- Phases
  - phase 1:- un cracked section.
  - phase 2:- linear cracked section.
  - phase 3:- Non linear cracked section.

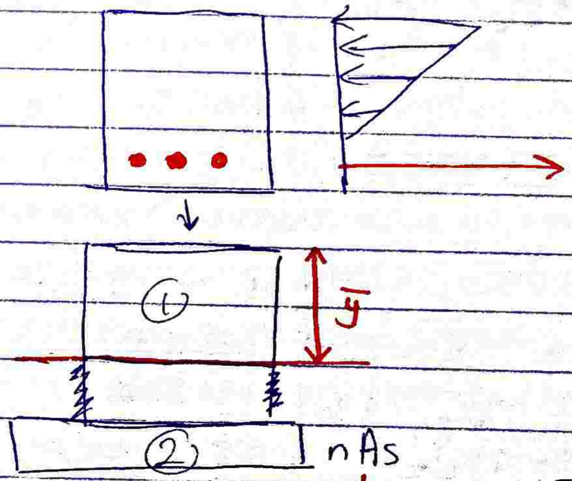
- Nominal strength:- the largest strength can be applied on the section.

$$\phi M_n \geq M_u$$

from the materials prop. (M_n) — from the structrual analysis (M_u)

- Example Before ⟹ phase 1. $M_{cr} = 69$ KN.m

- Example:-
Like the example Before
But $M = 120$ KN.m



لأنه تم إهمال جميع ال Concrete في منطقة الشد.

⟹ 69 < 120 ⟹ phase (2)

#	A	y	Ay
1	$250\bar{y}$	$\bar{y}/2$	$125\bar{y}^2$
2	11776	600	~

$$\bar{y} = \frac{\Sigma Ay}{\Sigma A} = 167.94 \text{ mm}$$

#	I''	A	D	AD	$I'' + AD^2$
1	$BH^3/3$	~	~	~	~
2	0	11776	600-168	~	~

$$I = 2.6 \times 10^9 \text{ mm}^4$$

- In this Case the stress on the Concrete will Increase
- But the Stress In the Steel will Increase more, Because we remove the Concrete.

- $\sigma_{max, c} = 120 \times 10^6 \times 168 / 2.6 \times 10^9 = 7.75 \ MPa$
- $f_s = n\sigma_c = 8(120 \times 10^6 \times (600-168) / 2.6 \times 10^9) = 159.5 MPa$

~~[illegible]~~

- Phase 3:- Nominal Strength.

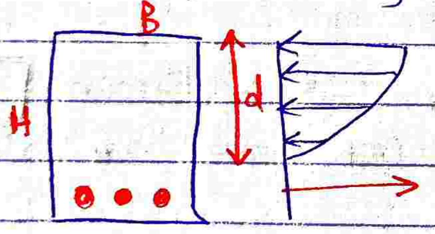
في حال كانت مساحة الستيل أكبر، فإن الترسس ع الستيل تقل $\sigma = \frac{F}{A}$ فنصير الفيلر في الكونكريت أول.

Reinforced

1- under reinforced :-
Steel feails Before.

2- Balanced:-
Steel and the concrete fails in the same time

3- Over-reinforced:-
Concrete fails Before, economicly.



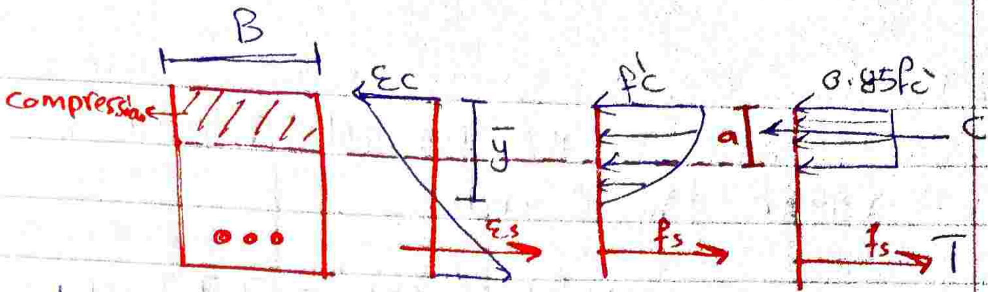
عند تصميم خرسانة مسلحة، بنحاول إنه الفيلر يكون بالستيل أول لأنه الكونكريت Brittle lack. Warning بصير فيه فيلر ببلاش

- Reinforcment ratio $\rho = \frac{A_s}{Bd}$ ↳ effective depth

$\rho >> \rho_b$ ⟶ concrete fails Before
$\rho = \rho_b$ ⟶ at the same time.
$\rho <<< \rho_b$ ⟶ tension Control Section

※ Whitney Block distribution:-

• Example :-



Phase 3:-
↓
[flextural formula] ما بنستخدم
لأنه تغير السترس هنا مش خطي

$a = \beta_1 \bar{y}$

$0.65 \le \beta_1 \le 0.8$

$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left[\frac{f'_c - 28}{7}\right]$ ⟹ بنطلع منها الـ Reinforcement

$C = 0.85\, f'_c\, (aB)$
$T = f_s \times A_s$
→ $T = C$ → Equ

$a = \frac{f_s A_s}{0.85 f'_c \beta}$

→ $M_n = C(d - a/2) = f_s A_s (d - a/2)$
↳ أو T

→ failer In concrete → ultimate Strain = $0.003 = \epsilon_u$
the strain In steel must have an Value $= 0.004\, \epsilon_s$

Hook's law $\sigma = \epsilon E$ بنقدر نطبق عليه ← Elastic الستيل بعمل بمرحلة الـ.

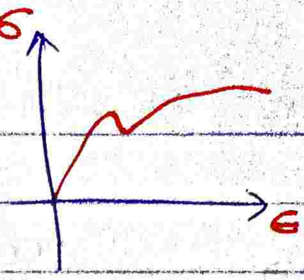
الكونكريت بنفرق بال non-Elastic Region.

- Suppose :-

$f_y = 420\ MPa$

$\sigma_y = E\,\epsilon_y$

$\epsilon_y = 0.0021$



~~• AIC: الشكل يفسر لل stress strain ال = 0.004~~

~~أي ضعف ال stress strain yield~~

~~أي أن الحديد يجب yield قبل الفشل وقت~~

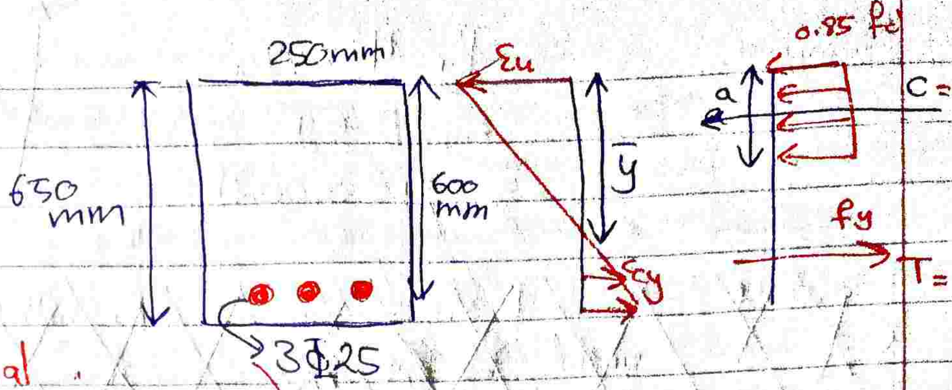
- In the AIC - code : The failer In the Beam happened When the strain In the steel reach double value of It's yield strain.

↓

That's help to determine the perfect rain forcment.

Example:

$f_c' = 28\ MPa$
$F_y = 420\ MPa$



- Calculate (Nominal moment Capacity)
- Calculate the Strain in Concrete and Steel at failure?

$T = C$

$\Rightarrow A_s \times f_y = 0.85 f_c' a B \Rightarrow a = \dfrac{A_s f_y}{0.85 f_c' B}$

$a = \dfrac{3 \times 25^2 \times \pi/4 \times 420}{0.85 \times 28 \times 250}$

T, C ⇒ Same

$= 103.9\ mm$

$\Rightarrow M_n = \text{force} \times \text{arm} = A_s \times f_y$ (قوة)

$= 3 \times 25^2 \times \frac{\pi}{4} \times 420 \left(d - \frac{a}{2}\right) =$

$= 339 \times 10^6\ N.mm$

$= 339\ KN.m$

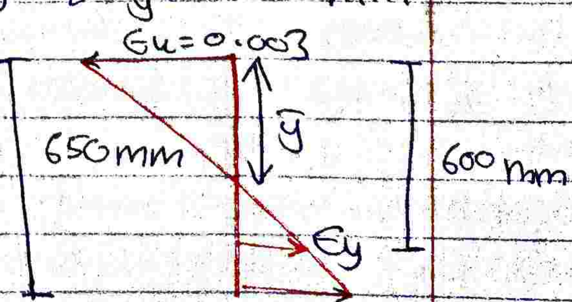
بعد الستيل عن الحافة العليا

عند هاي المومنت راح يصير في فيلر بالبيم

N
mm
MPa

$\Rightarrow a = \beta_1 \bar{y} \Longrightarrow 103.9 = 0.85 \bar{y} \Rightarrow \bar{y} = 122.2\ mm$

$\dfrac{\epsilon_u}{\bar{y}} = \dfrac{\epsilon_s}{d - \bar{y}} \Rightarrow \epsilon_s = \dfrac{d - \bar{y}}{\bar{y}} \epsilon_c$



$\epsilon_s = 0.017$

. 0.002 ← بيلش ال yield بالستيل.

. يعني وصل الستيل لحالة ال yield.

. لما يصير في فيلر بال Concrete معناه إنه صار في فيلر بالستيل من قبل

Balanced sections ($\epsilon_c = \epsilon_u$, $\epsilon_s = \epsilon_y$)

$\epsilon_y = 0.0021$ (steel) $\quad \epsilon_u = 0.003$ (concrete)

Find the Balanced steel ratio (ρ_b).

$$T = C$$

$$A_s f_y = 0.85 f_c' ab \Rightarrow a = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b} \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{\epsilon_u}{\bar{y}} = \frac{\epsilon_y}{d-\bar{y}} \Rightarrow \bar{y} = d \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} \quad \text{--- (2)}$$

(2) in (1)

$$\beta_1 \bar{y} = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' b}$$

$$\Rightarrow \beta_1 \bar{y} = A_s f_y / 0.85 f_c' b$$

$$\beta_1 d \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y} = \frac{A_s f_y}{0.85 f_c' B} \quad \text{--- (3)}$$

Rainforcment ratio $\Rightarrow \rho = \frac{A_s}{Bd} \Rightarrow A_s = \rho B d$

Sub. In (3)

$$\rho_b = \beta_1 \left(\frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y}\right) \times 0.85 \frac{f_c'}{f_y}$$

(ϵ_u → 0.003, ϵ_y → 0.002)

at ACI $\quad \rho_{max} \rightarrow \epsilon_c = 0.003$

$\epsilon_y = 0.004 \rightarrow 2\times \epsilon_{yield}$ to steel.

$$\rho_{max} = \beta_1 \left(\frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_y}\right) \times 0.85 \frac{f_c'}{f_y}$$

(ϵ_u → 0.003, ϵ_y → 0.004)

* ACI ⟹ requires tension-Controlled design

يصير yield بالستيل قبل Crushing In Concrete

* maximum reinforcement ratio

$$\rho_{max} = \rho_{0.004} = 0.85\ \beta_1 \left(\frac{f_c'}{f_y}\right)\left(\frac{0.003}{0.003+0.004}\right)$$

* minimum reinforcement ratio:-

$$\max\left[\frac{1.4}{f_y},\ \frac{0.25\sqrt{f_c'}}{f_y}\right]$$

* إذا ما أخذناه بعين الاعتبار، إنه نعمل تسليح بالستيل، راح يصير فيلر بالكونكريت بدون أي تحذير مسبق.

$$\rho_{max} < \rho < \rho_{min}$$

ρ_{max} → بتضمن ال Strain بالستيل ما يقل عنه 0.004 أي هيصير فيه نيلد

ρ → Which I will use it In design

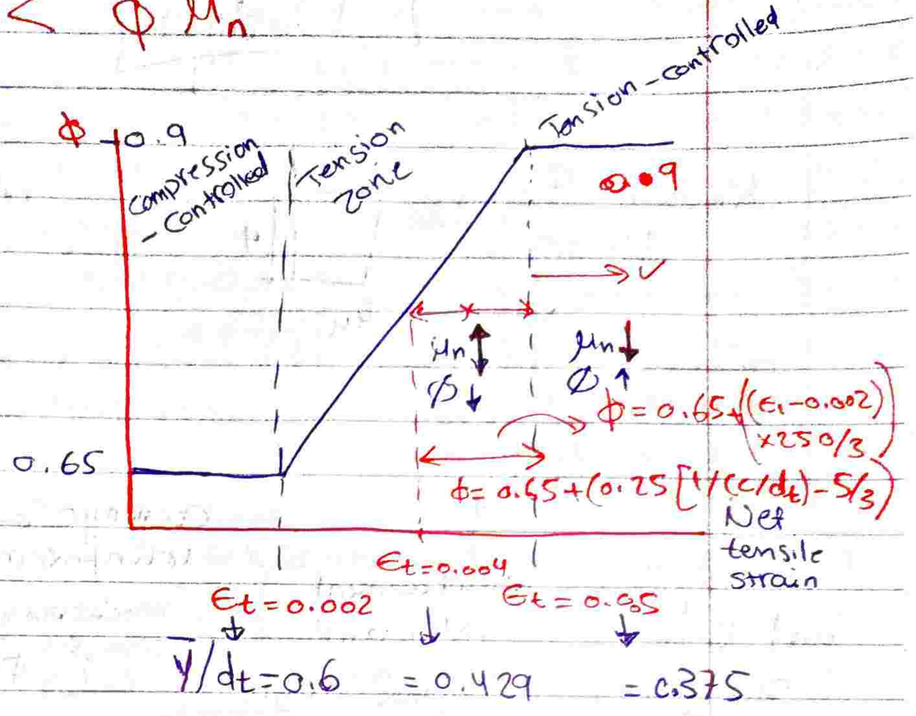
ρ_{min} → بتضمن إنه في Tension failure In steel ⟹ warning

$$\Rightarrow \frac{\bar{y}}{d} = \frac{\epsilon_u}{\epsilon_u + \epsilon_t}$$ ⟹ good Indication to determine If we Exceed reinforcement limit.

CH9 + H22 In ACI Code 2019 — لازم نعرف نطلع المعادلات هاي من الكود. رقم الجدول....

* $M_u < \phi M_n$

St. Analysis ↲



* serviceability requirements:-

- ACI → limit for the min. depth of the beam depend on span continuity Table 9.3.1.1
  - simply — $\ell/16$
  - one end continuity — $\ell/18.5$
  - Cantilever — $\ell/8$

→ إذا ما بدنا نلتزم بهاي المعايير لازم نحسب ديفلكشن ويكون أقل (maximum deflection) من الحدود

- destance between bars :- ← مش لازم تكون المسافات صغيرة جداً لأنه الحصمة بتعلق فوقهم أو بتلزق بينهم.

$S_{min} = max\left[25mm, d_b, \frac{4}{3} d_{agg}\right]$ (d_b → diameter of the bar; d_{agg} → In general → 19 mm / 20 mm)

← مش لازم تكون المسافات بعيدة كثير لأنه بصير كراك بعمق أكبر بالكونكريت.

← إذا كان عنا أكثر من خيار لعدد البارات وكلهم ما بيغيروا الديزاين بنختار أكبر عدد ممكن

- Concrete clear cover → 40 mm, But if there → Weather → 50 mm; → Soil → 75 mm