قسم : 3 تقني رياضي فرع الهندسة المدنية
مادة التكنولوجيا : ميكانيكا مطبقة
الدرس الخامس:

V- الخرسانة المسلحة (B.A.E.L)

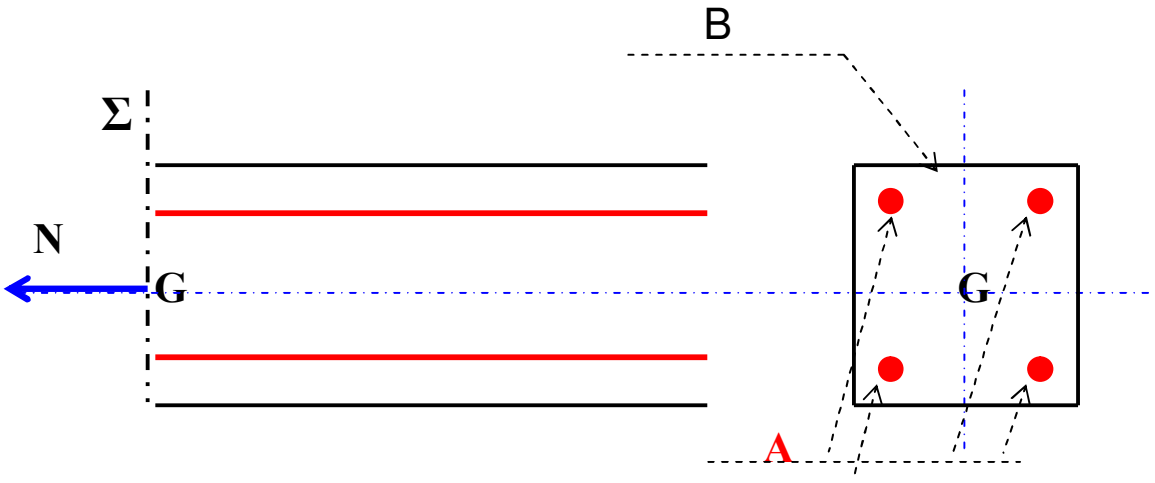
المحور II- الشد البسيط (شداد)

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 :

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

- تشققات ضارة جدا :

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

و منه :

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

4. تحديد مقطع الخرسانة :

بعد حساب مقطع التسليح يجب اختيار قطر القضبان والعدد مع :

- $\emptyset \geq 6$ mm : إذا كانت التشققات ضارة.
- $\emptyset \geq 8$ 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 (G ; Q) .
- أبعاد المقطع (b ; d ; h) .
- المواد: f_{c28} ; f_e ; η ; γ_s .

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 :
$$\overline{\sigma}_s = \min\left\{ \frac{2}{3} \times fe \ ; \ 110\sqrt{\eta \times f_{tj}} \right\}$$
- تشققات ضارة جدا :
$$\overline{\sigma}_s = \min\left\{ \frac{1}{2} \times fe \ ; \ 90\sqrt{\eta \times f_{tj}} \right\}$$

مقطع التسليح النظري :
$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\overline{\sigma}_{st}}$$

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:

$A_u = Nu/fsu = (0.22/347.82) \times 10^4 = 6.32\ cm^2$

2. الحساب في حالة حد التشغيل:

- إجهادات الفولاذ:

$$\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{2}{3}\times fe\ ;\ 110\sqrt{\eta \times f_{tj}}\right\}$$

$ftj = 0.6 + 0.06\ fcj = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.4\ MPa$

$$\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{2}{3}\times 400\ ;\ 110\sqrt{1.6\times 2.4}\right\}$$

$$\overline{\sigma_s} = \min(266.66;216) = 216\ MPa$$

- المقطع النظري للتسليح المشدود:

$As = Nser/\sigma_s = (0.16/216)\times 10^4 = 7.40\ cm^2$

- مقطع التسليح النظري المختار :

$As = \max(A_u\ ;\ A_{ser}) = 7.40\ cm^2$

- مقطع التسليح الحقيقي من جدول التسليح:

$As = 4\ HA\ 16 = 8.04\ cm^2$

- مراقبة عدم الهشاشة :

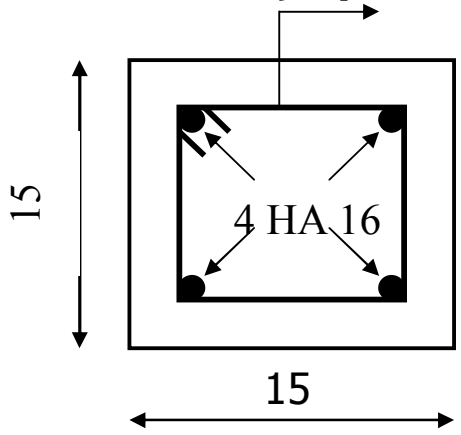
$$A_s \cdot f_e \geq B \cdot f_{t28}$$

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

0.32 MN > 0.054 MN ⟶ شرط محقق

إطارات HA 6(6/m)

- الرسم المقترح:



- 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 $\sigma_{st} = \dfrac{fe}{\gamma_s} \Leftrightarrow \sigma_{st} = \dfrac{400}{1,15} = 347,83MPa$

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

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

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

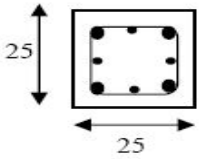
$$Ass \geq \frac{0,34}{186,67} \Rightarrow Ass \geq 18,21 \text{ cm}^2$$

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

$A_{sB} = 2,81$ cm²

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