



ملخصات الدروس

الأستاذ : مخلوف كمال

البرنامج

* الوحدة الثانية : الخرسانة المسلحة

- الحالات النهائية
- خصائص المواد
- تبرير المقاطع
- الشد البسيط
- الإنضغاط البسيط

* الوحدة الأولى : مقاومة المواد

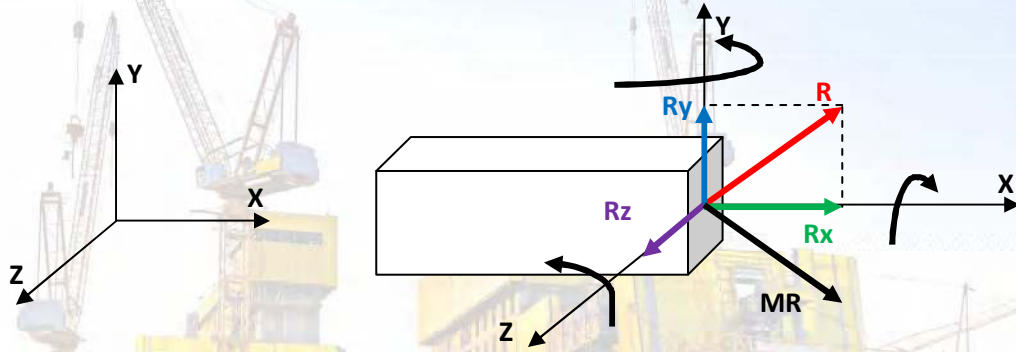
- مدخل لمقاومة المواد
- مفهوم الجهد الداخلي
- مفهوم الإجهاد
- قانون هوك
- شرط المقاومة
- التحريضات البسيطة
- الشد البسيط
- الإنضغاط البسيط
- القص البسيط
- الإنحناء البسيط
- الأنظمة المثبتة

المقدمة الأولى مقاومة المرونة

تمهيد حول مقاومة المواد: كل الأجسام إذا طبقت عليها قوى خارجية فإنها تتشوه ، و تختلف درجة التشوه حسب قيمة القوة المطبقة و حسب المادة المكونة للجسم ، و عند تطبيق قوة خارجية على جسم ما فإن هذا الأخير يقاوم حسب نوع مادته.(جسم من مادة الحديد تقاوم أحسن من جسم من مادة الخشب مثلاً).

مفهوم الجهد الداخلي :

لدراسة رافدة في حالة توازن ، تحت تأثير القوى الخارجية ، نحدث قطع وهمي في الرافدة يفصلها إلى جزئين (1) و (2) يؤثر الجزء (2) على (1) بمجموعة من القوى تختزل في محصلة للقوى (R) و محصلة للعزوم (MR) كما في الشكل:



بإسقاط المحصلتين على المحاور الثلاث (X) ، (Y) و (Z) نحصل على المركبات التالية :

- المركبة R_x وفق المحور (X) (عمودية على المقطع) تسمى **الجهد الناظمي** و نرمز له بالرمز N
- المركبة R_y وفق المحور (Y) (مماسية للمقطع) تسمى **الجهد القاطع** و نرمز له بالرمز T_y
- المركبة R_z وفق المحور (Z) (مماسية للمقطع) تسمى **الجهد القاطع** و نرمز له بالرمز T_z
- المركبة M_x حول المحور (X) تسمى **عزم الالتواء** و نرمز له بالرمز M_t

- المركبة M_y حول المحور (Y) تسمى **عزم الإنحناء** و نرمز له بالرمز M_{fy}

- المركبة M_z حول | المحور (Z) تسمى **عزم الإنحناء** و نرمز له بالرمز M_{fz}

تسمى هذه المركبات الستة **بالجهود الداخلية**

الإجهاد الناضبي :

للفهم الجيد لمقاومة المواد و توزيع القوى الداخلية نعرف الوسيط الذي يربط القوة المطبقة بمساحة المقطع و الذي نسميه : الإجهاد و نكتب

$$\text{الإجهاد} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

نرمز للإجهاد الناضبي بالرمز σ و وحدته (N/mm²) ، (Kgf/cm²) ، (MPa)

$$\sigma = \frac{N}{S}$$

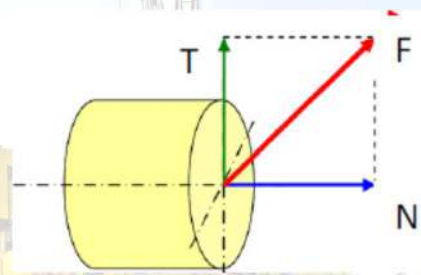
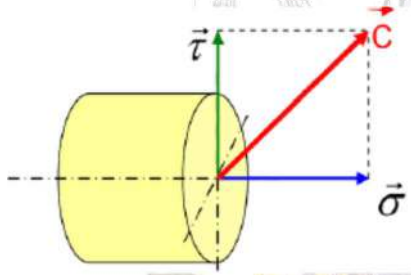
فإذا كانت القوة عمودية على مساحة المقطع ينتج الجهد الداخلي N و المساحة هي S تصبح العلاقة :

الإجهاد المماسي :

إذا كانت القوة مماسية لمساحة المقطع S ينتج الجهد المماسي T تصبح العلاقة :

$$\tau = \frac{T}{S}$$

يرمز للإجهاد المماسي بالرمز τ



قانون هوك :

إذا تعرض عنصر لقوى شد F مثلاً فإنه يتمدد ، وكلما زادت قوة الشد زاد التمدد أو استطالة العنصر (ΔL) ، و أثبتت

$$F = E \times \Delta L$$

التجارب ان هذا التمدد يتناسب تناسباً طردياً مع قوى الشد وفق دالة خطية

- نعرف الإستطالة النسبية بالنسبة $\frac{\Delta L}{L}$ و الإجهاد $\frac{N}{S}$ فيصبح : $\frac{N}{S} = A \times \frac{\Delta L}{L}$

تسمى هذه العلاقة بقانون هوك

$$\sigma = E \times \varepsilon$$

نسمي الثابت E بمعامل المرونة الطولي او معامل يونغ

شرط المقاومة :

لكي يقاوم العنصر بشكل جيد يجب أن يكون الإجهاد المحسوب σ أقل من الإجهاد المسموح به و الذي نرمز له بالرمز $\bar{\sigma}$

و نكتب $\sigma \leq \bar{\sigma}$ تسمى هذه المتراجحة بشرط المقاومة

التحريضات البسيطة

(الشد البسيط – الإنضغاط البسيط – القص البسيط)

ملخص + علاقات حساب

الشد البسيط	الإنضغاط البسيط	القص البسيط	
قوتان ناظمتان متعاكستان خارجتان من المقطع تؤديان لتمدد العنصر	قوتان ناظمتان متعاكستان داخلتان للمقطع تؤديان لتقلص العنصر	قوتان مماسيتان للمقطع تؤديان لإنقسام العنصر لجزئين	ما هو هذا التحريض؟
$\sigma = + \frac{N}{S}$	$\sigma = - \frac{N}{S}$	$\tau = \frac{T}{S}$	ما يساوي الإجهاد؟
$\sigma = E \times \varepsilon$	$\sigma = E \times \varepsilon$	$\tau = G \times \gamma$	قانون هوك
$\Delta L = + \frac{N \times L}{S \times E}$	$\Delta L = - \frac{N \times L}{S \times E}$	/	الاستطالة / التقلص
$\sigma \leq \bar{\sigma}$	$\sigma \leq \bar{\sigma}$	$\tau \leq \bar{\tau}$	شرط المقاومة

N : الجهد الداخلي (قوة شد أو إنضغاط) وحدته (tf – KN – kgf – daN – N)

S : مساحة المقطع العرضي الوحدة (m² – cm² – mm²)

σ : الإجهاد الناظمي الوحدة (daN/cm² – Kg/cm² – N/mm² – KN/cm² – Mpa)

τ : الإجهاد المماسي الوحدة (daN/cm² – Kg/cm² – N/mm² – KN/cm² – Mpa)

E : معامل المرونة الطولي (معامل يونغ) وحدته (daN/cm² – Kg/cm² – N/mm² – KN/cm² – Mpa)

G : معامل المرونة العرضي وحدته (daN/cm² – Kg/cm² – N/mm² – KN/cm² – Mpa)

γ : زاوية الإنزلاق (رديان).

ε : التشوه النسبي (الاستطالة النسبية) – بدون وحدة –

التحويلات :

الإجهادات $1MPa = 10bars = 10Kg / cm^2 = 10daN / cm^2 = 0.1KN / cm^2 = 1N / mm^2$

القوى $1KN = 10^3N = 10^2daN = 10^2Kgf$

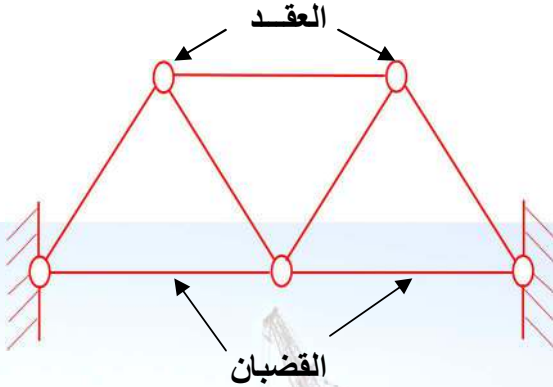
$1tf = 10KN = 10^4N = 10^3daN = 10^3Kgf$

المساحات $1m^2 = 10^4cm^2 = 10^6mm^2$

الأطوال $1m = 10^2cm = 10^3mm$

الأنظمة المثلثية

تعريف : الأنظمة المثلثية هي شبكة من القضبان المستقيمة تكون فيما بينها مثلثات متتالية و متجاورة تلتقي في نقاط تلاقي تدعى العقد.



- يرمز للعقد بالحرف اللاتيني **n** - (nœuds)
- يرمز للقضبان بالحرف اللاتيني **b** - (barres)

لكي يكون النظام محدد سكونيا يجب ان تتحقق العلاقة التي تربط بين عدد العقد (n) و عدد القضبان (b) و عدد معادلات التوازن حيث : $2n - b = 3$ أو $b = 2n - 3$

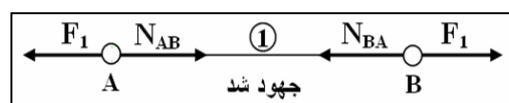
ما يجب ان تعرفه حول الأنظمة المثلثية (الفرضيات) :

- العقد عبارة عن مفاصل (تسمح بالدوران وبالتالي العزم معدوم).
- القوى تكون مطبقة في العقد.
- التحريض الناتج في القضبان يكون : شد بسيط أو إنضغاط بسيط.

طريقة حساب الجهود الداخلية في القضبان :

لحساب الجهود الداخلية توجد عدة طرق نذكر من بينها : طريقة كيرمونا ، الطريقة البيانية و طريقة عزل العقد و هي المقررة في منهاج السنة الثالثة تقني رياضي هندسة مدنية:

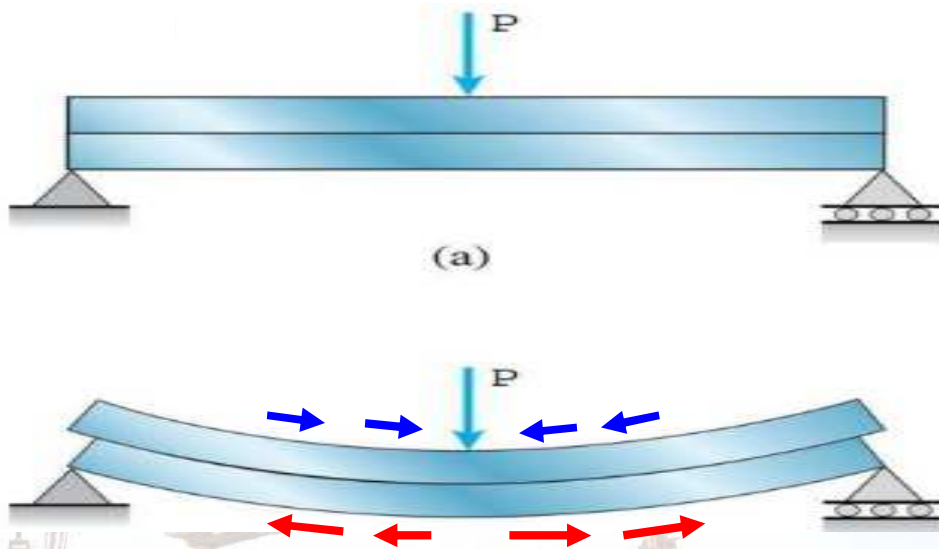
- نحسب ردود الأفعال في المساند (باعتبار النظام المثلي جسم صلب) بتطبيق معادلات التوازن.
- نقوم بعزل كل عقدة على حدة و نمثل عليها جميع القوى الخارجية المؤثرة عليها (المعاليم).
- نعوض الجهود الداخلية في القضبان (المجاهيل) بقوة خارجية من العقدة.
- نطبق معادلاتي التوازن ($\sum F_x = 0$ $\sum F_y = 0$).
- عند عزل العقدة نختار العقدة التي تحتوي على مجهولين على الأكثر.
- إذا كان الجهد الداخلي المحسوب موجب فهو شد ، إذا كان ذو قيمة سالبة فهو إنضغاط.
- تدون النتائج في جدول النتائج
- إذا كانت قيمة الجهد الداخلي معدومة (تساوي 0) نقول أن القضيب تركيبي.



(الجهد الخارج من عقدة هو جهد موجب ، فعند عزل العقدة نمثله خارج من العقدة فإذا كانت النتيجة موجبة فالفرضية صحيحة و هو جهد شد ، أما إذا كانت النتيجة سالبة هذا يعني ان الجهد المحسوب داخل للعقدة إذن هو إنضغاط)

الإنحناء والبسط

تكون رافدة معرضة للانحناء البسيط المستوي، إذا اختزلت مجموعة القوى الداخلية المؤثرة على يسار المقطع (1-1) للرافدة في مركز الثقل إلى عزم الانحناء وجهد قاطع. ($M \neq 0, T \neq 0, N = 0$)



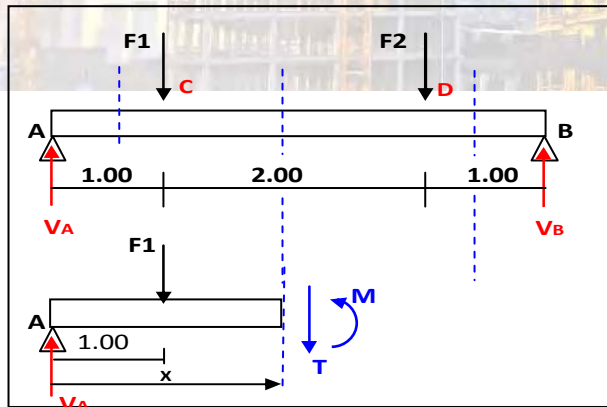
- الألياف العلوية معرضة للإنضغاط

- الألياف السفلية معرضة للشد

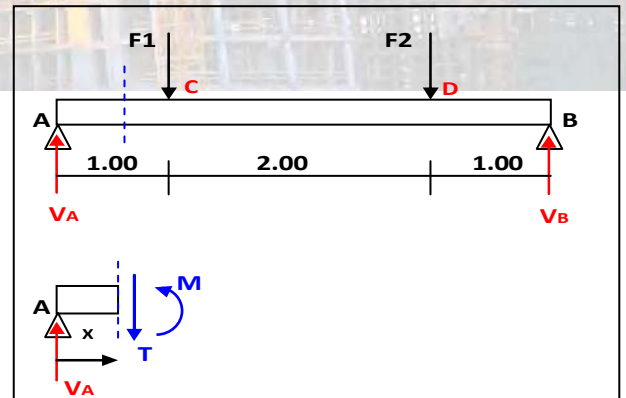
معادلات الجهد القاطع (T) وعزم الإنحناء (Mf):

الجهد القاطع T: المجموع الجبري للقوى العمودية و المؤثرة على يسار المقطع المعتبر. نكتب: $T = \sum F_y$

عزم الإنحناء M: المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة على يسار المقطع المعتبر. نكتب: $M_f = \sum M_{i-1}$



$$T(x) = V_A - F1 \quad M(x) = V_A \cdot x - F1(x-1)$$



$$T(x) = V_A \quad M(x) = V_A \cdot x$$

المنحنيات البيانية للجهد القاطع (T) و عزم الانحناء (Mf) :

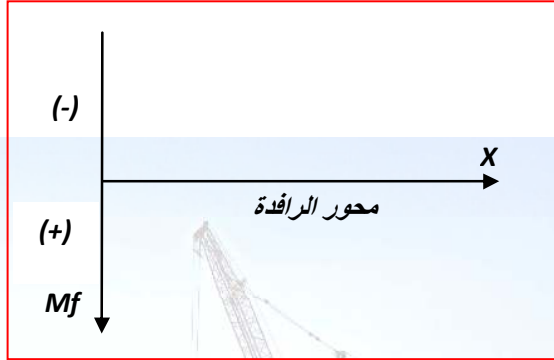
مخطط الجهد القاطع (T) :

يمثل مخطط الجهد القاطع في معلم متعامد يكون فيه إتجاه الجزء الموجب من محور من الأسفل إلى الأعلى

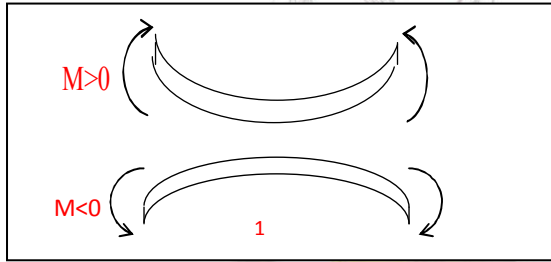


- مخطط عزم الانحناء (M) :

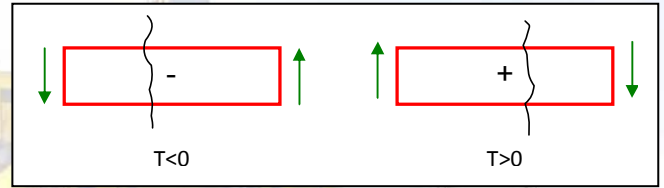
يمثل مخطط الجهد القاطع في معلم متعامد يكون فيه إتجاه الجزء الموجب لمحور الترتيب من الأعلى إلى الأسفل



الجهة الإصطلاحية للإشارات :



الجهة الإصطلاحية لعزم الانحناء (M)



الجهة الإصطلاحية للجهد القاطع (T)

الاجهادات : في مقطع خاضع للانحناء البسيط تتولد نوعان من الاجهادات :

* **اجهادات ناظمية σ** الناتجة عن عزم الانحناء Mf $\leftarrow \sigma_{\max} = \frac{Mf_{\max}}{I_{XX}} \times y_{\max} = \frac{Mf_{\max}}{W_{XX}}$

* **اجهادات مماسية τ** الناتجة عن الجهد القاطع T $\leftarrow \tau_{\max} = K \times \frac{T_{\max}}{S}$

مقطع الدائرة : $K = \frac{4}{3}$

مقطع المثلث : $K = \frac{3}{2}$

مقطع المستطيل : $K = \frac{3}{2}$

شرط المقاومة :

• الإجهاد الناظمي : $\sigma_{\max} \leq \bar{\sigma}$

• الإجهاد المماسي : $\tau_{\max} \leq \bar{\tau}$

الوحدة الثانية : الخرسانة المسلحة

الخرسانة المسلحة : خرسانة + فولاذ

الحالات النهائية : هي الحالة التي يكون بعدها الهيكل او عنصر منه لا يقوم بالدور الذي انجز من أجله و هي نوعان :

الحالة النهائية للتشغيل ELS

الحالة النهائية القصوى ELU

في هذه الحالة يكون المنشأ غير قابل للإستغلال :

- حالة للتشققات
- حالة التشوهات

في هذه الحالة يفقد العنصر او الهيكل :

- التوازن الإستاتيكي (انقلاب جدار)
- إستقرار الشكل (تحدب او انبعاج عمود)
- المقاومة (إنهيار مبنى)

حساب التحريضات : وفق مبدأ الامان ترتب التحريضات كما يلي :

$$Nu = 1.35 G + 1.5 Q$$

الحالة النهائية القصوى ELU

$$Nu = G + Q$$

الحالة النهائية للتشغيل ELS

Q : الحمولات المتغيرة (حمولات الإستغلال).

G : الحمولات الدائمة (الوزن الذاتي)

خصائص المواد :

الخرسانة :

مقاومة الخرسانة للشد

نرمز لها بـ ; (ftj) و هي معرفة بالعلاقة التالية

$$ft_j = 0.6 + 0.06 f_{cj}$$

f_{cj} مقاومة الخرسانة للإنضغاط في (j) يوم و الوحدة هي

ميغاباسكال Mpa

مقاومة الخرسانة للإنضغاط رمزها f_{c28}

يمكن حساب مقاومة الخرسانة في (j) يوم كما يلي :

$$f_{cj} = f_{c28} \times \frac{j}{4.76 + 0.83j} \quad \bullet \quad f_{c28} < 40 \text{ MPA}$$

$$f_{cj} = f_{c28} \times \frac{j}{1.40 + 0.95j} \quad \bullet \quad f_{c28} > 40 \text{ MPA}$$

عندما يكون j > 28 تكون f_{cj} = f_{c28} بالإتفاق.

الفولاذ :

أقطاره : الأقطار المتداولة في السوق :

$$\phi \text{ (mm)} = 6-8-10-12-14-16-20-25-32-40$$

تصنيفه :يصنف الفولاذ إلى نوعان :

القضبان الملساء (Acier Doux) :

feE215 , feE235 أي ذات إجهاد حد مرونة
fe = 215MPa و fe=235 MPa على التوالي.
القضبان ذات التلاحم العالي (Haute Adhérence)

feE400 , feE500 أي ذات إجهاد حد مرونة
fe = 400MPa و fe=500 MPa على التوالي

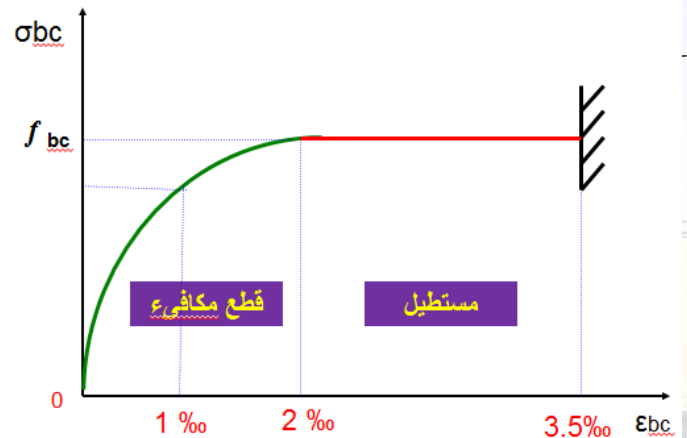
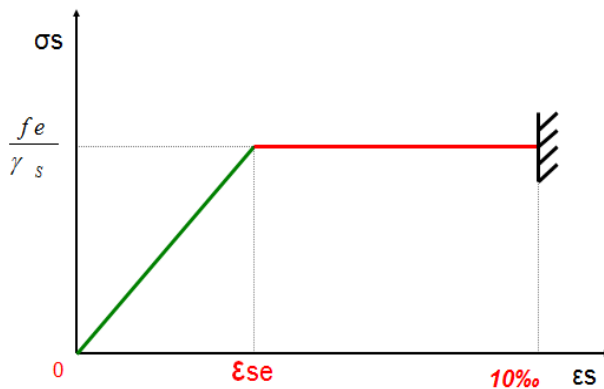
تبرير المقاطع : تقوم بتبرير المقاطع المعرضة للتحريضات الناطمية فقط (المقرر)

● الحد النهائي الاخير للمقاومة : E.L.U.R

الفولاذ : تمتد الفولاذ محدود

الشد البسيط ----- $\epsilon_s = 1\% = 10\text{‰}$

الخرسانة : تقلص الخرسانة محدود

الإنضغاط البسيط --- $\epsilon_b = 0.2\% = 2\text{‰}$ الجزء الأول: $0 \leq \epsilon_b \leq 2\text{‰}$

$$\sigma_{bc} = 0.25 f_{bc} \cdot 10^3 \epsilon_{bc} (4 - 10^3 \epsilon_{bc})$$

الجزء الثاني: $2\text{‰} \leq \epsilon_b \leq 3.5\text{‰}$

$$\sigma_{bc} = f_{bc}$$

 $\gamma_b = 1.5$ في الحالات العادية . $\gamma_b = 1.15$ في الحالات الاستثنائية . θ : معامل مدة التحميل . $\theta = 1$ لما مدة التحميل تفوق 24 ساعة . $\theta = 0.9$ لما مدة التحميل تكون بين 1 و 24 ساعة . $\theta = 0.85$ لما مدة التحميل تكون أقل من 1 ساعة .

$$\sigma_s = E_s \times \epsilon_s$$

الجزء الأول: $\epsilon_s < \epsilon_{se}$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

الجزء الثاني: $\epsilon_{se} \leq \epsilon_s \leq 10\text{‰}$ γ_s : معامل الامان. $\gamma_s = 1.15$ في الحالات العادية. $\gamma_s = 1.0$ في الحالات الاستثنائية

E.L.S : الحد النهائي للتشغيل

إجهاد الخرسانة

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{cj}$$

حد الإنضغاط للخرسانة

حد إفتتاح التشققات

إجهاد الفولاذ

لا يوجد أي تحقيقات

تشققات غير ضارة

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

تشققات ضارة

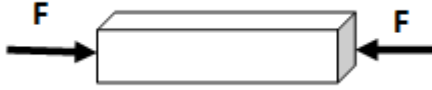
$$\overline{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{1}{2} \cdot f_{e}; 90 \sqrt{\eta \times f_{tj}} \right\}$$

تشققات ضارة جدا

$\eta=1$ للقضبان الدائرية الملساء.
 $\eta=1.6$ للقضبان ذات التلاحم العالي

معامل التشقق: η

الشّد البسيط Traction Simple



المعطيات :

B : مقطع الخرسانة.

Nu : جهد الشد في الحالة الحدية النهائية (ELU)

Nser : جهد الشد في الحالة الحدية للتشغيل (ELS)

المجاهيل :

As : مقطع التسليح

الحساب في الحالة النهائية ELU :

$$Au = \frac{Nu}{\sigma_s} = \frac{Nu}{f_{su} / \gamma_s} = \frac{fe}{\gamma_s} \quad \text{- مقطع التسليح :}$$

$$Nu = 1.35G + 1.5Q \quad \text{- جهد الشد في الحالة النهائية :}$$

الحساب في الحالة النهائية ELS :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_s} \quad \text{- مقطع التسليح :}$$

$$N_{ser} = G + Q \quad \text{- جهد الشد في الحالة الحدية للتشغيل :}$$

- إجهاد الشد في الفولاذ :

تشققات غير ضارة : لا يوجد حساب

$$\sigma_s = \min\left(\frac{2}{3} \cdot fe; 110\sqrt{\eta \cdot ft_{28}}\right) \quad \text{تشققات ضارة :}$$

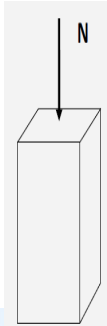
$$\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2} \cdot fe; 90\sqrt{\eta \cdot ft_{28}}\right) \quad \text{تشققات ضارة جدا :}$$

$$ft_{28} = 0.6 + 0.06fc_{28} [MPa] \quad \text{- مقاومة الخرسانة للشد :}$$

$$As = \max(Au; A_{ser}) \quad \text{- مقطع التسليح :}$$

$$As \times fe \geq B \times ft_{28} \quad \text{- شرط عدم الهشاشة :}$$

الإنضغاط البسيط Compression Simple



المعطيات :

B : مقطع الخرسانة.

Nu : جهد الشد في الحالة الحدية النهائية (ELU)

L0 : الطول الحر للعمود (في البناية يحسب بين الوجهين العلويين لأرضيتين متتاليتين)

المجاهيل :

As : مقطع التسليح

منهجية الحل

$$\left. \begin{aligned} \lambda &= 2\sqrt{3} \frac{l_f}{a} \quad \leftarrow \text{مقطع مربع/مستطيل} \\ \lambda &= \frac{4l_f}{D} \quad \leftarrow \text{مقطع دائري} \end{aligned} \right\} \text{II حساب النحافة } (\lambda)$$

$$\left. \begin{aligned} \lambda \leq 50 \rightarrow \alpha &= \frac{0.85}{1 + 0.2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2} \\ \lambda > 50 \rightarrow \alpha &= 0.6 \left(\frac{50}{\lambda} \right)^2 \end{aligned} \right\} \text{-2 حساب المعامل } (\alpha)$$

$$\left. \begin{aligned} Br &= (a - 2)(b - 2) \quad \leftarrow \text{مقطع مربع/مستطيل} \\ Br &= \frac{\pi \cdot (D - 2)^2}{4} \quad \leftarrow \text{مقطع دائري} \end{aligned} \right\} \text{-3 حساب المقطع المصغر } Br$$

$$A_{th} = \left[\frac{Nu}{\alpha} - Br \cdot \frac{f_{ct8}}{0.9 \cdot \gamma_b} \right] \cdot \frac{\gamma_s}{f_e} \quad \text{-4 حساب التسليح النظري } A_{th}$$

$$A_{min} = \max(A(4u); A(0.2\%B)) \quad \text{-5 حساب التسليح الأدنى } (A_{min})$$

$$A_{s_{cal}} = \max(A_{th}; A_{min}) \quad \text{-6 التسليح المحسوب } (A_{cal})$$

$$\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3} \quad \text{-7 التسليح العرضي } (\phi_t)$$

$$St = \min(15\phi_l; 40cm; a + 10) \quad \text{-8 تباعد الإطارات } (St)$$

تحياتي الأستاذة . منكم إن مخلوق