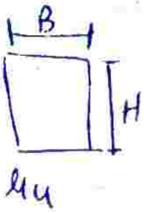
Design

Known Beam dimensions



↓ calculate the required reinforcement

↓

- **Force Equili. and Nominal Strength**
- **Reinforcement ratio and Nominal Strength**

$$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' B}$$

$$M_u = \phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

- بنحل يا إما نعوض a بالمعادلة
- يا assumption
  - ↳ $a \simeq \frac{d}{3}$ → بنعوضها بالمعادلة Mu
  - ↳ بنحل بـ a check
  - ↳ نستنتج As
- ← نعوض بدل $A_s \rightarrow \rho b d$ بالمعادلة الأولى

Unknown Beam dimensions

Mu ↓ المطلوب ρ, A, B, H

↓ ~~Known Bea~~

set the reinforcement ratio

economic reinforcement ← $0.5\rho_{max} < \rho < 0.75\rho_{max}$

↓

$$\frac{M_u}{\phi b d^2} = \rho f_y \left(1 - 0.59 * \frac{\rho f_y}{f_c'}\right)$$

هاي تشبه الـ stress من الـ Analysis

هاي بنفرضها 0.9

$bd^2 = \square$

↓

Find an adequate section (B, d)

← $d = [1.5 \rightarrow 3] B$

بنفرض مثلاً إنه $d = 2B$ وبنعوض فيها وبنقربها لأقرب 5cm

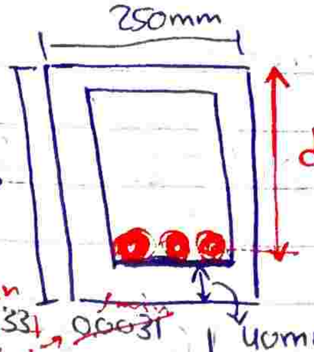
$$M_u = \phi M_n = \phi \rho f_y B d^2 \left(1 - 0.59 \frac{\rho f_y}{f_c'}\right)$$

Using design Aids on ItC

Example: $M_u = 120$ kN.m

$f'_c = 28$ MPa

$f_y = 420$ MPa



Design Aids:- TABLE A.4

f'_c	B_1	$\rho_{0.005}$	$\rho_{0.004}$	ρ_{min}
28	0.85	0.0181	0.0206	0.00333 , ~~0.0031~~

ناخذ الأكبر

- y_d : بعد سنتر البار عن الحافة السفلية $= 40 + 10 + 8 = 58$ mm
- $d = H - d_y = 500 - 58 = 442$ mm

Assume $d = 16$ mm
- depth channel (Strabs) = 10mm
- $\phi = 0.9$

① iterations:- a → As → Check a

a assume $= \frac{d}{3} = \frac{442}{3} \approx 140$ mm

[1] $M_u = \phi A_s f_y (d - a/2) \Rightarrow 120 \times 10^6 = 0.9 A_s\, 420 (442 - \frac{140}{2})$

$A_s = 853.3\ mm^2$

- Check a:- $a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c B} = \frac{853.3 \times 420}{0.85 \times 28 \times 250} = 60.2$ mm

[2] $a = 80$ mm

$M_u = \phi A_s f_y (d - a/2) \Rightarrow A_s = 789.7\ mm^2$

- check a:- $a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c B} = 55.7$ mm

بهاد المثال الفرض زبط معنا، ولكن ع ... يزيد السليوشن أو بعد، بنعمل Check → ρ_{max}.

[3] $a = 55$ mm

- $A_s =$ 766 mm^2 → بنعتمدها
- Check a ⇒ $a = 54$ mm

لأنها قريبة ع الفرض عشان هيك بنقبلها

« كل 0.03 بنقبل فرقه »

$A_s = 766$ → بنروح ع Design Aids Table A.2

① 2 ϕ 22
② 4 ϕ 16
③ 6 ϕ 13

← أقرب قيم

بنشوف إذا هاي الخيارات بتوسع بالبيم.

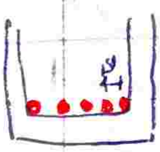
• options :-

⟹ 2∅22 → 2 S' = 250 − 20 − 44 − 80 = 106 > 25 mm ✓

(spaces)

⟹ 4∅16 → 3 S' ⟹ 250 = 80 + 20 + 4×16 + 3 S'

S' = 28.6 > 25 mm ✓



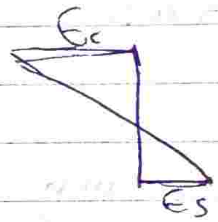
⟹ 6∅13 → 5 S' ⟹ 250 = 80 + 20 + 6×13 + 5 S'

S' = 14.4 ≯ 25 mm ✗

Design Aids بدل هاي ممكن أدرج ع

↳ Table A.7

• Check on ∅ :



$0.004 < \rho < 0.005$

Table A.2

$\rho = \frac{A_s}{Bd} = \frac{796}{250 \times 442} = 0.0072 < \rho_{0.005}$ ✓ أو لسا

↳ ρ_{max}

$> \rho_{min}$

• Check on ϕM_n :-

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} = \frac{796 \times 420}{0.85 \times 28 \times 442} = 56.18$ mm

$\phi M_n = \phi A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$

$= 0.9 \times 796 \times 420 \left(442 - \frac{56.18}{2}\right)$

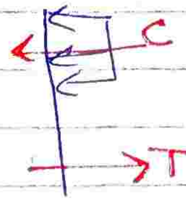
$= 124.5$ kN.m $> M_u$ ✓

Note: $A_s \neq n \times \frac{\pi}{4} (d)^2$

• لانه بكون في فرزات في البارز فبأثر ع قيمة المساحة للبارات

• القيم اللي بتكون بالجداول بتكون مراعية هاد الفرق (الفرق صغير جداً)

* Method 2:-



⇒ $T = C$

- $a = \dfrac{A_s\, f_y}{0.85 f_c'\, B}$
- $\phi M_n = \phi A_s\, f_y \left(d - \dfrac{a}{2}\right)$

⇒ $M_u \le \phi M_n = \phi \rho f_y b d^2 \left(1 - 0.59\, \rho \dfrac{f_y}{f_c'}\right)$

R → 120x10^6

⇒ $\dfrac{M_u}{\phi b d^2} = 2.73\ MPa$ → ! — للطلاب اللي مش فاهمينها بعدنا سوليفي أخر بوزهن عليها

d → 442 شكل الطريقة الأولى

TABLE A.4

β_1	$\rho_{0.005}$ $\epsilon_t = 0.005$	$\rho_{0.004}$ $\epsilon_t = 0.004$	$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$	$\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c'}}{f_y}$
0.85	0.0181	0.0206	0.0033	0.0031

→ Table A.5a →

ρ	$f_y = 420\ MPa$, $f_c' = 28$
0.0065	2.57
0.007	2.76

- $\dfrac{2.76 - 2.57}{0.007 - 0.0065} = \dfrac{2.73 - 2.57}{x - 0.0065}$ ⇐ (0.007, 2.76), (x, 2.73), ((0.0065), (2.57)) — نعمل انتربوليشن هنا للقيمتين.

$x = \rho = 0.00692 > \rho_{min}$

$< \rho_{max}$

- $A_s = \rho d b = 764.7\ mm^2$ (→ 0.00692, → 442, 250)
- $4\phi 15 \rightarrow A_s = 796\ mm^2$
- $\rho = 0.0072$

بنروح ع الجداول وبنطول البارات وقطرها و ρ ← TABLE A.7

TABLE A.5a	ρ	f_y 420 MPa, f_c' 28
0.0072	0.007	2.76
	0.0075	2.94

$R = 2.844\ MPa$ ← ع الانتربوليشن

$R = \dfrac{M_u}{\phi b d^2} = 2.844 \times 0.9 \times 250 \times (442)^2 = 125\ kN.m$

$\phi M_n = 125 > M_u$ OK

→ Example: simply supported Beam

↕ span → 4.5 m

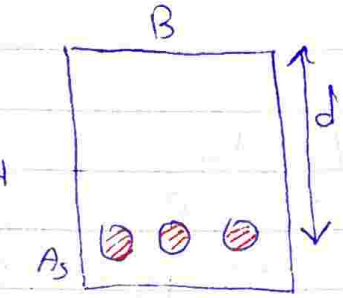
dead load → 20 KN/m

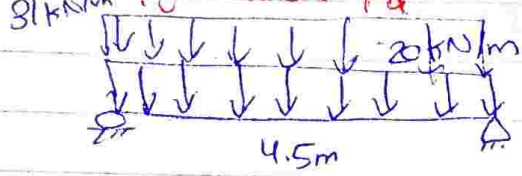
life load → 31 KN/m

$\rho = 0.5\,\rho_{max}$

$f'_c = 28$ MPa

$f_y = 420$ MPa





+ Self weight

1 $M_u = ?$

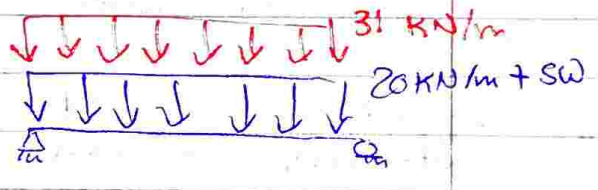
assume

Initial assumptions.

• Table 9.3.1.1 Minimum depth $(H) = \ell/16 = 4.5/16 = 0.3\,m = 300\,mm$

$B = 200\,mm$

• $SW = 1 \times 0.3 \times 0.2 \times \underbrace{\gamma_c}_{24\,KN/m^3} = 1.44 \approx 1.5$



• $W_u = 1.2\,D + 1.6\,L$

$= 1.2(21.5) + 1.6(31)$

$= 75.4\,KN/m$

• Simply supported Beam → $M_u = \frac{wL^2}{8} = \frac{(75.4)(4.5)^2}{8} \approx 191\,KN.m$

• $\rho = 0.5\,\rho_{max} = 0.5 \times \underbrace{0.0206}_{\text{TABLE A.4}} = 0.0103$

TABLE A.5a

• Method 2 : $\rho = 0.0103 \rightarrow R = ??$

ρ	R
0.01	3.83
0.0105	4

$R = 3.93$ MPa

$R = \frac{M_u}{\phi b d^2}$ ($M_u = 191\,KN.m$) $\Rightarrow bd^2 = 54 \times 10^6\,mm^3$

3.93 MPa

↳ If $\rho < \rho_{0.005} \rightarrow \phi = 0.9$

• mostly economical → $d = (1.5 - 3)\,b$

b (mm)	d (mm)	
200	520	→ 2.6 ok ↷ factor
300	425	→ 1.5 ok
400	~~3??~~ 3~~47~~	[illegible]
250 مثلاً	465	

• لما $\frac{d}{b}$ تكون > 1.5 ← بصير البيم ضيق ما بوسع لبارات مناسبة.

• $d > b$

• B → 250 mm

• d ⇒ 465 mm → $H = 465 + 40 + 10 + 10 = 525$
(d, cover, stirrups, diameter of bar) mm

نقربها لأقرب

• Check S.W =

⇓

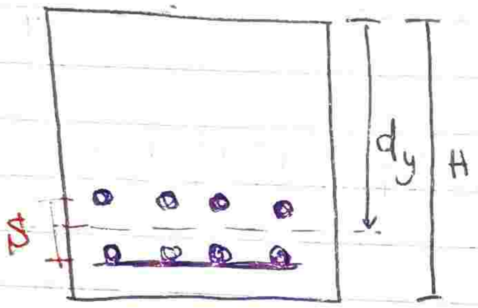
set to ⇒ B = 250 mm
H = 550 mm

S.W = 3.4 KN/m

• $M_u = \frac{(77.7) * (4.5)^2}{8} = 197$ KN.m

$77.7 = 1.2(23.4) + 1.6(31)$

- positive moment → Bottom reinforcment
- negative moment → Top reinforcment



• لما يكون عنا طبقتين تسليح

$$d_y = H - (cover + strabs + d + \frac{1}{2}\delta)$$