# Design of Structure-2 (26474)

## 7TH SEMESTER
## CIVIL TECHNOLOGY
## 2022 PROBIDHAN


Pesented By
Mufazzal Hossain
Part Time Teacher
Mymensingh PolytechnicInstitute

# অধ্যায়-১

## মেঝে ও ছাদ স্ল্যাবের ধারণা (Understand the Concept of Floor/Roof Slab) :

### ১.১ বিভিন্ন প্রকারের আরসিসি মেঝে/ছাদ প্ল্যাবের বর্ণনা (Describe different types of reinforced cement concrete floor/roof slab) :

রিইনফোর্সড সিমেন্ট কংক্রিট (RCC) নির্মিত সমতল পাতলা ঢালাইকে স্ল্যাব বলে। প্ল্যাব সাধারণত প্রশস্ত এবং এর উপরে ও নিচের তল প্রায় সমান্তরাল হয়ে থাকে। একাধিক তলাবিশিষ্ট বাড়ির নিচের তলায় যেটা ছাদ (Roof), উপরের তলায় বসবাসকারীদের জন্য সেটা মেঝে (Floor) হিসাবে বিবেচিত হয়ে থাকে। তবে দালানের সর্ব উপরের স্ল্যাবকে সাধারণত স্বাদ স্ল্যাব (Roof slab) এবা অভ্যন্তরস্থ অন্যান্য প্ল্যাবকে মেঝে প্ল্যাব (Floor slab) বলা হয়। প্ল্যাব সাধারণত রিইনফোর্সড কংক্রিট বিম অথবা ইটের দেয়াল অথবা কংক্রিট দেয়াল অথবা স্টিল মেম্বার অথবা সরাসরি কলাম অথবা ভূমির উপরে অবস্থান করে।

**বিভিন্ন প্রকার আরসিসি ফ্লোর এবং রুফ প্ল্যাবের নাম নিম্নে দেওয়া হলোঃ**

**১। একমুখী রিইনফোর্সমেন্ট পদ্ধতি (One-way reinforcing system) অনুযায়ী-**

**(ক) একমুখী সলিড স্ল্যাব (One-way solid slab)**

(1) গার্ডার এবং বিম সাপোর্টের উপর স্ল্যাব

(2) স্টিল বিমের উপর স্ল্যাব

(3) ডেক স্ল্যাব (Deck slab)।

**(খ) একমুখী রিবড স্ল্যাব (One-way ribbed slab)**

**(গ)প্রিকাস্ট স্ল্যাব (Pre-cast slab)।**

**২। দ্বিমুখী রিইনফোর্সমেন্ট পদ্ধতি (Two way reinforcement system) অনুযায়ী-**

(ক) দ্বিমুখী সলিড প্ল্যাব (Two-way solid slab)

(1) একসাথে ঢালাইকৃত বিমের উপর স্ল্যাব

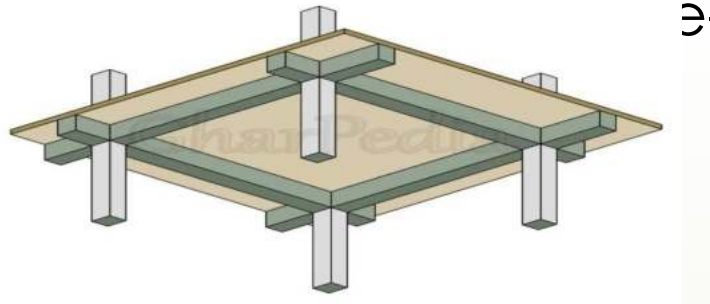
(2) স্টিল বিমের উপর স্ল্যাব।

(খ) দ্বিমুখী রিবড প্ল্যাব (Two-way ribbed slab)

(গ) বিমবিহীন স্ল্যাব (Beamless slab)

❑ **১। একমুখী স্ল্যাব (One-way slab):**

যে সমস্ত প্ল্যাবগুলোর গ্রন্থ বরাবর বিপরীত প্রান্তদ্বয় সমান্তরাল বিমের বা দেয়ালের উপর অবস্থান করে এবং কেবলমাত্র একদিকে প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়, সে সমস্ত [illegible]e-way slab)

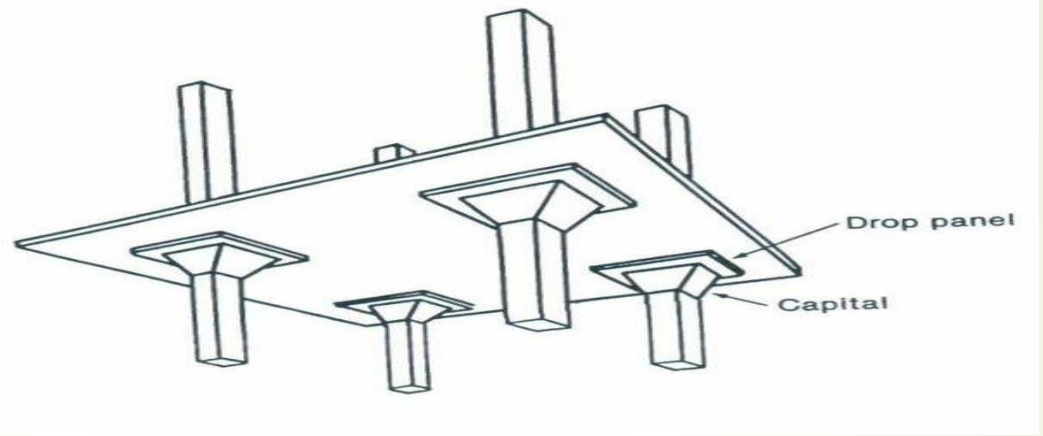


❑ **২। দ্বিমুখী স্ল্যাব (Two-way slab) :**

যে সমস্ত স্ল্যাব চার দেয়াল বা বিমের উপর অবস্থান করে এবং স্ল্যাবের দুই দিকেই প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়, তাকে দ্বিমুখী স্ল্যাব (Two-way slab) বলে।

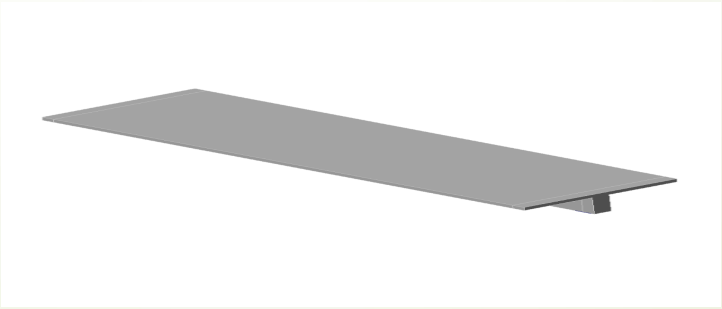
**৩। ফ্লাট স্ল্যাব (Flat slab):**

যে সমস্ত স্ল্যাব কোনো প্রকার বিম অথবা গার্ডারের উপর অবস্থান না করে সরাসরি কলামের উপর স্থাপন করা হয়, সে সমস্ত স্ল্যাবকে ফ্লাট স্ল্যাব (Flat slab) বলে।




**৪। রিবড স্ল্যাব (Ribbed slab) :**

হালকা বা মাঝারি লাইভ লোডের জন্য এ প্রকার স্ল্যাবের ব্যবহার অর্থনৈতিক দিক থেকে উপযোগী। তবে অধিক লোডের জন্য একমুখী বা দ্বিমুখী সলিড স্ল্যাবের ন্যায় উপযোগী নয়।



**৫। আরবি স্ল্যাব (RB slab):**

আর্থিক সাশ্রয়ের জন্য আমাদের দেশে অনেক স্থানে এ ধরনের স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়। আরসিসি স্ল্যাবে টেনশন জোনে কংক্রিটের একমাত্র কাজ রডকে সঠিক স্থানে ধরে রাখা।

## ১.৪ আরসিসি একমুখী এবং দ্বিমুখী স্ল্যাবের মধ্যে পার্থক্য

| একমুখী স্ল্যাব (One way) | দ্বিমুখী স্ল্যাব (Two way) |
|---|---|
| 1। স্ল্যাবের দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের অনুপাত দ্বিগুণ বা দ্বিগুণের বেশি হলে এ স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়। | ১। স্ল্যাব বর্গাকার বা দৈর্ঘ্য ও প্রস্থের অনুপাত দ্বিগুণের কম হলে এ স্ল্যাব ডিজাইন করা হয়। |
| 2। এ স্ল্যাব দু'দিকের সাপোর্টের উপর অবস্থান করে। | ২। এ স্ল্যাব চারদিকের সাপোর্টের উপর অবস্থান করে। |
| 3। একদিকে প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়। | 3। উভয় দিকে প্রধান রিইনফোর্সমেন্ট ব্যবহার করা হয়। |
| 4। বিম থাকে বলে সমতল সিলিং পাওয়া যায়। | 4। বিম থাকে না বলে সমতল সিলিং পাওয়া যায়। |
| 5। কক্ষের উচ্চতা কম পাওয়া যায়। | 5। কক্ষের উচ্চতা বেশি পাওয়া যায়। |
| 6। আলোর প্রতিফলনে বাধার সৃষ্টি করে । | 6। আলোর প্রতিফলনে বাধার সৃষ্টি করে না। |
| 7। দক্ষ শ্রমিক না হলেও চলে। | 7। দক্ষ শ্রমিকের প্রয়োজন হয়। |

# অধ্যায়-২

## আরসিসি একমুখী স্ল্যাব ডিজাইন নীতিসমূহ (Principles of Designing RCC One-Way Slab)

### ২.১ একমুখী আরসিসি স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব আলোচনা (State the minimum thickness reinforced cement concrete one-way slab) :

ACI কোড অনুযায়ী একমুখী স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব বা গভীরতা (t) নিম্নরূপ হবেঃ

( i ) সাধারণভাবে স্থাপিত স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, t=

(ii) আংশিক বিচ্ছিন্ন স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব,t=$\frac{L}{30}$ $\frac{L}{25}$

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

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

## স্ল্যাবের আনুমানিক ন্যূনতম পুরুত্ব বা গভীরতাঃ

t= প্রতি মিটার কার্যকরী স্প্যান দৈর্ঘ্যে 3.3 সেমি থেকে 4 সেমি ধরা হয় অর্থাৎ, t = 0.033L থেকে 0.04L সেমি ধরা হয়।

এখানে, L = স্প্যানের কার্যকরী দৈর্ঘ্য, সেমি।

তবে উপরোক্ত মানের সাহায্যে নিজস্ব ওজন হিসাব করার পর পরবর্তীতে সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট

সাপেক্ষে চূড়ান্ত কার্যকরী গভীরতা বের করতে, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

এখানে,
d = কার্যকরী গভীরতা, সেমি
M = বেন্ডিং মোমেন্ট, কেজি-সেমি
b = বিবেচিত স্ট্রিপের প্রস্থ, সেমি
t= স্ল্যাবের মোট পুরুত্ব, সেমি,
ACI কোড অনুসারে ছাদ স্ল্যাবের পুরুত্ব = 7.5 সেমি এবং মেঝে স্ল্যাবের পুরুত্ব = 9 সেমি এর কম হওয়া উচিত নয়। অন আমাদের দেশে 10 সেমি এর কম 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) :

ঢালাই করার পর শক্ত হওয়ার ফলে কংক্রিটের সংকোচন ঘটে এবং তাপমাত্রার তারতম্যের জন্য কংক্রিট সংকুচিত ও প্রসারিত হয়। সে জন্য স্ল্যাবের মধ্যে সৃষ্ট পীড়ন প্রতিরোধ করার জন্য প্রয়োজনীয় লোহা ব্যবহার করা হয়। অন্যথায় স্ল্যাবের মধ্যে ফাটলের সৃষ্টি হয়ে স্ল্যাবের ক্ষতিসাধন করতে পারে।

একমুখী স্ল্যাবে (One-way slab)-এর একদিকে প্রধান রড ব্যবহার করা হয়। এ প্রধান রডগুলো তাদের আড়াআড়ি দিকের ফাটল সৃষ্টিকারী তাপ পীড়ন (Temperature stress) প্রতিরোধ করতে পারে না। সুতরাং প্রধান রডের সমান্তরাল দিকের তাপ পীড়ন প্রতিরোধ করার জন্য এর আড়াআড়ি (সমকোণে) কতকগুলো রড ব্যবহার করা হয়। একে সংকোচন বা তাপ রড বলে। তা ছাড়া স্ল্যাবের উপর আগত লোডকে প্রধান রড ও তাপ রডের মাধ্যমে সর্বত্র ছড়িয়ে পড়ে বলে তাপ রডকে বিতরণী রডও বলা হয়। কোড অনুযায়ী তাপ রডের (Temperature bar) ন্যূনতম পরিমাণ হবে

**উদাহরণ-২.২। নিম্নের চিত্রে একটি দালানের নকশা দেওয়া আছে। উহার 'ক' স্ল্যাবটি ডিজাইন কর এবং চিত্র অঙ্কন করে রডের অবস্থান দেখাও।**
[বাকাশিবো-২০০০, ১৬)

তথ্যাদিঃ
লাইভ লোড = 400 কেজি/বর্গমিটার
ফ্লোর ফিনিশ = 120 কেজি/বর্গমিটার
প্লাস্টার = 25 কেজি/বর্গমিটার।
fc = 94.5 কেজি/বর্গসেমি
f = 210 কেজি/বর্গসেমি
$f_1$ = 1400 কেজি/বর্গসেমি.
n = 9
v = 4.23 কেজি/বর্গসেমি
u= 21.0 কেজি/বর্গসেমি

## সমাধান

**ধাপ-১। ডিজাইন লোড নির্ণয়ঃ** স্ল্যাবটি পুরাপুরি অবিচ্ছিন্ন (Continuous) একমুখী স্ল্যাব।

স্ল্যাবের স্প্যান দৈর্ঘ্য, L = 3m

স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, $t = \frac{L}{35} = \frac{3X100}{35}$ = 8.57 cm

সুতরাং স্ল্যাবের পুরুত্ব, t = 9 cm

স্ল্যাবটি ডিজাইনের জন্য 3 মিটার বরাবর 1মিটার একটি ফালি বিবেচনা করা হলো।

(i) স্ল্যাবের নিজস্ব ওজন = $1x\frac{9}{100}x2400$ = 216 kg/m

| | | |
|---|---|---|
| (ii) লাইভ লোড | =1x400 | = 400 kg/m |
| (iii) ফ্লোর ফিনিশ | =1x120 | = 120 kg/m |
| (iv) প্লাস্টার | =1x25 | = 25 kg/m |

প্রতি মিটার স্প্যান দৈর্ঘ্যে মোট ডিজাইন লোড, w = 761 kg/m

3 মিটার স্প্যানে মোট লোড, W = w L = 761 × 3 = 2283 kg

**ধাপ-২।**

**সর্বোচ্চ শিয়ার**:

আরসিসি একমুখী প্ল্যাব ডিজাইনের নীতিসমূহ

সর্বোচ্চ শিয়ার, $V = \frac{W}{2} = \frac{2283}{2} = 1141.5$ kg

**ধাপ-৩।**

**সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্টঃ**

$M = \frac{WL}{12} = \frac{2283\ X\ 3}{12} = 57075$ kg-cm

**ধাপ-৪।**

**স্ল্যাবের গভীরতা** :

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

$d = \sqrt{\frac{57075}{15.61\ X\ 100}} = 6.05$ cm

12 মিমি ব্যাসের রঙ সাবহার করলে এবং যুক্ত কভারিং 2 সেমি হলে মোট গভীরতা

$t = 6.05+2+\frac{1.2}{2}=8.65<9cm$

অতএব, ঠিক আছে।

কার্যকরী গভীরতা, $d = 9-2-\frac{1.2}{2} =6.4cm$

**ধাপ-৫।**

**টান রডের ক্ষেত্রফলঃ**

$AS = \frac{M}{fsjd} = \frac{57075}{1400\ X\ 0.874\ X\ 6.4} =7.29\ cm^2$

12 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল,

$as = \frac{\pi}{4}\times (1.2)^2 = 1.13\ cm^2$

ব্যবধান (Spacing) $S = \frac{100\ X as}{AS} = 15.5$ cm c/c

সুতরাং 12 মিমি ব্যাসের রড 15.5 সেমি ব্যবধানে বসাতে হবে।

**ধাপ-৬।**

**শিয়ার পীড়ন নিরীক্ষা** :

$v = \frac{V}{bd} = \frac{1141.5}{100\ X\ 6.4} =1.78$ কেজি/বর্গসেমি

**ধাপ-৭।**

বন্ড পীড়ন নিরীক্ষা:

$$U = \frac{V}{\sum jd}$$

$$U = \frac{1141.5}{24.32 \text{ X } 0.874 \text{ X } 6.4}$$

= 8.39 কেজি/বর্গসেমি

সুতরাং বিমটি নিরাপদ এবং উদ্ভূত বন্ড পীড়ন অনুমোদিত বন্ড পীড়নের 50% এর কম। সে কারণে সাপোর্ট প্রান্ত থেকে $\frac{L}{5}$ দূরত্বে 50% রড অর্থাৎ একটির পর একটি রড 45° কোণে বাঁকিয়ে উপরে উঠানো যাবে।

# অধ্যায়-৩
# আরসিসি দ্বিমুখী স্ল্যাব ডিজাইনের নীতিসমূহ

**৩.২ আরসিসি দ্বিমুখী স্ল্যাব ডিজাইনে মোমেন্ট সহগের ব্যবহার ব্যাখ্যা (Explain the use of bending moment coefficient in designing reinforced cement concrete two-way slab)** :

এখানে ACI কোড-এর 22 নং পদ্ধতি অনুসরণে দ্বিমুখী স্ল্যাবের মোমেন্ট নির্ণয়ের ক্ষেত্রে স্ল্যাবের প্রান্ত অবস্থা বিবেচনায় ছক থেকে নির্দিষ্ট মান গ্রহণ করা হয়। এ মানকে মোমেন্ট সহগ বলে। একে C দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এ 'C'-এর মান স্ল্যাবের প্রস্থ ও দৈর্ঘ্যের অনুপাত ($m=\frac{L}{2}$) এর উপর নির্ভর করে |

## ৩.১ আরসিসি দ্বিমুখী স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব ব্যাখ্যা (State the minimum thickness of reinforcedcement concrete two-way slab) :

দ্বিমুখী স্ল্যাবের ডিজাইন করতে নিজস্ব ওজন নির্ণয় করার জন্য প্ল্যাবের পুরুত্ব বের করতে হয়।

ACI কোড অনুযায়ী দ্বিমুখীপ্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব।

$t_{min} = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{১৮০}$

মিটার।

$= \frac{2(L+S) \times 100}{180}$ সেমি

অথবা, ৭ সেমি এর কম নয়।

এখানে, L= স্ল্যাবের লং স্প্যান, মিটার

S= প্ল্যাবের শর্ট স্প্যান, মিটার

ASTM অনুসারে, $t_{min} = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{180}$ +1.27 সেমি

## দ্বিমুখী প্ল্যাবের প্রান্ত অবস্থা :

অভ্যন্তরীণ প্যানেল বা চারগ্রান্ত অবিচ্ছিন্ন বা সম্পূর্ণ অবিচ্ছিন্ন (laterior panel)

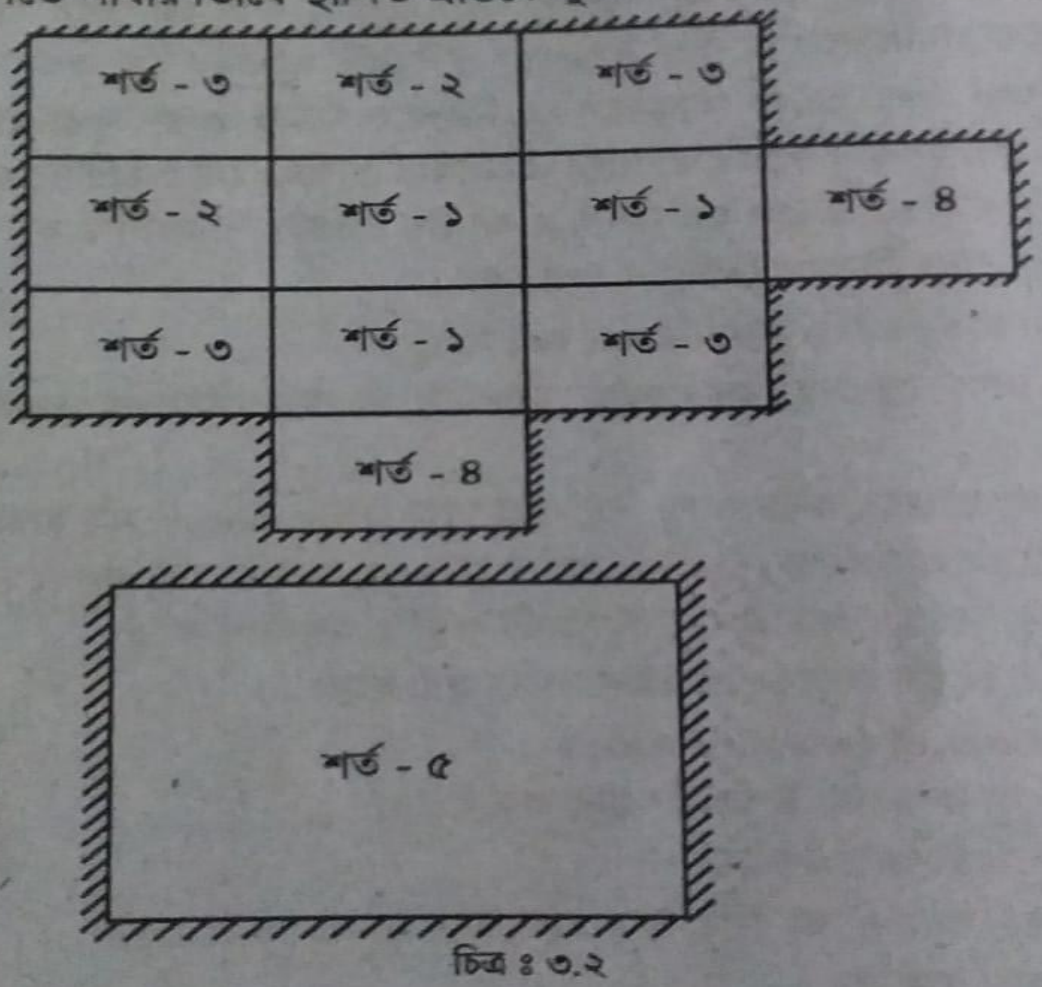
(ii) একবার বিছিন্ন (One edge discontinusas)

(iii) দুইধান্ত বিছিন্ন (Two edges discontinuous)

(iv) তিনপ্রান্ত বিছিন্ন (Three edges discontinuous)

(V) চারপ্রান্ত বিচ্ছিন্ন বা সম্পূর্ণ বিচ্ছিন্ন বা পুরোপুরি বিচ্ছিন্ন (Four edges discontinuous or fully discontinua স্ল্যাবের অবিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে স্ল্যাবের প্রান্তটি পার্শ্ববর্তী প্ল্যাবের সাথে অথবা সাপোর্টের সাথে দৃঢ়ভাবে আবদ্ধ এ প্ল্যাবের বিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে সাধারণভাবে স্থাপিত প্রান্তকে বুঝায় এবং $M = CWL^2$

স্ল্যাবের অবিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে স্ল্যাবের প্রান্তটি পার্শ্ববর্তী স্ল্যাবের সাথে অথবা সাপোর্টের সাথে দৃঢ়ভাবে
স্ল্যাবের বিচ্ছিন্ন প্রান্ত বলতে সাধারণভাবে স্থাপিত প্রান্তকে বুঝায় এবং $M = CWL^2$




চিত্র ঃ ৩.২

মন্ট নির্ণয়ের জন্য $M = CwS^2$ এবং $M = CwL^2$-এ সূত্র ব্যবহার করা হয়। সূত্রে মোমেন্ট সহগ, C-এর মান

চিত্র ঃ ৩.২

মোমেন্ট নির্ণয়ের জন্য $M = CwS^2$ এবং $M = CwL^2$-এ সূত্র ব্যবহার করা হয়। সূত্রে মোমেন্ট সহগ, C-এর মান টেবিল থেকে প্রান্তশর্ত সাপেক্ষে নেয়া হয়। টেবিল-৩.১ এ মোমেন্ট সহগ, C এর মান দেওয়া হলো ঃ

**টেবিল-৩.১**

দ্বিমুখী স্ল্যাবের মোমেন্ট সহগ

**(Moment coefficient for two-way slab)**

| মোমেন্টের জন্য শর্ত | শর্ট স্প্যান | | | | | | লং স্প্যান m-এর সর্ব প্রকার মানের জন্য |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m-এর মান | | | | | | |
| | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 and Less | |
| **Case–i** | | | | | | | |
| অভ্যন্তরীণ প্যানেল | | | | | | | |
| অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | 0.033 | 0.040 | 0.048 | 0.055 | 0.063 | 0.083 | 0.033 |
| বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট | 0.025 | 0.030 | 0.036 | 0.041 | 0.047 | 0.062 | 0.025 |
| **Case–ii** | | | | | | | |
| একপ্রান্ত 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 | 0.031 | 0.036 | 0.041 | 0.047 | 0.052 | 0.064 | 0.031 |

| মোমেন্টের জন্য শর্ত | শর্ট স্প্যান | | | | | | লং স্প্যান m-এর সর্ব প্রকার মানের জন্য |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | m-এর মান | | | | | | |
| | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.5 and Less | |
| **Case–iii** | | | | | | | |
| দুইপ্রান্ত বিচ্ছিন্ন | | | | | | | |
| অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | 0.049 | 0.057 | 0.064 | 0.071 | 0.078 | 0.090 | 0.049 |
| বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | 0.025 | 0.028 | 0.032 | 0.036 | 0.039 | 0.045 | 0.025 |
| মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট | 0.037 | 0.043 | 0.048 | 0.054 | 0.059 | 0.068 | 0.037 |
| **Case–iv** | | | | | | | |
| তিনপ্রান্ত বিচ্ছিন্ন | | | | | | | |
| অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | 0.058 | 0.066 | 0.074 | 0.082 | 0.090 | 0.098 | 0.058 |
| বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগিটিভ মোমেন্ট | 0.029 | 0.033 | 0.037 | 0.041 | 0.045 | 0.049 | 0.029 |
| মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট | 0.044 | 0.050 | 0.056 | 0.062 | 0.068 | 0.074 | 0.044 |
| **Case–v** | | | | | | | |
| চারপ্রান্ত বিচ্ছিন্ন | | | | | | | |
| অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| বিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট | 0.033 | 0.038 | 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 |

দ্বিমুখী স্ল্যাবের বেন্ডিং মোমেন্ট, $M = CwS^2$ এবং $M = CwL^2$ এবং $M = CWL^2$

এখানে, C = দ্বিমুখী স্ল্যাবের মোমেন্ট সহগ। এর মান m-এর উপর নির্ভরশীল।

m = শর্ট স্প্যান ও লং স্প্যানের অনুপাত $= \frac{S}{L}$

w = স্ল্যাবের প্রতি বর্গমিটার এলাকায় সমভাবে বিস্তৃত লোডের পরিমাণ, কেজি/বর্গমিটার।

দ্বিমুখী স্ল্যাবের কলাম স্ট্রিপের মোমেন্টের মান মিডল স্ট্রিপের $\frac{2}{3}$ অংশ ধরা হয়।

**উদাহরণ-৩,২। নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে 5 মিটার × 3.5 মিটার পরিমাপের অত্যন্তরীণ দ্বিমুখী স্ল্যাবের মিডল স্ট্রিপের গভীরত ও লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর।** **[বাকাশিবো-২০০৫, ০৬, ০৮, ১১, ১৪(পরি)**

তথ্যাদি। ($f'_c$ = 210 kg/cm². $f_s$ = 1400 kg/cm², n = 10. লাইভ লোড = 500 kg/m², ফ্লোর ফিনিশিং = 75kg/m³, সিলিং প্লাস্টার = 25 kg/ m²

**মোমেন্ট সহগ নির্ণয় চার্ট।**

মোমেন্ট সহগ নির্ণয় চার্ট ঃ

| মোমেন্টের জন্য প্রাপ্ত শর্ত | শর্ট স্প্যান | | m-এর মান | | লং স্প্যান m-এর সকল মান |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1.0 | 0.9 | 0.8 | 0.7 | |
| অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট সহগ | 0.033 | 0.040 | 0.048 | 0.055 | 0.033 |
| মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট সহগ | 0.025 | 0.030 | 0.036 | 0.041 | 0.025 |

সমাধান ঃ

## ধাপ-১: ডিজাইন লোড নির্ণয়ঃ

স্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব,। $t = \frac{\text{স্ল্যাবের পরিসীমা}}{১৮০}$

$$= \frac{2(5+3.5)\times 100}{180} = 9.44 = 9.5\text{cm}$$

ধরি, t = 12 cm

সুতরাং। মিটার স্ট্রিপ বিবেচনা করলে-

| | | |
|---|---|---|
| (1) স্ল্যাবের নিজস্ব ওজন | $= 1\times \frac{12}{100} \times 2400$ | = 288.0 kg/m |
| (ii) লাইভ লোড | = 1 x 500 | = 500.0 kg/m |
| (iii) ফ্লোর ফিনিশিং | = 1x75 | = 75.0 kg/m |
| (iv) সিলিং প্লাস্টার | = 1x25 | = 25.0 kg/m |
| | | মোট লোড, = 888 kg/m |

## ধাপ-২: সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্টঃ

### (ক) শর্ট স্প্যানের জন্য :

(i) অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট, (-M) $= CwS^2$

C = 0.055 $= 0.055 \times 888 \times (3.5)^2 \times 100$

$= 59829$ k-cm

(ii) মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট, (+M) $= CwS^2$

C = 0.041 $= 0.041 \times 888 \times (3.5)^2 \times 100$

$= 44599.8$ kg-cm

### (খ) লং স্প্যানের জন্য :

(i) অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্ট, (-M) $= CwL^2$

C=0.033 $= 0.033 \times 888 \times (5)^2 \times 100$

$= 73260$ kg-cm

(ii) মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্ট, (+M) $= Cwl^2$

C= 0.025 $= 0.025 \times 888 \times (5)^2 \times 100$

$= 55500$ kg-cm

**ধাপ-৩: প্ল্যাবের গভীরতা**:

(i) শর্ট স্প্যানের কার্যকরী গভীরতা, ds = $\sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$= \sqrt{\frac{59829}{16.49 \times 100}}$

= 6.02 cm

10 Ø mm ব্যাসের বড় ব্যবহার করলে-

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

$= 6.02 + \frac{1}{2} + 2 = 8.52$ cm < 12 cm

$k = \frac{n}{n + \frac{f_s}{f_c}} = \frac{10}{10 + \frac{1400}{.45 \times 210}} = 0.403$

$j = 1 - \frac{k}{3} = 1 - \frac{0.403}{3} = 0.886$

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

$= 0.5 \times 94.5 \times 0.866 \times 0.403$

$= 16.49$ kg/cm²

b = 100 cm

(ii) লং স্প্যানের কার্যকরী গভীরতা, $d_L = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$$= \sqrt{\frac{73260}{16.49 \times 100}}$$

$$= 6.66 \text{ cm}$$

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

$$= = 6.66 + \frac{1}{2} + 2 = 10.16 \text{ cm} < 12 \text{ cm}$$ অতএব, উভয় ক্ষেত্রে ঠিক আছে।

কিন্তু প্ল্যাবের ন্যূনতম পুরুত্ব, 12 cm

সুতরাং, শর্ট স্প্যানের কার্যকরী গভীরতা, $d_S = 12 - \frac{1}{2} - 2 = 9.5\text{cm}$

এবং লং স্প্যানের কার্যকরী গভীরতা, $d = 12 - \frac{1}{2} - 1 - 2 = 8.5 \text{ cm}$

**ধাপ-৪ঃ টান রডের ক্ষেত্রফল।**

10 মিমি ব্যাসের ক্ষেত্রফল, $a_s = \frac{\pi}{4} \times (1)^2 = 0.785\ cm^2$

(ক) শর্ট স্প্যানের জন্য:

(1) অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্টের জন্য,

$$A_S = \frac{M}{fsjd} = \frac{59829.0}{1400 \times 0.866 \times 9.5} = 5.19\ cm^2$$

$$S = \frac{100 \times as}{AS} = \frac{100 \times 0.785}{5.19} = 15.12\ cm = 15\ cm\ c/c$$

so,10mm ব্যাসের রড 15cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

(ii) মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্টের জন্য,

$$A_S = \frac{M}{fsjd} = \frac{44599.8}{1400 \times 0.866 \times 9.5} = 3.87\ cm^2$$

$$S = \frac{100 \times as}{As} = \frac{100 \times 0.785}{3.87} = 20.28\ cm = 20\ cm\ c/c$$

So, 10 mm ব্যাসের রড 20 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে

## (খ) লং স্প্যানের জন্যঃ

(1) অবিচ্ছিন্ন প্রান্তের নেগেটিভ মোমেন্টের জন্য-

$$A_S = \frac{M}{fsjd} = \frac{73260}{1400 \times 0.866 \times 8.5} = 7.10\ cm^2$$

$$S = \frac{100 \times as}{A_S} = \frac{100 \times 0.785}{7.10} = 11.05\ cm = 11cm\ c/c$$

So,10mm ব্যাসের রড 11 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

(2) মধ্য স্প্যানের পজিটিভ মোমেন্টের জন্য,

$$A_S = \frac{M}{fsjd} = \frac{55500}{1400 \times 0.866 \times 8.5} = 5.38\ cm^2$$

$$S = \frac{100 \times as}{A_S} = \frac{100 \times 0.785}{5.38} = 14.59\ cm = 14.5\ cm\ c/c$$

So,10mm ব্যাসের রড 14.5 cm clc ব্যবধানে বসাতে হবে।

# অধ্যায়-৪
## আরসিসি সিঁড়ি স্ল্যার ডিজাইনের নীতিসমূহ (Principles of Designing RCC Stair Slab)

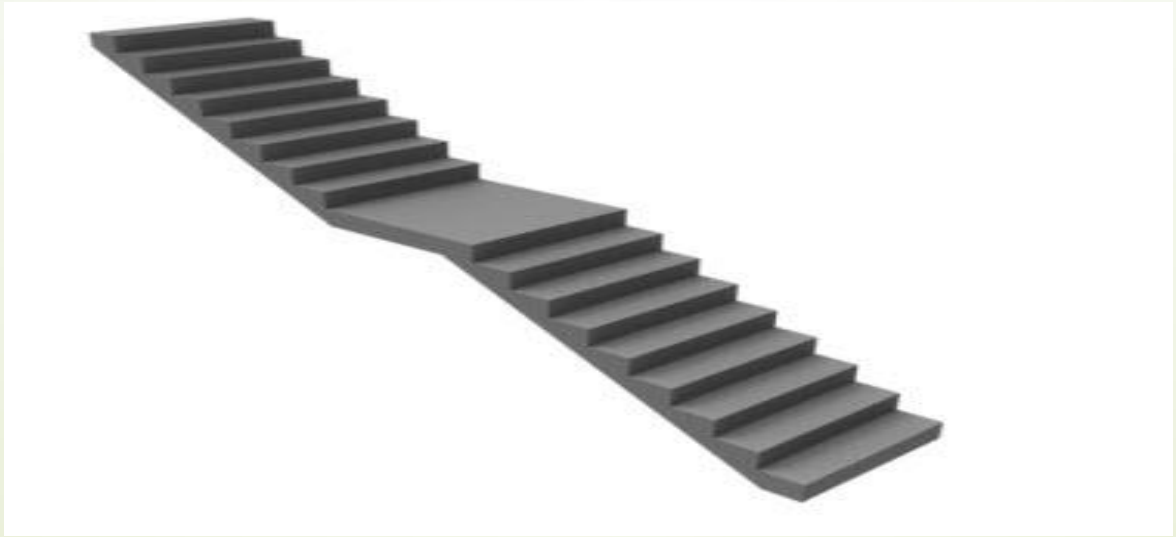
### বিভিন্ন প্রকার সিঁড়ির তালিকা (List various types of stair)

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

(1) একমুখী সিঁড়ি (Straight flight stair)
(2) ডগ্-লেগড় সিঁড়ি (Dog-legged stair)
(3) ওপেন নিউয়েল বা ওপেন ওয়েল সিঁড়ি (Open-newel or open-well stair)
(4) জিওমেট্রিক্যাল সিঁড়ি (Geometrical stair)
(5) বৃত্তাকার সিঁড়ি (Circular stair)
(6) বাইফারকেটেড সিঁড়ি (Bifurcated stair)।

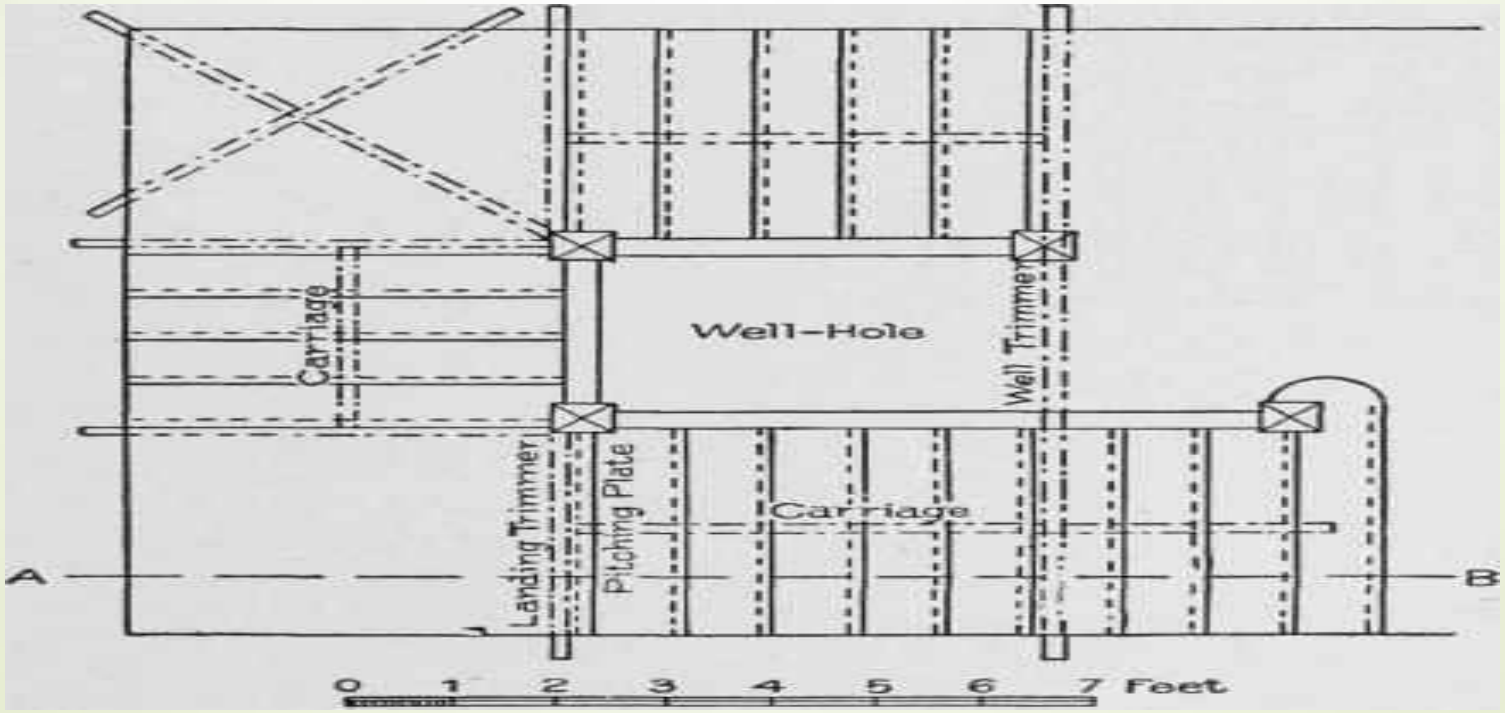
## (i) একমুখী সিঁড়ি (Straight flight stair) :

যে সমস্ত সিঁড়ির একই দিকে থাকে অর্থাৎ সিঁড়ির ধাপগুলো একমুখী, এ জাতীয় ধাপগুলো সিঁড়ি দালানের একতলা থেকে অন্য তলায় একইভাবে উঠে যায় এবং কোনো মোড় ঘুরতে হয় না। তবে উঠানামার সময় বিশ্রামের জন্য একটি বা দু'টি ল্যান্ডিং ব্যবহার করা হয়। যে সমস্ত দালানে লোক চলাচল খুব কম বা সিঁড়ি নির্মাণের জন্য পর্যাপ্ত জায়গা পাওয়া যায় না, সে সমস্ত ক্ষেত্রে এ জাতীয় সিঁড়ি ব্যবহার করা হয়। এটা ছাড়াও পুকুর ঘাটে, নদীর ঘাটে, পাহাড়ি এলাকায় উঁচু স্থানে উঠানামার জন্য এ জাতীয় সিঁড়ি ব্যবহার করা হয়।



**(ii) ডগ্-লেগড় সিঁড়ি (Dog-legged stair) :** এ প্রকার সিঁড়ি সাধারণত দু'টি একমুখী সিঁড়ি যার গতিমুখ পরস্পর বিপরীত। এক ফ্লাইট থেকে অন্য ফ্লাইটে যেতে বিপরীতমুখী হয়ে বা 180° কোণে দিক পরিবর্তন করতে হয়। যে সিঁড়ি ঘরের প্রস্থ কেবলমাত্র দু'টি ফ্লাইটের প্রস্থের সমান সেখানে এ ধরনের সিঁড়ি ব্যবহার করা হয়। দু'টি ফ্লাইটের দিক পরিবর্তনের জন্য একই লেভেলে ল্যান্ডিং ব্যবহার করা হয়। আবাসিক দালানে এ প্রকার সিঁড়ির প্রচলন বেশি।

**(iii) ওপেন নিউয়েল সিঁড়ি (Open newel stair) :** যখন একই সিড়ি ঘরে সিঁড়ি নির্মাণ এবং লিফট্ স্থাপনের প্রয়োজন হয়। তখন এ জাতীয় সিঁড়ি ব্যবহার করা হয়। লিফট্ বসানোর জন্য আয়তাকার জায়গা রেখে এর চতুর্দিকে ঘুরিয়ে ফ্লাইট তৈরি করা হয়। প্রত্যেক ফ্লাইটের দিক পরিবর্তনের স্থানে ল্যান্ডিং-এর জায়গা দেওয়া হয়। ফ্লাইটের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্নে নিউয়েল বসান হয়। এ প্রকার সিড়ির উপরের দিক থেকে আলো প্রবেশের ব্যবস্থা করা হয়। সাধারণত পাবলিক বিল্ডিং, আদালত, সিনেমা হলো ইত্যাদি স্থানে ব্যবহার করা হয়।



(iv) জিওমেট্রিক্যাল সিঁড়ি (Geometrical stair) : এ জাতীয় সিঁড়িতে কন্টিনিউয়াস হ্যান্ড রেইল থাকে। এতে ল্যান্ডিং-এ কোনো নিউয়েল পোস্ট ব্যবহার করা হয় না। এটা ওপেন-নিউয়েল সিঁড়ির অনুরূপ। তবে পার্থক্য এই যে, সম্মুখ এবং পশ্চাদ ফ্লাইটের মধ্যবর্তী কার্ড (Curve) আকৃতির। উইন্ডার ধাপের মাধ্যমে ফ্লাইটের দিক পরিবর্তিত হয়। সাধারণত পাবলিক বিল্ডিং-এ এটা ব্যবহার করা হয়।

**(v)বৃত্তাকার সিঁড়ি (Circular stair) :** এ প্রকার সিঁড়িসাধারণত একটি কেন্দ্রীয় নিউয়েল পোস্টের চারদিকে ঘুরে ঘুরে অবিচ্ছিন্নভাবে উপরে উঠে। এখানে সবগুলো ধাপই উইন্ডার ধাপ হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এ প্রকার সিঁড়ি প্রধান সিঁড়ি হিসাবে ব্যবহৃত হয় না। মূল ভবনের পিছনের সিঁড়ি, শিল্পকারখানায়, মসজিদের মিনার ইত্যাদি স্থানে ব্যবহৃত হয়।

**(vi)বাইফারকেটেড সিঁড়ি (Bifurcatedstair) :** যে সিড়িতে প্রথমে বা নিম্ন ফ্লাইটেএক সেট চওড়া ধাপের মাধ্যমে ল্যান্ডিং পর্যন্ত উঠে, এর দুই বিপরীত প্রান্ত থেকে অপেক্ষাকৃত কম চওড়া বিশিষ্ট দুটি ফ্লাইটের সাহায্যে উপরিতলে উঠার ব্যবস্থা থাকে তাকে বাইফারকেটেড সিঁড়ি বলে। অত্যাধুনিক অভিজাত পাবলিক বিল্ডিংয়ে এ সিঁড়ি ব্যবহার করা হয়। তা ছাড়া পাবলিক বিল্ডিং-এর হলরুমের প্রবেশ পথে, মার্কেটে, ওভার ব্রিজে ব্যবহার করা হয়।

**৪.২ American Standard and BNBC অনুযায়ী রাইজার এবং ট্রেডের মধ্যে সম্পর্ক (Mention therelation between tread and rise according to American standard and BNBC) :** সিঁড়ি স্ল্যাবের ঢাল যেহেতু 25° থেকে 40° এর মধ্যে রাখতে হয়, সেহেতু ট্রেড এবং রাইজার-এর মধ্যকার সম্পর্ককে বিশেষভাবে গুরুত্ব দেওয়া হয়। নিম্নে দুই পদ্ধতিতে ট্রেড ও রাইজারের মধ্যে সম্পর্ক দেখানো হলোঃ

**(ক) আমেরিকান কোড অনুযায়ী-**(1) ট্রেড + রাইজার = 44 সেমি

(ii) ট্রেড × রাইজার = 400 থেকে 450 বর্গসেমি

**(খ) ইন্ডিয়ান কোড অনুযায়ী-**(1) ট্রেড + 2 × রাইজার = 60 সেমি(ii) ট্রেড × রাইজার = 400 থেকে 420 বর্গসেমি।

তবে আবাসিক দালানের সিঁড়ি স্ল্যাবের রাইজারের পরিমাপ 15 থেকে 18 সেমি এবং ট্রেডের পরিমাপ 23 থেকে 27 সেমি রাখা হয়। কিন্তু পাবলিক বিল্ডিং-এর ক্ষেত্রে ট্রেডের পরিমাপ 23 থেকে 30 সেমি এবং রাইজারের পরিমাপ 14 থেকে 15 সেমি।

**উদাহরণ-৪.২। আরসিসি সিঁড়ির একটি ফ্লাইটে 12 টি ধাপ আছে। ফ্লাইটে ট্রেডের গ্রন্থ 27 সেমি এবং রাইজারের উচ্চতা 15 সেমি। নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে ফ্লাইটটি ডিজাইন কর।** [বাকাশিবো-২০০৪, ০৬, ০৮, ১৮, ২০(পরি)

**তথ্যাদি**

$f_s$ = 1400 kg/cm², $f'_c$ =210kg/cm³, n= 10, $v_c$ = 4.20 kg/cm², u= 19 kg/cm³, লাইভ লোড = 500 kg/m²

**ধাপ-১: লোড নির্ণয়ঃ**

স্প্যান দৈর্ঘ্য = 12 × 27 = 324 cm = 3.24 m

মনে করি, ওয়েস্ট প্ল্যাবের পুরুত্ব, S = 15 cm

1 মিটার স্ট্রিপ বিবেচনা করলে-

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

$= 15\sqrt{15^2+27^2} \times 1 \times \frac{24}{27} = 411.83$ kg/m

(ii) স্টেপের ওজন = 12R = 12×15 = 180.00 kg/m

(iii) লাইভ লোড = 500.00 kg/m

লোড, w = 1091.83 kg/m

1 মিটার স্ট্রিপ বিবেচনা করলে 3.24 মিটার স্প্যানের উপর মোট লোড,

$$W = wL = 1091.83 \times 3.24 = 3537.53 \text{ kg}$$

**ধাপ-২ঃ সর্বোচ্চ শিয়ার ফোর্স:** $V = \frac{W}{2} = \frac{3537.53}{2} = 1768.76$ kg

**ধাপ-৩: সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্টঃ** $M = \frac{WL}{8} = \frac{3537.53 \times 3.24}{8} \times 100 = 143269.96$ kg-cm

**ধাপ-৪:** স্ল্যাবের **গভীরতা:** স্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা, $d = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$$= \sqrt{\frac{143269.96}{16.49 \times 100932}} = 9.50 \text{ cm}$$

12 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে এবং মুক্ত কভারিং 2 সেমি ধরলে

মোট গভীরতা, $t = d = \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{মুক্ত কভারিং} = 9.5 + \frac{1.2}{2} + 2 = 12.1\ cm < 15cm$ অতএব, ঠিক আছে।

**ধাপ-৫ : টেনসাইল রিইনফোর্সমেন্টের ক্ষেত্রফল :** $A_S = \frac{M}{fsjd} = \frac{143269.96}{1400 \times 0.866 \times 9.5} = 12.44\ cm^2$

12 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল, $as = \frac{\pi}{4} \times (1.2)^2 = 1.13\ cm^2$

$$S = \frac{100 \times as}{AS} = \frac{100 \times 1.13}{12.44} = 9.08\ cm = 9\ cm\ c/c$$

সুতরাং 12 মিমি ব্যাসের রড 9 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

**ধাপ-৬ঃ শিয়ার পীড়ন:** $V = \frac{V}{bd} = \frac{1768.76}{100 \times 9.5} = 1.86\ kg/cm^2 < 4.20\ kg/cm^2$

অতএব, স্ল্যাবটি শিয়ারে নিরাপদ।

**ধাপ-৭ ঃ বন্ড পীড়ন ঃ** $\upsilon = \frac{V}{\Sigma.jd}$

এখানে, $\Sigma. = N\pi D = \frac{10}{9} \times \pi \times 1.2 = 41.86\ cm$

So, $\upsilon = \frac{1768.76}{41.86 \times 0.866 \times 9.5} = 5.14\ kg/cm^2 < 16\ kg/cm^2$ অতএব, স্ল্যাবটি বন্ডে নিরাপদ

**ধাপ-৮ : টেম্পারেচার বারঃ** $A=0.0025\ bt = 0.0025 \times 100 \times 12.1 = 3.025\ cm^2$

10 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে ক্ষেত্রফল, $a = 0.785 \times (1.0)^2 = 0.785\ cm^2$

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times as}{AS} = \frac{100 \times 0.785}{3.025} = 25.95\ cm = 25.5\ cm\ c/c.$

অতএব, 10 মিমি ব্যাসের রড 25.5 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

# অধ্যায়-৫

## আরসিসি অক্ষীয় লোড কলাম ডিজাইনের নীতিসমূহ (Principles of Designing RCC Axially Loaded Columns)

### ৫.১ বিভিন্ন প্রকার আরসিসি কলাম আলোচনা (Describe different types of RCC column) :

যে সকল আরসিসি খাড়া কাঠামোকে উল্লম্ব লোড (Vertical load) বহন করার জন্য নির্মাণ করা হয়, তাদেরকে কলাম বলা হয়। রুফ স্ল্যাব, মেঝে বিম বা গার্ডার-এর লোড বহন করার জন্য কলাম ব্যবহৃত হয়। কলাম-এর মুক্ত দৈর্ঘ্য (Unsupported length). প্রস্থচ্ছেদের ন্যূনতম পার্শ্বমাপের ও গুণের বেশি হতে হয়। কলামের উপর আপতিত লোড-এর অক্ষ বরাবর ক্রিয়া করতে পারে আবার নাও করতে পারে। আপতিত লোড কলামের অক্ষ বরাবর ক্রিয়া না করলে কলাম ডিজাইন করতে একসেন্ট্রিক লোডজনিত বেন্ডিং মোমেন্টের হিসাবও বিবেচনায় আনতে হয়। এ অধ্যায়ে কলাম ডিজাইনকে কেবলমাত্র অক্ষীয় লোড (axial load) এর মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখা হয়েছে।

ACI কোড অনুযায়ী বৃত্তাকার কলামের ন্যূনতম ব্যাস 25 সেমি-এর কম হওয়া উচিত নয়। আর আয়তাকার কলামের ন্যূনতম পার্শ্বমাপ হবে 20 সেমি। তবে এর প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 620 বর্গসেমি-এর কম হবে না। আরসিসি কলামের লোড বহন ক্ষমতা এর দৈর্ঘ্যের দ্বারা প্রভাবান্বিত হয়। তাই কলামগুলোকে তাদের দৈর্ঘ্যের সাথে প্রস্থচ্ছেদের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপের অনুপাত অথবা স্লেন্ডারনেস অনুপাতের উপর নির্ভর করে কলামকে সাধারণত দুই শ্রেণিতে ভাগ করা যায়। যথা-

১। শর্ট কলাম (Short column)
২। লং কলাম (Long column) |

**1) শর্ট কলাম (Short column) :** যে সমস্ত কলামের দৈর্ঘ্যের সাথে তাদের প্রস্থচ্ছেদের ন্যূনতম পার্শ্বমাপের অনুপাত 10 অথবা 10 এর কম হয়, তাদেরকে শর্ট কলাম বলে।

অর্থাৎ $\frac{h}{t} \leq 10$ হলে শর্ট কলাম হবে।

**2) লং কলাম (Long column) :** শর্ট কলাম (Short column) : যে সকল কলামের দৈর্ঘ্যের সাথে তাদের প্রস্থচ্ছেদের ন্যূনতম পার্শ্ব মাপের অনুপাত 10 এর বেশি হয়, তাদেরকে লং কলাম বলে। আরসিসি কলামে কতকগুলো খাড়া রড এবং পার্শ্ব বরাবর বাইন্ডার বা টাই ব্যবহার করা হয়। খাড়া রডগুলো কংক্রিটের সাথে একত্রে চাপা লোড বহন করে। উক্ত রডগুলোকে যথাস্থানে ধরে রাখার জন্য এবং রডগুলোর বহির্মুখী সম্প্রসারণ রোধ বা বাঁকা হওয়া থেকে রক্ষা করার জন্য দূরত্ব পর পর বাইন্ডার বা টাই ব্যবহার করা হয়।

**রিইনফোর্সমেন্টের ব্যবহার অনুযায়ী আরসিসি কলাম চার প্রকার,** যথা-

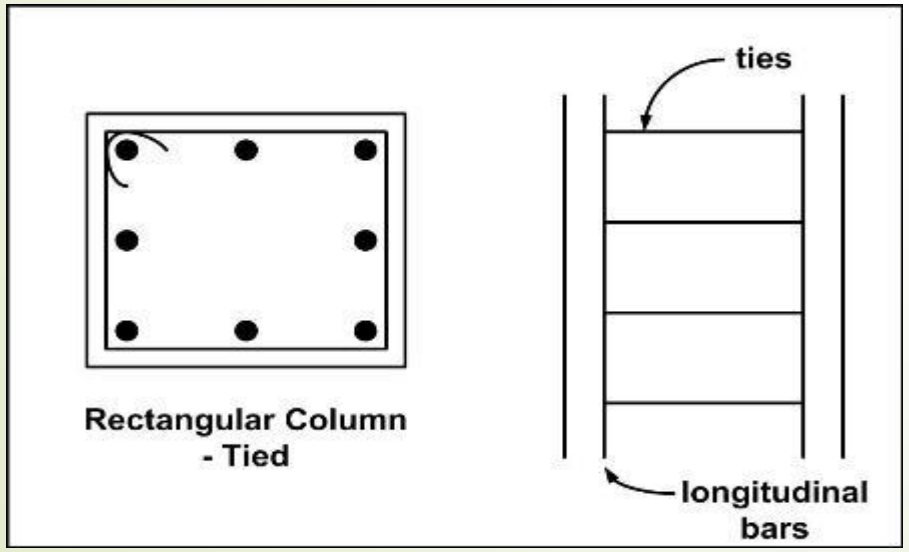
(1) টাইড কলাম (Tied column)

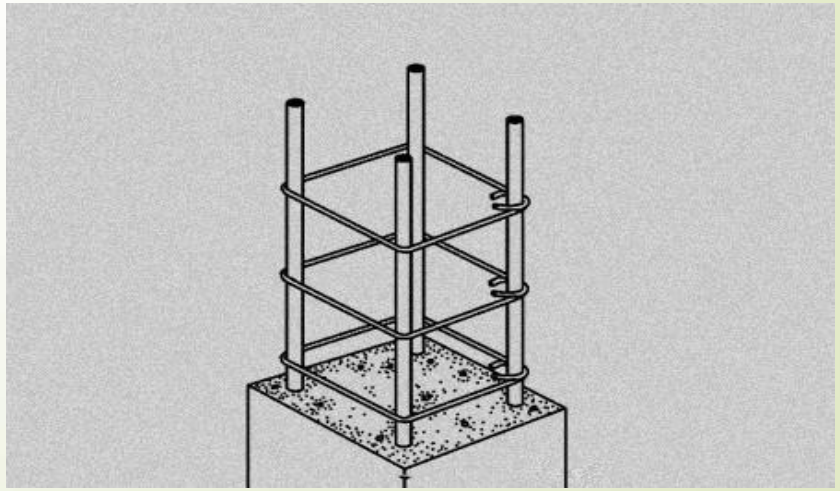
(2) (ii) স্পাইরাল কলাম (Spiral column)

(3) (iii) কম্পোজিট কলাম (Composite column)

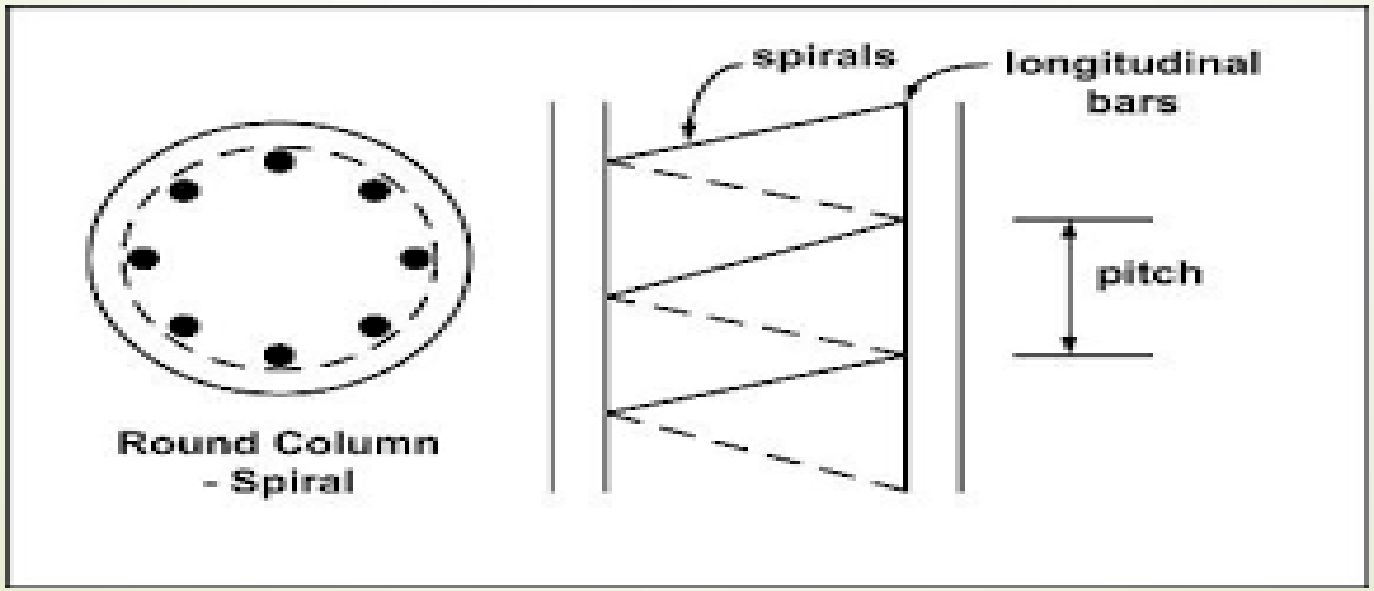
(4) (iv) কম্বিনেশন কলাম (Combination column) |Lateral

**টাইড কলাম (Tied column) :** এটা সাধারণত আয়তাকার বা বর্গাকার হয়। তবে বৃত্তাকার বা ইংরেজি অক্ষর I। ইত্যাদিআকারের হতে পারে। এ কলামে ন্যূনতম 4-16 মিমি ব্যাসের খাড়া রড থাকবে। খাড়া রডগুলোর সমদূরত্বে অবস্থিত কতকগুলো টাই দ্বারা বাঁধতে হয়। টাই রডের ব্যাস ন্যূনতম ৩ মিমি এবং অনধিক 12 মিমি। টাই-এর ব্যবধান (Spacing) নির্ভর করে কলামের আকার-আকৃতি এবং তাতে ব্যবহৃত খাড়া প্রধান রডের ব্যাসের উপর। খাড়া রড এটির বেশি হলে টাই এমনভাবে সাজান হয় যেন টাইয়ের কোণ (angle) 135° ডিগ্রির বেশি না হয়। রিইনফোর্সমেন্টের বাহিরে কংক্রিটের আবরণ (কভারিং) কমপক্ষে 3.75 সেমি রাখা উচিত। টাইড কলামে প্রধান রডের ক্ষেত্রফল এবং কলামের প্রস্থচ্ছেদীয় ক্ষেত্রফলের অনুপাত 0.01 থেকে 0.08 এর মধ্যে হবে।



**(Spiral column) :** এ কলামের আকার সাধারণত বৃত্তাকার হয়। তবে ক্ষেত্রবিশেষে বর্গাকারও হতে পারে।ACI কোড অনুযায়ী স্পাইরাল কলামে ন্যূনতম ৩টি, 16 মিমি ব্যাসের খাড়া রড ব্যবহার করতে হবে। খাড়া বা প্রধান রডগুলোকে অবিচ্ছিন্ন পেঁচানো রড (Spiral reinforcement) দ্বারা বাঁধতে হয়। সাধারণত ৩ মিমি থেকে 12 মিমি ব্যাসের রড স্পাইরাল রিইনফোর্সমেন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রেও প্রধান রড ও কলামের প্রস্থচ্ছেদী ক্ষেত্রফলের অনুপাত 0.01 থেকে 0.08 পর্যন্ত রাখা হয়। স্পাইরালের ভিতরে প্রধান রড ও কংক্রিটকে এক্ষেত্রে কোর (Core) বলা হয়। এক্ষেত্রে কংক্রিটের আবরণ (Covering) কমপক্ষে 3.75 সেমি রাখা উচিত। স্পাইরাল কলামের ভারবহন ক্ষমতা টাইড কলামের চেয়ে 15% বেশি।



উদাহরণ-৫.৫। ৭৪ টন অক্ষীয় লোড নিরাপদে বহন করতে সক্ষম একটি টাইড কলাম ডিজাইন কর। কার্যকরী দৈর্ঘ্য 3.5m, f'c = 210 kg/cm³, f, = 3500 kg/cm². [বাকাশি্যে-২০২১]

**সমাধান :** মনে করি, কলামটির আকার 40cm x 40cm

r = 0.3 × ন্যূনতম পার্শ্বমাপ = 0.3 x 40 = 12cm.

রিডাকশন ফ্যাক্টর, $R = 1.07-0.008 \times \frac{he}{r} = 1.07-0.008 \times \frac{3.5 \times 98}{12} = 0.84 < 1$ (ঠিক আছে)

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

আমরা জানি, , ডিজাইন লোড $P = \frac{Pa}{R} = \frac{98 \times 1000}{0.84} = 116666.67kg.$

$P=0.85A\ (0.25\ f'c + fs\ pg)$

or, $116666.67 = 0.85 \times 1600\ (0.25 \times 210 + 0.4 \times 3500 \times pg)$

$pg = 0.024 > 0.010 > 0.08$ (ঠিক আছে)

খাড়া রডের পরিমাণ, $Ast = pg \times Ag = 0.024 \times 1600 = 38.4\ cm^2$

. সুতরাং 4টি 28mm ব্যাসের এবং এটি 22mm ব্যাসের প্রধান রড ব্যবহার করতে হবে।

**টাই রড ডিজাইন :** 10mm টাইরড ব্যবহার করলে

(i)16 x 2.8 = 44.8cm

(ii) 48 x 1.0 = 48cm

(iii) ন্যূনতম পার্শ্বমাপ = 40cm.

10 mm ব্যাসের রড 40 cm c/c ব্যবহার করতে হবে।

**উদাহরণ-৫.৬। 54cm ব্যাসবিশিষ্ট একটি স্পাইরাল কলাম ডিজাইন কর, যার ওপর আরোপিত লোড ৪০ টন। কলাম। কার্যকরী দৈর্ঘ্য 5.20 মিটার।তথ্যাদিঃ** (fs = 1400kg/cm², fy, 3500kg/cm², f'c = 210kg/cm²

বিডাকশন ফ্যাক্টর, $R = 1.07 - 0.008 \times \frac{5.20 \times 100}{13.5} = 0.76 < 1$ [ঠিক আছে)

ডিজাইন লোড $P = \frac{Pa}{R} = \frac{80x1000}{0.76} = 105263$ kg

আমরা জানি, $P = Ag(0.25\ f'c + fs\ pg)$

$\rightarrow 105263 = 2289\ (0.25 \times 210 + 1400 \times pg)$ $A = 0.785 \times (54)^2 = 2289cm$

$Pg = -0.0046$ গ্রহণযোগ্য নয়। যেহেতু কলামে 1% থেকে 8% রড ব্যবহৃত হয়।

So, $Pg = 0.01$

খাড়া রডের ক্ষেত্রফল, $Ast = pg\ X\ Ag = 0.785 \times (54)^2 \times 0.01 = 22.89cm^2$

So, 6টি 22mm ব্যাসের রড ব্যবহার করতে হবে।

স্পাইরাল রিইনফোর্সমেন্টঃ

$$s = \frac{4as}{Ps\ Dc}$$

$$= \frac{4 \times 0.785}{0.010 \times 46}$$

$$= 6.36\ c/c$$

## ACI কোড অনুসারে পিচ:

*(1)* $\frac{1}{6}$ ×46 = 7.67 > 6.36 cm (OK)

(2) **মুক্ত ব্যবধান** = 6.86-0.8 = 6.06 < 7.5cm (OK)

(3) 6.06 > 3.5cm (OK

# অধ্যায়-৬
## আরসিসি ফুটিং ডিজাইনের নীতিসমূহ (Principles of Designing RCC Footing)

**বিভিন্ন প্রকার ফুটিং-এর তালিকা (List various types of footing)** : ভিত্তি বা ফাউন্ডেশন কাঠামোর সর্বনিম্ন অংশ, যার মাধ্যমে কাঠামোর লোড ভিত্তি তলে স্থানান্তর করা হয়। এটি সুপার স্ট্রীকায় (Supভিত্তি বা ফাউন্ডেশন কেইটা হেসাবে কাজ করে। একে সাব-স্ট্রাকচার (Sub-structure) ও বলে। সুতরাং কাঠামোর নিজস্ব ওজন এবং এর উপরস্থ অন্যান্য ওজনকে মাটির শক্ত স্তরে স্থানান্তর করার জন্য কাঠামোর যে ভূনিম্নস্থ অংশ কংক্রিট ব্লক, পাইল, র‍্যাফট, গ্রিলেজ, ইত্যাদির সমন্বয়ে কৃত্রিমভাবে তৈরি করা হয়, তাকে ভিত্তি বা ফাউন্ডেশন বলে।

কাঠামোর বসন (Settlement) প্রতিরোধ কল্পে কাঠামোর লোডকে মাটির শক্ত স্তরে ব্যাপক এলাকায় ছড়িয়ে দিতে হবে। যাতে মাটির ভারবহন ক্ষমতা দ্বারা বসনকে প্রতিরোধ করা সম্ভব হয়। এ উদ্দেশ্যে ভিত্তির সর্বনিম্ন অংশকে ধাপে ধাপে বৃদ্ধি করে প্রশস্ত করা হয়। এ অংশকে ফুটিং বলে। অধিক লোড আরোপিত হলে ফুটিংকে আরসিসি-এর তৈরি করা হয়।

ভিত্তি বা ফাউন্ডেশনকে প্রধানত দুই ভাগে ভাগ করা হয়, যথা-

(ক) গভীর ভিত্তি (Deep foundation)

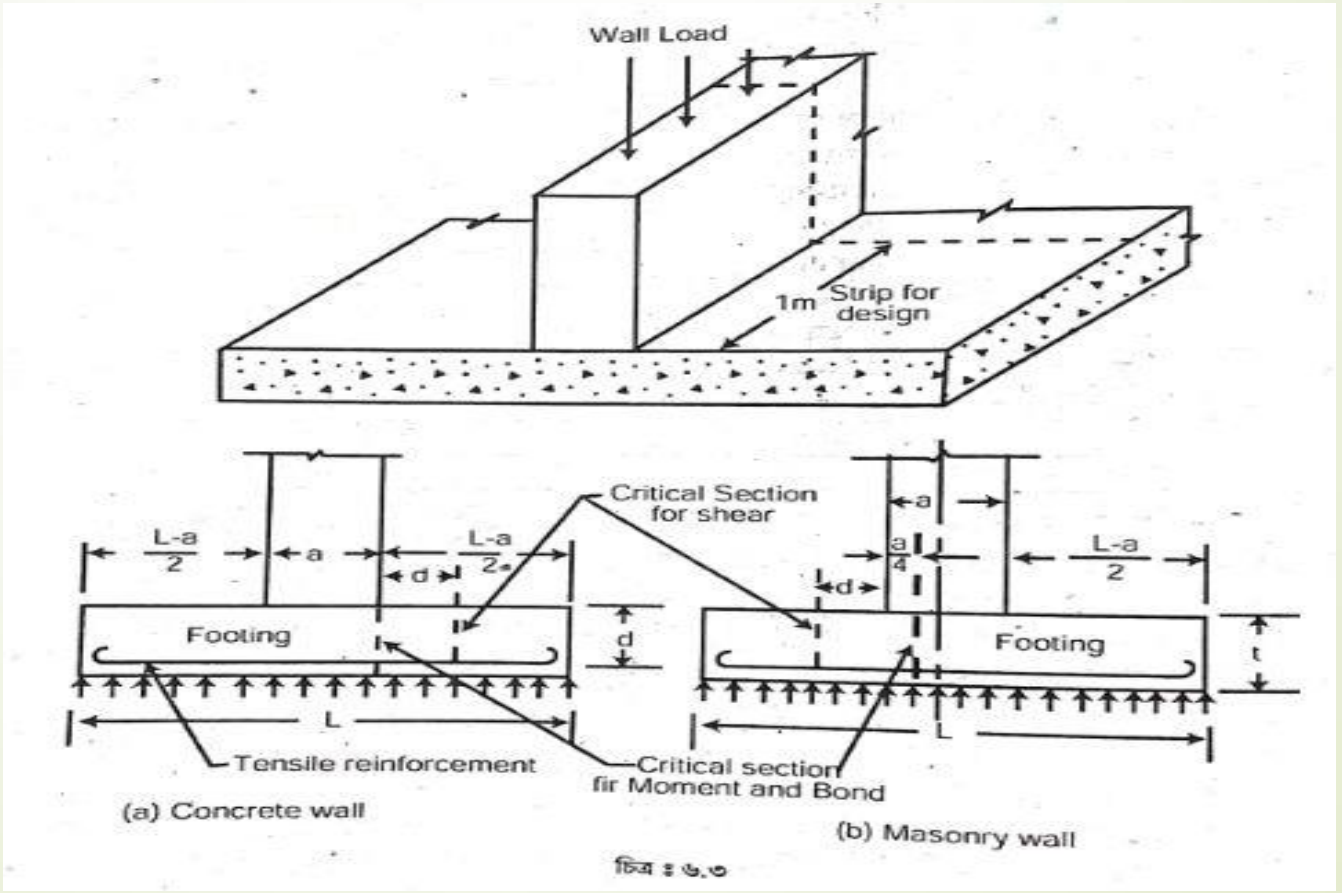
( খ) অগভীর ভিত্তি (Shallow foundation)

## ৬.২ কংক্রিট এবং ইটের দেয়াল ফুটিং-এর মোমেন্ট, শিয়ার এবং বন্ডের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন (Describe the critical section for moment, shear and bond of brick wall footing and concrete wall footing) :

i ) কংক্রিট এবং ম্যাসনরি দেয়াল (ইটের) এর ক্ষেত্রে শিয়ারের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন, দেয়াল পৃষ্ঠ (Wall face) থেকে d দূরত্বে ধরা হয়। এখানে, d = ফুটিং এর কার্যকরী গভীরতা

(ii) কংক্রিট দেয়ালের ফুটিং-এর ক্ষেত্রে বেন্ডিং মোমেন্ট এবং বন্ডের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন ওয়াল পৃষ্ঠ (face) বরাবর ধরা হয়।

(iii) ম্যাসনরি (ইটের) দেয়ালের ফুটিং-এর ক্ষেত্রে বেন্ডিং মোমেন্ট এবং বন্ডের জন্য ক্রিটিক্যাল সেকশন ওয়াল পৃষ্ঠ থেকেওয়ালের একচতুর্থাংশ ($\frac{a}{4}$) ভিতরে ধরা হয়। এখানে, a = দেয়ালের পুরুত্ব।



চিত্র : ৬.৩

উদাহরণ ৬.২। 25 সেমি প্রস্থের একটি ইটের দেয়ালের প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যে এর ফুটিং এর উপর 20,000 কেজি লোড আরোপিত হয়। মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতা 15000 kg/m², f'c = 200 kg/cm², fs = 1400 kg/cm², n = 10, $v_c$ = 4.2kg/cm² এবং υ = 18kg/cm² হলে দেয়ালটির জন্য একটি আরসিসি ফুটিং ডিজাইন কর। [বাকাশিবো-২০১৯]

সমাধান :

ধাপ-১: লোড নির্ণয় (Load calculation) :

| | |
|---|---|
| আরোপিত লোড | = 20,000 kg/m |
| নিজস্ব ওজন (8%) | = 1600 kg/m |
| মোট লোড, W | = 21600 kg/m |

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

ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল, $A = \frac{\text{মোট লোড}}{\text{মাটির ভারবহন ক্ষমতা}} = \frac{21600}{15000} = 1.44\ m^2$..

ফুটিং-এর চওড়া, $L = \frac{1.44}{1} = 1.44\ m$

প্রতি মিটার চওড়ার জন্য মাটির ঊর্ধ্বমুখী চাপ, $w = \frac{20000}{1.44} = 13888.89\ kg/m$

## ধাপ-৩: সর্বোচ্চ বেন্ডিং মোমেন্ট (Maximum bm)

$$M = \left(\frac{L-a}{2} + \frac{a}{4}\right)^2 \times \frac{W}{2}$$

$$= \left\{\frac{1.44-0.25}{2} + \frac{0.25}{4}\right\}^2 \times \frac{13888.89}{2} = 3002.13\ kg\text{-}m = 300213\ kg\text{-}cm$$

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

$f_c = 0.45 \times f'_c = 0.45 \times 200 = 90\ kg/cm^2$

(i) বেন্ডিং মোমেন্ট সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা, $d_M = \sqrt{\frac{M}{Rb}}$

$$= \sqrt{\frac{300213}{15.27 \times 100}} = 14\ cm$$

(ii)V শিয়ার পীড়ন সাপেক্ষে কার্যকরী গভীরতা, $d_v = \frac{V_v}{V_c\, b}$

এখানে, Vv = ওয়াল ফেস থেকে 'এ' দূরত্বে শিয়ার ফোর্স,

$$= \{\frac{L - a}{2} - dv\} \times w = (\frac{1.44-0.25}{2} - \frac{dv}{100}) \times 13888.89$$

$$= (0.595 - 0.01dv) \times 13888.89\ kg$$

$$dv = \frac{(0.595 - 0.01dv) \times 13888.89}{4.2 \times 100}$$

বা, $420\ dv = \frac{8263.89}{558.89} = 14.78\ cm = 15\ cm$ $dv = 15\ cm > d_M$

সুতরাং কার্যকরী গভীরতা, $d = 15\ cm$

16 mm ব্যাসের রড ব্যবহার করলে মোট গভীরতা,

$$t = d = \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2} + \text{কভারিং} = 15 + \frac{1.6}{2} + 7.5 = 23.3\ cm$$

ধাপ-৫: টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফল : $As = \frac{M}{fsjd} = \frac{300\ 213}{1400 \times 0.87 \times 15} = 16.43\ cm^2$

16 mm ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল, $as = 0.785 \times (1.6)^2 = 2.01\ cm^2$ ..

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times as}{As} = \frac{100 \times 2.01}{16.43} = 12.23\ cm = 12cm\ c/c$

সুতরাং 16 mm ব্যাসের রড 12 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

## ধাপ-৬: বন্ড পীড়ন নিরীক্ষা:

$$\upsilon = \frac{V}{\Sigma.jd}$$

এখানে, $V = \left(\frac{L-a}{2} + \frac{a}{4}\right) \times W = \frac{1.44-0.25}{2} + \frac{0.25}{4} \times 13888.89 = 9131.95$ kg

$\Sigma. = N\pi D = \frac{100}{12} \times \pi \times 1.6 = 41.49$ cm

$\upsilon = \frac{9131.95}{41.89 \times 0.87 \times 15} = 16.70$ kg/cm² < 18 kg/cm² অতএব, নিরাপদ।

## ধাপ-৭: ডিস্ট্রিবিউশন রড:

$A_s' = 0.0025\ bt = 0.0025 \times 100 \times 23.3 = 5.825$ cm²

12 মিমি ব্যাসের রড ব্যবহার করলে,

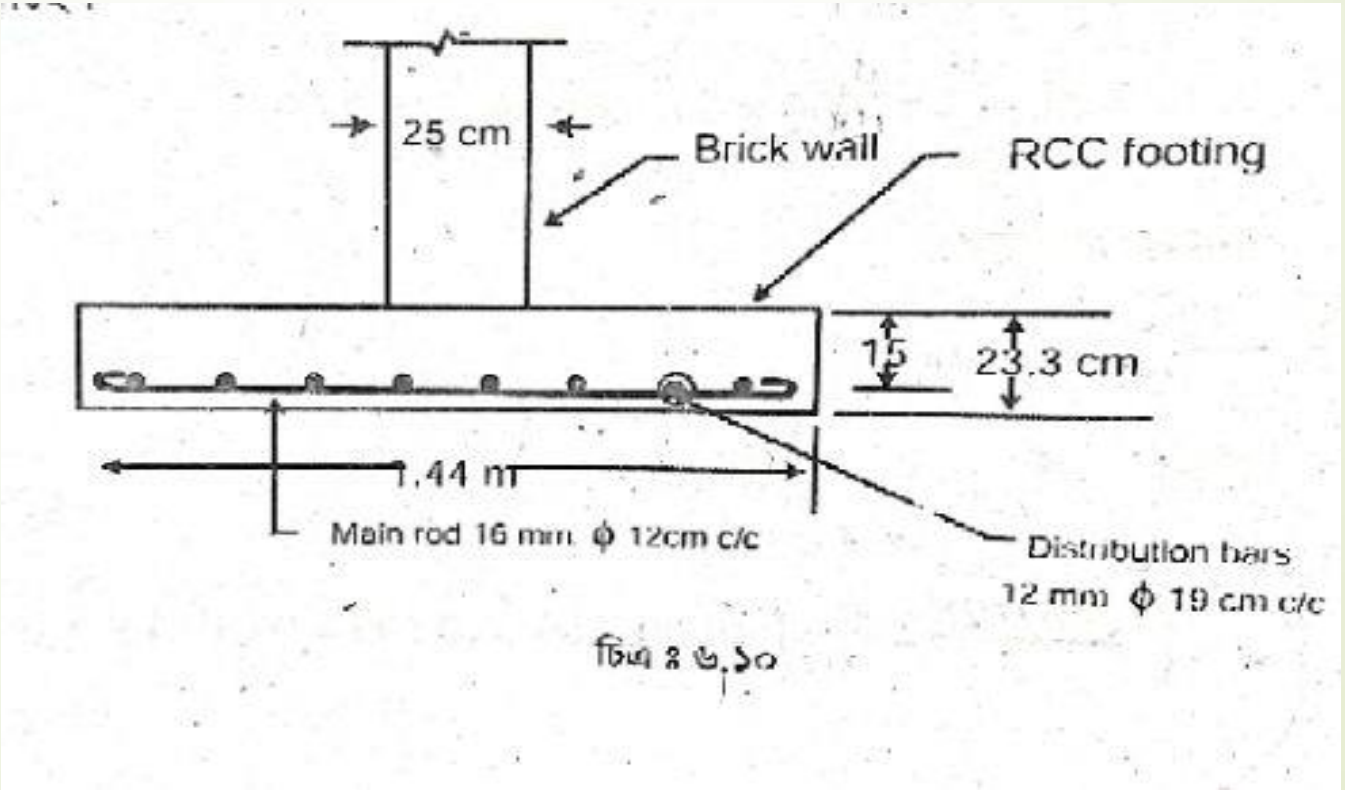
$$S = \frac{100\ a_s}{A_s} = \frac{100 \times .785 \times (1.2)^2}{5.825} = 19.39 \text{ cm } 19 \text{ cm c/c}$$

সুতরাং 12 mm ব্যাসের রড 19 cm c/c ব্যবধানে বসবে।

## ধাপ-৮: নিজস্ব ওজন যাচাই:

ফুটিং-এর নিজস্ব ওজন = $1.44 \times 1 \times \frac{23.3}{100} \times 2400 = 805.25$ kg <1600 kg

সুতরাং ডিজাইন ঠিক আছে।



চিত্র ঃ ৬.১০

# অধ্যায়-৭
# আরসিসি ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ান ডিজাইনের নীতিসমূহ
# (Principles of Designing RCC Cantilever Retaining Wall)

## ৭.১ বিভিন্ন প্রকার রিটেইনিং ওয়ালের শ্রেণিবিভাগ এবং ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ালের উপাংশ (Descried different types of retaining wall and Deferent component of cantilever retaining wall):

যে সমস্ত ওয়াল নিজস্ব অবস্থানে স্থির থেকে মাটি অথবা অন্য কোনো পদার্থের পার্শ্বচাপ (Lateral thrust) প্রতিরোধ করে যায়। বিটেইনিং ওয়াল বলে। সাধারণত এ ওয়াল এর প্রতিরোধী বল দ্বারা পার্শ্বচাপ প্রতিহত করে। সাধারণত পাহাড়িয়া রাস্তার পার্শ্বে, না বা জলাশয়ের কিনারার ভাঙন প্রতিরোধে, ব্রিজের অ্যাবাটমেন্টের পার্শ্বে ইত্যাদি জায়গায় রিটেইনিং ওয়াল ব্যবহার করা হয়। রিটেইনিং ওয়াল যে সকল পদার্থের পার্শ্বচাপ প্রতিরোধ করে তাকে ব্যাকফিল (Back fill) বলে।

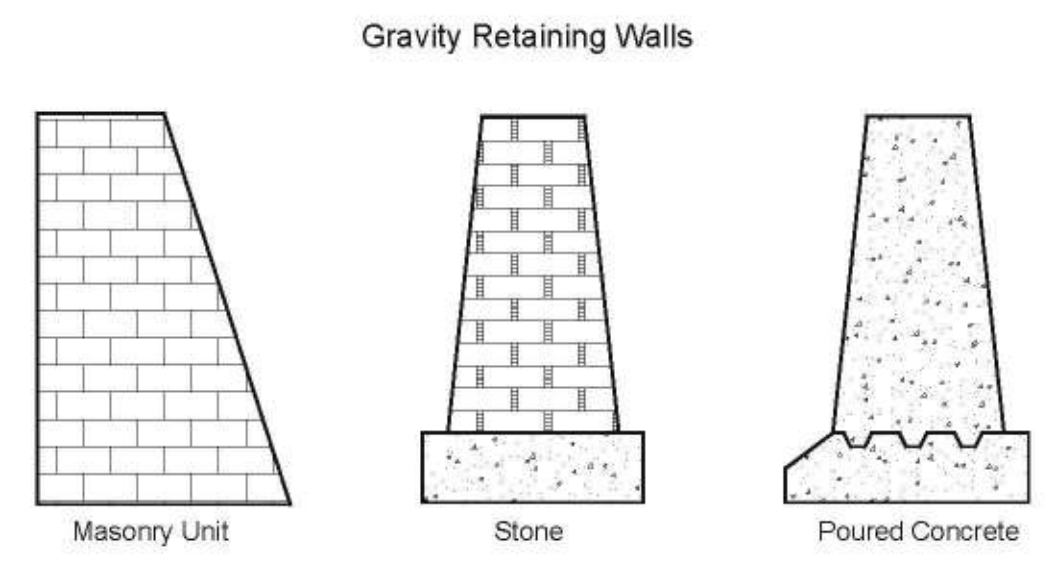
রিটেইনিং ওয়ালকে প্রধানত তিন ভাগে ভাগ করা যায়,

যথা-(i) গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল (Gravity retaining wall)

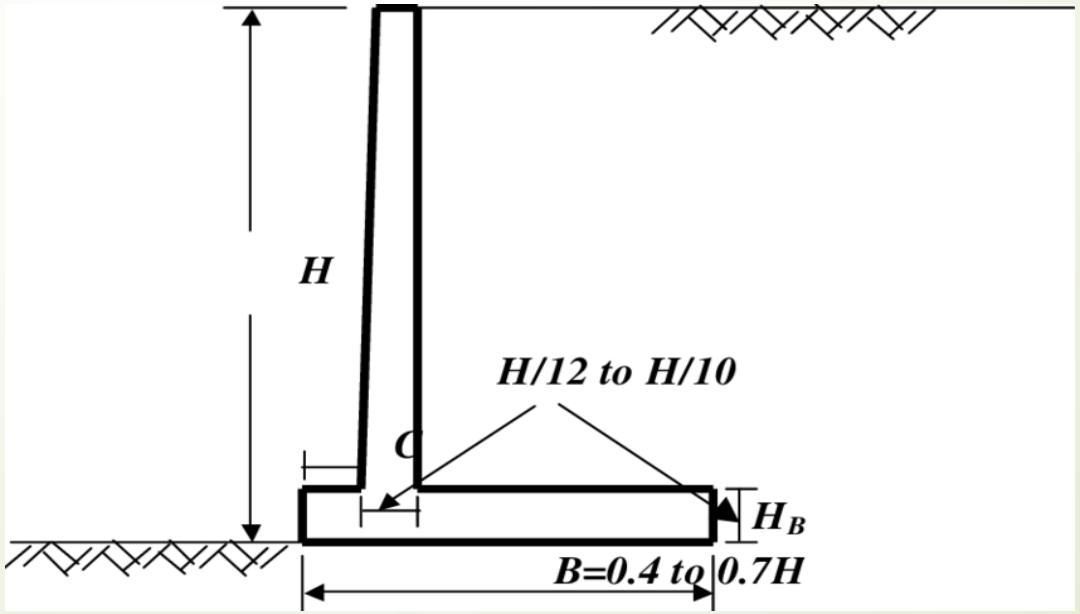
(ii) ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল (Cantilever retaining wall)

(iii) কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল (Counter fort retaining wall)

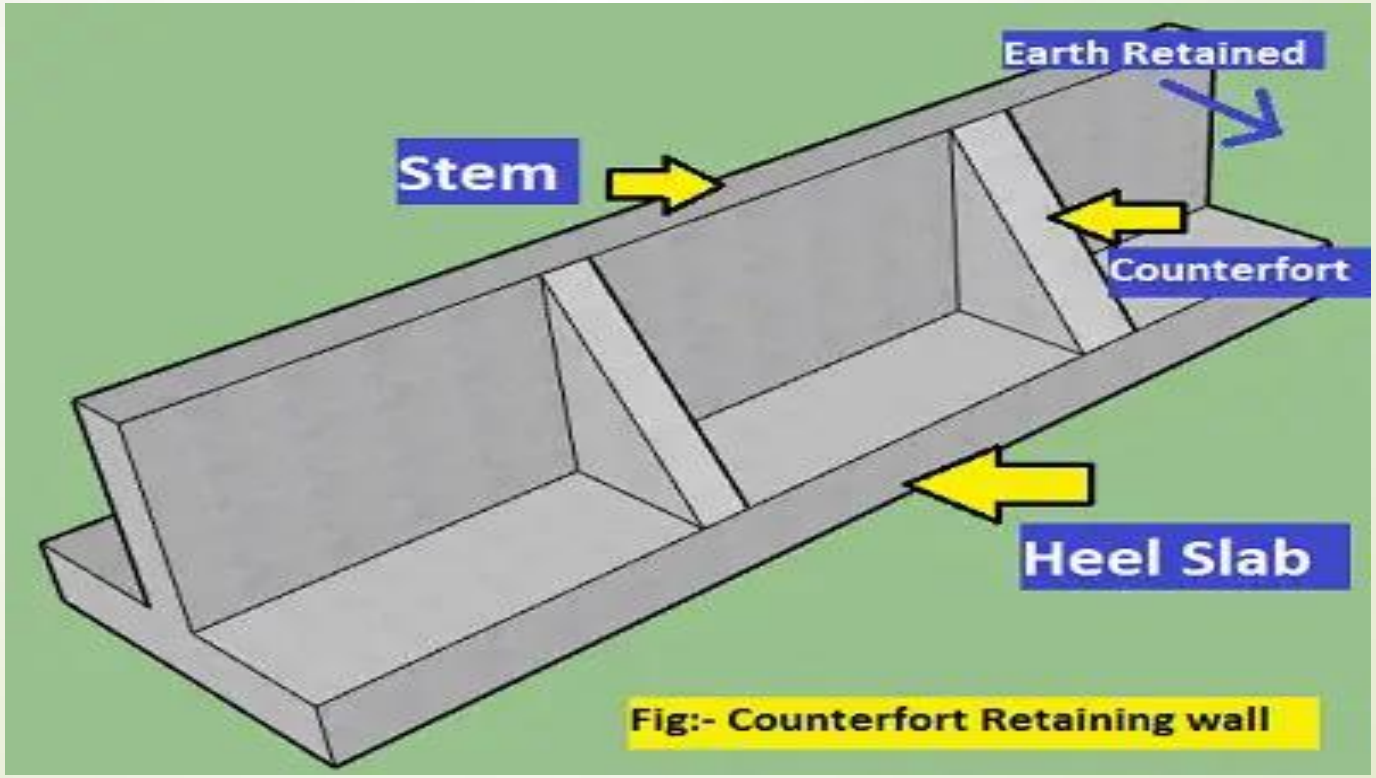
**গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল (Gravity retaining wall) :** যে সমস্ত রিটেইনিং ওয়াল নিজস্ব ওজন দ্বারাইBaপার্শ্বচাপকে প্রতিহত করে, তাদেরকে গ্রাভিটি রিটেইনিং ওয়াল বলে। এ ওয়াল এমনভাবে ডিজাইন করা হয়, যাতে এর নিজস্ব ওজনে ধারণকৃত মাটির পার্শ্বচাপকে সম্পূর্ণরূপে প্রতিহত করতে সক্ষম হয়। সাধারণত স্বল্প উচ্চতার ক্ষেত্রে এ ওয়াল ডিজাইন করা হয়। এটি ব্রিক বা স্টোন ম্যাসনারি দ্বারা নির্মাণ করা হয়। 3 মিটার পর্যন্ত উচ্চতাসম্পন্ন ওয়ালের ক্ষেত্রে এ জাতীয় ওয়াল নির্মাণ করা সাশ্রয়ী হয়। গ্রাভিটি ওয়ালের বেইজের প্রস্থ, ওয়ালের উচ্চতার 0.4 হতে 0.5 [b = (0.4 to 0.5) H] পর্যন্ত রাখা হয়। আর ওয়ালের উপরিভাগের প্রস্থ, বেইজের প্রস্থের 0.25 থেকে 0.33 পর্যন্ত রাখা হয়। এ ওয়ালে কোনো অবস্থাতেই টান পীড়নের সৃষ্টি হতে দেওয়া হয় না।



**ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়াল (Cantilever retaining wall)** ৪এটা আরসিসি দ্বারা উল্টা 'টী' আকৃতির মতো করে নির্মাণ করা হয়। এর দু'টি অংশ থাকে। প্রথম অংশটি উল্লম্ব আরসিসি স্ল্যাব, যাকে স্টেম (Stem) বলে। এটা মাটির পার্শ্বচাপকে প্রতিহত করে এবং মাটিকে যথাস্থানে ধরে রাখে।দ্বিতীয় অংশটি আনুভূমিক আরসিসি স্ল্যাব, যাকে বেইজ স্ল্যাব (Base slab) বলে। বেইজ স্ল্যাবের বাহিরের দিকের অংশকে টো (Toe) এবং অভ্যন্তর ভাগের দিকের প্রসারিত অংশকে হিল (Heel) বলে। বেইজ স্ল্যাবের হিলের উপর অর্পিত মাটির লোড ওয়ালের স্থায়িত্বতা বৃদ্ধি করে। মাঝারি উচ্চতার ক্ষেত্রে এ ওয়াল ডিজাইন করা হয়। এর উচ্চতা 6 বা 7 মিটার পর্যন্ত হয়ে থাকে।



**কাউন্টার ফোর্ট রিটেইনিং ওয়াল (Counter fort retaining wall):**এর গঠনপ্রণালি ক্যান্টিলিভার ওয়ালের অনুরূপ। এ ওয়ালের উচ্চতা 6 থেকে 7 মিটারের বেশি হয়ে থাকে। অধিক উচ্চতাসম্পন্ন খাড়া ওয়ালের (Stem) বেন্ডিং মোমেন্টন্ট হ্রাস করার জন্য ওয়ালের দৈর্ঘ্য বরাবর, ওয়ালের উচ্চতার 15 গুণ বা তার চেয়ে কিছু বেশি দূরত্ব পর পর ত্রিভুজাকৃতির ক্রস-ওয়াল দ্বারা বেইজ প্ল্যাবকে খাড়া প্ল্যাবের সাথে সংযুক্ত করা থাকে। সাধারণত বেশি চাপ প্রতিরোধী হিসাবে এ ধরণের রিটেইনিং ওয়ান ডিজাইন করা হয়।



**স্থিরতা কোণ (Angle of repose):** কোনো সমতল স্থানে আলগা মাটি (Loose soil) বা অনুরূপ কোনো পদার্থ স্ত নীকৃত করে রাখলে এটা স্বাভাবিকভাবে গড়িয়ে স্থিরতা লাত করে এবং নিজেই একটি স্থায়ী স্তূপ (Stable heap) আকার ধারণ করে। আনুভূমিক তলের সাথে স্তূপাকার মাটির পার্শ্বদেশ যে কোণ করে স্থিরতা লাভ করে তাকে স্থিরতা কোণ (Angle of repose) বা সর্বোচ্চ প্রাকৃতিক ঢাল বলে।স্বীকৃত বস্তুAngle of reposeAngle of super স্থিরতা কোণ সাধারণত আন্তঃকণিকার ঘর্ষণ সহগ (Co-efficient of intergranular friction) এর সমান হয় বলে স্থিরতা কোণকে অনেক সময় Angle of internal frictionও বলা হয়। একে দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

সাধারণত মাটির স্থিরতা কোণের মান 33° হতে 42" হয়ে থাকে। অর্থাৎ মাটির ঢাল 1.5।। হয়ে থাকে। বিভিন্ন প্রকার পদার্থের স্থিরতা কোণ '৩' এর মান ভিন্ন হতে পারে। তবে পদার্থের আকার, আকৃতি, আসঞ্জন (Cohesion), আর্দ্রতা ও সংবদ্ধতা (Compactness) ইত্যাদির উপর স্থিরতা কোণ এর মান নির্ভর করে। বাস্তা, বিটেইনিং ওয়াল ইত্যাদি ডিজাইনের ক্ষেত্রে মাটির স্থিরতা কোণের মান অনুযায়ী মাটির পার্শ্বচাপ নির্ণয় করা হয়।

**অ্যাঙ্গেল অব সারচার্জ (Angle of surcharge)** । অতিরিক্ত বোঝা বহনকারী বা সারচার্জড রিটেইনিং ওয়ালের পশ্চাতের ধাকফিল আনুভূমিক রেখার সাথে যে কোণ উৎপন্ন করে তাকে অ্যাঙ্গেল অব সারচার্জ বলে। একে 'এ' দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

**মাটির প্রত্যক্ষ চাপ (Active earth pressure)।** ব্যাকফিল বা ধারণকৃত মাটি থেকে যদি রিটেইনিং ওয়ালকে হঠাৎ সরিয়ে ফেলা বা স্থানচ্যুত করা হয়, তবে রিটেইনিং ওয়ালের সাথে ব্যাকফিলের কিছু অংশ গড়িয়ে পড়বে। রিটেইনিং ওয়ালের উপর উক্ত গড়িয়ে পড়া মাটি বা ব্যাকফিলের পার্শ্বচাপকে মাটির প্রত্যক্ষ চাপ (Active earth pressure) বলে।

**মাটির পরোক্ষ চাপ (Passive earth pressure)** । রিটেইনিং ওয়ালকে যদি ব্যাকফিলের দিকে সরানো বা ঠেলা হয় তবে ব্যাকফিলের কিছু অংশ উপরের দিকে উঠতে চেষ্টা করে। স্বাভাবিক অবস্থায় উক্ত মাটি ওয়ালের উপর যে পরিমাণ পার্শ্বচাপ প্রদানকার, তাকে মাটির পরোক্ষ চাপ (Passive earth pressure) বলে।

**নন-সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল (Non-surcharged retaining wall) :** রিটেইনিং ওয়াল দ্বারা আবদ্ধ মাটির উচ্চতা যদি ওয়ালের উপরিভাগের সাথে আনুভূমিক অবস্থানে থাকে, তবে এ ওয়ালকে
নন-সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল বলে।

**সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল (Surcharged retaining wall) :** রিটেইনিং ওয়াল দ্বারা আবদ্ধ মাটির উচ্চতা যদি ওয়ালের উপরিভাগ বরাবর আনুভূমিক অবস্থায় না থেকে হেলানো অবস্থায় থাকে, তবে তাকে সারচার্জড রিটেইনিং ওয়াল বলে।

**রিটেইনিং ওয়াল ব্যর্থ হওয়ার উপরোক্ত কারণসমূহ প্রতিরোধের শর্ত।**

**(ক) উল্টানোর প্রবণতা মুক্ত হওয়ার শর্ত:** রিটেইনিং ওয়ালের উপর প্রযুক্তমাটির পার্শ্বচাশের ফলে সৃষ্ট মোমেন্টের প্রভাবে 'টো' প্রান্ত উল্টে যেতে চায়। অপরদিকে, ওয়ালের ওজন এবং হিল প্ল্যাবের উপরস্থ মাটির ওয়ন ওভারটানিং। মোমেন্টকে প্রতিরোধ করে। সুতরাং রিটেইনিং ওয়ালের টো প্রান্তে ভূমিতলের সাপেক্ষে পার্শ্বচাপজনিত ওভারটার্নিং মোমেন্ট, ওয়ালের ভরকেন্দ্র দিয়ে অতিক্রান্ত উল্লম্ব বা খাড়া বলের মোমেন্ট অপেক্ষা বেশি হলে ওয়ালের বহিঃপ্রান্তে উল্টে যেতে পারে। মাটির পার্শ্বচাপের মোমেন্টকে ওভারটার্নিং মোমেন্ট এবং খাড়া বা উল্লম্ব বলের মোমেন্টকে প্রতিরোধী মোমেন্ট (Resisting moment) বলে। প্রতিরোধী মোমেন্টকে ওভারটার্নিং মোমেন্ট দ্বারা ভাগ করলে প্রাপ্ত ফলকে নিরাপদ সহগ (Factue of safety) বলে। স্থিতিশীলতার জন্য এর মান দুই বা দুইয়ের কম হবে না। শর্তানুসারে, =

$$\frac{\text{প্রতিরোধী মোমেন্ট}}{\text{ওভারটানিং মোমেন্য}} = \frac{M_R}{Mo} > 2 \text{ হবে।}$$

উল্লেখিত মোমেন্টষয়ের অনুপাত দুই এর কম হলে ওয়ালের স্থিতিশীলতার জন্য টো অথবা হিলকে প্রসারিত

**(খ) ওয়াল পিছলিয়ে যাওয়ার (Sliding) প্রবণতা যুক্ত হওয়ার শর্তঃ** রিটেইনিং ওয়ালের উপর আপতিত মাটির পার্শ্বচাপ সেটিকে বাহিরের দিকে স্থানচ্যুত করতে চেষ্টা করে। এ বলকে স্লাইডিং ফোর্স বলে। ভিত্তির মাটির ঘর্ষণ সহগ (Coefficas of friction) এবং ওয়ালের নিজস্ব ওজনের প্রভাবে গ্লাইডিং ফোর্সকে প্রতিহত করে। রিটেইনিং ওয়ালের নিজস্ব ওজনের সাথে মাটির ঘর্ষণ সহণ গুণ করলে যে বল পাওয়া যায়, তাকে প্রতিরোধী (Resisting) বল বলে। আর প্রতিরোধী বল এবং গ্লাইডিং ফোর্সেরভাগফলকে নিরাপদ সহণ বলে। ওয়ালের স্থিতিশীলতার ক্ষেত্রে নিরাপদ সহণের মান ।.5. বা তার কম হবে না।

শর্তানুসারে, নিরাপদ সহগ = $\frac{\text{প্রতিরোধী বল}}{\text{স্লাইডিং ফোর্স}} = \frac{F}{P} = \frac{\mu W}{P} > 1.5$ হবে

যদি নিরাপদ সহগের মান 1.5 এর কম হয়, তবে ওয়ালের ওজন বৃদ্ধি করতে হবে অর্থাৎ তী (Key) নির্মাণ করতে হবে।

**(গ) অসম বসন মুক্ত হওয়ার শর্ত:** রিটেইনিং ওয়ালের উপর মাটির পার্শ্বচাপ ও ওয়ালের নিজস্ব ওজনের জন্য বেইজের গলায় বা ফাউন্ডেশন বেডে উৎপন্ন পীড়ন, মাটির ভারবহন ক্ষমতা অপেক্ষা বেশি হলে ক্রমান্বয়ে ওয়াল নিচে বলে যেতে পারে। ফলেওয়ালে অসম বসনের কারণে ফাটলের সৃষ্টি হবে। অতএব, রিটেইনিং ওয়ালের বিভিন্ন অংশের পরিমাপ একপে নির্ধারণ করা উচিত যাতে ফাউন্ডেশন বেডের উপর প্রযুক্ত চাপ মাটির নিরাপদ ভারবহন ক্ষমতার কম থাকে।ডিজাইনের সময় যদি মাটির ভারবহন ক্ষমতার চেয়ে বেশি চাপ আসে সেক্ষেত্রে ওয়ালের নিম্নভাগের চওড়া বা গ্রন্থ বৃদ্ধি করতে হয়।

**মধ্য তৃতীয়াংশ সূত্র (Middle third law) :** রিটেইনিং ওয়ালের প্রস্থচ্ছেদ বা আকার-আকৃতি এমন হওয়া উচিত যাতে মাটপার্শ্বচাপ (P) এবং মাটিসহ ওয়ালের মোট ওজন (w) এর লব্ধি বল (R) ওয়ালের বেইজের মধ্য তৃতীয়াংশ দিয়ে অতিক্রম করে। ওয়ালের তলদেশের প্রন্থকে সমান তিনভাগে ভাগ করলে উভয় পার্শ্বের তৃতীয়াংশকে বহিস্থ তৃতীয়াংশ এবং মধ্যকার তৃতীয়াংশকে মধ্য তৃতীয়াংশ বলে।

**উদাহরণ-৭.৯। নিম্নের তথ্যাদির সাহায্যে আরসিসি ক্যান্টিলিভার রিটেইনিং ওয়ালের স্টেমের পাদদেশের গভীরতা ও লোহার পরিমাণ নির্ণয় কর। স্টেমের উচ্চতা 3.5 মিটার।**

[বাকাশিবো-২০০৫, ০৯, ১২।

তথ্যাদি : মাটির একক ওজন w = 1600 kg/m³, f'c= 210 kg/cm². fs = 1400 kg/cm², n = 9 0 = 30°,বেইজ (Base) এর চওড়া ও পুরুত্ব যথাক্রমে 3.0 মিটার ও 0.50 মিটার।

**ধাপ-1: চাপ নির্ণয় :** স্ল্যাবের 1 মিটার দৈর্ঘ্যের একটি স্ট্রিপ বিবেচনা করি।

মাটির পার্শ্বচাপ $P = \frac{wh^2}{3} = \frac{1600 \times (3.5)^2}{3} \times \frac{1-\sin 30°,}{1+\sin 30°,} = 3266.67$ kg

**ধাপ-২: বেন্ডিং মোমেন্ট নির্ণয়ঃ**

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

অর্থাৎ, পার্শ্বচাপের ক্রিয়া রেখার দূরত্ব = $\frac{3.5}{3}$ = 1.17 m.. স্টেমের পাদদেশের সাপেক্ষে বেন্ডিং

মোমেন্ট, $M = P \times \frac{h}{3} = 3266.67 \times 1.17 = 3822$kg-m = 382200kg-cm.

## ধাপ-৩: স্টেমের পাদদেশের গভীরতা নির্ণয়ঃ

খাড়া স্ল্যাব অর্থাৎ স্টেমের পাদদেশের আনুমানিক পরিমাপ,পাদদেশের পুরুত্ব $\frac{h}{15}$ থেকে $\frac{h}{10}$ পর্যন্ত

ধরি, $t = \frac{h}{3} = \frac{3.5 \times 100}{10} = 35$ cm

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

$$= \sqrt{\frac{382200}{15.55 \times 100}} = 15.67 \text{ cm}$$

16 মিমি ব্যাসের রড এবং মুক্ত কভারিং 7.5 সেমি ধরলে

মোট গভীরতা ,$t = d + \frac{\text{রডের ব্যাস}}{2}$ + মুক্ত কভারিং = 15.67+ +7.5 = 23.97 cm < 35 cm

প্ল্যাবের কার্যকরী গভীরতা, $d = 35 - \frac{1.6}{2} - 7.5 = 26.7$ cm

## ধাপ-৪: টেনসাইল রডের ক্ষেত্রফলঃ

$$As = \frac{M}{fsjd} = \frac{382200}{1400 \times 0.875 \times 26.7} = 11.68\ cm^2$$

16 mm ব্যাসের রডের ক্ষেত্রফল, $as = 0.785 \times (1.6)^2 = 2.01\ cm^2$ ..

ব্যবধান, $S = \frac{100 \times as}{As} = \frac{100 \times 2.01}{11.68} = 17.97\ cm = 17\ cm\ c/c$

সুতরাং 16 mm ব্যাসের রড 17 cm c/c ব্যবধানে বসাতে হবে।

# অধ্যায়-৮
## প্রিস্ট্রেসড কংক্রিটের ধারণা (Concept of Pre-stressed Concrete)

**৮.১ প্রিস্ট্রেসড কংক্রিটের সংজ্ঞা (Define pre-stressed concrete) :** কাঠামো ডিজাইনারদের সব সময় লক্ষ থাকে কীভাবে কম খরচে কাঠামো নির্মাণ করা যায়। কারণ কাঠামোর আকার যত কম রাখা যাবে, ততই নিজস্ব ওজন কম হবে। ফলে নির্মাণসামগ্রী কম লাগবে এবং খরচও কম হবে। তাই আধুনিক কাঠামো ডিজাইনারগণ আরসিসি কাঠামোর ক্ষেত্রে উচ্চ ক্ষমতাসম্পন্ন নির্মাণসামগ্রী ব্যবহার করে অধিকতর মিতব্যয়ী কাঠামো নির্মাণ করতে ইচ্ছুক। কিন্তু প্রচলিত পদ্ধতিতে, চিত্র থেকে দেখা যায়, বিমে চাপ ও টান এলাকায় বিভক্ত। চাপ 1 এলাকা, যা কংক্রিট কর্তৃক প্রতিরোধক্ষমের পরিমাণ প্রায় অংশ। টান এলাকায় যে কংক্রিট 3 ব্যবহৃত হয় মূলত তা কোনো কাজে আসে না। এ কারণে বিমের মধ্যে এমনভাবে বলএমনভাবে বল প্রয়োগ করা হয় যেন মেম্বারের সমস্ত কংক্রিটই বেন্ডিং পীড়নে প্রতিরোধক্ষম হয়

## ৮.৫ পূর্বে টান প্রয়োগ করে প্রিস্ট্রেসিং পদ্ধতি (Describe the procedure-of pre-stressing the পূর্বে টান প্রয়োগ পদ্ধতি ঃ

এ পদ্ধতিতে প্রথমে টেনডনকে ঢালাইকৃত স্থানে স্থাপন করে জ্যাক এবং অ্যাংকরেজের সাহসে প্রয়োজনে মাত্রা টানা হয়। স্থানে পার্শ্বে দুটি অধিক শক্তি বহনক্ষম অ্যাবাটমেন্ট থাকে।ভার বাধ্যমে রডে ইন প্রয়োজনীয় মাত্রায় টানা হয়। চালাইকৃত স্থানে দুইনর চার পার্শ্বে ফর্মওয়ার্ক এবং অন্যান্য রিইনফোর্সমেন্ট (ডিস্ট্রিবিউশন বার অথব স্টিরাপ ইত্যাদি) কে যথাস্থানে স্থাপন করতে হয়। ফর্মওয়ার্কের অভ্যন্তরে কংক্রিট স্থাপন করে ভালোভাবে দৃঢ়াবদ্ধ করা হয়। কিউরিং করার পরে কংক্রিট প্রয়োজনীয় শক্তি অর্জ না করা পর্যন্ত একইভাবে রাখা হয়।

কংক্রিট যখন তার পূর্ণ শক্তি অর্জন করে তখন অ্যাবাটমেন্ট থেকে রড বা টেনডনকে মুক্ত করা হয়। এ অবস্থায় কংক্রিটে যে পূর্ব চাপ প্রয়োগ করা হবে, যা কংক্রিটের অভ্যন্তরে প্রতিরোধক্ষম চাপ বলের সমান। এ পদ্ধতিয়ে সাধারণভাবে স্থাপিত স্ল্যাব, বিম, ফেঞ্চ পোস্ট (Finch post-বেড়ার খুঁটি), ইত্যাদি নির্মাণ করা হয়।

## ৮.৭ বাংলাদেশে প্রিস্ট্রেসড কংক্রিটের ব্যবহার (Mention the uses of prestressed concrete in Bangladesh) 8 End plate

বাংলাদেশে প্রিস্ট্রেসড কংক্রিটের ব্যবহার সীমিত। কিছু কিছু সেতু (Bridge) যেগুলো বিদেশি দাতা দেশের সাথে যৌথভাবে নির্মিত সেগুলোতে প্রিস্ট্রেসড কংক্রিট ব্যবহৃত হয়েছে। যেমন- বুড়িগঙ্গা নদীর উপর চীন মৈত্রী সেতু, মেঘনা সেতু, দাউদকান্দী সেতু, বাঘাবাড়ী সেতু, ময়মনসিংহে ব্রহ্মপুত্র নদের উপর সেতু ইত্যাদি। তা ছাড়াও ছোটোখাটো ব্রিজেও আজকাল প্রিস্ট্রেসড কংক্রিটের ব্যবহার লক্ষ করা যায়। বর্তমানে বিদ্যুৎ উন্নয়ন বোর্ডের (PDB) ইলেকট্রিক পোস্ট তৈরি করতে আরিচাতে এ পদ্ধতি অনুসরণ করা হয়। এ ছাড়াও মিরপুরে গণপূর্ত বিভাগও (PWD) এ পদ্ধতিতে বিভিন্ন কাজ করে থাকে।

# অধ্যায়-৯

## ৯.১ নিম্নের কাঠামোগুলোর রিইনফোর্সমেন্টের অবস্থান ব্যাখ্যা (Explain the reinforcement placement of the following structures) :

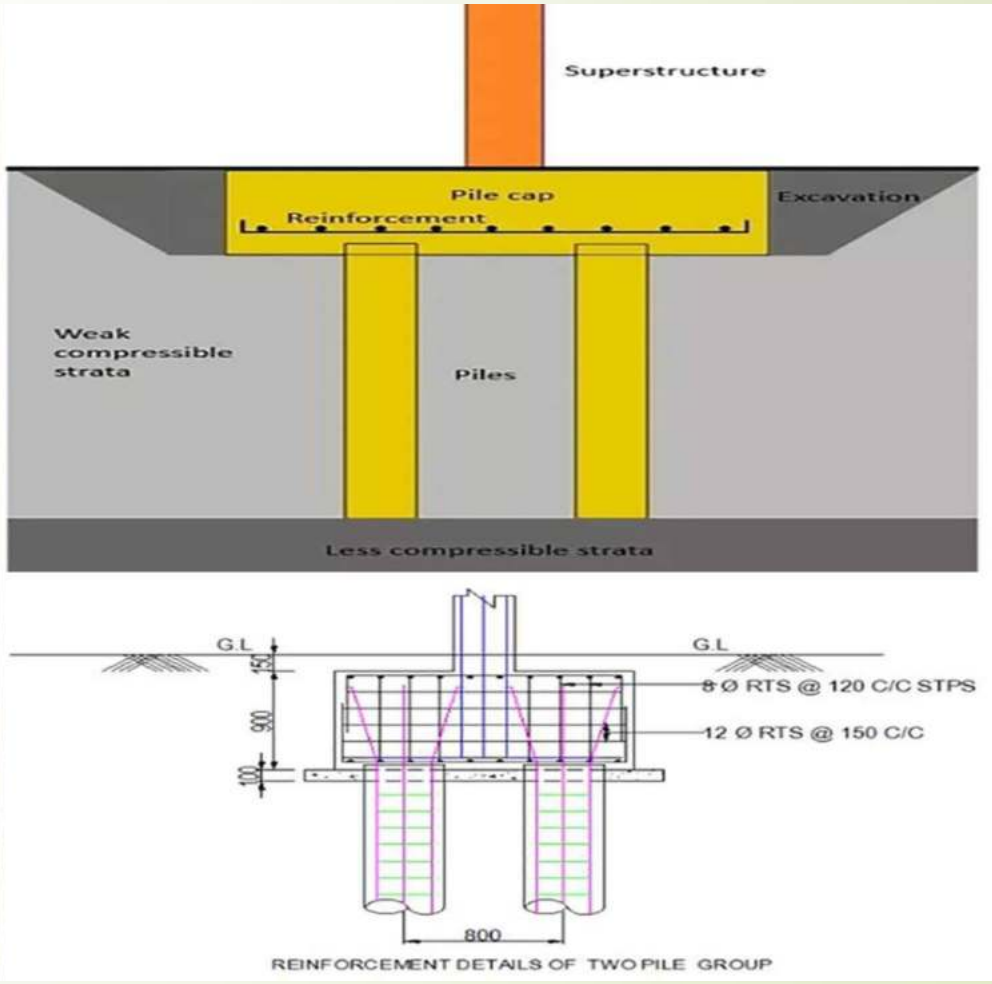
কোনো দালান বা কাঠামোর তলদেশস্থ সমগ্র এলাকাব্যাপী যে বৃহৎ গযুক্ত ফুটিং নির্মাণ করা হয়, তাকে র্যাফট বা ম্যাট ফাউন্ডেশন বলা হয়। যখন কাঠামোর তলদেশের মাটির ভারবহন ক্ষমতা খুবই কম এবং কাঠামোর কলামের ব্যবধান অল্প ও সমদূরত্বের হলে তখন র্যাফট ফাউন্ডেশন সুবিধাজনক। অথবা কাঠামোর নিম্নস্থ মাটির ভারবহন ক্ষমতা কম হওয়ার ফলে স্বতন্ত্র স্প্রেড ফুটিং নির্মাণের জন্য পর্যাপ্ত ক্ষেত্রফল পাওয়া যায় না বা স্বতন্ত্র ফুটিং এর প্রয়োজনীয় ছেফেল অন্যটির খুব কাছাকাছি অবস্থান করে বা একটির উপর অন্যটি পতিত হলে বা স্বতন্ত্র কলাম ফুটিং-এর ক্ষেত্রফল কাঠামোর নিমুস্থ তলদেশের 50% এর অধিক জায়গা দখল করলে সে সকল ক্ষেত্রে র্যাফট ফাউন্ডেশন ডিজাইনে আর্থিক সাশ্রয় হয়। তা ছাড়াও চালান বা কাঠামোর নিম্নস্থ মাটি অসামঞ্জস্যপূর্ণভাবে বসে যাওয়ার সম্ভাবনা দেখা দিলে এই জাতীয় ফাউন্ডেশন প্রদান করা হয়।

র্যাফট বা ম্যাট ফাউন্ডেশনকে ফ্লাট স্ল্যাবের মতোই ডিজাইন করা হয়। যদি র্যাফটের উপরস্থ স্বতন্ত্র কলামসমূহের অথবা ওয়ালসমূহের লোডের ভরকেন্দ্র এবং র্যাফটের ভরকেন্দ্র যদি এক বিন্দুতে মিলিত হয়, তবে মোট নিম্নমুখী লোডকে র্যাফটের ক্ষেত্রফল দিয়ে ভাগ করে নির্ণীত একক চাপকে র্যাফটের উপর সমভাবে বিস্তৃত ঊর্ধ্বমুখী চাপ হিসাবে বিবেচনা করা হয়। এই ঊর্ধ্বমুখী চাপকে সমভাবে বিস্তৃত লোড হিসাবে ধরে সমপুরুত্বের ইনভার্টেড ফ্লাট স্ল্যাবে ডিজাইন করা হয়।

**কম্বাইন্ড ফুটিং :** দু'টি কলামকে সাপোর্ট প্রদান করার জন্য কম্বাইন্ড ফুটিং ব্যবহার করা হয়। যখন কলাম দু'টি খুব কাছাকাছি হয় এবং তাদের ফুটিং অভারল্যাপ (Overlap) করলে অথবা মাটির ভারবহন ক্ষমতা কম হলে অর্থাৎ স্বতন্ত্র কলাম ফুটিং এর জন্য বেশি জায়গার প্রয়োজন হলে অথবা কলাম প্রান্ত সীমানা রেখায় পড়ার ফলে ফুটিংকে সীমানা রেখার দিকে বর্ধিত করারসুযোগ না থাকলে, সে সকল ক্ষেত্রে এই ফুটিং প্রদান করা হয়। কম্বাইন্ড ফুটিং আয়তাকার বা ট্রাপিজয়ডাল হতে পারে। সুষমভাবে লোড বণ্টন করাই হলো এই ফুটিং এর উদ্দেশ্য। এই জন্য দুইটি কলাম লোডের ভরকেন্দ্র এবং ফুটিং এর ক্ষেত্রফলের ভরকেন্দ্র একই রেখা বরাবর ক্রিয়া করাতে হবে। যদি বাহিরের কলাম সীমানা বরাবর হয় এবং অধিক লোড বহন করে, তখন আয়তাকার ফুটিং প্রদান করা সুবিধাজনক। নিম্নে কম্বাইন্ড ফুটিং এর রিইনফোর্সমেন্ট দেখানো হলো :

construnote

# PILE AND PILE CAP




REINFORCEMENT DETAILS OF TWO PILE GROUP