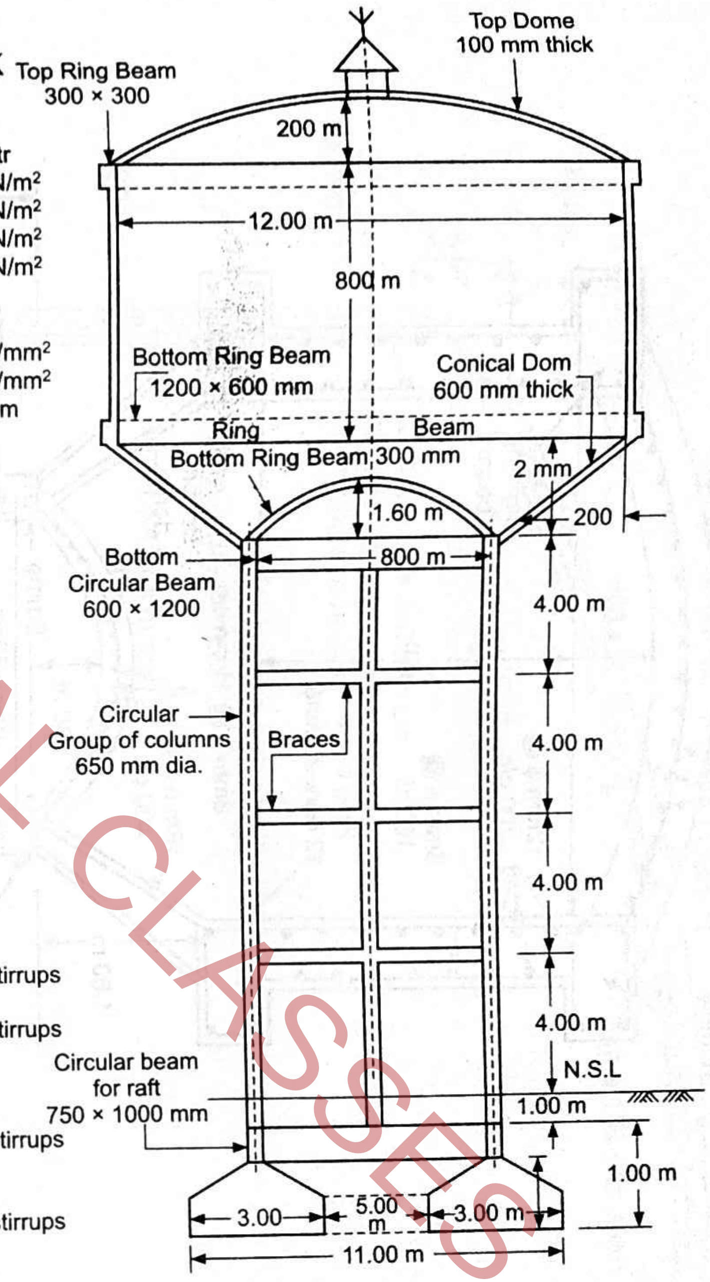
EXERCISE—

DESIGN OF INTZE WATER TANK

Name of work:

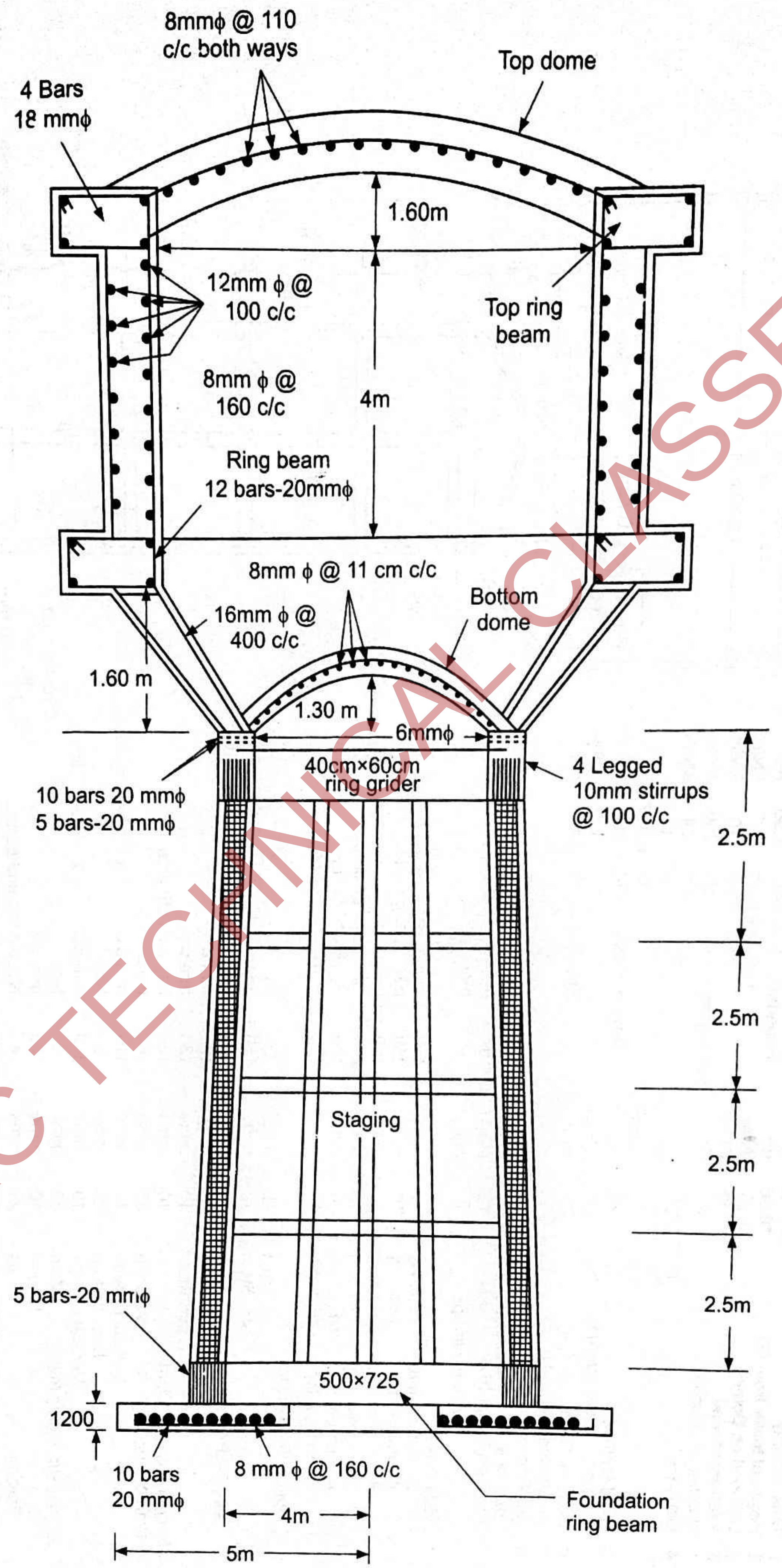
1	Tank capacity		1000000	Ltr.	1000 m³		
2	Height of tower from G.L.		16.00	mtr	Foundation from G.L.	1.00	mtr
3	Live load on Dome		1.50	kN/m²	Finishes load	0.1	kN/m²
3	Intensity of wind		1.50	kN/m²	wt of water	10	kN/m²
4	Number of columns		8	No.	Bearing capacity of earth	250	kN/m²
4	Concrete	M	20		unit weight	24	kN/m²
		σ_{cc}	5	N/mm²	m	13	
		σ_{cb}	7	N/mm²	Q	0.897	
5	Steel HYSD	fy	415		Tensile stress (Tank)	150	N/mm²
	Resistance to cracking	σ_{ct}	1.2	N/mm²	σ_{cb}	1.7	N/mm²
6	Nominal Cover		25	mm	Effective cover	40	mm
7	Depth/diameter Ratio	1:	0.75				
8	Reinforcement						

Member	Item	Dia		Value	Unit		
Top Dome	(main/distri.)	8	mmϕ	160	mm c/c both way		
Top Ring Beam (B₁)		12	mmϕ	8	Nos.		
	two leg. stirrups	8	mmϕ	300	mm c/c		
Vertical wall							
2 m from top	hoop ring	10	mmϕ	190	mm c/c both side		
4 m from top	hoop ring	16	mmϕ	250	mm c/c both side		
8 m from top	hoop ring	20	mmϕ	190	mm c/c both side		
2 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	260	mm c/c both side		
4 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	170	mm c/c both side		
8 m from top	Distri. Steel	10	mmϕ	130	mm c/c both side		
Bottom Ring Beam	Main	20	mmϕ	18	Nos.		
	Distri. Steel	10	mmϕ	150	mm c/c		
Conical wall	Main	25	mmϕ	190	mm c/c		
	Distri. Steel	10	mmϕ	130	mm c/c		
Bottom spherical Dome		10	mmϕ	120	mm c/c both side		
Bottom circular girder	Main top	25	mmϕ	6	Nos.		
	Vertical stirrups	12	mmϕ	110	mm c/c	4	Leg. stirrups
	Main bottom	25	mmϕ	5	Nos.		
	Vertical stirrups	10	mmϕ	300	mm c/c	2	Leg. stirrups
Column supporting tower	Main	32	mmϕ	8	Nos.		
	Lateral	10	mmϕ	300	mm c/c		
Bracing	main	25	mmϕ	4	Nos. at top and bottom		
	Stirrups	10	mmϕ	300	mm c/c	2	Leg. stirrups
Circular beam for Raft	bottom	25	mmϕ	6	Nos.		
	top	25	mmϕ	3	Nos.		
	Stirrups	12	mmϕ	130	mm c/c	4	Leg. stirrups
Raft Foundation slab	main	25	mmϕ	200	mm c/c		
	Distribution	12	mmϕ	180	mm c/c		



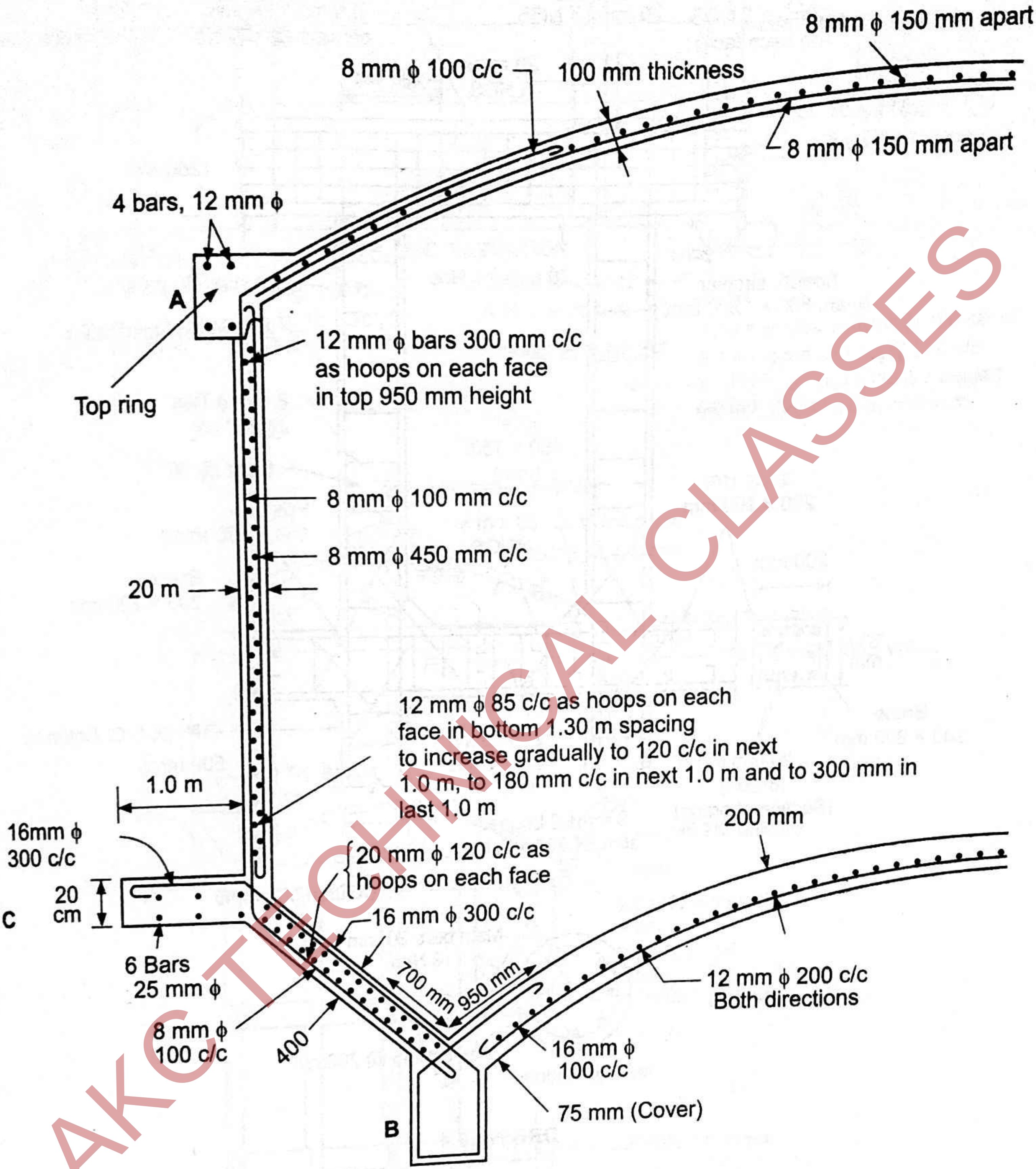
DRG No. 7.1

AKC TECHNICAL CLASSES



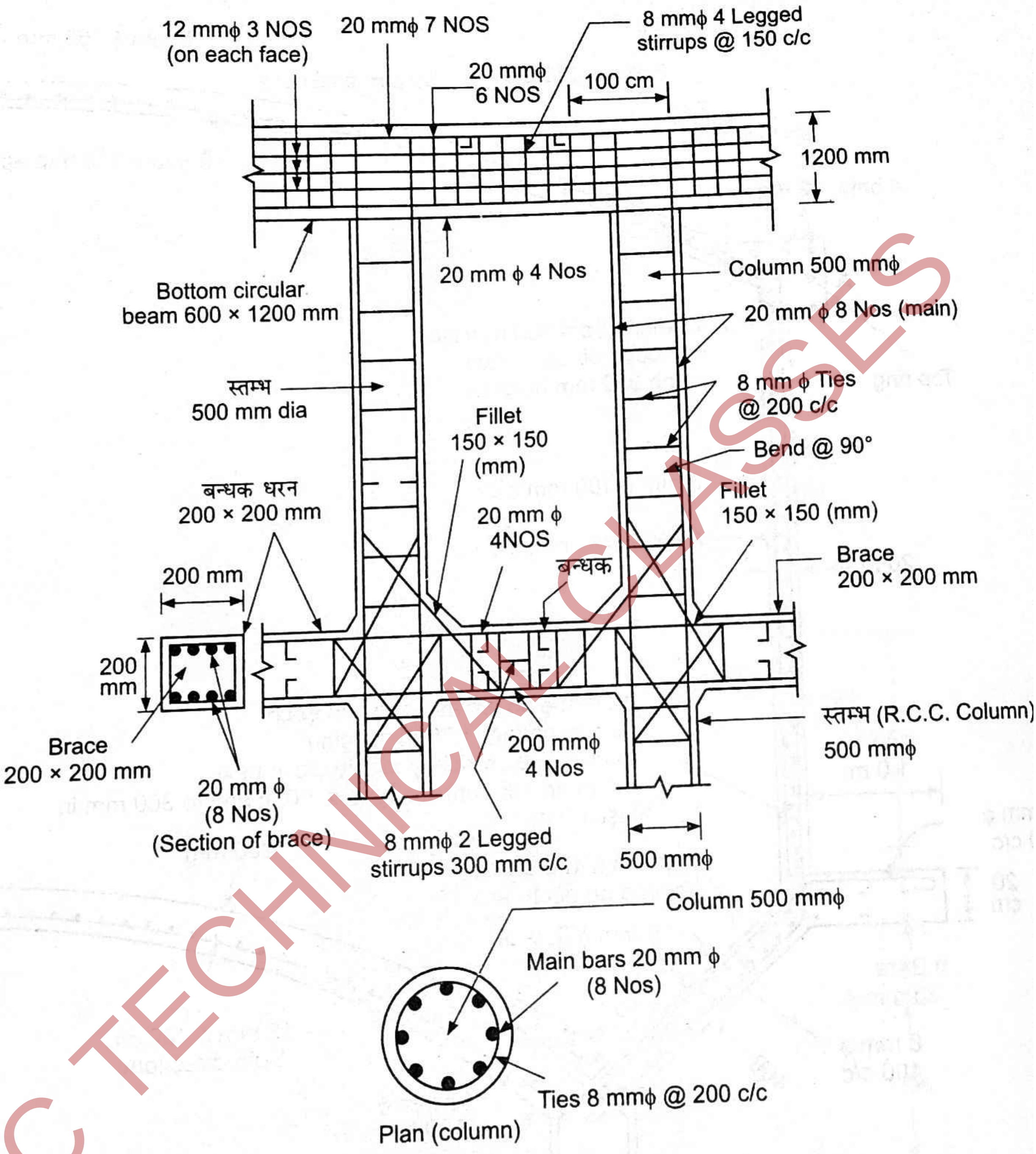
DRG No. 7.2

AKC TECHNICAL CLASSES



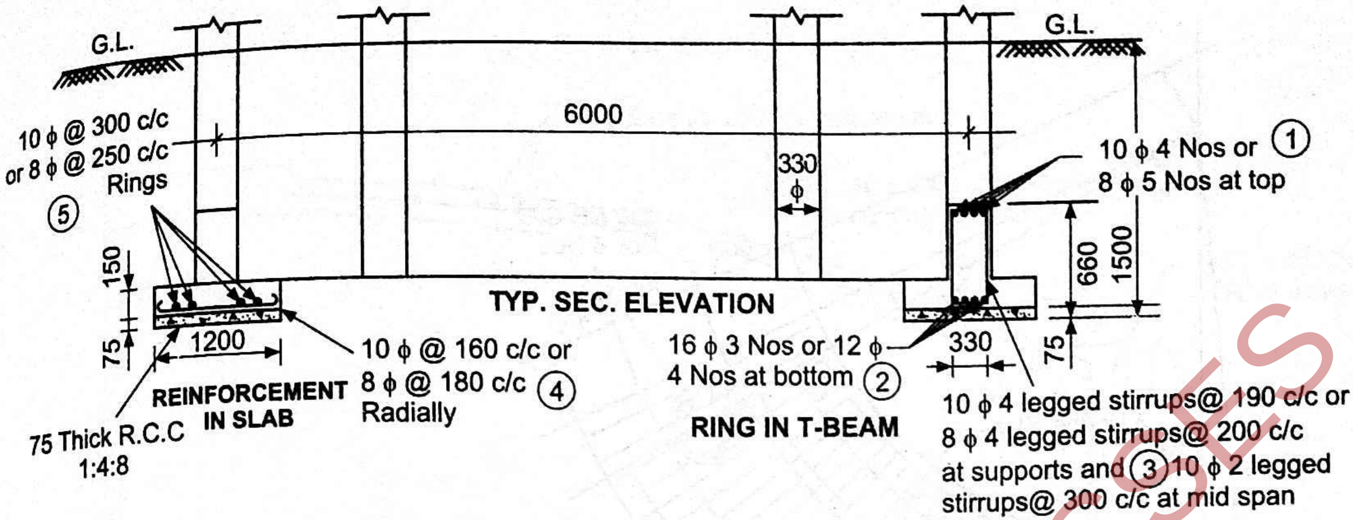
DRG No. 7.3

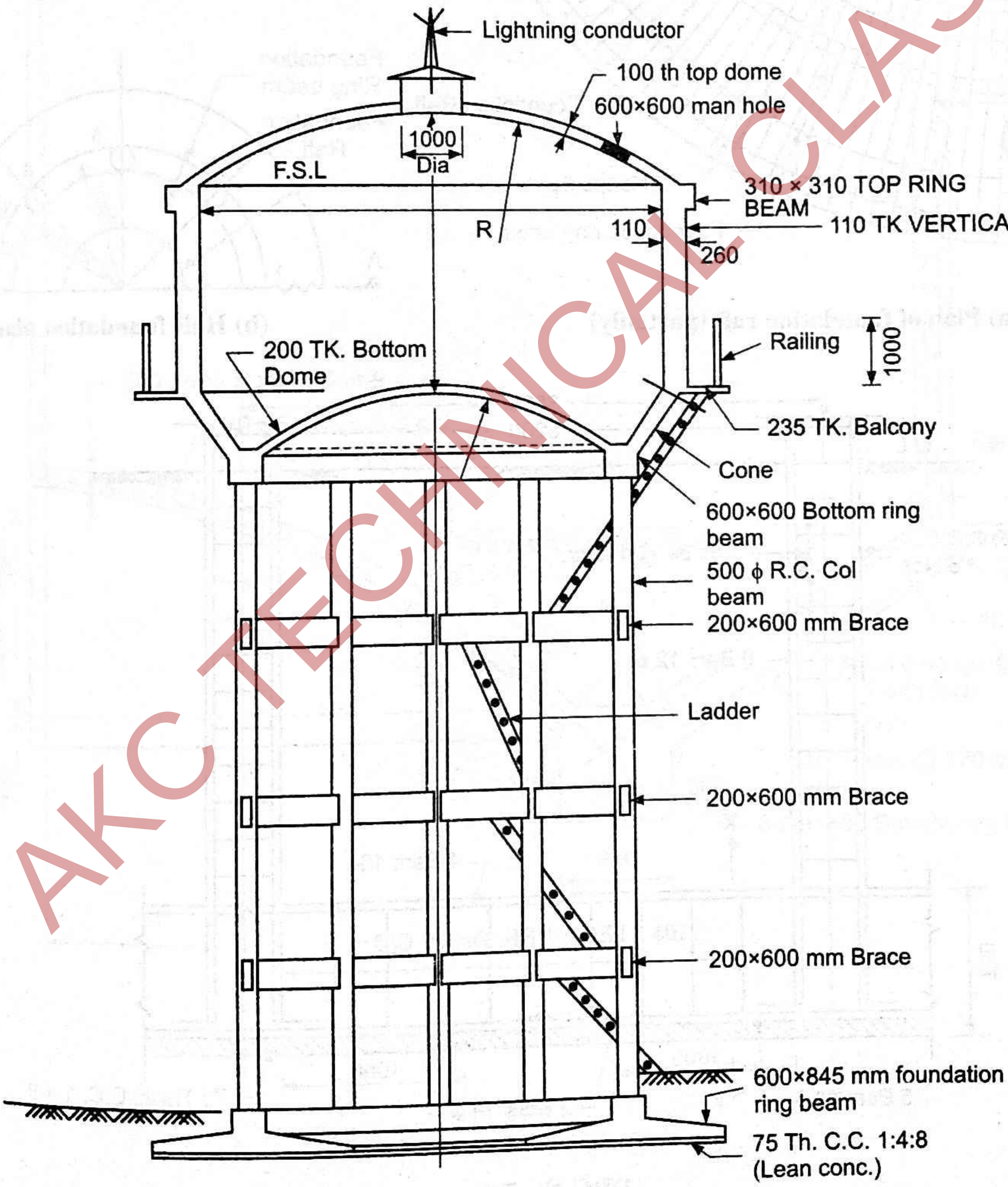
AKC TECHNICAL CLASSES



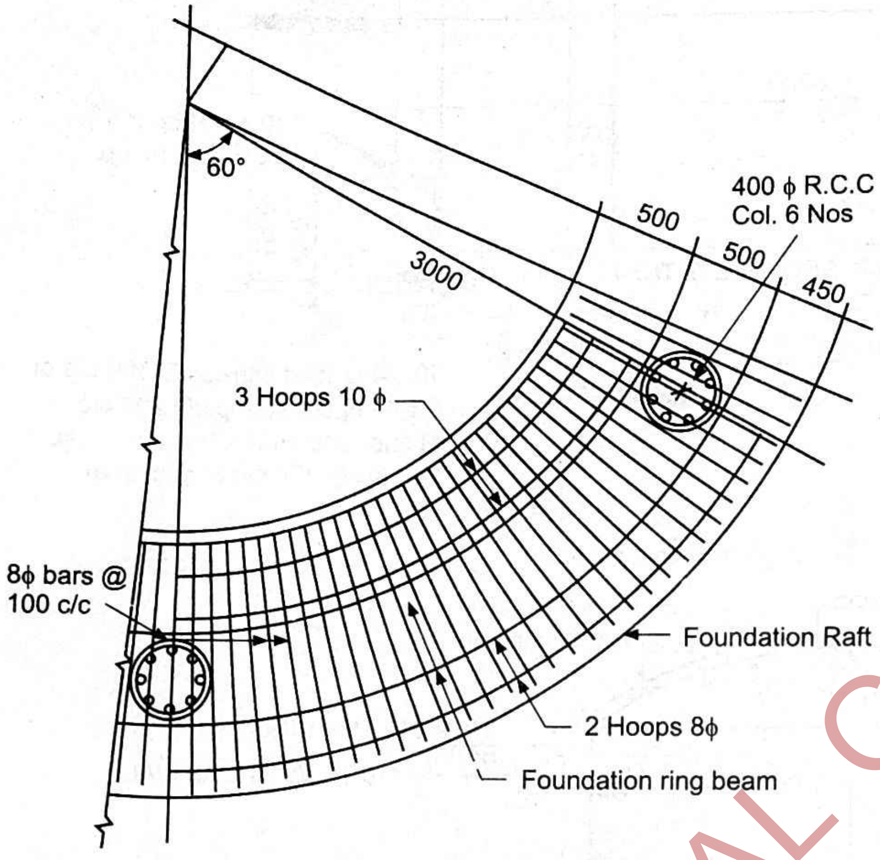
DRG No. 7.4

AKC TECHNICAL CLASSES

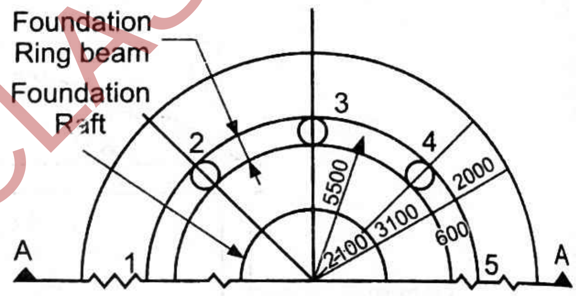

G.L.
G.L.
6000
10 ϕ @ 300 c/c
or 8 ϕ @ 250 c/c
Rings
5
330 ϕ
10 ϕ 4 Nos or 1
8 ϕ 5 Nos at top
660
1500
150
75
1200
TYP. SEC. ELEVATION
10 ϕ @ 160 c/c or
8 ϕ @ 180 c/c 4
Radially
16 ϕ 3 Nos or 12 ϕ
4 Nos at bottom 2
330
75
REINFORCEMENT
IN SLAB
75 Thick R.C.C
1:4:8
RING IN T-BEAM
10 ϕ 4 legged stirrups@ 190 c/c or
8 ϕ 4 legged stirrups@ 200 c/c
at supports and 3 10 ϕ 2 legged
stirrups@ 300 c/c at mid span


Lightning conductor
100 th top dome
600×600 man hole
1000
Dia
F.S.L
310 × 310 TOP RING
BEAM
R
110
110 TK VERTICAL WALL
260
200 TK. Bottom
Dome
Railing
1000
235 TK. Balcony
Cone
600×600 Bottom ring
beam
500 ϕ R.C. Col
beam
200×600 mm Brace
Ladder
200×600 mm Brace
200×600 mm Brace
600×845 mm foundation
ring beam
75 Th. C.C. 1:4:8
(Lean conc.)

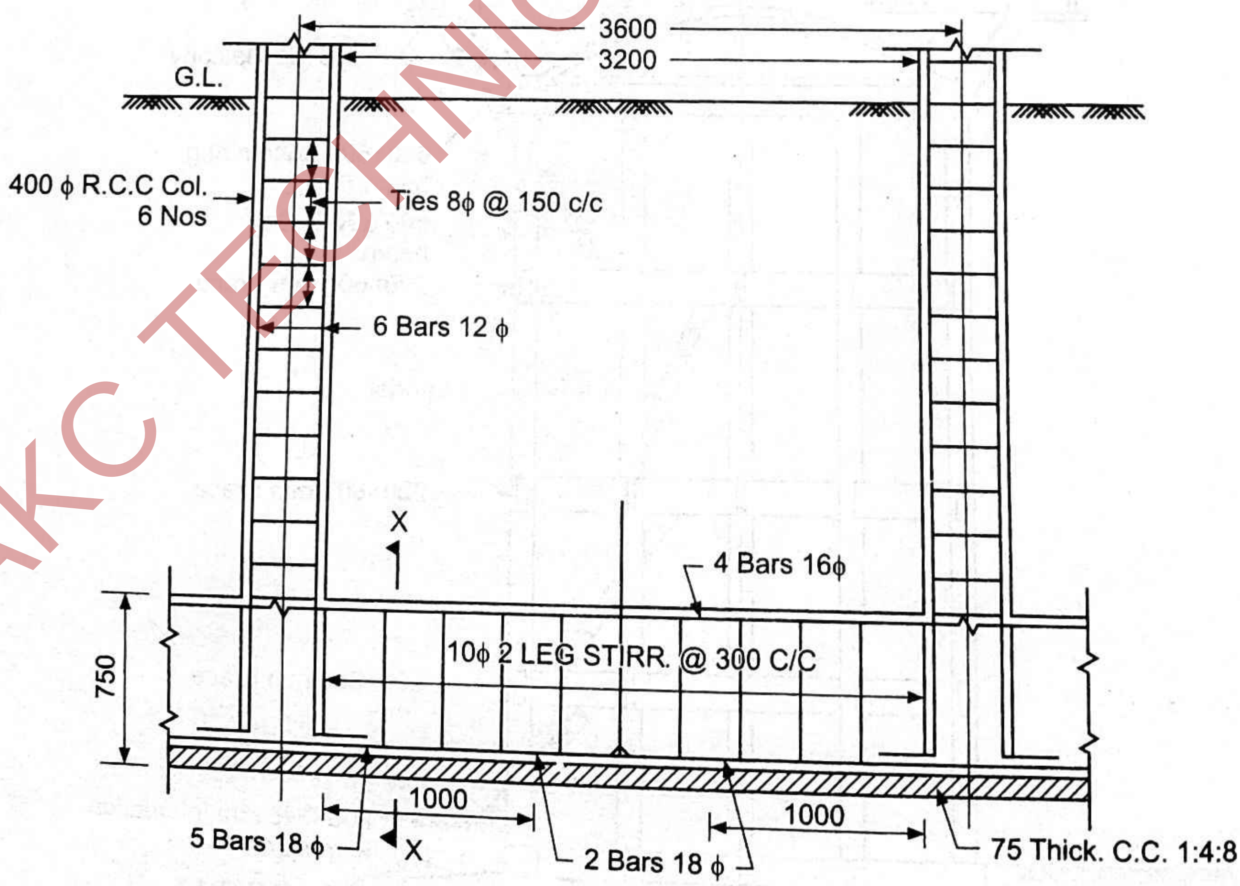
DRG No. 7.5



(a) Plan of foundation raft (partially)

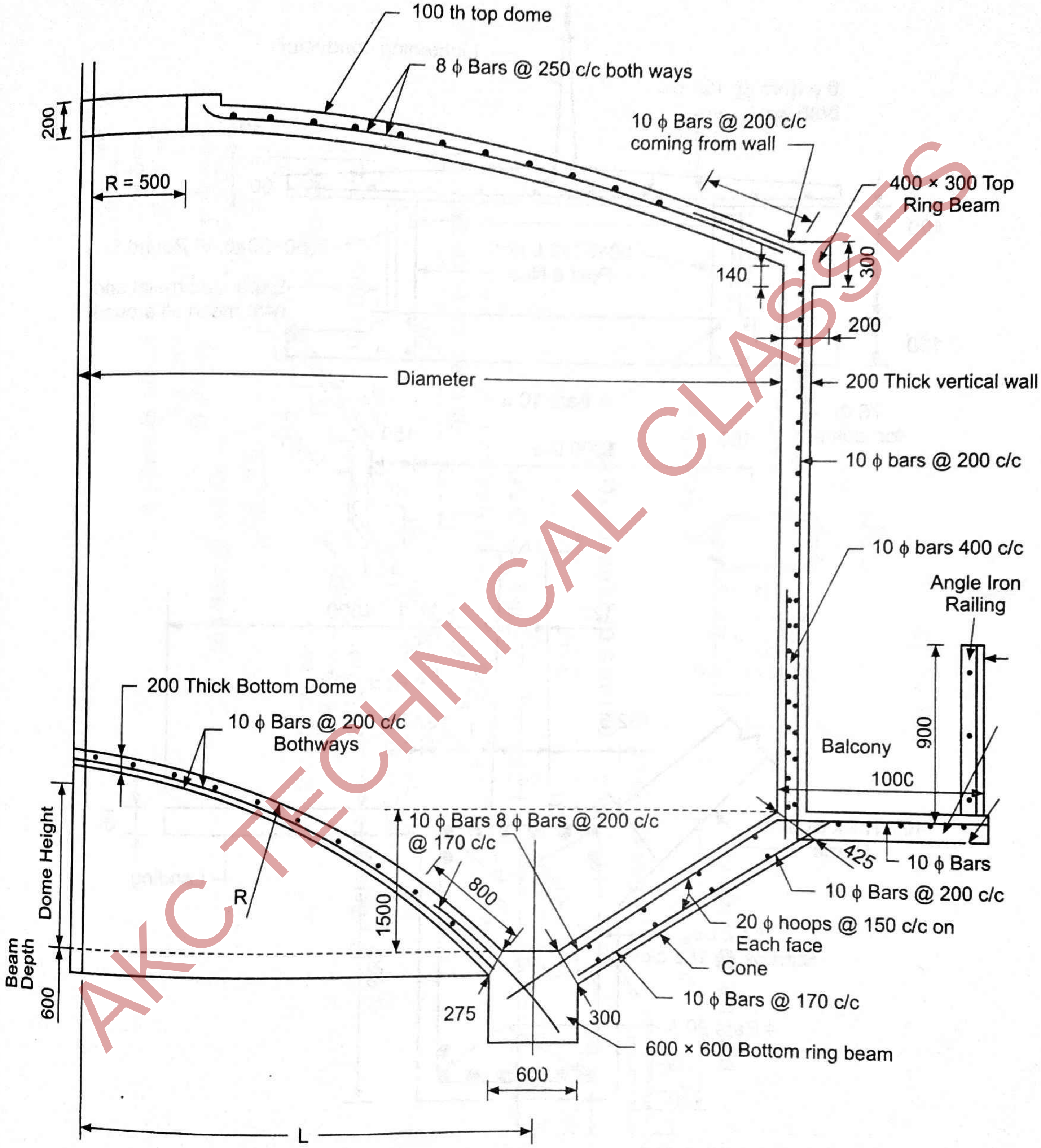


(b) Half foundation plan



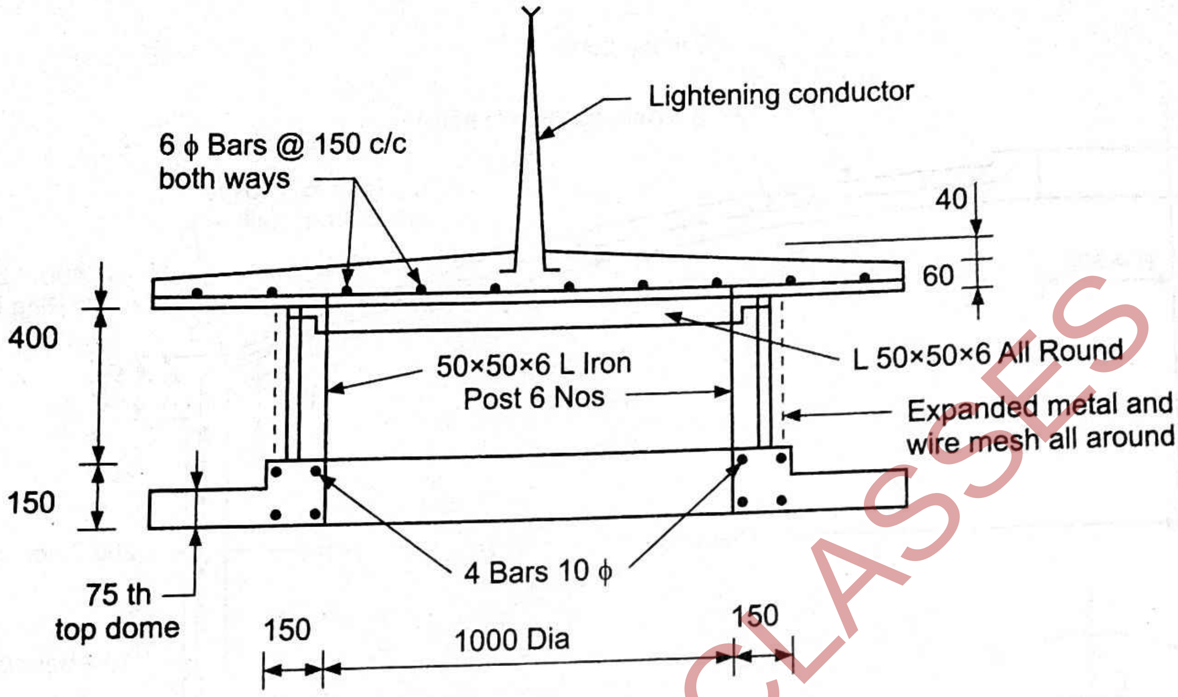
DRG No. 7.6

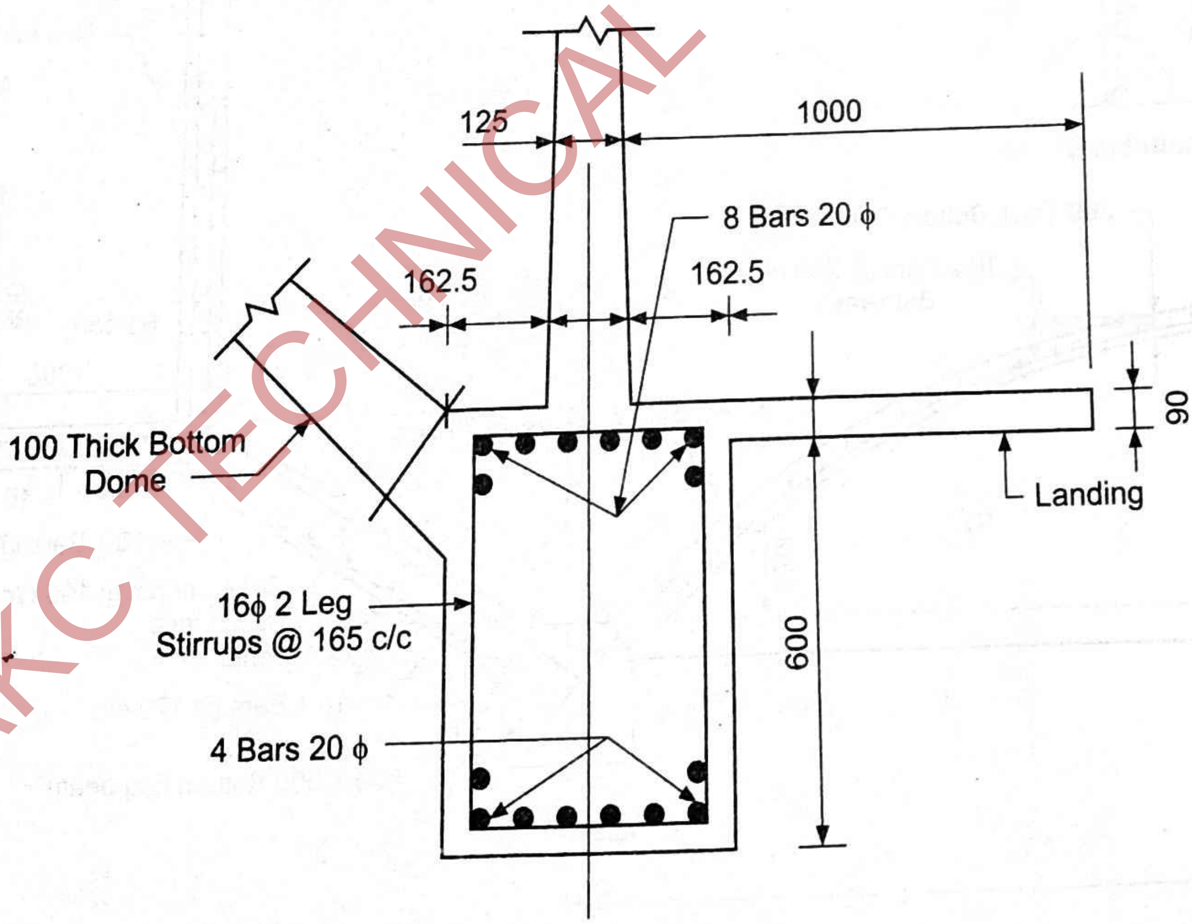
AKC TECHNICAL CLASSES



AKC TECHNICAL CLASSES

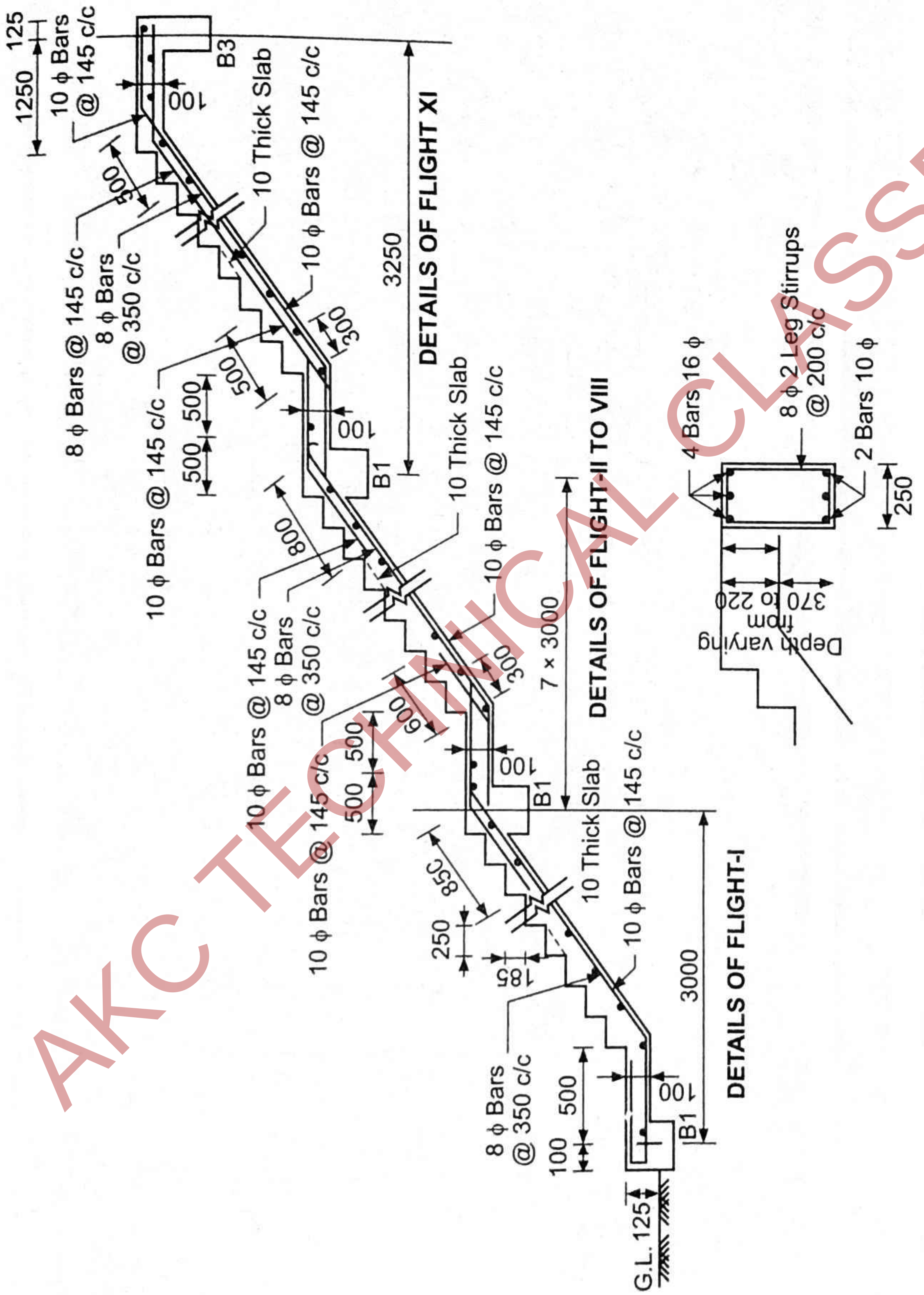
DRG No. 7.7





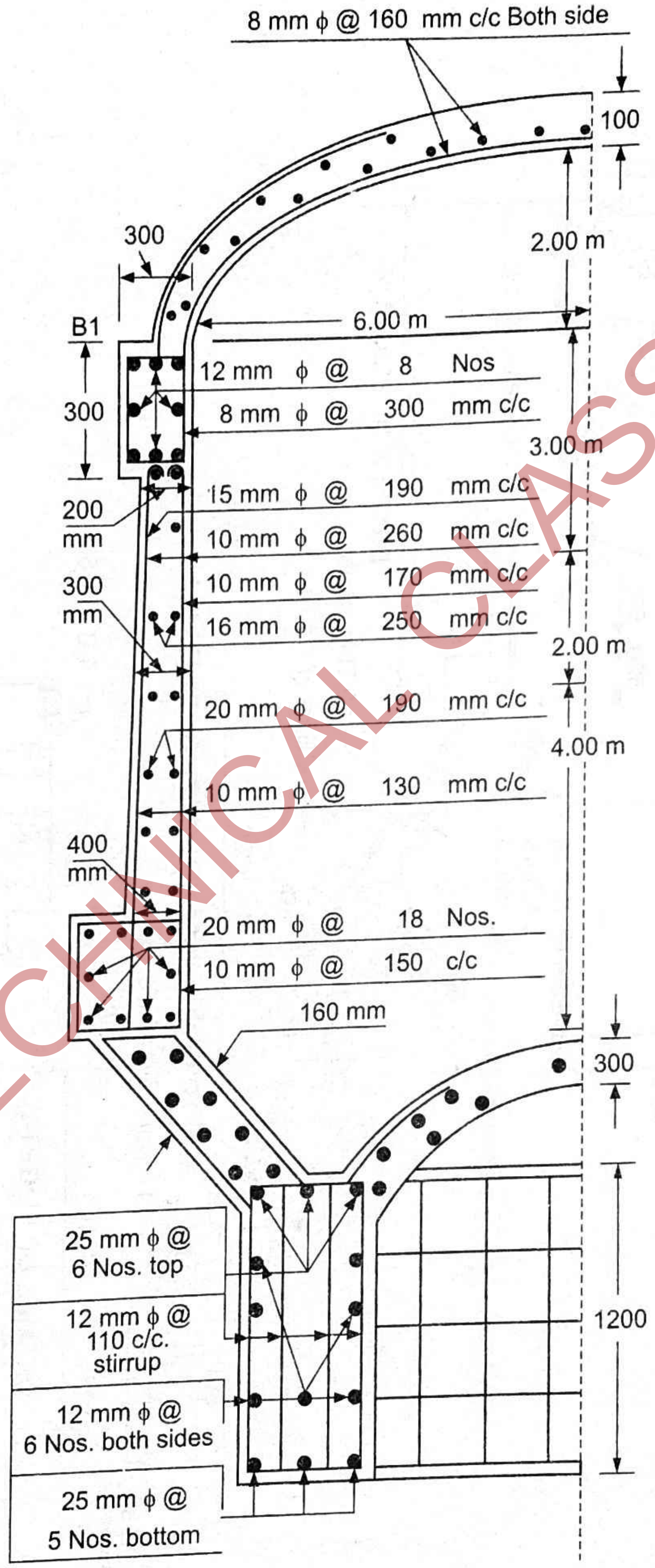
DRG No. 7.8

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 7.9

AKC TECHNICAL CLASSES



AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 7.10

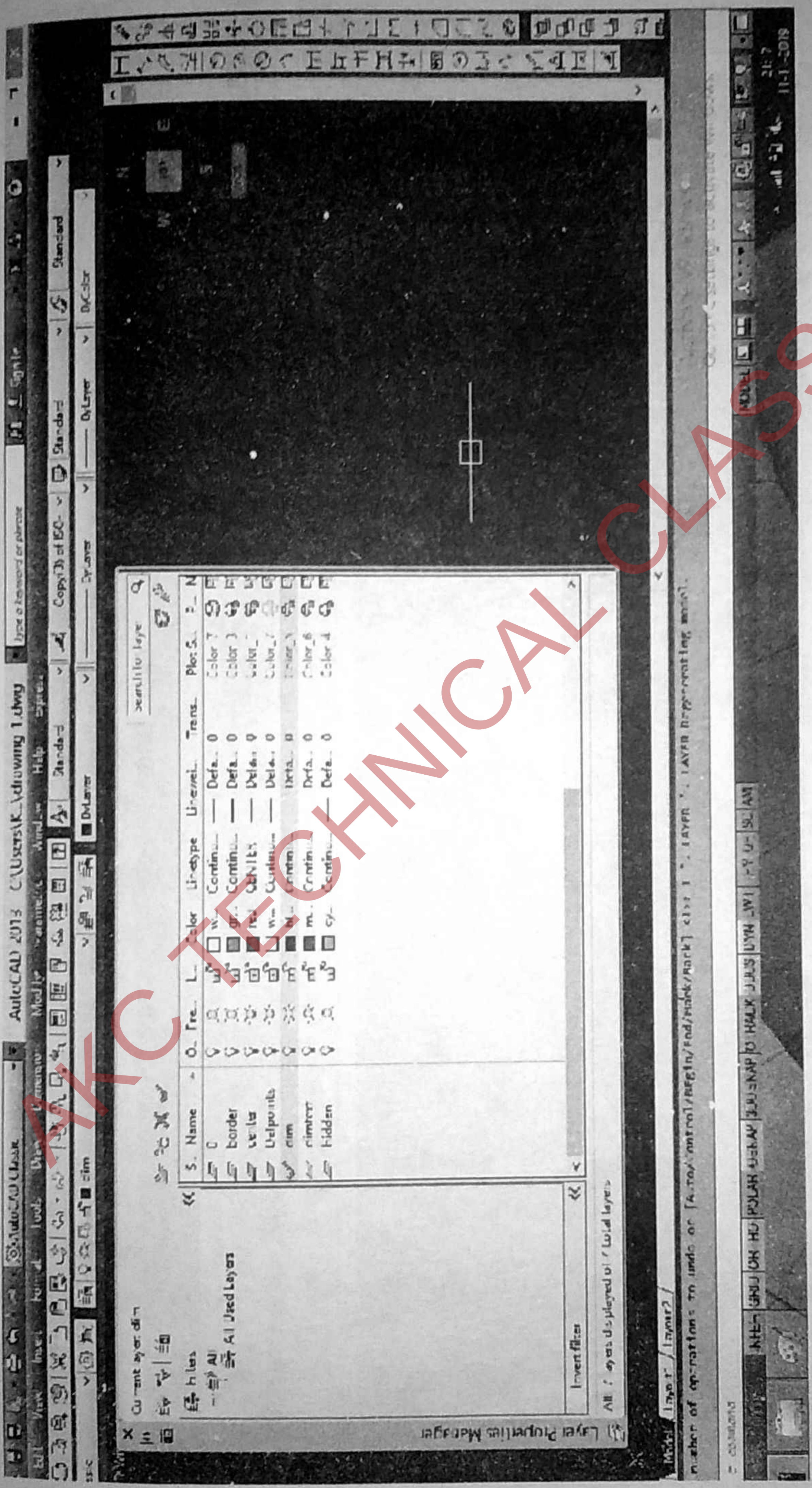
VIII. Drawing No. 6 : Draw at Least one Sheet Using AutoCAD Software

DRG No. 8.1

AKC TECHNICAL CLASSES

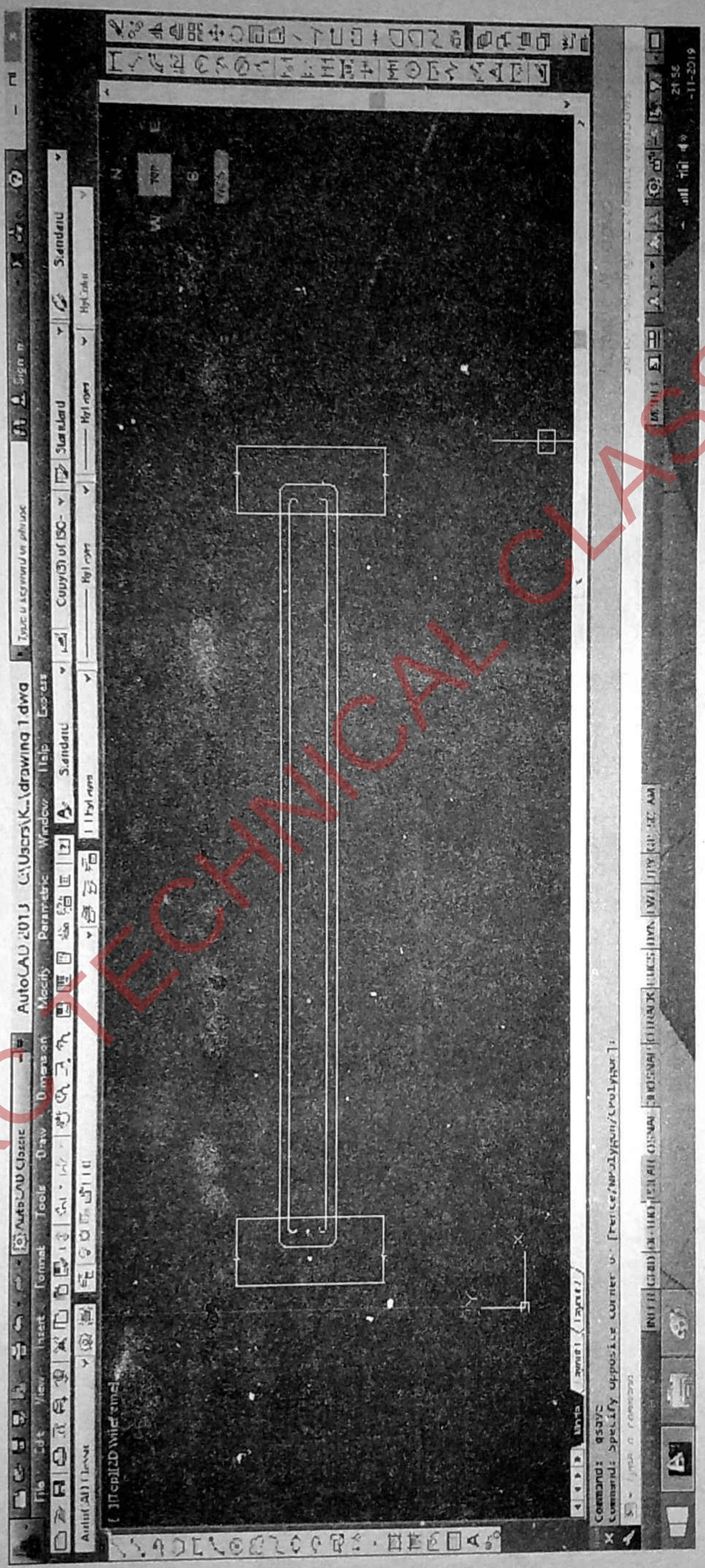
AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 8.2



DRG No. 8.3

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 8.4

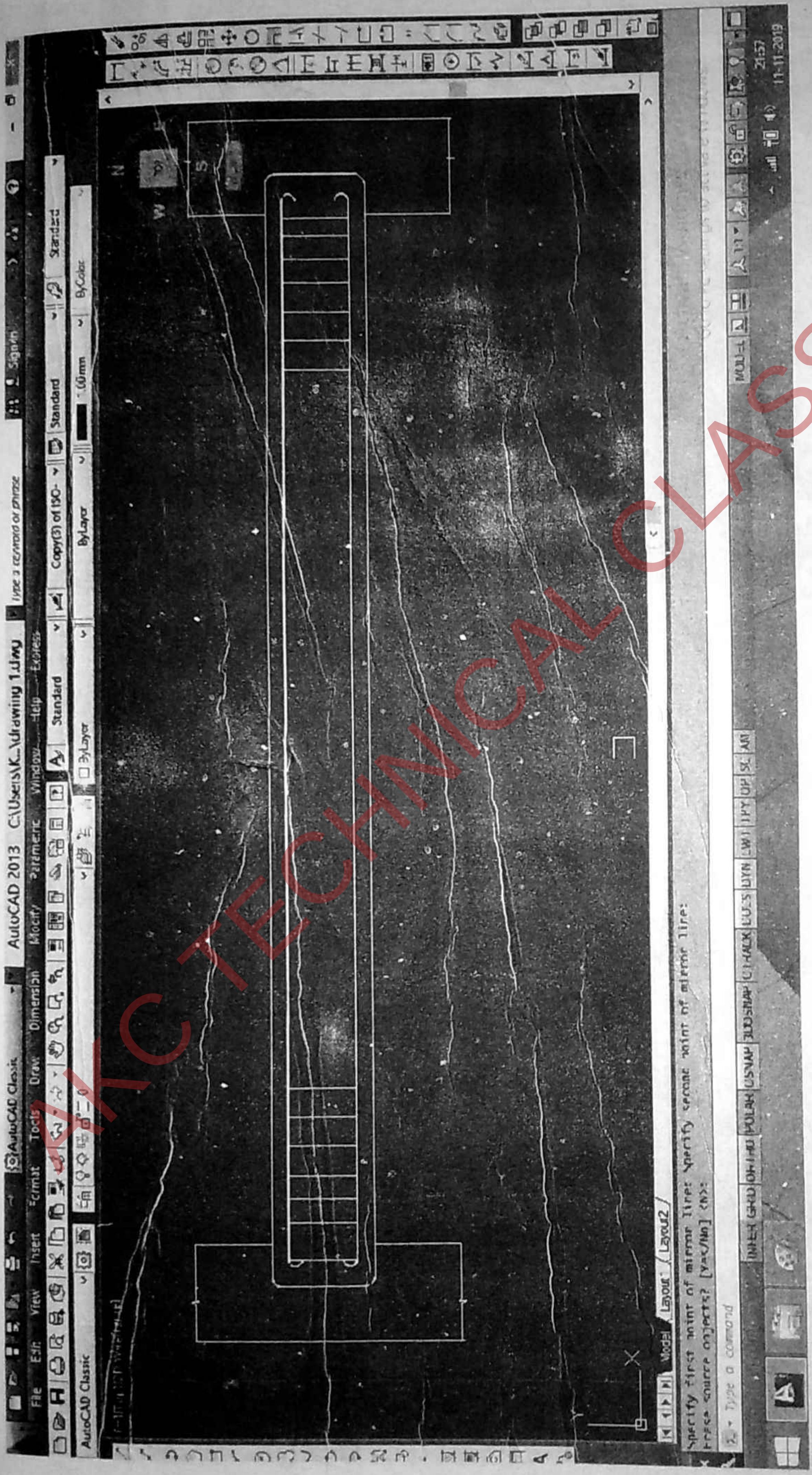
AKG TECHNICAL CLASSES

DRG No. 8.5

AKC TECHNICAL CLASSES

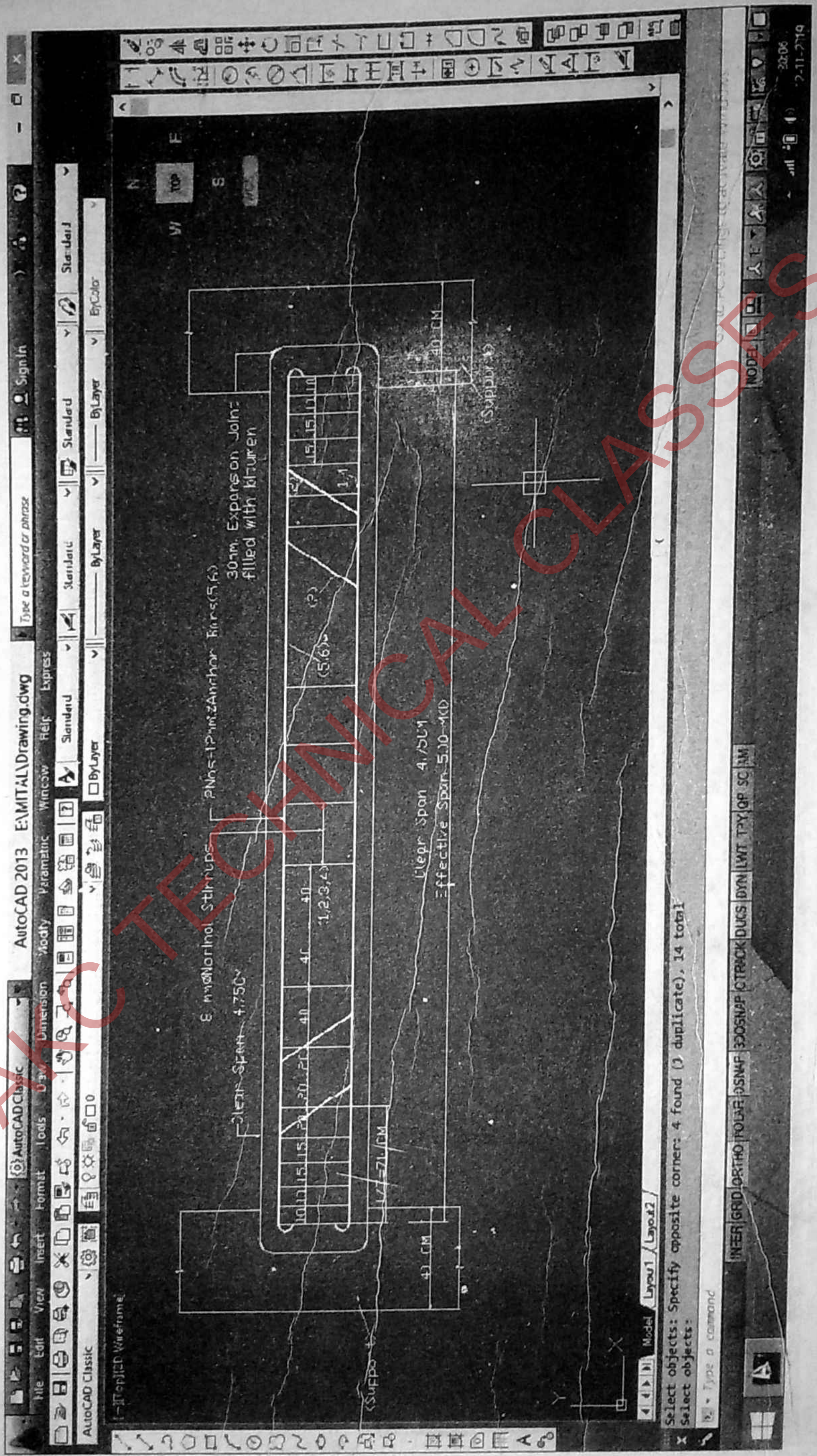
AKC TECHNICAL CLASSES

DRG No. 8.6



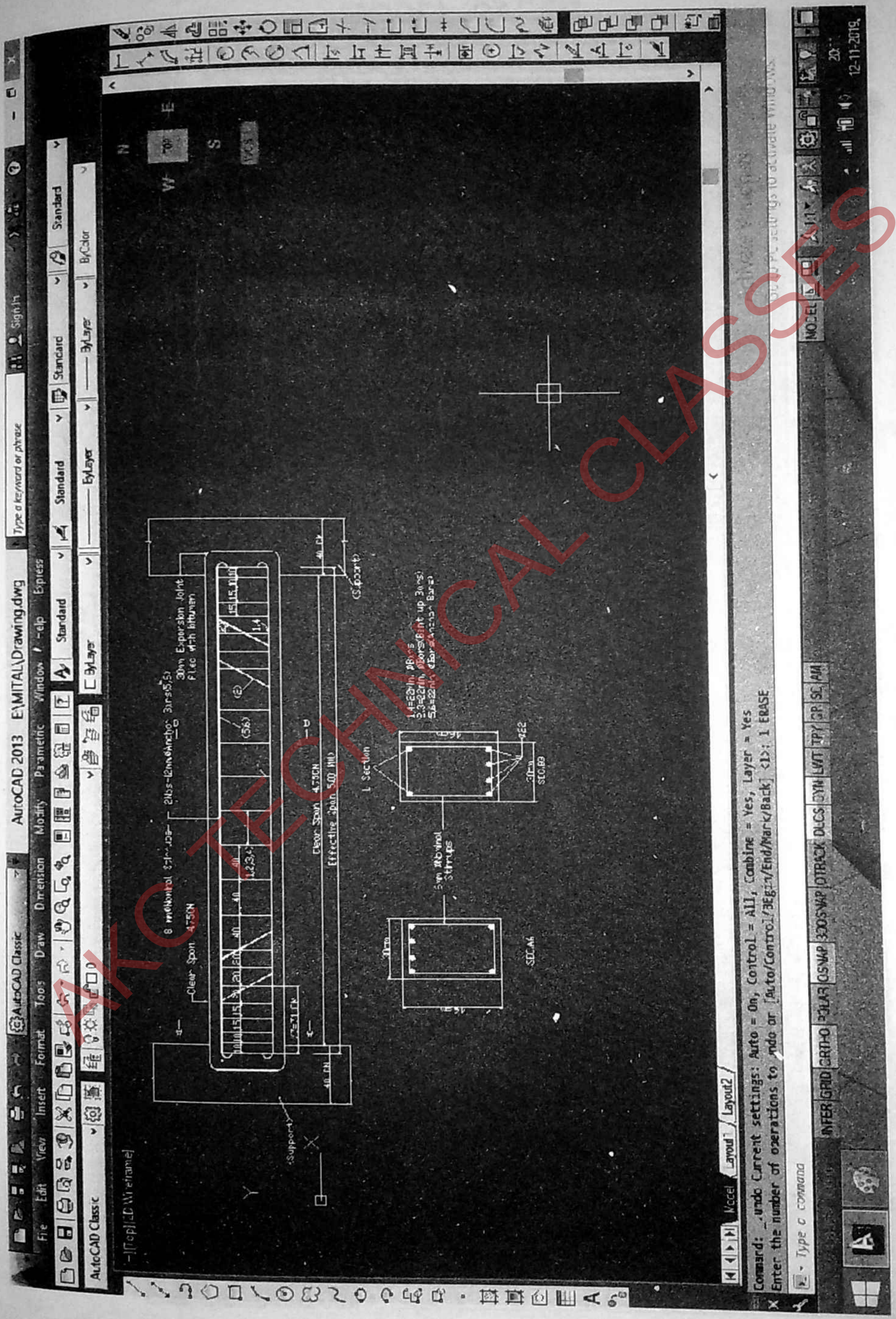
DRG No. 8.7

AKC TECHNICAL CLASSES



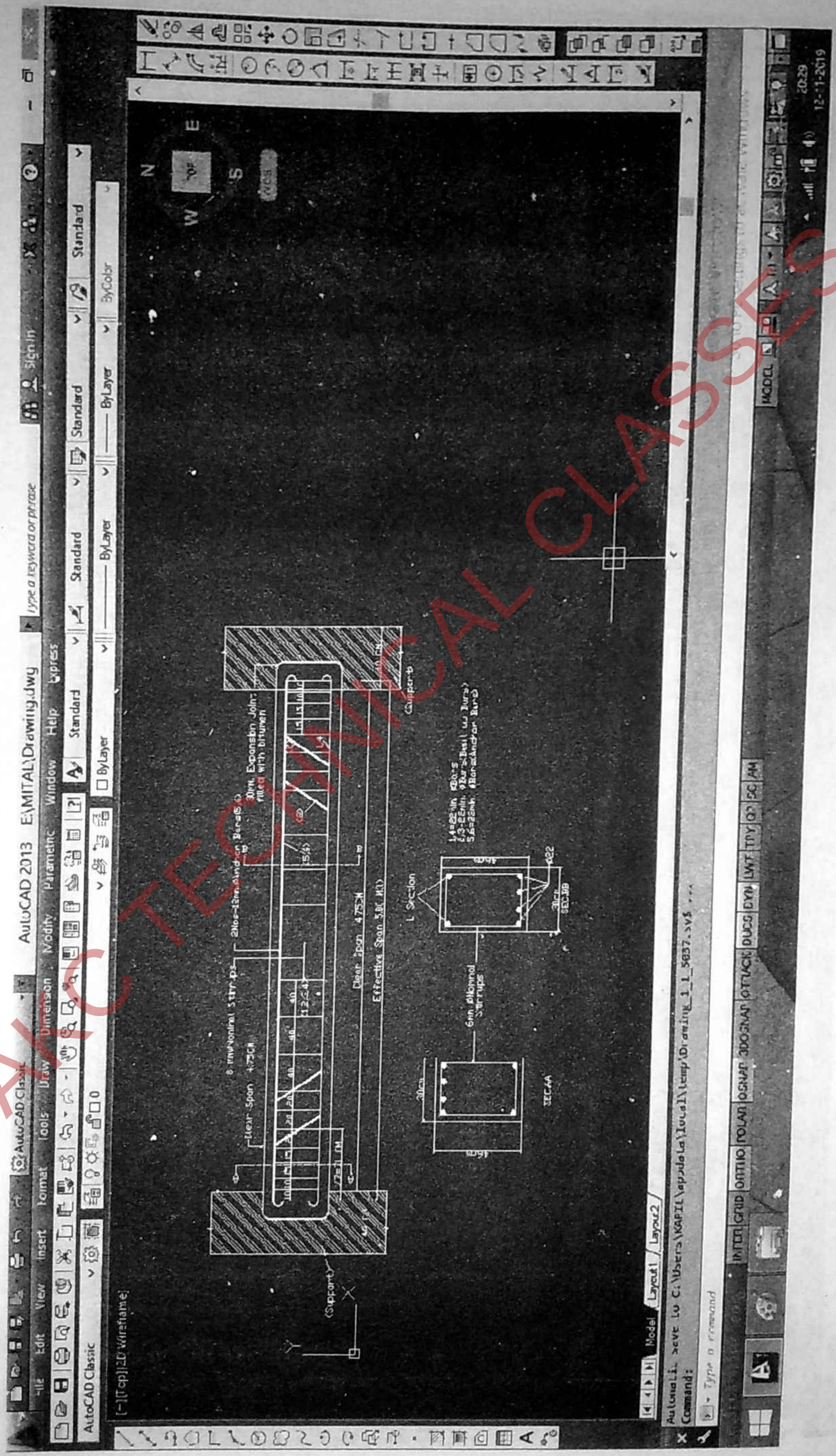
DRG No. 8.8

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 8.9

AKC TECHNICAL CLASSES



DRG No. 8.10

AKC TECHNICAL CLASSES

MODEL PAPER

प्रबलित सीमेंट कंक्रीट ड्राइंग

(Reinforced Cement Concrete Drawing)

1. बंकित (bent up), चढ़ाव (lap), हुक (hook) और वलयक (stirrup) छड़ों को ड्रा करें।
2. वर्ग और वृतीय आकार के स्तम्भ नींव प्रबलन (column foundation reinforcement) को ड्रा करें।
3. प्रास प्रतिधारक दीवार (cantilever retaining wall) के लिए प्रबलन विवरण को ड्रा करें।
4. शिरोपरि टैंक की गुम्बद के प्रबलन विवरण को ड्रा करें।
5. प्रबलित सीमेंट कंक्रीट टैंक के लिए परिच्छेदी उद्विक्षेप (sectional elevation) ड्रा करें।
6. निम्न आंकड़ों हेतु एक द्वि-दिशा (two way) प्रबलित स्लैब का अनुप्रस्थ काट एवं तली का प्लान (bottom plan) खींचे:

   (अ) स्लैब की माप = 5 m × 4 m

   (ब) मुख्य प्रबलन (x-दिशा) = 10 mm ϕ @ 150 mm c/c

   (स) प्रबलन (y-दिशा) = 8 mm ϕ @ 150 mm c/c

   अन्य आवश्यक आंकड़े मान लें।
7. एक शिरोपरि प्रबलित कंक्रीट जलाशय का सम्मुख दृश्य खींचे तथा इसके विभिन्न अवयवों को दर्शायें। आवश्यक आंकड़े मान लें। **निचली रिंग धरन** (bottom ring beam) के प्रबलन विवरण (details) को भी दर्शायें।
8. (अ) एक वितरिका का L-काट (L-section) उपयुक्त आंकड़े मानते हुए खींचे।

   (ब) एक 400 mm × 500 mm आयताकार काट के स्तम्भ (column) का प्रबलन विवरण (reinforcement details) को दर्शायें। प्रबलन हेतु आंकड़े मान लें।

AKC TECHNICAL CLASSES