

المجال : ميكانيك مطبقة  
الوحدة الثانية : الخرسانة المسلحة

## تمارين في الخرسانة المسلحة – (النسر البسيط)

### التمرين الأول :

شداد من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مربع 25cm x 25 cm تحت قوة تأثير شد مطبقة في مركز ثقل المقطع.

المعطيات :  $N_{ser}=0.16MN$  ،  $N_u=0.22MN$

الفولاذ من نوع FeE400 ;  $\gamma_s = 1.15$  ,  $\eta = 1.6$

مقاومة الخرسانة :  $f_{c28} = 30MPa$

حالة التشققات ضارة.

المطلوب :

- حساب مقطع التسليح لهذا الشداد مع إقتراح رسما له.

- تحقق من شرط عدم الهشاشة.

### التمرين الثاني :

حضيرة منجزة من عناصر مسبقة الصنع على شكل أقواس ، لتوازن قوى الدفع في الأسفل يوجد شداد من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مربع (20x20)cm<sup>2</sup> و معرض لقوة شد مطبقة في مركز ثقل مقطعه.

المعطيات :

$N_u = 0.42MN$

$N_{ser}=0.28MN$

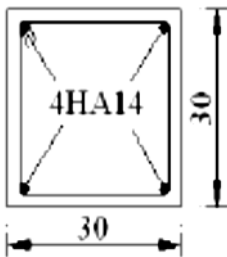
الفولاذ من نوع FeE400:  $\gamma_s = 1.15$  ,  $\eta = 1.6$  .

مقاومة الخرسانة :  $f_{c28} = 22MPa$  حالات التشققات ضارة.

المطلوب : حساب مقطع التسليح لهذا الشداد مع إقتراح رسما له علما ان التغطية  $c=3$  cm.

### التمرين الثالث :

نريد دراسة عمود تثبيت معرض لقوة شد و مقطعه العرضي مبين في الشكل التالي :



المعطيات :  $N_{ser}=130KN$  ،  $N_u=150KN$

• الفولاذ من نوع FeE400 ;  $\gamma_s = 1.15$  ,  $\eta = 1.6$

• مقاومة الخرسانة :  $f_{c28} = 2.10MPa$  حالة التشققات ضارة جدا . سمك التغليف  $c=2$  cm

المطلوب :

- هل هذا التسليح ملائم للشداد؟ في حالة العكس، أعطي حلا مناسباً.

## التصميم الأول :

نريد دراسة كمر لإحدى البنايات السكنية مقطعها مربع الشكل  $(30 \times 30) \text{cm}^2$ ، خاضعة لقوة الشد البسيط الناتجة عن المحولات الدائمة  $G=0.20 \text{MN}$  و المحولات المتغيرة (الإستغلال)  $Q=0.14 \text{MN}$

المعطيات :

الفولاذ من نوع FeE400 ،  $\gamma_s = 1.15$  ،  $\eta = 1.6$

مقاومة الخرسانة :  $f_{c28} = 30 \text{MPa}$

حالة التشققات ضارة .

المطلوب :

حساب مقطع التسليح لهذا الشداد.

تحقق من شرط عدم الهشاشة.

إقترح رسماً توضح فيه مقطع تسليح هذا الشداد ( $c=3 \text{ cm}$ )

## التصميم الخامس :

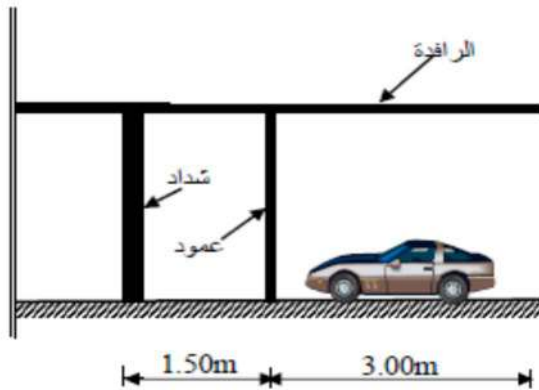
لمنع إنقلاب الرافدة من جهة السيارة تم تصميم شداد من الخرسانة المسلحة ، مقطعه مستطيل  $(40 \times 30) \text{cm}^2$  و ينجز في منطقة تعتبر التشققات فيها ضارة جداً.

المعطيات :

$N_{ser}=0.299 \text{MN}$  ،  $N_u=0.623 \text{MN}$

الفولاذ من نوع FeE400 ،  $\gamma_s = 1.15$  ،  $\eta = 1.6$

مقاومة الخرسانة :  $f_{c28} = 30 \text{MPa}$



### العلاقات الضرورية للحساب :

$$A_{ser} \geq \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$A_u \geq \frac{N_u}{f_{su}} ; f_{su} = \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

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

$$\overline{\sigma_s} = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e ; 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}} \right\} \text{ التشققات ضارة.}$$

$$\overline{\sigma_s} = \min \left\{ \frac{1}{2} f_e ; 90 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}} \right\} \text{ التشققات ضارة جداً}$$

## مراحل التصميم

### حل التمرين الأول:

• حساب مقطع التسليح الطولي :  $A_s = \max(A_u; A_{ser})$

1- الحساب في الحالة الحدية ELU :

$$A_u = \frac{Nu}{f_{su}} / f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa} \Rightarrow A_u = \frac{0.22 \times 10^4}{347.83} = 6.32 \text{ cm}^2$$

2- الحساب في الحالة الحدية ELS :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3}fe; 110\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right)$$

تشققات ضارة إذن إجهاد الشد يساوي :

$$ft_{28} = 0.6 + 0.06fc_{28} = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3}fe; 110\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right) = \min\left(\frac{2}{3} \cdot 400; 110\sqrt{1.6 \times 2.4}\right) = \min(266.67; 215.56) = 215.56 \text{ MPa}$$

$$A_{ser} = \frac{0.16 \times 10^4}{215.56} = 7.42 \text{ cm}^2$$

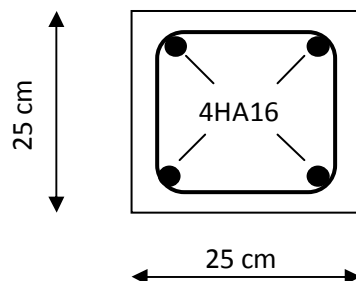
إذن مساحة الفولاذ هي :  $A_s = \max(A_u; A_{ser}) = (6.32; 7.42) = 7.42 \text{ cm}^2$

من الجدول نختار :  $4HA16 = 8.04 \text{ cm}^2$

3- التحقق من شرط عدم الهشاشة :

$$A_s \cdot fe \geq B \cdot ft_{28} \Leftrightarrow (8.04 \times 400) \cdot 10^{-4} \geq (25 \times 25 \times 2.4) \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow 0.3216 \text{ MN} \geq 0.15 \text{ MN}$$

الرسم :



## • حل التمرين الثاني:

• حساب مقطع التسليح الطولي :  $As = \max(Au; Aser)$

1- الحساب في الحالة الحدية ELU :

$$Au = \frac{Nu}{f_{su}} / f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 MPa \Rightarrow Au = \frac{0.42 \times 10^4}{347.83} = 12.07 cm^2$$

2- الحساب في الحالة الحدية ELS :

$$Aser = \frac{Nser}{\sigma_s}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3}fe; 110\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right)$$

تشققات ضارة إذن إجهاد الشد يساوي :

$$ft_{28} = 0.6 + 0.06fc_{28} = 0.6 + 0.06 \times 22 = 1.92 MPa$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3}fe; 110\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right) = \min\left(\frac{2}{3} \cdot 400; 110\sqrt{1.6 \times 1.92}\right) = \min(266.67; 192.80) = 192.80 MPa$$

$$Aser = \frac{0.28 \times 10^4}{192.80} = 14.52 cm^2$$

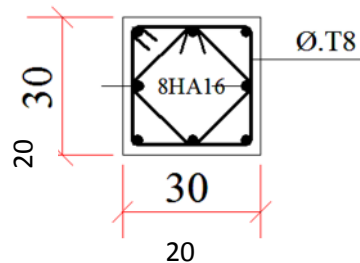
إذن مساحة الفولاذ هي :  $As = \max(Au; Aser) = (12.07; 14.52) = 14.52 cm^2$

من الجدول نختار :  $8HA16 = 16.08 cm^2$

3- التحقق من شرط عدم الهشاشة :

$$As \cdot fe \geq B \cdot ft_{28} \Leftrightarrow (16.08 \times 400) \cdot 10^{-4} \geq (20 \times 20 \times 1.92) \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow 0.6432 MN \geq 0.0768 MN$$

الرسم :



### حل التمرين الثالث:

للجواب على السؤال إن كان التسليح ملائماً أو لا يجب حساب التسليح اللازم :

• حساب مقطع التسليح الطولي :  $As = \max(Au; Aser)$

1- الحساب في الحالة الحدية ELU :

$$Au = \frac{Nu}{f_{su}} / f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa} \Rightarrow Au = \frac{150 \times 10}{347.83} = 4.31 \text{ cm}^2$$

2- الحساب في الحالة الحدية ELS :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2}fe; 90\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right)$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2} \cdot 400; 90\sqrt{1.6 \times 2.1}\right) = \min(200; 164.97) = 164.97 \text{ MPa}$$

$$A_{ser} = \frac{130 \times 10}{164.97} = 7.88 \text{ cm}^2$$

إذن مساحة الفولاذ الضرورية هي :  $As = \max(A_u; A_{ser}) = (4.31; 7.88) = 7.88 \text{ cm}^2$

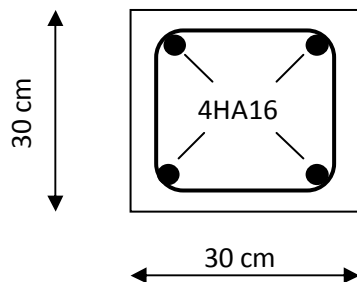
التسليح الموجود في الشكل هو  $4HA14 = 6.15 \text{ cm}^2$  و بالتالي التسليح غير ملائم و لا يحقق المقاومة .

الحل المناسب نختار :  $4HA16 = 8.04 \text{ cm}^2$

3-التحقق من شرط عدم الهشاشة :

$$As \cdot fe \geq B \cdot ft_{28} \Leftrightarrow (8.04 \times 400) \cdot 10^{-4} \geq (30 \times 30 \times 2.1) \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow 0.3216 \text{ MN} \geq 0.189 \text{ MN}$$

الرسم :



## حل التمرين الرابع:

• حساب مقطع التسليح الطولي :  $A_s = \max(A_u; A_{ser})$

1-الحساب في الحالة الحدية ELU :

$$A_u = \frac{N_u}{f_{su}} / f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 \text{ MPa} \Rightarrow A_u = \frac{0.2 \times 10^4}{347.83} = 5.75 \text{ cm}^2$$

2-الحساب في الحالة الحدية ELS :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{\eta \times f_{t_{28}}}\right)$$

تشققات ضارة إذن إجهاد الشد يساوي :

$$f_{t_{28}} = 0.6 + 0.06 f_{c_{28}} = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3} f_e; 110 \sqrt{\eta \times f_{t_{28}}}\right) = \min\left(\frac{2}{3} \cdot 400; 110 \sqrt{1.6 \times 2.4}\right) = \min(266.67; 215.56) = 215.56 \text{ MPa}$$

$$A_{ser} = \frac{0.14 \times 10^4}{215.56} = 6.49 \text{ cm}^2$$

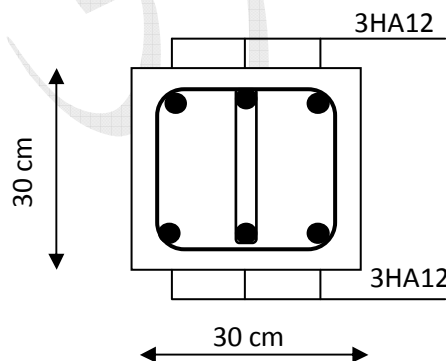
إذن مساحة الفولاذ هي :  $A_s = \max(A_u; A_{ser}) = (5.75; 6.49) = 6.49 \text{ cm}^2$

من الجدول نختار :  $6HA12 = 6.78 \text{ cm}^2$

3-التحقق من شرط عدم الهشاشة :

$$A_s \cdot f_e \geq B \cdot f_{t_{28}} \Leftrightarrow (6.78 \times 400) \cdot 10^{-4} \geq (30 \times 30 \times 2.4) \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow 0.2712 \text{ MN} \geq 0.216 \text{ MN}$$

الرسم :



## حل التمرين الخامس:

• حساب مقطع التسليح الطولي :  $As = \max(A_u; A_{ser})$

1-الحساب في الحالة الحدية ELU :

$$A_u = \frac{Nu}{f_{su}} / f_{su} = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83 MPa \Rightarrow A_u = \frac{0.623 \times 10^4}{347.83} = 17.91 cm^2$$

2-الحساب في الحالة الحدية ELS :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s}$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2}fe; 90\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right)$$

تشققات ضارة إذن إجهاد الشد يساوي :

$$ft_{28} = 0.6 + 0.06fc_{28} = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.4 MPa$$

$$\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2}fe; 90\sqrt{\eta \times ft_{28}}\right) = \min\left(\frac{1}{2} \cdot 400; 90\sqrt{1.6 \times 2.4}\right) = \min(200; 176.36) = 176.36 MPa$$

$$A_{ser} = \frac{0.299 \times 10^4}{176.36} = 16.95 cm^2$$

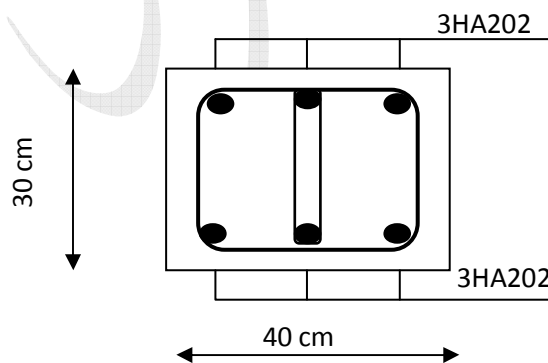
إذن مساحة الفولاذ هي :  $As = \max(A_u; A_{ser}) = (17.91; 16.95) = 17.91 cm^2$

من الجدول نختار :  $6HA20 = 18.84 cm^2$

3-التحقق من شرط عدم الهشاشة :

$$As \cdot fe \geq B \cdot ft_{28} \Leftrightarrow (18.84 \times 400) \cdot 10^{-4} \geq (40 \times 30 \times 2.4) \cdot 10^{-4} \Leftrightarrow 0.7536 MN \geq 0.288 MN$$

الرسم :



تحياتي الأستاذ . من كمال مخلوفي