قسم : 3 تقني رياضي فرع الهندسة المدنية

مادة التكنولوجيا : ميكانيكا مطبقة

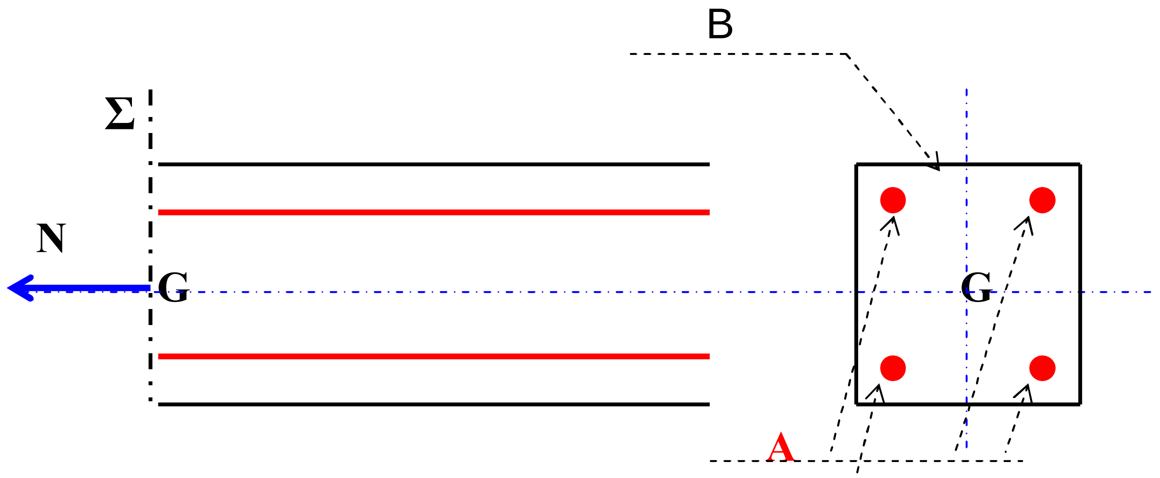
الدرس الخامس:

V- الخرسانة المسلحة (B.A.E.L)

المحور II- الشد البسيط (شداد)

المحتوى
V- الخرسانة المسلحة (B.A.E.L)
المحور II- الشد البسيط (شداد)
1. شرط المقاومة 2. شرط عدم الهشاشة 3. حساب مقطع التسليح

1. تعريف:



- رافدة مستقيمة معرضة إلى الشد البسيط إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة على يسار المقطع (Σ) محصورة في قوة ناظمية واحدة (N)متعامدة مع المقطع (Σ)و مطبقة في مركز الثقل(G) و متجهة نحو اليسار , تسمى هذه الرافدة بالشداد .
- مركز ثقل الفولاذ متطابق مع مركز ثقل الخرسانة .

2. شرط عدم الهشاشة :

إن التحريض الذي يؤدي إلى ظهور التشققات في الخرسانة يجب أن لا يتعدى حد المرونة للفولاذ :

$$A \cdot f_e \geq B \cdot f_{t28}$$

حيث :

A : مقطع التسليح .

B : مقطع الخرسانة .

f_e : حد مرونة الفولاذ .

f_{t28} : مقاومة الشد للخرسانة .

3. تحديد التسليح:

إن الخرسانة المشدودة مهملة , و جهد الشد يكون محمل من قبل التسليح . إذن مقطع التسليح يكون :

- الحساب في الحالات النهائية : (E.L.U)

نحن في المدار A :

$\varepsilon_s = 10‰$.

$\sigma_s = \sigma_{s10‰} = f_e/\gamma_s$.

و منه مقطع التسليح :

$$A_u = \frac{N_u}{\sigma_{10}} = \frac{N_u}{fe/\gamma_s}$$

- الحساب في حالة حد التشغيل(E.L.S) :

يكون حسب التشققات :

- تشققات غير ضارة : يكون الحساب كما في الحالات النهائية .
- تشققات ضارة :

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{ \frac{2}{3} \times fe \;\; ; \;\; 110\sqrt{\eta \times f_{tj}} \right\}$$

- تشققات ضارة جدا :

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{ \frac{1}{2} \times fe \;\; ; \;\; 90\sqrt{\eta \times f_{tj}} \right\}$$

و منه :

$$A_{ser} \geq \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_s}$$

4. تحديد مقطع الخرسانة :

بعد حساب مقطع التسليح يجب اختيار قطر القضبان والعدد مع :

- $\varnothing \geq 6$ mm : إذا كانت التشققات ضارة.
- $\varnothing \geq 8$ mm : إذا كانت التشققات ضارة جدا.

رغم أن الخرسانة ليس لها دور في المقاومة إلا أن مقطعها يجب أن يكون حسب الشروط التالية :

- ـ يلبي شرط عدم الهشاشة :

$B \leq A\, f_e / f_{t28}$

- ـ يضمن التغطية للتسليح .
- ـ يسمح بعمل الربط بين القضبان. (recouvrement).

مخطط حساب التسليح
الشد البسيط

المعطيات :

- الحمولات الدائمة و المتغيرة (Q ; G).
- أبعاد المقطع (h ; d ; b).
- المواد: $\gamma_s ; \eta ; f_e ; f_{c28}$.

E . L . U

الجهد الناظمي للشد:

$N_u = 1{,}35 . G + 1{,}50 . Q$

الاجهادات في الفولاذ :

المدار A :

- $\varepsilon s = 10‰$.
- $f_{su} = f_e / \gamma_s$.

مقطع التسليح النظري :

$$A_u = \frac{N_u}{f_{su}}$$

E . L . S

الجهد الناظمي للشد:

$N_{ser} = G + Q.$

الاجهادات في الفولاذ :

- تشققات ضارة :

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{\frac{2}{3}\times fe \; ; \; 110\sqrt{\eta\times f_{tj}}\right\}$$

- تشققات ضارة جدا :

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{\frac{1}{2}\times fe \; ; \; 90\sqrt{\eta\times f_{tj}}\right\}$$

مقطع التسليح النظري :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$$

مقطع التسليح النظري المختار :

$A = \max (A_u ; A_{ser}).$

مراقبة شرط عدم الهشاشة :

$A_s . f_e \geq B . f_{t28}$

5. تطبيق:

لدينا شداد من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مربع 15cm x 15cm تحت قوة تأثير شد مطبقة في مركز ثقل المقطع.

المعطيات:

- $Nu = 0.22$ MN
- $Nser = 0.16$ MN
- الفولاذ من نوع FeE400 ، $\gamma_s = 1.5$ ، $\eta = 1.6$.
- مقاومة الخرسانة : $f_{c28} = 30$ MPa
- حالة التشققات ضارة

المطلوب: حساب مقطع التسليح لهذا الشداد مع اقتراح رسم له.

الحـــــــــــل:

1. الحساب في الحد النهائي الأخير للمقاومة:

- حساب الإجهادات في الفولاذ:

في المدار A لدينا :

$\varepsilon_s = 10‰.$

$fsu = \sigma_s = \sigma_{s10‰} = f_e/\gamma_s = 400/1.15 = 347.82$ MPa

و منه مقطع التسليح :

- المقطع النظري للتسليح المشدود:

$A_u = Nu/fsu = (0.22/347.82) \times 10^4 = 6.32$ cm²

2. الحساب في حالة حد التشغيل:

- إجهادات الفولاذ:

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{\frac{2}{3}\times fe\ ;\ 110\sqrt{\eta\times f_{tj}}\right\}$$

$f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj} = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.4$ MPa

$$\bar{\sigma}_s = \min\left\{\frac{2}{3}\times 400\ ;\ 110\sqrt{1.6\times 2.4}\right\}$$

$$\bar{\sigma}_s = \min(266.66;216) = 216\ MPa$$

- المقطع النظري للتسليح المشدود:

$As = Nser/\sigma_s = (0.16/216)\times 10^4 = 7.40$ cm²

- مقطع التسليح النظري المختار :

$As = \max(A_u\ ;\ A_{ser}). = 7.40$ cm²

- مقطع التسليح الحقيقي من جدول التسليح:

$As = 4\ HA\ 16 = 8.04$ cm²

- مراقبة عدم الهشاشة :

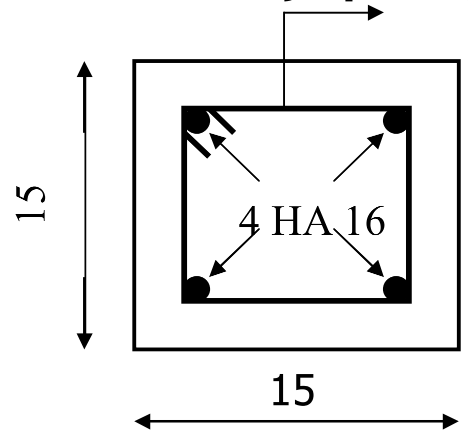
$$A_s \cdot f_e \geq B \cdot f_{t28}$$

$$8.04\ 10^{-4} x \cdot 400 \geq 15x15\ x\ 2.4$$

$$0.32\ MN > 0.054\ MN \longrightarrow$$ شرط محقق

- الرسم المقترح:

إطارات HA 6(6/m)



- Application :

Soit un tirant d'une section carrée (25 × 25) cm² sollicité par un effort de traction à l'E.L.U Nu = 0,45 MN et à l'E.L.S : Ns = 0,34 MN. Les matériaux sont FeE400 et $f_{c28} = 20$ MPa.

La fissuration est préjudiciable.

- Calculez la section des armatures longitudinales ?

- Solution

E.L.U : $Asu \geq \dfrac{Nu}{\sigma_{st}(10‰)}$ avec $\sigma_{st} = \dfrac{fe}{\gamma_s} \Leftrightarrow \sigma_{st} = \dfrac{400}{1{,}15} = 347{,}83 MPa$

$$Asu \geq \frac{0{,}45}{347{,}83} \Rightarrow Asu \geq 12{,}94\ cm^2$$

E.L.S : $Ass \geq \dfrac{Ns}{\sigma_{st}}$ avec $\sigma_{st} \leq \min\left(\dfrac{2}{3}.fe\ ;\ 110\sqrt{\eta.f_{t28}}\right)$

$$\Leftrightarrow \sigma_{st} \leq \min\left(\frac{2}{3}.400\ ;\ 110\sqrt{1{,}6.1{,}8}\right) \Leftrightarrow \sigma_{st} = 186{,}67\ MPa$$

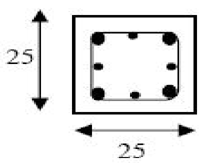
$$Ass \geq \frac{0{,}34}{186{,}67} \Rightarrow Ass \geq 18{,}21\ cm^2$$

C.N.F: $A_{sB} \geq B.\dfrac{f_{t28}}{fe} \Leftrightarrow A_{sB} \geq (25 \times 25).\dfrac{1{,}8}{400}$

$$A_{sB} = 2{,}81\ cm^2$$

La section : **As = Max (Asu ; Ass ; A_{sB}) = Max (12,94 ; 18,21 ; 2,81) cm²**

On prend : **As = 18,21 cm² ⇒4∅16+ 4∅20 = 8,04 + 12,57 = 20,61 cm²**



4∅16+ 4∅20