WELCOME TO MY PRESENTATION

PRESENTED BY

Md. Nazmul Alam

Chief Instructor (Civil)

Rangpur Polytechnic Institute

প্রথম অধ্যায়

ফ্লোর স্ল্যাবের ধারণা

(Understand the Concept of Floor/Roof Slab)

১.১ বিভিন্ন প্রকার আরসিসি ফ্লোর/রুফ স্ল্যাবের বর্ণনা

(Describe Different Types of Reinforced Cement Concrete Floor/Roof Slab)

রিইনফোর্সড কংক্রিট ফ্লোর/রুফ স্ল্যাব সাধারণত প্রশস্থ, সমতল এবং অনুভূমিক হয়ে থাকে। স্ল্যাবের উপরিতল এবং নিম্নতল প্রায়ই সমান্তরাল হয়। স্ল্যাব সাধারণত রিইনফোর্সড কংক্রিট বিম অথবা ম্যাশনারি (বা কংক্রিট) দেওয়াল অথবা স্টিল মেম্বার অথবা সরাসরি কলাম অথবা ভূমির উপরে অবস্থান করে।

RCC ফ্লোর/রুফ Slab-এর প্রকারভেদ

(Types of RCC Floor Slab)

RCC ফ্লোর/রুফ স্ল্যাব প্রধানত দুই প্রকার। যেমন–

(১) একমুখী ফ্লোর/রুফ স্ল্যাব

(২) ও দ্বিমুখী ফ্লোর/রুফ স্ল্যাব। এগুলো আবার বিভিন্ন প্রকার। যেমন–

(১) একমুখী রিইনফোর্সমেন্ট পদ্ধতি (One Way Reinforcement System) অনুযায়ী :

(ক) একমুখী সলিড স্ল্যাব (One way solid slab)। এটি আবার তিন প্রকার। যথা–

(i) গার্ডার এবং বিম সাপোর্টের উপর স্ল্যাব,

(ii) স্টিল বিমের উপর স্ল্যাব,

(iii) ডেক স্ল্যাব (Deck slab)।

(খ) একমুখী রিবড্ স্ল্যাব (One way ribbed slab),

(গ) প্রি-ক্যাস্ট স্ল্যাব (Pre-cast slab)।

(২) দ্বিমুখী রিইনফোর্সমেন্ট পদ্ধতি (Two Way Reinforcement System) অনুযায়ী :

(ক) দ্বিমুখী সলিড স্ল্যাব (Two way solid slab)। এটি আবার দুই প্রকার। যথা–

(i) একসাথে ঢালাইকৃত বিমের উপর স্ল্যাব,

(ii) স্টিল বিমের উপর স্ল্যাব।

(খ) দ্বিমুখী রিবড্ স্ল্যাব (Two way ribbed slab),

(গ) বিমবিহীন স্ল্যাব (Beamless slab),

সামগ্রিকভাবে আরসিসি ফ্লোর/রুফ স্ল্যাবকে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যথা :

(১) একমুখী স্ল্যাব (One way slab)

(২) দ্বিমুখী স্ল্যাব (Two way slab)

(৩) ফ্লাট স্ল্যাব (Flat slab)

(৪) রিবড্ স্ল্যাব (Ribbed slab)

(৫) আরবি স্ল্যাব (RB Slab)

নিম্নে এগুলোর বর্ণনা প্রদত্ত হলো :

(১) ওয়ান ওয়ে স্ল্যাব বা একমুখী স্ল্যাব (One Way Slab) : যে সব স্ল্যাবের প্রান্তদ্বয় দেওয়াল বা বিম সাপোর্টর উপর অবস্থান করে এবং স্ল্যাবের খাটো প্রান্তদ্বয় সাপোর্ট বিহীন থাকে তাকে ওয়ান ওয়ে স্ল্যাব বলে। ওয়ান ওয়ে স্ল্যাবের মেইন রিইনফোর্সমেন্ট শুধুমাত্র একদিকে অর্থাৎ স্ল্যাব প্যানেলের প্রস্থ বরাবর নিচের স্তরে ব্যবহার করা হয়। স্ল্যাব প্যানেলের দৈর্ঘ্য বরাবর টেম্পারেচার ও শ্রিংকেজ (Shrinkage) বার ব্যবহার করা হয়। স্ল্যাবের সমস্ত ওজন, মেইন রিইনফোর্সমেন্টের মাধ্যমে স্ল্যাবের লম্বা প্রান্তদ্বয়ে অবস্থিত দেওয়াল অথবা বিম-এর উপর ন্যস্ত করা হয়। যে সমস্ত ফ্লোর স্ল্যাবের দৈর্ঘ্য প্রস্থের দ্বিগুণ বা দ্বিগুণের চেয়ে বেশি সেক্ষেত্রে ওয়ান ওয়ে স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়।

রিবড্ স্ল্যাবের সুবিধা :

(i) এ স্ল্যাবের ডেড লোড কম হয়, কারণ ওজনে হালকা বলে।

(ii) উত্তম থার্মাল ইনস্যুলেশন গুণসম্পন্ন, যা গ্রীষ্মকালে দালানকে ঠাণ্ডা রাখে।

(iii) উত্তম শব্দ নিরোধক গুণসম্পন্ন।

(iv) উত্তম অগ্নি নিরোধক গুণসম্পন।

(v) এটার মধ্যে বৈদ্যুতিক প্লাম্বিং এবং অন্যান্য সার্ভিসের সংস্থাপন কাজ সুবিধাজনক।

(vi) নির্মাণ সামগ্রী অন্যান্য স্ল্যাবের তুলনায় কম লাগে।

(vii) নির্মাণ খরচ তুলনামূলক কম হয়।

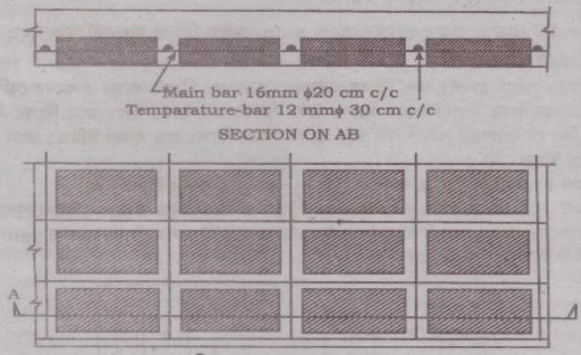
রিবড্ স্ল্যাবের অসুবিধা :

(i) অত্যধিক লোডের ক্ষেত্রে এ স্ল্যাব অনুপযোগী।

(ii) স্প্যান-এর দৈর্ঘ্য বড় হলে এ স্ল্যাবে খরচ বেশি পড়ে।

(iii) দক্ষ শ্রমিকের প্রয়োজন হয়।

(৫) আরবি স্ল্যাব (RB Slab) : অর্থনৈতিক সাশ্রয়ের জন্য আমাদের দেশে অনেক স্থানে এ ধরনের স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়। এতে নিজস্ব ওজনের 50 ভাগ আরসিসি এবং 50 ভাগ ইট ধরা হয়। সাধারণত ধারাবাহিক আরসিসি রিব তৈরি করে শূন্য জায়গাগুলো ইট দ্বারা পূর্ণ করা হয়। তবে স্ল্যাবে সৃষ্ট ঋণাত্মক মোমেন্টের জন্য প্রয়োজনীয় রিইনফোর্সমেন্ট যথাযথভাবে স্থাপন করতে হয়।



চিত্র-১.৭ : RB slab

সুবিধা :

(i) যেহেতু প্রায় 50% সম্পূর্ণ ইট ব্যবহার করা হয়, সেজন্য ভাঙ্গা খরচ এবং গুড়া (Dust) হিসেবে অপচয় হয়।

(ii) সম্পূর্ণ ইট ব্যবহার করা হয় বলে 30% থেকে 40% সিমেন্ট ও বালু খরচ কম হয়।

(iii) আরসিসি স্ল্যাবের তুলনায় 25% খরচ কম হয়।

(iv) এ স্ল্যাবে শ্রমিক খরচ কম হয়।

অসুবিধা :

(i) রিইনফোর্সমেন্ট ডিজাইনের ক্ষেত্রে ডিজাইনারদের প্রাথমিকভাবে অসুবিধায় পড়তে হয়।

(ii) ঢালাইয়ের সময় শ্রমিকসহকারে কংক্রিট স্থাপনের কাজ করতে হয়।

(iii) নেগেটিভ এলাকার টপবার যথাযথভাবে বসানো আছে কিনা সেদিকে খেয়াল রাখতে হয়।

১.১.১ ফ্লাট প্লেট স্ল্যাব

ক্যাপিটাল ছাড়াও স্ল্যাব নির্মাণ করা যেতে পারে। যখন স্ল্যাবের নিচে এবং কলামের উপরে ক্যাপিট্যাল থাকে না তখন ঐ স্ল্যাবকে ফ্লাট প্লেট স্ল্যাব (Flat Plate Slab) বা ফ্লাট প্লেট কনস্ট্রাকশন বলে।

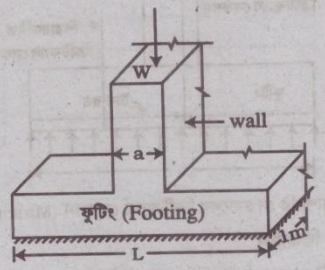
৬.১ স্প্রেড ফুটিং এবং আরসিসি ওয়াল ফুটিং-এর বেডের ভিত্তির প্রশস্থতা
(Determine the Width of Foundation Bed of Spread Footing and RCC Wall Footing)

কাঠামোর সর্বনিম্ন তল যা মাটির সংস্পর্শে থাকে তাকে ভিত্তি তল বলে। এ অংশের প্রশস্থতাকে ভিত্তির প্রস্থ বলে। এ প্রস্থ নির্ণয় করতে ভিত্তি তলের কাঠামো থেকে আগত প্রতি মিটারে মোট লোড নির্ণয় করে তাকে মাটির ভারবহন ক্ষমতা দ্বারা ভাগ করা হয়।

ভিত্তির প্রশস্থতা, $L = \frac{W}{P}$

এখানে W = প্রতি মিটারে কাঠামোর মোট ভর kg/m

P = মাটির ভারবহন ক্ষমতা kg/m^2



চিত্র-৬.২ :

ভিত্তির গভীরতা নির্ণয় : র‍্যানকিনের সূত্রের সাহায্যে ভিত্তির গভীরতা নির্ণয় করা যায়। ভিত্তিতে ন্যূনতম গভীরতা প্রদান না হলে কাঠামোর উপর মাটির পার্শ্ব প্রতিক্রিয়ার প্রভাব পড়ে, যেমন বাতাসের গতিবেগ বেশি হলে কাঠামো উল্টে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ অবস্থা থেকে কাঠামোকে রক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় গভীরতা প্রদান করতে হয়। তবে ভিত্তির ন্যূনতম গভীরতা ধরা হয় 75 সেমি।

র‍্যানকিনের সূত্রানুসারে ভিত্তির গভীরতা নির্ণয়,

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

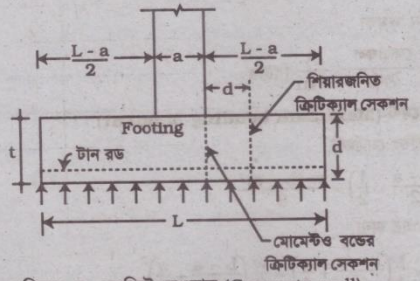
এখানে, P = মাটির ভারবহন ক্ষমতা

W = মাটির একক আয়তনের ওজন

ϕ = স্থিরতা কোণ।

৬.২ ব্রিক ওয়াল ফুটিং এবং কংক্রিট ওয়াল ফুটিং-এর মোমেন্ট, শিয়ার এবং বন্ডের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন বর্ণনা
(Describe the Critical Section for Moment, Shear and Bond of Brick Wall Footing and Concrete Wall Footing)

ACI কোড অনুসারে কংক্রিট দেওয়ালের জন্য মোমেন্ট ও বন্ডের ক্রিটিক্যাল সেকশন দেওয়ালের পৃষ্ঠ (ফেস) বরাবর বিবেচনা করা হয়। শিয়ারের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন দেওয়ালের পার্শ্ব থেকে কার্যকরী গভীরতা 'd' দূরত্বে ধরা হয়।



চিত্র-৬.৩ : কংক্রিট দেওয়াল (Concrete wall)

দ্বিতীয় অধ্যায়
আরসিসি একমুখী স্ল্যাব ডিজাইনের নীতি
(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete One-Way Solid Slab)

২.১ আরসিসি একমুখী সলিড স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব বর্ণনা
(State the Minimum Thickness of Reinforced Cement Concrete One-Way Slab)

স্ল্যাব ডিফ্লেকশনের পরিমাণ বিবেচনা ব্যতিরেকে ACI কোড অনুযায়ী ওয়ান ওয়ে স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব বা গভীরতা (t) হবে নিম্নরূপ :

(i) সাধারণভাবে স্থাপিত স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{25}$

(ii) আংশিক অবিচ্ছিন্ন স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{30}$

(iii) সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{35}$

(iv) ক্যান্টিলিভার স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{12}$

স্ল্যাবের আনুমানিক ন্যূনতম পুরুত্ব বা গভীরতা :

t = প্রতি মিটার কার্যকরী স্প্যান দৈর্ঘ্যে 3.3 সে.মি. থেকে 4 সে.মি. ধরা হয়।

অর্থাৎ t = 0.033L থেকে 0.04L সে.মি. ধরা হয়।

এখানে, L = স্প্যানের কার্যকরী দৈর্ঘ্য, সে.মি.।

উপরোক্ত সূত্রের সাহায্যে নিজস্ব ওজন বের করার পর পরবর্তীতে সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে চূড়ান্ত কার্যকরী গভীরতা বের করতে, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$ সূত্রটি ব্যবহার করা হয়।

এখানে, t = স্ল্যাবের মোট পুরুত্ব, সে.মি.

L = কার্যকরী স্প্যানের দৈর্ঘ্য, মিটার

d = কার্যকরী গভীরতা, সে.মি.

M = বেন্ডিং মোমেন্ট, কেজি-সে.মি.

b = বিবেচিত স্ট্রিপের প্রস্থ, সে.মি.

ACI কোড অনুসারে একমুখী ছাদ স্ল্যাবের পুরুত্ব 7.5 সে.মি. এবং মেঝে স্ল্যাবের পুরুত্ব 9 সে.মি.-এর কম হওয়া উচিত নয়। তবে ACI কোড অনুসারে বর্তমানে 10 সে.মি.-এর কম পুরুত্বের স্ল্যাব ঢালাই করা হয় না।

২.২ একমুখী স্ল্যাব এর সংকোচন ও তাপীয় রডের প্রয়োজনীয়তা
(Explain the Necessity of Shrinkage and Temperature Reinforcement in One-Way Slab)

কংক্রিটের সিমেন্ট পেস্ট শক্ত হওয়ার ফলে কংক্রিটের সংকোচন ঘটে এবং স্ল্যাবের তাপমাত্রা হ্রাসের ফলেও কংক্রিটের সংকোচন ঘটে। ওয়ান ওয়ে স্ল্যাবের প্রধান রড স্ল্যাবের শর্ট স্প্যান বা প্রস্থ বরাবর ব্যবহার করার ফলে এটা স্ল্যাবের প্রস্থ বরাবর বেন্ডিং মোমেন্ট প্রতিহত করে, কংক্রিটের সংকোচন হ্রাস করে এবং সূক্ষ্ম ফাটলসমূহকে সমভাবে বণ্টন করে। স্ল্যাবের লং স্প্যানের প্রান্তগুলো সাপোর্টের সাথে সংযুক্ত থাকায় এটা মুক্তভাবে সংকুচিত হতে পারে না। তাই স্ল্যাবের সংকোচন পীড়ন উৎপন্ন হয়, যা সমস্ত দিকে সমহারে ক্রিয়া করে।

স্ল্যাব প্যানেলের লং স্প্যান বরাবর কংক্রিটের জমাট বাঁধাজনিত সংকোচন এবং তাপমাত্রার পরিবর্তনজনিত সংকোচন প্রতিহত করার জন্য প্রধান রডের আড়াআড়ি যে বিশেষ রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয় তাকে সংকোচন এবং তাপীয় বা বিতরণী রড বলে।

ACI কোড অনুযায়ী:

তাপীয় রডের ন্যূনতম পরিমাণ হবে —

(i) মসৃণ বারের জন্য 0.0025 bt

(ii) অমসৃণ বা ডিফর্মড বারের জন্য 0.0018bt থেকে 0.002 bt

এখানে bt হচ্ছে স্ল্যাবের বিবেচিত স্ট্রিপ বা ফালির প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল।

ACI Code অনুযায়ী এ রডের সর্বোচ্চ ব্যবধান (Spacing) স্ল্যাবের পুরুত্বের 5 গুণ বা 45 cm এর বেশি হবে না।

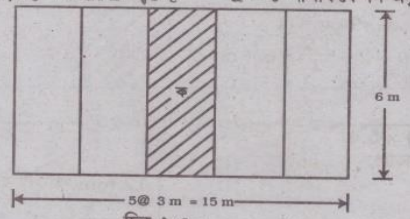
WSD এবং USD পদ্ধতিতে আরসিসি একমুখী স্ল্যাব ডিজাইন

(Design Reinforced Cement Concrete One-way Slab With Suppli WSD and USD Methods)

WSD পদ্ধতিতে আরসিসি সলিড স্ল্যাবের ডিজাইন

উদাহরণ–২.১ : নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে চিত্রের 'ক' চিহ্নিত স্ল্যাবটির গভীরতা, টান রড ও তাপরোধক রডের পরিমাণ নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০০, '১৫]*

তথ্যাদি : লাইভ লোড = 450 কেজি/ব.মি, ফ্লোর ফিনিস = 125 কেজি/ব.মি.
সিলিং প্লাস্টার = 25 কেজি/ব.মি. f'_c = 210 কেজি/সে.মি.^{2}
f_s = 1400 কেজি/সে.মি.^{2} n = 9; $v_c = 0.292\sqrt{f'_c}$ u = স্পেসিফিকেশন অনুযায়ী।



চিত্র-২.৩ :

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

স্ল্যাবটি পুরোপুরি অবিচ্ছিন্ন একমুখী স্ল্যাব।

স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{35} = \frac{3 \times 100}{35} = 8.57$ সে.মি. $\simeq$ 9 সে.মি.

অনুমানিক স্ল্যাবের পুরুত্ব, t = 3L = 3 × 3 = 9 সে.মি.

সুতরাং স্ল্যাবের পুরুত্ব, t = 9 সে.মি.

স্ল্যাবটি ডিজাইনের জন্য 3 মি. বরাবর 1 মি. প্রশস্ত একটি ফালি বিবেচনা করি।

(i) স্ল্যাবের নিজস্ব ওজন = $1 \times \frac{9}{100} \times 2400 = 216$ kg/m
(ii) লাইভ লোড = 1 × 450 = 450 kg/m
(iii) ফ্লোর ফিনিশ = 1 × 125 = 125 kg/m
(iv) সিলিং প্লাস্টার = 1 × 25 = 25 kg/m
ডিজাইন লোড w = 816 kg/m

1 মিটার স্প্যানে মোট লোড W = wL = 816 × 3 = 2448 kg

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ শিয়ার বল নির্ণয় :

$V = \frac{W}{2} = \frac{2448}{2} = 1224$ kg

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয় :

$M = \frac{WL}{12} = \frac{2448 \times 3 \times 100}{12} = 61200$ kg–cm

ধাপ-৪ : স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা নির্ণয় :

কার্যকরী গভীরতা, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে, M = 61200 kg-cm
b = 100 cm
$f_c = 0.45 f'_c$
$= 0.45 \times 210 = 94.5$ kg/cm^2

$K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{9}{9 + \frac{1400}{94.5}} = 0.378$

সর্বোচ্চ স্টীল অনুপাত, $\rho_{max} = 0.75 \times \rho_b = 0.75 \times 0.0287$

$\Rightarrow \rho_{max} = \rho = 0.0215$

b = 1m = 100 cm, $\varphi = 0.90$

আমরা জানি, $M_u = \varphi M_n$

$$\Rightarrow M_u = \varphi \times \rho f_y bd^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c}\right)$$

$$\Rightarrow d^2 = \frac{M_u}{\varphi \rho f_y b \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f'_c}\right)}$$

$$\Rightarrow d^2 = \frac{586000}{0.9 \times 0.0215 \times 4200 \times 100 \times \left(1 - 0.59 \times 0.0215 \times \frac{4200}{281}\right)}$$

$\Rightarrow d^2 = 88.97$

$\therefore d = 9.43$ cm.
$= 9.45$ cm

12 mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে এবং মুক্ত কভারিং 2 সে.মি. হলে মোট গভীরতা, $t = 9.45 + 2 + \frac{1.2}{2}$
$= 12.05$ cm.

$\therefore$ কার্যকরী গভীরতা, d = 9.45 cm.

ধাপ-৩ : টান রডের ক্ষেত্রফল :

$$A_s = \frac{M_u}{\varphi f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)} = \frac{586000}{0.90 \times 4200 \times \left(9.45 - \frac{3.60}{2}\right)} = 20.26 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{\rho d f_y}{0.85 f'_c} = \frac{0.0215 \times 4200 \times 9.45}{0.85 \times 281} = 3.60 \text{ cm.}$$

12 mm ব্যাসের রড ব্যবহর করলে-এর ক্ষেত্রফল, $a_s = \frac{\pi}{4} \times (1.2)^2 = 1.13$ cm^2

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times a_s}{A_s} = \frac{100 \times 1.13}{20.26} = 5.57 \approx 5.5$ cm c/c

অতএব, 12mm ব্যাসের রড 5.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে

ধাপ-৪ : সংকোচন ও তাপ রডের পরিমাণ :

$A'_s = 0.002bt = 0.002 \times 100 \times 12.05 = 2.41$ cm^2

10mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ব্যবধান

$$S = \frac{100a'_s}{A'_s} = \frac{100 \times \frac{\pi}{4}(1.0)^2}{2.41} = 32.57 = 32.5 \text{ cm c/c}$$

অতএব, 10mm ব্যাসের রড 32.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে

উদাহরণ-২.৬। 3 মিটার স্প্যান বিশিষ্ট একটি সাধারণভাবে স্থাপিত ওয়ান ওয়ে স্ল্যাবের গভীরতা ও লোহার পরিমান USD পদ্ধতিতে নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০৪, '১২]*

তথ্যাদি : $f'_c = 281$kg/cm^2, $f_y = 4200$kg/cm^2, $\varphi = 0.90$
Live load = 425 kg/m^2, Floor Finish = 110 kg/m^2.

সমাধান : ধাপ–১ : আলটিমেট লোড নির্ণয় :

Slab এর 1 মিটার প্রশস্থ স্ট্রিপ বিবেচনা করি,

স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{25} = \frac{3 \times 100}{25} = 12$cm

অথবা, প্রতিমিটার স্প্যান দৈর্ঘ্যে 4cm হারে

$\therefore$ পুরুত্ব t = 4L = 4 × 3 = 12 cm.

এখানে Slab এর পুরুত্ব, t = 12cm.

ধাপ-৪ : টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল

$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{113400}{1400 \times 0.87 \times 12.4} = 7.50\ cm^2$

আর.বি. স্ল্যাবে মেট্রিক পদ্ধতির ইট ব্যবহার করলে এবং রিবের পুরুত্ব 5 সে.মি. ধরলে ব্যবধান 15 cm হবে।

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times a_s}{A_s}$

$a_s = \frac{15 \times 7.50}{100} = 1.125\ cm^2$

সুতরাং, $a_s = \frac{\pi D^2}{4}$

$D = \sqrt{\frac{1.125 \times 4}{\pi}} = 1.197\ cm = 12\ mm.$

অতএব, 12 মিমি ব্যাসের রড 15 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

উদাহরণ–২.১৫। নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে একটি সাধারণভাবে স্থাপিত ওয়ান ওয়ে আরবি স্ল্যাব ডিজাইন কর।

কার্যকরী স্প্যান = 4m, লাইভ লোড = 300 kg/m², ফ্লোর ফিনিশ = 120 kg/m², ঝুলন্ত সিলিং = 50 kg/m², স্থানান্তরযোগ্য পার্টিশন = 75 kg/m², f'_c = 175 kg/cm², f_s = 1400 kg/cm², u = 17.52 kg/cm², v_c = 3.86 kg/cm², n = 10 *[বাকাশিবো : '১৪R]*

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

ACI কোড অনুযায়ী স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{25} = \frac{4}{25} \times 100 = 16\ cm.$

এবং 3.3 L হিসেবে পুরুত্ব, $t = 3.3 \times 4 = 13.2\ cm.$

সুতরাং স্ল্যাবের পুরুত্ব, t = 16 cm.

1m স্ট্রিপ বিবেচনা করা হলে–

(i) 50% আরসিসি-এর নিজস্ব ওজন	$= \left(1 \times \frac{16}{100} \times 2400\right) \times \frac{1}{2}$	= 192 kg/m
(ii) 50% ইটের নিজস্ব ওজন	$= \left(1 \times \frac{16}{100} \times 1920\right) \times \frac{1}{2}$	= 153.6 kg/m
(iii) লাইভ লোড	= 1 × 300	= 300 kg/m
(iv) ফ্লোর ফিনিশ	= 1 × 120	= 120 kg/m
(v) ঝুলন্ত সিলিং	= 1 × 50	= 50 kg/m
(vi) স্থানান্তরযোগ্য পার্টিশন	= 1 × 75	= 75 kg/m
	ডিজাইন লোড, w	= 890.6 kg/m

∴ 4 মিটার স্প্যানে মোট লোড, W = wL = 890.6 × 4 = 3562.4 kg.

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ শিয়ার :

শিয়ার ফোর্স, $V = \frac{W}{2} = \frac{3562.4}{2} = 1781.2\ kg.$

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট : $M = \frac{WL}{8} = \frac{3562.4 \times 4}{8} \times 100 = 178120\ kg\text{-}cm$

ধাপ-৪ : স্ল্যাবের গভীরতা :

$f_c = 0.45\ f'_c = 0.45 \times 175 = 78.75\ kg/cm^2$

$K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{78.75}} = 0.36$

$J = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{0.36}{2} = 0.88$

$R = \frac{1}{2} \times 78.75 \times 0.88 \times 0.36 = 12.47$

$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{178120}{12.47 \times 100}} = 11.95\ cm$

কভারিং 2 সে.মি. বিবেচনা করলে মোট গভীরতা, t = 11.95 + 2 = 13.95 cm < 16 cm.

কিন্তু ACI কোড অনুযায়ী গভীরতার পরিমাণ 16 cm-এর চেয়ে কম হতে পারবে না।

∴ কার্যকরী গভীরতা, d = 16 – 2 = 14 cm.

ধাপ-৫ : টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল :

$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{178120}{1400 \times 0.88 \times 14} = 10.33\ cm^2$

আরবি স্ল্যাবের ক্ষেত্রে প্রমাণ সাইজের ইট ব্যবহার করলে রডের কেন্দ্র হতে কেন্দ্রের দূরত্ব হবে 18 cm এবং ব্যবধান 18 cm অনুযায়ী রডের ব্যাস নির্ণয় করতে হবে।

রডের স্পেসিং, $S = \frac{100 \times a_s}{A_s}$

$a_s = \frac{A_s \times S}{100} = \frac{10.33 \times 18}{100} = 1.86\ cm^2$

রডের ব্যাস, $D = \sqrt{\frac{1.86}{0.785}} = 1.54\ cm \approx 1.6\ cm$

সুতরাং 16 মিমি ব্যাসের রড 18 সে.মি. ব্যবধানে স্থাপন করতে হবে।

ধাপ-৬ : শিয়ার স্ট্রেস

শিয়ার পীড়ন, $v = \frac{V}{bd} = \frac{1781.2}{100 \times 14} = 1.27\ kg/cm^2 < 3.86\ kg/cm^2$

স্ল্যাবটি শিয়ার পীড়নে নিরাপদ।

ধাপ-৭ : বন্ড পীড়ন :

বন্ড পীড়ন, $u = \frac{V}{\Sigma_0 jd}$

রডের মোট পরিসীমা, $\Sigma_0 = N\pi D = \frac{b}{s}\pi D = \frac{100}{18} \times \pi \times 1.6 = 27.95\ cm$

$u = \frac{1781.2}{27.95 \times 0.88 \times 14} = 5.17\ kg/cm^2$

16 মিমি ব্যাসের রডের গ্রহণযোগ্য বন্ড পীড়ন

$u = \frac{3.23\sqrt{f'_c}}{D} = \frac{3.23\sqrt{175}}{1.6} = 26.70\ kg/cm^2 > 5.17\ kg/cm^2$

সৃষ্ট বন্ড স্ট্রেস গ্রহণযোগ্য বন্ড স্ট্রেস অপেক্ষা কম। সুতরাং বন্ড পীড়নে স্ল্যাবটি নিরাপদ।

ধাপ-৮ : বিতরণ রড :

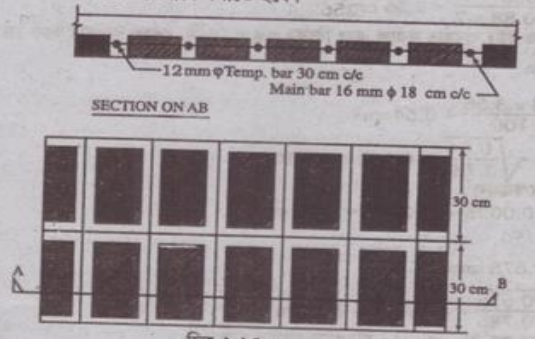
$A'_s = 0.0025\ bt = 0.0025 \times 100 \times 16 = 4\ cm^2$

এক্ষেত্রে রডের ব্যবধান হতে 30 cm

$S = \frac{100\ a'_s}{A'_s}, \Rightarrow a'_s = \frac{S \times A'_s}{100} = \frac{30 \times 4}{100} = 1.2\ cm^2$

রডের ব্যাস, $D = \sqrt{\frac{1.20}{0.785}} = 1.24\ cm \approx 1.2\ cm \approx 12\ mm$

অতএব, 12 mm ব্যাসের রড 30 cm ব্যবধানে বসাতে হবে।



চিত্র-২.১৭ :

তৃতীয় অধ্যায়

দ্বিমুখী স্ল্যাব

(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete Two-Way Slab)

৩.০ RCC Two Way Solid Slab ডিজাইনের নীতিসমূহ

(Principles of Designing RCC Two Way Solid Slab)

যে সমস্ত স্ল্যাবের প্রান্তগুলো চারদিকের দেওয়াল বা বীমের উপর অবস্থান করে এবং স্ল্যাবের প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট দুদিকেই ব্যবহার করা হয় তাকে দ্বিমুখী স্ল্যাব বলে।

স্ল্যাবের সমস্ত ওজন প্রধান রিইনফোর্সমেন্টের মাধ্যমে চারদিকের দেওয়াল বা বীমের উপর ন্যস্ত করা হয়। স্ল্যাবটি বর্গাকার অথবা স্ল্যাবটির দৈর্ঘ্য এবং প্রস্থের অনুপাত দ্বিগুণের চেয়ে কম হলে টু ওয়ে স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়। টু ওয়ে স্ল্যাবের দুদিক স্থাপিত প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট চারিদিকের সাপোর্টিং বীম অথবা দেওয়ালের উপর স্ল্যাবের লোড স্থানান্তর করে ফলে টু ওয়ে নির্মাণ ব্যয় কম হয়। টু ওয়ে স্ল্যাবের লম্বা দিককে লং স্প্যান অর্থাৎ "L" দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং ছোট দিককে শর্ট স্প্যান অর্থাৎ "S" দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এ স্ল্যাবের পজিটিভ জোনে শর্ট স্প্যানের রিইনফোর্সমেন্ট নিচের স্তরে ও লং স্প্যানের রিইনফোর্সমেন্ট উপরে স্তরে থাকে এবং নেগেটিভ জোনে শর্ট স্প্যানের রিইনফোর্সমেন্ট উপরের স্তরে এবং লং স্প্যানের রিইনফোর্সমেন্ট নিচের স্তরে থাকে।

ACI কোর্ড অনুযায়ী দ্বিমুখী স্ল্যাবকে তিন শ্রেণিতে বিভক্ত করা যায়। যথা :

(i) সমভাবে বিস্তৃত লোড এবং স্ল্যাবের কর্নারগুলো মুক্তভাবে উত্তোলন যোগ্যসহ চারপ্রান্ত সাধারণভাবে স্থাপিত।

(ii) সমভাবে বিস্তৃত লোড এবং স্ল্যাবের কর্নারগুলো নিচু করে রাখাসহ চারপ্রান্ত সাধারণতভাবে স্থাপিত।

(iii) সমভাবে বিস্তৃত স্ল্যাবের প্রান্তগুলো আবদ্ধ অথবা অবিচ্ছিন্ন।

RCC দ্বিমুখী সলিড স্ল্যাবের নীতিসমূহ

(Principle of Two way Solid Slab) :

(১) এটা চারিদিকের বিম অথবা কলামের উপর অবস্থান করবে।

(২) এর দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের অনুপাত দ্বিগুণের বেশি হবে না।

ACI কোড অনুযায়ী কংক্রিট প্রতিরোধী কভারিং নিম্নরূপ :

(i) স্ল্যাব এবং দেওয়ালের ক্ষেত্রে (মাটির সংস্পর্শে না থাকলে) ন্যূনতম ক্লিয়ারেন্স (মুক্ত কভারিং) 2 সে.মি.

(ii) বিম এবং কলামের ক্ষেত্রে (মাটির সংস্পর্শে না থাকলে) মুক্ত কভারিং 4 সে.মি-এর কম হবে না (4 – 5 সে.মি. ধরা হয়)

(iii) মাটির সংস্পর্শে থাকলে কমপক্ষে 6.5 সে.মি. কভারিং দেয়া হয়।

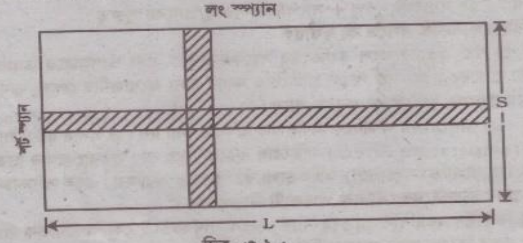
(iv) মাটির সংস্পর্শে এবং শাটারিং ব্যবহার না করলে কমপক্ষে 7.5 সে.মি. দেওয়া হয়।

স্ল্যাবে সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ (Minimum Reinforcement in Slab) :

সলিড রিইনফোর্সমেন্ট কংক্রিট স্ল্যাবের উভয় দিকে সর্বনিম্ন রিইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ হবে–

(ক) প্লেইন বা মসৃণ বারের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের ছেদিত অংশে কংক্রিটের মোট ক্ষেত্রফলের 0.25%।

(খ) উচ্চ শক্তি সম্পন্ন ডিফর্মড বারের ক্ষেত্রে কংক্রিটের মোট ক্ষেত্রফলের 0.12%।



চিত্র- ৩.১ :

টু ওয়ে সলিড স্ল্যাবের মোমেন্ট কো-ইফিসিয়েন্ট

মোমেন্ট (Moment)	শর্ট স্প্যান m এর মান						লং স্প্যান m এর সর্ব প্রকার মানের জন্য
	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5 and Lees	
১ম প্রকার স্প্যান (Case-1)							
আভ্যন্তরীণ প্যানেল							
অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.033	0.040	0.048	0.055	0.063	0.083	0.033
বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	–	–	–	–	–	–	–
মধ্যস্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট	0.025	0.030	0.036	0.041	0.047	0.062	0.025
২য় প্রকার স্প্যান (Case-2)							
এক প্রান্ত বিচ্ছিন্ন							
অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.041	0.048	0.055	0.062	0.069	0.085	0.041
বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.021	0.024	0.027	0.031	0.035	0.042	0.021
মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট	0.081.	0.036	0.041	0.047	0.052	0.064	0.031
৩য় প্রকার স্প্যান (Case-3)							
দুই প্রান্ত বিচ্ছিন্ন							
অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.049	0.075	0.064	0.071	0.078	0.090	0.040
বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.025	0.028	0.032	0.036	0.039	0.045	0.025
মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট	0.037	0.013	0.018	0.054	0.059	0.068	0.037
৪র্থ প্রকার স্প্যান (Case-4)							
তিন প্রান্ত বিচ্ছিন্ন							
অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.058	0.066	0.074	0.082	0.090	0.098	0.058
বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.029	0.033	0.037	0.041	0.045	0.059	0.029
মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট	0.44	0.050	0.056	0.062	0.068	0.074	0.044
৫ম প্রকার স্প্যান (Case-5)							
চার প্রান্ত বিচ্ছিন্ন							
অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	–	–	–	–	–	–	–
বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট	0.033	0.033	0.043	0.047	0.053	0.055	0.033
মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট	0.050	0.057	0.064	0.072	0.080	0.083	0.050

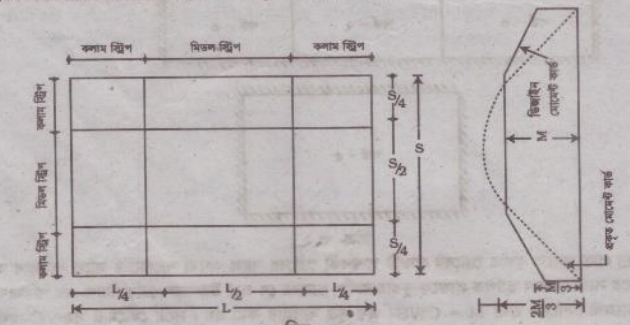
৩.৩ কলাম স্ট্রিপ ও মিডল স্ট্রিপ-এর বর্ণনা

(State the Meaning of Column Strip and Middle Strip in Two-way Slab)

টু ওয়ে স্ল্যাব ডিজাইনের সময় প্রতিটি ফ্লোর স্ল্যাবকে দুটি অংশে ভাগ করা হয়। যথা : (i) মিডল স্ট্রিপ (Middle Strip) এবং (ii) কলাম বা এজ স্ট্রিপ (Column/Edge strip)

স্ল্যাব প্যানেলের উভয় দিকের মধ্য অর্ধেকাংশ স্ট্রিপকে মিডল স্ট্রিপ বলে এবং স্ল্যাব প্যানেলের প্রত্যেক পার্শ্বের এক চতুর্থাংশ স্ট্রিপকে কলাম স্ট্রিপ বা এজ স্ট্রিপ বলে।

লং ডিরেকশন ১টি মিডল স্ট্রিপ ও দুটি কলাম স্ট্রিপ রয়েছে। অনরূপভাবে শর্ট ডিরেকশনে ১টি মিডল স্ট্রিপ ও দুটি কলাম স্ট্রিপ রয়েছে। চিত্রে মিডল এবং এজ স্ট্রিপের অবস্থান দেখানো হলো।



চিত্র- ৩.৩ :

৩.১ RCC দ্বি-মুখী সলিড স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব
(State the Minimum Thickness of Reinforced Cement Concrete Two-Way Slab)

টু ওয়ে স্ল্যাব ডিজাইন করতে সর্বপ্রথমে নিজস্ব ওজন বের করে স্ল্যাবের পুরুত্ব নির্ণয় করা হয়। ACI কোড অনুযায়ী দ্বিমুখী স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব ধরা হয়।

$$t_{min} = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{180} = \frac{2(L+S)\times 100}{180} \text{ সে.মি.}$$

এখানে, L = স্ল্যাবের দৈর্ঘ্য, মিটারে
S = স্ল্যাবের প্রস্থ, মিটার

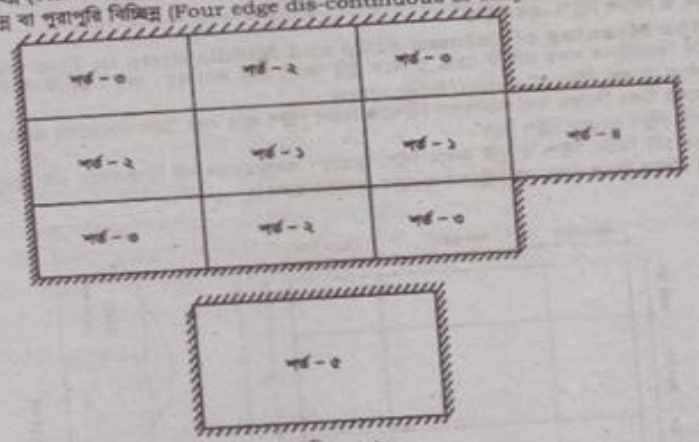
অথবা, 9 সে.মি. এর কম নয়।

অন্যদিকে ASTM অনুসারে $t_{min} = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{180} + 1.27$ সে.মি.

৩.২ RCC দ্বিমুখী সলিড স্ল্যাব ডিজাইনে বেন্ডিং মোমেন্ট কো-ইফিসিয়েন্টের ব্যবহার
(Explain the Use of Bending Moment Coefficient in Designing Reinforced Cement Concrete Two-Way Slab)

RCC দ্বিমুখী সলিড স্ল্যাব ডিজাইনে ACI কোড অনুযায়ী তিনটি পদ্ধতি অনুসরণে ডিজাইন করা হবে। এ পদ্ধতিতে মোমেন্ট নির্ণয়ের স্ল্যাবের প্রান্ত অবস্থা বিবেচনায় ছক হতে নির্দিষ্ট মান গ্রহণ করা হয়। এ মানকে মোমেন্ট সহগ "C" দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এই "C" এর মান স্ল্যাবের প্রস্থ ও দৈর্ঘ্যের অনুপাত $\left(m = \frac{S}{L}\right)$ এর উপর নির্ভর করে। টু-ওয়ে স্ল্যাবের প্রান্ত অবস্থা 5 প্রকার হতে পারে। যেমন :

(i) সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন বা অভ্যন্তরীণ প্যানেল (Fully continuous of Interior panel)
(ii) এক প্রান্ত বিচ্ছিন্ন (One edge dis-continuous)
(iii) দুই প্রান্ত বিচ্ছিন্ন (Two edge dis-continuous)
(iv) তিন প্রান্ত বিচ্ছিন্ন (Three edge dis-continuous)
(v) চার প্রান্ত বিচ্ছিন্ন বা পুরাপুরি বিচ্ছিন্ন (Four edge dis-continuous or fully dis-continuous)



চিত্র- ৩.২ :

(স্ল্যাবের অবিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে বুঝায় স্ল্যাবের প্রান্তটি পার্শ্ববর্তী স্ল্যাবের সাথে অথবা সাপোর্টের সাথে সুদৃঢ়ভাবে আবদ্ধ এবং স্ল্যাবের বিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে সাধারণভাবে ঝুলিত প্রান্তকে বুঝায় অর্থাৎ স্ল্যাবের যে প্রান্ত টরশনাল রেজিস্ট্যান্স-এর পরিমাণ খুবই নগণ্য।)
এ পদ্ধতিতে মোমেন্ট নির্ণয়ের জন্য $M = CWS^2$ এর সূত্র ব্যবহার করা হয়। সূত্রে মোমেন্ট সহগ C-এর মান টেবিল হতে প্রান্ত শর্ত সাপেক্ষে নেয়া হয়। টেবিল ৩.২ এ মোমেন্ট সহগ C-এর মান দেয়া হলো।

উদাহরণ–৩.১১ : শুধুমাত্র মিডল স্ট্রিপের জন্য একটি চার-প্রান্ত বিচ্ছিন্ন Two way slab এর জন্য লোহার পরিমান নিরূপণ কর। Slab টির মাপ 5m × 5m, সজীব ভার = 400 kg/m², Floor finish = 60 kg/m², f_c = 220 kg/cm², f_s = 1400 kg/cm², n = 10. *[বাকাশিবো : '১১, '১৪]*

মোমেন্ট সহগ :

প্রান্ত	শর্ট স্প্যান	লং স্প্যান
বিচ্ছিন্ন প্রান্ত	0.038	0.038
মধ্য স্প্যান	0.050	0.050

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব = 9 cm

অথবা, $t = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{180} = \frac{2(5+5)}{180} \times 100 = 11.11 = 11.5$ cm

সুতরাং Slab-এর পুরুত্ব = 11.5 cm.

Slab-এর 1 মিটার স্ট্রিপ বিবেচনা করলে,

(i) Slab-এর নিজস্ব ওজন = $1 \times \frac{11.5}{100} \times 2400 = 276$ kg/m.
(ii) live load = 400×1 = 400 kg/m
(iii) Floor Finish = 60×1 = 60 kg/m

ডিজাইন লোড W = 736 kg/m.

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট;

$m = \frac{S}{L} = \frac{5}{5} = 1$

For short Span :

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্তে নেগেটিভ মোমেন্ট, $M = CWS^2$ | C = 0.038
$= 0.038 \times 736 \times 5^2 \times 100$
$= 69920$ kg-cm

(ii) মধ্য স্প্যানে পজিটিভ মোমেন্ট, $M = CWS^2$ | C = 0.050
$= 0.050 \times 736 \times 5^2 \times 100$
$= 92000$ kg-cm.

For long Span :

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্তে নেগেটিভ মোমেন্ট $M = CWS^2$ | C = 0.038
$= 0.038 \times 736 \times 5^2 \times 100$
$= 69920$ kg-cm.

(ii) মধ্য স্প্যানে পজিটিভ মোমেন্ট $M = CWS^2$ | C = 0.050
$= 0.050 \times 736 \times 5^2 \times 100$
$= 92000$ kg-cm.

ধাপ-৩ : কার্যকরী গভীরতা নির্ণয় :

$fc = 0.45f'_c = 0.45 \times 220 = 99$ kg/cm²

$K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{99}} = 0.414$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.414}{3} = 0.86$

$R = \frac{1}{2}f_cjk = \frac{1}{2} \times 99 \times 0.86 \times 0.414 = 17.62$

Short Span এর জন্য কার্যকরী গভীরতা :

Short Span-এর সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট M = 92000 kg-cm

কার্যকরী গভীরতা $d_s = \sqrt{\frac{M}{Rb}} = \sqrt{\frac{92000}{17.62 \times 100}} = 7.22$ cm.

12mm ব্যাসের রড ব্যবহার করিলে

মোট গভীরতা t = d + মুক্ত কভারিং + $\frac{\text{রডের ব্যাস}}{2}$

$= 7.22 + 2 + \frac{1.2}{2} = 9.82$ cm < 11.5 cm ok

কার্যকরী গভীরতা $d_s = 11.5 - 2 - \frac{1.2}{2} = 8.9$ cm

long span-এর জন্য কার্যকরী গভীরতা :

long span-এর সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট M = 92000 kg-cm

কার্যকরী গভীরতা $d_L = \sqrt{\frac{92000}{17.62 \times 100}} = 7.22$ cm

মোট গভীরতা t = d + মুক্ত কভারিং + রডের ব্যাস + $\frac{\text{রডের ব্যাস}}{2}$

$= 7.22 + 2 + 1.2 + \frac{1.2}{2} = 11.02$ cm < 11.5 cm ok

কার্যকরী গভীরতা $d_L = 11.5 - 2 - 1.2 - \frac{1.2}{2} = 7.7$ cm

ধাপ-৪ টান রডের ক্ষেত্রফল :

For Short Span :

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্তে নেগেটিভ মোমেন্টের জন্য $A_s = \frac{M}{f_s jd}$

$= \frac{69920}{1400 \times 0.86 \times 8.9} = 6.52$ cm²

12mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে $a_s = \frac{\pi}{4}(1.2)^2 = 1.13$cm²

ব্যবধান $S = \frac{100 \times a_s}{A_s} = \frac{100 \times 1.13}{6.52} = 17.33$ cm.

= 17cm c/c.

12mm ব্যাসের রড 17cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

(ii) মধ্য স্প্যানে পজিটিভ মোমেন্টের জন্য $A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{92000}{1400 \times 0.86 \times 8.9}$

= 8.58 cm².

ব্যবধান $S = \frac{100 \times 1.13}{8.58} = 13.17$cm ≃ 13 cm c/c.

সুতরাং, 12mm ব্যাসের রড 13cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

For long Span :

(i) বিচ্ছিন্ন প্রান্তে নেগেটিভ মোমেন্টের জন্য $A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{69920}{1400 \times 0.86 \times 7.7} = 7.54$ cm²

ব্যবধান $S = \frac{100 \times 1.13}{7.54} = 14.98$ cm ≃ 14.5cm c/c

সুতরাং 12 mm ব্যাসের রড 14.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

(ii) মধ্য স্প্যানে পজিটিভ মোমেন্টের জন্য

$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{92000}{1400 \times 0.86 \times 7.7} = 9.92$ cm²

ব্যবধান $S = \frac{100 \times 1.13}{9.92} = 11.39$ cm = 11cm c/c

সুতরাং, 12 mm ব্যাসের রড 11cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

চতুর্থ অধ্যায় — সিঁড়ি স্ল্যাব

(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete Stair Slab)

৪.০ RCC সিঁড়ি স্ল্যাব ডিজাইনের নীতিসমূহ

(The Principles of Designing RCC Stair Slab)

ইমারতের একতলা থেকে অপর তলায় নিরাপদে, অনায়াসে এবং দ্রুত ওঠানামা করার জন্য কতগুলো ধাপের সাহায্যে যে পথ নির্মাণ করা হয় তাকে সিঁড়ি বলে। এটা একটি স্থায়ী কাঠামো। এ সিঁড়ি দালানের যে জায়গায় অবস্থান করে তাকে সিঁড়িঘর বলে। দালান, ওভারব্রীজ, টাওয়ার বিভিন্ন ধরনের কাঠামোতে নিচু স্থান থেকে উঁচুতে ওঠার জন্য বিভিন্ন ধরনের সিঁড়ি ব্যবহৃত হয়ে থাকে। ইমারতের এমন জায়গায় সিঁড়ি নির্মাণ করা উচিত যেন সেখানে পর্যাপ্ত আলো বাতাস পাওয়া যায়। সাধারণত আলাদা কক্ষে এবং ভবনের মাঝখানে সিঁড়িঘর নির্মাণ করা হয়। তবে ডুপ্লেক্স ভবনে ড্রয়িংরুমের সাথেও সিঁড়ি নির্মাণ করা হয়। তবে বসতবাড়িতে সিঁড়ির প্রস্থ 90 সে.মি. এবং পাবলিক ভবনের জন্য 1.5 মিটার থেকে 1.8 মিটার হওয়া উচিত। আর ওঠানামার সুবিধার জন্য প্রতিটি ফ্লাইটে 10 – 12 টি ধাপ রাখা শ্রেয়। তবে 3 টির কম ধাপ রাখা উচিত নয়। সিঁড়ির হেডরুম কমপক্ষে 2.1 মিটার হতে 2.3 মিটার হওয়া উচিত। আর ল্যান্ডিং-এর চওড়া ফ্লাইটের চওড়ার কম হওয়া উচিত নয়।

৪.১ বিভিন্ন প্রকার সিঁড়ির তালিকা

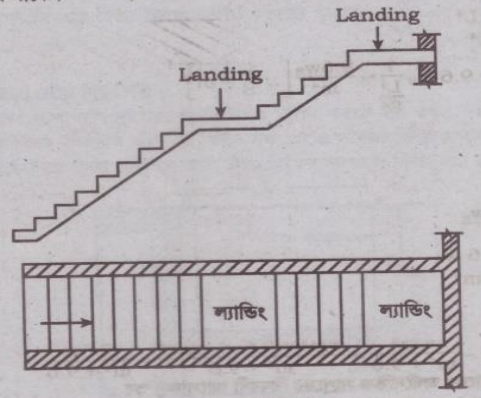
(List Various Kinds of Stair)

সিঁড়িকে বিভিন্ন ভাগে ভাগ করা যায়। তবে নিম্নের সিঁড়িগুলো বেশি ব্যবহৃত হয়। যথা :

(i) একমুখী সিঁড়ি, (ii) ডগ্-লেগ্ড সিঁড়ি, (iii) ওপেন নিউয়েল বা ওপেন ওয়েল সিঁড়ি, (iv) জিওমেট্রিক্যাল সিঁড়ি, (v) বৃত্তাকার সিঁড়ি, (vi) বাইফারকেটেড সিঁড়ি।

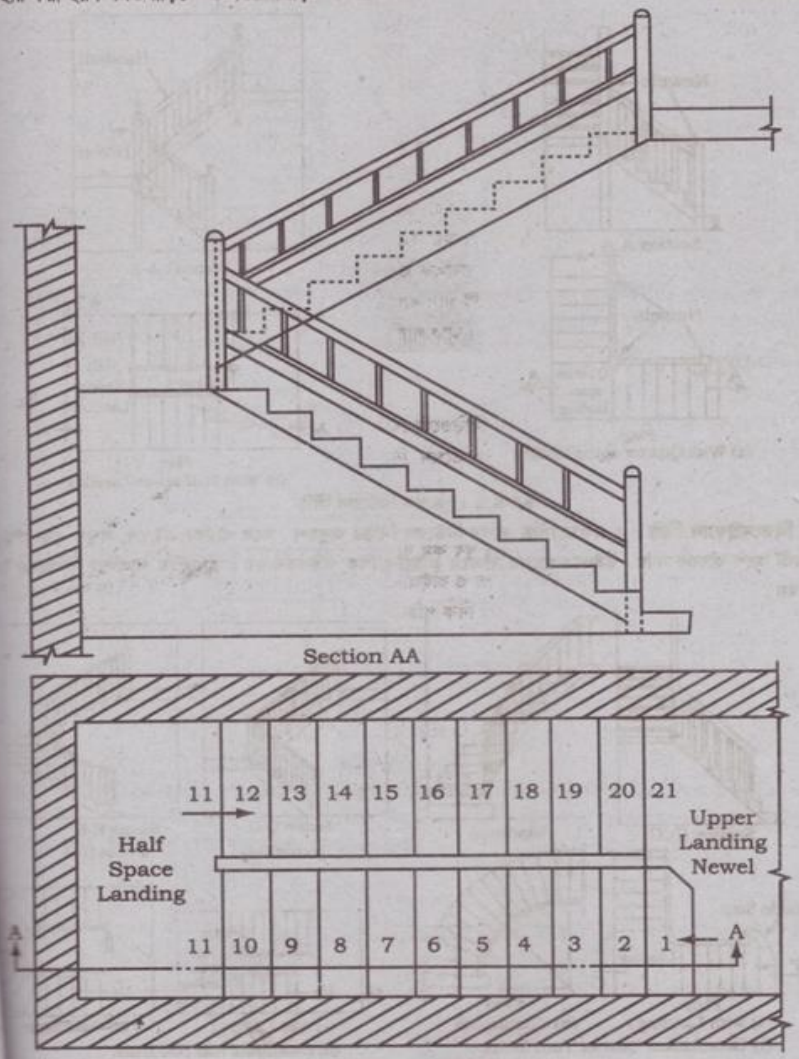
এগুলোর বর্ণনা নিম্নরূপ :

(i) একমুখী সিঁড়ি : যে সমস্ত ভবনে লোক চলাচল খুব কম বা সিঁড়ি নির্মাণের জন্য পর্যাপ্ত জায়গা পাওয়া যায় না, সে ক্ষেত্রে জাতীয় সিঁড়ি নির্মাণ করা হয়। এ প্রকার সিঁড়ির ট্রেড ও রাইজার সাধারণভাবে ক্রমাগত একই দিকে অগ্রসর হয়ে থাকে। উচ্চতা বেশি হলে একে ফ্লাইটে বিভক্ত করা হয় কিন্তু কোন দিক পরিবর্তন করে না। এ প্রকার সিঁড়ি সাধারণত পুকুরঘাটে, নদীর ঘাটে পাহাড়ি এলাকায় ব্যবহার হয়ে থাকে।



চিত্র-৪.১ : একমুখী সিঁড়ি

(ঝ) **ডগ্-লেগ্ড সিঁড়ি :** এ প্রকার সিঁড়ি সাধারণত দুটি একমুখী সিঁড়ি যার গতিমুখ পরস্পর বিপরীত। এক ফ্লাইট থেকে অন্য ফ্লাইটে যেতে বিপরীতমুখী হয়ে বা 180° কোণে দিক পরিবর্তন করতে হয়। যে সিঁড়িঘরের প্রস্থ শুধুমাত্র দুটি ফ্লাইটের প্রস্থের সমান সেখানে এ ধরনের সিঁড়ি ব্যবহার বা নির্মাণ করা হয়। দু'টি ফ্লাইটের দিক পরিবর্তনের জন্য একই লেভেলে ল্যান্ডিং নির্মাণ বা ব্যবহার করা হয়। বসতবাড়িতে এ প্রকার সিঁড়ির প্রচলন বেশি।



চিত্র-৪.২ : ডগ-লেগড সিঁড়ি

উদাহরণ-৪.৫ : একটি সিঁড়িঘরের মাপ 3 মিঃ × 5.3 মিঃ এবং উচ্চতা 3.84 মিঃ ইহার উপর প্রতি বর্গমিটারে 450 কেজি সচল ভার অর্পিত আছে। যদি f_s = 1400 কেজি/বর্গ সে.মি., f_c = 94 কেজি/বর্গ সে.মি., n = 10, v_c = 4.2 কেজি/বর্গ সে.মি. u = 16 কেজি/বর্গ সে.মি. হয় তবে ডগ-লেগড সিঁড়ির যেকোনো একটি ফ্লাইট ডিজাইন কর। *[বাকাশিবো : '৯৯, '১৪]*

সমাধান :

সিঁড়িটি ডগ-লেগড বিধায় সমসংখ্যক ধাপবিশিষ্ট দু'টি ফ্লাইট বিবেচনা করা হলো।

ধরি, ফ্লাইটটির চওড়া রেলিংসহ 1.3 মিটার প্রতিটি ফ্লাইটের উচ্চতা $= \frac{3.84}{2} = 1.92\ m = 192\ cm$

মনে করি, 16 cm উচ্চতা বিশিষ্ট রাইজার ব্যবহৃত হবে।

সুতরাং, রাইজারের সংখ্যা $= \frac{192}{16} = 12$টি।

ট্রেডের সংখ্যা = রাইজারের সংখ্যা − 1 = 12 − 1 = 11টি

ধরি, ট্রেডের প্রস্থ = 25 cm

সুতরাং 11 টি ট্রেডের জন্য স্থান প্রয়োজন = 11 × 25 = 275 cm

প্রথম ল্যান্ডিং-এর প্রস্থ 1.30m হলে দ্বিতীয় ল্যান্ডিং-এর প্রস্থ = 530 − 275 − 130 = 125 cm

যদি প্রথম ল্যান্ডিং বীমের স্থাপিত থাকে তবে হয় ফ্লাইটটির স্প্যান দৈর্ঘ্য = 275 + 125 = 400 cm = 4m

ধাপ-১ : লোড নির্ণয় :

মনে করি, ওয়েস্ট স্ল্যাবের পুরুত্ব = 15 cm এবং

1মিটার স্ট্রিপ বিবেচনা করি

(i) ওয়েস্ট স্ল্যাবের ওজন $= S\sqrt{R^2 + T^2} \times 1 \times \frac{24}{T}$

$= 15\sqrt{16^2 + 25^2} \times \frac{24}{25} = 427.5$ kg/m

(ii) স্টেপের ওজন = 12R = 12 × 16 = 192 kg/m

(iii) লাইভ লোড = 1 × 450 = 450 kg/m

ডিজাইন লোড w = 1069.5 kg/m

4m স্প্যান দৈর্ঘ্যে মোট লোড পরিমাণ

W = wL = 1069.5 × 4 = 4278 kg.

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ শিয়ার বল নির্ণয় :

$V = \frac{W}{2} = \frac{4278}{2} = 2139$ kg,

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট :

$M = \frac{WL}{8} = \frac{4278 \times 4 \times 100}{8} = 213900$ kg–cm

ধাপ-৪ : স্ল্যাবের গভীরতা নির্ণয় :

$d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে $K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94}} = 0.402$

$j = 1 - \frac{0.402}{3} = 0.866$

$R = \frac{1}{2} f_c j K = \frac{1}{2} \times 94 \times 0.866 \times 0.402 = 16.36$

b = 100 cm

$\therefore d = \sqrt{\frac{213900}{16.36 \times 100}} = 11.45 = 11.5$ cm

যদি 16 মিমি ব্যাসের প্রধান রড হিসেবে ব্যবহার করলে

মোট গভীরতা, $t = 11.5 + 2 + \frac{1.6}{2} = 14.3\ cm < 15\ cm.$

সুতরাং ঠিক আছে।

ধাপ-৫ : প্রধান রিইনফোর্সমেন্টের ক্ষেত্রফল :

$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{213900}{1400 \times 0.866 \times 11.5} = 15.34\ cm^2$

16 মিমি ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল, $a_s = 2.01\ cm^2$

রডের ব্যবধান, $S = \frac{100\ a_s}{A_s} = \frac{100 \times 2.01}{15.34} = 13.10\ cm\ c/c$

সুতরাং 16 মিমি ব্যাসের রড 13 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে। সাপোর্টদ্বয়ের উপর সারিতে 16 মিমি ব্যাসের রড 26 cm c/c ব্যবধানে বসবে। উভয় সাপোর্ট থেকে L/4 পর্যন্ত বর্ধিত থাকবে।

ধাপ-৬ : টেম্পারেচার রড বা বিতরণী রড :

$A'_s = 0.0025\ bt$

$= 0.0025 \times 100 \times 14.3$

$= 3.58\ cm^2$

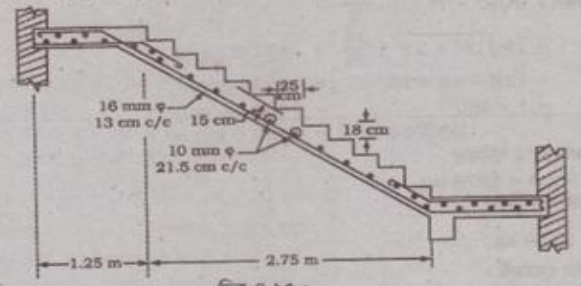
10 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে

ব্যবধান, $S = \frac{100\ a'_s}{A'_s} = \frac{100 \times 0.785}{3.58}$

$= 21.92\ cm\ c/c$

$= 21.5\ cm\ c/c$

∴ 10 mm ব্যাসের রড 21.5 cm c/c ব্যবধানে ব্যবহৃত হবে।



চিত্র-8.১৫ :

উদাহরণ-8.৬ : একটি সিঁড়িঘরের মাপ 3.2 m × 5.5 m-এর উচ্চতা 3.5 m সিঁড়িঘরের জন্য একটি ডগ-লেগড স্টেয়ারের প্রথম ফ্লাইটটি ডিজাইন কর।

তথ্যাদি : লাইভ লোড = 400 kg/m²

রেলিং = 50 kg/m²

$f_s = 1400\ kg/cm^2$

$f_c = 94.5\ kg/cm^2$

$n = 10$

$v_c = 4.2\ kg/cm^2$

$u = 18\ kg/cm^2$

সমাধান :

যেহেতু ডগ-লেগড সিঁড়ির দু'টি ফ্লাইট থাকে, তাই এখানে সমসংখ্যক স্টেপ বিশিষ্ট দুটি ফ্লাইট ধরা হলো।

মনে করি, প্রতিটি ফ্লাইটের রেলিংসহ চওড়া = 1.2 m

এবং ল্যান্ডিং-এর চওড়া = 1.2 m

প্রতিটি ফ্লাইটের উচ্চতা = $\frac{3.5}{2}$ = 1.75 m = 175 cm

মনে করি, 16 cm উচ্চতার রাইজার ব্যবহৃত হবে।

অতএব, রাইজারের সংখ্যা = $\frac{175}{16}$ = 10.94 ≈ 11 টি ধরি

এক্ষেত্রে রাইজারের প্রকৃত মাপ = $\frac{175}{11}$ = 15.9 cm

ট্রেডের সংখ্যা = 11 – 1 = 10টি

ধরি ট্রেডের প্রস্থ 27 cm

∴ 10টি ট্রেডের জন্য জায়গা প্রয়োজন = 27 × 10 = 270 cm = 2.7 m

সুতরাং এক্ষেত্রে প্রবেশ পথে স্থান থাকবে, = 5.5 – (2.7 + 1.2) = 1.6 m

এখানে প্রথম ফ্লাইটের অনুভূমিক দৈর্ঘ্য = 2.7 + 1.2 = 3.9 m

ধাপ-১ : লোড নির্ণয় (Load Calculation) :

মনে করি, ওয়েস্ট স্ল্যাবের পুরুত্ব, S = 15 cm

(i) ওয়েস্ট স্ল্যাবের ওজন = $S\sqrt{R^2 + T^2} \times 1 \times \frac{24}{T}$

$= 15\sqrt{(15.9)^2 + (27)^2} \times \frac{24}{27}$ = 417.78 kg/m

(ii) স্টেপের ওজন = 12R = 12 × 15.9 = 191 kg/m

(iii) লাইভ লোড = 1 × 400 = 400 kg/m

(iv) রেলিং = 1 × 50 = 50 kg/m

ডিজাইন লোড w = 1058.78 kg/m

≃ 1059 kg/m

1m স্ট্রিপ বিবেচনা করলে 3.9m স্প্যানের উপর প্রযুক্ত মোট লোডের পরিমাণ W = wL = 1059 × 3.9

= 4130.1 kg = 4130 kg

ধাপ-২ : সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স (Maximum Shear force)

$V = \frac{W}{2} = \frac{4130}{2} = 2065\ kg,$

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট (Maximum B.M)

$M = \frac{WL}{8} = \frac{4130 \times 3.9 \times 100}{8}$

$M = 201337.5\ kg\text{-}cm$

ধাপ-৪ : স্ল্যাবের গভীরতা (Depth of slab) :

কার্যকরী গভীরতা, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে $K = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{94.5}} = 0.403$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{403}{3} = 0.866$

$R = \frac{1}{2} f_c jK = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.866 \times 0.403$

$= 16.49$

$b = 100\ cm$

$d = \sqrt{\frac{201337.5}{16.49 \times 100}} = 11.05 = 11.5\ cm$

মনে করি, 12 মিমি ব্যাসের রড প্রধান টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্ট হিসেবে ব্যবহার হবে। অতএব, স্ল্যাবের মোট গভীরতা

$t = 11.5 + 2 + \frac{1.2}{2} = 14.1cm < 15\ cm.$

এক্ষেত্রে স্ল্যাবের অনুমানকৃত পুরুত্ব প্রাপ্ত পুরুত্ব অপেক্ষা বেশি বলে এটা গ্রহণযোগ্য।

পঞ্চম অধ্যায়

কলাম

(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete Axially Loaded Columns)

৫.১ বিভিন্ন প্রকার আরসিসি কলামের প্রকারভেদ বর্ণনা

(Describe Different Types of Reinforced Cement Concrete Column)

যে সমস্ত ভার্টিক্যাল মেম্বারগুলো তার অক্ষ বরাবর কম্প্রেসন লোড বহন করে তাকে কলাম বা কম্প্রেসন মেম্বার বলা হয়। রুফ স্ল্যাব, বীম এবং গার্ডার এর লোড বহন করার জন্য কলাম ব্যবহৃত হয়।

অর্পিত লোড কলামের অক্ষ বরাবর ক্রিয়া না করলে কলাম ডিজাইন করতে ইকসেন্ট্রিক লোডজনিত বেন্ডিং মোমেন্টের হিসাবও বিবেচনায় আনতে হবে।

ACI কোড অনুযায়ী বৃত্তাকার কলামের ন্যূনতম ব্যাস 25 সেমি এর কম হওয়া উচিত নয়। আয়তাকার কলামের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ 20 সেমি হবে। কলামের মোট ক্ষেত্রফল 620 বর্গমিটারের কম হবে না।

আর্কিটেকচারাল ভিউ অনুসারে আরসিসি কলাম বিভিন্ন আকৃতির হতে পারে যেমন : বর্গাকার, আয়তাকার, বৃত্তাকার, ষড়ভুজাকার, অষ্টভুজাকার ইত্যাদি। তাছাড়াও ইংরেজি অক্ষর L, T এবং H আকৃতির কলাম নির্মাণ করার প্রচলন রয়েছে।

আর.সি.সি. কলাম, কলামগুলোকে এদের দৈর্ঘ্যের সাথে প্রস্থচ্ছেদের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপের অনুপাতের উপর নির্ভর করে দুই শ্রেণিতে বিভক্ত করা হয়। যথা : (১) শর্ট কলাম (Short column) এবং (২) লং কলাম (Long column)

(১) শর্ট কলাম (Short column) : যখন দৈর্ঘ্য এবং ন্যূনতম পার্শ্ব পরিমাপের অনুপাত 10 বা 10 এর কম তাকে শর্ট কলাম বলে। অর্থাৎ $\frac{L}{b} \leq 10$

(২) লং কলাম (Long column) : যখন দৈর্ঘ্য এবং ন্যূনতম পার্শ্ব পরিমাপের অনুপাত 10 এর বেশি তাকে লং কলাম বলে। অর্থাৎ $\frac{L}{b} > 10$

স্লিভারনেস রেশিও (Slenderness Ratio) : কলামের প্রকৃত দৈর্ঘ্যের সাথে এর ন্যূনতম রেডিয়াস অব জাইরেশন-এর অনুপাতকে স্লিভারনেস রেশিও বলে।

$$\text{স্লিভারনেস রেশিও} = \frac{\text{কলামের মুক্ত দৈর্ঘ্য}}{\text{ন্যূনতম রেডিয়াস অব জাইরেশন}} = \frac{h}{r}$$

কলামের স্লিভারনেস রেশিওর মান যতই বৃদ্ধি পেতে থাকে এর ভারবহন ক্ষমতা ততই কমতে থাকে। প্রযুক্ত বলের প্রভাবে শর্ট কলামের তুলনায় লং কলাম সহজেই বেঁকে যায়। তাই একই ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট শর্ট কলামের চেয়ে লং কলামের ভারবহন ক্ষমতা কম।

রিইনফোর্সমেন্টের ব্যবহার অনুযায়ী রিইনফোর্সড কংক্রিট কলাম চার প্রকার। যথা :

(i) টাইড কলাম (Tied column) (ii) স্পাইরাল কলাম (Spiral column)
(iii) কম্পোজিট কলাম (Composite column) (iv) কম্বিনেশন কলাম (Combination column)

(i) টাইড কলাম (Tied column) :

টাইড কলাম বর্গাকার, আয়তাকার, বৃত্তাকার, L, T, H আকৃতির হতে পারে। এ কলামে ন্যূনতম 16 মিমি ব্যাসের কমপক্ষে 4টি খাড়া প্রধান রড এবং প্রধান রডগুলোকে সঠিক অবস্থানে রাখার জন্য পৃথক পার্শ্ব টাই ব্যবহার করা হয়। টাই রডের ব্যাস ন্যূনতম 6 মিমি এবং অনধিক 12 মিমি। টাই-এর স্পেসিং নির্ভর করে কলামের আকার, টাইরডের ব্যাস, এবং খাড়া প্রধান রডের ব্যাসের উপর। খাড়া রড 4 টির চেয়ে বেশি হলে টাই এমনভাবে সাজানো হয়, যেন টাই-এর পরিমাণ 135° বেশি না হয়। এক্ষেত্রে কংক্রিট কভারিং-এর পরিমাণ 3.75 সেমি-এর কম হবে না। এ কলামে প্রধান রডের ক্ষেত্রফল এবং কলামের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফল অনুপাত $\left(p_g = \frac{A_{st}}{A_g}\right)$-এর মান 0.01 হতে 0.08-এর মধ্যে হতে হবে। অর্থাৎ এর ভার বহন ক্ষমতা

$P = 0.85\, A_g(0.25\, f'_c + f_s\, \rho_g)$

(ii) স্পাইরাল কলাম (Spiral column) :

এ কলামের প্রস্থচ্ছেদ সাধারণত বৃত্তাকার হয়। ACI কোড অনুযায়ী স্পাইরাল কলামে ন্যূনতম 6টি 16 মিমি ব্যাসের খাড়া রড ব্যবহার করা হয়। অবিচ্ছিন্ন প্যাঁচানো রড দ্বারা খাড়া প্রধান রডগুলো বেঁধে রাখা হয়।

সাধারণত 6 মিমি থেকে 12 মিমি ব্যাসের রড স্পাইরাল রিইনফোর্সমেন্ট হিসেবে ব্যবহৃত হয়। স্পাইরাল কলামের কংক্রিট কভারিং কমপক্ষে 3.75 সেমি রাখা উচিত। এক্ষেত্রে প্রধান লোহার ক্ষেত্রফল এবং কলামের ক্ষেত্রফলের অনুপাত, p_g-এর মান 0.01 থেকে 0.08 পর্যন্ত হতে হবে।

স্পাইরাল কলামের ভারবহন ক্ষমতা টাইড কলামের চেয়ে 15% বেশি। কারণ স্পাইরাল খাড়া রডগুলোকে ঢালাইকালে সঠিক স্থানে ধরে রাখে এবং লোড বহনকালে প্রধান রডগুলোকে বাঁকা হওয়া থেকে রক্ষা করে। এ ছাড়াও স্পাইরাল-এর কনফাইনিং অ্যাকশন কলামের পার্শ্ব প্রসারণ প্রতিরোধসহ কলামের লোড বহন ক্ষমতা বৃদ্ধি করে। এই কলামের ভার বহন ক্ষমতা

$P = Ag(0.25f'_c + f_s pg)$

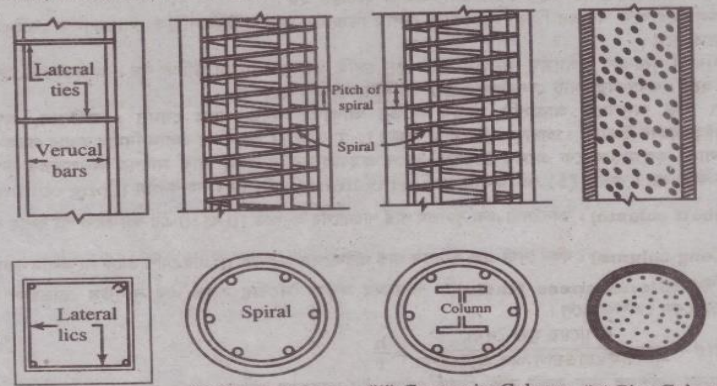
(iii) কম্পোজিট কলাম (Composite column) :

যে সমস্ত আরসিসি কলামের মধ্যে স্টিল জয়েন্ট ব্যবহার করে কলামকে আরও শক্তিশালী করা হয় ঐ সমস্ত কলামকে কম্পোজিট কলাম বলে। সাধারণত প্রধান উল্লম্ববার ও স্পাইরালবার সমন্বয়ে গঠিত গোলাকার স্পাইরাল কলামের মধ্যে স্ট্রাকচারাল স্টিল জয়েন্ট ব্যবহার করে কম্পোজিট কলাম গঠন করা হয়।

এক্ষেত্রে কলামের আকার ছোট ও অধিক লোড বহনের জন্য এ ধরনের কলাম নির্মাণ করা হয়।

(iv) কম্বিনেশন কলাম (Combination column) :

এ জাতীয় কলামে বাইরের দিক থেকে 2.5 সেমি ভিতরে লোহার তার জালি রিইনফোর্সমেন্ট হিসেবে ব্যবহার করে প্রায় 6.25 সেমি কংক্রিট ঢালাই করা হয় এবং ভিতরে স্ট্রাকচারাল স্টীল জয়েন্ট ব্যবহার করা হয়।



(i) Tied column (ii) Spiral Column (iii) Composite Column (iv) Pipe Column

চিত্র-৫.১ : Types of Column

(v) পাইপ কলাম (Pipe column) :

যে ক্ষেত্রে কলামের আকার ছোট রাখা প্রয়োজন এবং প্রযুক্ত বলের পরিমাণ খুব বেশি হয় না। সে সমস্ত ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় দৈর্ঘ্যের স্টিল পাইপের কংক্রিট পূর্ণ করে এ কলাম নির্মাণ করা হয়।

৫.২ টাইড কলাম এবং স্পাইরাল কলামে ব্যবহৃত রডের ন্যূনতম আকার ও সংখ্যা বর্ণনা

(State the Minimum Size and Minimum Number of Rod Required for Tied Column and Spiral Coluumn)

ACI কোড অনুযায়ী টাইড কলামে প্রধান রড হিসেবে খাড়াভাবে ন্যূনতম 4টি 16 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করা হবে। এবং স্পাইরাল কলামে প্রধান রড হিসেবে খাড়াভাবে ন্যূনতম 6টি 16 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে। উভয় প্রকার কলামের ক্ষেত্রে টাই রড ও স্পাইরাল রিইনফোর্সমেন্ট হিসেবে ন্যূনতম 6 মিমি ও অনধিক 12 মিমি আকারের রড ব্যবহার করতে হবে।

টাইড কলাম স্পাইরাল কলাম

চিত্র-৫.২ :

৫.৫ কলামের টাই রড এবং স্প্যাইরালের ব্যবধান
(Determine the Spacing of Lateral Ties and Spirals of Column)

(১) টাই রডের ব্যবধান নির্ণয় :

(i) 16 × প্রধান রডের ব্যাস এর বেশি হবে না।
(ii) 48 × টাই রডের ব্যাস এর বেশি হবে না।
(iii) কলামের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ এর বেশি হবে না।

তবে উপরোক্ত তিনটি বিবেচ্য বিষয়ের মধ্যে সবচেয়ে কম মানটি গ্রহণযোগ্য হবে।

(২) স্পাইরাল রডের ব্যবধান বা পিচ দূরত্ব নির্ণয় :

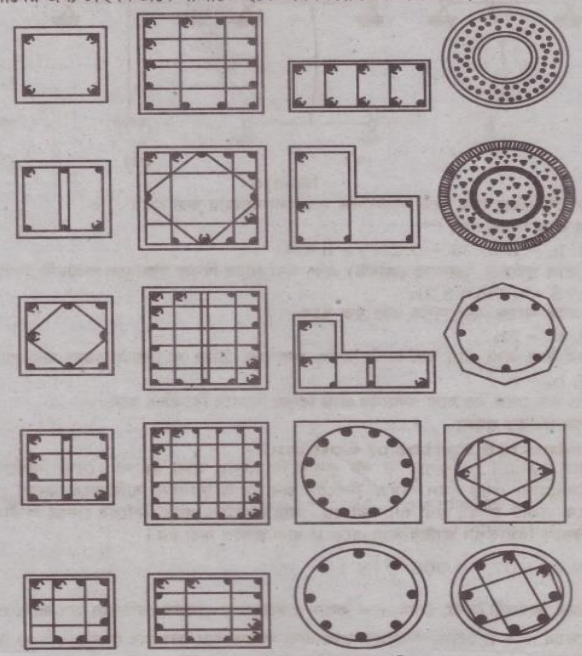
(i) $\frac{1}{6}$ × কোর ব্যাসের অধিক নয়
(ii) মুক্ত ব্যবধান 7.5 সেমি এর অধিক নয় এবং 3.5 সেমি কম নয়।
(iii) 1.5 × সর্বোচ্চ পরিমাপের খোয়ার ব্যাসের কম নয়।

উপরোক্ত তিনটি শর্ত বিবেচনাক্রমে কলামের স্পাইরাল রডের ব্যবধান বা পিচ দুরুত্ব নিরূপণ করা যায়।

৫.৫.১ কলামে টাই রডের বিন্যাস (Arrangement of the tie reinforcement) :

কলামে টাই বা স্পাইরালকে সঠিকভাবে ব্যবহারের উপর কলামের শক্তি অনেকাংশে নির্ভরশীল। কারণ সঠিকভাবে টাই ব্যবহার না করলে প্রধান রডকে সঠিক স্থানে ধরে রাখা সম্ভব নয়। ফলে বাঁকানোর কারণে কলাম ব্যর্থ হতে পারে। এছাড়াও টাই-এর ব্যবধান সঠিক না হলে হুক টেনশনের সৃষ্টি হতে পারে।

বিভিন্ন আকারের কলামের জন্য টাই কিভাবে সাজাতে হবে তার বিস্তারিত চিত্র দেয়া হলো :



চিত্র-৫.৪ : টাই-এর অবস্থান চিত্র

*** টাইড কলাম অনুমোদনযোগ্য লোড নির্ণয় :**

উদাহরণ-৫.১। একটি আরসিসি টাইড কলামের আকার 35 cm × 35 cm। কলামটিতে 4টি 20 mm ব্যাসের খাড়া রড আছে। যদি f'_c = 210 kg/cm² এবং f_y = 3500 kg/cm² হয়, তবে দৈর্ঘ্য বিবেচনা ছাড়া কলামটির উপর অনুমোদনযোগ্য লোড বহন ক্ষমতা নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০০, '৯৯, '১৫]*

সমাধান :

এখানে দেওয়া আছে, $f_y = 3500\ kg/cm^2$

$f_s = 0.4\ f_y$
$= 0.4 \times 3500$
$= 1400\ kg/cm^2$

20 mm ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল = $\frac{\pi(2)^2}{4} = 3.14\ cm^2$

তাহলে, $A_{st} = 4 \times 3.14 = 12.56\ cm^2$

$A_g = 35 \times 35 = 1225\ cm^2$

$P_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{12.56}{1225} = 0.01$

আমরা জানি, $P = 0.85\ A_g\ (0.25\ f'_c + f_s\ P_g)$
$= 0.85 \times 1225\ (0.25 \times 210 + 1400 \times 0.01)$
$= 69243.13\ kg$

কলামটির অনুমোদনযোগ্য লোড বহন ক্ষমতা, P = 69243 kg. **(Ans)**

উদাহরণ-৫.২। 35 cm × 35 cm আকারের একটি বর্গাকার টাইড কলামে 8টি 19mm ব্যাসের খাড়া রড আছে, f'_c = 210 kg/cm² এবং f_y = 3500 kg/cm² হলে কলাম সেকশনটি কি পরিমানের লোড নিরাপদে বহন করতে পারবে তাহা নির্ণয় কর। কলামটির জন্য উপযুক্ত টাই নির্বাচন কর।

সমাধান : কলামের ক্ষেত্রফল $A_g = 35 \times 35 = 1225\ cm^2$

খাড়া রডের ক্ষেত্রফল, $A_{st} = 8 \times \frac{\pi\ (1.9)^2}{4} = 22.68\ cm^2$

$P_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{22.68}{1225} = 0.018$

$f_s = 0.40\ f_y = 0.4 \times 3500 = 1400\ kg/cm^2$

আমরা জানি, $P = 0.85\ A_g\ (0.25\ f'_c + f_s\ Pg)$
$= 0.85 \times 1225\ (0.25 \times 210 + 1400 \times 0.018)$
$= 80905.125\ kg$

নিরাপদ লোড বহন ক্ষমতা, P = 80905 kg. **(Ans)**

8 মিমি ব্যাসের রড টাই রড হিসাবে নির্বাচন করলে এর ব্যবধান

(i) 16 × প্রধান রডের ব্যাস = 16 × 1.9 = 30.4 cm
(ii) 48 × টাই রডের ব্যাস = 48 × 0.8 = 38.4 cm.
(iii) ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ = 35 cm

সুতরাং 8 মিমি ব্যাসের টাই স্থাপনের দূরত্ব 30 cm c/c দু'টি হিসেবে বা 15cm c/c পর্যায়ক্রমে

উদাহরণ-৫.৩ : একটি 30 cm × 30 cm আকারের টাইড কলামের মধ্যে 4টি 25mm ব্যাসের খাড়া রড আছে, f'_c = 210 kg/cm² এবং f_s = 1400 kg/cm² এবং কলামের কার্যকরী দৈর্ঘ্য 3.20 মিটার হলে অনুমোদনযোগ্য লোড বহন ক্ষমতা নির্ণয় কর।

সমাধান : এখানে দেওয়া আছে, কলামের আকার = 30 cm × 30 cm

কলামের ক্ষেত্রফল $A_g = 900\ cm^2$

কার্যকরী দৈর্ঘ্য h′ = 3.20 m

অনুমোদনযোগ্য লোড $P_a = P \times R$

25 মিমি রডের ক্ষেত্রফল = 4.91 cm^2

$$R = 1.07 - 0.008\frac{h_e}{r}$$

$$= 1.07 - 0.008\frac{3.2 \times 100}{9}$$

$$= 0.7856$$

$\therefore R = 0.7856 < 1$

$r = 0.3 \times$ পার্শ্ব মাপ

$= 0.3 \times 3$

$= 9$ cm

$$\rho_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{4 \times \frac{\pi}{4}(2.5)^2}{900}$$

$$= 0.02$$

অতএব ঠিক আছে।

কলামটির অক্ষ বরাবর অনুমোদনযোগ্য লোডের পরিমাণ

$P_a = R.P$

$= R\,[0.85\,A_g\,(0.25f'_c + f_sP_g)]$

$= 0.7856\,[0.85 \times 900\,(0.25 \times 210 + 1400 \times 0.02)]$

$\therefore Pa = 48379.21$ kg.

সুতরাং টাইড কলামটির জন্য অনুমোদনযোগ্য লোড = 48379.21 kg. **(Ans)**

উদাহরণ-৫.৪ : একটি 35 cm × 35 cm আকারের টাইড কলামের মধ্যে ৪টি 22mm ব্যাসের খাড়া রড আছে। যদি f'_c = 210 kg/cm^2 এবং f_s = 1400 kg/cm^2 হলে নিম্নলিখিত দৈর্ঘ্যের কলাম কী পরিমাণ ওজন নিরাপদে বহন করতে (i) মুক্ত দৈর্ঘ্য = 3 মিটার এবং (ii) মুক্ত দৈর্ঘ্য = 4.8 মিটার।

সমাধান :

(i) এখানে কলামের মুক্ত দৈর্ঘ্য h = 3m = 300 cm

কলামের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ = 35 cm

সুতরাং $\frac{h}{t} = \frac{300}{35} = 8.57$

অতএব, কলামটি শর্ট টাইড কলাম।

খাড়া রডের ক্ষেত্রফল $A_{st} = 8 \times 3.8 = 30.4$ cm^2

কলামের ক্ষেত্রফল, $A_g = 35 \times 35 = 1225$ cm^2

$$\therefore P_g = \frac{A_{st}}{A_g} = \frac{30.4}{1225} = 0.025$$

আমরা জানি, $P = 0.85\,A_g\,(0.25\,f'_c + f_s\,P_g)$

$= 0.85 \times 1225\,(0.25 \times 210 + 1400 \times 0.025)$

$= 91109.37$ kg

সুতরাং শর্ট কলামটির নিরাপদ লোড বহন ক্ষমতা, P = 91109.37 kg. **(Ans)**

(ii) এখানে কলামের মুক্ত দৈর্ঘ্য h = 4.8 m = 480 cm

কলামেব ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ = 35 cm

$$\therefore \frac{h}{t} = \frac{480}{35} = 13.71$$

অতএব কলামটি লং টাইড কলাম।

আমরা জানি, $P' = P\left(1.3 - 0.03 \times \frac{h}{t}\right) = 91109.37\,(1.3 - 0.03 \times 13.71)$

$\therefore P' = 80968.90$ kg.

সুতরাং লং কলামটির নিরাপদ লোড বহন ক্ষমতা, = 80968.90 kg. **(Ans)**

উদাহরণ-৫.১০। 98 টন অক্ষীয় লোড নিরাপদে বহনক্ষম একটি টাইড কলাম ডিজাইন কর। কলামটির কার্যকরী দৈর্ঘ্য 3.5 m। f'_c = 210 kg/cm^2; f_y = 3500 kg/cm^2; f_s = 1400 kg/cm^2. [বাকাশিবো : '০১, '১৪]

সমাধান : প্রশ্নে কলামের কার্যকরী দৈর্ঘ্য দেয়া আছে। সুতরাং রিডাকশন ফ্যাক্টর বের করতে হবে এবং ডিজাইন লোড নিরাপদে নিরাপদ লোডকে রিডাকশন ফ্যাক্টর দ্বারা ভাগ করে মান বৃদ্ধি করতে হবে। তবে সর্বপ্রথম কলামের সেকশন বিবেচনা করতে হবে।

ধরি, কলামটির সেকশন 40 সেমি × 40 সেমি

রিডাকশন ফ্যাক্টর

$$R = 1.07 - 0.008\frac{h_e}{r}$$

$$= 1.07 - 0.008\frac{3.5 \times 100}{12}$$

$= 0.836 < 1$ অতএব ঠিক আছে।

$h_e = 3.5$ m

$r = 0.30 \times 40$

$= 12$ cm

$\therefore$ ডিজাইন লোড $P = \frac{P_a}{R} = \frac{98 \times 1000}{0.836} = 117224.88$ kg.

কলামের ক্ষেত্রফল, $A_g = 40 \times 40 = 1600$ cm^2

আমরা জানি,

$P = 0.85\,A_g\,(0.25\,f'_c + f_s\,P_g)$

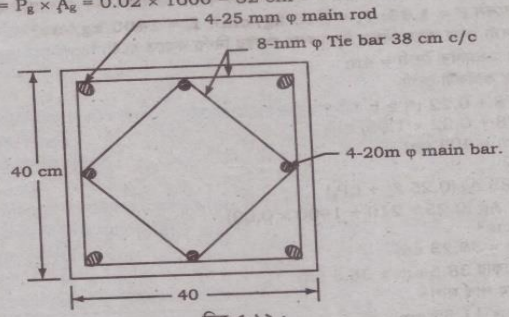
or, $117224.88 = 0.85 \times 1600\,(0.25 \times 210 + 1400\,P_g)$

or, $117224.88 = 71400 + 1904000\,P_g$

$$\therefore P_g = \frac{117224.88 - 71400}{1904000} = 0.02 > 0.01 < 0.08$$

অতএব ঠিক আছে।

খাড়া রডের পরিমাণ, $A_{st} = P_g \times A_g = 0.02 \times 1600 = 32$ cm^2



চিত্র-৫.১২ :

4টি 25 মিমি ব্যাসের এবং 4টি 20 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে।

টাই রড ডিজাইন :

8 মিমি ব্যাসের রড টাই রড হিসেবে ব্যবহার করলে এর ব্যবধান হবে

(i) 16 × প্রধান রডের ব্যাস = 16 × 2.5 = 40 cm

(ii) 48 × টাই রডের ব্যাস = 48 × 0.8 = 38.4 cm.

(iii) ন্যূনতম পার্শ্ব মাপ = 40 cm

সুতরাং 8 মিমি ব্যাসের রড 38 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে। যদি দুই সারিতে বসানো হয় তবে 19 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

ষষ্ঠ অধ্যায়

আরসিসি ফুটিং

(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete Footing)

৬.০ আরসিসি ফুটিং ডিজাইনের নীতিসমূহ অনুধাবন
(Understand the Principles of Designing RCC Footing)

কাঠামোর যে ভূ-নিম্নস্থ অংশ সুপার স্ট্রাকচারের বেইজ হিসেবে কাজ করে এবং কাঠামোর নিজস্ব ওজন ও এর উপরস্থ অন্যান্য ওজনকে কাঠামোর নিম্নস্থ শক্ত মাটির স্তরে সঞ্চারিত করে তাকে ভিত্তি বা ফাউন্ডেশন বা সাব স্ট্রাকচার বলে।

এ অংশ বিশেষভাবে তৈরি করা হয় যেন আপতিত লোড মাটির ভারবহন ক্ষমতা অপেক্ষা কম হয়। এ উদ্দেশ্যে ভিত্তির সর্বনিম্ন অংশকে প্রশস্থ করা হয়, সে অংশকে ফুটিং বলে। অধিক লোড আরোপিত হলে ফুটিং আরসিসি-এর তৈরি করতে হয়।

ভিত্তি বা ফাউন্ডেশনকে মূলত দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যথা–

১। গভীর ভিত্তি (Deep Foundation) ও ২। অগভীর ভিত্তি (Shallow Foundation)

১। গভীর ভিত্তি : যখন সুপার স্ট্রাকচারের সর্বনিম্ন অংশকে মাটির অনেক গভীরে ফুটিং প্রদান করা হয় তখন তাকে গভীর ভিত্তি বলে। যেমন– পাইল ভিত্তি, পায়ার ভিত্তি, ওয়েল ভিত্তি, ক্যাশন ইত্যাদি।

২। অগভীর ভিত্তি : যখন সুপার স্ট্রাকচারের সর্বনিম্ন অংশকে মাটির অভ্যন্তরে স্বল্প গভীরতায় স্থাপন করা হয়, তখন তাকে অগভীর ভিত্তি বলে। অগভীর ভিত্তি মূলত তিন ধরনের। যথা :

(i) স্প্রেড ফুটিং (Spread footing), (ii) কম্বাইন্ড ফুটিং (Combined footing) ও (iii) ম্যাট বা র‍্যাফট ভিত্তি (Raft of Mat foundation)।

স্প্রেড ফুটিং ভিত্তিকে মূলত দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যথা–

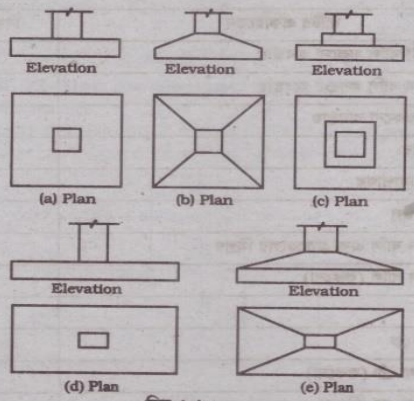
(ক) ওয়াল ফুটিং (Wall footing) ও (খ) স্বতন্ত্র কলাম ফুটিং (Isolated column footing)।

ওয়াল ফুটিংকে আবার অবিচ্ছিন্ন ফুটিংও বলা হয়। কারণ দেওয়ালের নিচে দেওয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর এ ফুটিং নির্মাণ করা হয়। ওয়াল ফুটিংকে আবার দু'ভাগে ভাগ করা হয়। যেমন–

(i) ম্যাশনরি ওয়াল ফুটিং (Masonry wall footing) ও (ii) কংক্রিট ওয়াল ফুটিং (Concrete wall footing)।

স্বতন্ত্র কলাম ফুটিং আকারের উপর ভিত্তি করে নিম্নলিখিত ভাগে ভাগ করা যায়। যেমন–

(i) সমপুরুত্বের বর্গাকৃতি ফুটিং, (ii) ঢালু বর্গাকৃতি ফুটিং,
(iii) ধাপবিশিষ্ট বর্গাকৃতি ফুটিং, (iv) সমপুরুত্বের আয়তাকার ফুটিং,
(v) ঢালু আয়তাকার ফুটিং।



চিত্র-৬.১ :

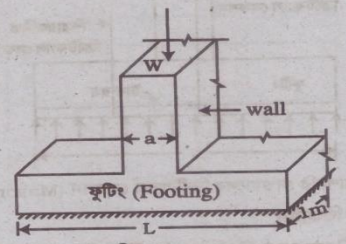
৬.১ স্প্রেড ফুটিং এবং আরসিসি ওয়াল ফুটিং-এর বেডের ভিত্তির প্রশস্থতা
(Determine the Width of Foundation Bed of Spread Footing and RCC Wall Footing)

কাঠামোর সর্বনিম্ন তল যা মাটির সংস্পর্শে থাকে তাকে ভিত্তি তল বলে। এ অংশের প্রশস্থতাকে ভিত্তির প্রস্থ বলে। এ প্রস্থ নির্ণয় করতে ভিত্তি তলের কাঠামো থেকে আগত প্রতি মিটারে মোট লোড নির্ণয় করে তাকে মাটির ভারবহন ক্ষমতা দ্বারা ভাগ করা হয়।

ভিত্তির প্রশস্থতা, $L = \frac{W}{P}$

এখানে W = প্রতি মিটারে কাঠামোর মোট ভর kg/m

P = মাটির ভারবহন ক্ষমতা kg/m^2



চিত্র-৬.২ :

ভিত্তির গভীরতা নির্ণয় : র‍্যানকিনের সূত্রের সাহায্যে ভিত্তির গভীরতা নির্ণয় করা যায়। ভিত্তিতে ন্যূনতম গভীরতা প্রদান না হলে কাঠামোর উপর মাটির পার্শ্ব প্রতিক্রিয়ার প্রভাব পড়ে, যেমন বাতাসের গতিবেগ বেশি হলে কাঠামো উল্টে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ অবস্থা থেকে কাঠামোকে রক্ষার জন্য প্রয়োজনীয় গভীরতা প্রদান করতে হয়। তবে ভিত্তির ন্যূনতম গভীরতা ধরা হয় 75 সেমি।

র‍্যানকিনের সূত্রানুসারে ভিত্তির গভীরতা নির্ণয়,

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

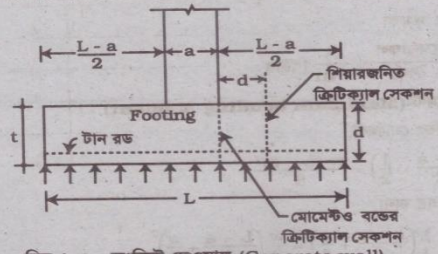
এখানে, P = মাটির ভারবহন ক্ষমতা

W = মাটির একক আয়তনের ওজন

ϕ = স্থিরতা কোণ।

৬.২ ব্রিক ওয়াল ফুটিং এবং কংক্রিট ওয়াল ফুটিং-এর মোমেন্ট, শিয়ার এবং বন্ডের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন বর্ণনা
(Describe the Critical Section for Moment, Shear and Bond of Brick Wall Footing and Concrete Wall Footing)

ACI কোড অনুসারে কংক্রিট দেওয়ালের জন্য মোমেন্ট ও বন্ডের ক্রিটিক্যাল সেকশন দেওয়ালের পৃষ্ঠ (ফেস) বরাবর বিবেচনা করা হয়। শিয়ারের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন দেওয়ালের পার্শ্ব থেকে কার্যকরী গভীরতা 'd' দূরত্বে ধরা হয়।



চিত্র-৬.৩ : কংক্রিট দেওয়াল (Concrete wall)

এখানে, V_v = দেওয়াল পৃষ্ঠ থেকে 'd' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স

$$= \left(\frac{L-a}{2} - d_v\right) W$$

$$= \left(\frac{2.06 - 0.30}{2} - \frac{d_v}{100}\right) \times 14563.10$$

$$= (0.88 - 0.01d_v) \times 14563.10 \text{ kg.}$$

$v_c = 0.292\sqrt{f'_c}$

$= 0.292\sqrt{210} = 4.23 \text{ kg/cm}^2$

$b = 100$ cm

$$\therefore d_v = \frac{(0.88 - 0.01d_v) \times 14563.10}{4.23 \times 100}$$

$\Rightarrow 423\, d_v = 12815.52 - 145.63\, d_v$

$\Rightarrow d_v (423 + 145.63) = 12815.52$

$$\therefore d_v = \frac{12815.52}{568.63}$$

$= 22.54$ cm

$\simeq 23$ cm

এখানে $d_v > d_m$

$\therefore$ কার্যকরী গভীরতা, $d = 23$ cm

20 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে,

$$\text{মোট গভীরতা, } t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং}$$

$$= 23 + \frac{2.0}{2} + 7.5 = 31.5 \text{ cm. (Ans)}$$

উদাহরণ-৬.৪ : একটি 35 cm প্রশস্থ কংক্রিট দেওয়াল উহার ফুটিং-এর উপর 30,000 kg/m লোড আরোপ করে। মাটির ভারবহন ক্ষমতা 18,000 kg/m², f'_c = 175 kg/cm², f_s = 1400 kg/cm² এবং n = 10. কংক্রিট দেওয়ালটির জন্য একটি আরসিসি ফুটিংয়ের আকার ও প্রধান লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো : '০২, '১৫]

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

(i) আরোপিত লোড = 30,000 kg/m

(ii) নিজস্ব ওজন @ 10% = 3000 kg/m

মোট লোড W = 33,000 kg/m

দেওয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে মোট লোড, W = 33,000 kg.

ধাপ-২ : ফুটিং-এর প্রস্থ নির্ণয় :

$$\text{ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল} = \frac{\text{মোট লোড}}{\text{মাটির ভারবহন ক্ষমতা}} = \frac{33000}{18000} = 1.83 \text{ m}^2$$

$$\text{সুতরাং ফুটিংয়ের প্রস্থ, } L = \frac{1.83}{1} = 1.83 \text{ m.}$$

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয় :

কংক্রিট দেওয়ালের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট দেওয়াল পৃষ্ঠে সৃষ্ট হয়।

$$\text{মোমেন্ট, } M = \frac{(L-a)^2}{8} \times W$$

a = ওয়ালের পুরুত্ব 35 cm

W = প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে উর্ধ্বমুখী লোডের পরিমাণ

$$= \frac{30000}{1.83} = 16393.44 \text{ kg/m}$$

$$\text{সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট} = M = \frac{(1.83 - 0.35)^2}{8} \times 16393.44$$

$= 4488.52$ kg-m

$= 448852$ kg-cm

উদাহরণ-৬.৩। 30 সেমি পুরু একটি কংক্রিট দেওয়ালের ফুটিং-এর উপর প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে 30,000 কেজি আরোপিত হয়। ফাউন্ডেশন বেডের অনুমোদিত ভারবহন ক্ষমতা 16000 কেজি/বর্গমিটার হলে নিচের তথ্যাদির সাহায্যে ফুটিং-এর প্রস্থ ও গভীরতা নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০৬, '১২, '১৫]*

তথ্যাদি : $f'_c = 210$ kg/cm², $f_s = 1400$ kg/cm², $n = 9$

$v_c = 0.242\sqrt{f'_c}$ kg/cm²

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

আরোপিত লোড = 30,000 kg/m.

নিজস্ব ওজন @ 10% = 3000 kg/m

মোট লোড, W = 33000 kg/m

$\therefore$ দেওয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে মোট লোড, W = 33000 kg.

ধাপ-২ : ফুটিং-এর চওড়া (Width of footing) :

$$\text{ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল, } A = \frac{\text{মোট লোড}}{\text{মাটির ভরে বহন ক্ষমতা}}$$

$$= \frac{33000}{16000} = 2.06 \text{m}^2$$

যেহেতু দেওয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের জন্য প্রয়োজনীয় ক্ষেত্রফল = 2.06m²

$$\text{সুতরাং ফুটিং-এর চওড়া, } L = \frac{2.06}{1} = 2.06 \text{ m. (Ans)}$$

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট (Maximum B.M.) :

সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট দেওয়াল পৃষ্ঠে সৃষ্টি হয়

$$\text{এক্ষেত্রে মোমেন্ট, } M = \frac{(L-a)^2}{8} \times W$$

এখানে, a = দেওয়ালের পুরুত্ব = 30 cm = 0.30m

W = প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে উর্ধ্বমুখী লোডের পরিমাণ

$$= \frac{30000}{2.06} = 14563.10 \text{kg/m}$$

$$\therefore \text{সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট, } M = \frac{(2.06 - 0.30)^2}{8} \times 14563.10$$

$= 5638.83$ kg-m

$= 563883$ kg-cm

ধাপ-৪ : ফুটিং-এর গভীরতা (Depth of footing) :

(i) বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে,

$$\text{কার্যকরী গভীরতা, } d_M = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$$

$f'_c = 0.45 \times 210 = 94.5$ kg/cm²

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f'_c}} = \frac{9}{9 + \frac{1400}{94.4}} = 0.38$$

$$j = 1 - \frac{0.38}{3} = 0.87$$

$$R = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.87 \times 0.38 = 15.62$$

$b = 1\text{m} = 100$ cm

$$\therefore d_m = \sqrt{\frac{563883}{15.62 \times 100}} = 19 \text{ cm}$$

(ii) শিয়ার পীড়ন সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা,

$$d_v = \frac{V_v}{v_c\, b}$$

এখানে, V_v = দেওয়াল পৃষ্ঠ থেকে 'd' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স

$$= \left(\frac{L-a}{2} - d_v\right) W$$

$$= \left(\frac{2.06 - 0.30}{2} - \frac{d_v}{100}\right) \times 14563.10$$

$$= (0.88 - 0.01 d_v) \times 14563.10 \text{ kg.}$$

$v_c = 0.292\sqrt{f'_c}$

$= 0.292\sqrt{210} = 4.23 \text{ kg/cm}^2$

b = 100 cm

$$\therefore d_v = \frac{(0.88 - 0.01 d_v) \times 14563.10}{4.23 \times 100}$$

$\Rightarrow 423\, d_v = 12815.52 - 145.63\, d_v$

$\Rightarrow d_v (423 + 145.63) = 12815.52$

$$\therefore d_v = \frac{12815.52}{568.63}$$

$= 22.54$ cm

$\simeq 23$ cm

এখানে $d_v > d_m$

∴ কার্যকরী গভীরতা, d = 23 cm

20 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে,

মোট গভীরতা, $t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং}$

$= 23 + \frac{2.0}{2} + 7.5 = 31.5$ cm. **(Ans)**

উদাহরণ-৬.৪ : একটি 35 cm প্রশস্থ কংক্রিট দেওয়াল উহার ফুটিং-এর উপর 30,000 kg/m লোড আরোপ করে। মাটির ভারবহন ক্ষমতা 18,000 kg/m², f'_c = 175 kg/cm², f_s = 1400 kg/cm² এবং n = 10. কংক্রিট দেওয়ালটির জন্য একটি আরসিসি ফুটিংয়ের আকার ও প্রধান লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।

[বাকাশিবো : '০২, '১৫]

সমাধান :

ধাপ-১ : ডিজাইন লোড নির্ণয় :

(i) আরোপিত লোড = 30,000 kg/m

(ii) নিজস্ব ওজন @ 10% = 3000 kg/m

মোট লোড W = 33,000 kg/m

দেওয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে মোট লোড, W = 33,000 kg.

ধাপ-২ : ফুটিং-এর প্রস্থ নির্ণয় :

$$\text{ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল} = \frac{\text{মোট লোড}}{\text{মাটির ভারবহন ক্ষমতা}} = \frac{33000}{18000} = 1.83 \text{ m}^2$$

সুতরাং ফুটিংয়ের প্রস্থ, $L = \frac{1.83}{1} = 1.83$ m.

ধাপ-৩ : সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয় :

কংক্রিট দেওয়ালের ক্ষেত্রে সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট দেওয়াল পৃষ্ঠে সৃষ্ট হয়।

মোমেন্ট, $M = \frac{(L-a)^2}{8} \times W$

a = ওয়ালের পুরুত্ব 35 cm

w = প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে উর্ধ্বমুখী লোডের পরিমাণ

$$= \frac{30000}{1.83} = 16393.44 \text{ kg/m}$$

$$\text{সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট} = M = \frac{(1.83 - 0.35)^2}{8} \times 16393.44$$

$= 4488.52$ kg-m

$= 448852$ kg-cm

ধাপ-৪ : ফুটিং-এর গভীরতা (Depth of footing)

(i) বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে :

ফুটিং-এর কার্যকরী গভীরতা, $d_M = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে, $R = \frac{1}{2} f_c j K$

$f_c = 0.45\, f'_c = 0.45 \times 175 = 78.75 \text{ kg/cm}^2$

$$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{78.75}} = 0.36$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{0.36}{3} = 0.88$$

$$\therefore R = \frac{1}{2} \times 78.75 \times 0.88 \times 0.36 = 12.47$$

b = 1m = 100 cm

$$\therefore d_M = \sqrt{\frac{448852}{12.47 \times 100}} = 18.97 \text{ cm} \simeq 19 \text{ cm}$$

(ii) শিয়ার স্ট্রেস সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা : $d_v = \frac{V_v}{v_c b}$

এখানে, V_v দেওয়াল পৃষ্ঠ থেকে 'd' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স $= \left(\frac{L-a}{2} - d_v\right) w$

$$= \left(\frac{1.83 - 0.35}{2} - \frac{d_v}{100}\right) \times 16393.44$$

$= (0.74 - 0.01\, d_v) \times 16393.44$ kg.

$v_c = 0.292\sqrt{175} = 3.86 \text{ kg/cm}^2$

b = 100 cm

$$\therefore d_v = \frac{(0.74 - 0.01 d_v) \times 16393.44}{3.86 \times 100}$$

$\Rightarrow 386\, d_v = 12131.15 - 163.93\, d_v$

$\Rightarrow 386\, d_v + 163.93\, d_v = 12131.15$

$\Rightarrow 549.93\, d_v = 12131.15$

$$\therefore d_v = \frac{12131.15}{549.93}$$

$= 22.06 \approx 22.5$ cm

এখানে, $d_v > d_M$

∴ কার্যকরী গভীরতা, d = 22.5 cm

20 মিমি ব্যাসের প্রধান রড ব্যবহার করলে

মোট গভীরতা, $t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং}$

$= 22.5 + \frac{2.0}{2} + 7.5 = 31$ cm.

ধাপ-৫ : টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্টের ক্ষেত্রফল (Area of Tensile Reinforcement) :

$$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{448852}{1400 \times 0.88 \times 22.5} = 16.19 \text{ cm}^2$$

20 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল,

$$a_s = \frac{\pi}{4} (2.0)^2 = 3.14 \text{ cm}^2$$

$$\text{রডের ব্যবধান, } S = \frac{100\, a_s}{A_s} = \frac{100 \times 3.14}{16.19} = 19.39 \text{ cm}$$

≈ 19 cm c/c

20 মিমি ব্যাসের রড 19 cm c/c ব্যবধানে ব্যবহৃত হবে।

ধাপ-৪ : ফুটিং-এর গভীরতা (Depth of footing)

(i) বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে :

ফুটিং-এর কার্যকরী গভীরতা, $d_M = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে, $R = \frac{1}{2} f_c j K$

$f_c = 0.45\, f'_c = 0.45 \times 175 = 78.75\ kg/cm^2$

$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{78.75}} = 0.36$

$j = 1 - \frac{K}{3} = 1 - \frac{0.36}{3} = 0.88$

$\therefore R = \frac{1}{2} \times 78.75 \times 0.88 \times 0.36 = 12.47$

$b = 1m = 100\ cm$

$\therefore d_M = \sqrt{\frac{448852}{12.47 \times 100}} = 18.97\ cm \simeq 19\ cm$

(ii) শিয়ার স্ট্রেস সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা : $d_v = \frac{V_v}{v_c b}$

এখানে, V_v দেওয়াল পৃষ্ঠ থেকে 'd' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স $= \left(\frac{L-a}{2} - d_v\right) w$

$= \left(\frac{1.83 - 0.35}{2} - \frac{d_v}{100}\right) \times 16393.44$

$= (0.74 - 0.01\, d_v) \times 16393.44\ kg.$

$v_c = 0.292\sqrt{175} = 3.86\ kg/cm^2$

$b = 100\ cm$

$\therefore d_v = \frac{(0.74 - 0.01\, d_v) \times 16393.44}{3.86 \times 100}$

$\Rightarrow 386\, d_v = 12131.15 - 163.93\, d_v$

$\Rightarrow 386\, d_v + 163.93\, d_v = 12131.15$

$\Rightarrow 549.93\, d_v = 12131.15$

$\therefore d_v = \frac{12131.15}{549.93}$

$= 22.06 \approx 22.5\ cm$

এখানে, $d_v > d_M$

$\therefore$ কার্যকরী গভীরতা, $d = 22.5\ cm$

20 মিমি ব্যাসের প্রধান রড ব্যবহার করলে

মোট গভীরতা, $t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং}$

$= 22.5 + \frac{2.0}{2} + 7.5 = 31\ cm.$

ধাপ-৫ : টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্টের ক্ষেত্রফল (Area of Tensile Reinforcement) :

$A_s = \frac{M}{f_s j d} = \frac{448852}{1400 \times 0.88 \times 22.5} = 16.19\ cm^2$

20 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল,

$a_s = \frac{\pi}{4}(2.0)^2 = 3.14\ cm^2$

রডের ব্যবধান, $S = \frac{100\, a_s}{A_s} = \frac{100 \times 3.14}{16.19} = 19.39\ cm$

$\approx 19\ cm\ c/c$

20 মিমি ব্যাসের রড 19 cm c/c ব্যবধানে ব্যবহৃত হবে।

৬.৭ যুক্ত ফুটিং ডিজাইন

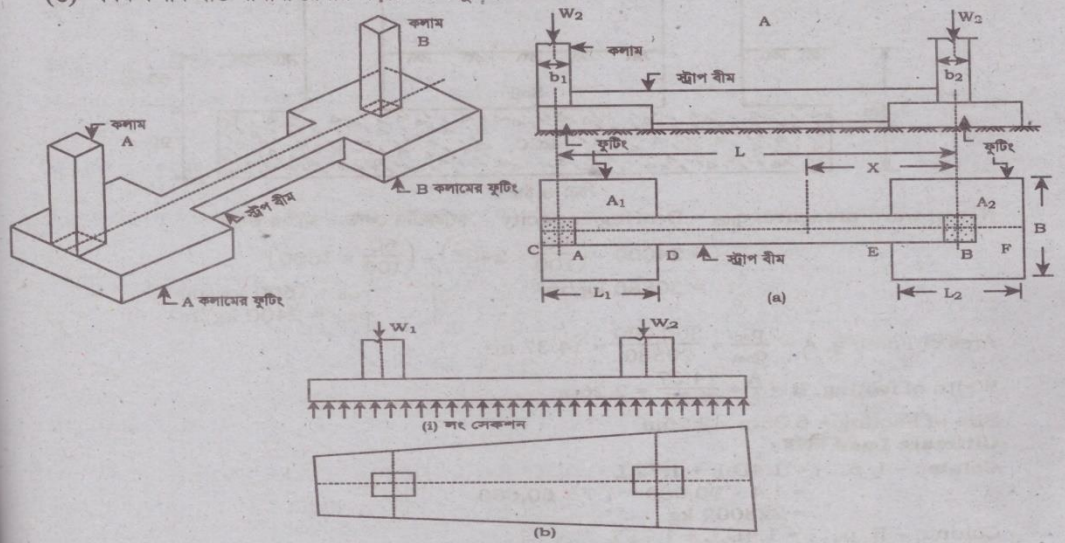
(Design of a Combined Footing)

যখন একটি স্প্রেড ফুটিংকে দুই অথবা ততোধিক কলাম দ্বারা সাপোর্ট দেয়া হয় তখন তাকে কম্বাইন্ড ফুটিং বলে। কম্বাইন্ড ফুটিং আয়তাকার বা ট্রাপিজয়ডাল হতে পারে। নিম্নলিখিত অবস্থায় এই ফুটিং প্রদান করা হয়–

(১) মাটির ভার বহন ক্ষমতা কম হলে অর্থাৎ স্বতন্ত্র কলামের জন্য বেশি জায়গায় প্রয়োজন হলে।

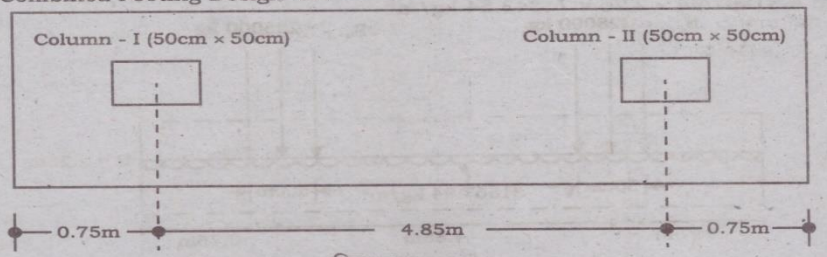
(২) যখন দুটি কলাম খুব কাছাকাছি হয় এবং তাদের ফুটিং ওভারল্যাপ করলে।

(৩) যখন কলাম প্রান্ত সীমানা রেখায় পড়ার ফলে ফুটিংকে সীমানা রেখার বাহিরে বর্ধিত করার সুযোগ না থাকলে।



চিত্র-৬.১৬ : কম্বাইন্ড ফুটিং

চিত্রানুযায়ী একটি Combined Footing Design করতে হবে যার কলাম-I-এর সেকশন (50cm × 50cm) ও আরোপিত ডেড লোড 90,000 kg এবং লাইভ লোড 60,000 kg এবং কলাম-II-এর সেকশন (50cm × 50cm) ও আরোপিত ডেড লোড 100,000 kg এবং লাইভ লোড 50,000 kg। মাটির অনুমোদনযোগ্য বিয়ারিং ক্যাপসিটি 24,000 kg/m^2 এবং GL হতে Footing-এর গভীরতা 1.5m, $f'_c = 280\ kg/cm^2$, $f_y = 4200\ kg/cm^2$ হলে ACI code অনুযায়ী Combined Footing Design কর।



চিত্র-৬.১৭ :

সপ্তম অধ্যায়

আরসিসি ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল

(Understand the Principles of Designing Reinforced Cement Concrete Cantilever Retaining Wall)

৭.০ চিত্রসহ বিভিন্ন ধরনের রিটেইনিং ওয়াল

(Name the Different Types of Retaining Wall With Typical Sketches)

যে সমস্ত এলকায় প্রাকৃতিক ঢাল দ্বারা লুজ ম্যাটিরিয়ালস বা বৃহদায়তনের মাটিকে ধরে রাখা সম্ভব নয় সেখানে রিটেইনিং ওয়াল দ্বার উক্ত লুজ ম্যাটিরিয়াল বা মাটির স্তূপকে ধরে রাখা হয়। রিটেইনিং ওয়াল নিজস্ব অবস্থানে স্থির থেকে মাটি বা অন্য কোনো পদার্থের পার্শ্বচাপ প্রতিরোধ করে। এ ওয়াল-এর প্রতিরোধী বলদ্বয়ের পার্শ্বচাপ প্রতিরোধ করে। সাধারণত পাহাড়ি রাস্তার পার্শ্বে, নদী ব জলাশয়ের পাড়ে, যেখানে মাটি ধ্বসে পড়ার সম্ভাবনা থাকে সেখানে রিটেইনিং ওয়াল বা পার্শ্বচাপ প্রতিরোধী ওয়াল ব্যবহৃত হয়।

মাটি খনন, মাটি ভাঙন এবং মাটি ভরাটকরণের কাজগুলো জমির মালিকানা, কাঠামোগত সমস্যা ও আর্থিক সমস্যা দ্বার বাধাগ্রস্ত হলে রিটেইনিং ওয়াল নির্মাণ করা হয়। উদাহরণস্বরূপ হাইওয়ে এবং রেলওয়ের রাইট অফ ওয়ে নির্দিষ্ট হওয়ায় মাটি কাটা ও ভরাটের জন্য পাহাড়ি ও জলাশয় এলাকায় রিটেইনিং ওয়াল নির্মাণ করা হয়। ভবনের বেইজমেন্ট ওয়াল সীমানা লাইনে পড়লে বেইজমেন্টের মাটি ধরে রাখার জন্য রিটেইনিং ওয়াল নির্মাণ করা হয়।

রিটেইনিং ওয়াল যে সকল পদার্থের পার্শ্বচাপ প্রতিরোধ করে তাকে ব্যাকফিল (Back fill) বলে। ব্যাকফিলের উচ্চতা যদি ওয়ালের উপরি ভাগের সাথে অনুভূমিক থাকে, তবে এরূপ ক্ষেত্রে নির্মিত ওয়ালকে নর্মাল লোডেড বা নন-সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল বলে। আবার ব্যাকফিল যদি রিটেইনিং ওয়ালের উপরিভাগের সাথে অনুভূমিক না থেকে হেলানোভাবে থাকে তবে এরূপ ক্ষেত্রে নির্মিত ওয়ালকে ওভার লোডেড বা সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল বলে।

বেইজ স্ল্যাবের যে অংশটুকু ব্যাকফিলের দিকে থাকে তাকে হিল (Heel) এবং যে অংশটুকু বাইরের দিকে থাকে তাকে টো (Toe) বলে। টো-এর ন্যূনতম বর্ধিতাংশের বা প্রস্থের পরিমাণ বেইজ স্ল্যাবের প্রস্থের এক-তৃতীয়াংশ থেকে এক চতুর্থাংশ পরিমাণ রাখা হয়। ব্যাকফিলের পানি নিষ্কাশনের সুবিধার্থে ওয়ালের অনুভূমিক ও উল্লম্বিক দিকে 2 মিটার দূরত্ব পরপর ড্রেইনেজ হোল বা উইপ হোল নির্মাণ করতে হয়। সর্বনিম্ন উইপ হোল টো পার্শ্বের গ্রাউন্ড লেভেলের 30 সে.মি. উপরে করা হয়। উইপ হোলকে কার্যকরী রাখার জন্য স্টেমের গাত্রে 4 সে.মি. পুরু ফিল্টার মিডিয়া (পাথরের টুকরা, গ্রাভেল ইত্যাদি) প্রদান করতে হয়।

রিটেইনিং ওয়ালের প্রকারভেদ :

(ক) গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল (Gravity Retaining Wall),
(খ) ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল (Cantilever Retaining Wall),
(গ) কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল (Counter fort Retaining Wall)।

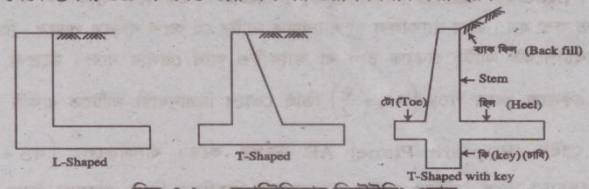
(ক) গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল (Gravity Retaining Wall) :

যে সমস্ত রিটেইনিং ওয়াল তাদের নিজস্ব ওজনের প্রভাবে এর উপর প্রযুক্ত পার্শ্বচাপ প্রতিহত করে তাদেরকে গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল বলে। গ্রাভিটি ওয়াল এমনভাবে ডিজাইন করা হয় যাতে ওয়ালটি এর নিজস্ব ওজন দ্বারাই ধারণকৃত মাটির পার্শ্বচাপকে সম্পূর্ণরূপে প্রতিরোধ করতে সক্ষম হয়। সাধারণত স্বল্প উচ্চতার ক্ষেত্রে গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল ডিজাইন করা হয়। এ ধরনের ওয়াল ম্যাশনরী বা স্টোন ম্যাসনরি দ্বারা নির্মাণ করা হয়। 3 মিটার পর্যন্ত উচ্চতাসম্পন্ন ওয়ালের ক্ষেত্রে গ্রাভিটি ওয়াল নির্মাণ করা সাশ্রয়ী হয়ে থাকে। অধিক উচ্চতাসম্পন্ন হলে আর.সি.সি. ক্যান্টিলিভার ওয়াল নির্মাণ করা হয়। গ্রাভিটি বেইজের প্রস্থ, ওয়ালের উচ্চতার দশমাংশ থেকে অর্ধেক অর্থাৎ b = (0.4 to 0.5)H পর্যন্ত রাখা হয়। ওয়াল টপের প্রস্থ 0.25 হতে 0.33 গুণ হবে বেইজ প্রস্থের।

চিত্র-৭.১ : গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল।

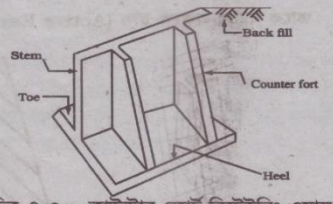
(খ) ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল (Cantilever Retaining Wall) : এটা আরসিসি নির্মিত ওয়াল-এর দু'টি অংশ থাকে। প্রথম অংশটি উল্লম্ব আরসিসি স্ল্যাব যাকে স্টেম (Stem) বলে। স্টেম মাটির পার্শ্বচাপকে প্রতিরোধ করে এবং মাটিকে যথাস্থানে ধরে রাখে।

দ্বিতীয় অংশটি অনুভূমিক আরসিসি স্ল্যাব যাকে বেইজ স্ল্যাব বলে। বেইজ স্ল্যাব আবার টো এবং হীল নিয়ে গঠিত। বেইজ স্ল্যাবের হিলের উপর অর্পিত মাটির লোড ওয়ালের স্থায়ীত্ব বৃদ্ধি করে। বেইজ স্ল্যাব স্টেমকে ক্যান্টিলিভার বীমের ন্যায় ধরে রাখে এবং স্টেম মাটির চাপ প্রতিরোধ করে। তাই স্টেমের উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে স্টেমের পুরুত্ব ও বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। 3 মি. থেকে 6 মি. উচ্চতা পর্যন্ত ক্যান্টিলিভার ওয়াল নির্মাণ করা হয়।



চিত্র-৭.২ : ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল

(গ) কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল (Counter fort retaining wall) : এর গঠনপ্রণালি ক্যান্টিলিভার ওয়ালের ন্যায়। 6 মিটারের অধিক উচ্চতাসম্পন্ন ক্যান্টিলিভার ওয়ালের ক্ষেত্রে, স্টেম (খাড়া ওয়াল)-এর বেন্ডিং মোমেন্ট হ্রাস করার জন্য ওয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর ওয়াল উচ্চতার 1.5 গুণ বা তার চেয়ে কিছু বেশি দূরত্ব পরপর কাউন্টার ফোর্ট (ত্রিভুজাকৃতির ক্রস ওয়াল) নির্মাণ করে কাউন্টার ফোর্ট ওয়াল তৈরি করা হয়। এরূপ ত্রিভুজাকার ক্রস ওয়াল, স্টেম এবং বেইজকে পরস্পর দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত করে রাখে।



চিত্র-৭.৩ : কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল

৭.১ ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ালের বিভিন্ন উপাদানের বর্ণনা

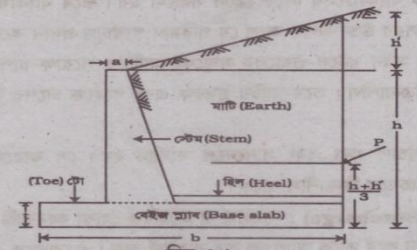
(Describe the Different Component of a Cantilever Retaining Wall)

(১) টো এবং হীল : রিটেইনিং ওয়ালের বেইজ স্ল্যাব-এর যে অংশটুকু ব্যাকফিলের দিকে থাকে তাকে হীল (Heel) এবং যে অংশটুকু বাইরের দিকে থাকে তাকে টো (Toe) বলে। টো-এর ন্যূনতম বর্ধিতাংশের পরিমাণ বেইজ স্ল্যাবের প্রস্থের $\frac{1}{3}$ অংশ থেকে $\frac{1}{4}$ অংশের মধ্যে রাখা হয়।

(২) স্টেম (Stem) এবং বেইজ স্ল্যাব : এটা আরসিসি নির্মিত ওয়াল-এর দু'টি অংশ থাকে। প্রথম অংশটি উল্লম্ব আরসিসি স্ল্যাব যাকে স্টেম (Stem) বলে। স্টেম মাটির পার্শ্বচাপকে প্রতিরোধ করে এবং মাটিকে যথাস্থানে ধরে রাখে।

দ্বিতীয় অংশটি অনুভূমিক আরসিসি স্ল্যাব যাকে বেইজ স্ল্যাব বলে। বেইজ স্ল্যাব আবার টো এবং হীল নিয়ে গঠিত। বেইজ স্ল্যাবের হিলের উপর অর্পিত মাটির লোড ওয়ালের স্থায়ীত্ব বৃদ্ধি করে। বেইজ স্ল্যাব স্টেমকে ক্যান্টিলিভার বীমের ন্যায় ধরে রাখে এবং স্টেম মাটির চাপ প্রতিরোধ করে। তাই স্টেমের উচ্চতা বৃদ্ধির সাথে সাথে স্টেমের পুরুত্ব ও বৃদ্ধি করা প্রয়োজন। 3 মি. থেকে 6 মি. উচ্চতা পর্যন্ত ক্যান্টিলিভার ওয়াল নির্মাণ করা হয়।

(৩) ব্যাক ফিল (Back Fill) : Retaing wall যে সকল পদার্থের পার্শ্বচাপ প্রতিরোধ করে তাকে ব্যাক ফিল বলে।



চিত্র-৭.১ :

ধাপ–৫ : টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল :

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{240000}{1400 \times 0.87 \times 34.2} = 5.76 \text{ cm}^2$$

16 mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল $a_s = \frac{\pi}{4}(1.6)^2$

$= 2.01 \text{cm}^2$

ব্যবধান $S = \frac{100 \times a_s}{A_s} = \frac{100 \times 2.01}{5.76}$

$= 34.89$

$\simeq 34.5$ cm c/c

সুতরাং 16 mm ব্যাসের রড 34.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

উদাহরণ–৭.৪ : নিচের তথ্যাদির সাহায্যে আরসিসি ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ালের স্টেমের পাদদেশে লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। স্টেমের উচ্চতা 3.5 m। *[বাকাশিবো : '০৫, '০৯, '১২R, '১৫, '১৭, '১৮]*

তথ্যাদি : মাটির একক ওজন = 1600 kg/m³ $f'_c = 210$ kg/cm²

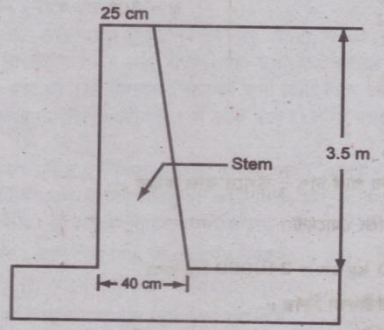
$f_s = 1400$ kg/cm²; $\varphi = 30°$; $n = 9$

সমাধান :

ধাপ–১ : চাপ নির্ণয় :

স্ল্যাবের 1 মিটার দৈর্ঘ্যের একটি স্ট্রিপ বিবেচনা করি।

খাড়া স্ল্যাবের উপর প্রযুক্ত মাটির পার্শ্বচাপ



চিত্র-৭.১৯ :

$$P = \frac{wh^2}{2} \times \frac{1 - \sin\varphi}{1 + \sin\varphi}$$

$$= \frac{1600 \times (3.5)^2}{2} \times \frac{1 - \sin 30°}{1 + \sin 30°}$$

$= 3266.67$ kg.

এখানে $w = 1600$ kg/m³
$\varphi = 30°$
$h = 3.5$ m

ধাপ–২ : শিয়ার বল নির্ণয় :

$V = P = 3266.67$ kg.

ধাপ–৩ : বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয় :

বেইজ স্ল্যাবের উপরিতল হতে মাটির পার্শ্বচাপ $\frac{h}{3}$ উপরে কাজ করবে।

∴ স্টেমের নিম্নতলের সাপেক্ষে বেন্ডিং মোমেন্ট।

$$M = \frac{Ph}{3} = \frac{3266.67 \times 3.5}{3} = 3811.115 \text{ kg-m}$$

$= 381111.5$ kg-cm

ধাপ–৪ : খাড়া স্ল্যাবের নিম্নতলের গভীরতা নির্ণয় :

খাড়া স্ল্যাব স্টেম-এর আনুমানিক পরিমাপ,

উপরিভাগের পুরুত্ব = 25 cm

পাদদেশের পুরুত্ব = 40 cm

স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$= \sqrt{\frac{381111.5}{15.37 \times 100}}$

$= 15.75$ cm

$f_c = 0.45 \times 210 = 94.5$ kg/cm²

$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{9}{9 + \frac{1400}{94.5}} = 0.376$

$j = 1 - \frac{0.376}{3} = 0.87$

$R = \frac{1}{2} f_c jk$

$R = \frac{1}{2} \times 94.5 \times 0.87 \times 0.376 = 15.37$

$b = 1\text{m} = 100$ cm

16 mm ব্যাসের রড এবং মুক্ত কভারিং 5 cm ধরলে

মোট গভীরতা $t = 15.75 + 5 + \frac{1.6}{2} = 21.55 \text{ cm} < 40 \text{ cm}$

অতএব ঠিক আছে।

স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা, $d = 40 - 5 - \frac{1.6}{2} = 34.2$ cm

ধাপ–৫ : টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল

$$A_s = \frac{M}{f_s jd} = \frac{381111.5}{1400 \times 0.87 \times 34.2} = 9.15 \text{ cm}^2$$

16 mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল $a_s = \frac{\pi}{4}(1.6)^2 = 2.01 \text{ cm}^2$

∴ ব্যবধান $S = \frac{100 \times a_s}{As}$

$= \frac{100 \times 2.01}{9.15} = 21.96 \simeq 21.5$ cm c/c

সুতরাং 16 mm ব্যাসের রড 21.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

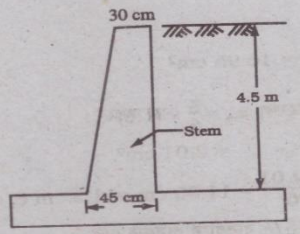
উদাহরণ–৭.৫ : পার্শ্বের চিত্রে দেখানো RCC ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ালটির স্টেমের পাদদেশে প্রধান রেইনফোর্সমেন্টের পরিমাণ নির্ণয় কর। *[বাকাশিবো : '০৬]*

তথ্যাদি :

অ্যাংগেল অব রিপোজ, $\phi = 30°$
মাটির ওজন = 1600 kg/m³
R.C.C ওজন = 2400 kg/m³
$f_s = 1400$ kg/cm²
$f_c = 94$ kg/cm²
$n = 9$

সমাধান :

ধাপ–১ : চাপ নির্ণয় :



চিত্র-৭.২০ :

অষ্টম অধ্যায়

প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট-এর ধারণা

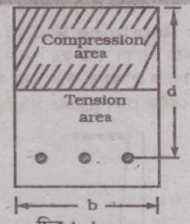
(Understand the Concept of Pre-Stressed Concrete)

৮.১ প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট

(Define Prestressed Concrete)

যে কংক্রিটে এমন পরিমাণ ও বিস্তৃতির অভ্যন্তরীণ স্ট্রেস প্রবর্তন করা হয় যে, এটা বাইরের লোড হতে উদ্ভূত স্ট্রেস ঈপ্সিত মাত্রায় প্রশমিত করে তাকে প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট বলে।

প্রকৌশলীদের কাঠামো ডিজাইনের সময় লক্ষ্য থাকে কাঠামোর আকার ছোট রেখে তুলনামূলকভাবে কম খরচে এটা নির্মাণ করা। কারণ কাঠামোর আকার যত ছোট রাখা যাবে ততই নিজস্ব ওজন কম হবে এবং নির্মাণসামগ্রী কম লাগবে, ফলে মোট খরচ কম হবে। বর্তমানে প্রকৌশলীগণ আরসিসি কাঠামো ডিজাইনের ক্ষেত্রে উন্নতমানের নির্মাণসামগ্রী ব্যবহার করে অধিকতর মিতব্যয়ী কাঠামো তৈরি করতে চায়।



চিত্র-৮.১ :

প্রচলিত নিয়মে বিম চাপ ও টান অংশে বিভক্ত এবং চাপ অংশে কংক্রিট কর্তৃক প্রতিরোধ ক্ষমতার পরিমাণ প্রায় $\frac{1}{3}$অংশ। টান এলাকায় ব্যবহৃত কংক্রিট মূলত কোন কাজে আসে না। এ কারণে কংক্রিট কাঠামোর সমস্ত প্রস্থচ্ছেদ ব্যাপী ইচ্ছাকৃতভাবে স্থায়ী চাপ পীড়ন (কমপ্রেসিভ স্ট্রেস) সৃষ্টি করা হয়। যাতে সার্ভিস লোডের ফলে টান এলাকায় কংক্রিটে উৎপন্ন টান পীড়ন এবং প্রদত্ত চাপ পীড়ন পরস্পর সমন্বয় হয়ে যায়। অর্থাৎ টান এলাকায় কংক্রিটের মধ্যে প্রদত্ত চাপ পীড়নের পরিমাণ এমন হবে যে, আপতিত লোডের ফলে স্ট্রাকচারে উৎপন্ন টান পীড়ন এবং প্রদত্ত চাপ পীড়ন পরস্পর সমন্বয় হয়ে যায়। প্রি-স্ট্রেসড কংক্রিট মেম্বারের সমস্ত কংক্রিট বেন্ডিং পীড়ন প্রতিহত করে। ফলে সমস্ত কংক্রিটই সক্রিয়ভাবে ব্যবহৃত হয়।

৮.২ আরসিসি ও প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের সুবিধা ও সীমাবদ্ধতার মধ্যে তুলনা

(Compare the Advantages and Limitations of Reinforced Cement Concrete and Pre-Stressed Concrete)

আরসিসি ও প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের মধ্যে পার্থক্য :

(i) প্রি-স্ট্রেসিং দ্বারা কংক্রিটের সর্বোচ্চ চাপশক্তি এবং স্টিলের সর্বোচ্চ টানশক্তি ব্যবহার করে সাশ্রয়ী স্ট্রাকচার নির্মাণ করা যায়। পক্ষান্তরে আরসিসি-এর ক্ষেত্রে উচ্চ শক্তির কংক্রিট ব্যবহার অসাশ্রয়ী কারণ অধিকতর স্টিল ব্যবহার করতে হয়।

(ii) আরসিসি-তে মাইল্ড স্টিল (এম.এস) ব্যবহার করা হয়। পক্ষান্তরে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন স্টিল প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটে ব্যবহার করা হয়, যাকে টেনডন বলে।

(iii) প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের মেম্বারের আকার আরসিসি-এর তুলনায় কম হয়।

(iv) আরসিসি-তে ব্যবহৃত স্টিল সাধারণভাবে কংক্রিটে বসানো থাকে। কিন্তু প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটে ব্যবহৃত টেনডনগুলো উচ্চ টানে আটকানো থাকে।

(v) আরসিসি-এর তুলনায় স্থাপত্য কাজে ব্যবহারের জন্য প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের স্ট্রাকচার বেশি উপযোগী।

(vi) প্রি-কাস্ট প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের মেম্বারের ওজন স্বল্পতর হওয়ায় প্রি-কাস্ট আরসিসি-এর তুলনায়-এর ব্যবহার বেশি।

(vii) লং স্প্যান এবং অধিক ভারবহন কাঠামোর ক্ষেত্রে আরসিসি-এর তুলনায় প্রি-স্ট্রেস্‌ড কাঠামো খুবই উপযোগী।

প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের সুবিধা :

(i) লং স্প্যান এবং অধিক ভারবহন কাঠামোর ক্ষেত্রে প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট ব্যবহার সুবিধাজনক।

(ii) লম্বা মাস্তুল, টাওয়ার এবং চিমনি নির্মাণের ক্ষেত্রে প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট উপযোগী।

(iii) ব্যর্থতার পূর্বে প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট স্ট্রাকচারে ডিফ্লেকশন ঘটে। ফলে সতর্কীকরণ সংকেত পাওয়া যায়।

(iv) বৃহৎ ব্যাসের কংক্রিট পাইপের ওয়াল পুরুত্ব হ্রাস করা যায়।

(v) মেম্বারের আকার ছোট থাকে ফলে নিজস্ব ওজন কম হয় সে কারণে বহুতল ভবন নির্মাণে সুবিধা পাওয়া যায়।

(vi) প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট দ্বারা তৈরি কাঠামোর স্থায়ীত্ব বেশি।

(vii) ফাটলমুক্ত (ক্রাক ফ্রি) স্ট্রাকচার প্রাপ্তির জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

(viii) ওয়াটার ট্যাংক ও সাইলো (খাদ্যগুদাম)-এর দেওয়াল পুরুত্ব হ্রাস করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

(ix) কংক্রিটের ডায়াগোনাল টেনশন কমানো যায়।

প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের সীমাবদ্ধতা :

(i) নির্মাণসামগ্রী, ইকুইপমেন্ট (যন্ত্রপাতি), টেনডনকে টানা এবং এ্যাংকোরেজ করার ডিভাইস ইত্যাদি বিশেষ ধরনের যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় যা সহজপ্রাপ্য নয়।

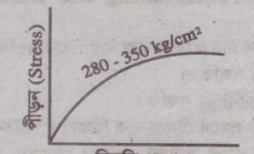
(ii) দক্ষ শ্রমিকের প্রয়োজন হয়।

(iii) উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কংক্রিট এবং স্টিল ব্যবহৃত হয় যা সহজলভ্য নয়। সাধারণ মাইল্ড স্টিলের চেয়ে খরচ বেশি।

৮.৩ প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট ব্যবহৃত কংক্রিটের গুণাগুণ বর্ণনা

(Describe the Properties of Concrete Used for Prestressed Concrete)

উচ্চ চাপযুক্ত সাধারণ কংক্রিট প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিট হিসেবে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। সাধারণত 28 দিনের 240 kg/cm² (4000 Psi) হতে 350 kg/cm² (5000 Psi) চাপশক্তি বিশিষ্ট কংক্রিট ব্যবহার করা হয়। নিম্নলিখিত কারণে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কংক্রিট ব্যবহৃত হয়।



চিত্র-৮.২ : কংক্রিটের পীড়ন বিকৃতি কার্ভ

(i) উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কংক্রিটের স্থিতিস্থাপক গুণাংকের মান বেশি। এ কারণে প্রি-স্ট্রেস্‌ড বলজনিত প্রাথমিক স্থিতিস্থাপক বিকৃতি এবং ক্রিপ বিকৃতি হ্রাস পায়।

(ii) পোস্ট টেনশন সিস্টেমে বিমের শেষ প্রান্তে বহনযোগ্য পীড়ন প্রতিরোধকল্পে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কংক্রিটের প্রয়োজন।

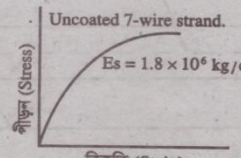
(iii) প্রি-টেনশন পদ্ধতিতে উচ্চ শক্তিসম্পন্ন কংক্রিট অধিক বন্ড পীড়ন সৃষ্টি করে।

(iv) প্রিস্ট্রেস্‌ড কংক্রিটের অধিকাংশই পূর্ণ ঢালাইকৃত। এজন্য অধিক শক্তিসম্পন্ন কংক্রিটের প্রয়োজন।

৮.৪ প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটে ব্যবহৃত স্টিল স্ট্রান্ডের গুণাগুণ বর্ণনা

(Describe the Properties of Steel Strand Used for Prestressed Concrete)

আরসিসি-তে ব্যবহৃত রিইনফোর্সিং বার দ্বারা প্রিস্ট্রেসিং করা যায় না। কারণ রিইনফোর্সিং বার দ্বারা যে পরিমাণ প্রিস্ট্রেসিং করা সম্ভব তা কংক্রিটের সংকোচন ও ক্রিপ-এর ফলে সমন্বয় হয়ে যায়। এ কারণে প্রি-স্ট্রেস্‌ড কংক্রিটে বিশেষ ধরনের উচ্চশক্তি, ইল্ড (Yield) বিন্দু এবং কার্যকরী পীড়ন স্টিল ব্যবহার করা হয়, একে স্টিল স্ট্রান্ড বলে।



চিত্র-৮.৩ : প্রি-স্ট্রেসিং স্টিলের পীড়ন বিকৃতি চিত্র

প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল হিসেবে সাধারণত উচ্চ টান শক্তিসম্পন্ন স্টিল ব্যবহৃত হয়ে থাকে। সাত বা ততোধিক তার সমন্বয়ে স্টিল স্ট্যান্ড তৈরি করা হয়। প্রি-স্ট্রেসিং ওয়্যার, রোলিং স্টিল বিলেট হতে গোলকৃত রড আকারে তৈরি করা হয় এবং পরবর্তীতে ছাঁচের সাহায্যে আকার কমানো হয়।

প্রি-স্ট্রেসিং স্টিল তিন প্রকার। যেমন–

(ক) রাউন্ড বার (Round bar),

(খ) স্ট্র্যান্ডেড ক্যাবল (Strandad cable) ও

(গ) অ্যালয় স্টিল বার (Alloy steel bar)।

5–7 মিমি ব্যাসের হাই কার্বন স্টিলের একাধিক প্রিস্ট্রেসিং ওয়্যারকে পেঁচিয়ে প্রয়োজনীয় স্ট্রেন্থের প্রিস্ট্রেসিং টেনডন তৈরি করা হয়। বৃহত্তর ব্যাসের একটি তারের উপর ছয়টি তার জড়িয়ে স্ট্রান্ডেড ক্যাবল তৈরি করা হয়। এর ব্যাস 6.5–13 মিমি হয়ে থাকে এবং গ্রেড 250 strand থেকে 270 strand পর্যন্ত হয়ে থাকে।

অ্যালয় স্টিল বার (প্লেইন বার ও ডিফর্মড বার) 13–35 মিমি ব্যাসের হয়ে থাকে।

প্রি-স্ট্রেস্ড কংক্রিটের স্টিলের শক্তি

শক্তি	প্রিস্ট্রেসিং স্টিল (kg/cm^2)	প্রচলিত স্টিল ইন্টারমিডিয়েট গ্রেড (kg/cm^2)
চূড়ান্ত শক্তি (Ultimated strength)	18000	5000
ইল্ড বিন্দু (Yield Point)	15000	2800
অনুমোদনযোগ্য কার্যকরী পীড়ন (Allowable Working Stress)	10500	1400

৮.৫ ও ৮.৬ তার/টেনডনের (প্রি-টেনশনিং ও পোট টেনশনিং) প্রিস্ট্রেসিং–এর কার্যপ্রণালি বর্ণনা

(Describe the Procedure of Prestressing the Wire/Tendon (Pre-Tensioning and Post-Tensioning)

প্রি-স্ট্রেড কংক্রিটের স্টিল স্ট্রান্ডে বিভিন্নভাবে টান প্রয়োগ করা যায়। তন্মধ্যে নিম্নলিখিত দুটি বিশেষভাবে গ্রহণযোগ্য–

(১) পূর্বে টান প্রয়োগ (Pre-tensioning) পদ্ধতি ও

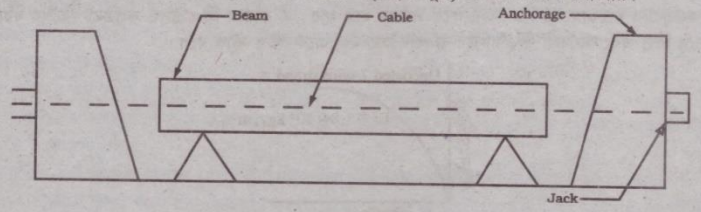
(২) পরবর্তীতে টান প্রয়োগ (Post-tensioning) পদ্ধতি।

(১) পূর্বে টান প্রয়োগ পদ্ধতি : এ পদ্ধতিতে প্রথমে টেনডেনকে ডিজাইন প্যাটার্ন অনুসারে কাস্টিং বেডে স্থাপন করে প্রয়োজনীয় পরিমাণে টেনে কাস্টিং বেডের উভয় প্রান্তে অবস্থিত অ্যাঙ্কার পোস্টের সাথে আবদ্ধ করতে হবে। তারপর টেনশনকৃত টেনডনের চতুপার্শ্বে ফর্মওয়ার্ক এবং অন্যান্য রিইনফোর্সমেন্ট (ডিস্ট্রিবিউশন বার অথবা স্ট্রিপ ইত্যাদি)-কে যথাস্থানে স্থাপন করতে হবে। ফর্মওয়ার্কের অভ্যন্তরে কংক্রিট ঢেলে ভালোভাবে দৃঢ়াবদ্ধ করা হয়। কিউরিং করার পরে কংক্রিটের শক্তি ও সামর্থ্য আশানুরূপ পর্যায়ে উন্নতি হলে, টেনডন এবং অ্যাঙ্কার পোস্টের মধ্যকার সংযোগ খুলে দেয়া হয়।

টেনশনকৃত টেনডন ছোট হতে চেষ্টা করলে টেনডন এবং কংক্রিটের মধ্যকার বন্ডের কারণে (মেম্বারের) কংক্রিটের উপর কমপ্রেসিভ ফোর্স উৎপন্ন হয় এবং এরূপে টেনসাইল জোনের কংক্রিট প্রি-স্ট্রেস্ড হয়ে থাকে। শেষ পর্যায়ে মেম্বারের উভয় প্রান্তের বাড়তি টেনডন কেটে প্রি-স্ট্রেস্ড মেম্বারকে প্রকল্প এলাকায় নেওয়ার সুবিধার্থে গুদামজাত করা হয়।

যে সমস্ত ক্ষেত্রে স্টিল ও কংক্রিটের মধ্যকার বন্ডের প্রয়োজনের তুলনায় অপ্রতুল সেক্ষেত্রে টেনডনের উভয় প্রান্তে স্পেশাল এ্যাংকরেজ ট্রিটমেন্ট প্রদান করতে হয়।

এ পদ্ধতিতে সাধারণভাবে স্থাপিত স্ল্যাব, বীম, ফেন্সপোস্ট (বেড়ার খুঁটি) ইত্যাদি নির্মাণ করা যায়।



Anchorage

নবম অধ্যায় বিবিধ আরসিসি কাঠামো

(Understand the Typical Drawing of Miscellaneous Reinforced Cement Concrete Structure)

৯.১ নিচের কাঠামোগুলোর রিইনফোর্সমেন্ট প্রতিস্থাপন ব্যাখ্যা

(Explain the Reinforcement Placement of the Following Structures)

(ক) র‍্যাফট/ম্যাট ফাউন্ডেশন– Raft/Mat foundation

(খ) কম্বাইন্ড ফুটিং এবং ক্যান্টিলিভার ফুটিং– Combined footing and cantilever footing

(গ) পাইলক্যাপসহ পাইপ– (Pile With Pilecup)

(ঘ) বেজমেন্ট ফ্লোর (Basement Floor)

(ঙ) কলাম এবং বিম সংযোগ (Column and Beam Connection)

(চ) টি-বিম ব্রিজের ডেক স্ল্যাব– Deck Slab of T-beam Bridge

(ছ) কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল– Counter fort retaining wall

(জ) ফ্ল্যাট স্ল্যাব– Flat Slab

(ঝ) ফ্ল্যাট প্লেট স্ল্যাব– Flat Plate Slab

(ঞ) র‍্যাম্প– Ramp

(ট) হেলিক্যাল স্টেয়ার স্ল্যাব– Helical Stair Slab

(ঠ) স্পাইরাল স্টেয়ার স্ল্যাব– Spiral Stair Slab

(ড) আয়তাকার ও গম্বুজাকার ওভারহেড পানির ট্যাংক– Overhead Water Tank of Rectangular and Dome Shaped

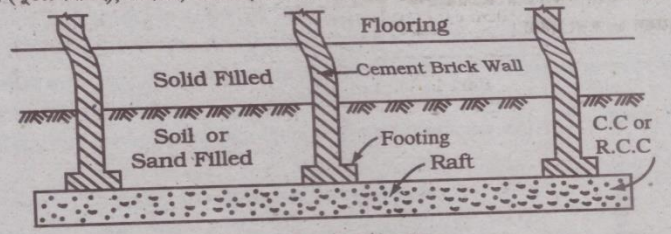
(ঢ) আয়তকার আন্ডারগ্রাউন্ড পানির সংরক্ষণাগার (Under Ground Water Reser Unit of Rectangular)

(গ) ফ্রেম্ড স্ট্রাকচার– Framed Structure

(ত) টু-স্প্যান বক্স কালভার্ট– Two Span Box Culvert

(থ) স্লুইচ গেট– Sluice Gate

(ক) র‍্যাফট ভিত্তি (Raft Foundation) : কোনো ইমারত বা কাঠামোর নিম্নাংশের সমস্ত এলাকা জুড়ে ধারাবাহিকভাবে নির্মিত আরসিসি স্ল্যাবকে র‍্যাফট বা ম্যাট ভিত্তি বলা হয়। যেখানে মাটির ভারবহন ক্ষমতা খুবই কম, ভরাট মাটি বা জলাশয় এলাকা এবং স্বতন্ত্র স্প্রেড ফুটিং নির্মাণের পর্যাপ্ত ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না অর্থাৎ স্বতন্ত্র স্প্রেড ফুটিং-এর প্রয়োজনীয় ক্ষেত্রফল একটির সঙ্গে অন্যটির খুবই কাছাকাছি বা একটির ক্ষেত্রফল অন্যটির উপর পতিত হয় এরূপ ক্ষেত্রে র‍্যাফট ফাউন্ডেশন নির্মাণ করা হয়। এছাড়াও ইমারত বা কাঠামোর নিম্নস্থ মাটি অসামঞ্জস্যপূর্ণভাবে দেবে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকলে এ জাতীয় ফাউন্ডেশন দেয়া হয়। বহুতল ভবন (সুউচ্চ বিল্ডিং), সাইলো, জলাধার, টাওয়ার ইত্যাদি জাতীয় কাঠামো নির্মাণে র‍্যাফট ভিত্তি সুবিধাজনক।



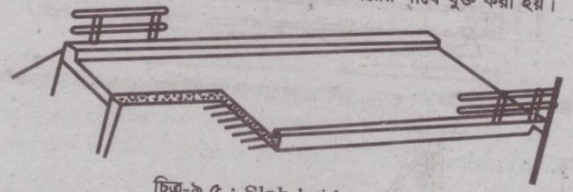
চিত্র-৯.১ : র‍্যাফট ফাউন্ডেশন

(গ) পাইলক্যাপসহ পাইপ (Pile With Pilecup) : কাঠামোর লোড স্থানান্তর করাই হলো পাইলের প্রধান কাজ। যেখানে মাটির ভারবহন ক্ষমতা কম সেখানে পাইলের মাধ্যমে কাঠামোর লোডকে ভারবহন ক্ষমতা স্তরের উপর ছড়িয়ে দেওয়া হয়। প্রয়োজনীয় ভারবহন ক্ষমতা সম্পন্ন গভীরতা বেশি অথবা ভূ-পৃষ্ঠ অত্যাধিক ঢালবিশিষ্ট হলে যে কাঠামো প্রদান করা হয় তাকে পাইল বলে। এটি একটি উল্লম্ব কাঠামো। সংকোচনশীল মাটি, জলাবদ্ধ মাটি এবং ভরাটকৃত মাটির ক্ষেত্রে এটি প্রযোজ্য। এটি কাঠ, কংক্রিট, স্টিল, স্যান্ড ইত্যাদি হতে পারে।

পাইল ও মূল বুনিয়াদের সংযোগ স্থলে যে কাঠামো নির্মাণ করা হয় তাকে পাইল ক্যাপ (Pile cap) বলে।

(ঘ) টি-বিম ব্রীজের ডেক স্ল্যাব (Bridge Deck Slab of T-Beam)

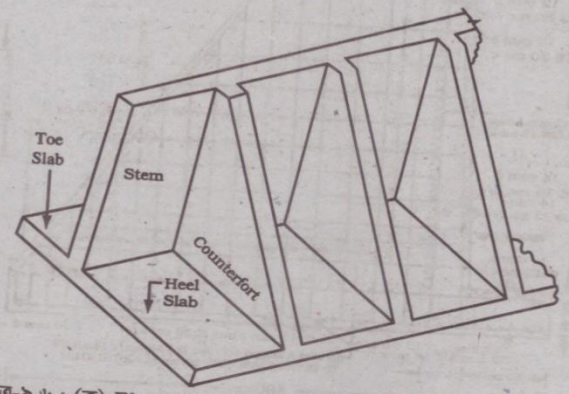
বর্তমানে ব্রিজ নির্মাণে রিইনফোর্সড কংক্রিটের বহুল ব্যবহার প্রচলিত। ফলে স্থায়ীত্বতা, দৃঢ়তা, মিতব্যয়িতা এবং সর্বোপরি তুলনামূলক বিচারে স্থাপত্যিক সুদৃশ্য আনয়নে রিইনফোর্সড কংক্রিটই উত্তম। 8 হতে 16 মিটার স্প্যান বিশিষ্ট ছোট ও মধ্যম মানের ডেক গার্ডার টাইপ বা টি-বিম গার্ডার টাইপ ব্রিজ নির্মাণ করা হয়। যদি প্রিকাস্ট পদ্ধতিতে গার্ডারসমূহ তৈরি করা হয় এবং পরবর্তীতে ক্রেনের সাহায্যে যথাস্থানে স্থাপন করা হয়। গার্ডারসমূহ যথাস্থানে স্থাপনের পর তার উপর ডেক স্ল্যাব ঢালাই করে নির্মাণ করা হয় এবং ঢালাইকালে ডাউয়েল প্রদানের মাধ্যমে গার্ডারের সাথে যুক্ত করা হয়।



চিত্র-৯.৫ : Slab bridge

(ঙ) কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল (Counter fort Retaining Wall)

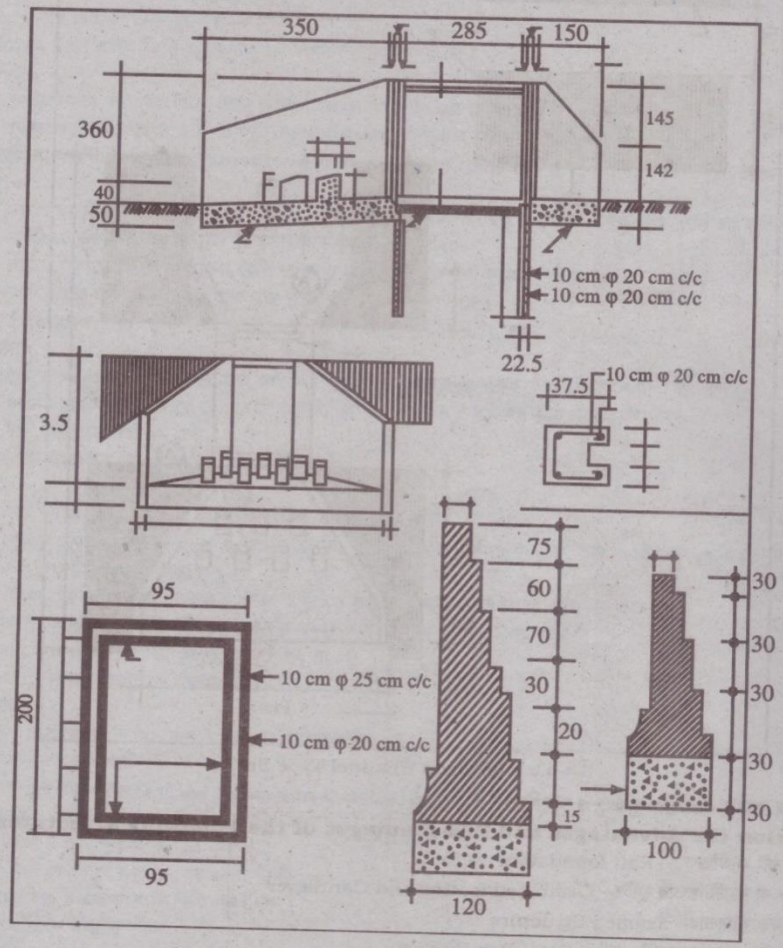
এর গঠনপ্রণালি ক্যান্টিলিভার ওয়ালের ন্যায়। 6 মিটারের অধিক উচ্চতাসম্পন্ন ক্যান্টিলিভার ওয়ালের ক্ষেত্রে স্টেম (খাড়া ওয়াল)-এর বেন্ডিং মোমেন্ট হ্রাস করার জন্য ওয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর ওয়াল উচ্চতার 1.5 গুণ বা তার চেয়ে কিছু বেশি দূরত্ব পরপর কাউন্টারফোর্ট (ত্রিভুজাকৃতির ক্রস ওয়াল) নির্মাণ করে কাউন্টারফোর্টে ওয়াল তৈরি করা হয়। এরূপ ত্রিভুজাকার ক্রস ওয়াল, স্টেম এবং বেইজকে পরস্পর দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত করে রাখে।



চিত্র-৯.৬ : (ক) Elevation of Counterfort Retaining Wall

(চ) স্লুইচ গেট (Sluice Gate)

পানি প্রবাহমান প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম খোলা চ্যানেলে আড়াআড়িভাবে নির্মিত গেটকে স্লুইচ গেট বলে। পানির প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করাই হলো-এর প্রধান কাজ। এ দ্বারা প্রয়োজনের সময় গেট বন্ধ করে তার উজানের পানির উচ্চতা বৃদ্ধি করা হয় এবং ভাটি অঞ্চলে এর ক্ষতিকারক বা অপ্রয়োজনীয় পানি প্রবেশে যেমন বাধা প্রদান করে তেমনি প্রয়োজনের সময় গেট খুলে দিয়ে অতিরিক্ত বা অপ্রয়োজনীয় পানি বের করে দেয়।



চিত্র-৯.১১ : (a) Open Channel Type Sluice

THANKS