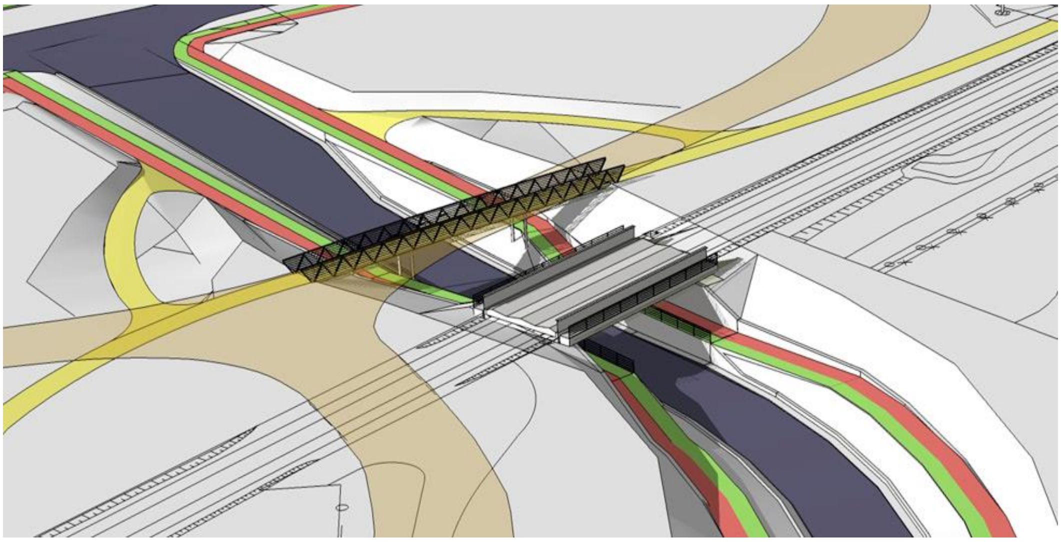
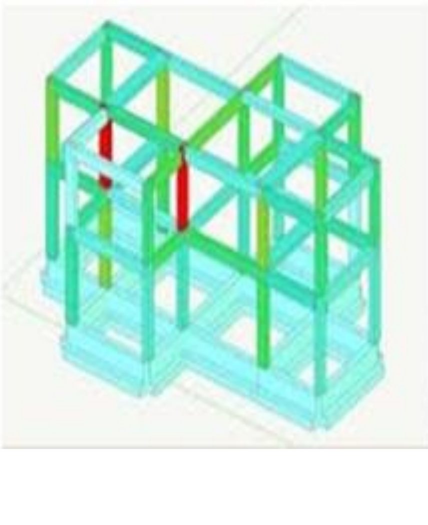
شريف عبد المجيد



الكافي في مادة التكنولوجيا
لطلبة الهندسة المدنية



سنة 3 ثانوي

(دروس وتمارين)

بين يدي الكتاب

هذا الكتاب لبنة متواضعة في سبيل إثراء المكتبة التقنية العربية ، ومساهمة تواكب مقررات وبرامج الشعب المستحدثة ضمن إطار إعادة هيكلة التعليم الثانوي.
ألّف هذا الكتاب طبقا لبرنامج مادة التكنولوجيا الخاص بالقسم النهائي لشعبة الهندسة المدنية .
أولى هذا الكتاب الأهمية الكبرى للصياغة المبسّطة للدروس ولتسلسلها، وللمنهجية وللتدرج من الأسهل إلى الأصعب ومن الأبسط إلى المعقد ،مع إعطاء الأمثلة كلما اقتضت الضرورة ذلك .
كما ألحقت الدروس بتمارين وتطبيقات محلولة - في حدود الإمكان- لترسيخ المعلومات ولتقييم المعارف.
كما يأمل هذا الكتاب أن يخفف من المعاناة التي يصادفها الزملاء الأساتذة والأبناء الطلبة على السواء، نظرا لقلة المراجع والكتب شبه المدرسية التي تؤازر اختصاصات الشعب الهندسية الجديدة .
أتمنى في الختام أن أكون قد قدمت جهدا متواضعا لسد الفراغ الملحوظ في الكتاب التقني والتكنولوجي المكتوب باللغة العربية ، بتقديم وسيلة تربوية وبيداغوجية لطلبة الأقسام النهائية على أمل أن تكون عند حسن الظن .

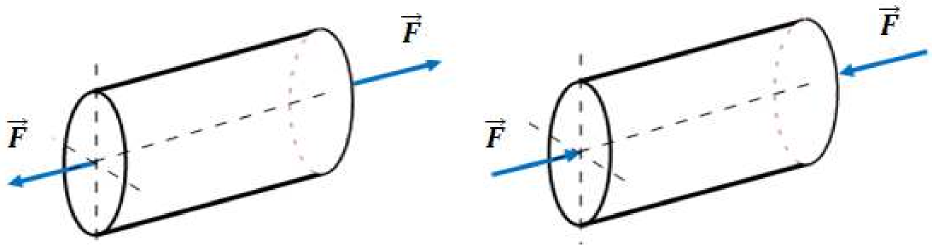
شريف عبد المجيد

الباب الأول
الجيوميكانيك

الشد والانضغاط

1)تعريف الشد والانضغاط :

ليكن لدينا قضيب معدني مستقيم ذو مقطع عرضي ثابت ، ومحمّل في نهايته بقوتين متعاكستين في الاتجاه ،ومنطبقتين على محوره الطولي الذي يمر بمركز ثقل مقطعه .

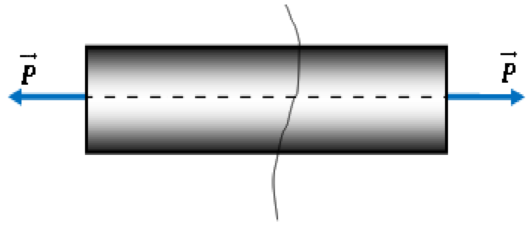


- نقول بأن القضيب في حالة شد بسيط إذا كان اتجاه القوى المؤثرة نحو الخارج.
- نقول بأن القضيب في حالة انضغاط بسيط إذا كان اتجاه القوى المؤثرة نحو الداخل.

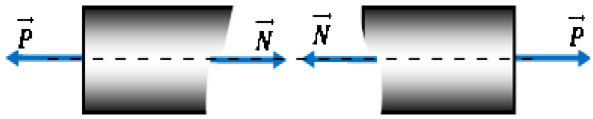
2) تحديد الجهود الداخلية :

ليكن لدينا قضيب يخضع لقوة خارجية $\vec{P}$

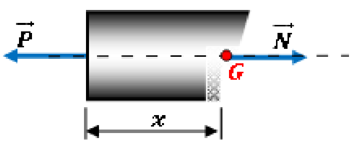
لتحديد القوى الداخلية التي نطلق عليها الجهود الناظمية أو المحورية نستعمل طريقة المقاطع .



نقوم بإجراء مقطع عند مستوى معين ونحتفظ بالجزء الأيسر، مع استبدال قوى الجزء الأيمن المحذوف بقوة طولية N حتى يبقى الجزء الأيسر في حالة توازن .



ونكتب معادلة التوازن :



$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow -\mathrm{P} + \mathrm{N} = 0$$

$$\rightarrow N = +P$$

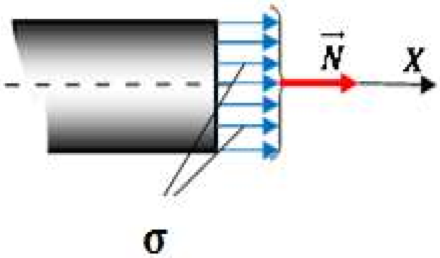
3) الإجهاد الناظمي :

إن توزيع الجهود الداخلية N على وحدة المساحة للمقطع العرضي بشكل منتظم– وبعبارة أخرى كثافة الجهود الداخلية بالنسبة لوحدة المساحة– يطلق عليه الإجهاد المحوري أو الناظمي، ويساوي :

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

حيث : N: الجهد الناظمي .

σ: الإجهاد الناظمي

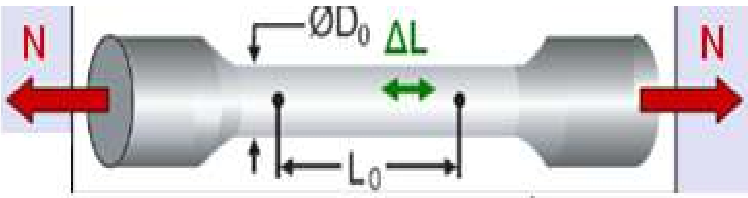


4)تجربة الشد:

لتحديد خواص المواد وتحديد الاجهادات المسموح بها تجرى اختبارات على عينات من هذه المواد حتى انهيارها .

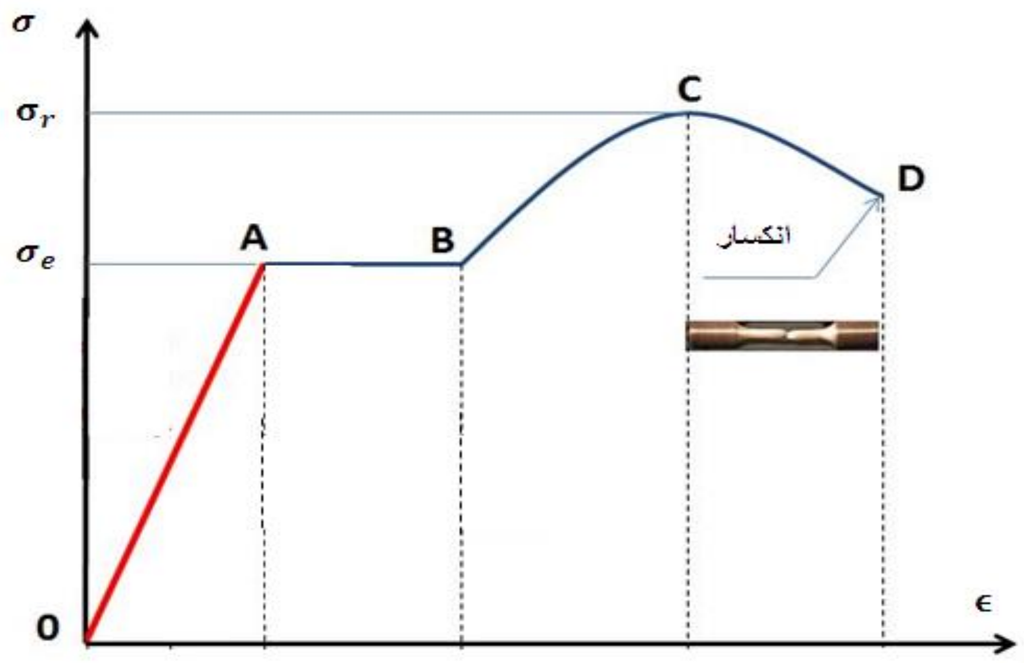
تعتبر تجربة الشد على الفولاذ تحت تأثير حمل ستاتيكي هي الأكثر أهمية، نظرا لسهولتها وفي نفس الوقت لأنها تسمح بتحديد الخصائص الميكانيكية للمادة .

تستخدم في تجربة الشد نماذج خاصة من القضبان تتميز بكبر أطرافها حتى يسهل مسكها وبالتالي شدها .



نطبق جهدا محوريا متزايدا بانتظام ، ونسجل بصفة مستمرة قوة الشد N والاستطالة الملاحظة ΔL، وانطلاقا من النتائج المحصل عليها نرسم المنحنى :

- على محور الفواصل :الاستطالة النسبية $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$
- على محور التراتيب : الإجهاد الناظمي $\sigma = \frac{N}{S}$



<u>في الجزء OA:</u> يزداد التشوه ε كلما زاد الإجهاد بشكل خطيّ إلى غاية حد المرونة σ_e.

<u>في الجزء AB:</u> يتغير طول القضيب ويستطيل استطالة محسوسة على الرغم من الزيادة البسيطة في الإجهاد ، ولهذا يسمى هذا المجال بمجال الانسياب أو السيلان .

<u>يدعى الجزء BC</u> بمجال عودة المتانة ، إذ تصطحب الزيادة في الإجهاد استطالة القضيب،وفي هذا الجزء عند بلوغ إجهاد الانكسار σ_r يتشكل ما يدعى بالعنق أو الرقبة ، وتقل مساحة المقطع .

في النقطة C يبلغ الإجهاد حده الأعظمي، وبعد هذه النقطة تتواصل استطالة القضيب على الرغم من تناقص الإجهاد .

أما النقطة D فتوافق انكسار القطعة .

<u>5)قانون هوك :</u>

بينت تجربة الشد أن سلوك قضيب تحت تأثير القوى المتزايدة في المرحلة الأولى يبين وجود علاقة خطية بين الإجهاد الناظمي σ والتشوه النسبي ε حسب القانون الذي ينسب إلى هوك والذي ينص على :

$$\sigma = E.\varepsilon$$

حيث : σ: الإجهاد الناظمي

ε: التشوه النسبي .

E: معامل المرونة الطولي أو معامل يونغ ، ويتعلق بنوع المادة المستعملة.

من المفيد أن نشير بأن قانون هوك يبقى صالحا في حالة الانضغاط ، وفي هذه الحالة يحدث تقلص القطعة بدل الاستطالة .

يمكن بواسطة قانون هوك حساب استطالة أو تقلص قطعة ما إذا علمنا أن :

$$\sigma = \frac{N}{S} \quad , \quad \varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

حيث نجد :

$$\Delta L = \frac{N.L}{E.S}$$

6) شرط المقاومة :

بما أن المنشآت يجب أن يتوفر فيها شرط المقاومة ، فإنه يجب تحديد الإجهادات الناظمية التي تؤثر على أجزائها .

بعد تحديد المقطع الخطر الذي يخضع للإجهاد الأعظمي σ_{max} يجب مقارنته مع الإجهاد المسموح به $\bar{\sigma}$ والتأكد من أن:

$$\sigma_{max} \leq \bar{\sigma}$$

ملاحظة : إن استعمالات شرط المقاومة بشكل عام ثلاثة :

- الاكتفاء بالتأكد من مقاومة العنصر الحامل في حال معرفة الجهد N و المقطع S.
- حساب المقطع S الذي يمكنه أن يتحمل الجهد N .
- حساب الجهد N الذي يمكن أن يتحمله المقطع S .

وهذا بحل المتراجحة أسفله، حسب طبيعة السؤال:

$$\sigma_{max} \left(= \frac{N_{max}}{S}\right) \leq \bar{\sigma}$$

....

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول :

- رافدة من الفولاذ طولها $l_0 = 2.00m$ تتحمل قوة شدّ مقدارها $F = 5\ KN$

إذا علمت أن:

- الإجهاد المسموح به للفولاذ: $\bar{\sigma} = 100N/mm^2$
- معامل المرونة الطولي : $E = 2 \times 10^5 N/mm^2$

المطلوب :

- حساب قطر الرافدة d
- حساب الاستطالة Δl

الحل :

- قطر الرافدة : نعلم من شرط المقاومة: $(F = N)$

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \bar{\sigma} \rightarrow A \geq \frac{N}{\bar{\sigma}} \rightarrow A \geq \frac{5000}{100} \rightarrow A \geq 50mm^2$$

ونعلم أن مساحة الدائرة: $A = \frac{\pi . d^2}{4} \rightarrow d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = 7.98mm$

نأخذ: *d=8mm*

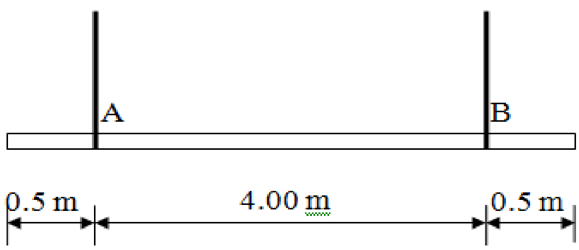
- حساب الاستطالة :

$$\Delta\, l = \frac{N.L}{E.A} \approx \frac{5000 \times 2000}{2 \times 10^5 \times 50} \approx 1mm$$

التمرين الثاني :

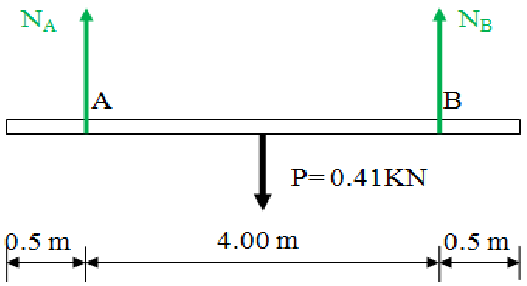
لشحن الأعمدة المعدنية مسبقة الصنع من المصنع إلى ورشة الإنجاز استعملنا رافعة وحبلين .

- إذا كان ثقل العمود المعدني P = 0.41 KN ، أحسب قيمة الجهد في كلا الحبلين N_A و N_B



الحل :

- إن تمثيل القوة $\vec{p}$ والجهود المحورية(الناظمية) المؤثرة في الحبلين هي كما يلي :

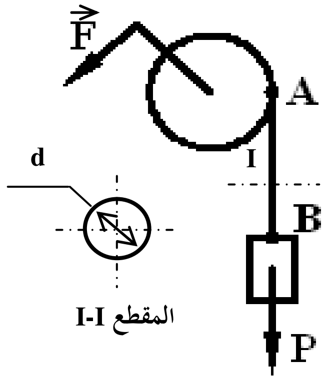


بما أن الجملة متناظرة فإن :

$$N_A = N_B = \frac{p}{2} = 0.205\ KN$$

ملاحظة : يمكن الحصول على هذه النتائج بكتابة معادلات العزوم بالنسبة إلى A ثم B.

التمرين الثالث :



ملفاف آلة يستعمل لرفع حمولة $P = 5000N$

بواسطة حبل معدني مصنوع من الفولاذ :

الإجهاد المسموح به: $\overline{\sigma} = 25\ N/mm^2$

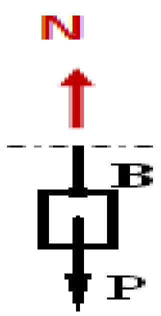
و معامل المرونة: $E = 2x\ 10^5\ N/mm^2$

المطلوب :

- ما نوع الجهد الذي يتعرض إليه الحبل AB؟ و ما هي شدته ؟
- حساب القطر d للحبل $\overline{AB}$ اللازم لرفع الحمولة P .
- حساب مقدار استطالة الحبل علما أن طوله الابتدائي : $L_{AB} = 2m$

الحل :

- الجهد الذي يتعرض له الحبل :



هو عبارة عن جهد شد ومقداره :

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow +N - P = 0$$

$$\rightarrow N = P = +5000N$$

- حساب القطر:

لدينا :

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq \bar{\sigma} \rightarrow \frac{A}{N} \geq \frac{1}{\bar{\sigma}} \rightarrow A \geq \frac{N}{\bar{\sigma}} \rightarrow \frac{\pi.d^2}{4} \geq \frac{N}{\bar{\sigma}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4}{\pi}.\frac{N}{\bar{\sigma}}}$$

$$\rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4}{\pi}.\frac{5000}{25}} = 15.96\ mm$$

نأخذ: d = 16mm

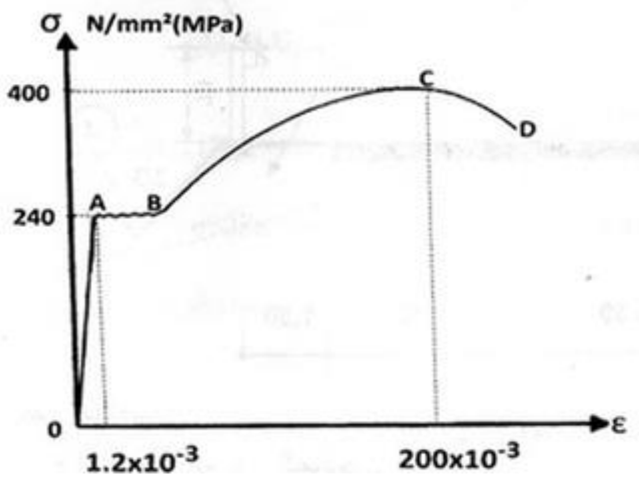
- استطالة الحبل :

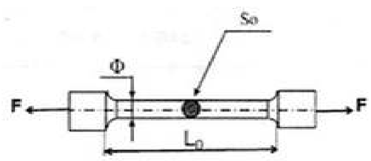
$$\Delta l = \frac{N.L}{E.A} = \frac{5000 \times 2000}{2 \times 10^5 \times 200.96} \approx 025mm$$

حيث: $A = \frac{\pi.d^2}{4} = 200.96\ mm^2$

التمرين الرابع :

أجريت تجربة على نموذج فولاذي، طوله الابتدائي L_0؛ ومساحة مقطعه $S_0=150mm^2$، فأعطى المنحنى البياني المقابل :





المطلوب :

- ما اسم هذه التجربة ؟
- استخرج من المنحنى : إجهاد حد المرونة σ_e والاستطالة النسبية المرافقة ε_e
- احسب معامل المرونة الطولي : E
- استخرج من المنحنى إجهاد الانكسار σ_r والاستطالة النسبية المرافقة ε_r
- استنتج القوة القصوى المطبقة في هذه التجربة F_{max} .

الحل :

- اسم التجربة : تجربة الشد البسيط

- إجهاد حد المرونة والتشوّه الموافق:

من المنحنى نقرأ: $\sigma_e = 240MPa$

$$\varepsilon_e = 1.2 \times 10^{-3}$$

- معامل المرونة الطولي: بتطبيق قانون "هوك" نجد :

$$\sigma_e = E.\varepsilon_e \rightarrow E = \frac{\sigma_e}{\varepsilon_e} = 2.10^5 MPa$$

- إجهاد الانكسار والتشوّه الموافق:

من المنحنى نقرأ: $\sigma_r = 400MPa$

$$\varepsilon_r = 200 \times 10^{-3}$$

- القوة القصوى: القوة القصوى هي الموافقة لإجهاد الانهيار، ومنه:

$$\sigma_r = \frac{F_{max}}{S_0} \rightarrow F_{max} = \sigma_r . S_0 = 400 \times 150 = 60000N = 60KN$$

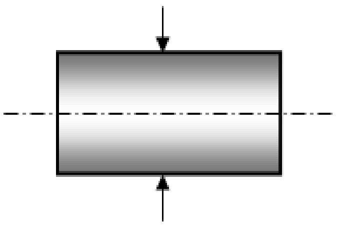
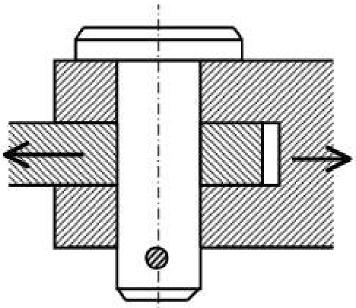
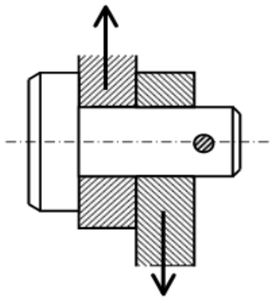
....

القص البسيط

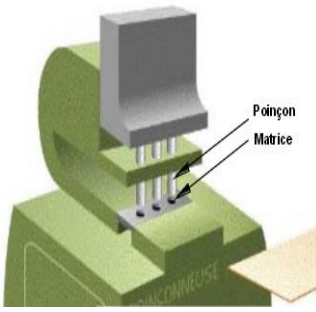
1) تعريف القص :

رأينا في الدرس السابق(الشد والضغط) أن الجهود المحورية تكون عمودية على مستوى السطح.

أما إذا أثّرت على امتداد هذا المستوى قوة خارجية بحيث تكون منزلقة ومماسية للسطح فإنّ الجسم يخضع لقوة قصّ.

تمثل عمليات قصّ قضبان التسليح وعمليات الثقب والوصلات الملحومة أمثلة عملية لأنظمة تخضع لقوى القص.

2) الإجهاد المماسيّ :

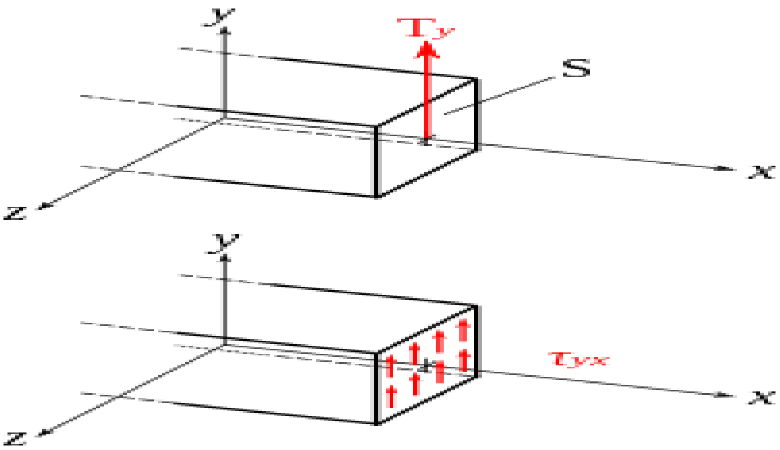
نرمز لجهد القص– ويسمى أيضا بالجهد القاطع– بالحرف (T)

يطلق على جهد القصّ مقسوما على المساحة المؤثر عليها تسمية:الإجهاد المماسيّ .

يرمز للاجهاد المماسي بالحرف τ ويحسب بالعلاقة :

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

وحدة الإجهاد المماسي هي : N/cm^2



4) شرط المقاومة :

للتأكد من مقاومة جسم معين لقوة القص نقوم بـــ :

- حساب الإجهادات المماسية المؤثرة على الجسم.
- مقارنة الإجهاد المماسي الأعظمي بالإجهاد المسموح به.
- يتحقق شرط المقارنة إذا تحقق الشرط التالي :

$$\tau max = \overline{\tau}$$

حيث:

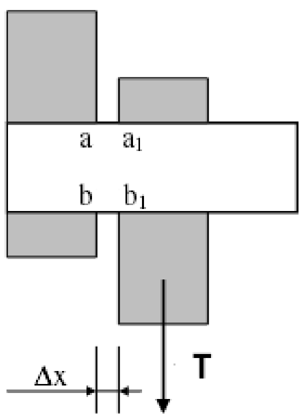
τmax : الإجهاد المماسي الأعظمي.

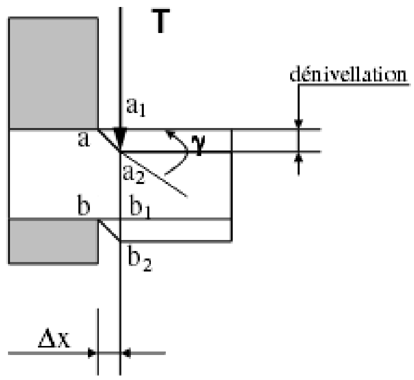
$\overline{\tau}$: الإجهاد المماسي المسموح به.

5) قانون هوك :

نفرض أنه لدينا رافدة مدمجة، تخضع لجهد قص (T) يبعد عن المسند بمسافة (Δx) .

تحت تأثير الجهد(T)تنزاح النقطتان: " a_1 " و " b_1" إلى النقطتين:" a_2 " و" b_2 " على التوالي :





نسمي : (γ) : زاوية القص أو زاوية الانزلاق، وتعطى بالراديان.

وقد أظهرت التجارب – إلى حدود معينة – وجود علاقة خطية بين قوة القص و تشوهات القص، و بعبارة أخرى بين إجهادات القص و زاوية القص.

هذه العلاقة تسمى قانون هوك لحالة القص وهي :

$$\tau = G.\gamma$$

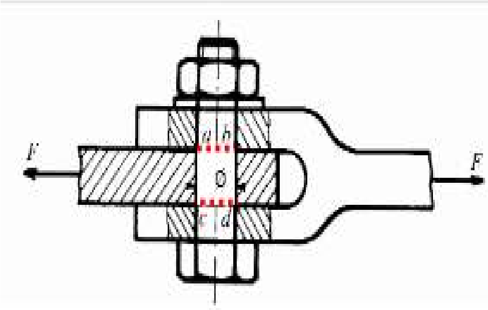
حيث :

G : معامل المرونة العرضي ، وهو يتعلّق بنوع المادة :

المادّة	المعامل (G) –N/cm^2–
الفولاذ	8×10^4
النحاس	$4,5 \cdot 10^4$ إلى $4,8 \cdot 10^4$
الألمنيوم	$2,7 \cdot 10^4$ إلى $3,2 \cdot 10^4$

تمارين وتطبيقات :

التمرين الأول:



نعتبر الوصلة المربوطة ببرغي كما هو موضح في الشكل

القوة المطبقة : F= 30 KN .

- إذا علمت أن الإجهاد المماسي المسموح به يساوي 100Mpa أحسب قطر البرغي المناسب حتى يعمل العنصر بأمان ؟

الحل :

- قطر البرغي المناسب:

إن القوة (F) تؤثر عبر كل من مستويي المقطعين:(a–b) و (c–d) ، أي أن المساحة في هذا التطبيق تساوي S =2A

ولتحقيق شرط المقاومة يجب التأكد من :

$$\tau = \frac{T}{2A} \leq \bar{\tau}$$

بحل هذه المتراجحة نجد :

$$A \geq \frac{T}{2\bar{\tau}}$$

$$A \geq \frac{30.10^3}{2.100}$$

$$A \geq 150\ mm^2$$

وحيث:

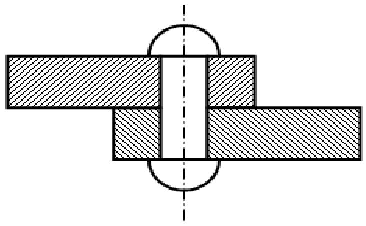
$$A = \pi R^2 = \pi.\frac{D^2}{4} \rightarrow D^2 = \frac{4A}{\pi}$$

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4.150}{3.14}} = 13.80\ mm$$

نأخذ : D= 14 mm

التمرين الثاني:

لوصل صفيحتين من الألمنيوم نستعمل مسمار برشام قطره D= 20mm .



- إذا علمت أن F=50 KN ، أحسب الإجهاد المماسيّ الناشئ في المسمار ؟
- إذا كان معامل المرونة العرضي $G=3.10^4 N/mm^2$ أحسب زاوية القص γ؟

الحل :

- الإجهاد المماسي : نعلم :

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

$$F = 50kN = 50.10^3 N$$

$$s = \pi.r^2 = \pi.10^2 = 314\ mm^2$$

ومنه :

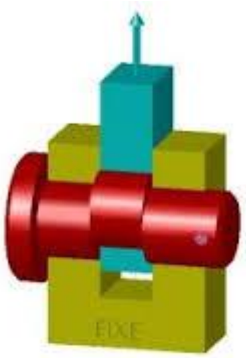
$$\tau = \frac{50000}{314} = 159.24\ N/mm^2$$

- زاوية القص: نعلم $\tau = G.\gamma \rightarrow \gamma = \frac{\tau}{G}$

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{159.24}{3.10^4} = 0.0053 Rad$$

التمرين الثالث :

- ما هي قيمة القوة (F) الواجب تطبيقها لكسر قضيب دائري من الفولاذ ؟



نعطي :

- قطر القضيب: (ϕ)=25 mm
- إجهاد القصّ المسموح به :

$\bar{\tau} = 800Mpa$

<u>الحل :</u>

- يتم كسر هذا القضيب بقص مساحتي(مقطعي) القضيب الدائري 2A

وبناء على ذلك تكتب علاقة شرط المقاومة كما يلي :

$$\tau = \frac{T}{S} = \frac{F}{2A} < \bar{\tau}$$

بحل هذه المتراجحة نجد القوة التي تحقق شرط المقاومة :

$$F < 2A\bar{\tau}$$

حيث : $A = \pi.r^2 = 3,14.12,5^2 = 491\ mm^2$

$$2A\bar{\tau} = 2.491.800 = 785600N = 785.6\ KN$$

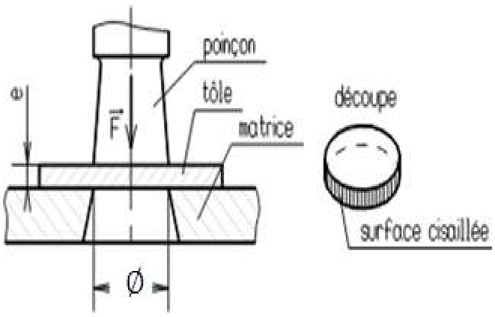
وعليه فإن تحقيق شرط المقاومة يكون بقيم : $F < 785.6\ kN$

ويتم الكسر بتجاوز هذه القيمة .

<u>التمرين الرابع :</u>

استعملت مقرضة ذات قطر $\emptyset = 20\ mm$ لثقب صفيحة معدنية ذات سمك $e = 6mm$

نعطي: $F = 5.10^3\ DaN$



المطلوب :

- أحسب إجهاد الانضغاط على المقرضة ؟
- أحسب الإجهاد المماسي على الصفيحة ؟

الحل :

- حساب إجهاد الانضغاط :

نعلم : $\sigma = \frac{N}{S} = \frac{F}{S}$

$$S = \pi.r^2 = 3,14.10^2 = 314\ mm^2$$

$$F = 5.10^3 DaN = 5.10^4\ N$$

ومنه : $\sigma = \frac{5.10^4}{314} = 159.24 N/mm^2 = 159.24 Mpa$

- حساب إجهاد القص :

في هذه الحالة نلاحظ أن مساحة القص :

$$A = 2\pi r.e = 2\pi.6.10 = 376.8 mm^2$$

وعليه فإن إجهاد القص :

$$\tau = \frac{T}{A} = \frac{F}{A} = \frac{5.10^4}{376.8} = 132.70 \mathrm{N/mm^2} = 132.70 \mathrm{Mpa}$$

....

الأنظمة المثلثية

1)تعريف النظام المثلثي :

النظام على شكل مثلثات هو عبارة عن مجموعة من القضبان المستقيمة المتصلة ببعضها البعض عند نقاط تسمى بالعقد بحيث تكون في المجموعة جسما متلاحما.

مجموعة القضبان تشكل - عادة - فيما بينها مثلثات وهي قد تكون فولاذية (حديدية) أو خشبية، وتستعمل غالبا لحمل غماء البناءات الصناعية أو كعناصر حاملة في إنشاءات الجسور.

2) الخواص التقنية للأنظمة المثلثية :

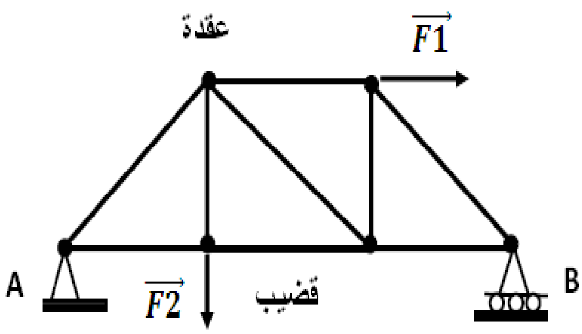
- القضبان قطع مستقيمة نفرض أنها ذات كتلة مهملة.
- نقطة التقاء هذه القضبان عبارة عن وصلات تسمى الواحدة منها عقدة.
- هذه العقد لا تمنع الحركات الزاوية للقضبان فيما بينها و بالتالي فإن كل قضيب يستطيع الدوران بحرية عند مستوى العقدة.
- نفرض أن الجهود الخارجية التي تؤثر على النظام الثلاثي مطبقة على العقد.
- حتى يكون النظام مستقرا يجب أن نتأكد من أنه " أحادي السكون "، وذلك بالتحقق من صحة الشرط التالي :

$$b+3=2n$$

حيث : - b: عدد القضبان .

-n: عدد العقد .

وكمثال على ذلك فإنه بالنسبة للشكل المقابل



b=9 , n =6

b+3 =9+3=12

2n=2.6=12

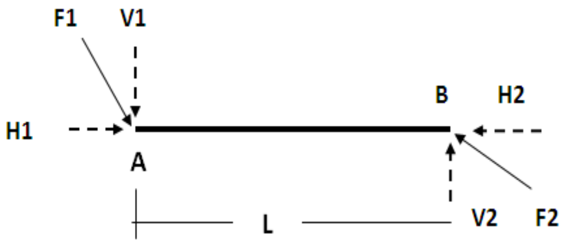
نلاحظ أن : b+3 =2n =12 ، ومنه فإن هذا النظام المثلثي أحادي السكون .

3)توازن القضبان :

إن الهدف من دراسة النظام المثلثي هو معرفة توازن النظام ومقدار صلابته، وهذه المعرفة لا تتم إلا بعد تحديد الجهود الداخلية للقضبان والناتجة عن الأحمال الخارجية.

من أجل تبسيط هذه المعرفة نأخذ قضيبا منعزلا محدد عند حافتيه بعقدتين AوB، و تحت تأثير قوتين كيفيتين F1 و F2 تحللان إلى مركبتين إحداهما شاقولية والأخرى أفقية.

ل



- **إن كتابة معادلات التوازن لهذا القضيب تسمح بكتابة :**

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow +H1 - H2 = 0 \rightarrow H1 = H2$$

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow -V1 + V2 = 0 \rightarrow V1 = V2$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow -V2.L = 0 \rightarrow V2 = 0$$

الخلاصة :

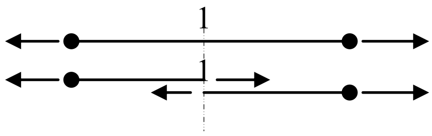
$$V1 = V2 = 0$$

$$H1 = H2$$

- **النتيجة : إن الجهود المؤثرة على قضيب هي جهود حسب المحور الطولي الذي يقع على نفس استقامة القضيب،وهذه الجهود تكون على نوعين :-**
  - **جهود شد .**
  - **جهود ضغط.**

- نصطلح على اتجاه هذه الجهود داخل قضيبٍ مَا حسب حالة الشد أو الضغط كما يلي:

نأخذ حالة قضيب تحت تأثير جهد خارجي للشد:



نقوم بإنجاز مقطع 1-1 داخل هذا القضيب :

حتى يبقى كل جزء في حالة توازن نقبل بوجود جهد داخلي محوري مساوٍ في المقدار ومعاكسٍ في الاتجاه للقوة الخارجية المطبقة على القضيب.

- <u>ملاحظة :</u> باستعمال نفس الطريقة السابقة نمثل الجهود الداخلية المحورية في حالة الضغط.

4) حساب الجهود الداخلية :

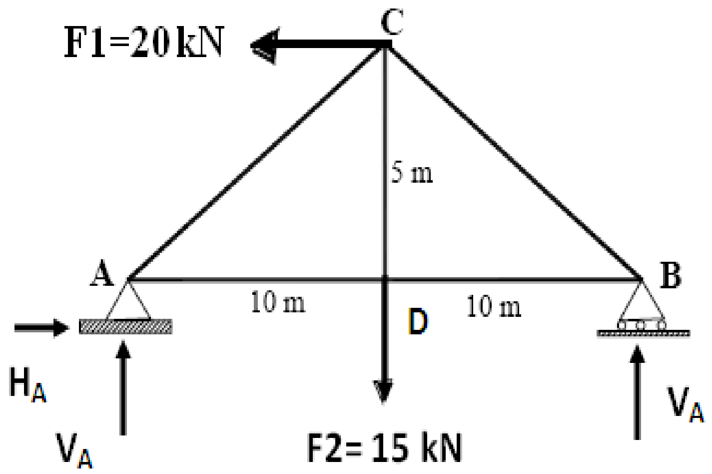
- يتم حساب الجهود الداخلية بيانيا أو تحليليا ، وبالنسبة للطريقة التحليلية فإنها تسمى أيضا بطريقة العقد ؛ وهي صالحة للاستعمال بعد حساب قوى رد الفعل عند مستوى المساند.

- نفرض نظاما مثلثيا تحت تأثير قوى خارجية مطبقة عند العقد.
- نأخذ كل عقدة بشكل مستقل مع تمثيل كل القوى الخارجية الموضعية.
- نقوم بإبراز الجهود المحورية داخل القضبان، ثم نقوم بكتابة معادلات التوازن التي تسمح لنا بحساب هذه الجهود.
- نلاحظ أنه ينبغي إجراء الحسابات بحيطة بالغة وهذا من أجل اجتناب الخطأ لأن الخطأ في العقدة الأولى يؤثر على باقي النتائج.

- مثال :

لحساب الجهود الداخلية بالنسبة للنظام المثلثي المقابل نقوم بالخطوات التالية :

- التأكد من أحادية السكون



b=5 , n =4

b+3 = 2n

5+3= 2.4

8=8محققة

• حساب ردود الفعل :

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow +HA - F1 = 0 \rightarrow HA = +F1 = 20\ KN$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow -VB.20 + F2.10 - F1.5 = 0$$

$$VB = \frac{10.F2 - 5.F1}{20} = +2.5\ KN$$

$$\sum \overrightarrow{M/B} = \vec{0} \rightarrow +VA.20 - F2.10 - F1.5 = 0$$

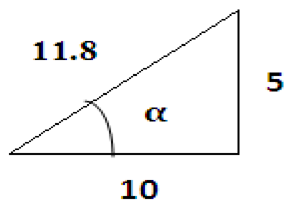
$$VB = \frac{10.F2 + 5.F1}{20} = +12.5\ KN$$

نتأكد بالعلاقة :

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow \mathbf{VA + VB - F2} = 0 \rightarrow 2.5 + 12.5 - 15 = 0$$

محققة.

• حساب الجهود الداخلية :

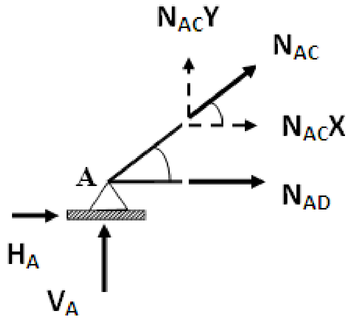


$$L = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.18$$

$$\sin\alpha = \frac{5}{11.18} = 0.447$$

$$\cos\alpha = \frac{10}{11.18} = 0.894$$

العقدة A:



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow +\mathrm{VA} + \mathrm{N_{AC}Y} = 0$$

$$VA + N_{AC}.\,sin\alpha = 0$$

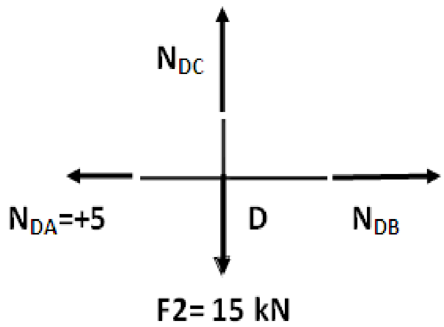
$$N_{AC} = \frac{-VA}{sin\alpha} = -27.96(\text{ضغط})$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow +\mathrm{HA} + \mathrm{N_{AD}} + \mathrm{N_{AC}X} = 0$$

$$N_{AD} = -HA - N_{AC}X$$

$$N_{AD} = -HA - N_{AC}.\,cos\alpha = -20 + 25 = +5\ (\text{شد})$$

العقدة D:



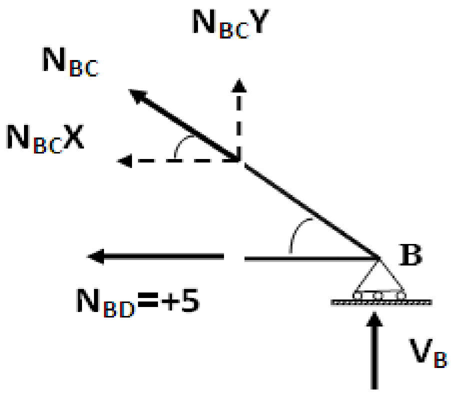
$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow +\mathrm{N_{DC}} - \mathrm{F2} = 0$$

$$N_{DC} = F2 = +15(\text{شد})$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow +\mathrm{N_{DB}} - N_{DA} = 0$$

$$\mathrm{N_{DB}} = N_{DA} = +5\ (\text{شد})$$

العقدة B :



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow \mathrm{VB} + \mathrm{N_{BC}Y} = 0$$

$$\mathrm{VB} + \mathrm{N_{BC}}.\,\mathrm{sin\alpha} = 0$$

$$N_{BC} = \frac{-VB}{sin\alpha} = -5.6\ (\text{ضغط})$$

يمكن حساب هذه القيمة الأخيرة (التأكد) بكتابة:

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow -N_{BD} - \mathrm{N_{BC}X} = 0$$

$$N_{BC} = \frac{-N_{BD}}{\cos\alpha} = -5.6(\text{ضغط})$$

5) الإجهادات الداخلية :

بما أن الجهود الداخلية للأنظمة المثلثية هي جهود محورية ناظمية (للشد أو الضغط) فإن الاجهادات بدورها هي إجهادات محورية ناظمية وتعطى بالعلاقة :

$$\boldsymbol{\sigma} = \frac{\boldsymbol{N}}{\mathbf{A}}$$

حيث :

N: الجهد الناظمي

A: مساحة مقطع القضيب .

σ: الإجهاد الناظمي .

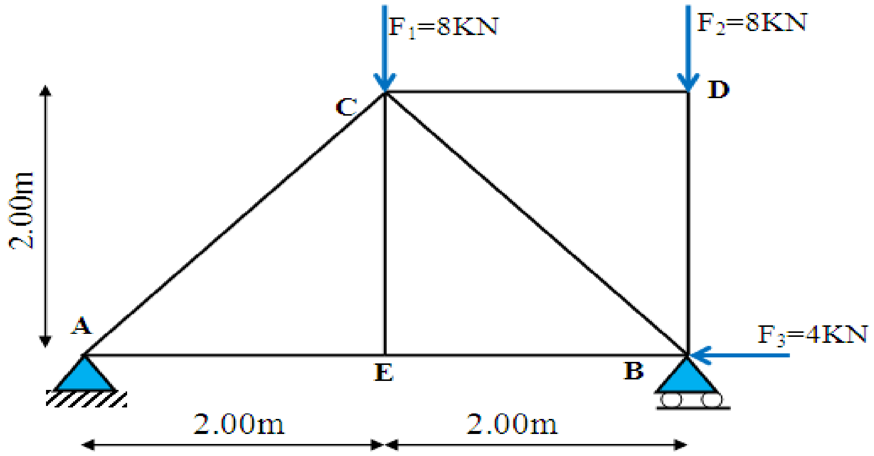
ولتحقيق شرط المقاومة بالنسبة للنظام المثلثي ، نعتبر القضيب الأكثر تحميلا ، ونتحقق من أن إجهاده (الأعظمي) يبقى دائما اقلّ أو يساوي الإجهاد المسموح به :

$$\boldsymbol{\sigma}_{max} \leq \overline{\boldsymbol{\sigma}}$$

....

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول : ليكن لدينا النظام المثلثي المبين .



العمل المطلوب:

1) تأكد من أحادية سكون النظام.

2) أحسب ردود الأفعال في المسندين A و B .

3) عيّن الجهود الداخلية في القضبان: DB،CD،AE،AC باستعمال طريقة عزل العقد.

4) دوّن النتائج المحصّل عليها في جدول،مبينا شدة وطبيعة الجهود الداخلية.

الحل :

1-أحادية السكون : b=2n-3

b=7,n=5

7=2.5-3 محققة

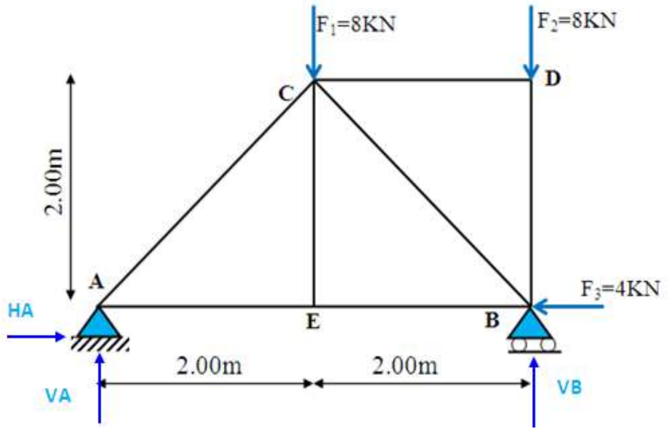
2-حساب ردود الفعل:

$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow \mathrm{H_A} - \mathrm{F_3} = 0$$

$$H_A = +4$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow -4.V_B + 2.F_1 + 4.F_2 = 0$$

$$V_B = \frac{2F_1+4.F_2}{4} = +12$$



$$\sum \overrightarrow{M/B} = \vec{0} \rightarrow$$

$$4.V_A - 2.F_1 = 0$$

$$V_A = \frac{F_1}{2} = +4$$

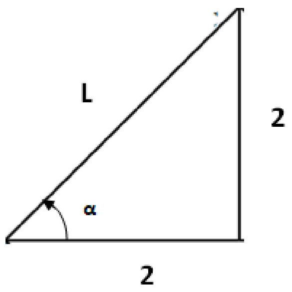
نتأكد :

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0}$$

$$\rightarrow \mathrm{V_A} + \mathrm{V_B} = \mathrm{F_1} + \mathrm{F_2}$$

4+12=8+8

16=16



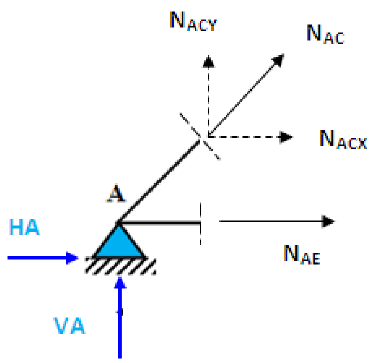
3-حساب الجهود الداخلية:

العقدة A:

$$\mathrm{L}=\sqrt{2^2+2^2} = 2.82$$

$$\sin\alpha = \frac{2}{2.82} = 0.707$$

$$\cos\alpha = \frac{2}{2.82} = 0.707$$



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow V_A + N_{ACY} = 0$$

$$V_A + N_{AC}.\sin\alpha = 0$$

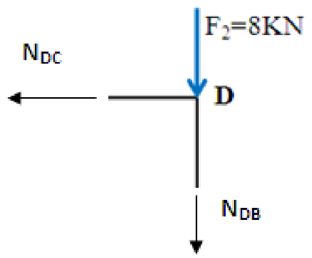
$$N_{AC} = \frac{-V_A}{\sin\alpha} = -5.66(C)$$

$$N_{AE} + H_A + N_{ACX} = 0\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0}$$

$$=0 \rightarrow N_{AE} + H_A + N_{AC}.\cos\alpha$$

$$N_{AE} = -H_A - N_{AC}.\cos\alpha = 0$$

العقدة D:



$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow N_{DC} = 0$$

$$\rightarrow -N_{DB} - F_2 = 0\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0}$$

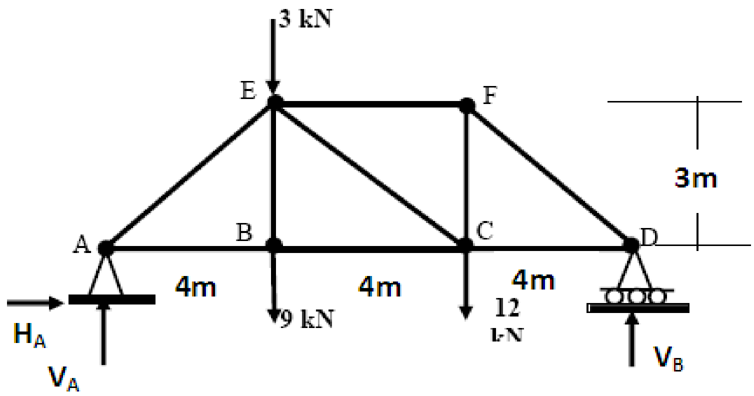
$$= -8(C) N_{DB} = -F_2$$

4-تدوين النتائج:

الطبيعة	الشدة	الجهود الداخلية
C	-5.66	NAC
-	0	NAE
C	-8	NDB
-	0	NDC

التمرين الثاني:

المطلوب : حساب قيمة وطبيعة الجهود الداخلية في النظام المثلثي المقابل :



الحل :

- نتأكد من أحادية سكون النظام المثلثي :

عدد القضبان : قض = 7.

عدد العقد : ن = 5.

لدينا : قض + 3 = 7 + 3 = 10. و : 2 ن = 10.

القيمتان متساويتان، وبالتالي فالنظام أحادي السكون.

- نقوم بحساب ردود الفعل عند المساند :

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow HA = 0$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow -VB.12 + 12.8 + 3.4 + 9.4 = 0$$

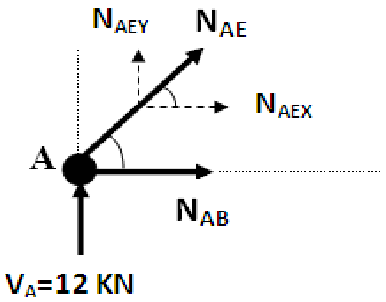
$$VB = \frac{144}{12} = 12$$

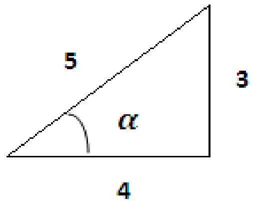
$$\sum \overrightarrow{M/B} = \vec{0} \rightarrow +VA.12 - 3.8 - 9.8 - 12.4 = 0$$

$$VA = \frac{144}{12} = 12$$

نتأكد بالعلاقة : $VA + VB - 12 - 9 - 3 = 0 \rightarrow 24 - 24 = 0$

- نقوم بترقيم العقد في النظام المثلثي المعطى .
- المرحلة التالية نعزل فيها العقد - عقدة عقدة-ونقوم بحساب الجهود الداخلية المحورية (N)، وهذا بكتابة معادلات التوازن في كل عقدة :-

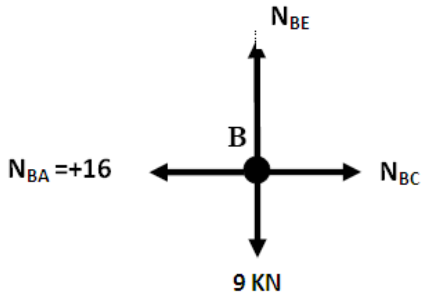




$$L = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5$$

$$6\sin\alpha = \frac{3}{5} = 0.$$

$$\cos\alpha = \frac{4}{5} = 0.8$$



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow +VA + N_{AEY} = 0$$

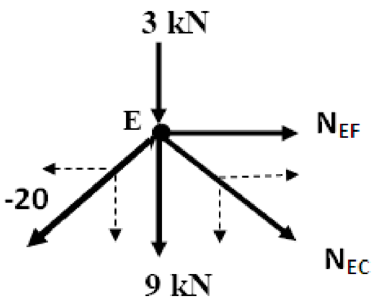
$$\rightarrow VA + N_{AE}.\sin\alpha = 0$$

$$N_{AE} = \frac{-VA}{sin\alpha} = \frac{-12}{0.6} = -20 \text{ (ضغط)}$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow +N_{AB} + N_{AEX} = 0$$

$$\rightarrow N_{AB} = -N_{AE}.\cos\alpha = +16 \text{(شد)}$$

العقدة B:



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow N_{BE} - 9 = 0$$

$$N_{BE} = +9 \text{(شد)}$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow -N_{BA} + N_{BC} = 0$$

$$N_{BC} = +N_{BA} = +16 \text{(شد)}$$

العقدة E:

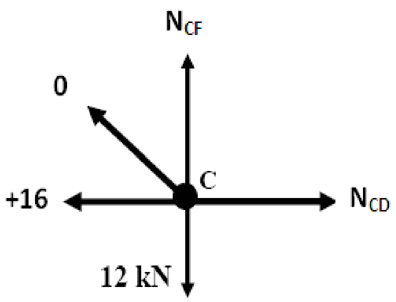
$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow -3 - 9 - (-20)\sin\alpha - N_{EC}.\sin\alpha = 0$$

$$N_{EC} = \frac{-12 + 20.sin\alpha}{sin\alpha} = +0$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow -(-20)\cos\alpha + N_{EC}\cos\alpha + N_{EF} = 0$$

$$N_{EF} = +(-20)\cos\alpha - N_{EC}\cos\alpha = -16 \text{(ضغط)}$$

العقدة C:



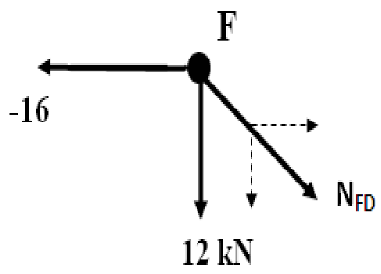
$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow -12 + N_{CF} = 0$$

$$N_{CF} = +12 \text{ (شد)}$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow -16 + \mathrm{N_{CD}} = 0$$

$$\mathrm{N_{CD}} = +16 (\text{شد})$$

<u>العقدة F:</u>



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow -12 - N_{FD}.\sin\alpha = 0$$

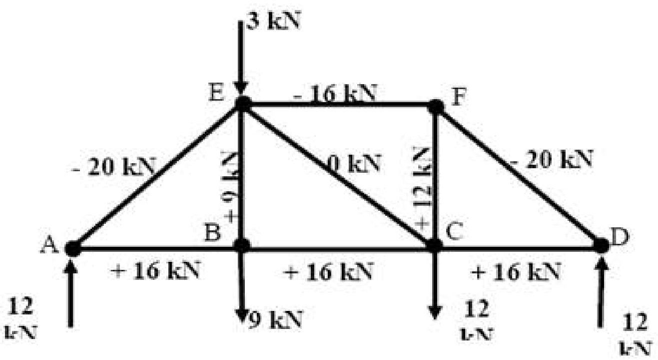
$$N_{FD} = \frac{-12}{\sin\alpha} = -20 (\text{ضغط})$$

يمكن حساب هذا الجهد (من باب التأكد) بكتابة:

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow -16 + N_{FD}.\cos\alpha = 0$$

$$-(-16) + N_{FD}.\cos\alpha = \frac{-16}{\cos\alpha} = -20 (\text{ضغط})$$

- بعد حساب كل الجهود المحورية، نقوم بتمثيل النظام المثلثي مع إبراز الجهود الداخلية.

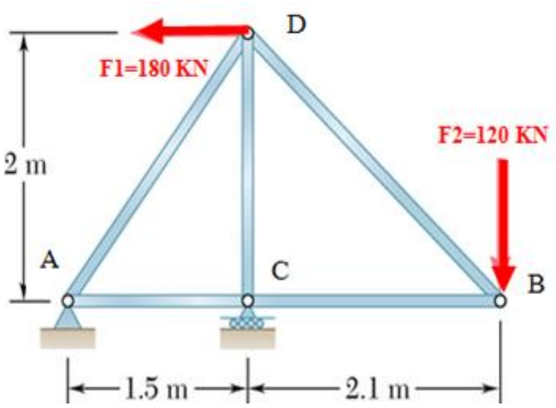


<u>الإشارة:</u>

+ قوة شد

− قوة ضغط

<u>التمرين الثالث:</u>



ليكن لديك النظام المثلثي المقابل.

- تأكد من أحادية سكون النظام
- أحسب ردود الفعل عند المساند.
- أحسب الجهود الداخلية N بالطريقة الحسابية .
- إذا علمت أن المجنبات المستعملة من نوع IPN و أن $\overline{\sigma} = 1600\ \mathrm{DaN}$ ما هو المجنب المناسب الذي يحقق شرط المقاومة .

__الحل :__

- أحادية السكون :

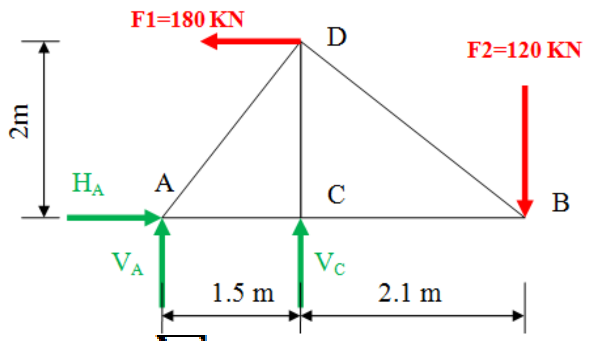
$$b+3=2n$$

$$B=5,\ n=4$$

$$5+3=2.4=8$$

محققة

- ردود الفعل :



$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow$$
$$H_A - F_1 = 0$$
$$H_A = F_1 = +180$$

$$\sum \overrightarrow{M/_C} = \vec{0} \rightarrow V_A \times 1.5 + F_2 \times 2.1 - F_1 \times 2 = 0$$

$$V_A = \frac{1}{1.5}(-F_2 \times 2.1 + F_1 \times 2) = 72KN$$

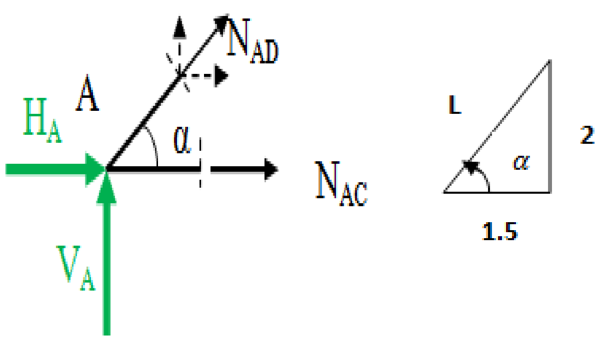
$$\sum \overrightarrow{M/_A} = \vec{0} \rightarrow -V_C \times 1.5 + F_2 \times 3.6 - F_1 \times 2 = 0$$

$$V_C = \frac{1}{1.5}(+F_2 \times 3.6 - F_1 \times 2) = 48\ KN$$

نتأكد بـِ:

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A + V_C - F_1 = 0 \rightarrow 72 + 48 - 120 = 0$$

- حساب الجهود الداخلية N:



$$L = \sqrt{1.5^2 + 2^2} = 2.5$$
$$\sin\alpha = \frac{2}{2.5} = 0.8$$
$$\cos\alpha = \frac{1.5}{2.5} = 0.6$$

العقدة A:

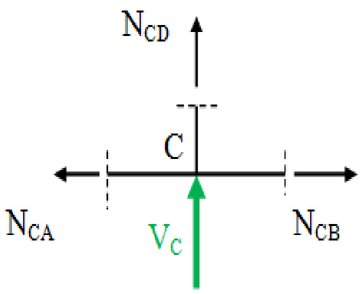
$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A + N_{ADY} = 0 \rightarrow V_A + N_{AD}.\sin\alpha = 0$$

$$N_{AD} = \frac{-V_A}{\sin\alpha} = -90$$

$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow H_A + N_{ADX} + N_{AC} = 0 \rightarrow H_A + N_{AD}.\cos\alpha + N_{AC} = 0$$

$$N_{AC} = -H_A - N_{AD}.\cos\alpha = -126$$

العقدة C :



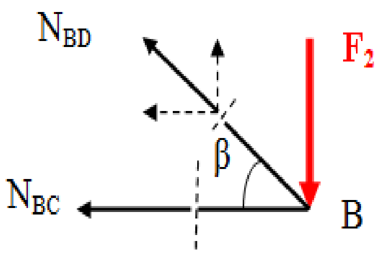
$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow N_{CB} - N_{CA} = 0 \rightarrow$$

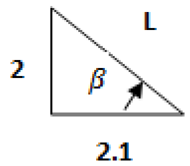
$$N_{CB} = N_{CA} = -126$$

$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow N_{CD} + V_C = 0 \rightarrow$$

$$N_{CD} = -V_C = -48$$

العقدة B:





$$L = \sqrt{2.1^2 + 2^2} = 2.9$$

$$\sin\alpha = \frac{2}{2.9} = 0.690$$

$$\cos\alpha = \frac{2.1}{2.9} = 0.724$$

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow -F_2 + N_{BDY} = 0 \rightarrow -F_2 + N_{BD}.\sin\beta = 0$$

$$N_{BD} = \frac{+F_2}{\sin\beta} = 173.91 \approx 174$$

$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow -N_{BDX} - N_{BC} = 0 \rightarrow -N_{BD}.\cos\beta - N_{BC} = 0$$

$$N_{BC} = -N_{BD}.\cos\beta = -125.98 \approx -126$$

في النهاية نلخص النتائج في جدول كما يلي :

العقدة	القضيب	الشدة (KN)	الطبيعة
A	AD	90	انضغاط
	AC	126	انضغاط
C	CB	126	انضغاط
	CD	48	انضغاط
B	BD	174	شد

- المجنب المناسب :

ينص شرط المقاومة على: $\sigma_{max} = \frac{N_{max}}{A} \leq \overline{\sigma}$

$$A \geq \frac{N_{max}}{\overline{\sigma}} \rightarrow A \geq \frac{174.10^2}{1600} = 10.88cm^2$$

من جدول المجنبات أدناه نأخذ المجنب **IPN120**

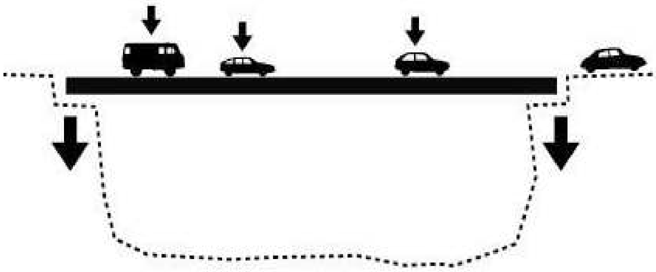
S (cm²)	$W_{xx} = \frac{I_{xx}}{V}$	I_{xx} (cm²)	e (mm)	b (mm)	h (mm)	IPN
7.58	19.5	77.8	3.9	42	80	80
10.6	34.2	171	4.5	50	100	100
14.2	54.7	328	5.1	58	120	120
18.3	81.9	573	5.7	66	140	140
22.8	117	935	6.3	74	160	160

....

الانحناء البسيط

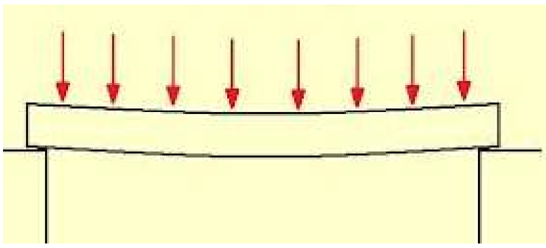
1) تعريف الانحناء البسيط :

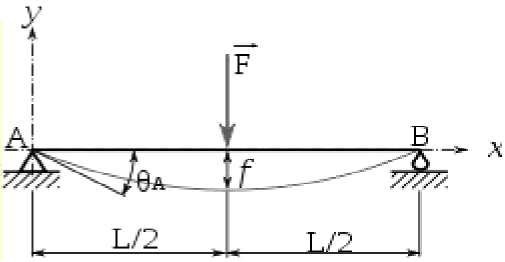
نلاحظ في الحياة العملية أنه غالبا ما تخضع القضبان والروافد لتأثير الأحمال العرضية التي يقطع مستوى تأثيرها محور القضيب الطولي، وعند تأثير هذه الأحمال ينحني محور القضيب أو الرافدة.



نقصد بالانحناء البسيط الإزاحة الناتجة عن :

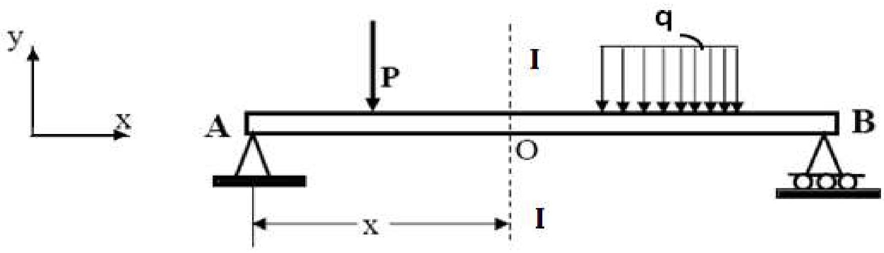
- تأثير القوة أو القوى العمودية على المحور الطولي لعارضة أو رافدة أو قضيب .
- تأثير العزم المطبق على مستوى المحور الطولي لعارضة أو رافدة أو قضيب .





2) تحديد القوى الداخلية عند الانحناء :

نفرض أنه لدينا رافدة ترتكز على مسندين :(A) و (B)، وتخضع لجملة من القوى الخارجية :



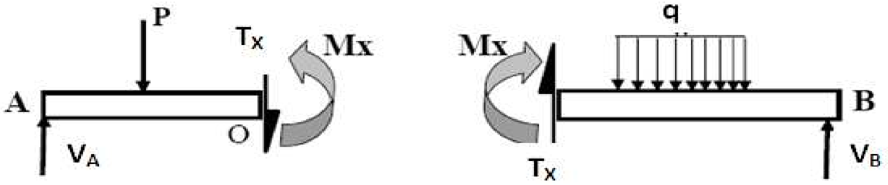
عند تحميل الرافدة يظهر في المقطع العرضي للرافدة قوتان داخليتان هما : عزم الإنحناء، والجهد القاطع (أو قوة القص).

لتحديد قيمة هذه القوى الداخلية عند أي مقطع، فإنه من الضروري معرفة القوى المحصلة والعزم المحصل عند هذا المقطع، بكتابة معادلات التوازن الستاتيكي.

لنعد إلى الشكل ، ولنفرض أنه طلب منا تحديد القوى الداخلية عند المقطع (I) – (I) ، الذي يبعد عن الحافة اليسرى للرافدة بمسافة (x) .

من أجل هذا نقوم بما يلي :

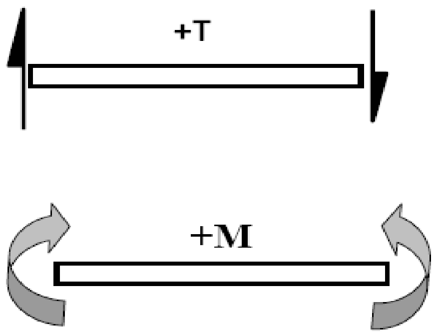
- **حساب ردود الفعل عند المسندين : (A) و (B).**
- **قطع الرافدة – ذهنيا – عند(I) – (I) ونحتفظ بالجزء الأيسر، فيما نزيل الجزء الواقع على يمين المقطع.**



- **استبدال الجزء الأيمن المنزوع بتأثيره على الجزء الأيسر وهذا التأثير يتكون من:**
  - ✓ **قوة قص عمودية، وتسمى بالجهد القاطع، ويرمز لها بالحرف : T(x)**
  - ✓ **عزم انحناء ويرمز له بالحرف : M(x)**

القوة T والعزم M يبقيان الجزء الأيسر في حالة توازن، تحت تأثير القوى الخارجية.

- **نقبل فيما يخص الإشارات الموجبة لكلٍّ من الجهد القاطع وعزم الانحناء الإشارات التالية :**
  - ✓ **الجهد القاطع الموجب : يدير في اتجاه عقارب الساعة .**



- **<u>وكخلاصة</u> :**

– نعرّف عزم الانحناء بالمجموع الجبري لعزوم القوى الخارجية على جانب واحد من المقطع : (I) – (I) ، ونرمز له بالحرف : M(x)

– نعرّف الجهد القاطع بالمجموع الجبري لجميع القوى العمودية على جانب واحد من المقطع (I) – (I) ، ونرمز له بالحرف : T(x)

3) حساب عزم الانحناء والجهد القاطع :

حتى يتسنى تحديد الجهود الداخلية بصفة شاملة في حالة الروافد الخاضعة للانحناء البسيط، يجب – بالدرجة الأولى – حساب وتحديد المعادلات المتعلقة بتغيرات الجهود الداخلية التي تمكن من إنشاء منحنيات عزوم الانحناء، وجهود القطع.

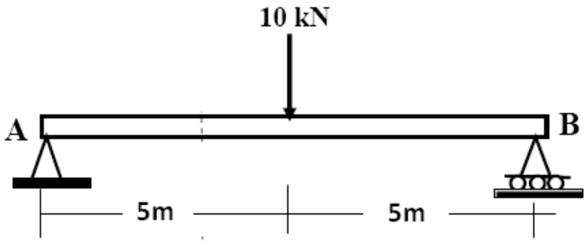
- في البداية يجب تحديد ردود الفعل عند المساند طبقا للقوانين الستاتيكية.
- في المرحلة الثانية نقطع –فرَضًا– الرافدة إلى جزأين ونحتفظ بالجزء الأيسر.
- ينبغي التذكير بأن الجزء الأيمن يؤثر على الجزء الأيسر بحيث تكون الحركة الأفقية والحركة العمودية والحركة الدورانية للجزء الأيسر بالنسبة إلى الجزء الأيمن منعدمة، وبمعنى أخر كل جزء يجب أن يكون في حالة توازن.
- كما تنبغي الإشارة إلى ضرورة إنجاز مقطع كلما تغيرت القوى الخارجية المؤثرة على الرافدة.

4) الرسوم البيانية لعزوم الانحناء وجهود القطع :

- لأجل الإيضاح البصري لطبيعة تغير عزم الانحناء والجهد القاطع على طول الرافدة، ولأجل تعيين المقاطع الخطرة، تخطط الرسوم البيانية .
- إن إنشاء منحنيات عزم الانحناء والجهد القاطع يعتمد على الترجمة البيانية لمعادلات تغيراتهما بدلالة الفاصلة (X)، انطلاقا من اليسار إلى اليمين (أو العكس)
- تتم عملية إنشاء مخططات عزم الانحناء والجهد القاطع بحساب قيم هذين الجهدين عند فواصل النقاط المحددة لبداية كل جزء ونهايته وتمثيلها بيانيا؛ ومجموع هذه الأجزاء يمثل المنحنى المراد إنشاؤه.
- تجدر الإشارة إلى أنه في حالة وجود قوة خطية موزعة – في جزء من الرافدة – لا نكتفي بقيمتي الجهد الحديتين، بل يجب – في كثير من الأحيان – حساب قيمة العزم في نقطة ثالثة " بينيّة " تختلف عن فاصلتي حافتي الجزء.

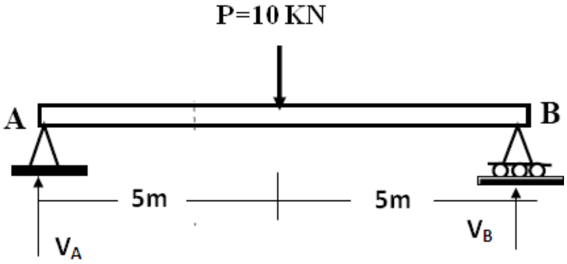
مثال (1) :حالة قوة نقطية: من أجل الرافدة الممثلة بشكل الستاتيكي التالي والخاضعة للقوة النقطية F نقوم بـ :

- كتابة معادلات عزم الانحناء و الجهد القاطع.
- رسم منحنييهما البيانيين.



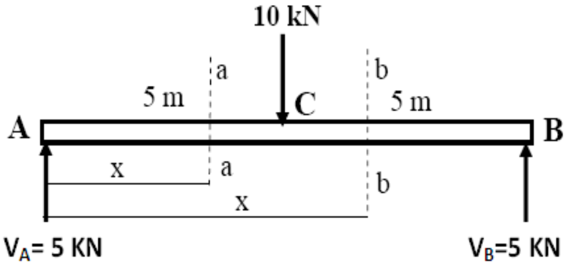
الحل :

- نقوم – أولا – بحساب ردود الفعل :



بما أن القوة P مطبقة في منتصف الرافدة فإن :

$$VA = VB = \frac{P}{2} = 5\ KN$$



- نقوم بانجاز المقاطع وكتابة معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء، وفي هذا المثال لدينا مقطعان

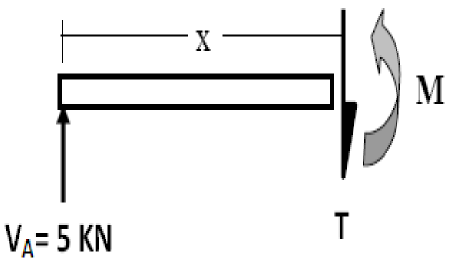
المقطع a–a: $0 \leq X < 5$

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow VA - T = 0$$

$$T = VA = 5$$

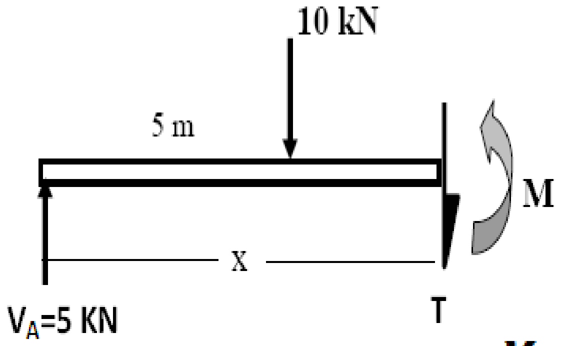
$$\sum \overrightarrow{M/0} = \vec{0} \rightarrow VA.X - M = 0$$

$$M = VA.X = 5.X$$



X	0	5
M	0	+25

المقطع b–b : $5 \leq x < 10$



$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow VA - 10 - T = 0$$

$$T = VA - 10 = -5$$

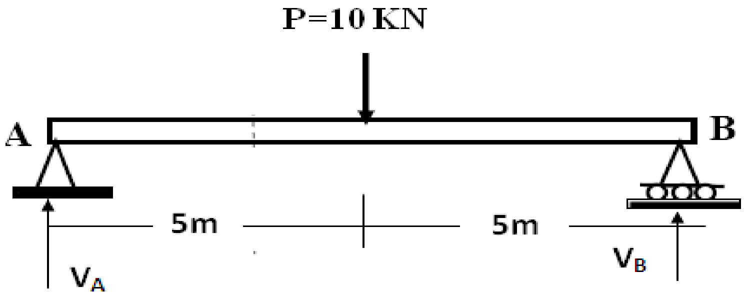
$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow$$

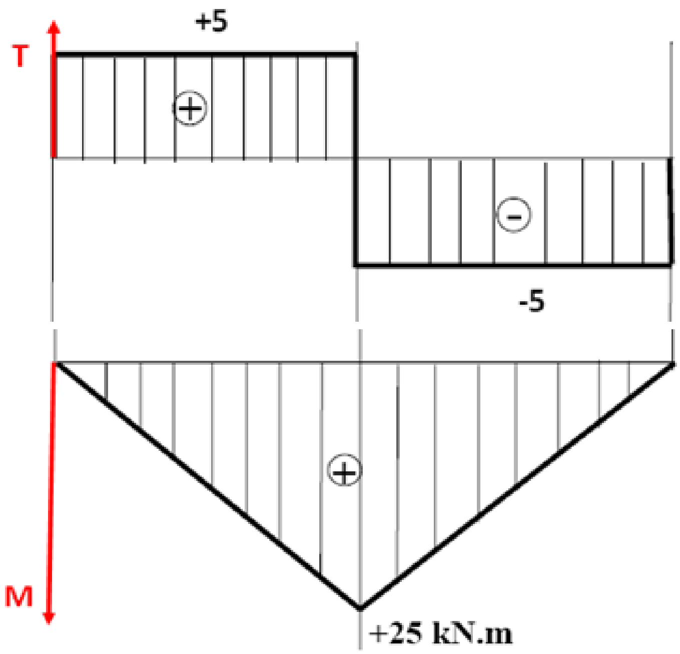
$$VA.X - 10(X - 5) - M = 0$$

$$M = VA.X - 10X + 50 = -5.X + 50$$

X	*5*	*10*
M	*+25*	*0*

- رسم منحنيي (T) و (M) : بالاعتماد على معادلات وقيم (T) و (M) في الجزئين السابقين نرسم منحنى الحمد القاطع و عزم الانحناء كما يلي :

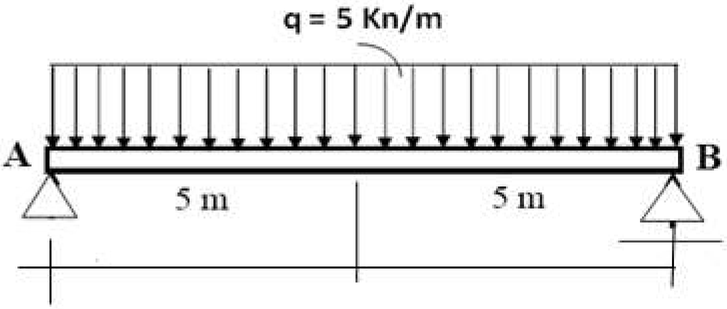




ملاحظة هامة : إن اختيار اتجاه عزم الانحناء الموجب إلى الأسفل أملاه الرغبة في الحصول على شكل بياني للمنحنى يشبه سلوك الرافدة تحت تأثير الأحمال المطبقة عليها

مثال (2) :حالة: قوة خطية :

- المطلوب كتابة معادلات تغيرات ورسم منحنيات عزم الانحناء والجهد القاطع بالنسبة لرافدة على مسندين (A) و(B)، تخضع لتأثير حمل منتظم التوزيع.

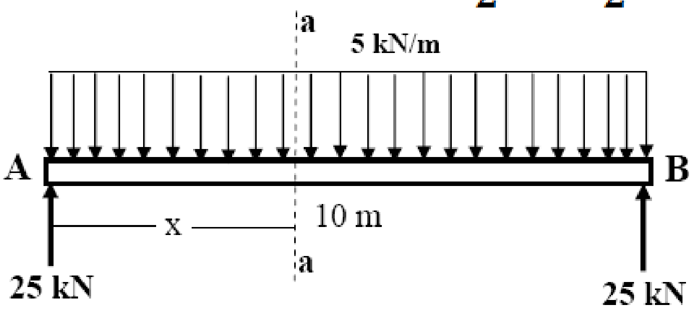


الحل :

- حساب ردود الفعل :

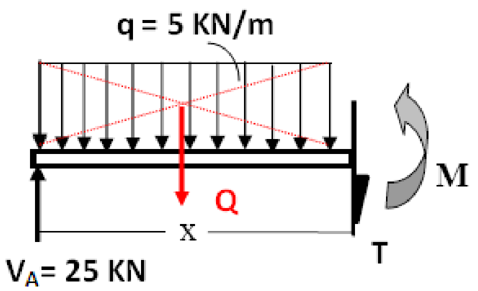
القوة الخطية موزعة بانتظام على طول الرافدة ، بحيث يمكن القول أن:

$$VA = VB = \frac{q.l}{2} = \frac{5.10}{2} = 25\ KN$$



- انجاز المقاطع وكتابة معادلات T وM:

يوجد مقطع وحيد (a-a) على طول الرافدة كما هو مبين على الشكل :



$$Q = q.x = 5.x$$

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow VA - Q - T = 0$$

$$T = VA - Q = -5.X + 25$$

$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow$$

$$VA.X - Q.\frac{X}{2} - M = 0$$

$$M = -\frac{5}{2}X^2 + 25.X$$

X	0	10
T	+25	-25
M	0	0

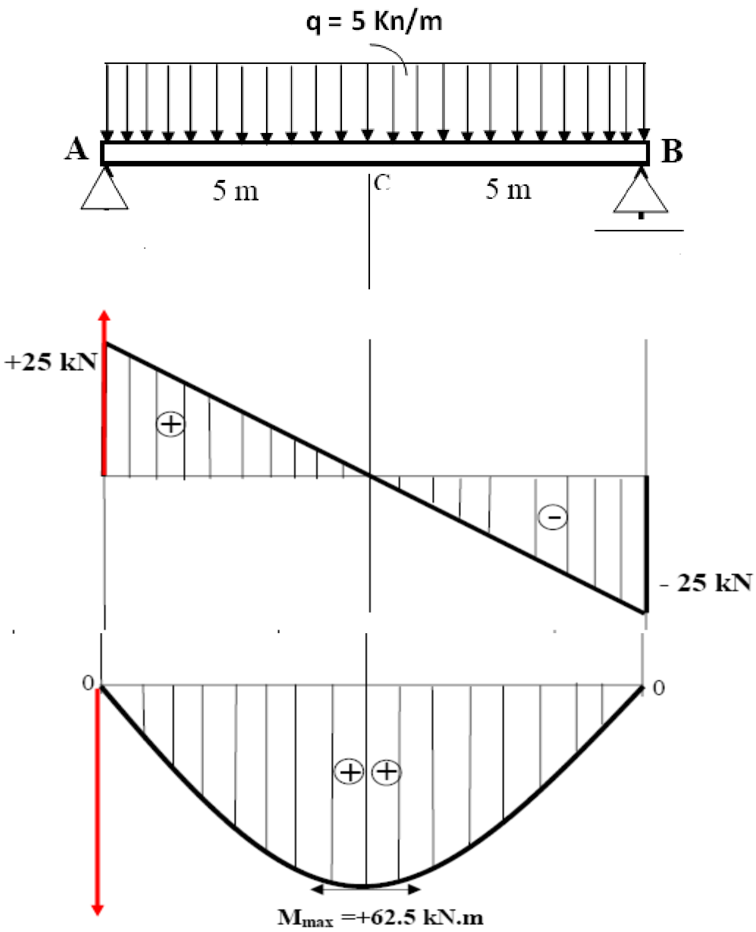
<u>ملاحظة هامة</u>:في حالة القوى الخطية وفي حال انتقال الجهد القاطع من قيمة موجبة إلى قيمة سالبة(أو العكس)يتم حساب الذروة بالنسبة لعزم الانحناء والتي نرمز لها بالرمز M_{MAX}عند الفاصلة التي ينعدم عندها الجهد القاطع .

بما أن هذه الملاحظة متوفرة في هذا المثال فإن حساب M_{MAX} يتم كما يلي :

$$T = 0 \rightarrow -5.X + 25 = 0 \rightarrow X = \frac{25}{5} = 5m$$

$$M_{max} = M(5) = -\frac{5}{2}.5^2 + 25.5 = +62.5\ KN.m$$

- **رسم المنحنيات البيانية : بالاعتماد على النتائج السابقة نرسم منحنيي T و M:**



4) <u>العلاقة بين عزم الانحناء والجهد القاطع :</u>

- **بينت الدراسات لمختلف أنواع الأحمال وأنواع الروافد أنه توجد علاقة رياضية بسيطة تربط الجهد القاطع بعزم الانحناء.**

- إذ تمثل قوة الجهد القاطع معدل تغير عزم الانحناء بالنسبة إلى المسافة (X)، أي أن الجهد القاطع يمثل مشتق عزم الانحناء بالنسبة للمتغير (X)، أي :

$$T = \frac{\Delta M}{\Delta X}$$

- وتعتبر هذه النتيجة بالغة الأهمية، لكونها تسمح بالتأكد من صحة المعادلات المحصل عليها.

5) <u>قواعد مراقبة المنحنيات :</u>

فيما يلي نقترح عليك عددا من القواعد الهامة التي تسمح بمراقبة المنحنيات المرسومة، وبالتالي التأكد من صحة النتائج المحصل عليها :

- في حالة عدم وجود قوة خطية في جزء من الرافدة، فإن الجهد القاطع يكون ثابتا، وعزم الانحناء يكون على شكل معادلة مستقيم.
- في حالة وجود قوة خطية منتظمة، فإن الجهد القاطع يكون على شكل معادلة مستقيم، وعزم الانحناء يكون على شكل معادلة من الدرجة الثانية (قطع ناقص).
- في نقاط تطبيق القوى النقطية يظهر منحنى الجهد القاطع انكسارات بمقادير قيم هذه القوى، ويظهر منحنى عزم الانحناء نقطة زاوية (عدم استمرارية المشتق).
- في نقطة تطبيق عزم متمركز يغير عزم الانحناء قيمته بشكل فجائي.
- إذا كان عزم الانحناء ثابتا فإن الجهد القاطع يكون معدوما.
- عند حافة حرة في رافدة، وفي حالة عدم وجود عزم متمركز فإن عزم الانحناء يكون معدوما.
- عند حافة حرة في رافدة، وفي حالة عدم وجود قوة مركزة، فإن الجهد القاطع يكون معدوما.
- عند المسند الثابت يكون الجهد القاطع مساويا لرد الفعل العمودي، وعزم الانحناء مساويا لعزم التثبيت.

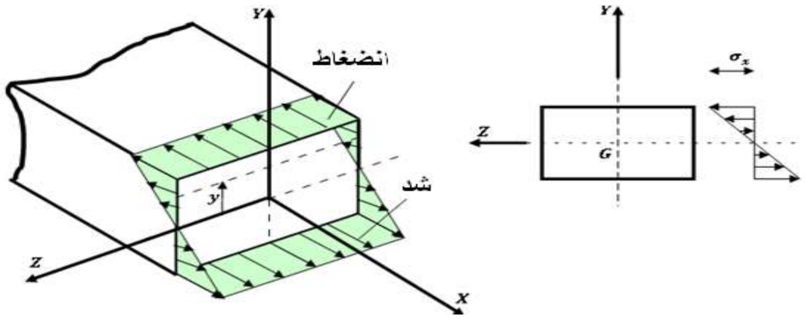
6) <u>الإجهاد الناظمي :</u>

- نعتبر رافدة تخضع لانحناء بسيط حيث يظهر في مقاطعها نوعان من الجهود الداخلية :-

. عزم الانحناء (M) : يحدث إجهادات ناظميه (σ).

. الجهد القاطع (T) : يحدث إجهادات مماسية (τ).

- لنقم في البداية بدراسة الاجهادات الناظمية ولنعتبر جزءا من رافدة يخضع لعزم (M) .



- العزم (M) يشد الجزء من المقطع المتواجد أسفل المحور الحيادي ويضغط على الجزء المتواجد أعلى المحور الحيادي.

ينشأ – تبعا لذلك – إجهاد ناظمي :

. شاد : أسفل المحور الحيادي.

. ضاغط : أعلى المحور الحيادي.

- يعطى الإجهاد الناظمي بالعلاقة :

$$\sigma = \frac{M}{\frac{I_{XX}}{Y}}$$

ولتبسيط هذه العلاقة نسمي النسبة:$\frac{I_{XX}}{Y}$ عزم المقاومة أو طويلة الانحناء، وهي عبارة عن خاصية هندسية تتعلق بنوع وطبيعة المقطع ونكتب:

$$W_{XX} = \frac{I_{XX}}{Y}$$

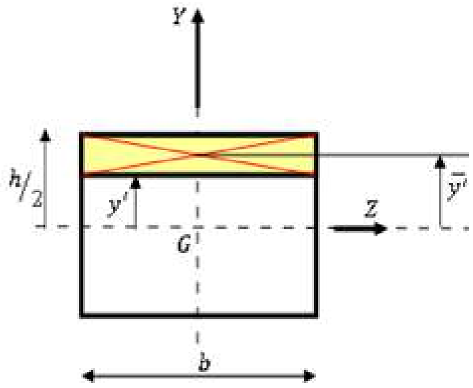
الأمر الذي يسمح بكتابة الإجهاد الناظمي بصيغة أخرى هي :

$$\sigma = \frac{M}{W_{XX}}.$$

- ملاحظة هامة: إن الحصول على طويلة الانحناء أو عزم المقاومة يتمّ من جداول خاصة بالمجنبات، غير أنه يمكن حسابه بالنسبة لبعض المقاطع البسيطة مثل:

✓المستطيل : $w_{xx} = \frac{b.h^3}{12} \div \frac{h}{2} = \frac{b.h^2}{6}$

✓الدائرة : $w_{xx} = \frac{\pi.d^4}{64} \div \frac{d}{2} = \frac{\pi.d^3}{32}$



7) الإجهاد المماسي :

• لنأخذ مقطعا من رافدة يخضع لجهد قاطع (T).

يعطى الإجهاد المماسي للمقاطع البسيط بالعلاقة :

$$\tau = \frac{T.S/x}{I_{XX}.b}$$

حيث : . (b) : عرض المقطع.

. T : الجهد القاطع عند المقطع.

. (S/x) : عزم السكون للسطح المتواجد فوق مستوى " Y".

. ($I\ xx$) : عزم العطالة الذاتي للمقطع.

من المفيد بالنسبة للمقاطع ذات المساحات البسيطة، التعامل مع علاقة الإجهاد المماسي المختصرة التالية :

$$\tau_{max} = k.\frac{T}{S}$$

حيث : (S) : سطح المقطع.

(K) : معامل يتعلق بشكل المساحة ؛ وقيمته بالنسبة :

. لمساحة مستطيلة : . $k = 3/2$

. لمساحة دائرية :. $k = 4/3$

. لمساحة مثلثية : $k = 3/2$

8) شرط المقاومة :

إن تحقيق المقاومة للانحناء يتم بتحديد المقطع الخطر الذي يخضع للإجهاد الأعظمي،ثم التأكد بأن هذا الإجهاد يبقى دائما أقل أو يساوي الإجهاد المسموح به أي :

$$\sigma_{max} \leq \bar{\sigma}$$

وبالنسبة لتحقيق المقاومة للجهد القاطع نتأكد أن الإجهاد المماسي الأعظمي يبقى أقل أو يساوي الإجهاد المماسي المسموح به أي :

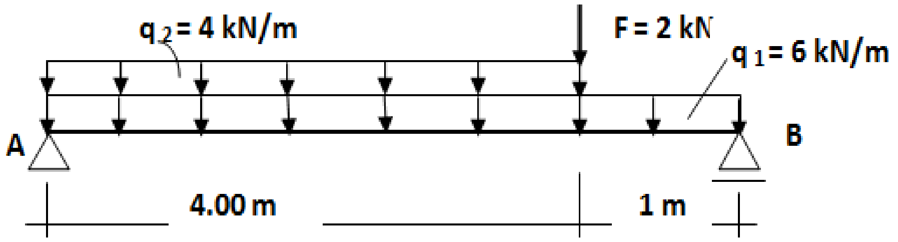
$$\tau_{max} \leq \bar{\tau}$$

....

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول:

لتكن الرافدة AB المحملة بجملة القوى المبينة والمرتكزة على مسندين: أحدهما بسيط Bوالآخر مضاعف A كما هو مبين في الشكل .



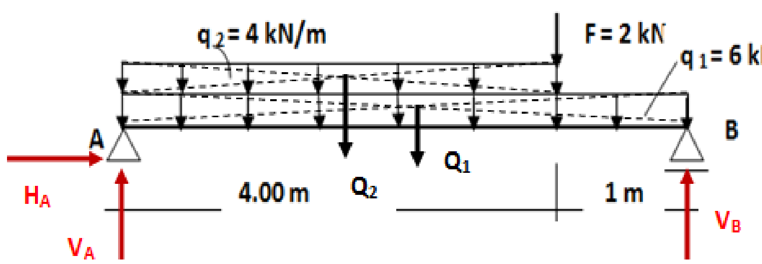
المطلوب :

1) **أحسب ردود الفعل في المساند ؟**
2) **أكتب معادلات الجهد القاطع T و عزم الانحناء M_f ؟**
3) **أحسب عزم الانحناء الأعظمي –في حال وجوده–؟**
4) **أرسم منحنيات T و M ؟**
5) **عيّن من الجدول المرفق أسفله نوعية المجنّب المعدني الذي يحقق المقاومة علما أن: $\bar{\sigma} = 1000\ DaN/cm^2$**

)cm³(Wxx	)cm²(S	IPN
214	33.5	200
278	39.6	220
354	46.1	240
442	53.4	260

الحل :

1)ردود الفعل :



$$Q_1 = q_1 . l_1 = 30KN$$
$$Q_2 = q_2 . l_2 = 16KN$$

$$\sum \overrightarrow{F_X} = \vec{0} \rightarrow +H_A = 0$$
$$\sum \overrightarrow{M/_A} = \vec{0} \rightarrow -V_B \times 5 + F \times 4 + Q_1 \times 2.5 + Q_2 \times 2 = 0$$

$$V_B = \frac{1}{5}(+F \times 4 + Q_1 \times 2.5 + Q_2 \times 2) = 23\ KN$$

$$\sum \overrightarrow{M/_B} = \vec{0} \rightarrow +V_A \times 5 - F \times 1 - Q_1 \times 2.5 - Q_2 \times 3 = 0$$

$$V_A = \frac{1}{5}(+F \times 1 + Q_1 \times 2.5 + Q_2 \times 3) = 25\ KN$$

نتأكد بِـ:

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A + V_B + Q_1 - Q_2 - F = 0$$

$$25+23-30-16-2=0 \rightarrow 48 - 48 = 0$$

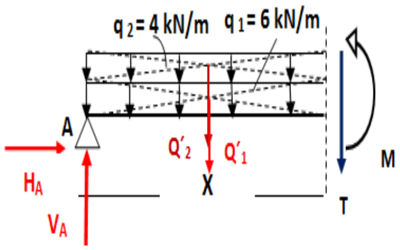
2)كتابة معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء :

-المقطع الأول : $0 \leq x < 4$

$$, \quad Q'_2 = q_2.x = 4.x Q'_1 = q_1.x = 6.x$$

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A - Q'_1 - Q'_2 - T = 0 \rightarrow T = -10.x + 25$$

$$\sum \overrightarrow{M/0} = \vec{0} \rightarrow V_A.x - Q'_1.\frac{x}{2} - Q'_2.\frac{x}{2} - M = 0 \rightarrow M = -5.x^2 + 25.x$$



X	0	4
T	25	-15
M	0	+20

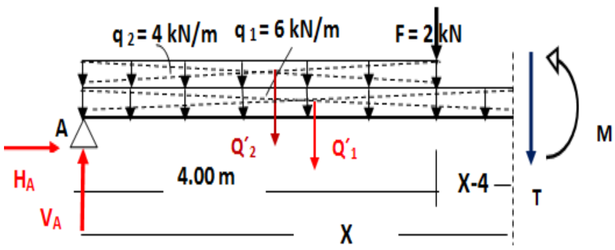
-المقطع الثاني : $4 \leq x < 5$

$$, \quad Q'_2 = q_2.4 = 16KN = (Q_2) Q'_1 = q_1.x = 6.x$$

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A - Q'_1 - Q'_2 - F - T = 0 \rightarrow T = -6.x + 7$$

$$\sum \overrightarrow{M/0} = \vec{0} \rightarrow V_A.x - Q'_1.\frac{x}{2} - Q'_2(x-2) - F(x-4) - M = 0$$

$$\rightarrow M = -3.x^2 + 7.x + 40$$



X	4	5
T	-17	-23
M	20	0

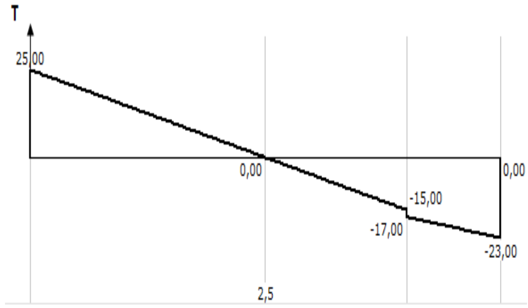
3)حساب عزم الانحناء الأعظمي:

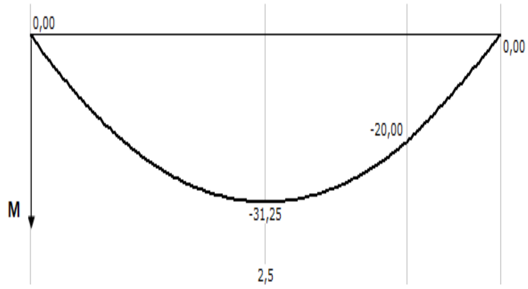
نلاحظ أن معادلة عزم الانحناء في المقطع الأول ، وفيه يمر الجهد القاطع من قيمة موجبة إلى قيمة سالبة ، الأمر الذي يستدعي حساب M_{MAX} :

$$T = 0 \rightarrow T = -10.x + 25 = 0 \rightarrow x = 2.5m$$

$$M_{max} = M(2.5) = -5 \times 2.5^2 + 25 \times 2.5 = +31.25KN.m$$

4)رسم المنحنيات البيانية :





5)تعيين المجنب المناسب :

ينص شرط المقاومة على :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{w_{xx}} \leq \overline{\sigma}$$

$$\rightarrow \frac{w_{xx}}{M_{max}} \geq \frac{1}{\overline{\sigma}}$$

$$w_{xx} \geq \frac{M_{max}}{\overline{\sigma}}$$

$$w_{xx} \geq \frac{31.25 \times 10^2 \times 10^2}{1000}$$

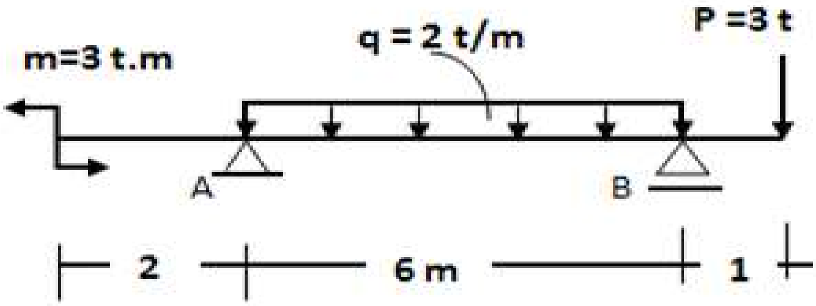
$$w_{xx} \geq 312.5 \text{ cm}^3$$

من الجدول :

نأخذ المجنب IPN240

التمرين الثاني:

رافدة تتحمل القوى المبينة على الشكل:



المطلوب :

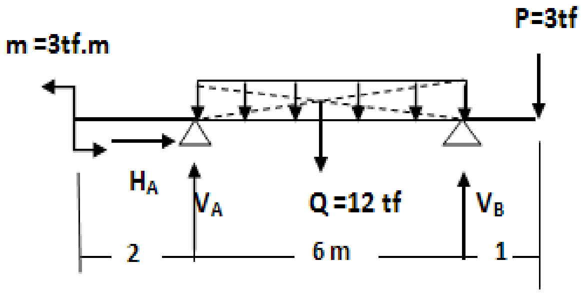
- أحسب ردود الفعل عند المساند ؟
- أكتب معادلات الجهد القاطع T(x) وعزم الانحناء M(x) ؟
- أحسب قيمة عزم الانحناء الأعظمي(الذروة) M_{MAX} ؟
- ارسم على ورقة ميليمترية منحنيي T و M باستعمال السلم التالي:

-الفواصل: 1m ⟶ 1cm

- الجهد القاطع: 3tf ⟶ 1 cm

-عزم الانحناء: 3 tf.m ⟶ 1cm

<u>الحل:</u>



- حساب ردود الفعل:

$$Q = q.l = 2.6 = 12\ tf$$

$$\sum \overrightarrow{Fx} = \vec{0} \rightarrow H_A = 0$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0}$$

$$\rightarrow +p.7 - V_B.6 + Q.3 - m = 0$$

$$V_B = \frac{1}{6}(7P + 3Q - m) = 9\ tf$$

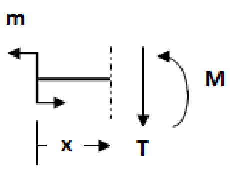
$$\sum \overrightarrow{M/B} = \vec{0} \rightarrow -m + V_A.6 - Q.3 + P.1 = 0$$

$$V_A = \frac{1}{6}(3q - 1.p + m) = 6tf$$

نتأكد بـِ:

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A + V_B = Q + P \rightarrow 6 + 9 = 12 + 3 \rightarrow 15 = 15$$

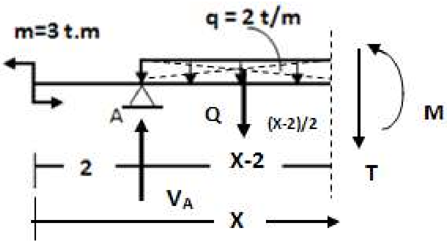
- انجاز المقاطع وكتابة معادلات T و M :



✓المقطع الأول: $0 < X \leq 2$

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow T = 0$$

$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow -m - M = 0 \rightarrow M = -3$$



✓المقطع الثاني: $2 < X \leq 8$

$Q' = 2(x-2)$

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow V_A - Q' - T = 0$$

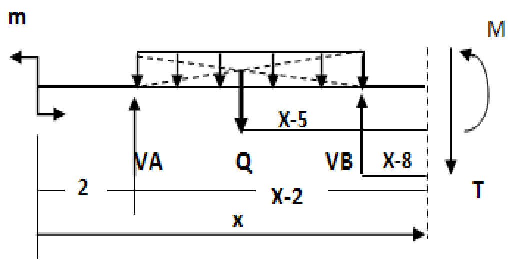
$$T = -2X + 10$$

$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow -m + V_A(X-2) - Q'.\left(\frac{X-2}{2}\right) - M = 0$$

$$M = -X^2 + 10X - 19$$

X	2	8
T	6	-6
M	-3	-3

✓المقطع الثالث: $8 < X \leq 9$



$Q = 2.6 = 12$ tf

$$\sum \overrightarrow{F_Y} = \vec{0} \rightarrow$$

$$V_A + V_B - Q - T = 0$$

$$T = +3$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow$$

$$-m + V_A.(X-2) - Q.(X-5) + V_B.(X-8) - M = 0$$

$$M = 3X - 27$$

X	8	9
M	-3	0

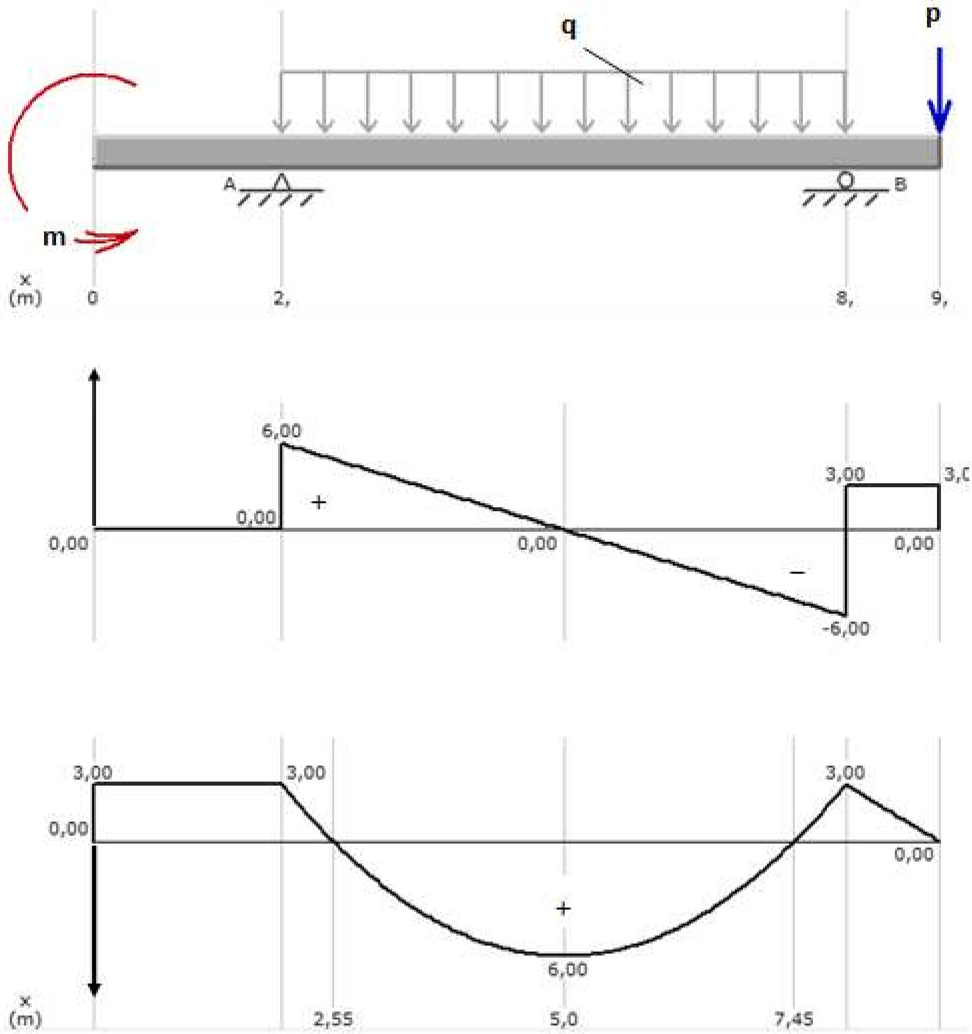
- حساب M_{MAX} :

نلاحظ أن معادلة عزم الانحناء من الدرجة الثانية،و الجهد القاطع ينتقل من قيمة موجبة إلى قيمة سالبة في المقطع الثاني، وعليه فحساب عزم الانحناء يكون كما يلي:

$$T = 0 \rightarrow -2X + 10 = 0 \rightarrow X = \frac{10}{2} = 5m$$

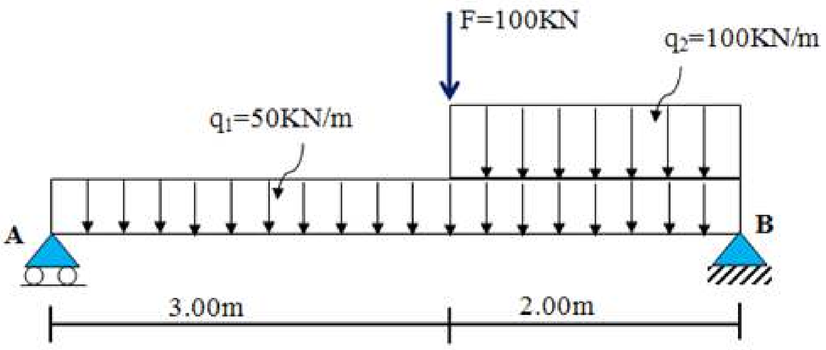
$$M_{max} = M(5) = -5^2 + 10.5 - 19 = +6tf.m$$

- رسم المنحنيات:



التمرين الثالث :

نعتبر رافدة مقطعها العرضي $(35\times50)cm^2$،محمولة على مسندين A بسيط و Bمضاعف، تخضع للحمولات المبينة في الشكل .



1) أحسب قوى ردود الفعل عند مستوى المسندين A و B.

2) أكتب معادلات الجهد القاطع T وعزم الانحناء M_f .

3) أرسم منحنيات T و M_f .

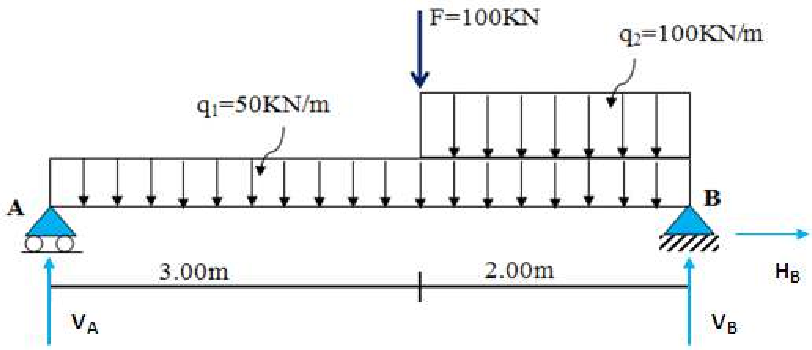
4) استنتج T_{max} و $M_{f\ max}$.

5) إذا افترضنا أن $M_{f\ max}$ = 400KN.m، فتحقق من شرط مقاومة المقطع العرضي للإجهاد الناظمي، علما أن $\bar{\sigma}$ = 320daN/cm² .

6) إذا افترضنا أن T_{max} = 350KN، فتحقق من شرط مقاومة المقطع العرضي للإجهاد المماسي، علما أن $\bar{\tau}$ = 32daN/cm² .

<u>الحل :</u>

1) حساب ردود الفعل:



$$Q_1 = q_1.L_1 = 50.5 = 250KN$$

$$Q_2 = q_2.L_2 = 100.2 = 200KN$$

$$\sum \overrightarrow{FX} = \vec{0} \rightarrow H_B = 0$$

$$\sum \overrightarrow{M/A} = \vec{0} \rightarrow -V_B.5 + Q_2.4 + Q_1.2,5 + F.3 = 0$$

$$V_B = \frac{200.4 + 250.2,5 + 100.3}{5} = 345\ KN$$

$$\sum \overrightarrow{M/B} = \vec{0} \rightarrow +V_A.5 - Q_2.1 - Q_1.2,5 - F.1 = 0$$

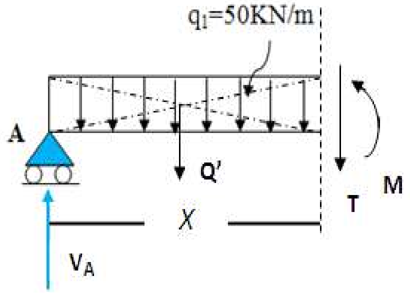
$$V_A = \frac{200.1 + 250.2,5 + 100.2}{5} = 205\ KN$$

نتأكد بِـ: $\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow V_A + V_B = Q_1 + Q_2 + F$

205+345=250+200+100

550=550 محققة

2) كتابة معادلات T و M:



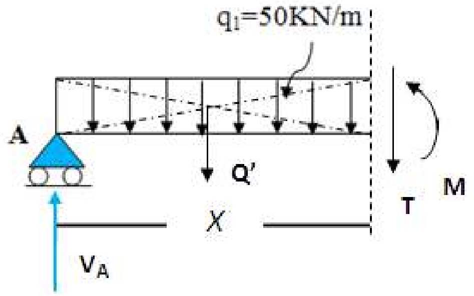
<u>المقطع الأول:</u> 0≤x<3

$$Q'_1 = 50x$$

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow V_A - Q'_1 - T = 0$$

$$T = -50x + 205$$

$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow \mathrm{V_A.X} - \mathrm{Q'_1}.\frac{\mathrm{X}}{2} - \mathrm{M} = 0$$



<u>المقطع الثاني</u> :3≤X<5

$$Q'_1 = 50x$$

$$Q'_2 = 100(x-3)$$

$$\sum \overrightarrow{FY} = \vec{0} \rightarrow V_A - Q'_1 - Q'_2 - F - T = 0$$

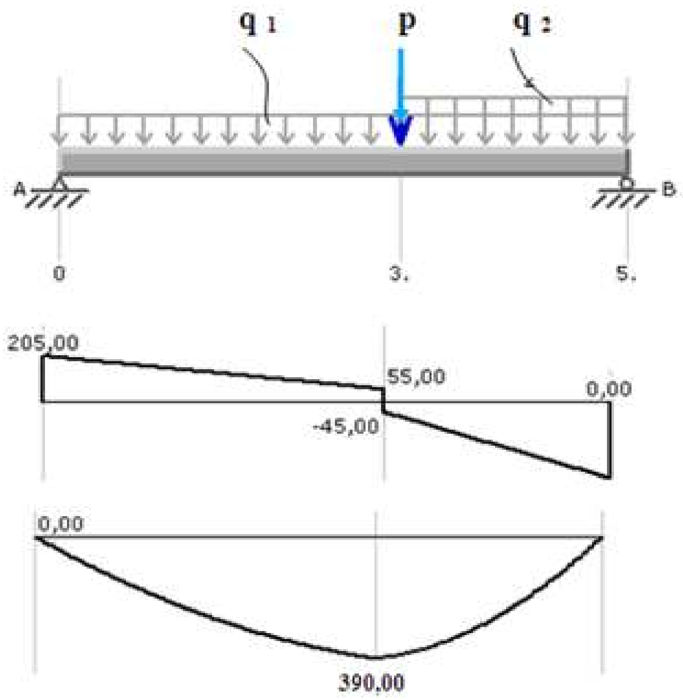
$$T = -150x + 405$$

$$\sum \overrightarrow{M/O} = \vec{0} \rightarrow \mathrm{V_A.X} - \mathrm{Q'_1}.\frac{\mathrm{X}}{2} - \mathrm{Q'_2}.\left(\frac{\mathrm{x}-3}{2}\right) - \mathrm{F.(X-3)} - \mathrm{M} = 0$$

M -150

X	3	5
T	-45	-345
M	390	0

3) رسم المنحنيات:



4) استنتاج T_{MAX} و M_{MAX}:

من المنحنى نستنتج : $T_{MAX}= 345KN$, $M_{MAX} = 390$ KN.m

5) شرط المقاومة للإجهاد الناظمي :

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{wxx} \le \overline{\sigma}$$

$$\sigma_{max} = \frac{400.10^4}{14583.33} = 274.29 \le \overline{\sigma} = 320$$

شرط المقاومة محقق

حيث المقطع مستطيل: $w_{xx} = \frac{bh^2}{6} = \frac{35.50^2}{6} = 14583.33cm^3$

6) شرط المقاومة للإجهاد المماسي :

$$\tau_{max} = k.\frac{T_{max}}{A} = \frac{3}{2}.\frac{350.100}{1750} = 30 \le \overline{\tau} = 32$$

شرط المقاومة محقق

حيث المقطع مستطيل: $K=\frac{3}{2}$ ، $A=35.50=1750$ cm^2

....

الباب الثاني

الخرسانة المسلحة

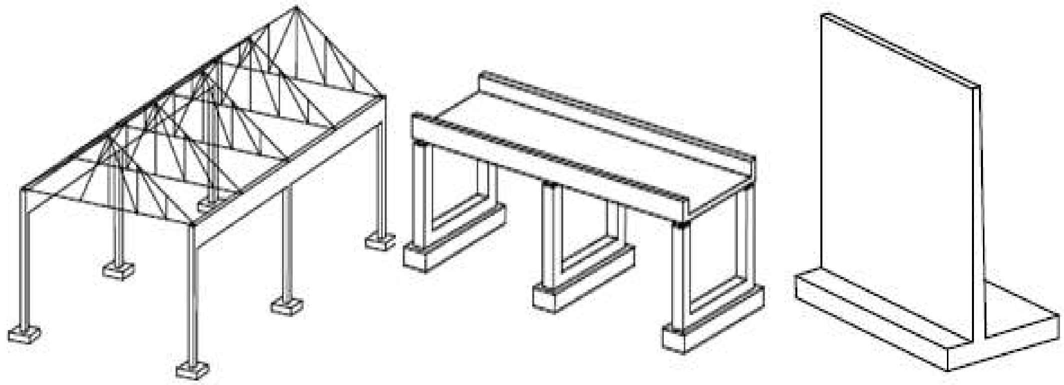
الخرسانة المسلّحة

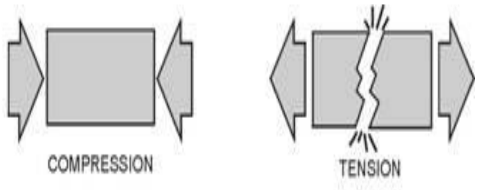
1) <u>تعريف :</u>

- **الخرسانة :مادة بناء حديثة نحصل عليها بعد تصلّب خليط من:**

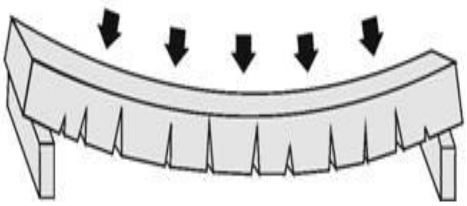
مواد حصوية (حصى ورمل) + رابط (جير أو اسمنت) + ماء.

حيث يشكل مزيج الماء والرابط عجينًا لاصقًا يحقق التماسك بين المواد الحصوية. والأهمّ في مادة الخرسانة هو قابليتها للتشكيل،وهذا بتصلبها داخل قوالب تمّ تحضيرها مسبقا بأشكال وقياسات العناصر المراد تصنيعها .

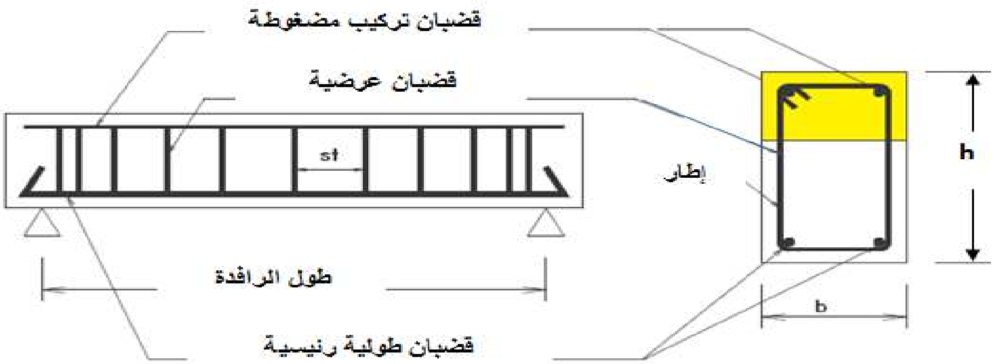




- **<u>تتميز الخرسانة بـ :</u>**
  - ✓ **مقاومة جيدة للانضغاط.**
  - ✓ **مقاومة ضعيفة للشدّ .**
  - ✓ **ظهور تشققات معتبرة في المنطقة المشدودة (السفلية) في حالة التحميل العرضي .**



لذلك فإننا نقوم بوضع قضبان تسليح طولية رئيسية في المناطق المشدودة. عمليًا نضيف إلى القضبان الطولية قضبان تركيبٍ في المناطق المضغوطة، ونربط بينهما بإطارات عرضيّة ، ومن هنا كانت الخرسانة المسلحة .



2) الخرسانة المسلحة في الحالات النهائية:

مرت نظريات حساب الخرسانة بعدّة مراحل آخرها نظرية الحساب في الحالات النهائية. فكما هو معلوم فإن المشاريع يجب أن تكون مصممة ومحسوبة بحيث تضمن المقاومة ضد كلّ التحريضات(الجهود الداخلية) بحيث تعمل العناصر الحاملة بكل أمان .

ونقصد بمفهوم الأمان الذي يأخذ بعين الاعتبار:

- ✓ المقاومة الذاتية للمواد(الوزن الذاتي).
- ✓ قيمة التأثيرات المتغيرة المطبقة .
- ✓ النقائص الهندسية لمختلف أبعاد المبنى.
- ✓ التشققات الضارة .

وتعتمد هذه النظرية على استغلال طاقة أو قدرة العناصر الخرسانية المسلحة إلى حالاتها النهائية،ونقصد بالحالات أو الحدود النهائية الوضعيات التي يصير عندها العنصر لا يستوفي وظائفه أو الشروط التي أنجز من أجلها، كأنْ يحدث :

- انهيار المبنى و العناصر المكونة له.
- عدم الاستغلال أو الخدمة الجيدة للمبنى .

تنقسم الحالات النهائية إلى حالتين :

- ✓ الحد النهائي الأخير E.L.U : المتمثل في فقدان التوازن والاستقرار والمقاومة التي تؤدي إلى الانهيار.
- ✓ الحد النهائي للتشغيل E.L.S: المتمثل في عدم الخدمة الجيدة والديمومة المرجوّة بفعل التشققات والتشوهات الضارة .

3)حساب التحريضات :

نرمز بِـ: G : إلى الحمولات الدائمة .

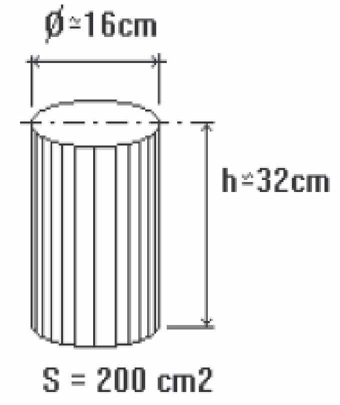
Q: إلى الحمولات المتغيرة .

ونحسب التحريضات في حالة :

- الحد النهائي الأخير: 1.35G+1.50Q
- الحد النهائي للتشغيل :   G+Q

3) المواد :

الخرسانة :



- المقاومة المرجعية تحت الانضغاط :

نأخذ كمقاومة مرجعية للخرسانة f_{c28} أي بعد 28 يوما، و نتحصل عليها بإجراء تجربة تحطيمية على مخبرة أسطوانية نظامية من الخرسانة .

من المفيد أنْ نعلم بأنّ مقاومة الخرسانة تزداد بتصلبها مع مرور الأيام ، ويرمز لها بالرمز f_{cj}، وتحسب كما يلي:

*لما يكون عمر الخرسانة $j < 28$:

$$\begin{cases} f_{cj} = \dfrac{j}{4,76 + 0,83j} \cdot f_{c28} & \text{pour } f_{c28} \leq 40MPa \\ f_{cj} = \dfrac{j}{1,40 + 0,95j} \cdot f_{c28} & \text{pour } f_{c28} > 40MPa \end{cases}$$

*أما في حالة $j > 28$:

$$f_{cj} = f_{c28}$$

- المقاومة المرجعية تحت الشدّ: تتميز بضعفها، بالنظر إلى ضعف مقاومة الخرسانة للشدّ، وتعطى بدلالة المقاومة المرجعية للانضغاط :

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

من باب المقارنة نعطي بعض القيم للمقاومتين المرجعيتين للضغط والشدّ :

$f_{c28}(MPa)$	16	20	25	30	40	60
$f_{j28}(MPa)$	1.56	1.80	2.10	2.40	3.00	4.20

الفولاذ :

نقصد به القضبان المستعملة في تسليح الخرسانة، ولعلّ أهم خصائصه الميكانيكية هي ما في الجدول التالي :

الخصائص	القضبان الملساء		القضبان ذات التماسك العالي	
التسمية	FeE215	FeE235	FeE400	FeE500
إجهادالمرونة $\sigma_e\,(MPa)$	215	235	400	500
إجهاد الانهيار $\sigma_r\,(MPa)$	$330\sigma_r \geq$	$\sigma_r \geq 410$	$\sigma_r \geq 480$	$550\sigma_r \geq$
قطر القضبان $\emptyset(mm)$	5 ,6,8,10,12		6,8,10,12,14,16,20, 25,32,40	

4)فرضيات الخرسانة المسلحة :

*فرضية نافييه: نقبل بأن المقاطع المستوية قبل التحميل تبقى مستوية بعد التحميل .

*فرضية عدم الانزلاق بين الفولاذ والخرسانة : نقبل بأنه لا يوجد انزلاق بين الفولاذ والخرسانة بسبب إجهادات الإندماج والتماسك بينهما.

*لا نأخذ بعين الاعتبار مقاطع الخرسانة المشدودة ونعتبر أنها مهملة B=0

*معامل التكافؤ: فولاذ – خرسانة نأخذه مساويا لـِ n=15

$$=\frac{E_S}{E_b}n$$

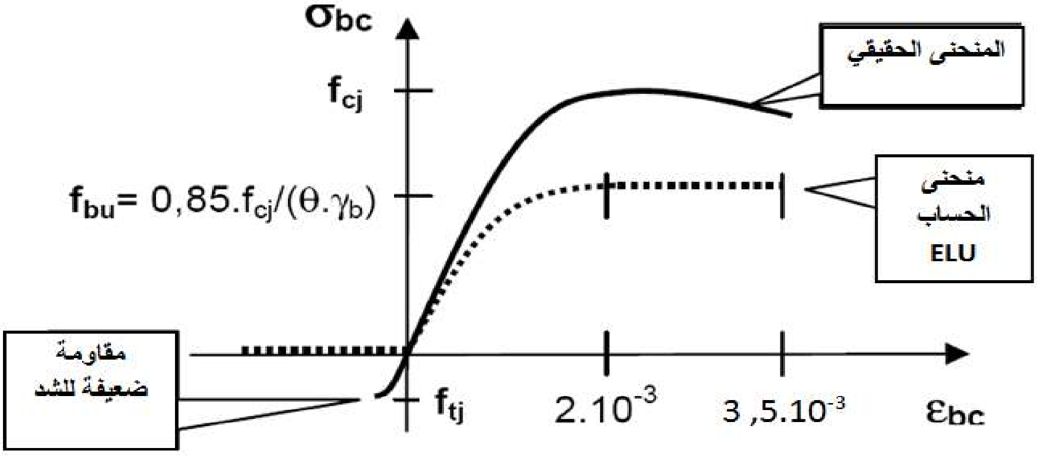
حيث : $-E_S$: معامل المرونة الطولي للفولاذ.

$-E_b$: معامل المرونة الطولي للخرسانة.

*نعتبر الفولاذ والخرسانة مواد مرنة.

5)المنحنيات البيانية (إجهاد – تشوّه):

الخرسانة: بينت التجارب المخبرية على الخرسانة أن المنحنى البياني $\sigma = f(\varepsilon)$ هو كالآتي:



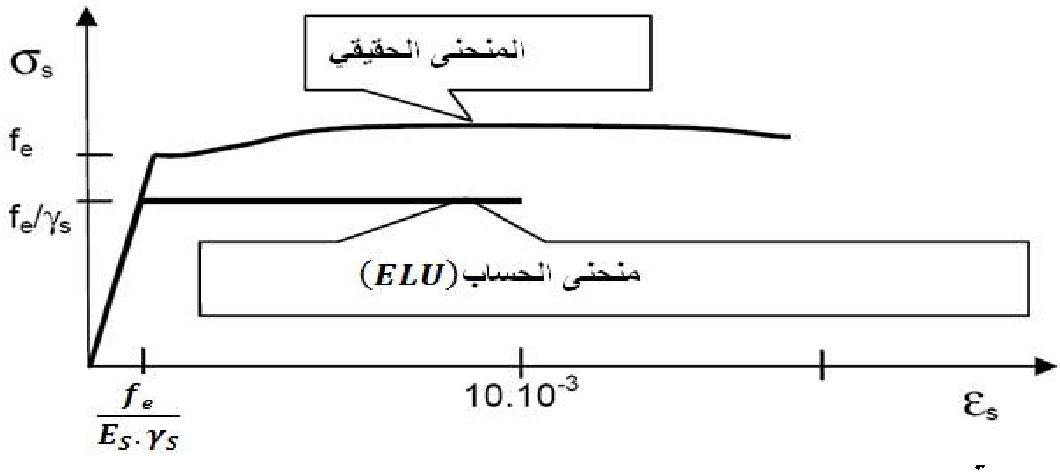
$$f_{bu} = \frac{0,85.f_{c28}}{\theta.\gamma_b}$$

مع : γ_b: معامل الأمن للخرسانة ، ويؤخذ عموما مساويا لـِ : 1.5

θ : معامل مدة التحميل ، ويؤخذ مساويا لـِ:

- $\theta = 1$ من أجل مدة التحميل *d >24 h*
- $\theta = 0.90$ من أجل مدة التحميل *1h<d <24 h*
- $\theta = 0.85$ من أجل مدة التحميل *d <1 h*

الفولاذ: سبقت دراسة تجربة الشد على قطعة من الفولاذ ، ومن باب التذكير فإنّ المنحنى $\sigma = f(\varepsilon)$ هو كالتالي :



✓ f_e: إجهاد حدّ المرونة للفولاذ.

✓ E_S: معامل المرونة الطولي .

✓ γ_S: معامل الأمن للفولاذ ، ويؤخذ عموما مساويا لـِ: 1.15

تمارين وتطبيقات :

التمرين الأول :

إذا علمت أن مقاومة الخرسانة المرجعية للانضغاط $\mathrm{f_{c28}} = 35\mathrm{MPa}$

- أحسب مقاومتها للانضغاط في $j = 14$
- أحسب مقاومتها للشدّ في $j = 14$

الحل :

- مقاومة الانضغاط : نعلم :

$$f_{cj} = \frac{\mathrm{j}}{4,76 + 0,83\mathrm{j}}.\mathrm{f_{c28}} \quad \text{pour} \quad \mathrm{f_{c28}} \leq 40MPa$$

$$f_{c14} = \left(\frac{14}{4,76 + 0,83.14}\right).35 = 29.91MPa$$

- مقاومة الشد : نعلم :

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

$$f_{t14} = 0.6 + 0.06 \times f_{c14} = 0.6 + 0.06 \times 29.91 = 2.39\ MPa$$

التمرين الثاني :

- إذا علمت أن المقاومة المرجعية للانضغاط بالنسبة للخرسانة المسلحة $f_{c28} = 50\ MPa$، أحسب: f_{bu}
- كم تكون مقاومة الخرسانة للضغط وللشد في 21 يوما $f_{c21}; f_{t21}$؟

الحل :

- نعلم أن :

$$\mathrm{f_{bu}} = \frac{0,85.f_{c28}}{\theta.\gamma_b}$$

$$\mathrm{f_{bu}} = \frac{0,85 \times 50}{1 \times 1.5} = 28.33\ MPa$$

- نعلم :

$$f_{cj} = \frac{\mathrm{j}}{1,40 + 0,95\mathrm{j}}.\mathrm{f_{c28}} \quad \text{pour} \quad \mathrm{f_{c28}} > 40MPa$$

$$f_{c21} = \frac{21}{1,40 + 0,95 \times 21} . 50 = 49.18 \text{ MPa}$$

$$f_{t21} = 0.6 + 0.06 \times f_{c21} = 3.55 \text{ MPa}$$

التمرين الثالث :

●أحسب الاستطالة النسبية ε_s لقضيب فولاذي من النوع FeE400 ، خضع لإجهاد مقداره $\sigma_s = 348\ MPa$، إذا علمت أن معامل المرونة $E_S = 2.10^5 MPa$

الحل :

●بالعودة إلى منحنى (الإجهاد – التشوه) للفولاذ نلاحظ أن :

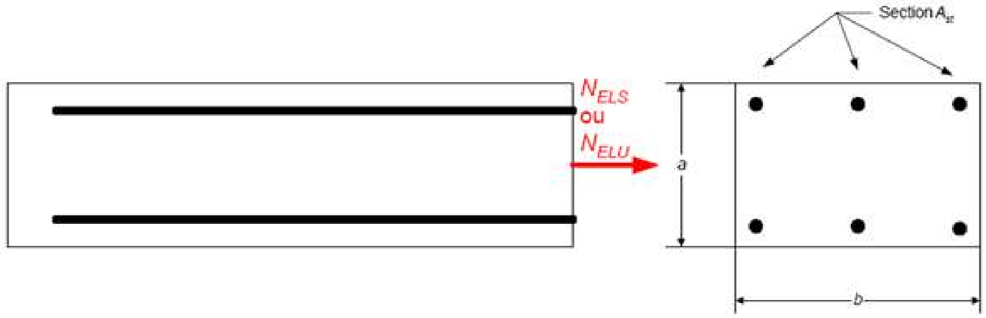
$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} \approx 348\ MPa$$

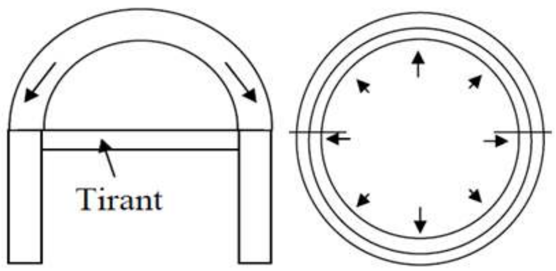
ولحساب الاستطالة النسبية نستعمل العلاقة :

$$\sigma_s = E_S . \varepsilon_S \rightarrow \varepsilon_S = \frac{\sigma_s}{E_S} = \frac{348}{2.10^5} = 1.74.10^{-3} = 1.74‰$$

الشدّ البسيط

1) تعريف الشد البسيط : نقول عن عنصر من الخرسانة المسلحة (رافدة أو عمود) بأنه يخضع لشدٍّ بسيط إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة عليه يتلخص في قوة ناظمية وحيدة (N) مطبقة في مركز ثقله ومتجهة نحو الخارج .



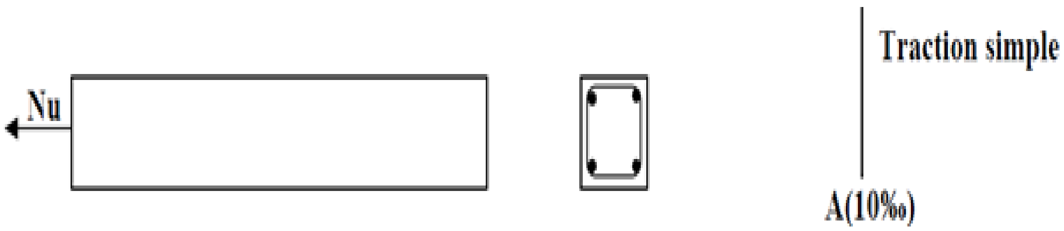


يمثل الشدّاد أحسن مثال للعناصر التي تخضع للشدّ البسيط ، وهو عبارة عن عارضة ربط تخضع لقوّتيْ دفع (شد)، وتنجز لمنع تباعد أو انقلاب العناصر الحاملة.

2) حساب مقطع التسليح :

بما أن الخرسانة ضعيفة المقاومة في حالة الشدّ ، فإنّ قضبان التسليح هي من تتحمل جهود الشدّ ، وتتم عملية الحساب كما يلي:

- الحساب في حالة الحد النهائي الأخير ELU:



$$A_{SU} = \frac{N_U}{\sigma_{st}(10‰)}$$

حيث :
$$\sigma_{st}(10‰) = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

- **الحساب في حالة حد النهائي للتشغيل ELS:**

يكون الحساب حسب " التشققات" ، ففي حالة :

- ✓ **تشققات غير ضارة : نكتفي بحساب التسليح في حالة الحد النهائي الأخير.**
- ✓ **تشققات ضارة:** $\overline{\sigma s} = min\left\{\frac{2}{3} fe \, ; 110\sqrt{\eta . f_{tj}}\right\}$
- ✓ **تشققات ضارة جدا:** $\overline{\sigma s} = min\left\{\frac{1}{2} fe \, ; 90\sqrt{\eta . f_{tj}}\right\}$

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\overline{\sigma s}}$$

- **نختار مقطع الحساب :** $A_{scal} = \mathrm{MAX}\{A_{SU} ; A_{ser}\}$

ونأخذ مقطع التسليح من الجدول القضبان التالي :

القطر Φ	وزن المتر	المقطع بوحدة (cm²) لعدد من القضبان يقدر بـ :									
mm	Kg/ml	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0.154	0.19	0.39	0.59	0.78	0.98	1.17	1.37	1.57	1.76	1.96
6	0.222	028	0.56	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.82
8	0.395	0.50	1.00	1.50	2.01	2.51	3.01	3.51	4.01	4.52	5.02
10	0.617	0.78	1.57	2.35	3.14	3.92	4.71	5.49	6.28	7.06	7.85
12	0.888	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.78	7.92	9.05	10.18	11.31
14	1.208	1.54	3.08	4.62	6.15	7.69	9.23	10.77	12.31	13.85	15.39
16	1.578	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.09	20.10
20	2.466	3.14	6.28	9.42	12.56	15.70	18.84	21.99	25.13	28.27	31.41
25	3.853	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09
32	6.313	8.04	16.08	24.12	32.17	40.21	48.25	56.26	64.34	72.38	80.42
40	9.865	12.56	25.13	37.70	50.26	62.83	75.39	87.96	100.53	119.09	125.65

3) شرط عدم الهشاشة :

رغم أن الخرسانة ليس لها أي دور في المقاومة إلا أن مقطعها يجب أن:

- **يلبي شرط عدم الهشاشة : بمعنى :**

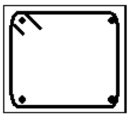
$$A . f_e \geq B . f_{t28}$$

حيث:

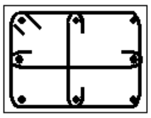
- ✓ **A: مقطع التسليح الأخير (المختار من الجدول) .**
- ✓ **B: مقطع الخرسانة .**
- ✓ f_e**: حد مرونة الفولاذ**

✓ f_{t28}: مقاومة الخرسانة للشد .

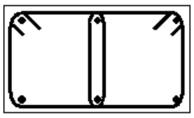
- يضمن التغطية لقضبان التسليح .



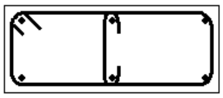
Cadre simple



Cadre + épingles



Double cadre



Cadre + épingle

- يسمح بعملية الربط بين القضبان .

4) مخطط الحساب الهيكلي : يمكن تلخيص مراحل حساب التسليح السالفة الذكر في المخطط الهيكلي التالي :

مخطط حساب التسليح في حالة الشد البسيط

المعطيات:

- الحمولات الدائمة والمتغيرة $(G\ ;Q)$
- مقطع الخرسانة (B)
- المواد: $(f_e\ , f_{c28}, \gamma_s\ , \eta)$

$$N_u = 1.35G + 1.50Q$$

الاجهادات في الفولاذ :

- **المدار A:**

$$\varepsilon_s = 10‰$$

$$\sigma_{st}(10‰) = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

مقطع التسليح النظري:

$$A_{SU} = \frac{N_U}{\sigma_{st}(10‰)}$$

$$N_{ser} = G + Q$$

الاجهادات في الفولاذ :

- **تشققات ضارة:**

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

- **تشققات ضارة جدا:**

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

مقطع التسليح النظري:

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\overline{\sigma s}}$$

مقطع التسليح الحسابي المختار:

$$A_{scal} = \mathrm{MAX}\{A_{SU}; A_{ser}\}$$

مراقبة شرط عدم الهشاشة:

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

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: نعتبر شدّادًا ذا مقطع $25\times 25cm^2$ يخضع لإجهاد شدّ ،

مقداره في حالة ELU: $N_U = 0.45\ MN$

مقداره في حالة ELS: $N_{ser} = 0.34\ MN$

المواد المستعملة هي عبارة عن فولاذ من نوع $400FeE$، وخرسانة ذات مقاومة

$f_{c28} = 20MPa$

التشققات ضارة .

المطلوب :

- أحسب التسليح الطولي للشدّاد .
- قدّم رسما للتسليح المحصّل عليه.
- تحقق من شرط عدم الهشاشة .

الحل :

- حساب التسليح في حالة ELU:

$$A_{SU} = \frac{N_U}{\sigma_{st}(10‰)} = \frac{0.45}{347.83} = 12.94\times 10^{-4}m^2 = 12.94cm^2$$

حيث : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83\ MPa$

- حساب التسليح في حالة ELS:

$$A_{sser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_{ser}}$$

بما أن التشققات ضارة فإن :

$$\sigma_{ser} = min\left\{\frac{2}{3}.f_e\ ; 110\sqrt{\eta.f_{t28}}\right\}$$

$$f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 0.6 + 0.06\times 20 = 1.80MPa$$

$$\sigma_{ser} = min\left\{\frac{2}{3}.400\ ; 110\sqrt{1.6\times 1.80}\right\} = min\{266.67; 186.67\} = 186.67MPa$$

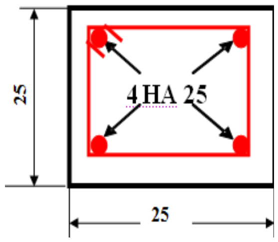
نعوّض في :

$$A_{sser} = \frac{0.34}{186.67} = 18.21 \times 10^{-4} m^2 = 18.21\ cm^2$$

- نأخذ : $A_{scal} = MAX\{A_{SU}; A_{sser}\} = 18.21\ m^2$

من جدول التسليح نأخذ : $4HA25(19.63\ cm^2)$

- نتأكد من شرط عدم الهشاشة :



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

$$19.63 \times 400 \geq 900 \times 1.80$$

$$7852 \geq 1620$$

محقق.

التمرين الثاني:

شدّاد من الخرسانة مستطيل الشكل $25 \times 30cm^2$؛ يخضع لنوعين من الحمولات:

الحمولات الدائمة : G= $270\ KN$

الحمولات المتغيرة : Q= $110\ KN$

إذا علمت أن الفولاذ المستعمل من نوع FeE400.

وأن مقاومة الخرسانة $f_{c28} = 30\ MPa$.

وباعتبار التشققات ضارّة جدّا .

المطلوب :

- حساب التسليح الطولي للشداد.
- مراقبة شرط عدم الهشاشة .

الحل :

- **حساب التسليح الطولي :**

✓ **حالة ELS:**

G+Q= $270 + 110 = 380\ KN = 0.380\ MNN_{ser} =$

$$A_{sser} = \frac{N_{ser}}{\sigma_{ser}}$$

بما أن التشققات ضارة جدا فإن :

$$\sigma_{ser} = min\left\{\frac{1}{2}.f_e\ ;90\sqrt{\eta.f_{t28}}\right\}$$

$$f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 0.6 + 0.06 \times 30 = 2.40MPa$$

$$\sigma_{ser} = min\left\{\frac{1}{2}.400\ ;90\sqrt{1.6 \times 2.40}\right\} = min\{200;176.36\}$$

$$= 176.36MPa$$

نعوض في :

$$A_{sser} = \frac{0.380}{176.36} = 21.55\ \times 10^{-4}m^2 = 21.55\ cm^2$$

✓ <u>حالة ELU:</u>

$$N_U =$$

$$1.35G+1.50Q = 1.35 \times 270 + 1.50 \times 110 = 529.5KN \approx 0.530MN$$

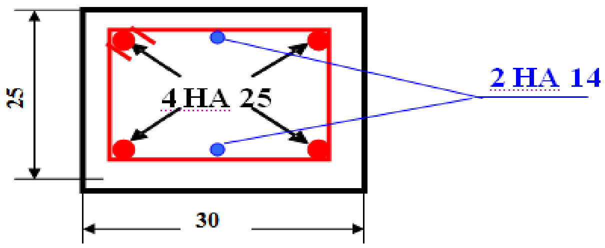
$$A_{SU} = \frac{N_U}{\sigma_{st}(10‰)} = \frac{0.53}{347.83} = 15.24 \times 10^{-4}m^2 = 15.24cm^2$$

حيث : $\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.83\ MPa$

- أخيرا نأخذ : $A_{scal} = MAX\{A_{SU}; A_{sser}\} = 21.55\ m^2$

من جدول التسليح نأخذ :

$4HA25+2HA14(19.63 + 3.08 = 22.71\ cm^2)$



- <u>شرط عدم الهشاشة :</u> نتأكد من أن :

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

$$22.71 \times 400 \geq 750 \times 2.40$$

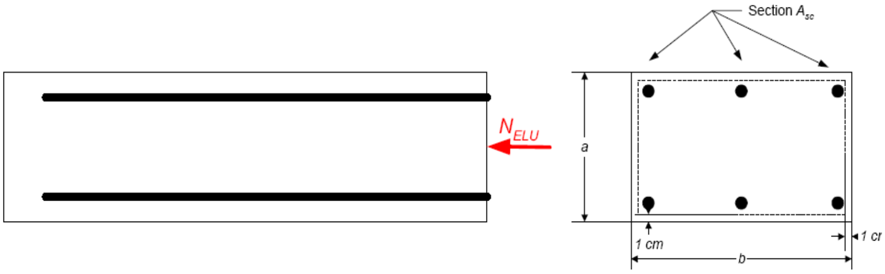
$$9084 \geq 1800$$

محقق.

....

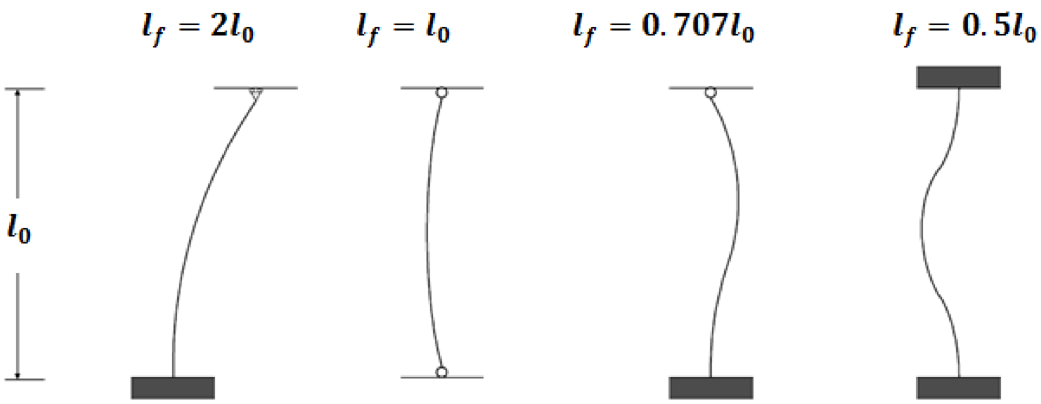
الانضغاط البسيط

1) <u>تعريف الانضغاط البسيط :</u> نقول عن عنصر من الخرسانة المسلحة(عمود أو رافدة) بأنه يخضع لانضغاط بسيط إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة عليه يتلخص في قوة ناظمية وحيدة(N) مطبقة في مركز ثقله ومتجهة نحو الداخل .



2) <u>الطول الحرّ وطول التحدب:</u>

إن الانضغاط يؤدي إلى تحدّب العمود(العنصر الأكثر تعرّضًا للضغط)، ويحسب طول التحدّب l_f بدلالة الطول الحرّ l_0 وطبيعة مسنده ، كما هو موضح في الحالات التالية:



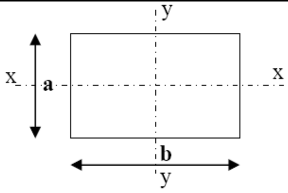
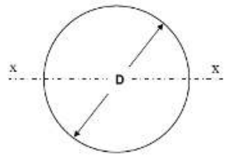
ملاحظة هامة : نأخذ طول التحدب لعمود داخل بناية : $l_f = 0.7l_0$

3) <u>حساب النحافة :</u> للوصول إلى تحديد نحافة العمود نقوم بالعمليات التالية :

- ✓ حساب طول التحدب(الانبعاج) l_f :
- ✓ حساب المساحة : B
- ✓ حساب عزم العطالة الذاتي الأدنى : I_{min}
- ✓ حساب نصف قطر الدوران : $i = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}}$

✓ حساب النحافة: $\lambda = \frac{l_f}{i}$

✓ تحسب هذه القيم للمقاطع الأكثر تداوُلاً (المستطيل والدائرة) كما يلي :

المقاطع	B	I_{min}	$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}}$	$\lambda = \frac{l_f}{i}$
	b.a	$\frac{b.a^3}{12}$	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	$\frac{2\sqrt{3}}{a}.l_f$
	$\frac{\pi D^2}{4}$	$\frac{\pi D^4}{64}$	$\frac{D}{4}$	$\frac{4}{D}.l_f$

4) حساب التسليح الطولي: إن حساب التسليح الطولي يحسب في حالة الحد النهائي الأخير ELU فقط ، ويمرّ بالمراحل التالية :

- حساب معامل النحافة α:

كما هو واضح في تسميته فإنه يتعلق بقيمة النحافة، ويحسب حسب الحالتين:

$$\begin{cases} \lambda \leq 50 \rightarrow \alpha = \dfrac{0.85}{1 + 0.2\left(\dfrac{\lambda}{35}\right)^2} \\ \lambda > 50 \rightarrow \alpha = 0.6\left(\dfrac{50}{\lambda}\right)^2 \end{cases}$$

من المفيد أن ننبه إلى أنه في حالة λ>70 ، فإننا نستعمل طريقة جزافية للحساب، ليست في المقرر.

كما أنه من المفيد أن ننبه إلى أنه في حال :

- كانت نصف الحمولات مطبقة قبل 90 يوما فإنّ قيم α تقسم على 1.1

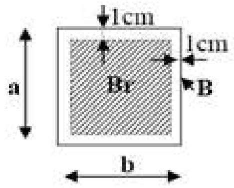
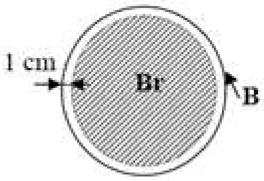
- كانت معظم الحمولات مطبقة قبل 28 يوما فإننا نأخذ f_{cj} عوض f_{c28} ، و قيم α تقسم على 1.2 .

- حساب التسليح الطولي النظري في حالة الحد النهائي الأخير بالعلاقة :

$$A_{th} = \left[\frac{N_U}{\alpha} - \frac{B_r . f_{c28}}{0,9 . \gamma_b}\right] . \frac{\gamma_s}{f_e}$$

حيث : B_r: المقطع المختصر ، ويؤخذ بحذف 1 cm من كل حافة:

وعليه فإن قيمته في حالة :

مستطيل		$B_r = (b-2)(a-2)$
دائرة		$B_r = \frac{\pi.(D-2)^2}{4}$

- حساب التسليح الطولي الأدنى : إن التسليح لا يجب أن يقلّ – بحالٍ من الأحوال– عن التسليح الأدنى الذي يحسب كما يلي :

$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2); \frac{0.2}{100} . B(cm^2)\right\}$$

حيث : u: المحيط ويحسب بِالمتر m

B: مساحة العمود و تحسب بال (cm^2)

- في النهاية نأخذ التسليح الطولي للحساب :

$$A_{Scalcul} = MAX\{A_{th}; A_{min}\}$$

5) حساب التسليح العرضي :

- نأخذ قطر القضبان العرضية (الإطارات):

$$\emptyset_t \geq \frac{\emptyset_l}{3}$$

حيث : $\emptyset_t$: قطر القضبان العرضية (mm)

$\emptyset_l$: قطر القضبان الطولية (mm)

- نأخذ التباعد بين القضبان العرضية :

$$S_t \leq min\{a + 10; 15\emptyset_l; 40cm\}$$

حيث : a: البعد الأصغر (cm).

6) مخطط الحساب الهيكلي : كما في الشد ، نقوم بتلخيص مراحل حساب التسليح السالفة الذكر في المخطط الهيكلي التالي :

مخطط حساب التسليح في حالة الانضغاط البسيط

المعطيات :

- الحمولات الدائمة والمتغيرة $(G\ ;Q)$ أو N_u
- طول التحدب l_f
- أبعاد مقطع الخرسانة (b, a) أو (D)
- المواد: $(f_e\ ,f_{c28},\gamma_s\ ,\gamma_b)$

$$i = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}}$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i}$$

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

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

$$A_{th} = \left[\frac{N_U}{\alpha} - \frac{B_r . f_{c28}}{0,9 . \gamma_b}\right] . \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2); \frac{0.2}{100} . B(cm^2)\right\}$$

$$A_{Scalcul} = max\{A_{th}; A_{min}\}$$

تمارين وتطبيقات :

التمرين الأول:

عمود بناية داخلي من الخرسانة المسلحة في حالة انضغاط بسيط طوله $l_0 = 3.20m$ ؛ مقطعه مستطيل $40 \times 30\text{cm}^2$؛ يخضع لحمولة محورية مقدارها : $G = 790KN$ و $Q = 580KN$.

الفولاذ المستعمل من نوع FeE 500؛ ومقاومة الخرسانة $f_{c28} = 35\ MPa$

معظم الحمولات مطبقة في 21 يوما .

المطلوب :

- احسب تسليح العمود واقترح رسما له.

الحل :

- طول التحدب : بالنظر إلى أننا بصدد دراسة عمود بناية داخلي فإن :

$$l_f = 0.7.l_0 = 2.24\text{m}$$

- النحافة :بما أن المقطع مستطيل الشكل فإن :

$$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{a}.l_f = \frac{2\sqrt{3}}{30}.224 = 25.87(< 50)$$

- معامل النحافة :

- $$\alpha = \frac{0.85}{1+0.2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0.766$$

بما أن معظم الحمولات مطبقة في 21 يوما فإننا نأخذ :

$$\alpha' = \frac{\alpha}{1.2} = 0.638 \checkmark$$

$$f_{cj} = \frac{j}{4{,}76+0{,}83j}.f_{c28} \quad \text{pour} \quad f_{c28} \leq 40MPa \checkmark$$

$$f_{c21} = \frac{21}{4{,}76+0{,}83\times 21}.35 = 33.12\ \text{MPa}$$

- المقطع المختصر(المصغر):

$$B_r = (b-2)(a-2) = 38.28 = 1064cm^2 = 1064\times 10^{-4}m^2$$

- حساب التسليح الطولي النظري في حالة الحد النهائي الأخير:

$$N_U = 1.35G + 1.50Q = 1.35\times 0.790 + 1.50\times 0.580 = 1.94MN$$

$$A_{thu} = \left[\frac{N_U}{\alpha'} - \frac{B_r . f_{c21}}{0,9.\gamma_b}\right] . \frac{\gamma_s}{f_e}$$
$$= \left[\frac{1.94}{0.638} - \frac{1064 \times 10^{-4} \times 33.12}{0.9 \times 1.50}\right] \frac{1.15}{500}$$
$$A_{thu} = [3.04 - 2.61] . \frac{1.15}{500} = 9.89 \times 10^{-4} m^2 = 9.89 cm^2$$

- حساب التسليح الطولي الأدنى:

$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2); \frac{0.2}{100} . B(cm^2)\right\}$$

- $A(4u) = 4[2(0.30 + 0.40)] = 5.60cm^2$
- $A\left(\frac{0.2}{100} . B\right) = \frac{0.2}{100}(30.40) = 2.40cm^2$

ومنه :

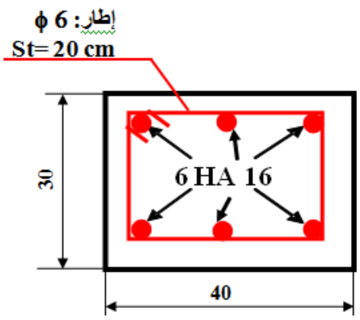
$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2); \frac{0.2}{100} . B(cm^2)\right\} = 5.60cm^2$$

- أخيرا نحسب التسليح الطولي :

$$A_{Scal} = max\{A_{th}; A_{min}\} = max\{9.89; 5.60\} = 9.89cm^2$$

وبالعودة إلى جدول التسليح نختار $(6HA16 = 12.06cm^2)$

- التسليح العرضي :



- نأخذ قطر القضبان العرضية (الإطارات):

$$\emptyset_t \geq \frac{\emptyset_l}{3} \rightarrow \emptyset_t \geq \frac{16}{3} \rightarrow \emptyset_t \geq 5.33$$
$$\emptyset_t = 6 \text{ mm}$$

- نأخذ التباعد بين القضبان العرضية :

$$S_t \leq min\{a + 10; 15\emptyset_l; 40cm\}$$
$$S_t \leq min\{30 + 10; 15 \times 1.6; 40cm\}$$
$$S_t \leq 24 \ cm$$
$$S_t = 20 \text{ cm}$$

التمرين الثاني:

عمود بناية صناعية موثوق في قاعدته وفي أعلاه مربوط إلى عقدة ، طوله الحر $l_0 = 4.50m$ ؛ مقطعه دائري $D = 35cm$، يخضع لجهد ناظمي ضاغط مقداره :

$G = 740\ KN; Q = 533\ KN$، الفولاذ المستعمل من نوع $FeE400$، ومقاومة الخرسانة للانضغاط $f_{c28} = 30\ \text{MPa}$

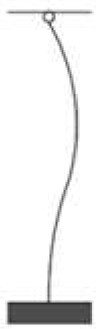
<u>المطلوب :</u>

- أحسب التسليح الطولي للعمود .
- احسب التسليح العرضي للعمود.
- قدم رسما للنتائج المحصل عليها.

<u>الحل:</u>

- طول التحدب : بالنظر إلى مسندي العمود فإن :

$l_f = 0.707l_0$



$$l_f = 0.707.l_0 = 3.18\text{m}$$

- النحافة :بما أن المقطع دائري فإن :

$$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{4}{D}.l_f = 31.80(< 50)$$

- معامل النحافة :

- $$\alpha = \frac{0.85}{1+0.2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = 0.73$$

- المقطع المختصر(المصغر):

$$B_r = \frac{\pi.(D-2)^2}{4} = \frac{\pi.(35-2)^2}{4} = 854.87cm^2 = 854.87 \times 10^{-4}m^2$$

- حساب التسليح الطولي النظري في حالة الحد النهائي الأخير:

$$N_U = 1.35G + 1.50Q = 1.35 \times 0.740 + 1.50 \times 0.533 = 1.80\ MN$$

$$A_{thu} = \left[\frac{N_U}{\alpha} - \frac{B_r.f_{c28}}{0,9.\gamma_b}\right].\frac{\gamma_s}{f_e} = \left[\frac{1.80}{0.73} - \frac{854.87 \times 10^{-4} \times 30}{0.9 \times 1.50}\right]\frac{1.15}{400}$$

$$A_{thu} = [2.466 - 1.900].\frac{1.15}{400} = 16.27 \times 10^{-4}\text{m}^2 = 16.27\text{cm}^2$$

- حساب التسليح الطولي الأدنى:

$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2); \frac{0.2}{100}.B(cm^2)\right\}$$

- $A(4u) = 4(2\pi r) = 4(2\pi \times 0.35) = 8.79cm^2$
- $A\left(\frac{0.2}{100}.B\right) = \frac{0.2}{100}(35)^2 = 2.45cm^2$

ومنه :

$$A_{min} = max\left\{4u(cm^2);\frac{0.2}{100}.B(cm^2)\right\} = 8.79cm^2$$

- أخيرا نحسب التسليح الطولي :

$$A_{Scal} = max\{A_{th};A_{min}\} = max\{16.27;8.79\} = 16.27cm^2$$

وبالعودة إلى جدول التسليح نختار $(9HA16 = 18.09cm^2)$

- التسليح العرضي :
  - نأخذ قطر القضبان العرضية (الإطارات):

$$\emptyset_t \geq \frac{\emptyset_l}{3} \rightarrow \emptyset_t \geq \frac{16}{3} \rightarrow \emptyset_t \geq 5.33$$

$$\emptyset_t = 6 \text{ mm}$$

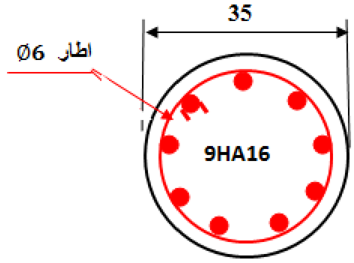
  - نأخذ التباعد بين القضبان العرضية :

$$S_t \leq min\{D + 10; 15\emptyset_l; 40cm\}$$

$$S_t \leq min\{35 + 10; 15 \times 1.6;$$

$$S_t \leq 24 \ cm$$

$$S_t = 20 \text{ cm}$$



....

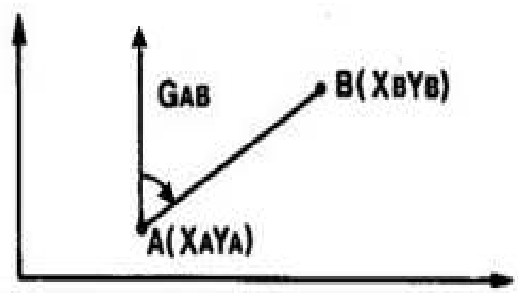
الباب الثالث

الطبوغرافيا والمساحة

السّمت الاحداثي

1) تعريف السّمت الاحداثي :

- نعتبر النقطتين A و B المعرفتين بإحداثياتهما القائمة في معلم متعامد .



- نعرف السمت الاحداثي للاتجاه $\overline{AB}$: بالزاوية الأفقية المحصورة بين محور التراتيب الموجبة (شمال لامبير) واتجاه الرصد $\overline{AB}$ في اتجاه دوران عقارب الساعة.

2) حساب السمت الاحداثي:

يتم حساب السمت الاحداثي للاتجاه $\overline{AB}$حسب المراحل الثلاثة التالية :

- حساب فروق الفواصل وفروق التراتيب:

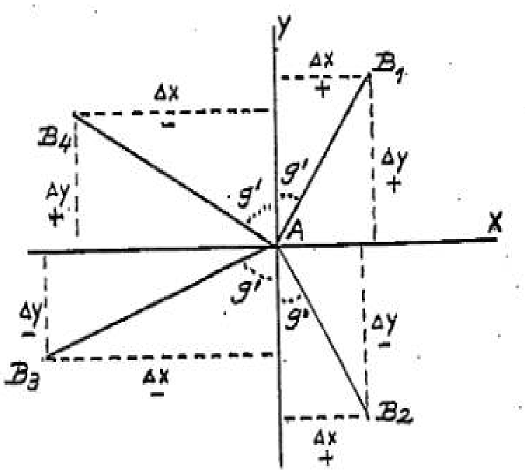
$$\Delta X = X_B - X_A$$
$$\Delta Y = Y_B - Y_A$$

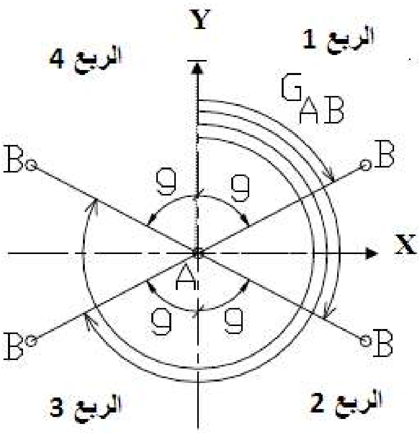
- حساب السمت المختصر g :

✓ نعرف السمت المختصر بالزاوية(الحادة) المحصورة بين اتجاه الرصد $\overline{AB}$ وأقرب محور للتراتيب.

✓ نحسب السمت المختصر بكتابة :

$$\tan g = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| \rightarrow g$$





- استنتاج السمت الاحداثي G :

✓ يحسب السمت الاحداثي بالاعتماد على قيمة السمت المختصر والربع الذي يتواجد فيه الاتجاه $\overline{AB}$ كما هو مدون في الجدول التالي :

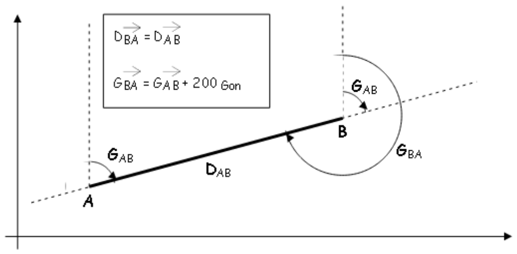
حالة الربع	الأول	الثاني	الثالث	الرابع
السمت الاحداثي G	G	200−g	200+g	400−g

<u>ملاحظتان هامتان :</u>

✓ على هامش حساب فروق الفواصل والترتيب نلاحظ أنه يمكن حساب المسافة الأفقية بين النقطتين A و B بالعلاقة :

$$L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

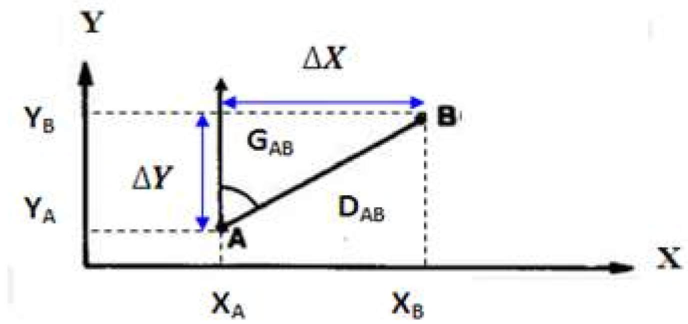
✓ على هامش حساب السمت الاحداثي نلاحظ العلاقة التي تربط بين G_{AB} و G_{BA} وهي :



$$G_{BA} = G_{AB} + 200\ gr$$

3) <u>حساب الإحداثيات القائمة:</u>

4) من المفيد أن نعلم أنه يمكن حساب إحداثيات النقاط المتتالية في مسار طبوغرافي إذا علمنا سمت الانطلاق وإحداثيات نقطة البداية A



وكمثال على ذلك فإن إحداثيات النقطة B في الشكل المقابل :

$$X_B = X_A + \Delta X_{AB} = X_A + D_{AB}.\sin G_{AB}$$

$$Y_B = Y_A + \Delta Y_{AB} + D_{AB}.\cos G_{AB}$$

تمارين وتطبيقات :

التمرين الأول :

نسبب إلى معلم متعامد النقطتين A و B المعرفتين بإحداثياتها القائمة التالية :

$$B\begin{pmatrix} XB=270.00m \\ YB=272.00m \end{pmatrix} \quad ; \quad A\begin{pmatrix} XA=344.00m \\ YA=322.00\,m \end{pmatrix}$$

1) أحسب المسافة الأفقية L_{AB} ؟

2) أحسب السمت الإحداثي للاتجاه $\overline{AB}$: G_{AB} ؟

الحل :

1) حساب المسافة الأفقية :

نعلم : $L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

$$\Delta X = XB - XA = 270.00-344.00$$

$$\Delta X = -74.00m$$

$$\Delta Y = YB - YA = 272.00-322.00$$

$$\Delta Y = -50.00m$$

$$L = \sqrt{(-74)^2 + (-50)^2}$$

L=89.31m

2)حساب السمت G_{AB} :

$$\tan g = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| = \left|\frac{-74.00}{-50.00}\right|$$

$$\tan g = 1.480$$

$$g = 55.95\ grad$$

$(\Delta y<0 ,\ \Delta x<0)$ إذن نحن في حالة الربع الثالث ومنه :

G_{AB} = 200+g

=200+55.95

G_{AB}= 255.95 grad

التمرين الثاني :

نعطي في الجدول أسفله النقاط المعرفة بإحداثياتها القائمة :

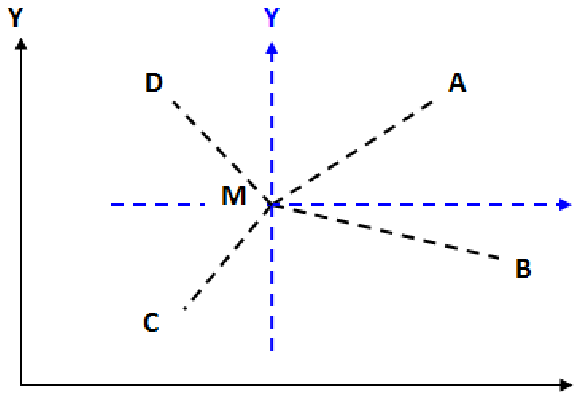
النقاط	O	A	B	C	D
X-m-	115.35	527.83	563.65	51.47	71.65
Y-m-	95.37	317.92	63.65	37.68	263.65

1) قم برسم تقريبي لمختلف النقاط في معلم متعامد .

2) أحسب الأسمت الإحداثية: G_{OD} ، G_{OC} ، G_{OB} ، G_{OA} .

<u>الحل :</u>

- <u>نرسم بشكل تقريبي إحداثيات مختلف النقاط:</u>



- <u>حساب السمت الاحداثي G_{MA}:</u>

$$\Delta X = X_A - X_M = 527.83 - 115.35 = +412.48$$

$$\Delta Y = Y_A - Y_M = 317.92 - 95.37 = +222.55$$

$$\tan g = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| = \frac{412.48}{222.55} = 1.853 \rightarrow g = 68.50\ gr$$

بما أن $\Delta X, \Delta Y$ موجبان فإننا في وضعية الربع الأول ، وبالتالي :

$$G_{MA} = \text{g} = 68.50\ \text{gr}$$

- نقوم بنفس العمليات لحساب باقي الأسمت، مع مراعاة حالة الربع الذي يتواجد فيه السمت الاحداثي نجد النتائج التالية الملخصة في الجدول أسفله :

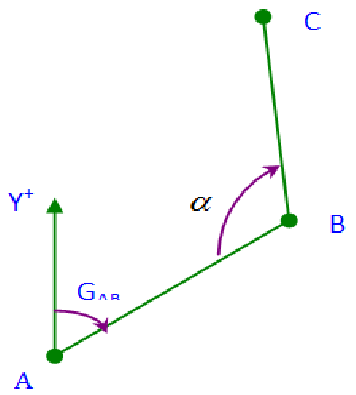
المحطة	النقاط	$-m-\Delta X$	$-m-\Delta Y$	$\tan g$	g	الربع	G-gr-
M	A	+412.48	+222.55	1.853	68.50	الأول	68.50
	B	448.30+	31.72−	14.133	95.50	الثاني	104.50
	C	63.88−	57.69−	1.107	53.24	الثالث	253.24
	D	43.70−	168.28+	0.260	16.17	الرابع	383.83

التمرين الثالث :

لتكن A,B,C ثلاثة نقاط كما هو موضح في الشكل.

إذا علمت أن: X_A=150,00m, Y_A= 70,00m و α =120gr

Y_B=120,00m, X_B=180,00m



- أحسب المسافة AB .
- أحسب السّمت الإحداثي G_{AB}.
- استنتج قيمة السّمت الإحداثي G_{BC}.

الحل :

- حساب المسافة AB:

نعلم : $L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$

$= 180 - 150 \Delta X = XB - XA$

$\Delta X = +30.00$

$= 120 - 70 \ \Delta Y = YB - YA$

$\Delta Y = +50.00$

$L = \sqrt{(30)^2 + (50)^2}$

L=58.31m

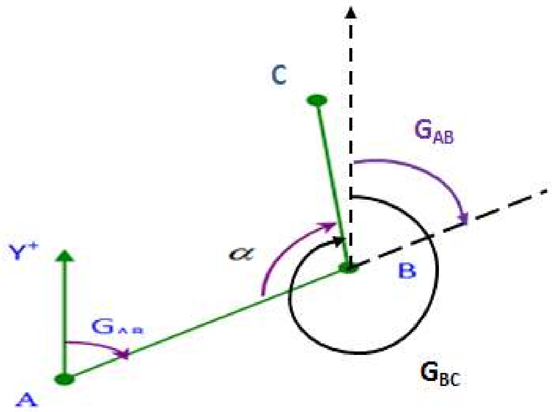
- حساب السّمت الإحداثي G_{AB} :

$$\tan g = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| = \frac{+30}{+50} = 0.600 \rightarrow g = 34.40\ gr$$

بما أن $\Delta X, \Delta Y$ موجبان فإننا في وضعية الربع الأول ، وبالتالي :

$$G_{AB} = g = 34.40\ gr$$

- استنتاج السمت الاحداثي G_{BC}:



نلاحظ من الرسم أن :

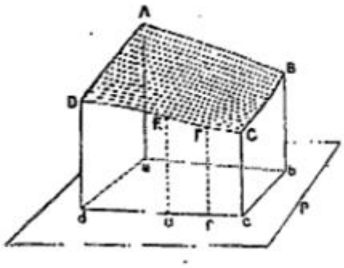
$$G_{BC} = G_{AB} + 200 + \alpha$$

$$G_{BC} = 34.40 + 200 + 120$$

$$G_{BC} = 354.40\ \text{gr}$$

حساب المساحات

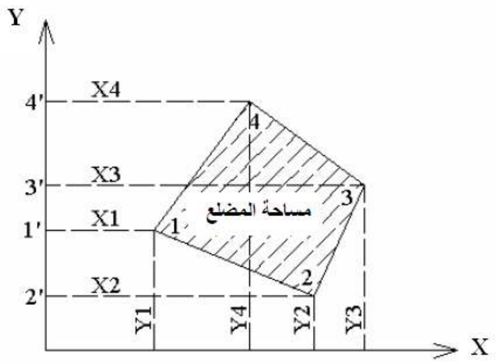
1) عموميات :



يعتبر حساب المساحات من الأعمال الطبوغرافية الهامة ، حيث نحتاج إليها في جميع المشاريع الهندسية تقريبا، وإيجاد المساحات يتم من الخرائط أو من القياسات الميدانية.

للإشارة فإن المساحة المحسوبة هي المساحة على المستوي الأفقي (الإسقاط) للحيز المعتبر.

2) حساب المساحات بطريقة الإحداثيات القائمة :

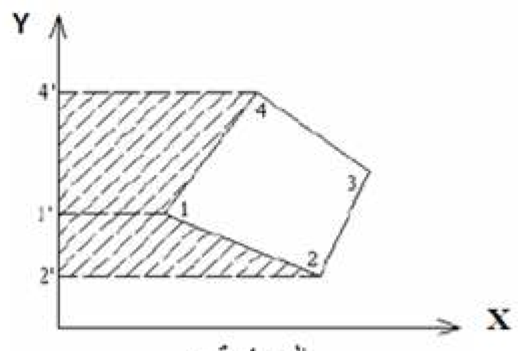


- ليكن لدينا المضلع المقابل المعرف بالإحداثيات القائمة لرؤوسه .

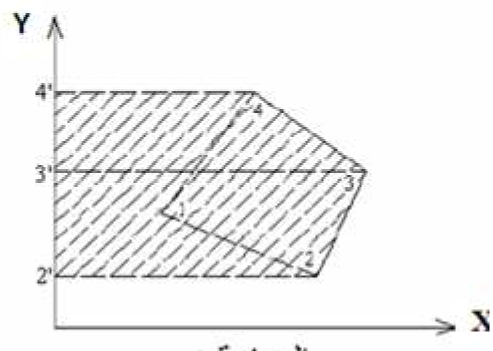
لحساب مساحة هذا المضلع نقوم بتقسيمه إلى مجموعة مساحات أشباه منحرف.

إن مساحة المضلع الرباعي تحسب بالطريقة التالية:

$$S(\overline{1234}) = S(\overline{4'433'}) + S(3'322') - S(4'411') - S(1'122')$$



المساحة 1



المساحة 2

- إن الكتابة التفصيلية لمساحة أشباه المنحرف المبينة أعلاه ؛ وبعد عملية نشر الجداءات تسمح لنا بالوصول إلى :

$$S = \frac{1}{2}[X_1(Y_4 - Y_2) + X_2(Y_1 - Y_3) + X_3(Y_2 - Y_4) + X_4(Y_3 - Y_1)]$$

وبعبارة أخرى عامة :
$$S = \frac{1}{2}\sum X_n(Y_{n-1} - Y_{n+1})$$

3) حساب المساحات بطريقة الإحداثيات القطبية:

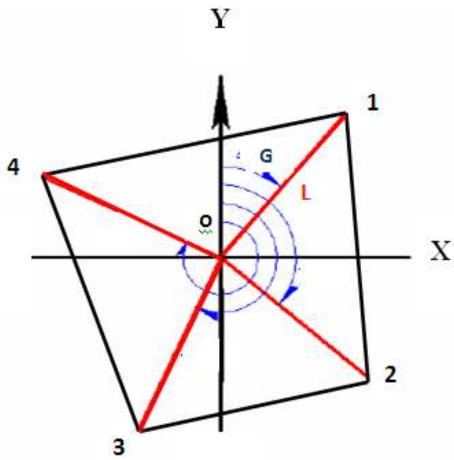
- تتميز هذه الطريقة بكونها عملية أكثر من الطريقة الأولى ، لأنها تعتمد على القياسات الميدانية للمسافات والزوايا .
- باعتماد إحدى طرق حساب المثلثات المتمثلة في :

$$S = \frac{1}{2} L_1 . L_2 . \sin \alpha$$

حيث : α: الزاوية المحصورة بين الضلعين L_1 و L_2 .

نلاحظ أن مساحة المضلع المرسوم ليست إلا مجموع مساحة المثلثات الأربع المبينة ، و بناء على ذلك يمكن الكتابة :

$$S = \frac{1}{2} L_1 . L_2 . \sin \alpha_1 + \frac{1}{2} L_2 . L_3 . \sin \alpha_2 + \frac{1}{2} L_3 . L_4 . \sin \alpha_3 + \frac{1}{2} L_4 . L_1 . \sin \alpha_4$$



وبعبارة أخرى عامة :

$$S = \frac{1}{2}\sum[l_n . l_{n+1} . \sin \alpha_n]$$

أو :

$$S = \frac{1}{2}\sum[l_n . l_{n+1} . \sin(G_{n+1} - G_n)]$$

باعتبار :

$$\alpha_n = G_{n+1} - G_n$$

- ملاحظة هامة : إن تطبيق هذه العلاقة لحساب المساحة في حال كون المحطة داخل المضلع أو على أحد رؤوسه لا يطرح أي إشكال ، أما إذا كانت المحطة خارج المضلع فإنه يجب مراعاة أن تُطرح (من مجموع المساحات) مساحة المثلث المحدّد بين أول ضلع وآخر ضلع والزاوية المحصورة بينهما .

تمارين وتطبيقات :

التمرين الأول:

- أرض مشروع معرفة بإحداثياتها القائمة التالية :

$$A\begin{cases}X = 70\ m\\ y = 80m\end{cases} \quad B\begin{cases}X = 50m\\ y = 20\ mm\end{cases} \quad C\begin{cases}X = 20m\\ y = 30m\end{cases}$$

- المطلوب: حساب مساحة قطعة الأرض (ABC) بطريقة الإحداثيات القائمة.

الحل : حساب مساحة قطعة الأرض بطريقة الإحداثيات القائمة :

$$S = \frac{1}{2}[X_n(Y_{n-1} - Y_{n+1})]$$

$$S = \frac{1}{2}[X_A(Y_c - Y_B) + X_B(Y_A - Y_C) + X_C(Y_B - Y_A)]$$

$$S = \frac{1}{2}[70(30-20) + 50(80-30) + 20(20-80)]$$

$$S = \frac{1}{2}[700 + 2500 - 1200] = 1000m^2$$

التمرين الثاني:

لغرض معرفة مساحة وتضاريس قطعة أرض ذات شكل مثلثيّ ،قام طبوغرافيّ انطلاقا من محطة S وباستعمال جهاز المزولة برصد المعلم A ثمّ النقاط: 1,2,3,4 فكانت النتائج كما يلي :

المحطة	نقاط الرصد	القراءات الزاوية HZ-gr-	القراءات على القامة – -m- L_{sup}	L_{inf}	الملاحظات
S	1	0.00	---	---	الزاوية الشاقولية V=100gr
	2	80.55	1.432	0.982	
	3	112.15	1.515	0.665	
	4	148.35	1.775	1.205	

المطلوب :

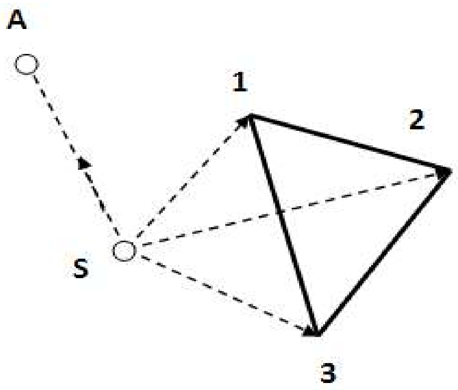
1) أحسب المسافات الأفقية : L_{S1} , L_{S2} , L_{S3}

2) أحسب مساحات المثلثات: Δ_{1S2} ; Δ_{2S3} ;Δ_{1S3}

3) استنتج مساحة المثلث : Δ_{123}

<u>الحل:</u>

1) <u>حساب المسافات</u> :



بما أن التصويبات أفقية $(V = 100gr)$ فإن :

$L = (L_{sup} - L_{inf}).100$

$= (1.432 - 0.982).100 = 45.00\text{m}L_1$

$= (1.515 - 0.665).100 = 85.00\ \text{m}L_2$

$= (1.775 - 1.205).100 = 57.00\ \text{m}L_3$

2) حساب المساحات :

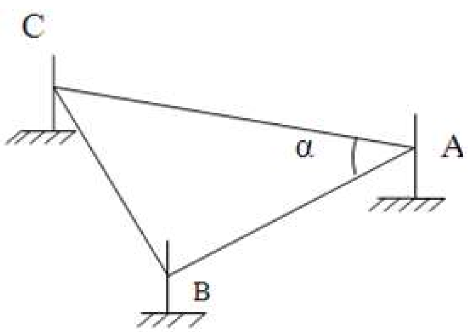
- $\alpha 1 = 112.15 - 80.55 = 31.60$ gr
  - $S1 = \frac{1}{2}.L1.L2.\sin\alpha_1$
  - $S1 = \frac{1}{2}.45.85.\ \sin 31.60 = 910.80$ m2
- $\alpha 2 = 148.35 - 112.15 = 36.20$gr
  - $S2 = \frac{1}{2}.L2.L3.\sin\alpha_2$
  - $S2 = 1/2\ .85.57\ \sin 36.20 = 1304.46$ m2
- $\alpha 3 = \alpha 1 + \alpha 2 = 67.8$ gr
  - $S3 = \frac{1}{2}.L1.L3.\sin\alpha_3$
  - $S_3 = \frac{1}{2}.45.57.\sin 67.8 = 1121.92\ m^2$

3) وأخيرا نحسب المساحة (المحطة خارج المثلث) :

$S = s_1 + s_2 - s_3 = 1093.34\ m^2$

<u>التمرين الثالث :</u>قطعة أرض مثلثية الشكل كما هو موضح .

النقاط: A،B،C معرفة بإحداثياتها القائمة المدونة في الجدول التالي :



النقاط	X (m)	Y(m)
A	275.00	475.00
B	263.35	458.70
C	259.50	484.15

العمل المطلوب:

1) أحسب المسافات الأفقية: D_{AB}، D_{AC} ؟
2) أحسب الأسمت الإحداثية: G_{AB}، G_{AC} ؟
3) أحسب الزاوية الأفقية α ؟
4) أحسب مساحة القطعة ABC بطريقة:
   - الإحداثيات القائمة ؟
   - الإحداثيات القطبية ؟

الحل:

1-حساب المسافات الأفقية:

- المسافة الأفقية D_{AB}:

نعلم أن:

$$D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

$$\Delta X = X_B - X_A = -11.65$$

$$\Delta Y = Y_B - Y_A = -16.30$$

ومنه : $D = \sqrt{(-11.65)^2 + (-16.30)^2} = 20.04m$

- المسافة الأفقية D_{AC}:

$$\Delta X = X_C + X_A = -15.50$$

$$\Delta Y = Y_C + Y_A = +9.15$$

ومنه : $D = \sqrt{(-15.50)^2 + (+9.15)^2} = 18.00m$

2-حساب الأسمت الإحداثية :

- السمت G_{AB}:

$$\text{tang} = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| = \left|\frac{-11.65}{-16.30}\right| = 0.715$$

$$\rightarrow g = 39.504gr$$

بما أن $\Delta X<0$ و$\Delta Y<0$ فنحن في الربع الثالث ومنه:

G_{AB}=200+g=239.504 gr

- السمت G_{AC}:

$$tang = \left|\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right| = \left|\frac{-15.50}{+9.15}\right| = 1.694$$

$$\rightarrow g = 66.051gr$$

بما أن $\Delta X<0$ و $\Delta Y>0$ فنحن في الربع الرابع ومنه:

$G_{AC}=400-g=333.949gr$

3-حساب الزاوية α:

من الشكل : $\alpha=G_{AC}-G_{AB}=94.445$ gr

4-حساب المساحة:

- طريقة الإحداثيات القائمة:

نعلم : $S = \sum \frac{1}{2} X_n \left(y_{n-1} - y_{n+1}\right)$

$2S = X_A(Y_C - Y_B) + X_B(Y_A - Y_C) + X_C(Y_B - Y_A) = 359.25$

$S=179.62\ m^2$

- طريقة الإحداثيات القطبية:

$$S = \frac{1}{2} D_{AB}.D_{AC}.\sin\alpha = 179.67m^2$$

التمرين الرابع :

ليكن المضلع ABCD المعرف بإحداثيات رؤوسه كما هو مدوّن في الجدول التالي :

النقاط	A	B	C	D
X-m-	40	100	X_C	40
Y-m-	100	140	Y_C	40

نعرف نقطة O بإحداثياتها القائمة $(60,60)$

كما نعطي : $l_{oc} = 100m\ , G_{OC} = 100gr$

المطلوب :

1) أوجد إحداثيات النقطة C ؟

2) أحسب مساحة المضلع بطريقة الإحداثيات القائمة ؟

3) أحسب الأسمت الإحداثية G_{OA}, G_{OB}, G_{OD} و الاطوال L_{OA}, L_{OB}, L_{OD}

4) أحسب مساحة المضلع بطريقة الإحداثيات القطبية ؟ ماذا تلاحظ ؟

الحل :

1) إحداثيات C:

نعلم :

$$X_C = X_O + L_{OC}.\sin G_{OC} = 60 + 100.\sin 100 = 160\text{m}$$

$$Y_C = Y_O + L_{OC}.\cos G_{OC}. = 60 + 100.\cos 100 = 60\text{ m}$$

يمكن إيجاد هذه الإحداثيات برسم وضعية النقطتين O و C وملاحظة أن السمت الاحداثي $G_{OC} = 100\ gr$

2) حساب المساحة بطريقة الإحداثيات القائمة:

نعلم أنّ :

$$S = \frac{1}{2}\sum X_n(Y_{n-1} - Y_{n+1})$$

$$S = \frac{1}{2}[X_A(Y_D - Y_B) + X_B(Y_A - Y_C) + X_C(Y_B - Y_D) + X_D(Y_C - Y_A)]$$

$$S = \frac{1}{2}[40(40 - 140) + 100(100 - 60) + 160(140 - 40) + 40(60 - 100)] = 7200\ m^2$$

3) حساب الأسمت الإحداثية والأطوال :

- الاتجاه OA:

$$\Delta X_{OA} = X_A - X_O = 40 - 60 = -20$$

$$\Delta Y_{OA} = Y_A - Y_O = 100 - 60 = +40$$

$$500 \rightarrow g = 29.52\ gr \tan g = \left|\frac{20}{40}\right| = 0.$$

بالنظر إلى إشارتي $\Delta X, \Delta Y$ فنحن في الربع الرابع :

$$G_{OA} = 400 - g = 370.48\text{ gr}$$

$$=44.72\text{m} L_{OA} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{20^2 + 40^2}$$

- الاتجاه OB:

$$\Delta X_{OB} = X_B - X_0 = 100 - 60 = +40$$
$$\Delta Y_{OB} = Y_B - Y_O = 100 - 60 = +80$$
$$\tan g = \left|\frac{40}{80}\right| = 0.500 \rightarrow g = 29.52\ gr$$

بالنظر إلى إشارتي $\Delta X, \Delta Y$ الموجبتان فنحن في الربع الأول:

$$G_{OB} = g = 29.52\ gr$$
$$89.44m L_{OB} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{40^2 + 80^2} =$$

- الاتجاه OD:

$$\Delta X_{OD} = X_D - X_O = 40 - 60 = -20$$
$$\Delta Y_{OD} = Y_D - Y_O = 40 - 60 = -20$$
$$\tan g = \left|\frac{20}{20}\right| = 1 \rightarrow g = 50\ gr$$

بالنظر إلى إشارتي $\Delta X, \Delta Y$السالبتان فنحن في الربع الثالث:

$$G_{OD} = 200 + g = 250\ gr$$
$$L_{OD} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{20^2 + 20^2} = 28.28m$$

4) حساب المساحة بطريقة الإحداثيات القطبية :

نعلم :

$$S = \frac{1}{2}\sum[l_n . l_{n+1} . \sin(G_{n+1} - G_n)]$$

$$S = \frac{1}{2}[l_{OA} . i_{OB} . \sin(G_{OB} - G_{OA}) + l_{OB} . i_{OC} . \sin(G_{OC} - G_{OB}) + l_{OC} . i_{OD} . \sin(G_{OD} - G_{OC}) + l_{OD} . i_{OA} . \sin(G_{OA} - G_{OD})]$$

$$S = \frac{1}{2}[44,72 . 89,44 . \sin(29,52 - 370,48) + 89,44 . 100 . \sin(100 - 29.52) + 100 . 28,28 . \sin(250 - 100) + 28,28 . 44,72 . \sin(370,48 - 250)]$$

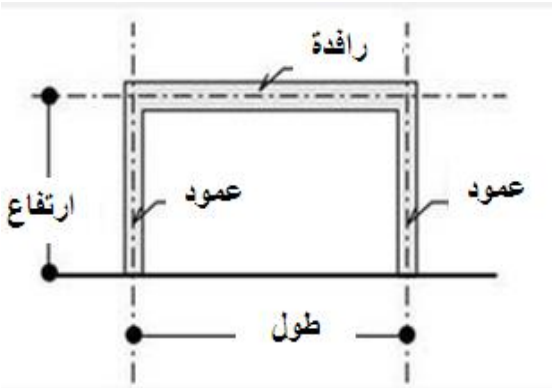
$$S = 3200.05 + 7999.55 + 1999.70 + 1199.80 = 7199.55 \approx 7200m^2$$

نلاحظ أن هذه القيمة للمساحة هي نفسها المحصل عليها بطريقة الإحداثيات القائمة .

....

مراقبة المنشآت

1) أهمية المراقبة:



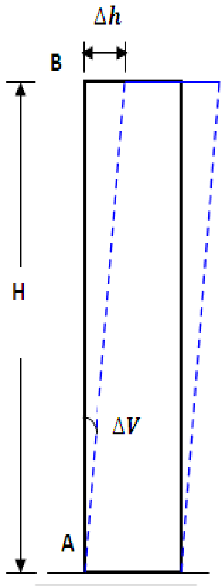
المراقبة هي عملية متواصلة تبدأ من انطلاق الأشغال وتستمر إلى غاية الانتهاء من الأشغال .

وتكمن أهميتها في التنبّه إلى الوضعيات الخاطئة لعناصر منشآت البناء، بهدف تصويبها وتصحيحها في الوقت المناسب.

2) مراقبة الشاقولية :

تنصرف هذه العملية إلى التأكد من شاقولية الأعمدة أو الجدران .

تتم هذه العملية بجهاز المزولة حسب المراحل العملية التالية :



- وضع الجهاز في محطة S على امتداد الواجهة الشاقولية للعنصر .
- رصد أسفل العنصر عند النقطة A وقراءة الزاوية الأفقية عندها .
- رصد أعلى العنصر عند النقطة B وقراءة الزاوية الأفقية عندها .
- مقارنة الزاويتين الأفقيتين المحصل عليهما، فإذا كان :
  - ✓ $HZ_A = HZ_B$: نقول أن العنصر شاقولي بصفة جيدة.
  - ✓ $HZ_A \neq HZ_B$: نقول أن العنصر غير شاقولي، ويتم حساب انحرافه بالعلاقة:

$$tan(\Delta HZ) = \frac{\Delta h}{H_{AB}}$$

$$\Delta h = H_{AB}.\tan(\Delta HZ)$$

حيث : Δh: مقدار انحراف العنصر الشاقولي .

H_{AB}: علو (ارتفاع) العنصر الشاقولي .

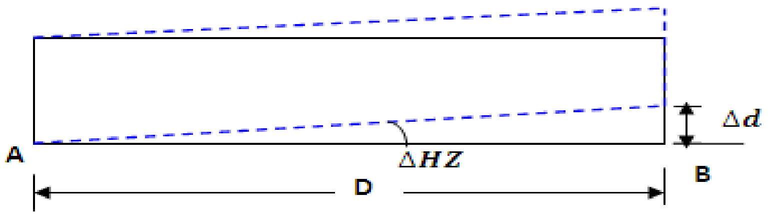
$\Delta HZ = HZB - HZA$:الفرق بين قراءتي الزاويتين الأفقيتين .

ملاحظة : من المفيد أن تتم عملية مراقبة الشاقولية من وضعيتين مختلفتين متعامدتين، حتى يمكن القول أن العنصر شاقولي تماما.

3) مراقبة الأفقية :

تنصرف هذه العملية إلى التأكد من أفقية الروافد والأرضيات .

تتم هذه العملية بجهاز المزولة حسب المراحل العملية التالية :



- وضع الجهاز في محطة S بين طرفي العنصر الأفقي .
- رصد حافة العنصر عند النقطة A وقراءة الزاوية الشاقولية عندها.
- رصد حافة العنصر عند النقطة B وقراءة الزاوية الشاقولية عندها
- مقارنة الزاويتين الشاقوليتين المحصل عليهما، فإذا كان :
  - ✓ $V_A = V_B$: نقول أن العنصر أفقي بصفة جيدة.
  - ✓ $V_A \neq V_B$: نقول أن العنصر غير أفقي ،ويتم حساب انحرافه بالعلاقة:

$$\tan(\Delta V) = \frac{\Delta d}{D_{AB}}$$

$$\Delta d = D_{AB}.\tan(\Delta V)$$

حيث: Δd: مقدار انحراف العنصر الأفقي .

D_{AB}: طول العنصر الأفقي .

$\Delta V = VB - VA$:الفرق بين قراءتي الزاويتين الشاقوليتين .

تطبيقات وتمارين:

التمرين الأول :

بعد مراقبة شاقولية عمود تبين أنه غير شاقولي بقيمة انحراف Δh

- إذا كانت القراءة على الدائرة الأفقية عند النقطة A هي H_{ZA}

المعطيات:

$H = 3.80m$

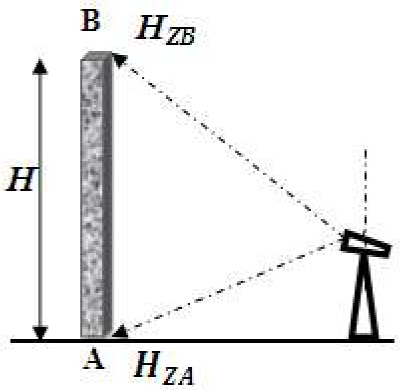
$= 1,80\ mm\Delta h$

$H_{ZA} = 20\ gr$

أوجد قيمة القراءة على الدائرة الأفقية H_{ZB} عند النقطة B.

الحل :

نعلم أن :



$$\tan(\Delta HZ_{AB}) = \frac{\Delta h}{H}$$

$$\tan(\Delta HZ_{AB}) = \frac{1.80}{3800} = 0.47.10^{-4}$$

$$\rightarrow \Delta HZ_{AB} = 0.03$$

$$\Delta HZ_{AB} = HZ_B - HZ_A$$

$$+\Delta HZ_{AB} = 20.03\ grHZ_B = HZ_A$$

التمرين الثاني:

لمراقبة أفقية رافدة توقف طبوغرافي بجهاز مزولة عند محطة S متوسطة بين طرفي الرافدة A و B

- إذا علمت أن : $D_{AB}=5.00m, V_A=50.10gr, V_B=50.16\ gr$

أحكم على وضعية الرافدة ؟ أحسب قيمة الانحراف (الميلان)؟

الحل :

- نلاحظ أن: $VA \neq VB$

إذن الرافدة غير أفقية ، وميلانها يحسب بالعلاقة :

$$\Delta d = D_{AB}.tan(\Delta V) = 5000.\tan(50.16 - 50.10) = 4.71\,mm$$

التمرين الثالث :

بعد مراقبة أفقية رافدة طولها $D= 6.00m$ تبين أنها مائلة وقيمة الانحراف d=5mm .

- كم تكون قراءة الزاوية الشاقولية V_2عند الحافة الثانية إذا علمت أن القراءة عند الحافة الأولى V_1=50 gr

الحل:

- نعلم أنّ: $\tan(\Delta V) = \frac{d}{D}$

$$0.83.10^{-3} \rightarrow \Delta V = 0.05\,gr \tan(\Delta V) = \frac{d}{D} = \frac{5}{6000} =$$

$$\Delta V = V2 - V1 \rightarrow V2 = V1 + \Delta V = 50.05\,gr$$

....

الباب الرابع

البناء والأشغال العمومية

المنشآت العلوية

1) مدخل : تشترك البنايات - رغم تنوعها- في أجزاء متشابهة لها نفس الوظيفة رغم اختلاف أشكالها.

وبشكل عام فإن البناءات تتشكل من جزء سفلي باطني يسمى الأساس وجزء علوي منظور يتكون من مجموعة من العناصر يشكل مجموعها المنشأ العلوي .

2) الأعمدة :

- التعريف والدور : هي عناصر مقطعية شاقولية تنتمي إلى هيكل البناية،يتمثل دورها الأساسي في تحمل الأثقال العلوية المطبقة عليها وتوصيلها إلى الأساسات .
- التصنيف: تصنف الأعمدة حسب :
  - مادة الصنع : إلى أعمدة خرسانية مسلحة أو فولاذية أو خشبية .
  - الشكل : إلى أعمدة مستطيلة أو دائرية أو على شكل مجنبات .
  - الوضعية :إلى أعمدة داخلية أو جانبية أو زاوية .

3) الروافد :

- التعريف والدور :هي عناصر مقطعية أفقية تربط بين مختلف الأعمدة، يتمثل دورها في العمل على استقرار البناية وإرسال جميع القوى المطبقة عليها نحو الأعمدة .
- التصنيف: تصنف الروافد حسب :
  - مادة الصنع : إلى خرسانية مسلحة أو فولاذية أو خشبية .

- الشكل : إلى روافد مستطيلة أو على شكل حرفي TوI او على شكل مجنبات.
- الوضعية:رئيسية (لاستقبال القوي) وثانوية (للربط).

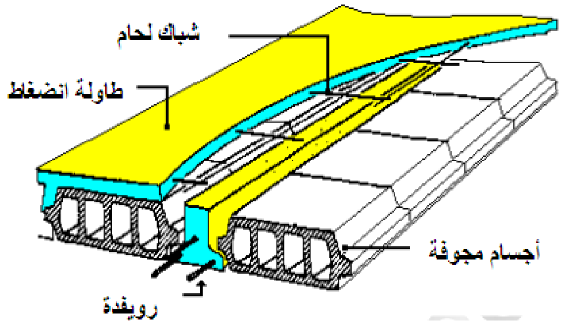
4) الأرضيات :

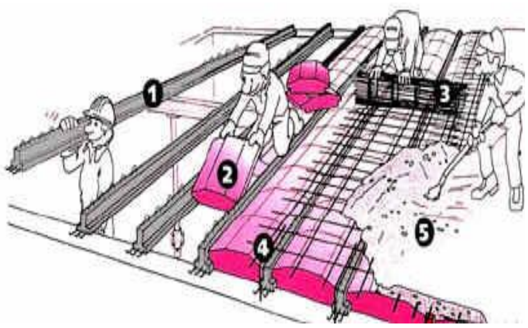
التعريف والدور : هي عناصر مساحية أفقية تفصل بين مختلف طوابق البناية،يمتثل دورها في تحديد الطوابق و استقبال الحمولات لتوصيلها إلى الروافد .

التصنيف : تصنف الأرضيات إلى صنفين رئيسيين هما :

- الأرضيات المصبوبة :نميز ضمنها نوعين:

✓ أرضيات ذات أجسام مجوفة : هي أرضيات شائعة الاستعمال تتكون من رويفدات وأجسام مجوفة وطاولة انضغاط خرسانية مسلحة بشبكات ملحمة.





✓ أرضيات ذات بلاطة مملوءة :هي أرضيات تكون على شكل عنصر واحد يتمثل في بلاطة خرسانية مسلحة ذات سمك يتعلق بأهمية المنشأ وعدد المساند التي ترتكز عليها الأرضية .

- الأرضيات الجاهزة : هي عبارة عن بلاطات مسبقة الصنع ، توضع في أماكنها المخصصة لها في عملية واحدة بواسطة الرافعة .

5) الجدران :

التعريف والدور : هي عناصر مساحية شاقولية ، يتمثل دورها في غلق وعزل الفضاءات .

التصنيف : تصنف الجدران حسب:

- مادة الصنع : إلى جدران من الطوب أو الحجارة أو الخشب أو الآجرّ أو الخرسانة المسلحة أو الحديد .

- الدور : ويندرج ضمن هذا التصنيف نوعان :

✓ جدران حاملة : تنجز بالخرسانة المسلحة وتتحمل الأرضيات وما فوقها .

✓ جدران غير حاملة : غالبا ما تكون داخلية قليلة السمك، تقوم بالفصل بين مختلف الفضاءات الداخلية .

6) السطوح :

التعريف والدور : هي عبارة عن الأرضيات الأفقية أو القليلة الميل العليا للمبنى، بحيث تفصل بين داخله وخارجه، ويتمثل دورها بشكل عام في :

- الغلق و العزل عن المحيط الخارجي .
- الحماية من المؤثرات الطبيعية الخارجية .
- التحمل للثقل الذاتي والأثقال المتغيرة وتجهيزات المصعد في حال وجوده .

التصنيف : تصنف السطوح بشكل عام إلى صنفين رئيسيين هما :

- سطوح مستغلة :تسمح بالحركة والتنقل فوقها.
- سطوح غير مستغلة :تسمح ببعض الأعمال الخفيفة فقط .

و نخص بالتوضيح بعض هذه المكونات :

شكل الميل : يتم بطبقة من الخرسانة المائلة (المتغيرة السمك) للسماح بجريان الماء في اتجاهات مختلفة .

طبقة العزل :ضد الحرارة (بطبقة من الفلين أو البوليستران) وضد الرطوبة (بطبقة من اللباد)

طبقة الكتامة : توضع فوق طبقة العزل، على شكل طبقة من الزفت أو الإسفلت لمنع النفوذية .

الحماية الثقيلة :تتمثل في طبقة من الحصى في السطوح غير المستغلة لحماية طبقتي العزل والكتامة.

7) الغماء :

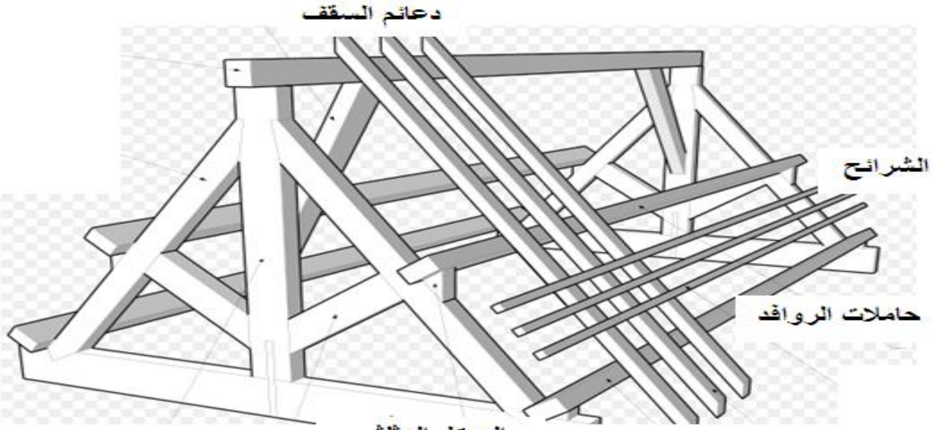
التعريف والدور: هو الهيكل الحامل لعناصر التغطية من قرميد وصفائح ، وهو على نوعين :

- غماء خشبي : يستعمل في المباني والمساحات الصغيرة .

- غماء معدني: يستعمل عموما في المنشات الصناعية والمساحات الكبيرة.

ويمثل دوره في حماية المبنى من العوامل الطبيعية كالأمطار والرياح والشمس.

المكونات : يتكون الغماء من العناصر التالية :



- الهيكل الثلاثي : هو مجموعة روافد مجمعة فيما بينها بشكل متين، بحيث تشكل عنصرا حاملا للمبنى ، كما أنها تعطي للغماء الميل المطلوب .
- حاملات الروافد:توضع بشكل متعامد مع الهيكل الثلاثي وتعمل على الربط بين مختلف الهياكل المثلثية،بالإضافة إلى تحمل ما فوقها.
- دعائم السقف :توضع مباشرة فوق حاملات الروافد في وضعية متعامدة عليها ، بحيث يكون محورها الطولي موازيا للطرف العلوي للهيكل الثلاثي .
- الشرائح : توضع فوق دعائم السقف لتستقبل – مباشرة – عناصر التغطية .
- الأغطية : هي مجموعة العناصر الموضوعة فوق الشرائح بحيث تغطي هيكل الغماء ،وتلعب دور العازل للحيز الداخلي المستغل عن المحيط الخارجي ،وهي على نوعين :

  –عناصر ذات قياسات صغيرة : مثل القرميد .

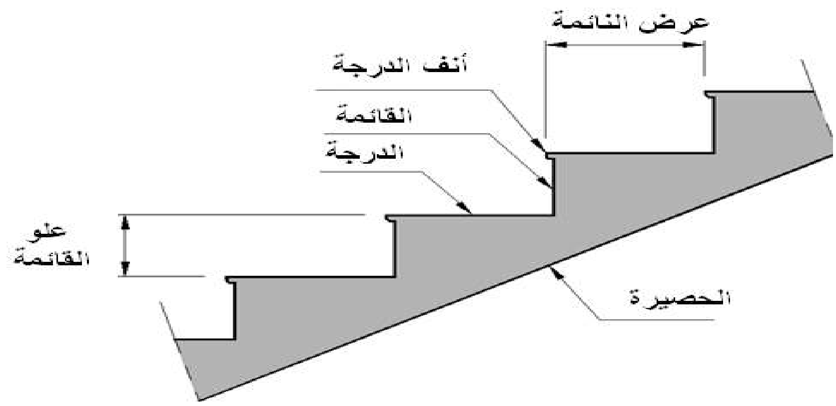
  – عناصر ذات قياسات كبيرة:مثل الصفائح المتوجة من الألمونيوم والزجاج.

<u>ملاحظة هامة</u> : عند استعمال الأغطية ذات القياسات الكبيرة وبسبب خفتها فإنه يمكن الاستغناء عن الشرائح ودعائم السقف لتوضع مباشرة فوق حاملات الروافد .

أما في حالة الأغطية ذات القياسات الصغيرة وبسبب ثقلها فإننا بحاجة إلى مساند متعددة لحملها ،وبالتالي نستعمل الشرائح ودعائم السقف .

8) المدارج المستقيمة :

- **التعريف والدور:** المدرج جزء من هيكل البناية ذو مستويات أفقية متتالية ومختلفة غالبا ما ينجز بالخرسانة المسلحة، ويتمثل دوره في السماح بالانتقال من طابق إلى طابق .

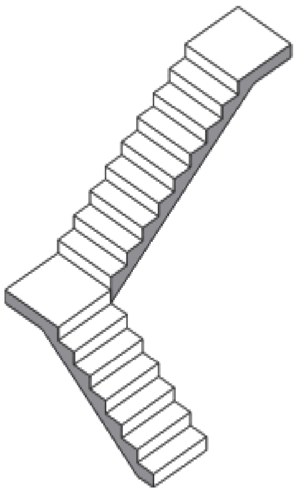


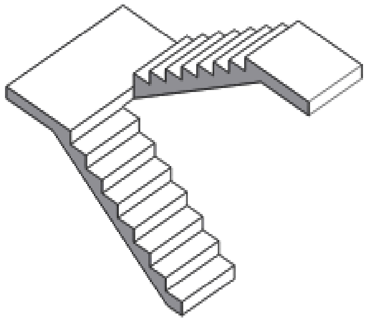
- **المكونات :** أهم مكونات مدرج مستقيم هي :

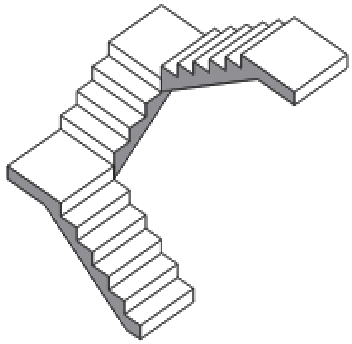
  - الدرجة (النائمة): هي القسم الأفقي المخصص لاستقبال الأرجل .
  - القائمة :هي القسم العمودي الذي يلي النائمة .
  - الحصيرة: هي بلاطة مائلة تحمل المدرج .
  - الفاصل : هو بلاطة أفقية قد تكون للانطلاق أو للاستراحة أو للوصول .
  - القلبة : هي مجموعة الدرجات المحصورة بين فاصلين .
  - طول الدرجة : هو طول القلبة ، ويختلف حسب نوع البناية .

- **أنواع المدارج :** توجد عدة أنواع من المدارج المستقيمة ، أهمها:

  - مدرج ذو قلبة واحدة
  - مدرج ذو قلبتين متوازيتين.
  - مدرج ذو قلبتين متعامدتين.
  - مدرج ذو ثلاث قلبات .







حساب المدارج : نسمي من أجل قلبة واحدة :

- **H: علو الطابق**
- **h : علو القائمة**
- **n : عدد القائمات .**
- **$n-1$: عدد النائمات.**
- **g : عرض النائمة .**

إن حساب عدد الدرجات يتم بالعلاقة التالية :

$$n = \frac{H}{h}$$

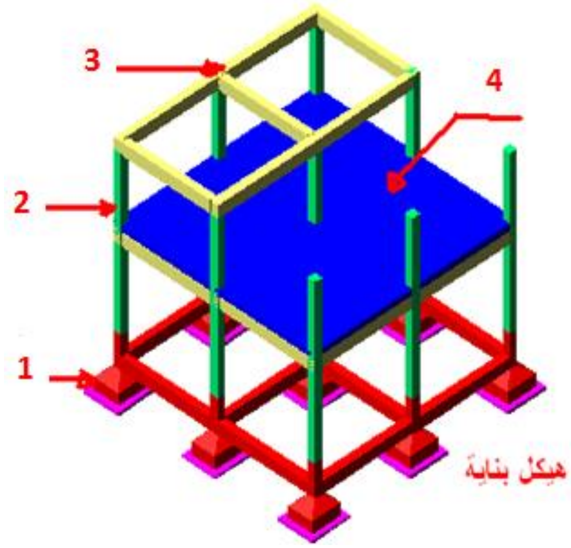
كما أن حساب عرض النائمة(g) يتم بعلاقة الخطوة المتوسطة (علاقة بلوندل) :

$$2h + g = 64cm$$

...

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول :



ليكن لديك هيكل بناية .

- قم بتسمية العناصر المرقمة ؟
- أيها ينتمي إلى المنشأ السفلي وأيها ينتمي إلى المنشأ العلوي؟
- قم بتصنيف العنصر 1 والعنصر 2 حسب مادة الصنع وحسب الشكل وحسب الوضعية .

الحل :

●تسمية العناصر :

1-أساس منعزل (تحت عمود).

2-عمود .

3-رافدة .

4-بلاطة (أرضية) خرسانية .

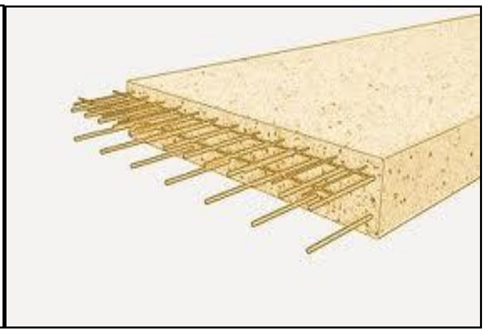
●العنصر 1 ينتمي إلى المنشأ السفلي ، أما العناصر 2 و 3 و 4 فتنتمي إلى المنشأ العلوي

●تصنيف العنصرين 1 و 2 :

التصنيف	حسب مادة الصنع	حسب الشكل	حسب الوضعية
العمود	خرساني	مستطيل(مربع)	زاوي
الرافدة	خرسانية	مستطيلة	رئيسية

التمرين الثاني :

ليكن لديك الشكلان أسفله :



المطلوب :

1-ماذا يمثل هذان الشكلان ؟

2-قم بتسمية مكونات كلّ من الشكلين ؟

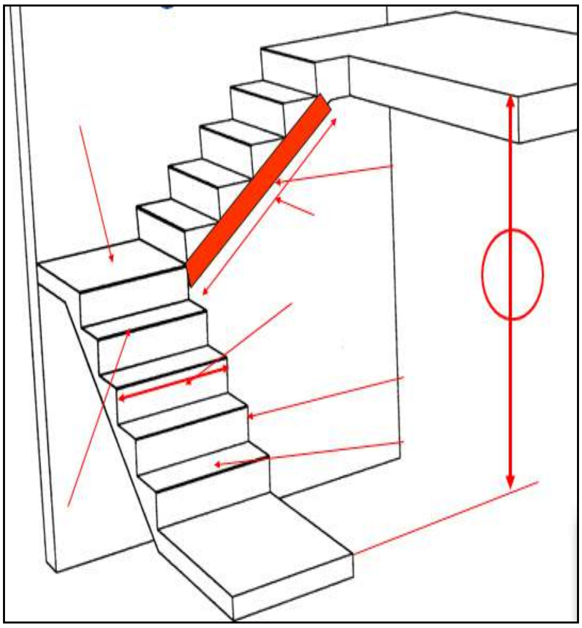
الحل:

1-يمثل الشكل الأول بلاطة من الخرسانة المسلحة ، ويمثل الشكل الثاني بلاطة بالأجسام المجوفة .

2-يتكون الأول كما هو مذكور في تسميته من قضبان تسليح في الاتجاهين الطولي والعرضي مغلف بسمك من الخرسانة.

ويتكون الثاني من رويفدات تحمل الأجسام المجوفة ، ثم من قضبان تسليح على شكل شباك لحام مغلفة بسمك صغير من الخرسانة يسمى طاولة الانضغاط .

التمرين الثالث :



- ماذا يمثل الشكل المقابل ؟
- أذكر أنواعه الأخرى ؟
- قم بتسمية عناصره المشار إليها.
- إذا علمت أن علو الطابق:

$$H = 323\ cm$$

وأن علو الدرجة(القائمة) $h = 17\ cm$

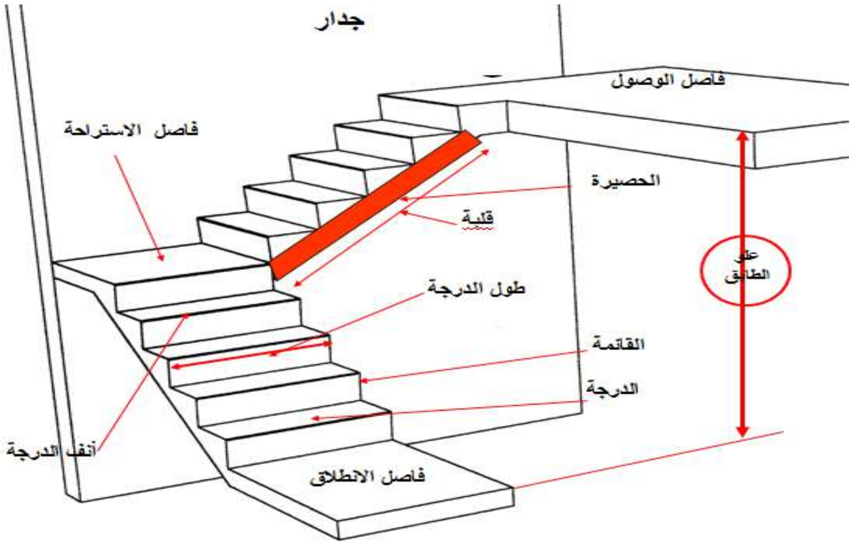
وأن عدد درجات القلبة الأولى 10

كم هو عدد درجات القلبة الثانية ؟

- أحسب بُعد النائمة g؟

الحل :

- يمثل الشكل مدرجا قائما بقلبتين متعامدتين .
- تسمية عناصره : أنظر الشكل أسفله .



- أنواع المدارج الأخرى : مدرج بقلبة واحدة– مدرج بقلبتين متوازيتين– مدرج بثلاث قلبات .
- عدد درجات القلبة الثانية :

نعلم عدد الدرجات الكلي : $n = \frac{H}{h} = \frac{323}{17} = 19$

بما أن عدد درجات القلبة الأولى 10 ؛ فإن :

$$n = n_1 + n_2$$

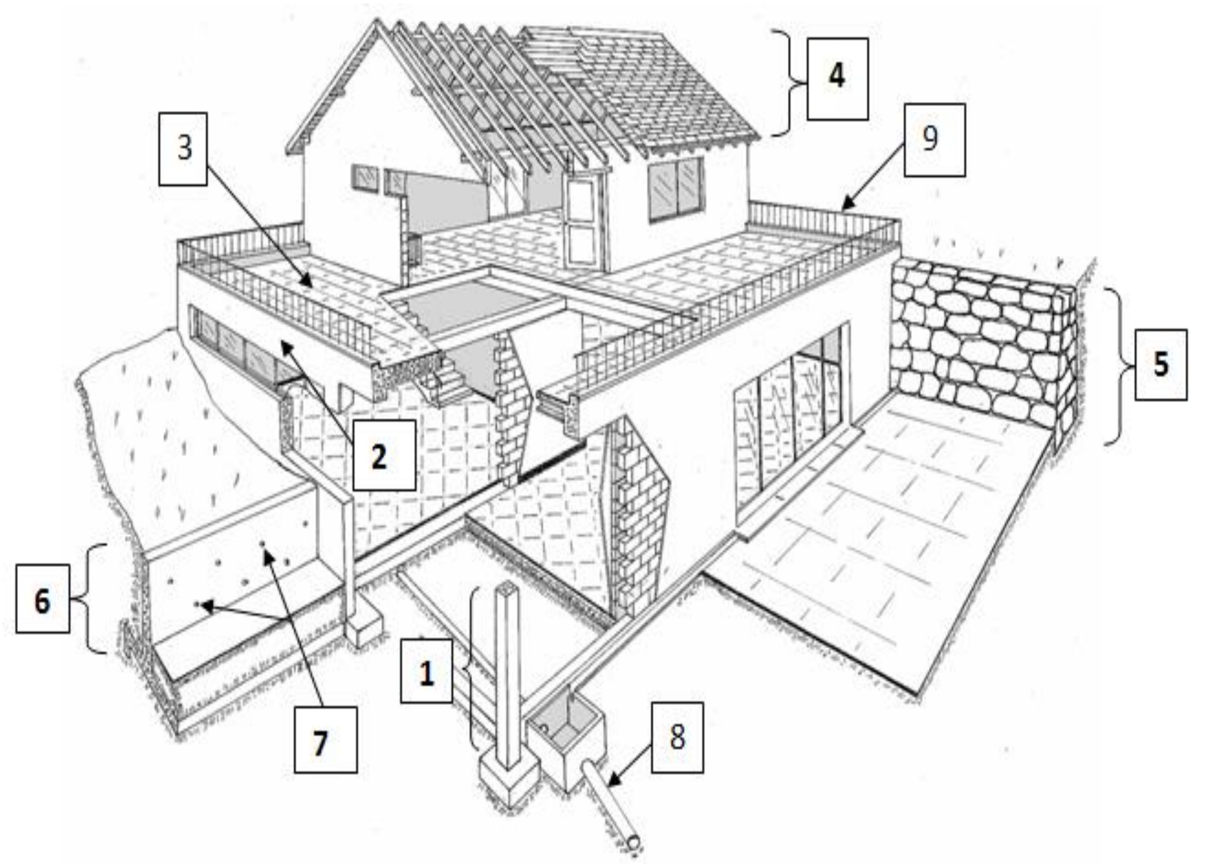
$$n_2 = n - n_1 = 19 - 10 = 9$$

- بعد النائمة :

نعلم : $2h + g = 64\ cm \rightarrow g = 64 - 2h = 30cm$

التمرين الرابع:

- ليكن لديك الشكل التالي :



1-قم بتسمية العناصر المرقمة من 1الى 9؟ مع بيان وظيفة كل واحد منها بإيجاز؟

2-ما هي مكونات" أجزاء" العنصر المشار إليه بالرقم 4 ؟- أذكرها فقط -

3-صنف العناصر رقم 1 بشكل عام حسب مكانها في البناية " الوضعية"؟

4-صنف العناصر رقم 2 بشكل عام حسب مكانها في البناية "الوضعية" ؟

<u>الحل :</u>

1-تسمية العناصر ودورها :

1-عمود:يحمل الأثقال والحمولات.

2-رافدة :الربط بين المساند وإيصال القوى إلى الأعمدة

3-سطح مستغل:يقوم بالتحمل والحماية والغلق

4-غماء: جزء علوي لتغطية البناء.

5-جدار إسناد بالحجارة الطبيعية : لمقاومة دفع التربة

6-جدار إسناد خرساني :نفس الدور.

7-برابخ (ثقوب)لتصريف المياه خلف الجدار

8-قناة تطهير :لتصريف المياه القذرة

9-واقي الأجسام : لحماية و وقاية الأشخاص من السقوط .

2-يتكون الغماء من : الهيكل الثلاثي-حاملة الروافد -دعائم السقف- الشرائح - القرميد

3-تصنف الأعمدة حسب الوضعية إلى: جانبية- داخلية- زاوية

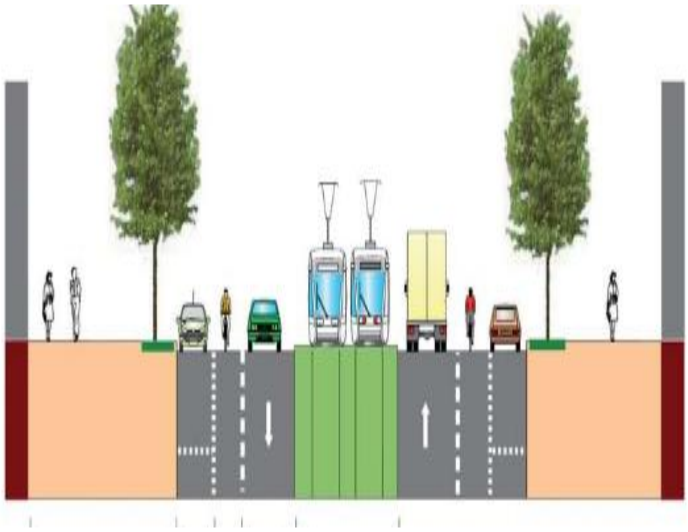
4-تصنف الروافد حسب الوضعية إلى : رئيسية- ثانوية .

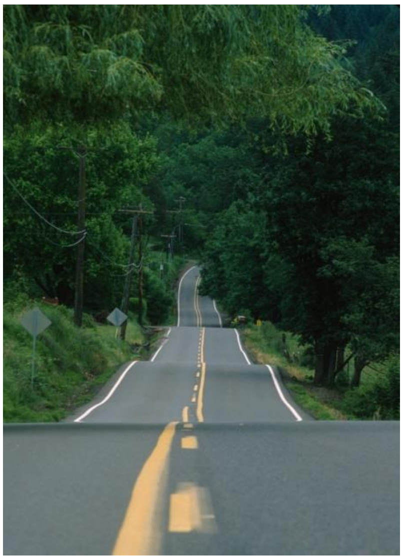
الطرقات

1) تعريف الطريق:

الطريق مسلك بريّ للمواصلات يسمح بربط مختلف نقاط الأرض .

ينشأ الطريق عادة من السير المتكرر للإنسان مع عربته على مكان واحد،ومع تطور حضارات الإنسان المتعاقبة كانت الطرق أيضا في حالة تبدّل وتحسّن دائم، حتى وصلت إلى حالتها اليوم المتمثلة في كونها تلك القطعة الأرضية المستوية التي





تحتوي على عدة مسالك قادرة على مقاومة العوامل الخارجية ومتلائمة مع السرعات الكبيرة والأحجام المختلفة للعربات .

2) تصنيف الطرقات : تصنف الطرقات وفق مبدأين هما :

- **التصنيف الإداري : ويندرج ضمنه :**

✓ **الطرق البلدية .**

✓ **الطرق الولائية.**

✓ **الطرق الوطنية .**

✓ **الطرق السّريعة (السيّارة).**

- **التصنيف التقني : ويندرج ضمنه:**

✓ **الصنف الاستثنائي :يخص الطرق السريعة المنجزة على الميادين المتميزة بسعتها وسهولة تضاريسها وقلة تقاطعاتها .**

✓الصنف الأول :يخصّ الطرق المصممة على الأرضيات المنبسطة التي تحتوى أحيانا على مفترقات الطرق.

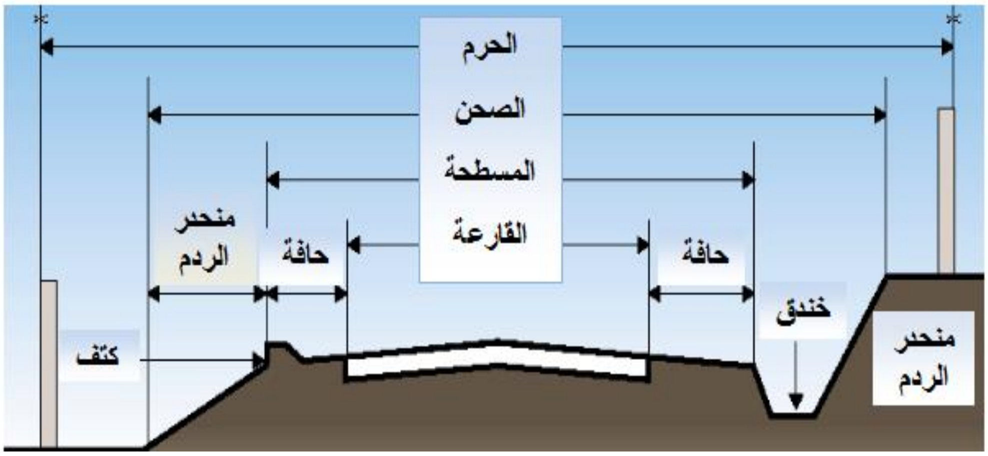
✓الصنف الثاني: يخص الطرق المصممة على الأرضيات الوعرة الصعبة.

✓الصنف الثالث:يخص الطرق ذات التضاريس الملتوية والمقاطع العرضية الصعبة.

3) مكونات الطريق :

إن مكونات الطريق –بشكل عامّ –هي :

- حرم الطريق: أو حيز الطريق، وهو المساحة الإجمالية التي يحتلها الطريق بتوابعه الفنية (حواف، خندق، كتف، منحدر) .
- صحن الطريق :هو المساحة المخصصة لاستقبال الطريق بمرافقه الضرورية فقط (دون المنحدرين) .



- مسطحة الطريق : هي المساحة الأفقية المهيأة من الطريق التي تشمل القارعة والحافتين .
- القارعة : هي المساحة المعبدة والمعالجة بصفة تقنية و المخصصة لحركة العربات.
- المسلك :في حالة الطرقات العريضة،هو الجزء الواحد من القارعة المخصص لسير صف من السيارات.
- حافة الطريق : أو الجانب أو الحاشية ،وهو عبارة عن شريط جانبي غير معبد مخصص للراجلين وأحيانا للوقوف الاضطراري للعربات .

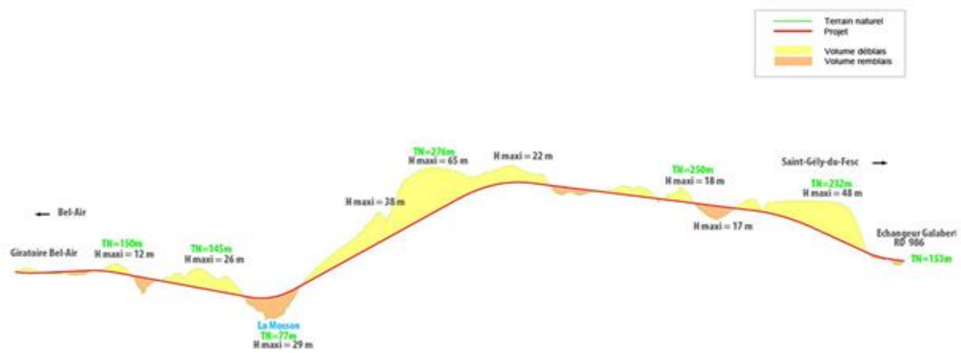
- الفاصل الترابي: يكون في الطرق السريعة، وهو عبارة عن مساحة ترابية تفصل بين قارعتين في اتجاهين مختلفين .
- الخندق : هو عبارة عن قناة ملحقة بالطريق،تمتد على طول جوانب الطريق(في حالة الحفر) وتخصص لتصريف مياه الأمطار.
- الكتف: أو المقعد ، وهو عبارة تعلية طفيفة، تمتد على طول جوانب الطريق (في حالة الردم) من أجل عزل المشاة عن المنحدر وتجنب انزلاقهم، وبعض الأحيان يُستبدل الكتف بحاجز الأمان على امتداد جانب الطريق.
- المنحدر :هو عبارة عن مستوى مائل للتربة الطبيعية بشكل يسمح لها بالاستقرار .

4) تصميم الطريق : يمثل مشروع الطريق بأربعة وثائق خطية هي:

- المسقط الأفقي (مخطط الموقع)
- المظهر الطولي .
- المطهر العرضي النموذجي .
- المظاهر العرضية .

5) المظهر الطولي للطريق :

تعريف :هو عبارة عن مقطع طولي للأرض، بواسطة المستوي العمودي على محور الطريق ، بحيث يبين لنا امتداد الطريق على طول هذا المحور يعدّ المظهر الطولي من أهم الوثائق، نظرًا لكونه يمثل الشكل الحقيقي لتضاريس الميدان من جهة ، ومن أخرى يمثل الشكل المقترح لمشروع الطريق.



رسمه : لرسم المظهر الطولي ننبّه إلى جملة القواعد التالية :

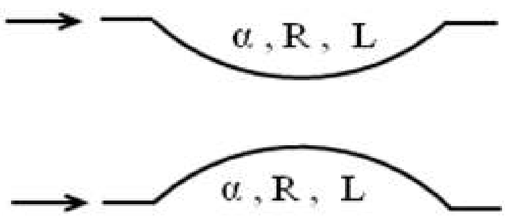
- التوجيه: يكون حسب اتجاه المحور الطولي من البداية إلى النهاية.
- السلم : يتم اختياره في الاتجاهين : العمودي والأفقي بشكل مختلف، نظرا لاختلاف وتباين المسافات عن الارتفاعات.
- مستوى المقارنة: هو عبارة عن مستوى اختياري يكون أقل قيمة من أصغر ارتفاع بين التربة الطبيعية والمشروع.
- الخطوط : يتم تمثيل التربة الطبيعية بخط رفيع باللون الأسود، ويتم تمثيل المشروع بخط سميك باللون الأحمر.
- الحفر والردم : يتم تلوين مساحة الحفر باللون الأصفر ومساحة الردم باللون الأحمر.
- يتضمن المظهر الطولي جدولا يحتوي منسوب خط التربة ومنسوب خط المشروع والمسافات الجزئية والمسافات المجمعة(المتراكمة)وميول المشروع وأخيرا التراصيف والمنحنيات.

حسابه : إن العمل البياني لن يكتمل إلا بعمل حسابي مُوازٍ له، يسمح بإتمام الرسم وبملء الجدول المرفق .

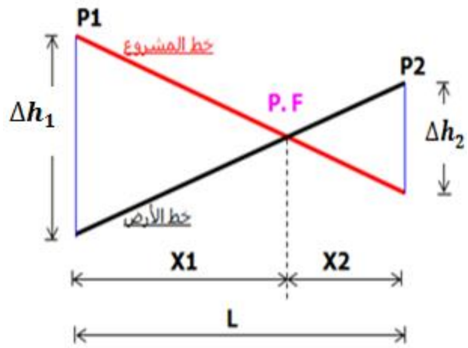
ولعل أهم ما يجب حسابه:

- ✓ ميول المشروع : تحسب بالعلاقة: $T = \frac{\Delta H}{\Delta D}$
- ✓ ارتفاعات المشروع(المجهولة) : تحسب بالعلاقة : $H_{n+1} = H_n \pm T.D_{n\,n+1}$
- ✓ المسافات المتراكمة : تحسب بجمع المسافات الجزئية المتتابعة من بداية المشروع إلى نهايته .
- ✓ المنحنيات : في حال احتواء المظهر الطولي على منعرجات فإنه يتم تحديد خصائصها المتمثلة في الزاوية α ونصف القطر $\mathcal{R}$ ويتم حساب طول المنعرج كما يلي :

$$2\pi R \rightarrow 360^\circ$$
$$L \rightarrow \alpha^\circ$$
$$\Rightarrow L = \frac{\pi.\mathcal{R}.\alpha^\circ}{180^\circ}$$



✓ المظهر الخيالي : يقع عند نقطة تقاطع خط الأرض وخط المشروع،ويتم حسابه (بين مظهرين عرضيين) كما يلي :

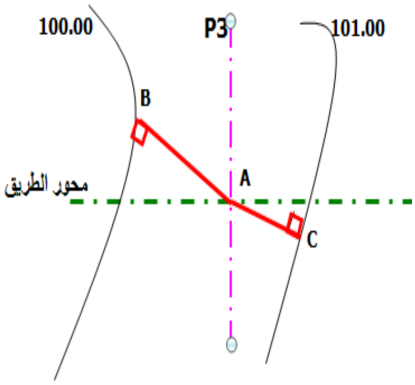


$$\frac{\mathbf{x_1}}{\mathbf{\Delta h_1}} = \frac{\mathbf{x_2}}{\mathbf{\Delta h_2}} = \frac{\mathbf{x_1 + x_2}}{\mathbf{\Delta h_1 + \Delta h_2}} = \frac{l}{\Delta h_T}$$

$$X_1 = (\Delta h_1).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right)$$

$$X_2 = (\Delta h_2).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right)$$

✓ ارتفاع التربة : تؤخذ ارتفاعات خط التربة مباشرة من مخطط التوقيع (الاستيطان)،غير أنه في الأحيان لا يمرّ منحنى التسوية بنقطة تقاطع محور الطريق مع المظهر العرضي ، الأمر الذي يستدعى حساب ارتفاع التربة عندها .



في هذا المثال نلاحظ أن ارتفاع النقطة A محصور بين منحنيي التسوية 100m و 101m ويحسب:

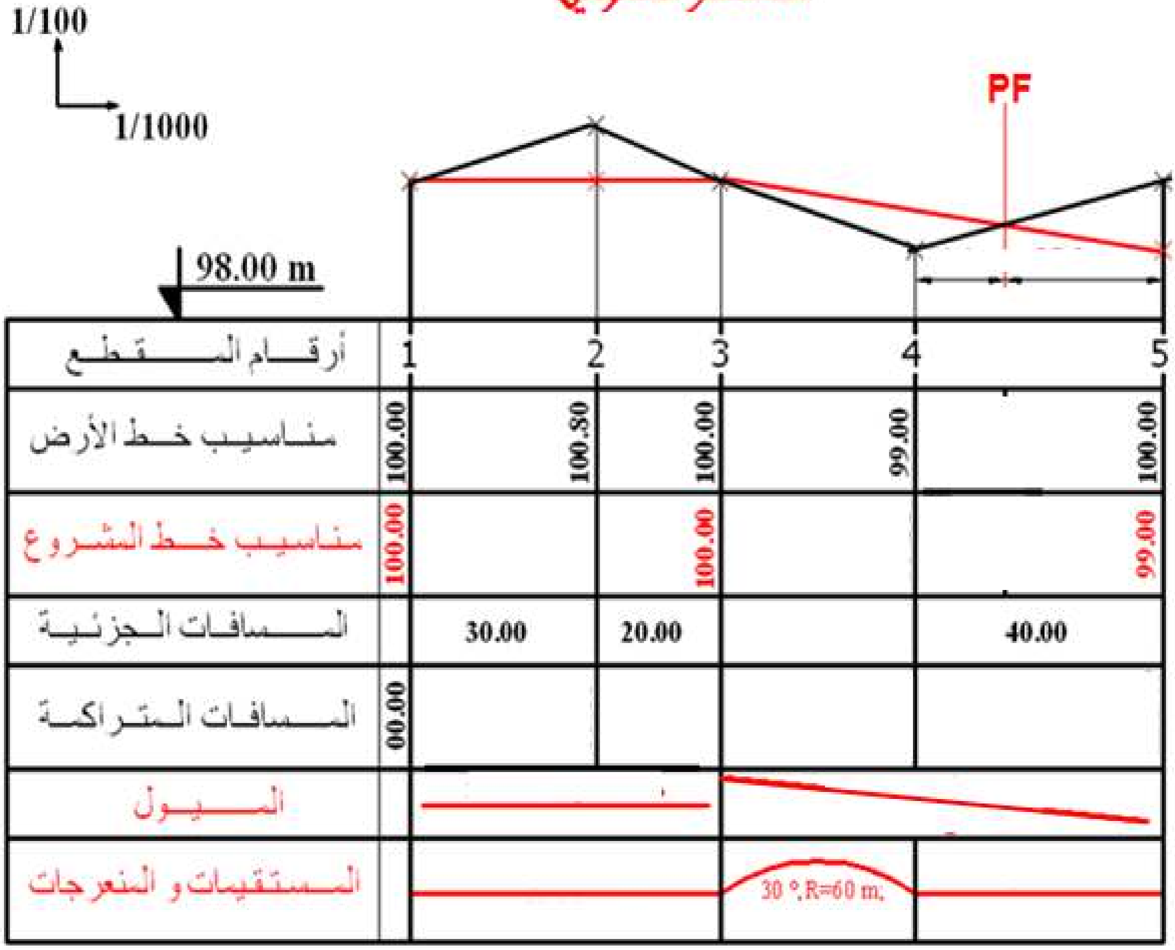
$$H_A = H_B + \Delta H_{BA}$$

$$\Delta H_{BA} = \left(\frac{\overline{BA}}{\overline{BA} + \overline{AC}}\right).E_Q$$

حيث يتم إسقاط النقطة A شاقوليا على منحنيي التسوية المحصورة بينهما وتقاس الأطوال على الورقة،أما E_Q فهو متساوي البعد وفي هذا المثال =1

مثال :من المفيد أن نظهر كيفية تطبيق ما سبق ذكره من خلال مثال موضح، وليكن :

المظهر الطولي



- نقوم بحساب طول المنعرج بين المظهرين :(الثالث والرابع).

$$L = \frac{\pi . \mathcal{R} . \alpha^{\circ}}{180^{\circ}} = \frac{3.14 \times 60 \times 30}{180} = 31.40\ m$$

- نحسب المسافات المتراكمة : *30m,50m,81.40m,121.40m.*
- كما هو واضح فإن مناسيب خط الأرض جميعها معطاة .
- أما بالنسبة لمناسيب المشروع فنلاحظ أنه :

✓ بالنسبة للجزء الأول (بين المظهرين الأول والثالث): $H_1 = H_3$

أي أن المشروع أفقي تماما بينهما، وعليه فإن H_2 (المحصور بينهما) له نفس المنسوب معهما ، كما يمكن حسابه بالعلاقة :

$$T_1 = \left|\frac{\Delta H_{13}}{L_{13}}\right| = \frac{|100 - 100|}{50} = 0.00$$

$$.L_{12} = 100 - 0 \times 50 = 100m H_2 = H_1 \pm T_1$$

✓ بالنسبة للجزء الثاني (بين المظهرين الثالث والخامس):

المشروع ينحدر من المظهر الثالث إلى المظهر الخامس، بميل مقداره:

$$T_2 = \left|\frac{\Delta H_{35}}{L_{35}}\right| = \frac{|99 - 100|}{71.40} = 0.014$$

الأمر الذي يمكننا من حساب المشروع عند المظهر الرابع(المحصور بين الثالث والخامس)

$$.L_{34} = 100 - 0.014 \times 31.40 = 99.56m\mathrm{H}_4 = \mathrm{H}_3 - \mathrm{T}_2$$

- نملأ خانة التراصيف والمنحنيات
- نحسب المظهر الخيالي بين *P4* و *P5*:

$$X_1 = (\Delta h_1).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = 0.56 \times \frac{40}{1.56} \approx 14.40\mathrm{m}$$

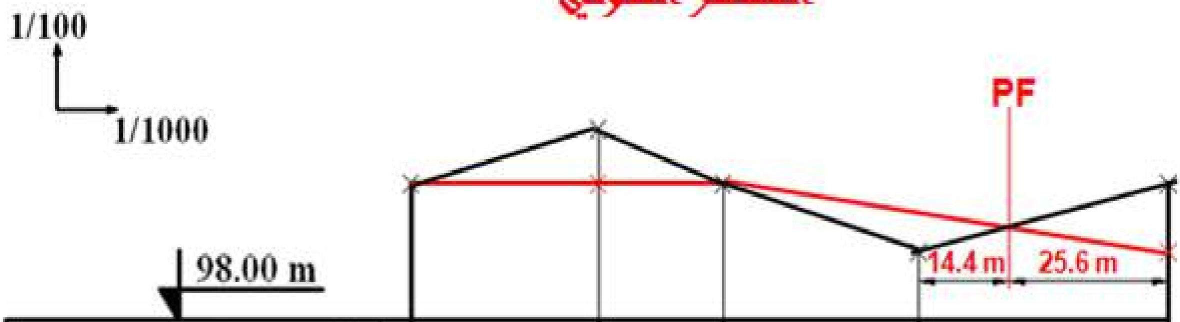
حيث : $\Delta h_1 = 99.56 - 99.00 = 0.56\ m$

$$X_2 = (\Delta h_2).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = 1.00 \times \frac{40}{1.56} \approx 25.60m$$

حيث : $\Delta h_2 = 100.00 - 99.00 = 1.00\ m$

- أخيرا نحصل على المظهر الطولي التالي :

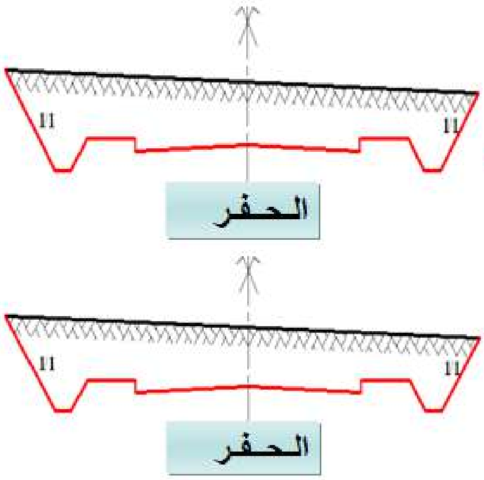
المظهر الطولي

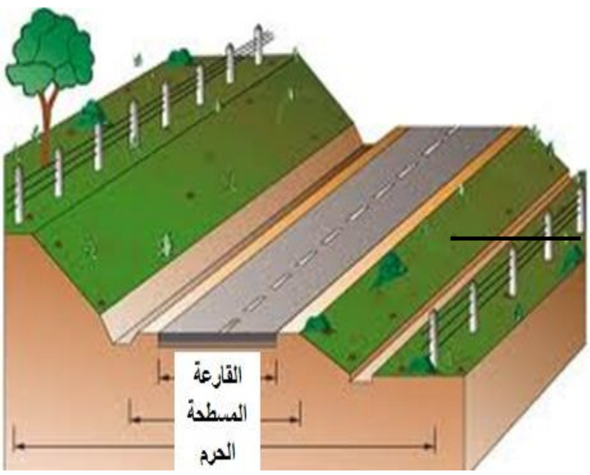


	1		2		3		4		5
أرقام المقطع	1		2		3		4		5
مناسيب خط الأرض	100.00		100.80		100.00		99.00		100.00
مناسيب خط المشروع	100.00		100.00		100.00		99.56		99.00
المسافات الجزئية		30.00		20.00		31.40		40.00	
المسافات المتراكمة	00.00		30.00		50.00		81.40		121.40
الميول		0 % على 50.00 m				0.014 على 71.40 m			
المستقيمات و المنعرجات		تراصف على مسافة 50.00 m				30 °,R=60 m; L=31.40 m		تراصف على مسافة 40.00 m	

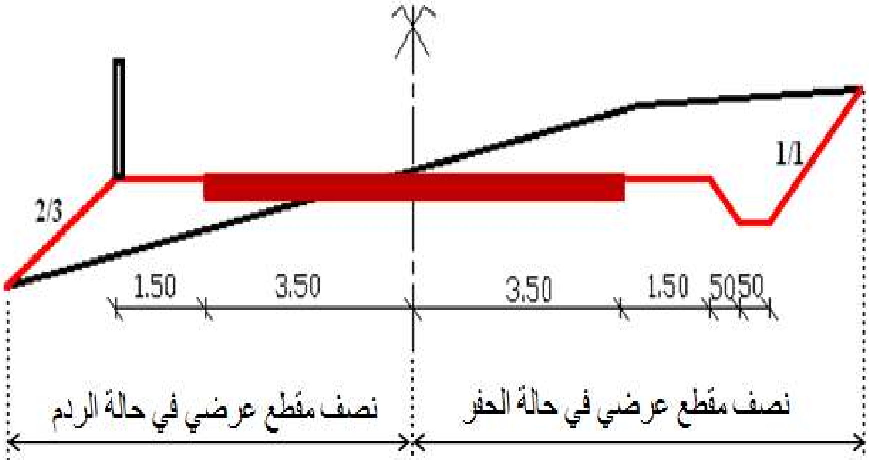
المظاهر العرضية :

تعريف المظاهر العرضية: هي مقاطع نحصل عليها بواسطة مستوى شاقولي قاطع على محور الطريق في الاتجاه العرضي (المتعامد مع المظهر الطولى).





المظهر العرضي النموذجي :هو عبارة عن وثيقة هامة مرجعية ينجزها مكتب الدراسات،وتحتوي كل التفاصيل والعناصر وميول المنحدرات لإنجاز طريق جديد في كل الحالات الممكنة للحفر أو للردم .



رسم المظهر العرضي:

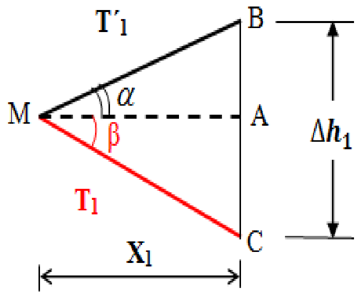
- نحتفظ بالقواعد العامة للمظهر الطولي ،على غرار الخطوط والألوان ومستوى المقارنة .
- بالنسبة للسلم نلاحظ في حالة المظهر العرضي أنه غالبا ما يكون موحّدا في الاتجاهين العرضي والطولي .
- يتضمن المظهر العرضي جدولا يحتوي منسوب خط التربة ومنسوب خط المشروع والمسافات الجزئية والمسافات المجمعة(المتراكمة).
- بالنسبة للرسم نحدد جزءًا على يسار المحور وجزءًا على يمين المحور.
- تحسب ارتفاعات التربة على يسار المحور وعلي يمينه ، بالاعتماد على منسوب التربة عند المحور وعلى ميوله وعلى المسافات الجزئية على الجانبين، كما يلي :

$$H'_{n+1} = H'_n \pm T'.L_{n\,n+1}$$

ملاحظة:في حالة إعطاء ارتفاعات التربة نحسب ميول التربة على جانبي المحور.

- تحسب مسافات المنحدرات في حالتي الحفر والردم حسب الحالتين التاليتين :

▪ الحالة الأولى:منحدرات(ميول)لها اتجاهات متباعدة:



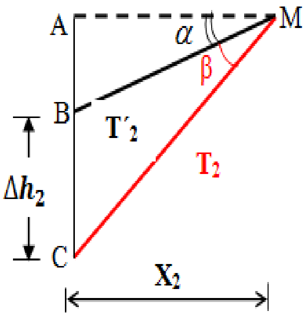
$$\tan\alpha = T'_1 = \frac{\overline{AB}}{X_1} \rightarrow \overline{AB} = X_1 . T'_1$$

$$\tan\beta = T_1 = \frac{\overline{AC}}{X_1} \rightarrow \overline{AC} = X_1 . T_1$$

$$\overline{AC} + \overline{AB} = \Delta h_1 = X_1 . T_1 + X_1 . T'_1$$

$$X_1 = \frac{\Delta h_1}{T_1 + T'_1}$$

▪ الحالة الثانية:منحدرات(ميول) لها نفس الاتجاهات:



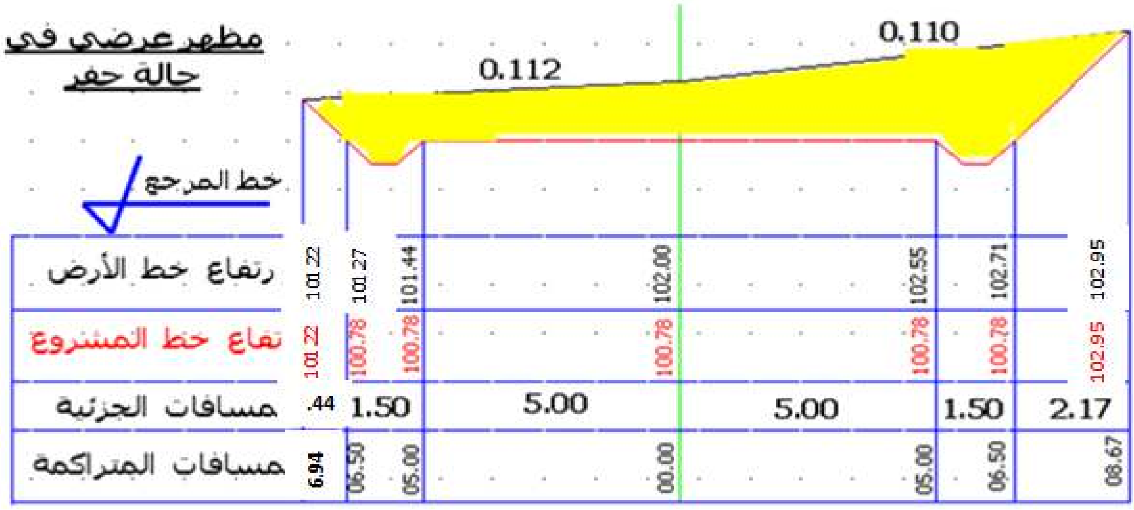
$$\tan\alpha = T'_2 = \frac{\overline{AB}}{X_2} \rightarrow \overline{AB} = X_2 . T'_2$$

$$\tan\beta = T_2 = \frac{\overline{AC}}{X_2} \rightarrow \overline{AC} = X_2 . T_2$$

$$\overline{AC} - \overline{AB} = \Delta h_2 = X_2 . T_2 - X_2 . T'_2$$

$$X_2 = \frac{\Delta h_2}{T_2 - T'_2}$$

مثال :تأكد من صحة نتائج المظهر العرضي التالي :



- كما هو واضح على الشكل فإن منسوب المشروع عند المحور ثابت إلى غاية نهايتي الخندقين .

- نحسب مناسيب التربة على جانبي المحور :
  - اليسار:

$$H'_2 = H'_1 + T'_1.L_{12} = 102.00 + 0.110 \times 5.00 = 102.55m$$

$$H'_3 = H'_1 + T'_1.L_{13} = 102.00 + 0.110 \times 6.50 = 102.71m$$

  - اليمين :

$$H'_4 = H'_1 - T'_2.L_{14} = 102 - 0.112 \times 5.00 = 101.44m$$

$$H'_5 = H'_1 - T'_2.L_{15} = 102 - 0.112 \times 6.50 = 101.27m$$

- نحسب مسافتي منحدري الردم والحفر على جانبي المحور :
  - اليسار: $X_1 = \frac{\Delta h_1}{T_1 - T'_1} = \frac{1.93}{1.00 - 0.11} = 2.17\ m$

حيث : $\Delta h_1 = 102.71 - 100.78 = 1.93m$

  - اليمين : $X_2 = \frac{\Delta h_2}{T_2 + T'_2} = \frac{0.49}{1.000 + 0.112} = 0.44m$

حيث : $\Delta h_2 = 101.27 - 100.78 = 0.49m$

- نحسب و نملأ الجدول بقيم المسافات المجمعة.
- نكمل حساب مناسيب التربة (أو المشروع المساوية لها) عند حدود حرم الطريق:
  - على اليسار :

$$H'_6 = H'_1 + T'_1.L_{16} = 102.00 + 0.110 \times 8.67 = 102.95m$$

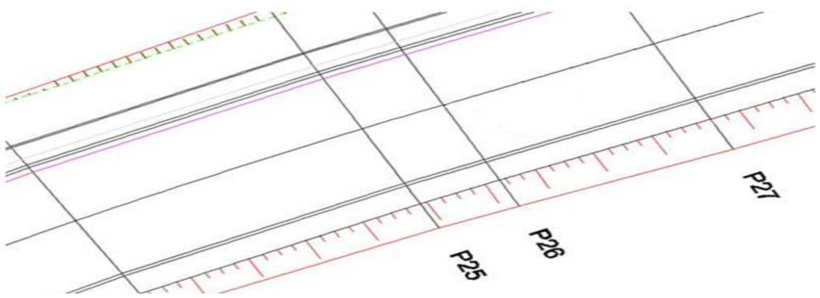
  - على اليمين :

$$H'_7 = H'_1 - T'_2.L_{17} = 102 - 0.112 \times 6.94 = 101.22m$$

- نحصل في النهاية على الرسم المعطى أعلاه.

6) المسقط الأفقي:

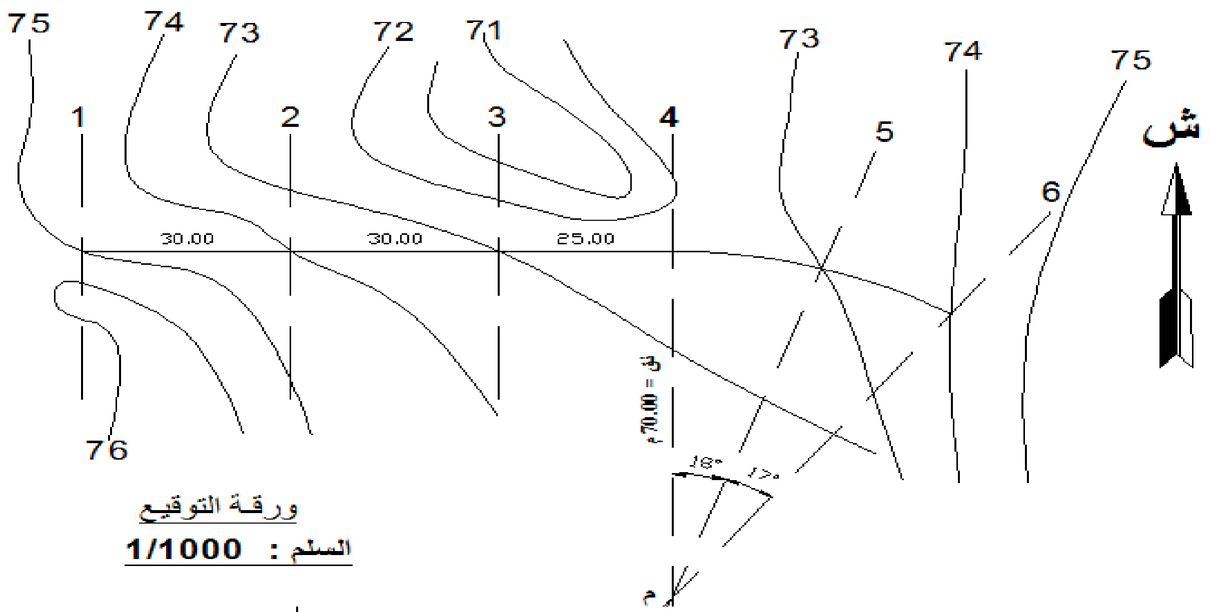
تعريفه :هو عبارة عن إسقاط أو نظرة علوية للطريق تتضمن حدود القارعة والجانبين والخندق والكتف أو مزلقة الأمان وحدود المنحدرات.



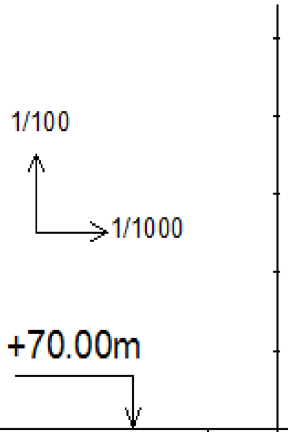
- رسمه :إن تصميم المسقط الأفقي يتم حسب المراحل التالية :
  - ✓ رسم محور الطريق .
  - ✓ تعيين المقاطع العرضية .
  - ✓ تعيين المظهر الخيالي في حالة وجوده.
  - ✓ رسم حدود القارعة على جانبي المحور الطولي.
  - ✓ رسم الجوانب والملحقات على جانبي المحور الطولي .
  - ✓ تحديد حدود حرم الطريق بالاعتماد على المظاهر العرضية، ثم الربط بينها.
  - ✓ القيام بتهشير المنحدرات(الحفر والردم) حسب مجرى الماء(من الأعلى إلى الأسفل).

تمارين وتطبيقات

التمرين الأول: بالاعتماد على وخطط التوقيع أكمل المظهر الطولي أسفله.



ورقة التوقيع
السلم : 1/1000



أرقام المقاطع	1		2		3		4		5		6
مناسيب خط التربة							72.34				
مناسيب خط المشروع	74.00						73.00				74.00
المسافات الجزئية		30.00		30.00		25.00					
المسافات المتراكمة	0.00										
ميول المشروع											
التراصف و المنعرجات											

الحل :

●ننقل من ورقة التوقيع مناسيب خط التربة .

●نحسب المنعرجين المحصورين بين المظهرين العرضيين P_4 وP_5 ثم P_5 وP_6:

$$L_1 = \frac{\pi.R.\alpha 1}{180} = \frac{3,14.70.18}{180} = 21.98m$$

$$L_2 = \frac{\pi.R.\alpha 2}{180} = \frac{3,14.70.17}{180} = 20.75m$$

●نحسب المسافات المتراكمة من بداية المشروع إلى نهايته :

30,60,85,106.98,127.73m

●نحسب ميول المشروع :

-الميل الأول (من P_1 إلى P_4):

$$T_1 = \left|\frac{\Delta H_{14}}{L_{14}}\right| = \frac{|73-74|}{85} = 0.0117$$

-الميل الثاني (من P_4 إلى P_6):

$$T_2 = \left|\frac{\Delta H_{46}}{L_{46}}\right| = \frac{|74-73|}{42.73} = 0.0234$$

●نحسب مناسيب خط المشروع المجهولة :

-المتعلقة بالميل الأول :

$$H_2 = H_1 - T_1$$
$$.L_{12} = 74.00 - 0.0117 \times 30 = 73.64$$
$$H_3 = H_1 - T_1$$
$$.L_{13} = 74.00 - 0.0117 \times 60 = 73.29$$
$$H_4 = H_1 - T_1$$
$$.L_{14} = 74.00 - 0.0117 \times 85 = 73.00$$

-المتعلقة بالميل الثاني :

$$.L\_45 = 73.00 + 0.0234 \times 25.98 = 73.61m H_5 = H_4 + T_2$$

●نملأ خانة التراصيف والمنعرجات.

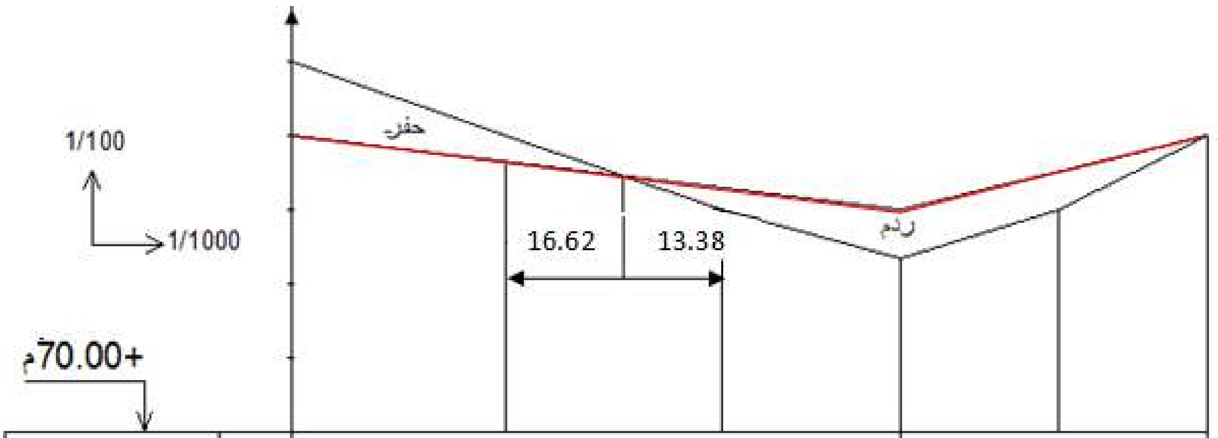
●نرسم خطي المشروع والتربة ونقوم بتلوين الحفر والردم .

●نحسب المظهر الخيالي بين P2 و P3:

$$X_1 = (\Delta h_1).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = (0.36).\left(\frac{30}{0.65}\right) = 16.62m$$

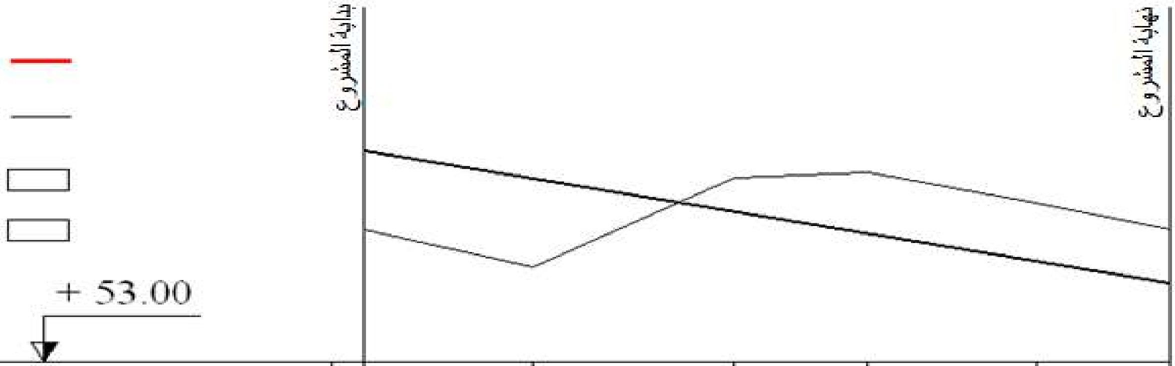
$$X_2 = (\Delta h_2).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = (0.29).\left(\frac{30}{0.65}\right) = 13.38m$$

●نحصل في الأخير على الرسم التالي :



أرقام المقاطع	1		2		3		4		5		6
مناسيب خط التربة	75.00		74.00		73.00		72.34		73.00		74.00
مناسيب خط المشروع	74.00		73.64		73.29		73.00		73.51		74.00
المسافات الجزئية		30,00		30,00		25,00		21,98		20,75	
المسافات المتراكمة	0.00		30.00		60.00		85.00		106.98		127.73
ميول المشروع		0.0117 على طول 85.00 m						0.0234 على طول 42.73 m			
التراصف و المنعرجات		تراصف على طول 85.00 m						R = 70 m, = 35°, L = 42.73 m			

التمرين الثاني : أحسب وأرسم المظهر الطولي التالي :



أرقام المقاطع	1		2		3		4		5		6
م. خط الأرض الطبيعية	55.50		54.80		56.50		56.70		56.00		55.50
م. خط المشروع	57.00										54.50
المسافات الجزئية		25.00		30.00		20.00				20.00	
المسافات المتراكمة	0.00										
الميـول											
التراصفات و المنعرجات								α=35° R=41m			

الحل :

- **لدينا منعرج بين المظهرين P_4 و P_5 يحسب طوله بالعلاقة :**

$$L_{45} = \frac{\pi . R . \alpha}{180} = \frac{\pi . 41 . 35}{180} = 25m$$

- **نقوم بحساب المسافات المتراكمة بجمع المسافات الجزئية المتتالية فنجدها على التوالي : 25،55،75،100،120**
- **حساب ميول المشروع : بما أن المشروع عبارة عن خط مستقيم من البداية إلى النهاية ، فإنه ذو ميل واحد هو :**

$$T = \frac{|\Delta H|}{L} = \frac{|54.50 - 57.00|}{120} = \frac{2.50}{120} = 0.0208 \approx (2.1\%)$$

- **نقوم بحساب ارتفاعات المشروع عند النقاط المجهولة (البينية):**

$$\text{T.}L_{12} = 57.00 - 0.0208 \times 25 = 56.48m\text{H}_2 = \text{H}_1 -$$

$$\text{T.}L_{13} = 57.00 - 0.0208 \times 55 = 55.85m\text{H}_3 = \text{H}_1 -$$

$$\text{T.}L_{14} = 57.00 - 0.0208 \times 75 = 55.44m\text{H}_4 = \text{H}_1 -$$

$$\text{T.}L_{15} = 57.00 - 0.0208 \times 100 = 54.92m\text{H}_5 = \text{H}_1 -$$

- **نملأ خانة التراصفات والمنعرجات .**

- نلون مساحتي الحفر بالأصفر والردم بالأحمر.
- نحسب المظهر الخيالي بين P_2 و P_3

$$X_1 = (\Delta h_1).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = (1.68).\left(\frac{30}{2.33}\right) = 21.63m$$

$$X_2 = (\Delta h_2).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = (0.65).\left(\frac{30}{2.33}\right) = 8.37m$$

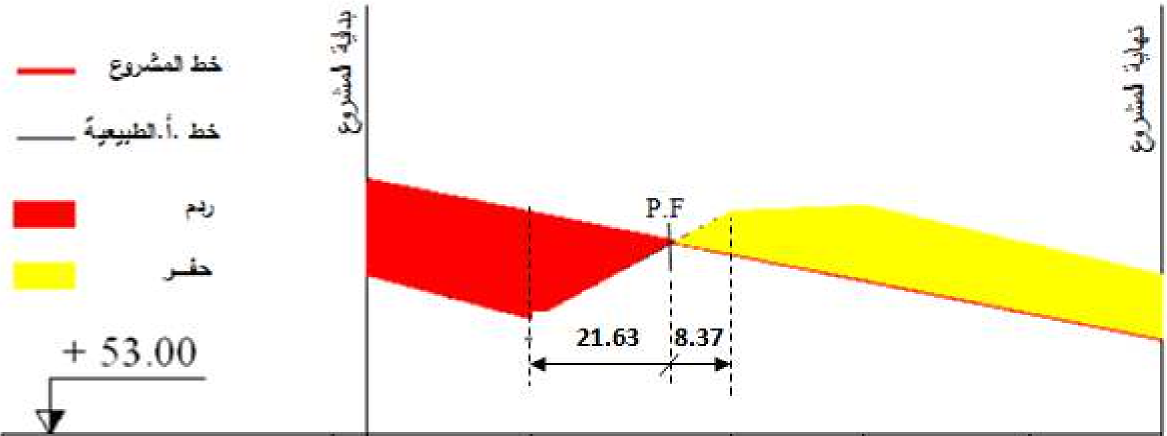
حيث :

$$\Delta h_1 = 56.48 - 54.80 = 1.68m$$

$$\Delta h_2 = 56.50 - 55.85 = 0.65m$$

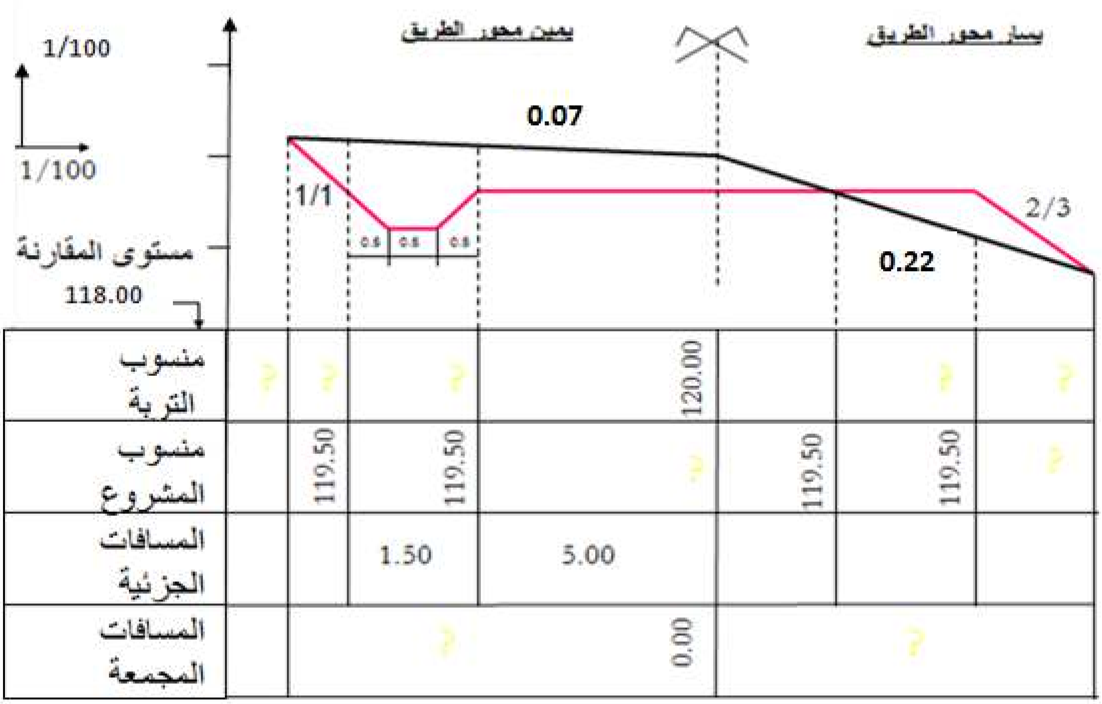
$$\Delta h_t = \Delta h_1 + \Delta h_2 = 2.33m$$

- في النهاية نتحصل على الرسم التالي :



أرقام المقاطع	1	2	3	4	5	6
م. خط الأرض الطبيعية	55.50	54.80	56.50	56.70	56.00	55.50
م. خط المشروع	57.00	56.48	55.85	55.44	54.92	54.50
المسافات الجزئية		25.00	30.00	20.00	25.00	20.00
المسافات المتراكمة	0.00	25.00	55.00	75.00	100.00	120.00
الميول		2.1%				
التراصفات و المنعرجات		تراصف على طول 75.00			R=41.00 α =35° L=25.00	تراصف على 20.00

التمرين الثالث: أتمم المظهر العرضي التالي :



<u>الحل :</u>

- كما هو واضح على الشكل فإن منسوب المشروع عند المحور 119.50m
- نحسب مناسيب التربة على جانبي المحور :
  - اليسار:

$$H'_2 = H'_1 - T'_1 . L_1 = 120 - 0.22 \times 5.00 = 118.90m$$

  - اليمين :

$$H'_3 = H'_1 + T'_2 . L_2 = 120 + 0.07 \times 5.00 = 120.35m$$

$$H'_4 = H'_1 + T'_2 . L_4 = 120 + 0.07 \times 6.50 = 120.45m$$

- نحسب مسافتي منحدري الردم والحفر على جانبي المحور :
  - اليسار: $X_1 = \frac{\Delta h_1}{T_1 - T'_1} = \frac{0.60}{0.667 - 0.220} = 1.34\ m$

حيث : $\Delta h_1 = 119.5 - 118.90 = 0.60m$

  - اليمين : $X_2 = \frac{\Delta h_2}{T_2 - T'_2} = \frac{0.95}{1.000 - 0.070} = 1.02m$

حيث : $\Delta h_2 = 120.45 - 119.50 = 0.95m$

- نحسب المظهر الخيالي على يسار المحور:

$$d_1 = (\Delta h_1) . \left(\frac{l}{\Delta h_t} \right) = 0.5 \times \frac{5}{1.10} = 2.27m$$

$$d_2 = (\Delta h_2).\left(\frac{l}{\Delta h_t}\right) = 0.6 \times \frac{5}{1.10} = 2.73m$$

حيث :

$$\Delta h_t = 0.5 + 0.6 = 1.10m$$

- نكمل حساب مناسيب التربة (أو المشروع المساوية لها) عند حدود حرم الطريق:(نحسبها هذه المرة باستعمال مناسيب المشروع).

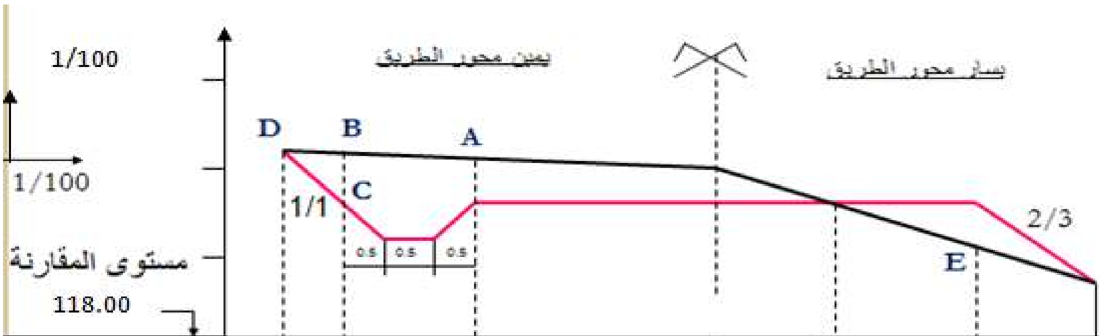
  - على اليسار:

$.L_{25} = 119.50 - 0.667 \times 1.34 = 118.60 H_5 = H_2 - T_1$

  - على اليمين :

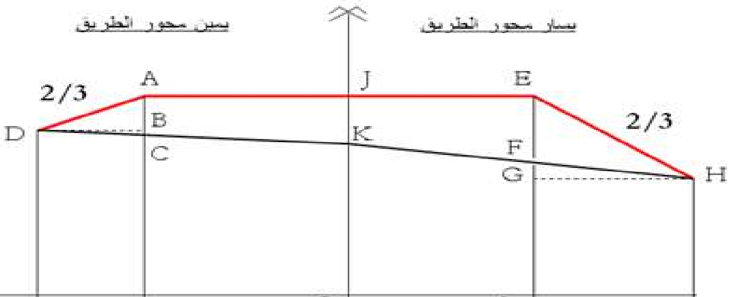
$.L_{46} = 119.50 + 1.00 \times 1.02 = 120.52 H_6 = H_4 + T_2$

- نملأ الجدول بقيم المسافات المجمعة ، ونحصل في النهاية على الرسم التالي:



منسوب التربة	120.52	120.45	120.35	120.00	119.50	118.90	118.60
منسوب المشروع	120.52	119.50	119.50	119.50	119.50	119.50	118.60
المسافات الجزئية		1,02	1.50	5.00	2.27	2.73	1,34
المسافات المجمعة		7.52		0.00			6.34

التمرين الرابع : أكمل المظهر العرضي التالي :



منسوب خط التربة		143,11	143,00	142,77	
منسوب خط المشروع			144,78		
المسافات الجزئية			4.50	4.50	
المسافات المتراكمة					

الحل :

- حساب ميول التربة الطبيعية :
  - على اليسار:

$$T'_1 = \frac{|\Delta h'1|}{L1} = \frac{|142.77-143.00|}{4.50} = \frac{0.23}{4.50} = 0.051$$

  - على اليمين: $T'_2 = \frac{|\Delta h'2|}{L2} = \frac{|143.11-143.00|}{4.50} = \frac{0.11}{4.50} = 0.024$

ملاحظة هامة: في حالة إعطاء ميول التربة على اليسار وعلى اليمين نقوم بحساب مناسيب التربة عند النقطتين F و C:

$$H'_F = H'_K - T'_1 . L_1$$

$$H'_C = H'_K + T'_2 . L_2$$

- حساب ارتفاعات المشروع : بما أن المشروع مستوي (أفقي) فإن ارتفاع المشروع :

$$H_A = \mathrm{H_E} = \mathrm{H_J} = 144.78\ \mathrm{m}$$

- حساب قيمتي مسافتي المنحدرين :
  - على اليسار: بما أن خطي المشروع والتربة في جهة واحدة فإن:

$$X_1 = \frac{\Delta h_1}{T_1 - T'_1} = \frac{2.01}{0.667 - 0.051} = 3.26m$$

حيث : $\Delta h_1 = 144.78 - 142.77 = 2.01m$

  - على اليمين :بما أن خطي المشروع والتربة يتباعدان فإن:

$$X_2 = \frac{\Delta h_2}{T_2 + T'_2} = \frac{1.67}{0.667 + 0.024} = 2.42m$$

حيث : $\Delta h_2 = 144.78 - 143.11 = 1.67m$

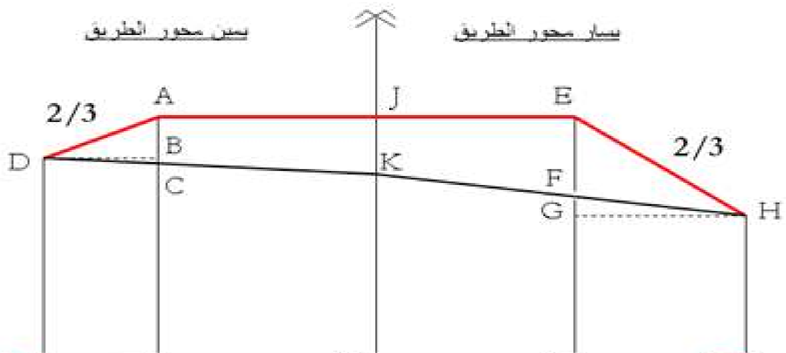
- إتمام حساب الارتفاعات (إلى حدود حافتي الحرم) :
  - على اليسار:

$$H'_H = H'_K - T'_1 . L_{KH} = 143.00 - 0.051 \times 7.76 = 142.60m$$

  - على اليمين :

$$H'_D = H'_K + T'_2 . L_{KD} = 143.00 + 0.024 \times 6.92 = 143.17m$$

ملاحظة : يمكن إيجاد نفس الارتفاعين باستعمال مناسيب وميول ومسافات المشروع على جانبي المحور.



منسوب خط التربة	143,17	143,11	143,00	142,77	142,60
منسوب خط المشروع	143,17	144,78	144,78	144,78	142,60
المسافات الجزئية		2,42	4.50	4.50	3,26
المسافات المتراكمة	6,92	4,50	0,00	4.50	7.76

....

الجسور

1) تعريف الجسور :

الجسور منشآت فنية تنتمي إلى الأشغال العمومية، تنجز كمسالك اتصال لتسهيل العبور فوق الحواجز الطبيعية كالمجاري المائية أو الأنهار، أو الحواجز الاصطناعية كالسكك الحديدية أو الطرق الأخرى.

2) تصنيف الجسور:

يتم تصنيف الجسور إلى عدة أقسام ممكنة منها :

- **حسب الأهمية: يراعى في هذا التصنيف الكلفة المالية والهدف المرجو من إنجاز الجسر، ويتم تصنيفها ببساطة إلى :**

✓ **قليلة الأهمية : لا يتجاوز طولها على الأغلب 50 m**

✓ **متوسطة الأهمية: يكون طولها محصورًا بين 50m و 100m**

✓ **كبيرة الأهمية : يصل طولها إلى مئات الأمتار .**

- **حسب الشكل: تتميز الجسور بكونها ذات أشكال متنوعة، لذلك نكتفي بذكر بعضٍ منها :**

✓ **الجسور ذات الروافد المستقيمة .**

✓ **الجسور المقوسة .**

✓ **الجسور المعلقة.**

- حسب المادة الأولية: يراعى في هذا التصنيف المادة الأغلب المكونة للجسر، ويلاحظ في هذا التصنيف أنه مرتبط بتاريخ وتطور مواد البناء ولذلك نجد :

✓ الجسور بالحجارة الطبيعية :تستعمل فيها الحجارة القريبة من المنشأ، ونجدها غالبا في الجسور العتيقة .

✓ الجسور الخشبية :تستعمل في الدول المنتجة للخشب، ونظرا لمقاومتها الضعيفة فهي تستعمل كمنشأ مؤقت أو كعبّارة للراجلين .

✓ الجسور الخرسانية المسلحة : ترتبط هذه الجسور باستعمال الخرسانة كمادة بناء حديثة .

✓ الجسور المعدنية : تستعمل في الدول الغنية بالفولاذ والمعادن.

✓ الجسور الخرسانية المسبقة الإجهاد : تعتبر الجسور الأحدث نظرًا لما توفره من حلول اقتصادية و جودة عالية في الخرسانة المستعملة .

- حسب الهدف والغرض:

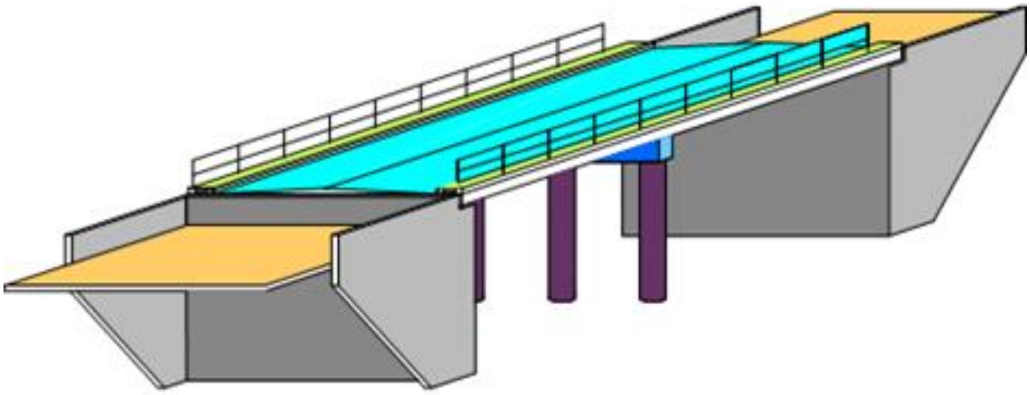
✓ الجسر العبّارة:يخصص للراجلين فوق طريق سريع .

✓ الجسر الطريق : يخصص لسير العربات فوقه .

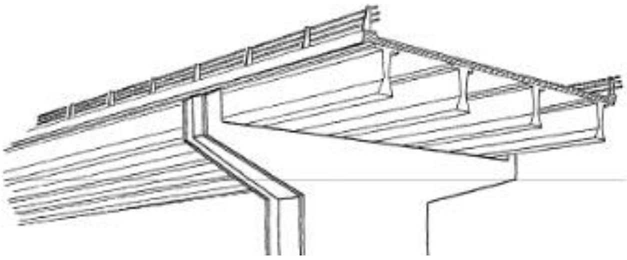
✓ الجسر السكة : يخصص لحركة القطارات فوقه .

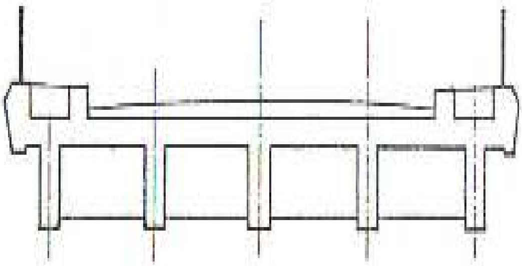
3) هيكل الجسر :

يتكون الجسر من ثلاثة أجزاء رئيسية هي :



أرضية السطح:هي العنصر المساحي المستوي المخصص لحركة العبور فوقه ضمن شروط الأمن والمقاومة، وهي غالبا ما تتكون من:



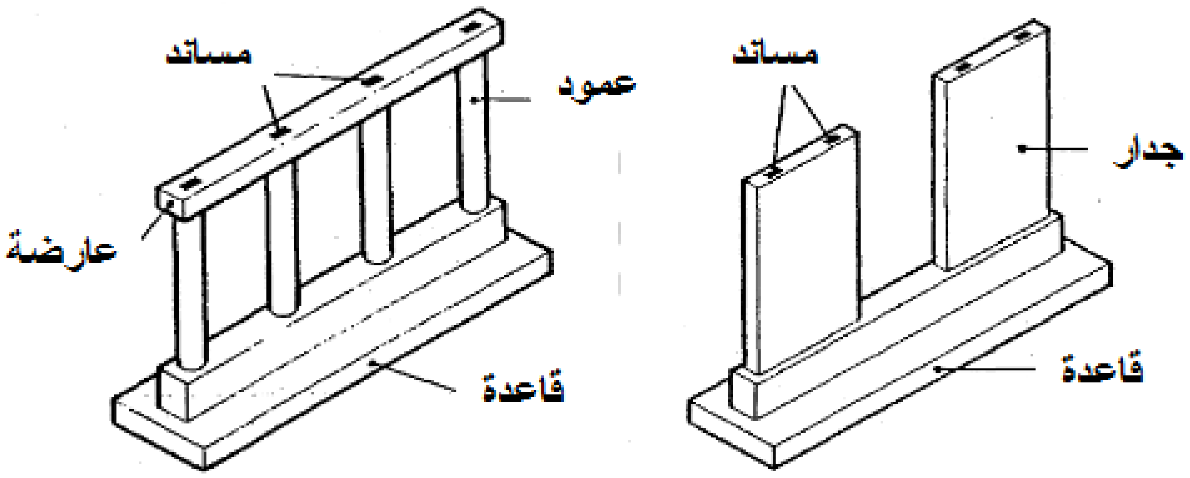


- البلاطة : هي عنصر خرساني مسلح مستمر رقيق يتلقى فوقه طبقة غطائية كتيمة ثم طبقة من الخرسانة الزفتية ،أما أسفله فيرتكز على روافد طولية مستقيمة او على بلاطة مجوفة أو مملوءة أو غيرها.
- الرصيف: هو عنصر ثانوي يمتد طوليا على جانبي قارعة سطح الجسر ، ويرتفع قليلا عن الطبقة الزفتية، بحيث يخصص لسير الراجلين وحمايتهم بمزلقة الأمان من ناحية العربات وواقي الأجسام من السقوط من الناحية الخارجية .

يجهز الرصيف بمجرى المياه لصرف مياه الأمطار نحو المزراب، و بالطنف (الكورنيش) من جهة الرصيف الخارجية لمنع تسرب مياه الأمطار تحته،وبفراغات أو قنوات لتمرير أسلاك الكهرباء أو الهاتف .

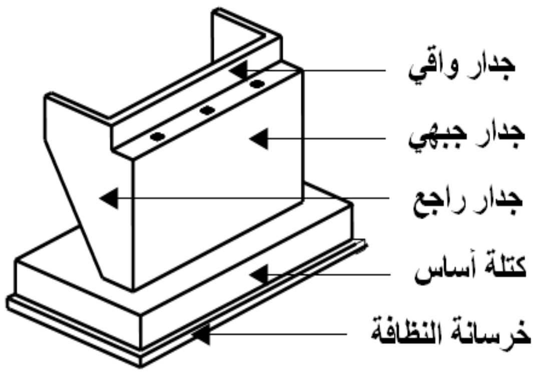
الركائز (المساند) :هي عبارة عن عناصر شاقولية تنجز بالخرسانة المسلحة بحيث يمكنها تحمل سطح الجسر وما فوقه، وهي على نوعين :

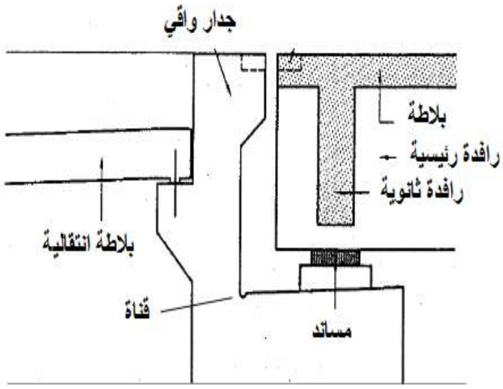
- الركائز الوسطية : تعتبر كمناطق ارتكاز داخلية لسطح الجسر ،و هي عبارة عن أعمدة اسطوانية أو جدران مساحية يختلف عددها بالنظر لطول الجسر، وعدد المعزيات المكونة له.



- الركائز الجانبية :أو المتاكئ،وعددها اثنتان،وعليها يرتكز الجسر في بدايته ونهايته.

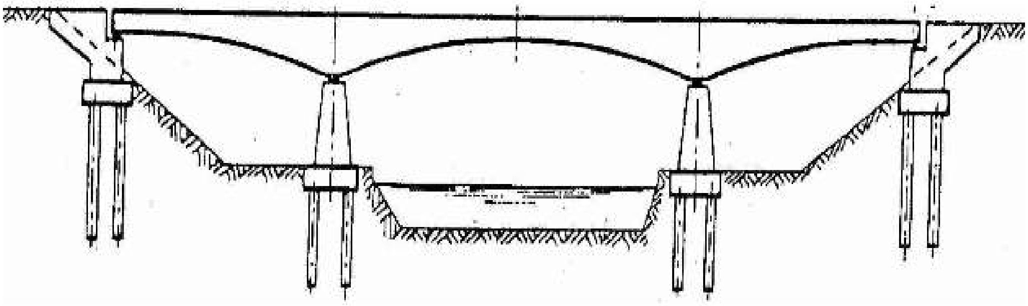
يقوم المتكأ بدورين هما: تحمل أرضية السطح وإسناد تربة الردم خلفه ، ولذلك فانه يتكون من جدار جبهي في الأمام يعلوه جدار واقي لاستقرار سطح الجسر في الاتجاه الطولي،وجانبان (خدان) لتوازن سطح الجسر في الاتجاه العرضي وجدار راجع أو جدار مائل أو جدار جناح حسب وضعية تربة الردم ، بالإضافة إلى دعامة خلفية ترتكز عليها البلاطة الانتقالية .





من المفيد أن نذكر بأنه توضع فوق الركائز(على نوعيها) أجهزة استناد مطاطية من مادة النيوبران على شكل قطع مربعة، بهدف امتصاص صدمات الاحتكاك بين خرسانة سطح الجسر وخرسانة الركائز.

- الأساسات: تستقبل الأحمال العمودية المنقولة إليها عبر الركائز لتوزعها إلى التربة ، وغالبا ما تكون الأساسات على شكل قاعدة كتلية صلبة تحت الركائز، أما إذا كانت التربة السطحية هشة فإن القاعدة تستمر في العمق بالآبار أو الأوتاد إلى غاية طبقة التربة الصلبة المقاومة .



4) <u>أنواع الجسور:</u> الجسور ذات أنواع كثيرة نكتفي بذكر ثلاثة منها وهي :

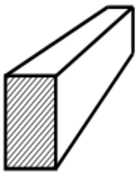
- <u>جسر بروافد مستقيمة</u> :يتكون بشكل أساسيّ من العناصر التالية :

- الروافد الرئيسية : هي روافد موازية لطول الجسر، تقوم باستقبال ثقل الجسر والحمولات المطبقة عليه المتمثلة في ثقل العربات، وتقوم بتوزيعها على الركائز الوسطية والجانبية.

تتنوع الروافد الرئيسية من حيث الشكل الهندسي لمقطعها العرضي والمواد

رافدة رئيسية مسبقة الإجهاد

روافد فولاذية مقطع مجنب IPN



رافدة رئيسية بالخرسانة

توضع الروافد الرئيسية فوق أجهزة استناد يطلق عليها اسم النيوبران، وهي مادة مطاطية صلبة ذات خصائص تمكنها من القيام بوظائفها المتمثلة في :

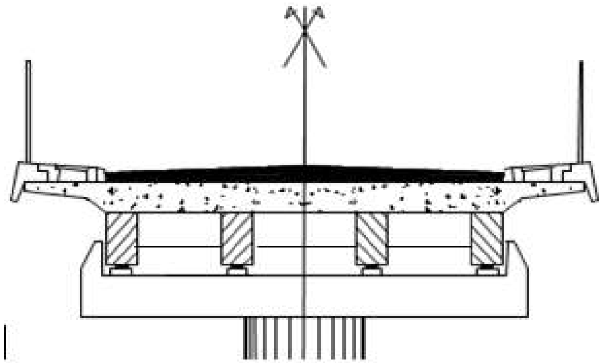
- ✓ امتصاص الصدمات الناتجة عن حركة العربات و الرياح و الزلازل.
- ✓ تصحيح الأخطاء في المستويات بوضع قطع مضاعفة لاستدراك الأخطاء .
- ✓ توضع مادة النيوبران دائما فوق قواعد خرسانية مؤهلة بفضل تسليحها الكثيف لاستقبال الروافد .

- **الروافد الثانوية:و تسمى أيضا باللجاف، وهي عبارة عن روافد عرضية ذات مقطع أصغر من مقطع الرافدة الرئيسية .**

توضع هذه الروافد عرضيا مستندة على الروافد الرئيسية حيث تساعد على ربطها واستقرارها ومنع الحركة الأفقية بالإضافة إلى المساهمة في الحمل .

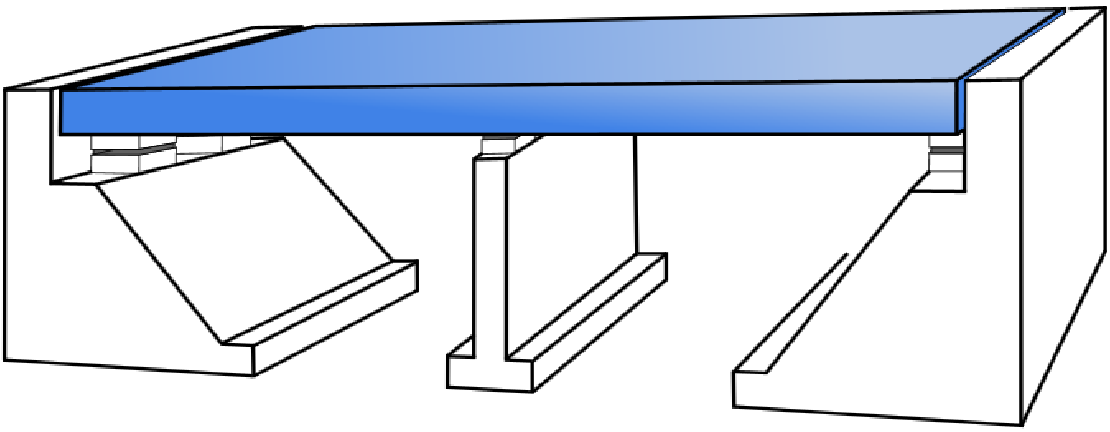
- **سطح الجسر:**

يتكون من بلاطة علوية مخصصة للسير ومرور العربات، و تنجز بلاطة الجسر بالخرسانة المسلحة، و تغطى بطبقة عازلة وبطبقة من الزفت .

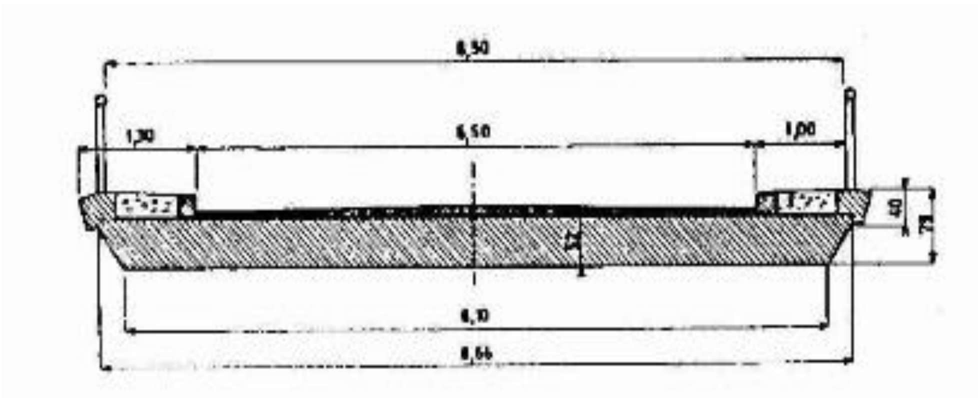


جسر بلاطة :

يؤخذ سمك البلاطة في حدود $\frac{L}{25}$) حيث L يمثل طول البلاطة) فمثلا إذا كان الطول أقل



من 15 م يكون سمك بلاطة الخرسانة المسلحة ب50 سم أما إذا كان الطول يتجاوز 20 م فإننا نستعمل بلاطة من خرسانة مسبقة الإجهاد ، أما إذا كان الطول يتجاوز 70 م ففي هذه الحالة يجب علينا تخفيف وزن البلاطة باستعمال بلاطات مفرغة (صناديق) .



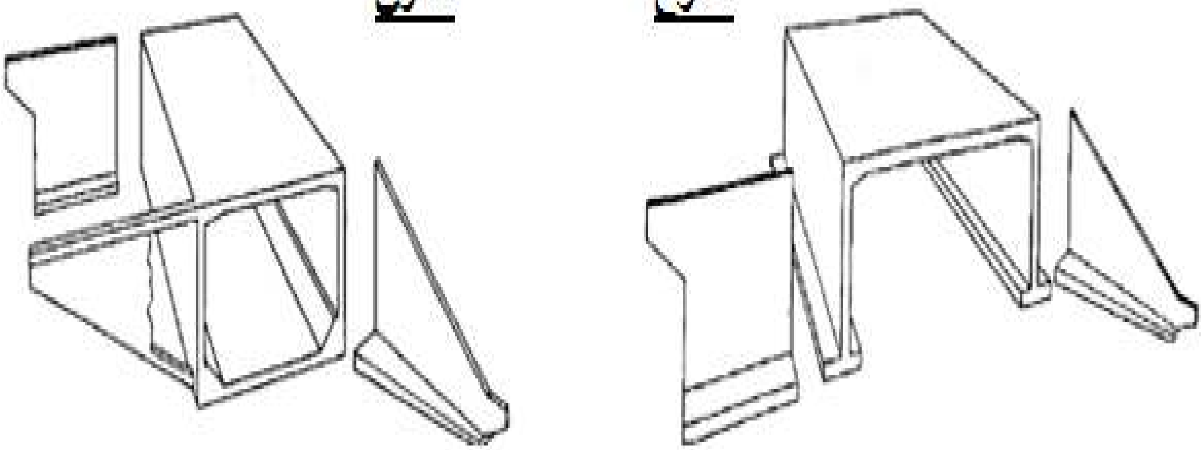
<u>جسر إطار :</u> هو من الجسور ذات الطول القصير نسبيا، والتي تستخدم كمعابر علوية لطرق السكة الحديدية أو كأنفاق لتسير فوقها العربات وفي بعض الأحيان تستعمل للعبور أسفلها السواقي الصغيرة.

تكنولوجيًا هو عبارة عن إطار من خرسانة مسلحة الجاهزة أو المصبوبة ميدانيا.

نميز نوعين من الجسر الإطار :

<u>جسر إطارى</u>

<u>مفتوح</u> **<u>مغلوق</u>**



- ✓ **الجسر المغلق: إذا كان أساس الجسر الخرساني متصلا مع بعضه البعض.**
- ✓ **الجسر المفتوح : إذا كان الأساس غير متصل .**

تمارين وتطبيقات

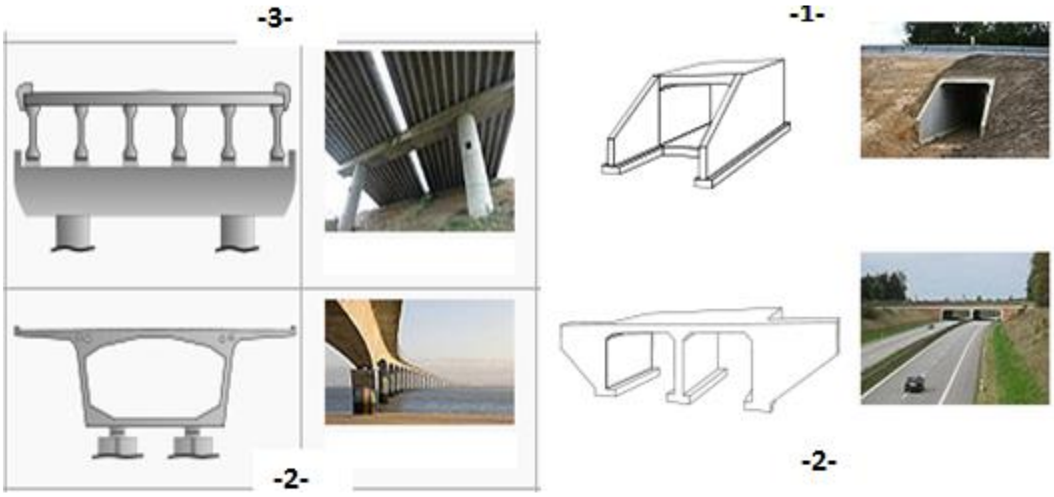
التمرين الأول: الأشكال التالية تمثل أصنافا مختلفة من الجسور.

- قم بتصنيفها حسب الغرض (الهدف منها).

الحل :

- ✓ الجسر الأول هو جسر عبارة ،و ينجز فوق (السريعة) أو المسطحات المائية ويخصص للمشاة .
- ✓ الجسر الثاني هو جسر قناة ، وينجز فوق المسطحات المائية حيث تكثر الملاحة البحرية .
- ✓ الجسر الثالث هو جسر سكة، وينجز لسير القطارات فوقه.

التمرين الثاني: الأشكال التالية مقاطع عرضية لجسور خرسانية .



- قم بتصنيفها حسب شكلها .

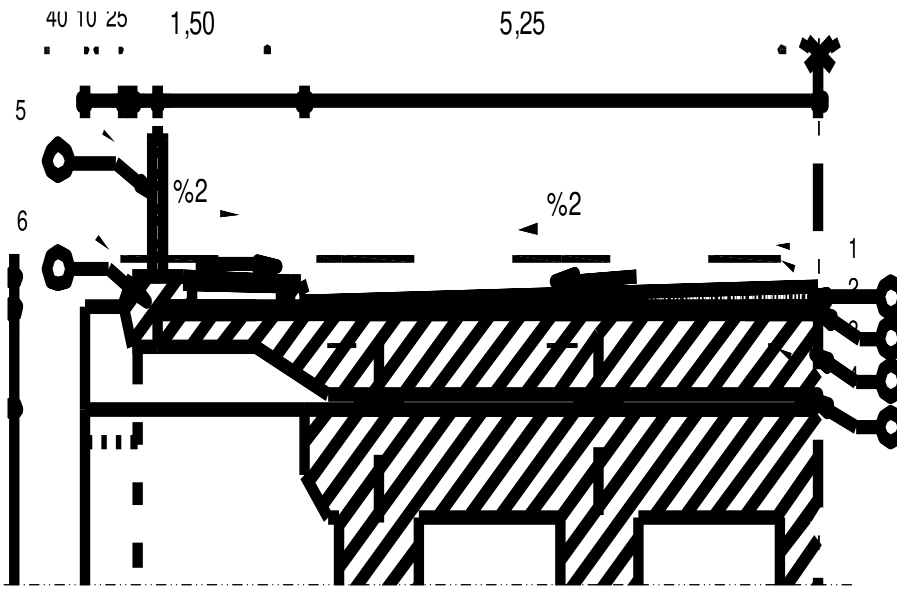
الحل :

- ✓ الجسر الأول : جسر إطاري مغلوق.
- ✓ الجسر الثاني : جسر إطاري مفتوح.

✓ الجسر الثالث : جسر بروافد طولية .

✓ الجسر الرابع : جسر صندوق.

التمرين الثالث: الشكل المقابل يمثل نصف مقطع لجسر بلاطة مملوءة .



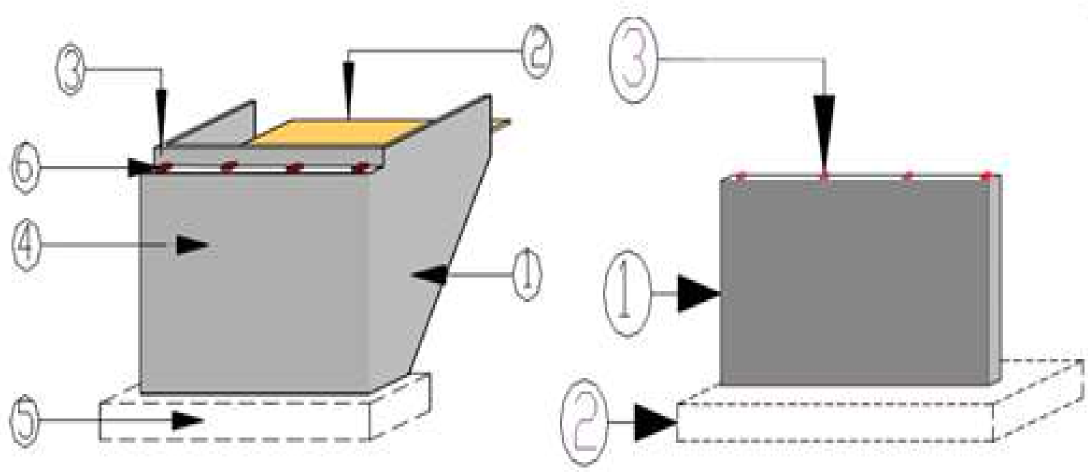
المطلوب :

- قم بتسمية العناصر المرقّمة .
- ما هو دور كلّ واحد منها

الحل :

العنصر	1	2	3	4	5	6
التسمية	طبقة المرور	غطاء كتيم	البلاطة	أجهزة استناد	واقي الأجسام	الطنف
الدور	سير العربات فوقها	منع تسرب المياه إلى البلاطة	تحمل أثقال العربات.	امتصاص الاحتكاك بين السطح والركائز	توازن سطح الجسر في الاتجاه الطولي.	حماية الواجهة و منع تسرب المياه تحت الرصيف

التمرين الرابع :



المطلوب :

- ماذا يمثل الشكلان أعلاه .
- ما هي وظيفة كل واحد منهما .
- قم بتسمية عناصر كلّ واحد منهما .

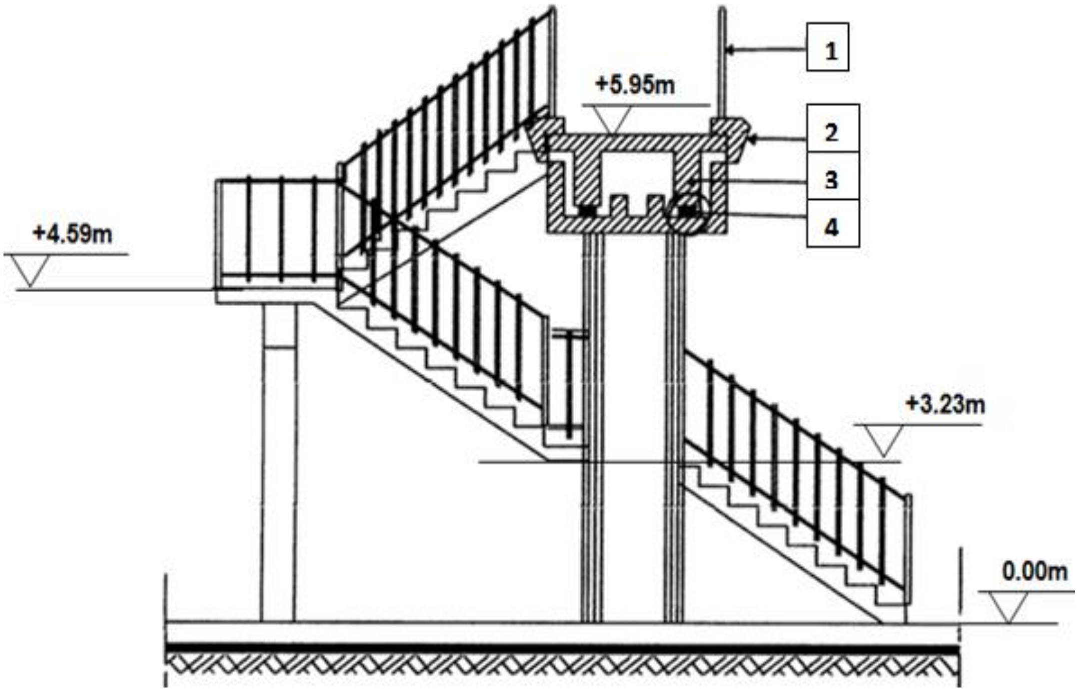
الحل :

- **يمثل الشكل الأول ركيزة جسر وسطية على شكل جدار من الخرسانة المسلحة، ودوره يمثل في تحمل سطح الجسر وما فوقه وتوصيل هذه الأثقال إلى الأساس**
- **يمثل الشكل الثاني ركيزة جسر جانبية وتسمى بالمتكأ ، ودوره يتمثل في حمل سطح الجسر فوقه وإسناد تربة الردم خلفه .**

- **تسمية عناصر الركيزة الوسطية :**
  1. **كتلة أساس (قاعدة)**
  2. **جدار خرساني.**
  3. **أجهزة استناد من النيوبران .**

- **تسمية عناصر المتكأ:**
  1. **جدار راجع.**
  2. **بلاطة انتقالية .**
  3. **جدار واقي .**
  4. **جدار جبهي.**
  5. **كتلة أساس (قاعدة)**
  6. **أجهزة استناد من النيوبران.**

التمرين الخامس : ليكن لديك الشكل الممثل أسفله .



- ما هو نوع الجسر الممثل ؟
- قم بتسمية العناصر المرقمة ؟
- إذا علمت أن علو الدرجة $h = 17.5\ cm$ احسب عدد الدرجات اللازمة لصعوده ؟ أحسب عرض النائمة ؟

الحل :

- نوع الجسر : جسر عبّارة مخصص للراجلين (فوق طريق).
- العناصر المرقمة :

1- واقي الأجسام.

2-الطنف(الإفريز)

3-رافدة طولية .

4-أجهزة استناد.

- عدد الدرجات n:

$$n = \frac{H}{h} = \frac{595 - 000}{17.5} = 34$$

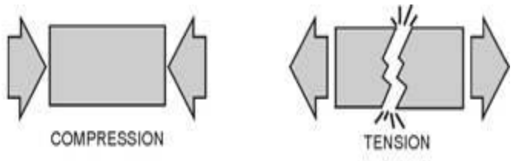
عرض النائمة g :

نعلم : $2h + g = 64 \rightarrow g = 64 - 2h = 29cm$

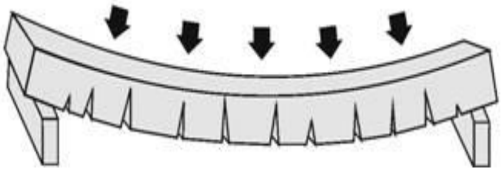
....

الخرسانة مسبقة الإجهاد

1) من الخرسانة المسلحة إلى الخرسانة مسبقة الإجهاد:



- تتميز الخرسانة بِـ :
  - مقاومة جيدة للانضغاط.
  - مقاومة ضعيفة للشدّ .
  - ظهور تشققات معتبرة في المنطقة المشدودة (السفلية) في حالة التحميل العرضي .



- إنّ الخرسانة المسلّحة بصورتها المعتادة –التي تُنَفَّذ في المواقع – تنتج فيها تشقّقات دقيقة مسموح بها في مناطق الشدّ.

و لكن هذه التشققات تصبح مُضرّة بحديد التسليح؛ويزداد ضررها –بشكل كبير–إذا كانت تلك المنشآت مُنفّذة في مناطق معرّضة للرّطوبة،مثل المنشآت المنجزة بجوار المسطحات المائية و شواطئ البحار.

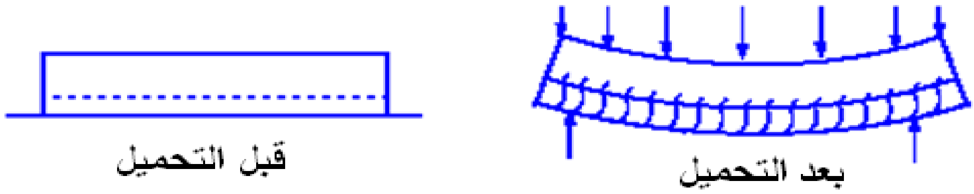
لذا فإن الإشكالية المطروحة :هي في كيفية معالجة هذه التشققات التي تؤثر سلبا على حديد التسليح وبالتالي على مقاومة المنشأ كله

2) مبدأ الخرسانة مسبقة الإجهاد

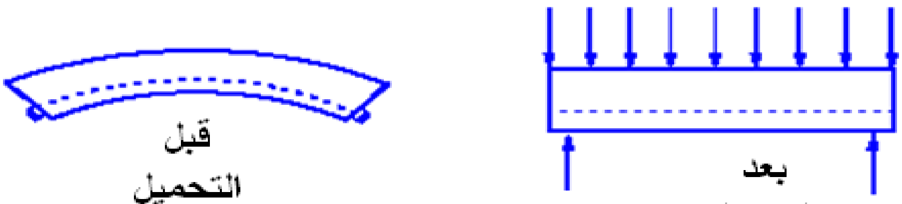
يتلخص مبدأ الخرسانة مسبقة الإجهاد في تقنية تم اكتشافها من طرف المهندس فيرسيني،

وتتمثل في شدّ كوابل فولاذية(مثل النوابض)،بما يؤدي إلى انضغاط الخرسانة عند إطلاق هذه القضبان .

وبناءً عليه فإنه عند تحميل المنشأة(ودخولها إلى مجال الخدمة)تنزعُ القضبان إلى التمدّد،وتنزعُ الخرسانة إلى تخفيف(se décompresser) الانضغاط المطبق عليها؛دون الوصول إلى حالة الشد .



<u>خرسانة عادية</u>



<u>خرسانة مسبقة الإجهاد</u>

3) <u>طرق سبق الإجهاد :</u>

توجد طريقتان هما :

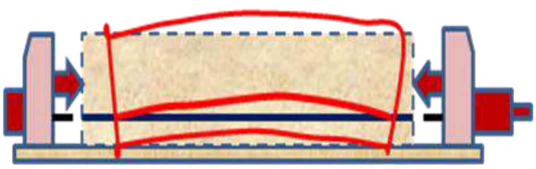
- طريقة الشد المسبق : يتمّ شدّ الكوابل أو الأسلاك قبل صبّ الخرسانة .
- طريقة الشد الملحق: يتمّ شدّ الكوابل أو الأسلاك بعد صبّ الخرسانة .

<u>طريقة الشدّ المسبق (pré-tension):</u>

- تعريض الأسلاك أو الكوابل إلى قوة شدّ ،ثم تثبيتها على الجانبين .

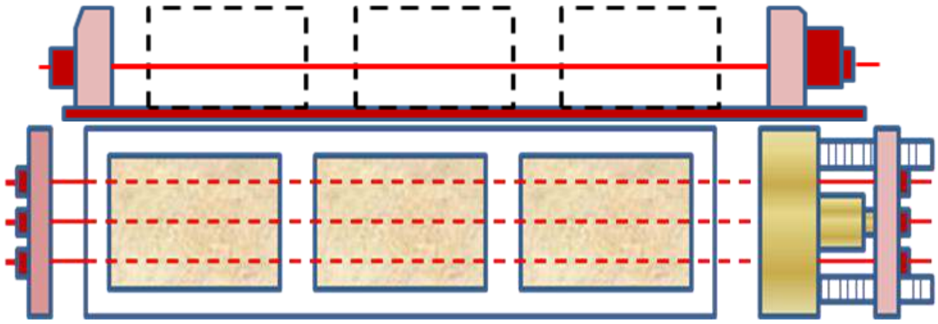
- صبّ الخرسانة ،ثم تجفيفها تجفيفا سريعا لمدة (6)ساعات.

- تحرير الأسلاك أوالكوابل(من قوة الشدّ) بما يؤدي إلى ظهور سبق الإجهاد .

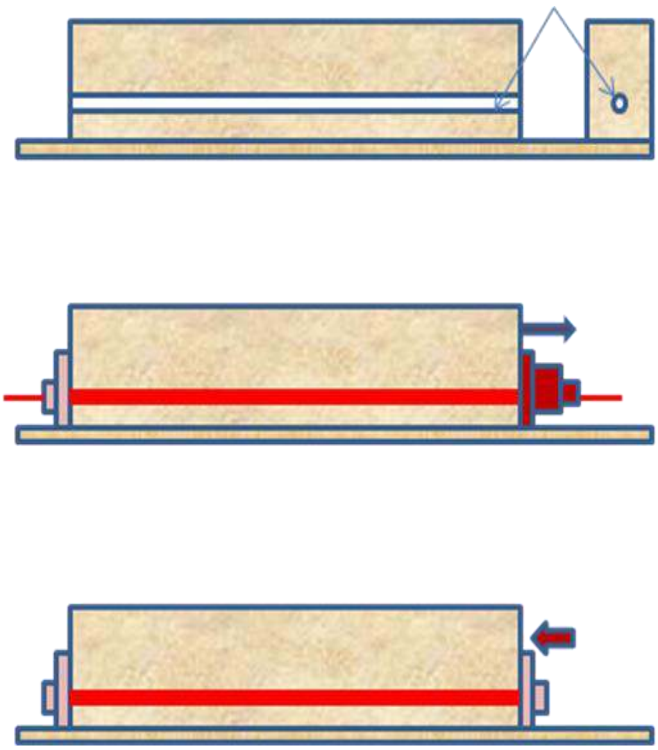


<u>ملاحظات متعلقة بالشد المسبق :</u>

- يتم استعمال طريقة الشد المسبق –غالبا– في ميدان البناء.
- يمكن إنجاز عدة عناصر خرسانية مسبقة الإجهاد في نفس القالب.
- يجب إعداد مساحات مقاومة لوضع المثبتات على جانبي العنصر مسبق الإجهاد.
- يتم شدّ الكوابل أو الأسلاك (من جهة او من جهتين)وبعد تثبيتها تقطع الأجزاء الزائدة،وتسترجع المثبتات .



طريقة الشد الملحق (post-tension)



- وضع الأسلاك أو الكوابل داخل أنابيب عازلة .
- صبّ الخرسانة وتجفيفها إلى درجة التصلب.
- شدّ الأسلاك أو الكوابل وحجزها بواسطة مساند على الجانبين .
- تحرير الأسلاك أو الكوابل من قوة الشدّ بما يؤدي إلى ظهور سبق الإجهاد

4) فوائد الخرسانة مسبقة الإجهاد:

- يمكن استخدام مقاطع خرسانية تتحمل قوى كبيرة دون أن تحدُث تشققات ،ولهذا السبب فاستعمالها مناسب جدا للمنشآت في المناطق الرطبة(حيث احتمال الإصابة بالصدأ).
- كمية الفولاذ(الكوابل)المستخدمة في المقاطع الخرسانية أقل من مثيلاتها في الخرسانة المسلحة العادية، إضافةً إلى تحملها قوة ضغط أعلى.
- تساعد في تقليل الحمل الميت المؤثر على الأعمدة والأساسات وتصغير مقاطعها وبالتالي توفير كمية المواد المستعملة .
- إمكانية تحقيق أشكال هندسية ومعمارية وفنية متنوّعة .

5) استعمالات الخرسانة مسبقة الإجهاد:

- الهياكل الحاملة(الروافد،البلاطات والأسقف)
- الأساسات(الخوازيق والأساسات العميقة)
- المنشآت الفنية المعرضة للمياه (الجسور،السدود،الخزانات...)
- المشاريع الكبرى ذات الفتحات كبيرة(جسور،قاعات كبرى،مطارات،أنفاق)


تمارين وتطبيقات

التمرين الأول –أسئلة نظرية– :

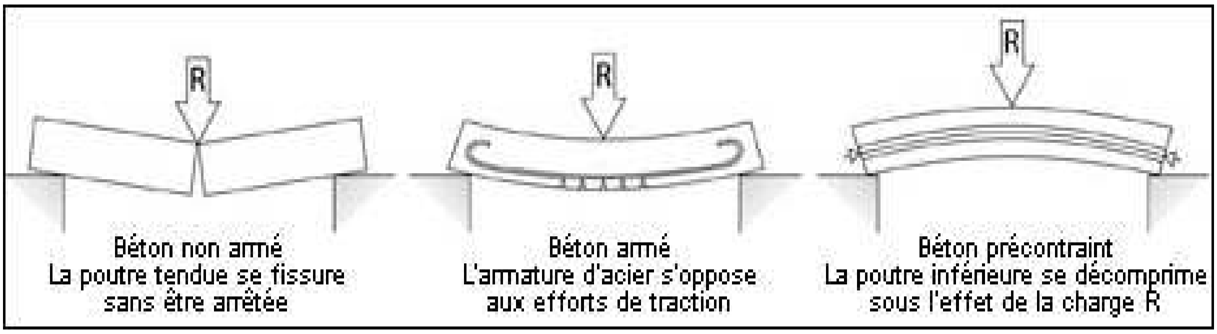
- لماذا لا يمكن الاكتفاء بالخرسانة وحدها في البناء بل نضيف التسليح؟
- لماذا نستعمل الخرسانة مسبقة الإجهاد في المنشآت الكبيرة ؟
- لماذا تأخذ الكوابل شكل قطع مكافئ عند تسليح الخرسانة مسبقة الإجهاد ؟
- لماذا نستعمل الأنابيب العازلة في حالة الخرسانة مسبقة الإجهاد بالشدّ الملحق ؟

الحل :

- لأن مقاومة الخرسانة لقوى الشد ضعيفة .
- لأنها معرضة لانحناءات كبيرة نظرا لطولها ،وبالتالي فهي أكثر عرضة للتشققات .
- حتى يمكن تطبيق الإجهادات المسبقة في المناطق التي تخضع للشد عند الخدمة .
- حتى يمكن تمديد (شد) الكوابل دون الخرسانة المصبوبة (مسبقا).

التمرين الثاني –نشاط تقويمي– :

- ما هو سلوك الرافدة تحت تأثير الحمل (R) في كل حالة من الحالات التالية:



الحل:

- رافدة منجزة بالخرسانة :إنهيار كلي في المنطقة السفلية المشدودة تحت تأثير (R).

- **<u>رافدة بالخرسانة المسلحة:</u>قضبان التسليح في المنطقة السفلية تقاوم جهود الشد الناتجة عن (R)**
- **<u>رافدة بالخرسانة مسبقة الإجهاد :</u>إزالة الإنضغاط المسبق في المنطقة السفلية تحت تأثير الحمولة (R)**

....

الفهرس

●**الباب الأول: الجيوميكانيك**..02
الشد والضغط..03
القص البسيط..11
الأنظمة المثلثية..18
الانحناء البسيط..32
●**الباب الثاني : الخرسانة المسلحة**..51
الخرسانة المسلحة..52
الشد البسيط..59
الانضغاط البسيط..66
●**الباب الثالث:الطبوغرافيا والمساحة**..75
السمت الاحداثي..76
حساب المساحات..83
مراقبة المنشآت..91
●**الباب الرابع:البناء والأشغال العمومية**..95
المنشآت العلوية..96
الطرقات..107
الجسور..128
الخرسانة مسبقة الإجهاد..139