ملخصات الدروس

الأستاذ : مخلوفي كمال

مارس 2020

البرنـــامج

*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
- الانظمة المثلثية

* الوحدة الثانية : الخرسانة المسلحة

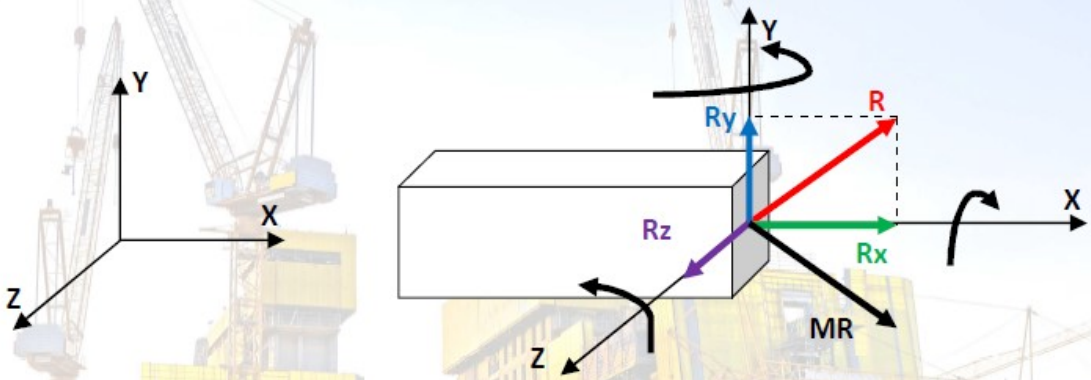
- الحالات النهائية
- خصائص المواد
- تبرير المقاطع
- الشد البسيط
- الإنضغاط البسيط

الوحدة الاولى مقاومة المواد

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 مثلا).

مفهوم الجهد الداخلي :

لدراسة رافدة في حالة توازن ،تحت تأثير القوى الخارجية ، نحدث قطع وهمي في الرافدة يفصلها إلى جزءين (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 Rx وفق المحور (X) (عمودية على المقطع) تسمى **الجهد الناظمي** و نرمز له بالرمز **N**
- المركبة Ry وفق المحور (Y) (مماسية للمقطع) تسمى **الجهد القاطع** و نرمز له بالرمز **Ty**
- المركبة Rz وفق المحور (Z) (مماسية للمقطع) تسمى **الجهد القاطع** و نرمز له بالرمز **Tz**
- المركبة Mx حول المحور (X) تسمى **عزم الإلتواء** و نرمز له بالرمز **Mt**
- المركبة My حول المحور (Y) تسمى **عزم الإنحناء** و نرمز له بالرمز **Mfy**
- المركبة Mz حول المحور (Z) تسمى **عزم الإنحناء** و نرمز له بالرمز **Mfz**

تسمى هذه المركبات الستة **بالجهود الداخلية**

الإجهاد الناظمي :

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 الناضمي بالرمز :σ و وحدته (N/mm2) ، (Kgf/cm2) ، (MPa)

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

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

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 مثلا فإنه يتمدد ، وكلما زادت قوة الشد زاد التمدد او إستطالة العنصر (ΔL) ، و اثبتت التجارب ان هذا التمدد يتناسب تناسبا طرديا مع قوى الشد وفق دالة خطية

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

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

فتصبح العلاقة : $\sigma = E \times \varepsilon$ تسمى هذه العلاقة بقانون هوك

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

التحريضات البسيطة

(الشد البسيط – الإنضغاط البسيط – القص البسيط)

ملخص + علاقات حساب

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

N : الجهد الداخلي (قوة شد او إنضغاط) وحدته **(tf – KN - kgf - daN – N)**

S : مساحة المقطع العرضي الوحدة **(m^2 –cm^2 – mm^2)**

σ : الإجهاد الناظمي الوحدة **(daN/cm^2–Kg/cm^2 –N/mm^2 – KN/cm^2 –Mpa)**

τ : الإجهاد المماسي الوحدة **(daN/cm^2–Kg/cm^2 –N/mm^2 – KN/cm^2 –Mpa)**

E : معامل المرونة الطولي (معامل يونغ) وحدته **(daN/cm^2 –Kg/cm^2 - N/mm^2 – KN/cm^2 –Mpa)**

G : معامل المرونة العرضي وحدته **(daN/cm^2 –Kg/cm^2 - N/mm^2 – KN/cm^2 –Mpa)**

γ : زاوية الإنزلاق (ردیان).

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

التحويلات :

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

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

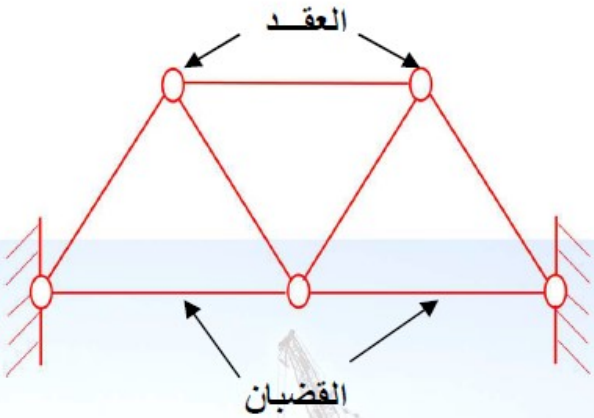
$1tf = 10KN = 10^4 N = 10^3 daN = 10^3 Kgf$

المساحات ..... $1m^2 = 10^4 cm^2 = 10^6 mm^2$

الأطوال ..... $1m = 10^2 cm = 10^3 mm$

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 الاتيني -**n**- (nœuds)
- يرمز للقضبان بالحرق الاتيني – **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 $b = 2n - 3$

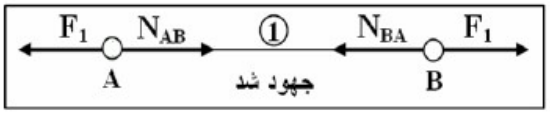
ما يجب ان تعرفه حول الأنظمة المثلثية (الفرضيات) :

- 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 كريمونا ، الطريقة البيانية و طريقة عزل العقد و هي المقررة في منهاج السنة الثالثة تقني رياضي هندسة مدنية:

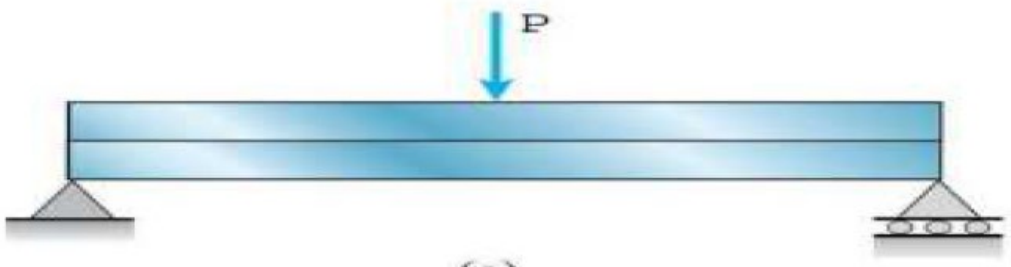
- نحسب ردود الأفعال في المساند (بإعتبار النظام المثلي جسم صلب) بتطبيق معادلات التوازن.
- نقوم بعزل كل عقدة على حدا و نمثل عليها جميع القوى الخارجية المؤثرة عليها (المعاليم).
- نعوض الجهود الداخلية في القضبان (المجاهيل) بقوة خارجة من العقدة.
- نطبق معادلتي التوازن ($\Sigma Fy=0$ $\Sigma Fx=0$).
- عند عزل العقدة نختار العقدة التي تحتوي على مجهولين على الاكثر.
- 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.



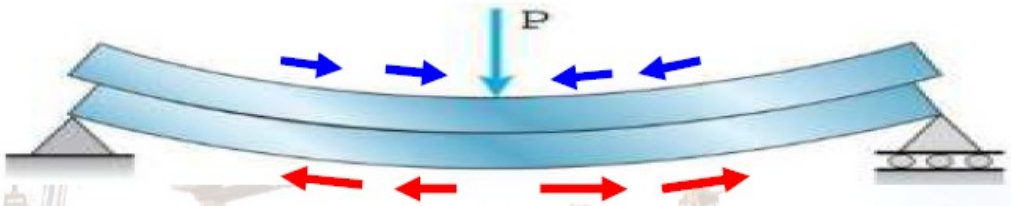
(الجهد الخارج من عقدة هو جهد موجب ، فعند عزل العقدة نمثله خارج من العقدة فإذا كانت النتيجة موجبة فالفرضية صحيحة و هو جهد شد ، اما إذا كانت النتيجة سالبة هذا يعني ان الجهد المحسوب داخل للعقدة إذن هو إنضغاط)

الإنحناء البسيط

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.($M\neq0, T\neq0, N=0$)



(a)

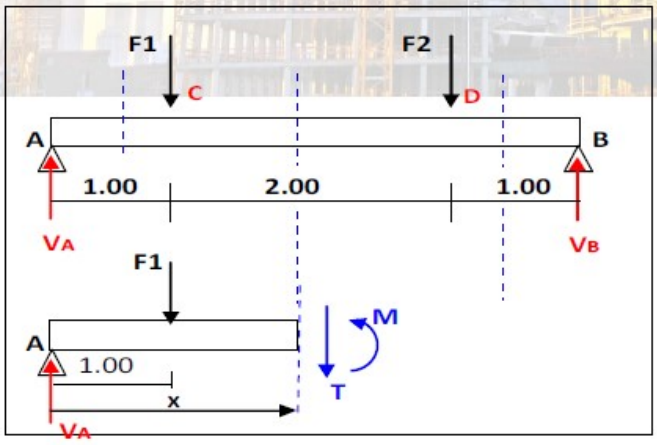


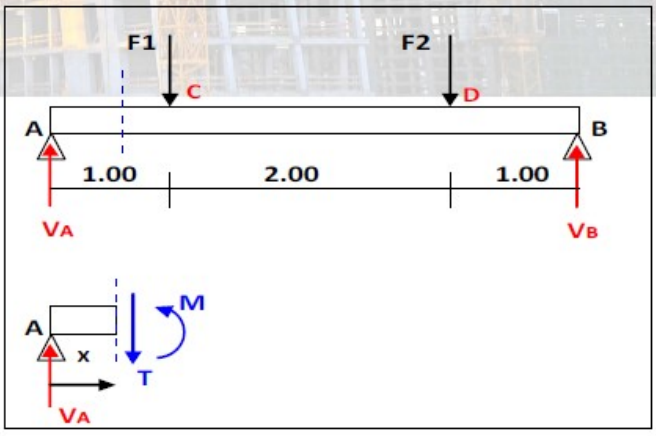
- الالياف العلوية معرضة للإنضغاط
- الالياف السفلية معرضة للشد

معادلات الجهد القاطع (T) و عزم 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 $M_f = \sum M\ /_{1-1}$





$T(x)=VA-F1 \quad M(x)=VA.x-F1(x-1)$ $\qquad$ $T(x)=VA \quad M(x)=VA\,.\,x$

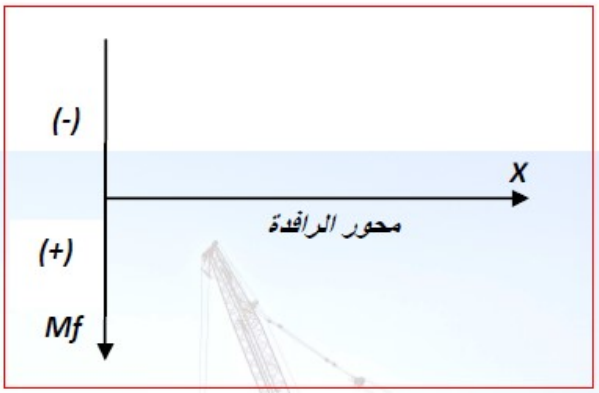
المنحنيات البيانية للجهد القاطع (T) و عزم الإنحناء (Mf) :

مخطط الجهد القاطع (T) :

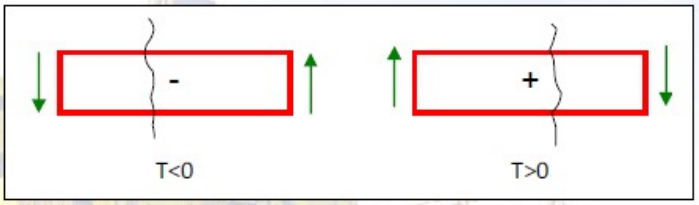
يمثل مخطط الجهد القاطع في معلم متعامد يكون فيه إتجاه الجزء الموجب من محور من الأسفل إلى الأعلى

- مخطط عزم الإنحناء (M) :

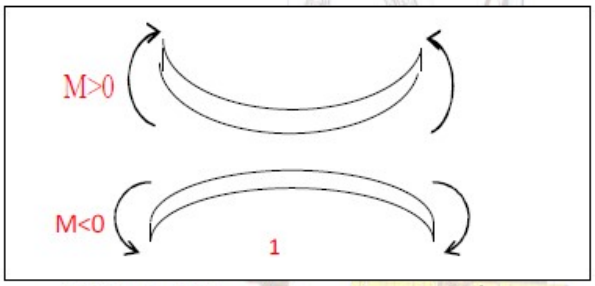
يمثل مخطط الجهد القاطع في معلم متعامد يكون فيه إتجاه الجزء الموجب لمحور التراتيب من الأعلى إلى الأسفل



الجهة الإصطلاحية للإشارات :



الجهة الإصطلاحية للجهد القاطع (T)



الجهة الإصطلاحية لعزم الإنحناء (M)

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

* اجهادات ناظمية σ الناتجة عن عزم الانحناء Mf <-- $\sigma^{max} = \frac{Mf_{max}}{I_{XX}} \times y^{max} = \frac{Mf^{max}}{W_{XX}}$

* اجهادات مماسية τ الناتجة عن الجهد القاطع T <--- $\tau^{max} = K \times \frac{T^{max}}{S}$

مقطع المستطيل : $K = \frac{3}{2}$ مقطع المثلث : $K = \frac{3}{2}$ مقطع الدائرة : $K = \frac{4}{3}$

شرط المقاومة :

- الإجهاد الناظمي : $\sigma^{max} \leq \overline{\sigma}$
- الإجهاد المماسي : $\tau^{max} \leq \overline{\tau}$

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 القصوى ELU

في هذه الحالة يفقد العنصر او الهيكل :
-التوازن الإستاتيكي (انقلاب جدار)
-إستقرار الشكل (تحدب او انبعاج عمود)
-المقاومة (إنهيار مبنى)

الحالة النهائية للتشغيل ELS

في هذه الحالة يكون المنشأ غير قابل للإستغلال :
-حالة للتشققات
-حالة التشوهات

حساب التحريضات : وفق مبدا الامان ترتب التحريضات كما يلي :

الحالة النهائية القصوى ELU ⇐ $Nu=1.35\,G+1.5\,Q$

الحالة النهائية للتشغيل ELS ⇐ $Nu=G+Q$

G : الحمولات الدائمة (الوزن الذاتي) **Q** : الحمولات المتغيرة (حمولات الإستغلال).

خصائص المواد :

الخرسانة :

مقاومة الخرسانة للإنضغاط رمزها fc_{28}

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

- ***fc28 <40 MPA*** . $fcj = fc_{28} \times \frac{j}{4.76+0.83j}$
- ***fc28 >40 MPA*** . $fcj = fc_{28} \times \frac{j}{1.40+0.95j}$

عندما يكون j>28 تكون fcj = fc28 بالإتفاق.

مقاومة الخرسانة للشد

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

$ft_j = 0.6 + 0.06\,fcj$

fcj مقاومة الخرسانة للإنضغاط في (j) يوم و الوحدة هي ميغاباسكال Mpa

الفولاذ :

تصنيفه :يصنف الفولاذ إلى نوعان :

القضبان الملساء (Acier Doux) :

feE235 , feE215 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

أقطاره : الأقطار المتداولة في السوق :

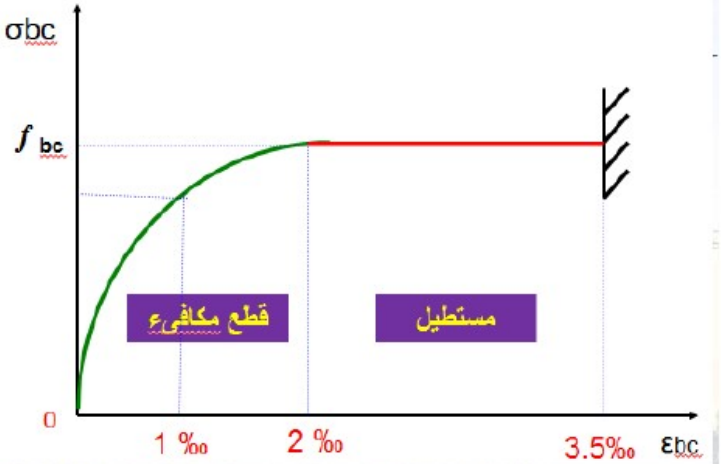
ϕ (mm) =6- 8-10-12-14-16-20-25-32-40

تبرير المقاطع : نقوم بتبرير المقاطع المعرضة للتحريضات الناظمية فقط (المقرر)

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

الخرسانة : تقلص الخرسانة محدود

-الإنضغاط البسيط--- $\varepsilon_b = 0.2\% = 2‰$



الجزء الأول :0≤ εb ≤ 2‰

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

الجزء الثاني:2‰≤ εb ≤ 3.5‰

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

$$f_{bc} = \frac{0.85 f_{cj}}{\theta \cdot \gamma_b}$$

γ_b = 1.5 في الحالات العادية .

γ_b = 1.15 في الحالات الاستثنائية .

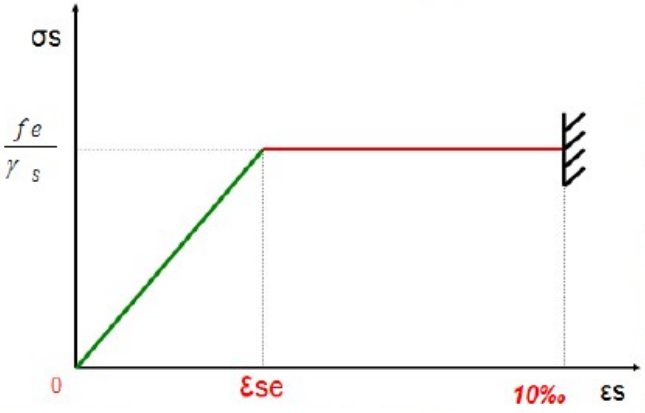
θ : معامل مدة التحميل . θ = 1 لما مدة التحميل تفوق 24 ساعة .

θ = 0.9 لما مدة التحميل تكون بين 1 و 24 ساعة .

θ = 0.85 لما مدة التحميل تكون اقل من 1 ساعة .

الفولاذ : تمدد الفولاذ محدود

الشد البسيط---- $\varepsilon_s = 1\% = 10‰$



الجزء الأول : εs < εse

$$\sigma_s = E_s \times \varepsilon_s$$

الجزء الثاني: εse ≤ εs ≤ 10‰

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

γs : معامل الامان.

$\gamma_s = 1.15$ في الحالات العادية.

$\gamma_s = 1.0$ في الحالات الإستثنائية

الحد النهائي للتشغيل : E.L.S

إجهاد الخرسانة

حد الإنضغاط للخرسانة ← $\overline{\sigma_{bc}} = 0.6 \times fcj$

حد إنفتاح التشققات

إجهاد الفولاذ

تشققات غير ضارة ← لا يوجد أي تحقيقات

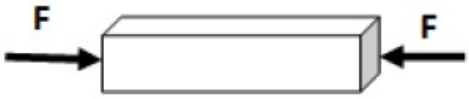
تشققات ضارة ← $\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{2}{3} \cdot fe; 110\sqrt{\eta \times f_{ij}}\right\}$

تشققات ضارة جدا ← $\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{1}{2} \cdot fe; 90\sqrt{\eta \times f_{ij}}\right\}$

η: معامل التشقق.

- η=1 للقضبان الدائرية الملساء.
- η=1.6 للقضبان ذات التلاحم العالي

الشد 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 :

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

- جهد الشد في الحالة النهائية : $Nu = 1.35G + 1.5Q$

الحساب في الحالة النهائية ELS :

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

- جهد الشد في الحالة الحدية للتشغيل : $Nser = G + Q$

- إجهاد الشد في الفولاذ :

تشققات غير ضارة : لا يوجد حساب

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

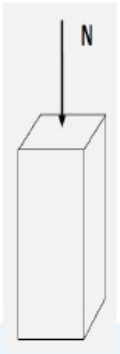
تشققات ضارة جدا : $\sigma_s = \min\left(\frac{1}{2}\cdot fe; 90\sqrt{\eta \cdot ft_{28}}\right)$

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

- مقطع التسليح : $As = \max(Au; Aser)$

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

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

1- حساب النحافة (λ) :

مقطع مربع/مستطيل ⟸ $\lambda = 2\sqrt{3}\frac{l_f}{a}$

مقطع دائري : ⟸ $\lambda = \frac{4l_f}{D}$

2- حساب المعامل (α) :

$$\lambda \le 50 \rightarrow \alpha = \frac{0.85}{1 + 0.2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$$

$$\lambda > 50 \rightarrow \alpha = 0.6\left(\frac{50}{\lambda}\right)^2$$

3- حساب المقطع المصغر **Br** :

مقطع مربع/مستطيل ⟸ $Br = (a-2)(b-2)$

مقطع دائري : ⟸ $Br = \frac{\pi \cdot (D-2)^2}{4}$

4- حساب التسليح النظري **Ath** : $A\,th = \left[\frac{Nu}{\alpha} - Br \cdot \frac{f_{c28}}{0.9 \cdot \gamma_b}\right] \cdot \frac{\gamma_s}{fe}$

5- حساب التسليح الأدنى ***(Amin)*** : $A\ \min = \max(A(4u); A(0.2\%B))$

6- التسليح المحسوب ***(Acal)*** : $As_{cal} = \max(A_{th} : A_{\min})$

7- التسليح العرضي ***(ϕt)*** : $\phi t \ge \frac{\phi_l}{3}$

8- تباعد الإطارات ***(St)*** : $St = \min(15\phi_l ; 40cm ; a + 10)$

تحياتي الأستاذ . مركماك مخلوفي