

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التربية الوطنية

# كتاب الهندسة المدنية

## السنة الثالثة من التعليم الثانوي

## شعبة تقني رياضي

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# كتاب الهندسة المدنية

# السنة الثالثة من التعليم الثانوي

## شعبة تقني رياضي

تحت إشراف:

- **السيد: محمد الشريف بوطالبي..... مفتش التربية والتكوين**


تأليف: السـادة:

**-معمري نور الدين.....أستاذ التعليم الثانوي**

**-لـعرابـة منـير.....أستاذ التعليم الثانوي**

**-عمراني الجيلالي.....أستاذ التعليم الثانوي**



قلم الجزائر

WWW.DZPEN.COM

بسم الله الرحمن الرحيم

# مقـــــــــدمة :

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله، يسرنا أن نضع بين أيدي أبنائنا التلاميذ كتاب الهندسة المدنية للسنة الثالثة ثانوي وفق التصور الجديد لصياغة المناهج الجديدة والذي يعتمد على المقاربة بالكفاءات.

ويتضمن الكتاب المجالات:

-ميكانيك تطبيقية: والذي من خلاله يتدرب التلميذ على تطبيق المبادئ الأولية لمقاومة المواد.

-البناء: والذي من خلاله يدرس بعض منشآت الهندسة المدنية.

كما يتضمن كذلك أعمالا موجهة تخدم المجالين السابق ذكرهما.

وقد اعتمدنا في هذا الكتاب على الأسلوب الميسر في طرح الأفكار والمعارف، متجنبين استعمال المصطلحات الغامضة والعبارات المبهمة.

نتمنى أن نكون وفقنا إلى حد ما.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# المجـــــــــــــــال الأول

# ميكانيك تطبيقية

# MECANIQUE APPLIQUEE

## الكفاءة المستهدفة:

يتدرب على تطبيق المبادئ الأولية لمقاومة المواد

# الوحـدة 01
# مقــاومة المــواد

# RESISTANCE DES MATERIAUX

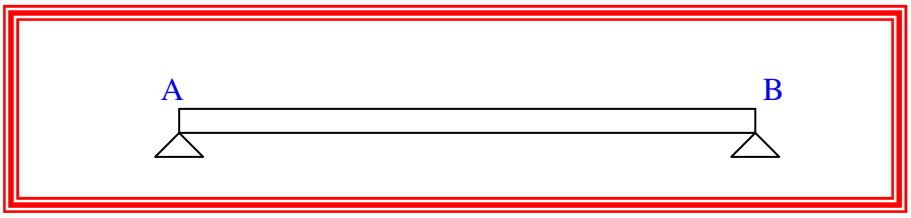
## مؤشرات الكفاءة:

-يتعرف على مجال تطبيق مقاومة المواد.
-يتأكد من شرط مقاومة عنصر تحت تأثير تحريضات بسيطة.
-يحدد أبعاد المقاطع.
-يقود عملية تجريبية.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

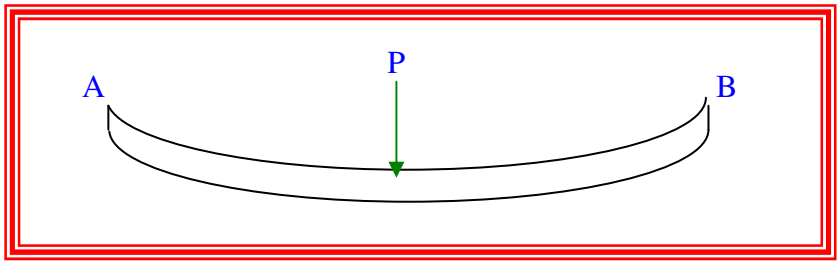
## نشـــــاط:

لنأخذ مسطرة مستوية لدنة، ونضعها على مسندين (A) و(B) كما هو ممثل في الشكل –1–.



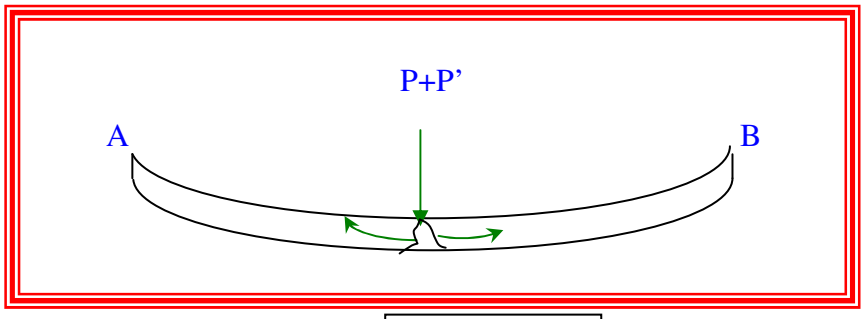

**الشكل –1–**

بعد ذلك، نحمل المسطرة بحمولة (P) في المرة الأولى كما هو موضح في الشكل –2–.




**الشكل –2–**

ثم نضيف للحمولة (P) حمولة (P') بحيث تصبح المسطرة لا تتحمل كل هذه الحمولات، كما هو مبين في الشكل –3–




**الشكل –3–**

## الأسئلة:

1–ما هي القوى المؤثرة في الشكل –1–؟

2–ما هي القوى المؤثرة في الشكل –2–؟ ماذا تلاحظ بالنسبة لتصرف المسطرة؟

3–ما هي القوى المؤثرة في الشكل –3–، وماذا تلاحظ بالنسبة لتصرف المسطرة؟

4–اعتمادا على كل ما سبق، ماذا تستنتج؟

## 1-الهدف من مقاومة المواد:

إن الأجسام تتشوه تحت تأثير القوى الخارجية، وبالتالي لابد من ضمان متانة واستقرار المنشآت، والتي تتم المعرفة بواسطة التجارب، سلوك مختلف المواد اتجاه بعض التحريضات، للتوصل إلى الاختيار الأحسن.
بتحديد الأشكال الأكثر اقتصادا بحساب أبعاد القطع التي تقاوم بكل أمن، الجهود المعلومة القيمة وطريقة التأثير.

## 2-فرضيات مقاومة المواد:

### 2-1-فرضيات حول القوى:

**2-1-1-القوة الابتدائية:** لا توجد في الجسم أي قوة داخلية ابتدائية قبل وضع الحمل عليه.

**2-1-2-مبدأ حصر التأثيرات:** إذا كانت النقاط الواقعة في جسم ما تبعد عن نقاط تطبيق القوى على ذلك الجسم بما فيه الكفاية، فإن القوى الداخلية الناشئة فيها تعتمد على طبيعة القوى اعتمادا ضئيلا، أي أن التأثيرات الناتجة عن القوى المطبقة تتناقص بشكل ملحوظ عندما نبتعد عن نقاط تأثير القوى.

**2-1-3-مبدأ تطابق القوى:** أثرت مجموعة من القوى على جسم معين فإن التأثير الكلي الناتج عن كل القوى مجتمعة يساوي مجموع التأثيرات الناتجة عن مفعول كل قوة على حدى وبأي ترتيب كان.

### 2-2-فرضيات حول الأجسام:

**2-2-1-تجانس المادة:** أي أن الخصائص في جميع النقاط واحدة.

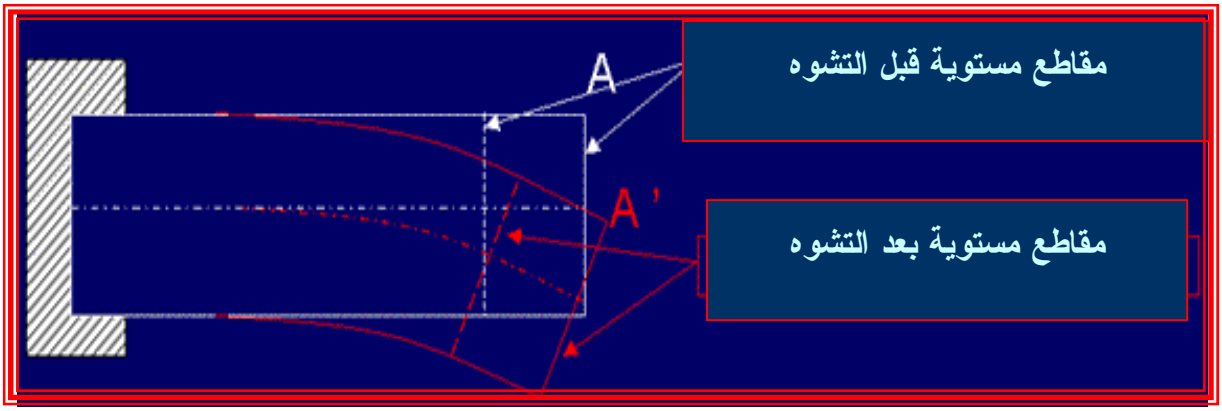
**2-2-2-أحادية الخواص:** الأجسام لها نفس الخواص الفيزيائية والميكانيكية في كل الاتجاهات.

**2-2-3-فرضية المرونة:** تقبل هذه الفرضية، بوجود علاقة خطية بين القوة والتشوه، أي أن العناصر تسترجع شكلها وأبعادها الابتدائية، إذا قمنا بإزالة القوى المؤثرة عليها.

### 2-3-فرضيات حول التشوهات:

**2-3-1-فرضية التشوهات الصغيرة:** التشوهات صغيرة جدا بالنسبة لأبعاد الجسم، بحيث نهمل التشوهات أثناء كتابة معادلات التوازن.

**2-3-2-فرضية برنولي:** كل مقطع مستوي قبل تطبيق القوى الخارجية يحافظ على سطحه مستويا بعد تطبيق القوى وتشوه الجسم.




الشكل –4–

## 3-الأفعـــــال:

كل تأثير على الإنشاءات أو على أجزائها يعتبر قوى أو عزوم خارجية، ويسمى فعل أو تأثير، وتقابله مقاومة من الإنشاء تسمى رد الفعل.
ومن هنا نعلم أن القوة يصحبها دائما رد الفعل، ويمكن تقسيم الأفعال على الإنشاءات إلى:

### 3-1-حسب طبيعة عملها:

–قوة دائمة: وهي التي لا تتغير في القيمة أو المكان مثل وزن المنشأ الذاتي.

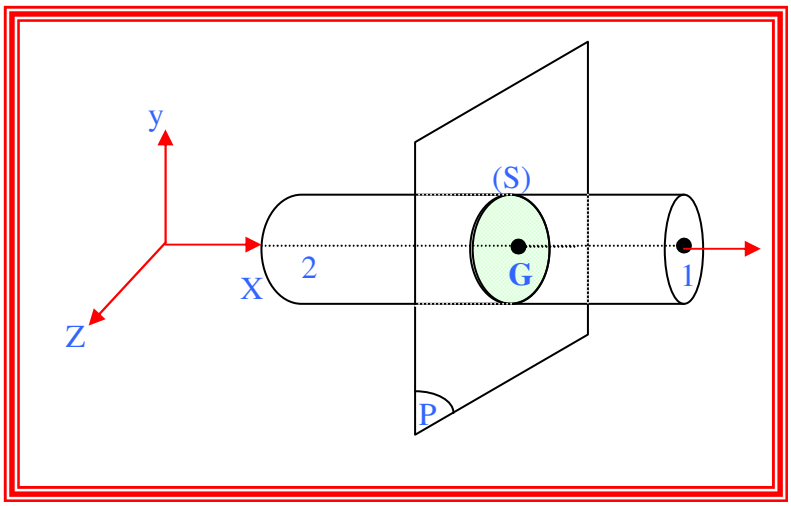
–قوة متغيرة: وهي التي تتغير في القيمة أو المكان مثل هبوب الرياح وتساقط الثلوج.

### 3-2-حسب توزيعها:

– قوة موزعة بانتظام
– قوة مركزة
– قوة ذات توزيع متغير

## 4-الجهود الداخلية:

لتكن رافدة في توازن تحت تأثير أفعال، حيث نحدث قطع تخيلي في مقطع متعامد مع الخط المتوسط، ليفصل الرافضة إلى جزأين 1 و2.




–الشكل 5–

نعزل الجزء (1):

- التأثيرات الميكانيكية التي يؤثر بها الجزء (2) على الجزء (1) في المقطع المستقيم (5) هي تأثيرات ميكانيكية داخلية للرافدة.

بعد كتابة معادلة التوازن للجزء الأيسر (1) نحصل على مركبات الاختزال التالية:

N: الجهد الناظمي على ( G ، $\vec{x}$).

$T_y$: الجهد القاطع على ( G ، $\vec{y}$).

$T_z$: الجهد القاطع على ( G ، $\vec{z}$).

$M_r$: عزم الالتواء على ( G ، $\vec{x}$).

$M_{fy}$: عزم الانحناء على ( G ، $\vec{y}$).

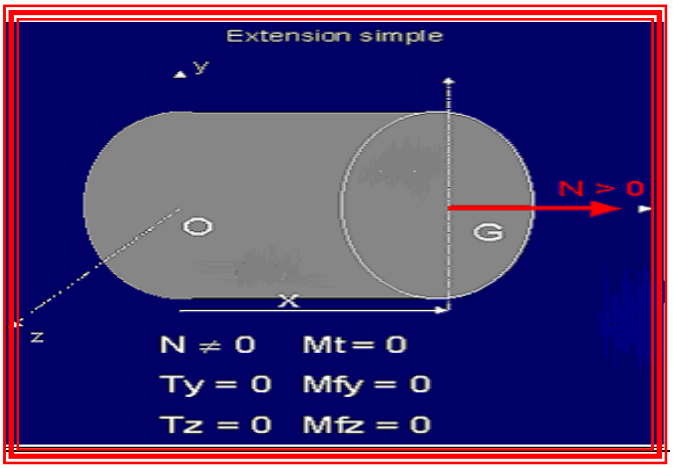
$M_{fz}$: عزم الانحناء على ( G ، $\vec{z}$).

## 5-تعريف التحريضات البسيطة:

لإيجاد تأثير قوى خارجية كيفية على جسم صلب، من البديهي دراسة سلوكه تحت تأثير التحريضات البسيطة.

نسمي تحريض بسيط، حالة إجهاد الرافضة إذا نتج مركب اختزال وحيد من بين المركبات الستة السابقة.

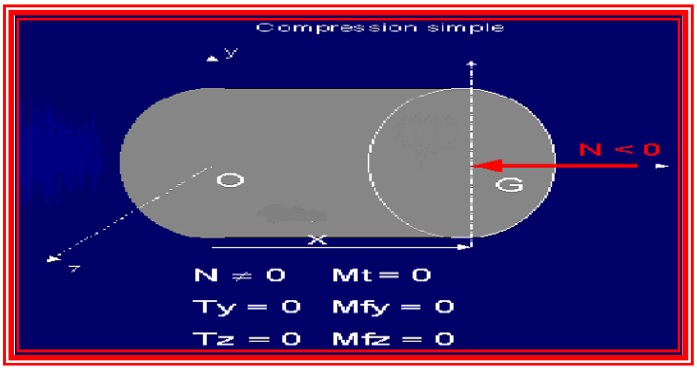
يكون الجسم تحت تأثير:




الشكل -6-

-الشد: إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين متساويتين متعاكستين وآلت إلى تمديد الجسم.

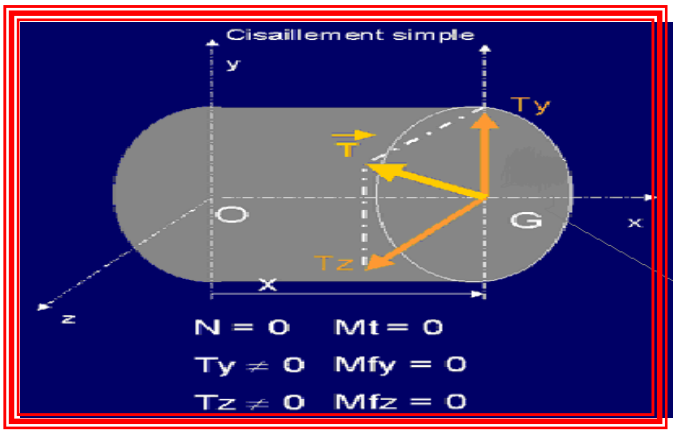
**مثل:** حبل يرفع حمولة، قضبان من نظام مثلثي.




الشكل -7-

-الانضغاط: إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين متساويتين متعاكستين وآلت إلى تقليص الجسم.

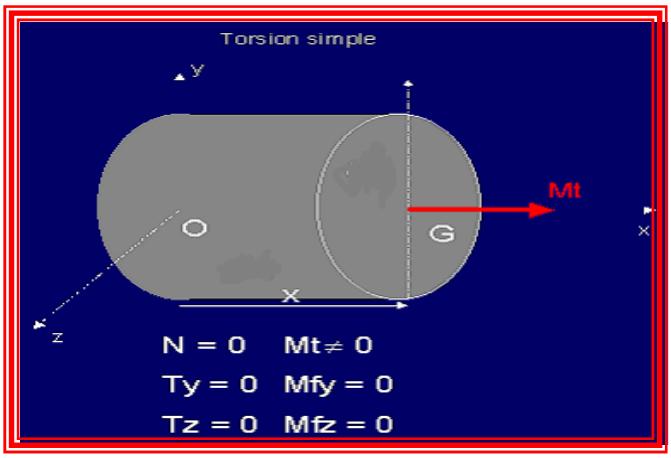
**مثل:** عمود تحت تأثير ثقل الأرضية.




-القص: إذا اختزلت القوى الخارجية إلى قوتين تؤولان إلى فصل الجسم إلى قطعتين بالانزلاق حسب مستوى القطع.

**مثل:** قطع صفيحة حديدية إلى قطعتين.

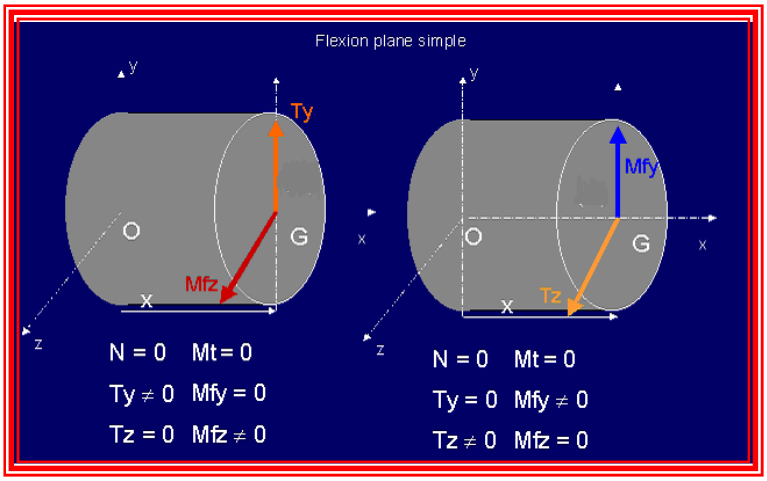
الشكل -8-




-الالتواء: إذا اختزلت القوى الخارجة إلى عزمين متعاكستين حيث يكون مستواهما متعامدا مع المحور المتوسط للجسم.

**مثل:** عنصر تحت تأثير عزمين.

الشكل -9-

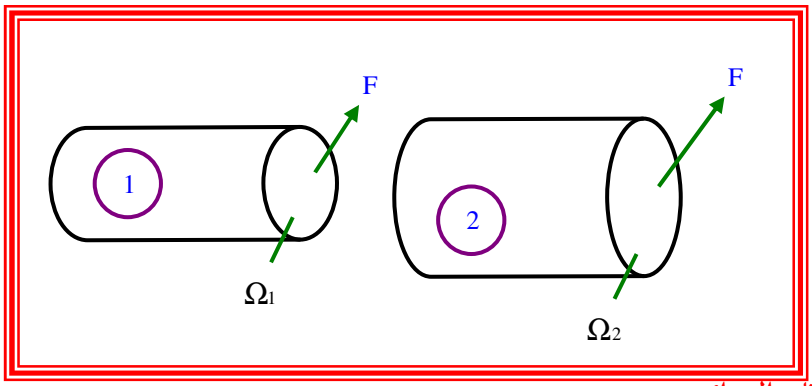



-الانحناء: إذا حددت القوى الخارجية عزم انحناء في بعض نقاط الجسم.

**مثل:** رافدة ترتكز على عمودين.

الشكل -10-

## 6-الإجهادات:




من أجل دقة أكثر لقانون توزيع القوى الداخلية على مقطع مستقيم، ندخل وسيط يعرف تأثيره، يسمى الإجهاد. من أجل هذا، نأخذ جسمين مختلفين ونخضعهما لنفس القوة (F).

الشكل -11-

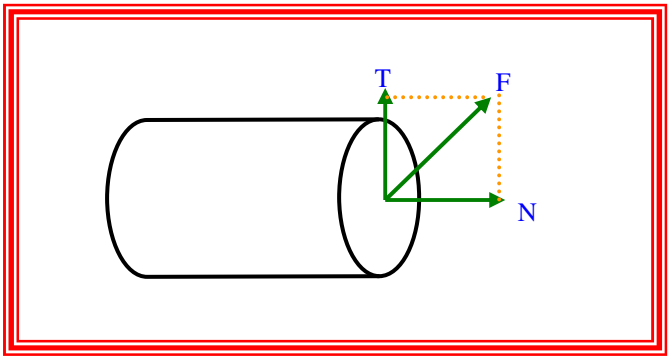

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

كون مقطع الجسم (1) أصغر من مقطع الجسم (2)، فإن مقاومته تكون أضعف، أي أن الإجهاد الذي يخضع له الجسم (1) أكبر من الإجهاد الذي يخضع له الجسم (2).

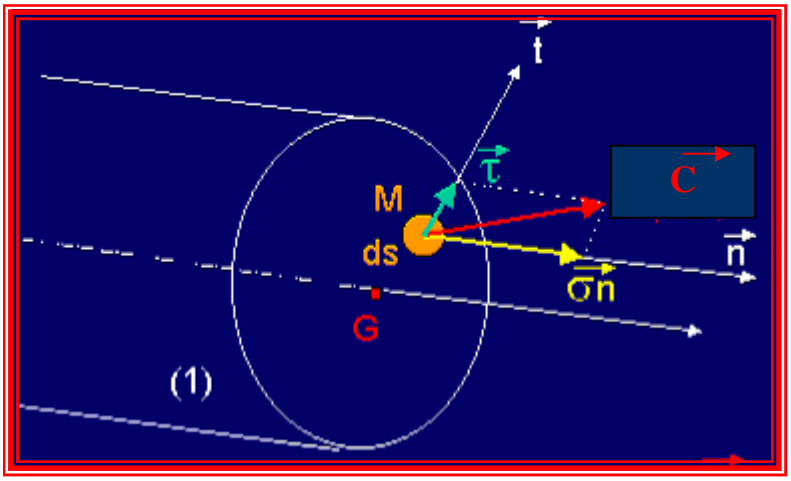
من هذا التحليل، نأخذ:

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

لنأخذ مقطعا خاضعا لقوة كيفية (F)، نحللها إلى مركبتين، الأولى على المحور الطولي أي عمودية على المقطع وتسمى القوة النظامية (N) والأخرى مماسية للمقطع وتسمى القوة القاطعة (T)




الشكل –12–

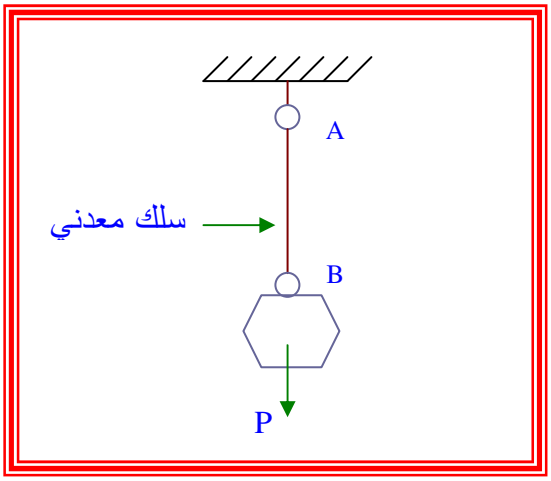



الشكل –13–

# الشد البسيط Traction simple

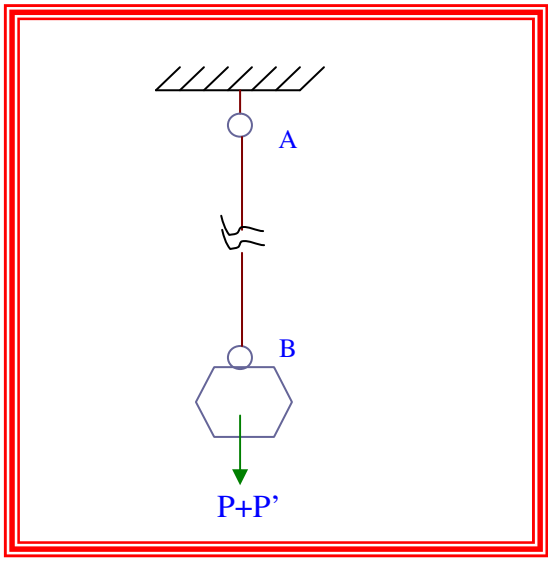
## نشـــــاط

لناخذ خيطا مطاطيا ذا قطر ضعيف ونحمله بحمولة ضعيفة (P) –الشكل 1–.




**–الشكل 1–**

–نضيف بعد ذلك حمولة (P') ليصبح السلك يحمل (P+P') بحيث لا يتحملها –الشكل 2–




**–الشكل 2–**

## الأسئلة:

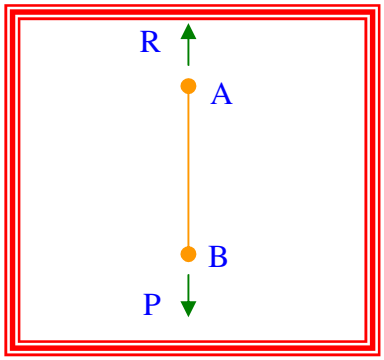
1–ما هي القوى المؤثرة على السلك في الشكل –1–؟ وما ذا تلاحظ؟

2–ما هي القوى المؤثرة على السلك في الشكل –2–؟ وماذا تلاحظ؟

# الشد البسيط Traction simple

## 1-عموميات:

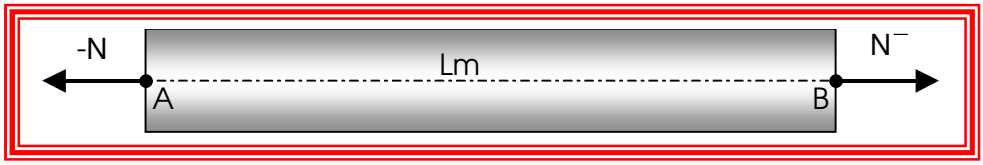
لو عزلنا الخيط (AB)، لرأينا أنه يتمدد تحت تأثير قوتين متعاكستين تتجاذبانه.




الشكل -3-

إذا كان الحبل مستقر تحت تأثير (P) و(R) ولم تظهر أي قوة أخرى، نقول عنه أنه في حالة شد بسيط، وبعبارة أخرى إذا تحقق الشرط التالي:

T=0
M=0
N≠0




## 2-معادلة الإجهاد:

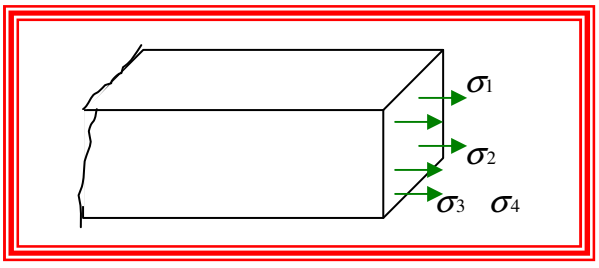
في كل مقطع مستقيم، تكون الإجهادات متعامدة معه وموزعة بانتظام على كل المقطع.

ويكون الإجهاد الناظمي كالتالي:

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \ldots = \text{Constante} = \sigma$$

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

الوحدة: ($kg/cm^2$).



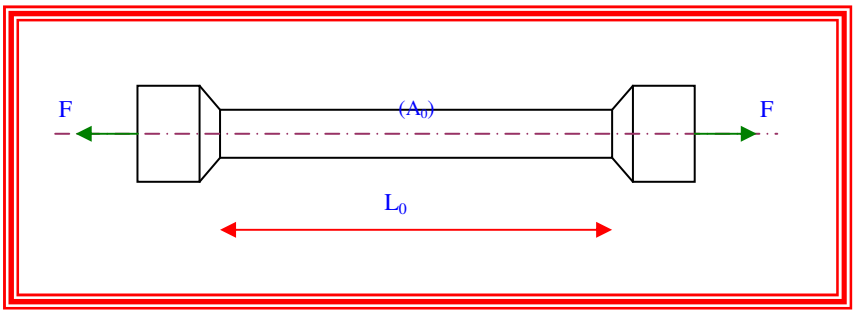

الشكل -4-

## 3-تجربة الشد:

نأخذ عينة ونعرضها للشد قصد دراسة خواص المواد وتحديد مقادير الإجهادات المسموح بها، حيث تتميز بكبر أطرافها حتى يسهل مسكها وبالتالي شدها.

$A_0$= السطح الابتدائي للمقطع.

$L_0$= الطول الابتدائي للعنصر.




الشكل -5-



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

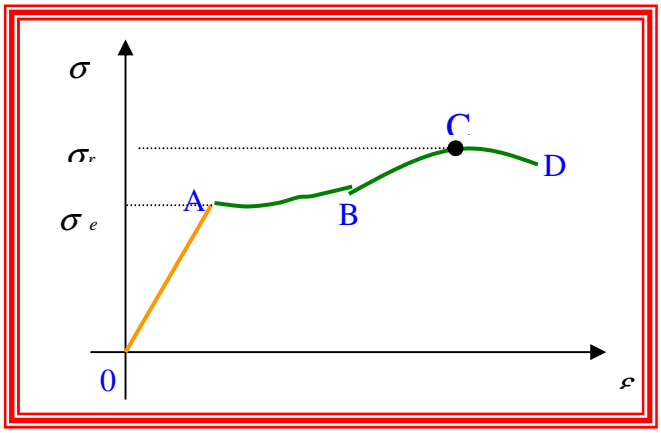
## 3-1-التجربة:

بعد تعريض المخبرة لاختبار الشد، وجعل الشد يتزايد تدريجيا، نلاحظ أن طول القضيب يزيد بعد التحميل ويصبح $(L_0+\Delta L)$، وبالتالي يمكن قياس الاستطالة على الطول القياسي، يدعى هذا المقدار $(\Delta L)$ بالاستطالة المطلقة للقضيب.

يمكن إيجاد الاستطالة لوحدة الأطوال والتي تسمى بالاستطالة النسبية، ويرمز لها بالرمز $(\varepsilon)$:

$$\varepsilon=\frac{\Delta L}{L}$$

## 3-2-منحنى الشد:

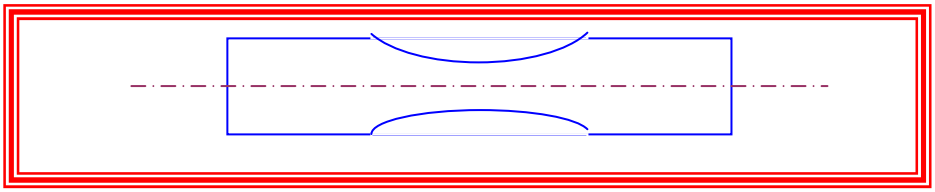



لو أخذنا الفولاذ ضئيل الكربون وأجرينا عليه التجربة لاتضحت لنا مميزاته، وذلك بزيادة الحمل المحوري على دفعات تدريجية صغيرة ويستمر حتى يحدث كسر العينة، حيث نتحصل على الرسم البياني التالي الذي يصف خصائص مقاومة المادة.

الشكل -6-

قراءة المنحنى:

- المنطقة (0A): هو مجال المرونة، حيث يزداد التشوه $(\varepsilon)$ كلما زاد الإجهاد $(\sigma)$ بشكل خطي، ويزول التشوه $(\varepsilon)$ بزوال التأثير الخارجي.
- المنطقة (AB): هو مجال الانسياب حيث يتغير طول العينة تغيرا محسوسا بزيادة بسيطة للحمولة.
- المنطقة (BC): هو مجال عودة المتانة، إذ تصطحب الزيادة في القوة استطالة القضيب.
- المنطقة (CD): نلاحظ أن الإجهادات تكبر دون الزيادة في الحمولة، وعند بلوغ الإجهاد حد المقاومة $(\sigma_r)$ يتشكل ما يدعى بالعنق وتقل المساحة.



الشكل -7-

بعد هذا، إذا لأي قيمة للحمولة، أقل من السابقة، يحدث انكسار للعينة أي تنفصل إلى جزأين

من المنحنى:

$\sigma_e$ : إجهاد المرونة.

$\sigma_r$ : إجهاد الانكسار.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 4-قانون هوك:

ليكن: $L_0$: الطول الابتدائي.
$L_0+\Delta L$: الطول بعد الشد.
$E$: ثابت المرونة الطولي.
بينت تجربة الشد أن سلوك القضيب تحت تأثير الحمولة يبين وجود علاقة خطية بين الإجهادات النظامية $(\sigma)$، والتشوه الطولي النسبي $(\varepsilon)$ حسب العلاقة:

$$\sigma=\varepsilon.E$$

تسمى هذه العلاقة بقانون هوك.
المعامل $(E)$ يختلف حسب الخصائص الفيزيائية للمادة ونحصل عليه تجريبيا، مثل:
الفولاذ: $E=(2\div2,1)10^6$ kg/cm²
الخرسانة: $E=(0,1\div0,4)\ 10^6$ kg/cm²
الخرسانة المسلحة: $E=(0,12\div0,44)\ 10^6$ kg/cm²

## 5-شرط المقاومة:

الإجهاد يناسب النقطة (A) في منحنى الشد ويسمى حد المرونة، وهو إجهاد المرونة الأقصى، لكي يكون العنصر مقاوما يجب أن لا يتجاوز الإجهاد الناتج عن الحمولة الخارجية حدا مسموحا به$(\overline{\sigma})$ دائما أقل من $(\sigma_e)$

$$\sigma\leq\overline{\sigma}$$

حيث: $\overline{\sigma}$: الإجهاد المسموح به.

**تطبيـــق:**

1-احسب إجهاد قضيب فولاذي ذو أبعاد $(30\times40)mm^2$ تحت تأثير قوة شد يساوي $(12t)$، ثم تحقق من شرط المقاومة علما أن: $(\overline{\sigma}=1440\ kg/cm^2)$.
2-احسب استطالة هذا القضيب، علما أن الطول الابتدائي يساوي $(5m)$، $(E=2,1\times10^6\ kg/cm^2)$.

**الحـــل:**

**1-حساب إجهاد القضيب:**

لدينا: $\sigma=\frac{N}{S}$

$$\Rightarrow\sigma=\frac{12000}{4\times3}=1000kg/cm^2$$

بما أن: $\sigma<\overline{\sigma}$

$$1000kg/cm^2<1440\ kg/cm^2$$

فإن شرط المقاومة محقق.

**2-حساب استطالة القضيب:**

نطبق قانون هوك: $\Delta L=\frac{L.N}{E.S}$

$$\Delta L=\frac{5000\times12000}{21000\times40\times30}=2,4mm$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# الشد البسيط Traction simple

## تمرين 01:

قضيب مستقيم ذو مقطع عرضي منتظم معرض لشد بسيط، مساحة مقطعه ($50mm^2$) وطوله ($5m$)، الاستطالة الكلية ($2mm$) وقوة ($40KN$)، أوجد معامل المرونة للمادة.

## تمرين 02:

قضيب دائري من الصلب من الفولاذ قطره ($6mm$) وطوله ($500mm$) ومثبت بصلابة في نهاية قضيب مربع من النحاس طول ضلعه ($25mm$) وطوله ($400mm$)، المحاور الهندسية للقضيبين تقع على خط واحد، تؤثر قوة شد مقدارها ($5KN$) عند أقصى نقطة من النهايتين.

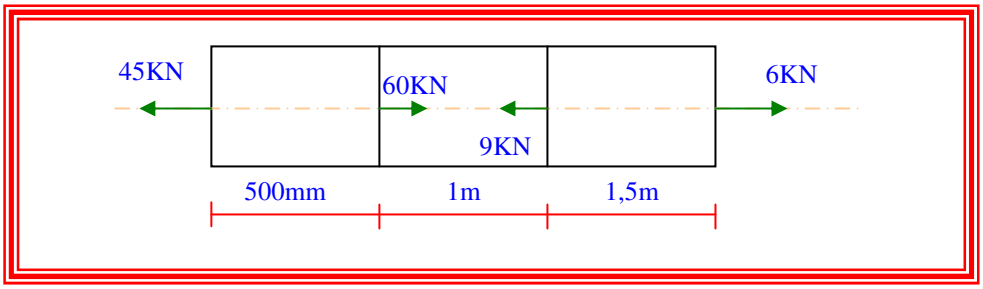
عين الاستطالة الكلية للمجموعة.

-الفولاذ: $E=2,0 \times 10^6 Kg/cm^2$

-النحاس: $E= 0,9 \times 10^6 Kg/cm^2$

## تمرين 03:

قضيب من النحاس له مقطع عرضي مساحته ($10^3 mm^2$) ومعرض لأحمال محورية، عين الاستطالة الكلية في القضيب.




$E=0,9 \times 10^6 Kg/cm^2$.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-هدف التجربة:

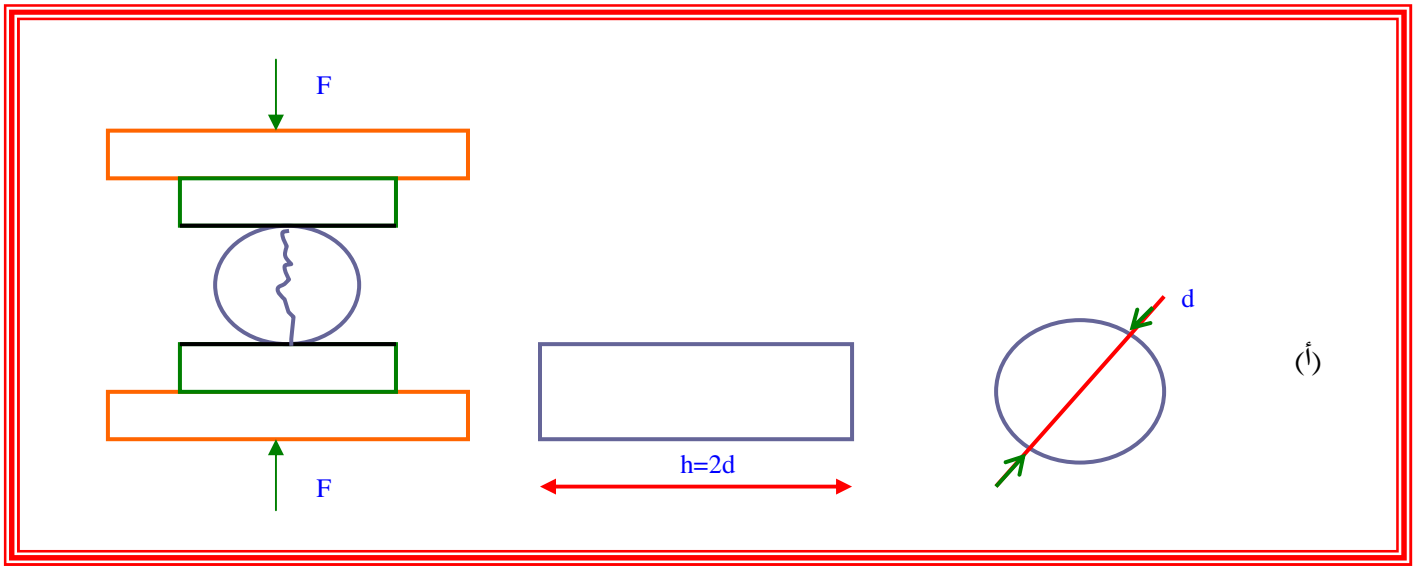
هو معرفة مقاومة شد الخرسانة.

## 2-طرق اختبار الشد:

توجد عدة طرق لإجراء تجربة الشد البسيط من بينها:

### -اختبار الشد عن طريق الصدع:

**الجهاز:** هو آلة ضغط.




**-الشكل 1-**

**المبـــــدأ:**

توضع العينة بين فكي آلة الضغط مع وضع بين المخبرة والفك قطعة من الخشب الرقيق ونجعل حمولة الانضغاط تتزايد ببطء بمقدار (0,5Bar) في كل ثانية حتى تتصدع العينة، وبالتالي نحصل على إجهاد الشد المناسب لها الانكسار.

**العينـــة:**

تجرى التجربة على مخبرات أسطوانية من الخرسانة $(22 \times 11)cm^2$ أو $(32 \times 16)cm^2$ (شكل -1-).

**حساب إجهاد الشد:**

-القوة التي تحدث الصدع: F

-المخبرة الأسطوانية

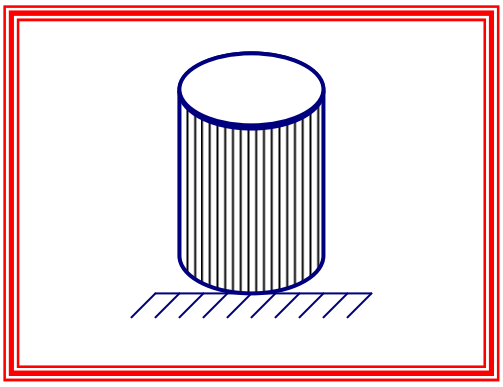
$$\sigma=\frac{20\times F}{\pi\times d\times h}$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

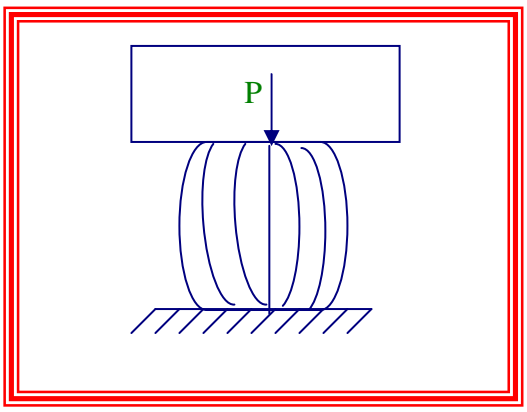
## نشـــــاط

لنأخذ جسم أسطواني مطاطي –الشكل 1–



–الشكل 1–

بعد ذلك نحمله بحمولة (P) –الشكل 2–




–الشكل 2–

## الأسئلة:

1–ما هي القوى المؤثرة في –الشكل 1– وماذا تلاحظ؟

2–ما هي القوى المؤثرة في –الشكل 2– وماذا تلاحظ؟

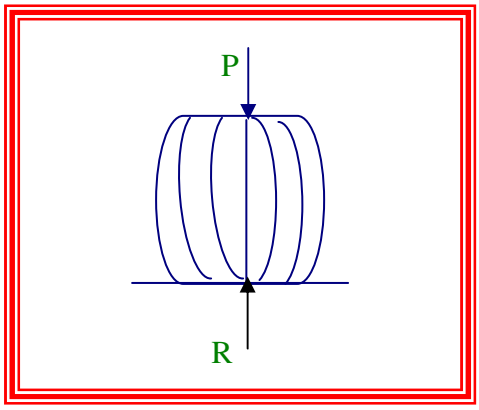
## 1-عموميـــــات:

لو عزلنا الجسم المطاطي، لرأينا أنه تقلص تحت تأثير قوتين متعاكستين. ويكون في حالة انضغاط بسيط، وبعبارة أخرى:

T=0
M=0
N≠0

**ملاحظة:**

لكن استقرار القطع المنضغطة يتعلق مبدئيا بالخصائص الهندسية للعنصر (انظر الفقرة 3).




-الشكل 3-

## 2-شرط المقاومة:

الإجهاد الناظمي، بمقتضى الفرضيات الأساسية بالنسبة للقطع القصيرة هو:

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

**الوحدة:** (Kg/cm²)

لابد من التحقق بأن المتراجحة: $\sigma \leq \bar{\sigma}$ محققة.

## 3-قانون هوك:

قانون هوك يبقى ساري المفعول في المجال المرن، وقيم حد المرونة $\sigma_e$ ومعامل المرونة الطولي E لا تتغير:

$$\sigma = -E.\varepsilon$$

تحت تأثير قوى الانضغاط، كمية المادة تبقى ثابتة، وتقلُّص القطع يؤدي إلى انتفاخها.

## 4-مثال تطبيقي:

قضيب معدني طوله $(L=110cm)$ يتلقى قوة انضغاط (N=80t) مقطعه دائري $(\phi=10cm)$.
أوجد الإجهاد الناظمي.

**الحـــل:**

-حساب الإجهاد الناظمي.

$$\sigma=\frac{N}{S}=\frac{80000\times4}{\pi.10^2}=1019kg/cm^2$$

# Compression simple الانضغاط البسيط

**تمرين 01:**

أحسب حمولة الانضغاط القصوى التي يمكن أن يتعرض لها قضيب مقطعه $(8 \times 24)cm^2$.

يعطى: $\bar{\sigma}=60kg/cm^2$

**تمرين 02:**

احسب إجهاد قضيب معدني قطره 10cm يتلقى قوة انضغاط P=70000kg.

**تمرين 03:**

أسطوانة مجوفة مصنوعة من الحديد الزهر، قطرها الخارجي 75mm وقطرها الداخلي (60mm) تتحمل جهد انضغاط محوري قدره 50KN.

أحسب:

- التقلص الكلي لطول 600mm.
- الإجهاد الناظمي الناتج عن هذا الجهد.
- علما أن ثابت المرونة: $E= 10^6 kg/cm^2$.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# Essai de compression تجربة الانضغـــاط

## 1-الهـــدف:

هو تحديد مقاومة الخرسانة للانضغاط بعد زمن محدد من إنجازها (7 أيام، 21 يوم، 28 يوم).

## 2-المبـــــدأ:

نطبق حمولة متزايدة حتى الانهيار على العينة، حيث المقاومة للانضغاط هي العلاقة بين حمولة الانهيار والمقطع المستعرض للعينة.

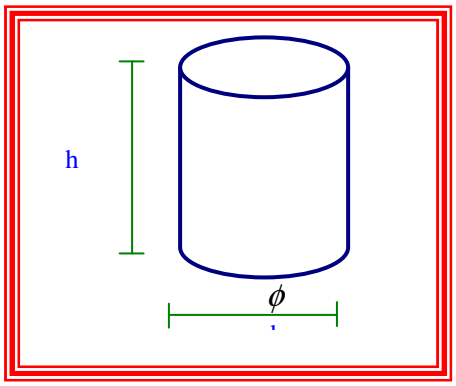
## 3-الأجهزة والمواد المستعملة:

-آلة الانضغاط.

-مخبرات أسطوانية الشكل $(\phi=16cm, h=2\phi)$

-مسحوق الكبريت:
- %62 كبريت
- %02 أسود دخان
- %36 الرمل الناعم.

-أدوات التسطيح مع جهاز التذويب.




-الشكل 1-

## 4-مراحل التجربة:

-إنجاز مخبرات خرسانية حسب المقادير تناسب مقاومة الانضغاط بعد 28 يوم $(f_{C28})$ المراد حصولها.

-تحضير مسحوق التسطيح.

-تسطيح وجهي المخبرة وذلك لجعل مساحة التماس بين وجهي المخبرة وفكي الآلة منتظمة.

-تطبيق قوة انضغاط على المخبرة بكيفية مستمرة ومنتظمة حتى تنكسر.

-القراءة على المؤشر الشاهد للآلة قيمة قوة الانضغاط.

## 5-حساب مقاومة الخرسانة للانضغاط:

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

حيث: $S$: سطح العينة وهو ثابت $(S=200cm^2)$ تحسب المقاومة كقيمة متوسطة للمخبرات.

## 6-مقـــارنة النتائج:

مثال على قيم مقاومة الخرسانة للانضغاط.

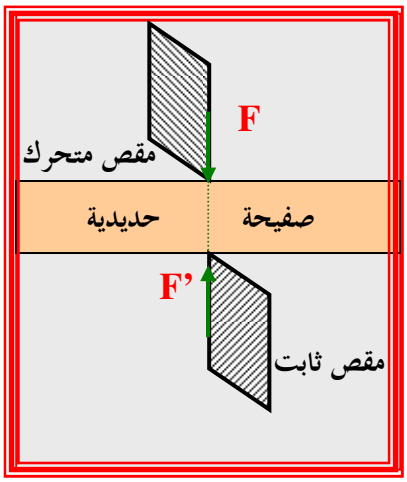
| قسم الإسمنت | 45-45R | | 55-55R | |
|---|---|---|---|---|
| شروط الصنع | شروط عادية للصنع | شروط عادية للصنع مع مراقبة ذاتية متابعة | شروط عادية للصنع | شروط عادية للصنع مع مراقبة ذاتية متابعة |
| $f_{C28}$ (20MPA) | 350 | 325 | 325 | 300 |

## نشـــــاط:

يمثل الشكل صفيحة حديدية بين فكي مقص.

إذا ضاعفنا القوتين (F) و (F')

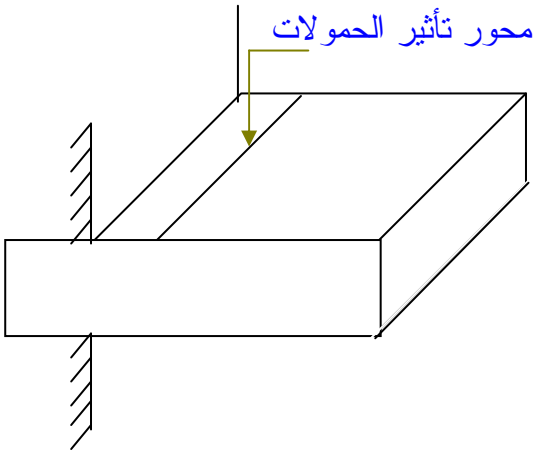
ماذا يحدث للصفيحة؟




الشكل -1-

# القص البسيط Cisaillement simple

## 1-عموميات:




الشكل -2-

لتكن رافدة مدمجة، تؤثر عليها حمولات قريبة من مقطع الاندماج، إذا ضاعفنا الحمولة فإننا نلاحظ مرحلة الانزلاق المرن ثم مرحلة الانزلاق غير المرن ليتبع بانفصال بالقص.

تكون رافدة تحت تأثير جهد قص بسيط إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة على يسار المقطع تؤول إلى جهد قاطع (T) وحيد.

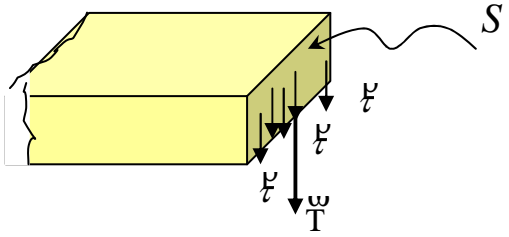
لدينا إذن:

$M=0$

$N=0$

$T\neq 0$

## 2-الإجهاد المماسي:




الشكل -3-

هو حاصل قسمة جهد القص على المساحة المؤثر عليها.

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

**الوحدة:** $Kg/cm^2$.

## 3-شرط المقاومة:

حتى لا يحدث تشوه للقطعة يجب أن يتحقق شرط المقاومة:

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

$\overline{\tau}$ : الإجهاد المقبول.

## قانون هوك:

نفترض أنه يحدث للمقطع انزلاق (شاقولي) في مستواه الخاص، ومن قانون هوك فإن الإجهادات متناسبة مع الانزلاقات، وبالتالي:

$$\tau = G \times \gamma$$

$G$: معامل المرونة العرضي.

$\gamma$ : زاوية الانزلاق أو القص بالراديان.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

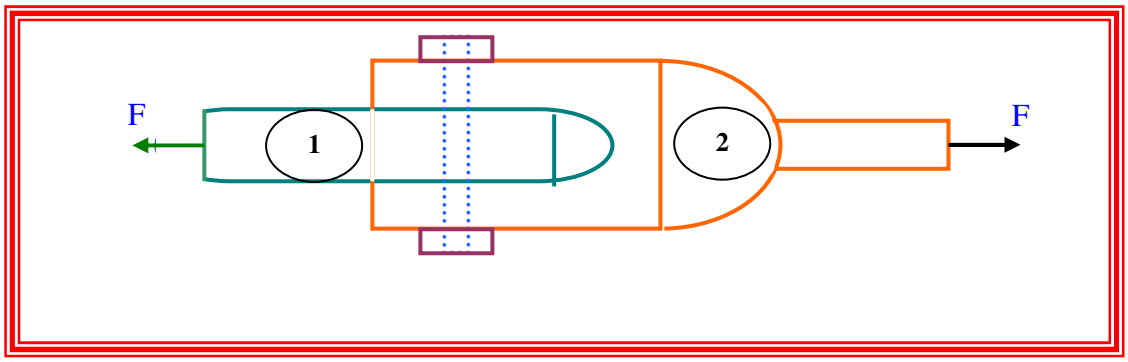
**ملاحظة:** معامل المرونة العرضي يبين قابلية المادة لمقاومة تشوهات القص، ويختلف باختلاف المادة، مثل: الفولاذ: $G=0,8.10^{6}Kg/cm^{2}$.

**تطبيـــق:**

احسب القطر الضروري للبرغي الذي يربط العنصرين (1) و(2) بأمان.

مع العلم أن: $F=30KN$

$\bar{\tau}=1000kg/cm^{2}$




**الشكل –4–**

$$\tau\leq\bar{\tau}$$

$$\frac{F}{2S}\leq\bar{\tau}$$

$$S\geq\frac{F}{2\tau}$$

$$S\geq\frac{30}{2\times1000}$$

$$S\geq1,5cm^{2}$$

$$S=\pi\frac{d^{2}}{4}$$

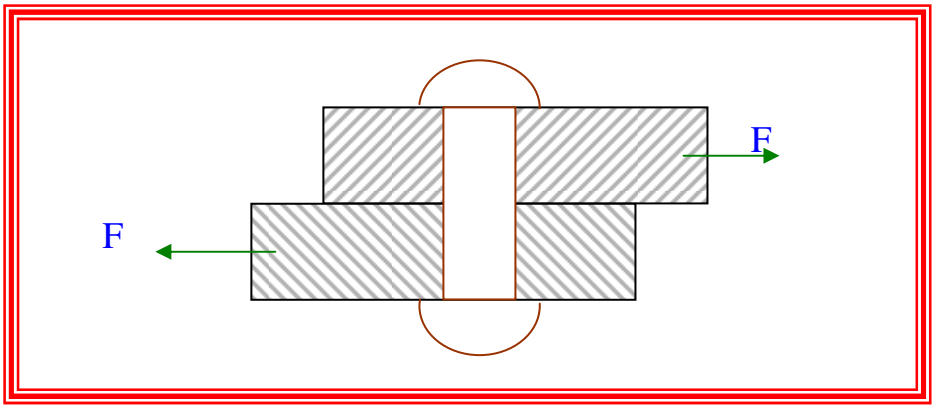
$$d\geq1,38cm$$

ومنه نختار: $d=14mm$.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## تمرين 01:

لوصل صفيحتين من الألومنيوم، نستعمل مسمار برشام قطره (20*mm*).

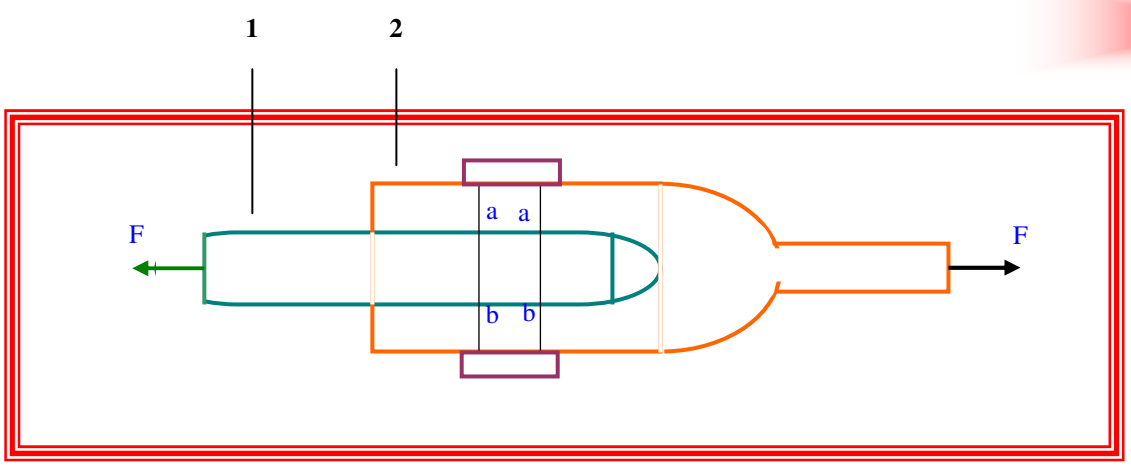



-إذا كانت F=50KN احسب الإجهاد المماسي.
-إذا كان: $G=0,3 \times 10^6$ Kg/cm²، احسب زاوية القص $\gamma$.

## تمرين 02:

إذا كان القص في قطعة من صلب الإنشاء يساوي $\tau=10^3 kg/cm^2$.
أوجد: زاوية القص علما أن معامل المرونة العرضي $G=0,1 \times 10^6 kg/cm^2$.

## تمرين 03:




للوصل بين عنصرين (1) و(2) نستعمل مسامسير، حيث القوة (F=30KN) وقطر المسمار (10mm).
-أحسب القيمة المتوسطة لإجهاد القص الموجود عبر أي من المستويين (a-a) أو (b-b).


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# Essai de cisaillement تجربـــة القص

## 1-عموميات:

للوصول إلى دراسة دقيقة لاستقرار الأساسات السطحية أو العميقة والجدرات الساندة وتربة الردم والمنحدرات... نلجأ إلى معرفة مقاومة التربة المقاسة تجريبيا ونظريات الانقطاع (تحديد وسائط اللدونة $(C)$ و$(\varphi)$) ولتحديد مقاومة التربة للقص، توجد عدة اختبارات مثل الانضغاط البسيط، القص بالعلبة والانضغاط ثلاثي الأبعاد...، ويكون ذلك حسب نوعية التربة.

هناك تجارب ميدانية وأخرى في الورشة مكملة لها.

إن تجربة القص المباشر تحدد لنا تلاحم التربة وزاوية الاحتكاك الداخلي، هذه الوسائط تساعدنا في الحساب التطبيقي لإجهادات تربة الأساسات، ودفع التربة.

## 2-هدف التجربة:

تجربة القص البسيط هي تجربة مقاومة، تهدف إلى دراسة سلوك تربة اتجاه الانقطاع بتحديد $(C)$ و$(\varphi)$، هاتين الخاصيتين ضروريتان لتحديد قدرة تحمل تربة والتحقق من استقرار أساس.

## 3-مبدأ التجربة:

نحسب أولا الحمولات التي نريد تطبيقها على العينة حسب الإجهاد المرتقب.

نضع العينة في خلية التجربة ونطبق جهد الانضغاط.

نشرع في التجربة، ونصف العلبة السفلي يتنقل قاصا التربة في مستو محدد جيدا.

نواصل التجربة إلى غاية الانهيار أي أن المنحنى (T) يصل إلى الذروة ثم يتقلص.

نعيد التجربة عدة مرات بمختلف التحميلات.

## 4-استغلال النتائج:

باستعمال الإجهادات المماسية للانهيار في مختلف حالات التحميل، نستطيع رسم منحنى $\tau(\varphi,C)$: $\tau = tg\,\varphi + C$

بواسطة $(C,\varphi)$ والوثائق التقنية نستطيع حساب قدرة تحمل تربة ثم حساب أبعاد الأساسات السطحية.

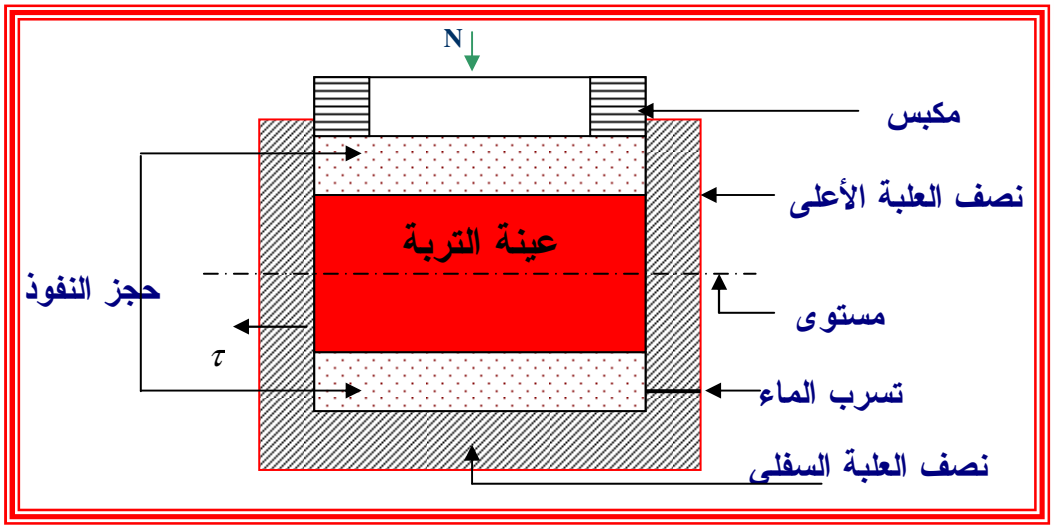
-بالنسبة للتربة:

$\varphi = 35°$ à $45°$ $\qquad$ $C = 0,$

-قدرة تحمل رمل: $0,6\text{-}1,5\ MP_a$ $\qquad$ حيث: $\tau$: إجهاد القص

## 6-التجـــربة:

**الجهـــاز:** علبة القص.




-الشكل 1-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## المراحـــل

-نضع عينة التربة بين نصفي العلبة.
-نسلط بالمكبس على العينة، جهد معلوم (N).
-يسحب النصف السفلي للعلبة أفقيا بسرعة تنقل ثابتة ومراقبة.
-تقص العينة وفق مستو مفروض، تبعا لتطبيق الجهد الناظمي (N) والإجهاد المماسي (T) المعلومين.

**ملاحظة:** تكرر التجربة عدة مرات بقيم مختلفة للإجهاد الناظمي (عموما ثلاثة أو أربعة).

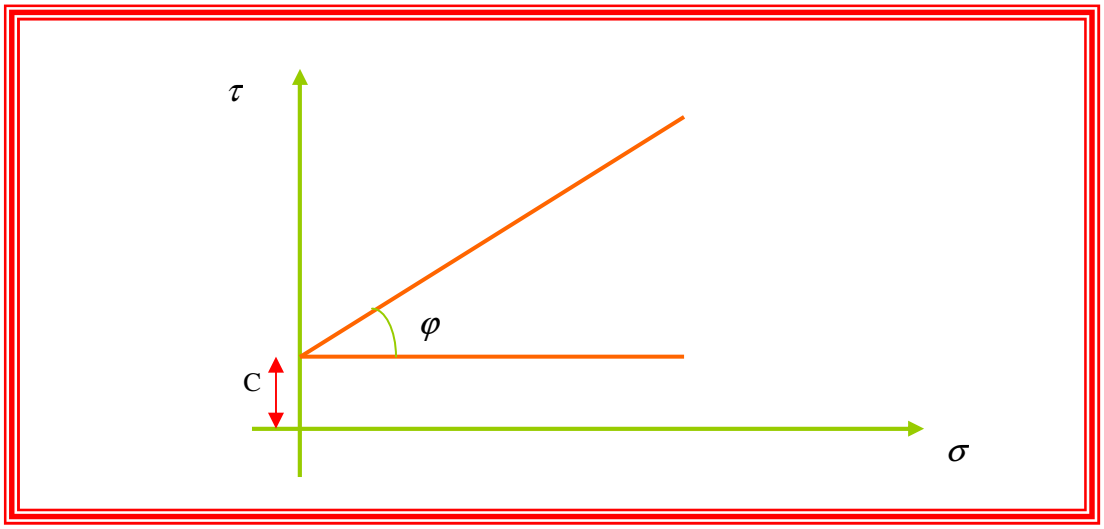
## 7-القياس:

نقيس الإجهاد الناظمي: $\left(\sigma = \frac{N}{A}\right)$

والإجهاد المماسي: $\left(\tau_{max} = \frac{T_{max}}{A}\right)$

حيث: N: ثابت، و T: متغير.

ونستطيع كذلك قياس معامل الالتحام وزاوية الاحتكاك للتربة.




-الشكل 2-

**نشـــــاط:**



**الشكل –1–**

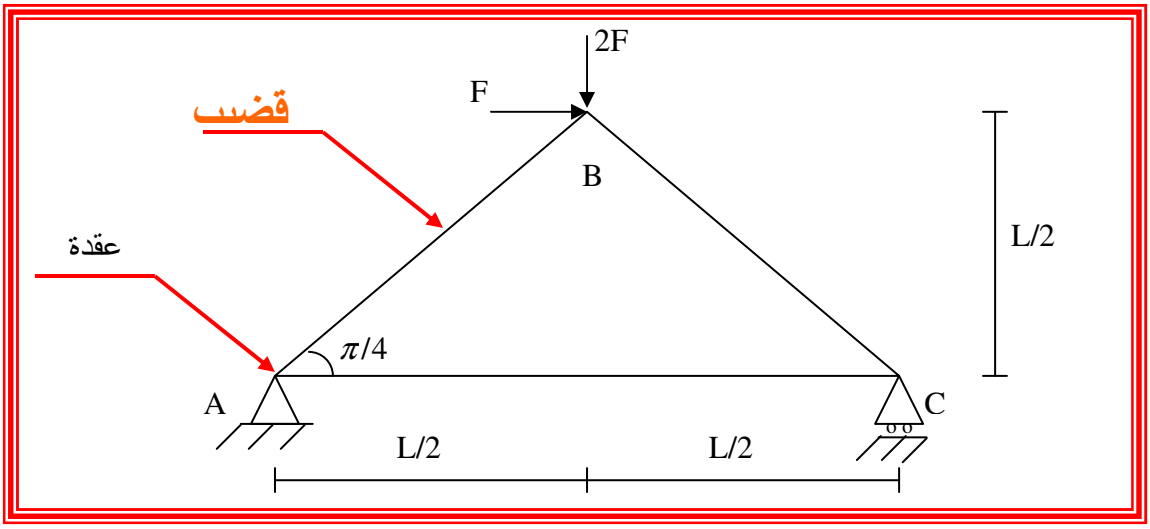
إذا أردنا إنجاز قاعة رياضة ذات أبعاد $(80 \times 60)m^2$ وكانت الروافد خرسانية، فكم تكون أبعادها إذا أخذنا بالعلاقة $\left(h=\frac{L}{10}\right)$.

–ماذا تلاحظ؟

–من خلال زيارتك للقاعات الكبرى مثل الرياضية ماذا تلاحظ؟

## 1-تعريف:

الأنظمة المثلثية هي شبكة متكونة من قضبان مستقيمة (b) تكوّن مثلثات متتالية تلتقي في نقاط تدعى العقد (n).




-الشكل 2-

## 2-فرضيات:

-القوى المؤثرة على النظام المثلثي هي قوى مركزة تؤثر في العقد.
-يهمل الوزن الخاص للقضبان.
-تعتبر العقد عبارة مفاصلا.
-ينتج عن القوى الخارجية عند العقد قوى داخلية محورية في القضبان.

## 3-حساب الجهود الداخلية:

من الطرق المستعملة في حساب الجهود الداخلية طريقة العقد (الطريقة التحليلية).

### 3-1-المبدأ:

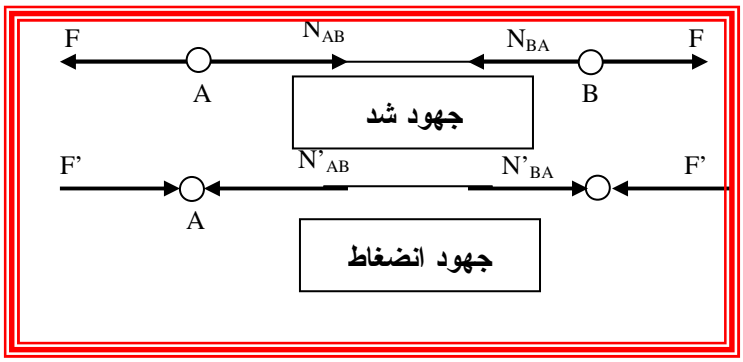
تعتمد هذه الطريقة على دراسة كل عقدة بعد عزلها ودراستها كجسم حر، تؤثر فيه قوى محورية داخلية والقوى الخارجية، وذلك بتطبيق معادلات التوازن.

### 3-2-طريقة الحساب:

لحساب الجهود الداخلية نتبع الخطوات التالية:

-التأكد من أن النظام محدد سكونيا بتطبيق العلاقة: $b=2n-3$.
-حساب ردود الفعل في المسندين.
-عزل العقدة الأولى بحيث تحتوي على مجهولين على الأكثر (قضيبين على الأكثر)، لأننا لا نستطيع كتابة أكثر من معادلتين (الإسقاط على س س' والإسقاط على ع ع') وإبراز الجهود المحورية داخل القضبان.
-كتابة معادلة التوازن ثم الإسقاط.

-استنتاج طبيعة القوى (شد، انضغاط أو معدومة) (شكل 3).
-تدوين النتائج في جدول.




**-الشكل 3-**

## 3-3-حساب مساحة المقطع العرضي للقضبان:

بما أن جميع القضبان في الأنظمة المثلثية تكون إما تحت تأثير الشد أو الانضغاط، فإننا نستعمل شرط المقاومة لتحديد مساحة المقطع.

نضع: $\sigma=\frac{N}{S}$

حيث: N: الجهد المحوري (شد أو انضغاط)

$S$: مساحة المقطع.

$\sigma$: الإجهاد الناظمي.

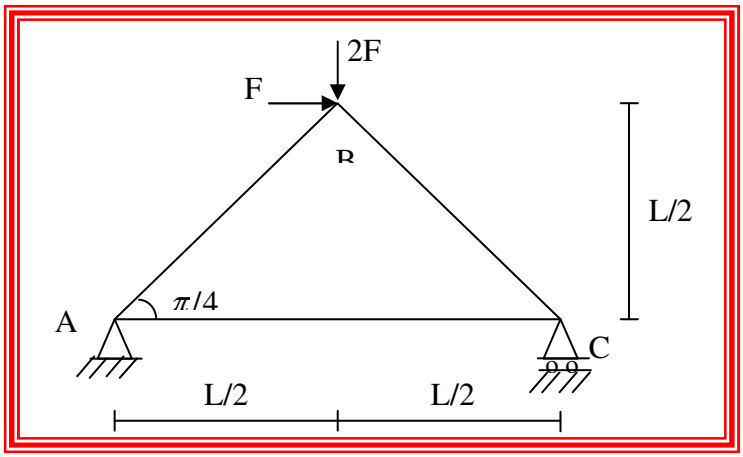
ثم نكتب شرط المقاومة: $\overline{\sigma}\geq\frac{N}{S}$

ومنه: $S\geq\frac{N}{\overline{\sigma}}$

**تطبيـــق:** يمثل الشكل رافدة مثلثية لمستودع صناعي.

**المطلوب:**

أوجد الجهود الداخلية باستعمال الطريقة التحليلية.




**الشكل -4-**

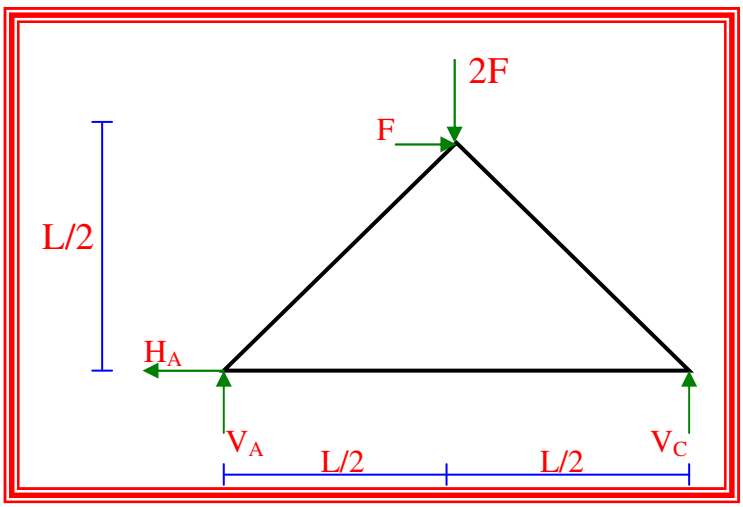
**الحل:**

-نتأكد من كون النظام محدد سكونيا:

-n=3، b=3.

-2n-3=2 x 3- 3 = 3.

-النظام محدد سكونيا




**الشكل -5-**


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ثم نحسب ردود الفعل.

$$\sum F_{ext/x}=0 \Rightarrow H_A-F=0 \qquad H_A=F.....(1)$$
$$\sum F_{ext/y}=0 \qquad \Rightarrow V_A+V_C-2F=0.....(2)$$
$$\sum M/_A=0 \quad \Rightarrow L.V_C-\frac{1}{2}.2F=0$$
$$\Rightarrow V_C=\frac{L.2F}{2.L}=F$$

de (2) $V_A=2F-V_C=2F-F=F$

نعزل كل عقدة، ونطبق المبدأ الأساسي لعلم السكون:

**توازن العقدة (A):**

نكتب معادلات التوازن للعقدة:

$$Y_A+N_{AB}.\sin\frac{\pi}{4}=0 \quad ، \quad X_A+N_{AC}+N_{AB}.\cos\frac{\pi}{4}=0$$

لدينا:

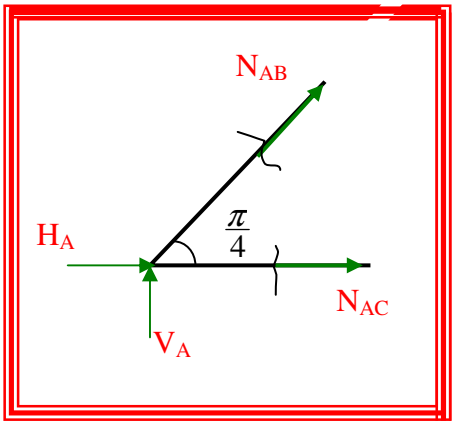
$$\sin\frac{\pi}{4}=\cos\frac{\pi}{4}=\frac{1}{\sqrt{2}}$$

نتحصل على النتائج التالية:

$$N_{AB}=-\frac{F}{\sqrt{2}} \quad ، \quad N_{AC}=+\frac{3}{2}F$$

استنتاج: -القضيب (AB) يكون تحت تأثير الانضغاط.

-القضيب (AC) يكون تحت تأثير الشد.



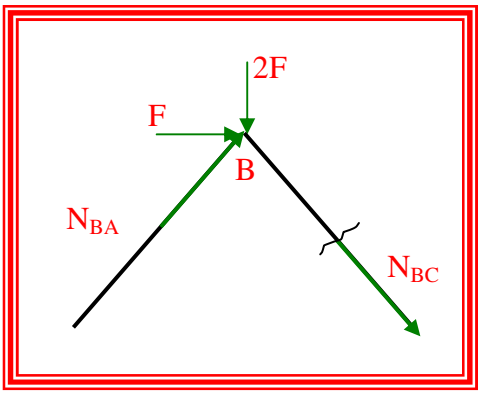

الشكل -6-

**توازن العقدة (B):**

نكتب معادلات التوازن للعقدة:

$$F+N_{BA}.\cos\frac{\pi}{4}+N_{BC}.\cos\frac{\pi}{4}=0 \quad ، \quad \Rightarrow N_{BC}=\frac{-F-N_{BA}.\cos\frac{\pi}{4}}{\cos\frac{\pi}{4}}=-\frac{3}{\sqrt{2}}F$$

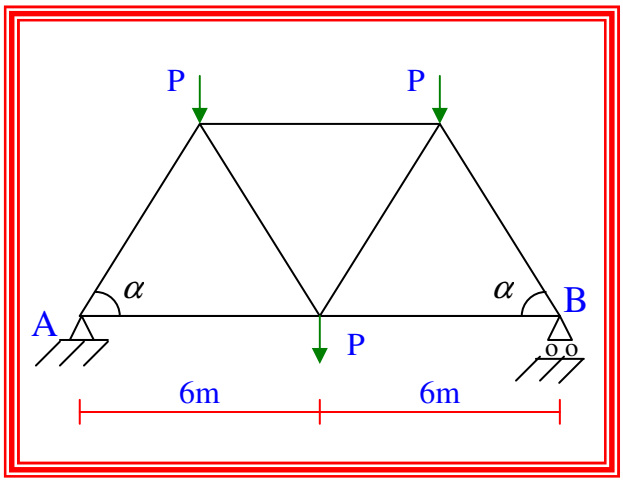
**استنتاج:** -القضيب (BC) تحت تأثير الانضغاط




الشكل -7-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## تمرين 01:

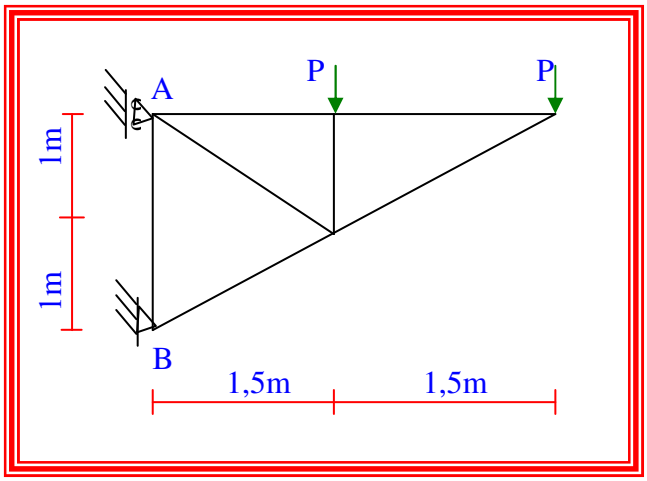



الشكل –8–

ليكن النظام المثلثي التالي:
1–تأكد من كون النظام محدد سكونيا.
2–احسب ردود الفعل في المسندين.
3–احسب الجهود الداخلية، وعين طبيعتها.

P=5t, $\alpha$=45°

## تمرين 02:

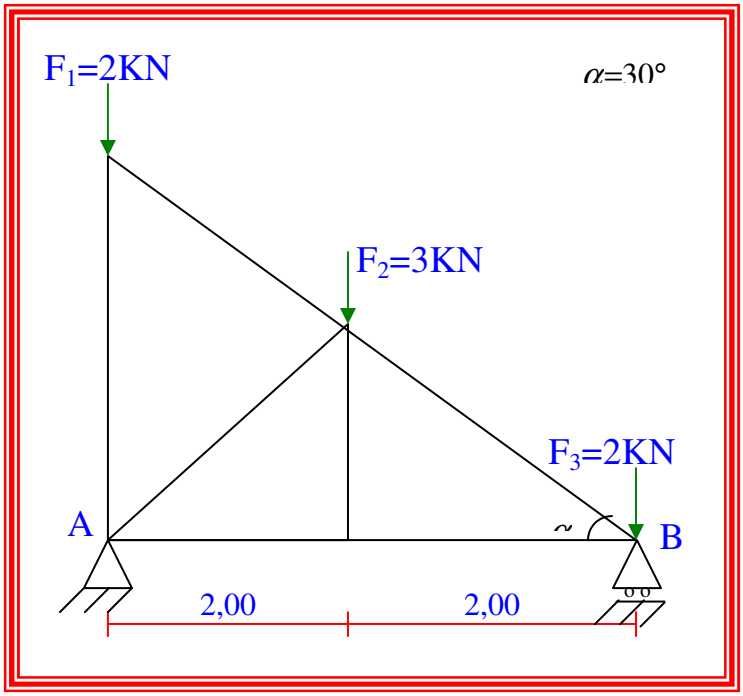



الشكل –9–

ليكن النظام المثلثي التالي:
1–تأكد من كون النظام محدد سكونيا.
2–احسب ردود الفعل في المسندين.
3–احسب الجهود الداخلية.

P= 2t

## تمرين 03:



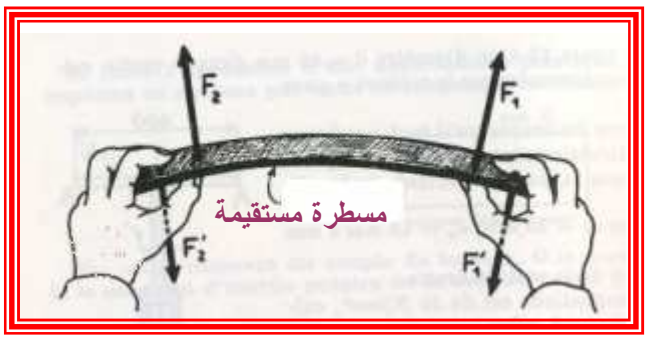

الشكل –10–

ليكن النظام المثلثي التالي:
1–تأكد من كون النظام محدد سكونيا.
2–احسب ردود الفعل في المسندين.
3–احسب الجهود الداخلية وبين طبيعتها.
4–احسب المقطع العرضي للقضيب الأكثر تحميلا
علما أن: $\overline{\sigma}=1440kg/cm^2$

## نشـــــــاط

لو أخذنا مسطرة وعرضناها لعزمين متساويين متعاكسين كما هو موضح في الشكل، ثم جعلنا العزم يتضاعف.

ماذا تلاحظ؟

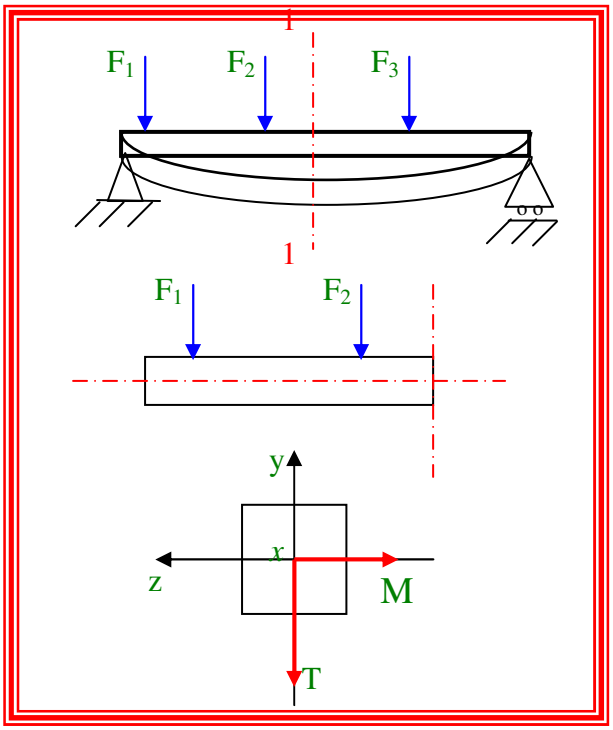



-الشكل 1-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-تعريـــــف:

تكون رافدة معرضة للانحناء البسيط المستوي، إذا اختزلت مجموعة القوى الداخلية المؤثرة على يسار المقطع (1-1) للرافدة في مركز الثقل إلى عزم الانحناء وجهد قاطع.




الشكل 2-

$N = 0$

$T \neq 0$

$M_f \neq 0$

$M_t = 0$

حيث: N: القوة النظامية

T: قوة القص

$M_F$: عزم الانحناء

$M_t$: عزم الالتواء

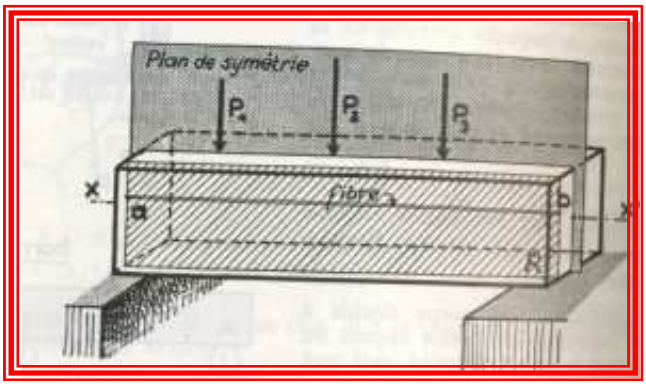
## 2-فرضيات الانحناء البسيط المستوي:

### 2-1-فرضيات حول الجسم الصلب:

- الرافدة تقبل مستوى التناظر.

- الرافدة مكونة من ألياف متصلة موازية للمحور (xx').

-الرافدة تقبل مستوي التناظر.




الشكل 3-

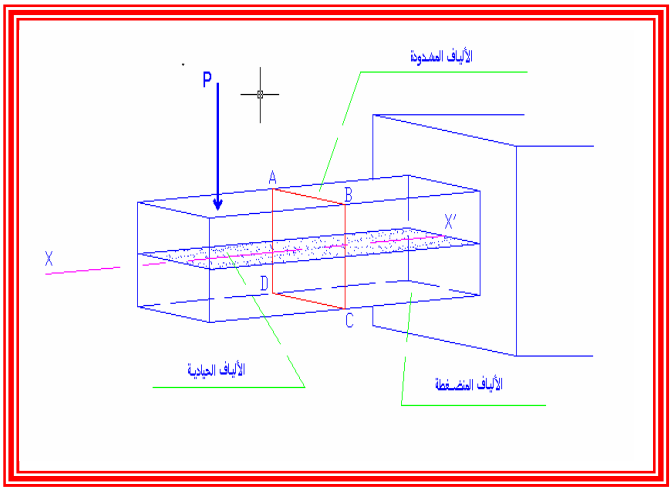
### 2-2-فرضيات حول القوى:

-القوى تؤثر على مستوى التناظر.

-تكون القوى متعامدة مع المحور (xx') ولهذا يسمى بالانحناء البسيط.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

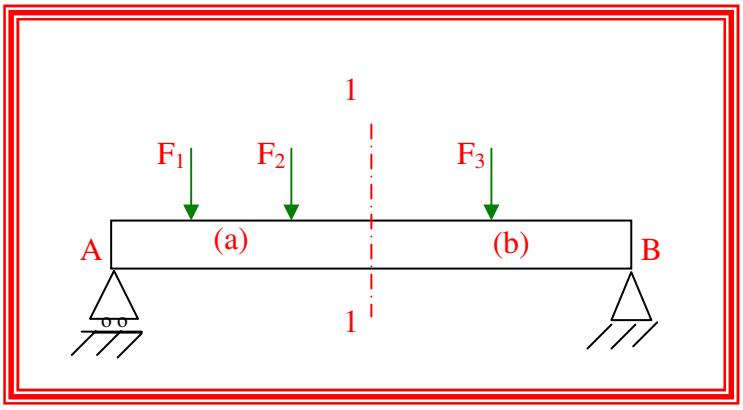
## 2-3-فرضيات حول التشوهات:




-التشوهات مرنة وجد صغيرة بحيث لا تغير قيمة القوى ولا نقاط التأثير.
-كل ليفة (ab) تنتمي إلى المستوي الموازي للمستوي التناظر تبقى في هذا المستوى أثناء التشوه ولهذا سمي بالانحناء المستوي.
-المقاطع المستقيمة للرافدة مثل (ABCD) تبقى مستوية ومتعامدة مع المحور ($xx'$) المنحني.

-الشكل 4-

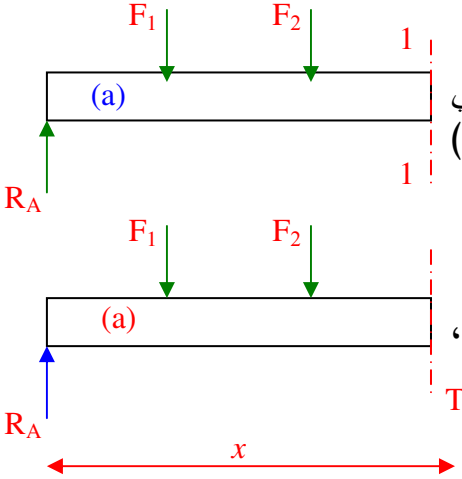
## 3-معادلات الجهد القاطع:




لتكن رافدة (AB) ترتكز على مسندين (A: مسند بسيط، B: مسند مزدوج) محملة بقوى خارجية كما هو موضح في الشكل.

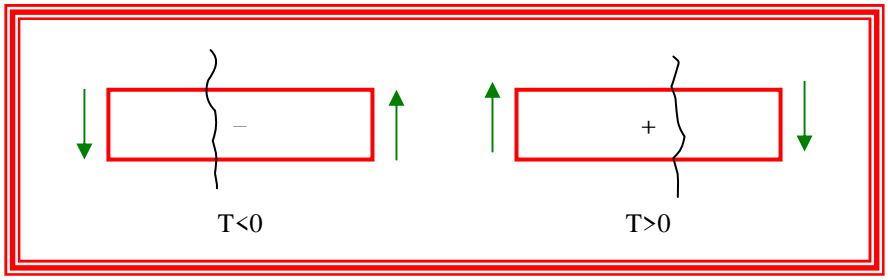
-الشكل 5-

باستعمال طريقة المقاطع، نهمل الجزء (b) وندرس الجزء (a).
لكي يكون الجزء (a) في توازن، يجب تعويض تأثير الجزء (b) عليه.
بما أننا في الانحناء البسيط المستوي، والقوى المطبقة على الرافدة واقعة في مستوى واحد، فإنه يمكن تعويض القوى الداخلية الموزعة على المقطع (1-1) بالنسبة لمركز الثقل بقوة وعزم انحناء.

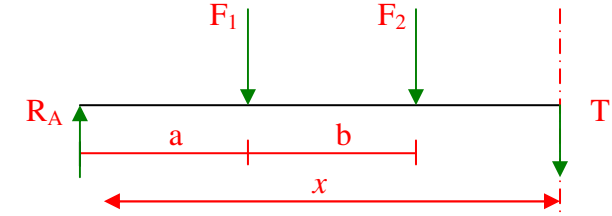



لندرس القوة أولا:
T: قوة تؤثر في مستوي القطع، تدعى الجهد القاطع.
لتحديد قيمة (T)، فإنه من الضروري معرفة القوى المحصلة عند هذا المقطع، وإسقاطها المقطع (1-1) يبعد بمسافة ($x$) عن الحاقة اليسرى للرافدة.
نحصل على (T) عندما نعدم مجموع إسقاطات القوى المؤثرة على الجزء (a).
نصطلح قبل ذلك على الإشارات.

**الإشارات:** نصطلح على أن الإشارات تكون كالتالي:
يقال عن القوة التي تؤول إلى قص الجزء الأيسر من الرافدة إلى أعلى بالنسبة للجزء الأيمن أنها تحدث جهد قاطع موجب.




الشكل 6-




$\sum F_y=0 \Rightarrow V_A-F_1-F_2-T=0$ : $(a+b)\le x\le L$

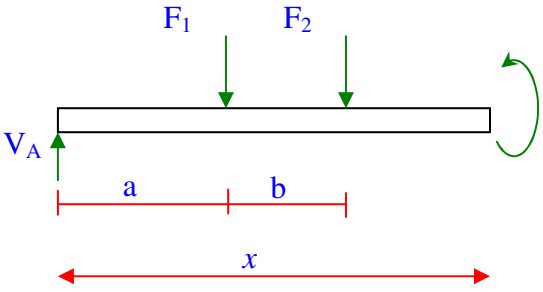
$\Rightarrow T=V_A-F_1-F_2$

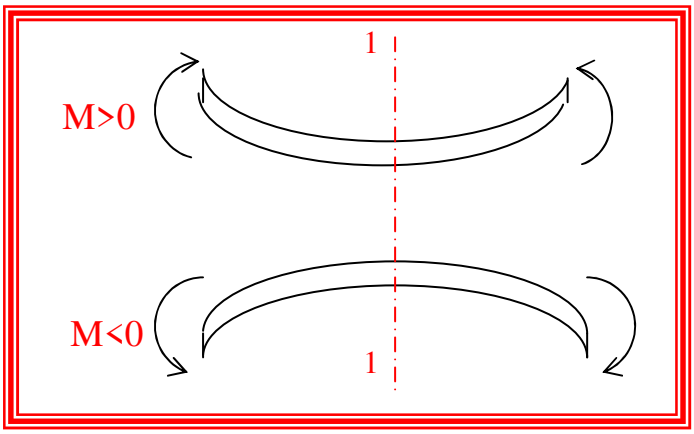
## 4-معادلات عزم الانحناء:

لنأخذ الرافدة السابقة، ونستعمل طريقة المقاطع، نتحصل على:

لتحديد عزم الانحناء، نضع مجموع عزوم القوى المؤثرة على الجزء (a) مساويا للصفر بالنسبة لمستوى القطع، نصطلح قبل ذلك على M الإشارات:

يقال عن القوة التي تؤول إلى ثني الرافدة بحيث تتقعر إلى أنها تحدث عزم انحناء موجبا، أو بطريقة أسهل، القوى المتجهة إلى أعلى تحدث عزم انحناء موجبا والقوى التي تتجه إلى أسفل تحدث عزم انحناء سالبا.



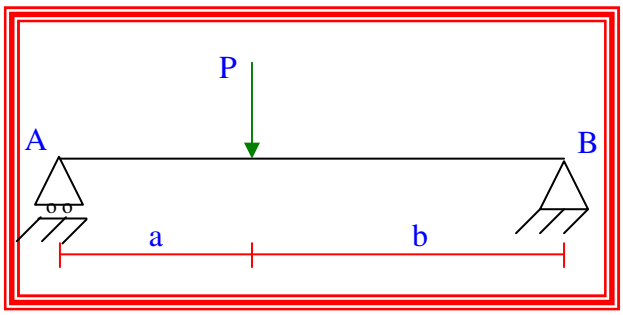

$(a+b)\le x\le L$:

$\sum M=0 \Rightarrow \quad R_A.x-F_1(x-a) \quad -F_2(x-a-b)-M=0$

$\Rightarrow M=R_A.x-F_1(x-a)-F_2(x-a-b)$

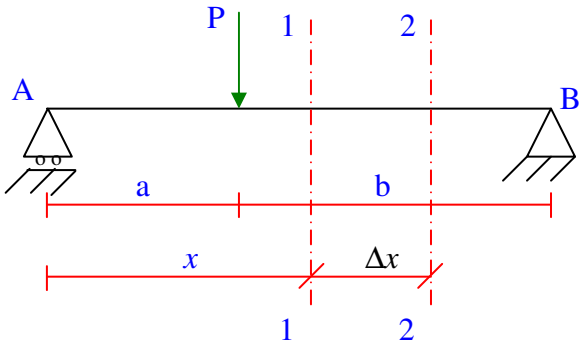
الشكل 7-

## 5-العلاقة بين الجهد القاطع وعزم الانحناء:




لتكن الرافضة (AB) ترتكز على مسندين (A: مسند بسيط و B: مسند مزدوج) يؤثر عليها ثقلا مركزا (P).

الشكل 8-




لندرس تغيرات عزم الانحناء والجهد القاطع بين مقطعين جد متقاربين.

نحسب عزم الانحناء في المقطع (1−1) الذي فاصلته $(x)$، فنجد:

$$M=V_A.x-P(x-a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

ثم نحسب عزم الانحناء في المقطع (2−2) الذي فاصلته $(x+\Delta x)$، فنجد:

$$M+\Delta M=V_A(x+\Delta x)-P(x+\Delta x-a) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

لنطرح المعادلة (1) من (2)، فنحصل على مقدار تغير عزم الانحناء:

$$M+\Delta M-M=V_A(x-\Delta x)-P(x+\Delta x-a)-V_A.x+P(x-a)$$

$$\Delta M=V_A.\Delta x-P.\Delta x=(V_A-P).\Delta x=\Delta x.T \quad \Rightarrow \quad \boxed{T=\frac{\Delta M}{\Delta x}}$$

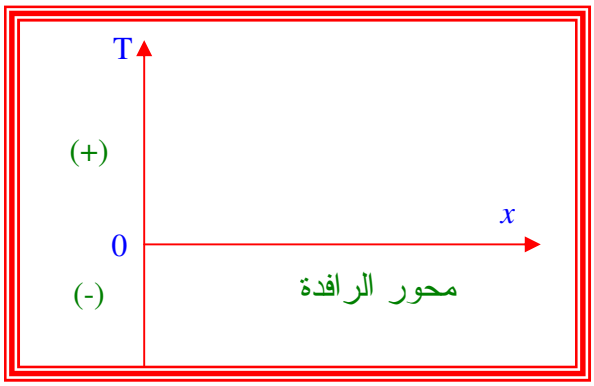
تمثل قوة الجهد القاطع معدل تغير عزم الانحناء بالنسبة إلى المسافة $(x)$، أي أن الجهد القاطع يمثل مشتق عزم الانحناء بالنسبة للمتغير $(x)$.

## 6-المنحنيات البيانية للجهد القاطع وعزم الانحناء:

يمثل الجهد القاطع وعزم الانحناء برسومات بيانية تسمى بمخططات الجهد القاطع وعزم الانحناء، حيث تمثل التغيير في أي مقطع على مدى طول الرافدة .

### مخطط الجهد القاطع (T):

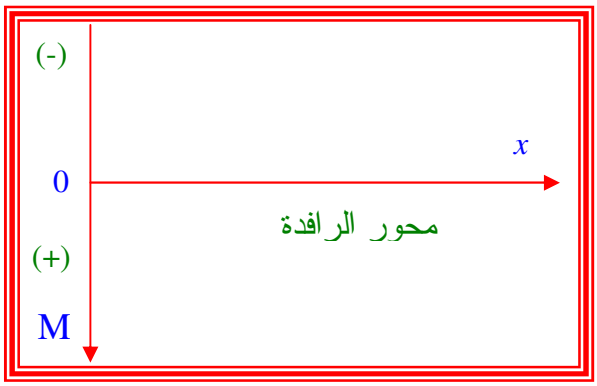
تمثيل مخطط الجهد القاطع في معلم متعامد، يكون فيه اتجاه الجزء الموجب من محور التراتيب من الأسفل إلى الأعلى




الشكل 9-

### مخطط عزم الانحناء (M):

تمثيل مخطط عزم الانحناء في معلم متعامد، يكون فيه اتجاه الجزء الموجب لمحور التراتيب من الأعلى إلى الأسفل.




الشكل 10-

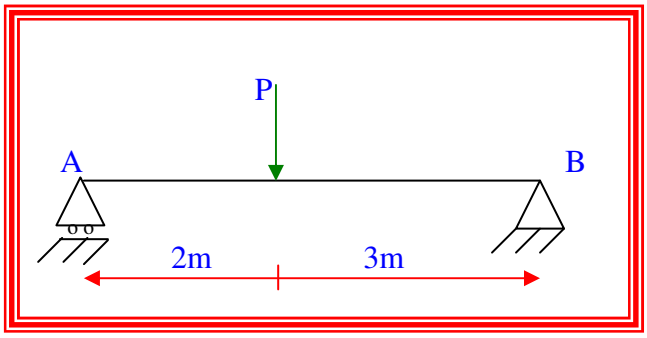

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**تطبيـــق:**

لتكن الرافضة (AB) ترتكز على مسندين (A: مسند بسيط، و B: مسند مزدوج) يؤثر عليها ثقلا مركزا (P=20KN).

**المطلوب:**

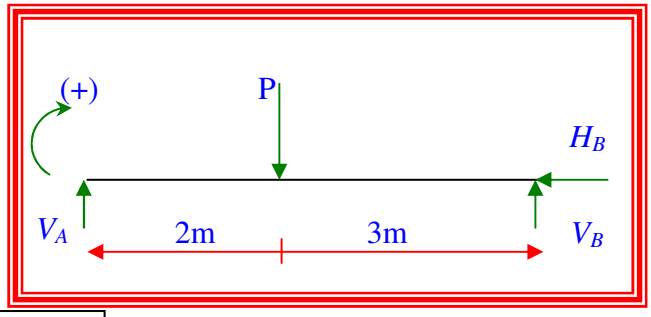
1-احسب ردود الفعل.
2-اكتب معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء.
3-ارسم منحياهما.




الشكل 11-

**الحـــــل:**

**1-حساب ردود الفعل:**




$\sum F_{xx'}=0 \Rightarrow H_B=0$

$\sum M/_A=0 \Rightarrow P\times 2-V_B\times 5=0$

$\Rightarrow V_B=\frac{P\times 2}{5}=\frac{20\times 2}{5}=8KN$

$\sum M/_B=0 \Rightarrow V_A\times 5-P\times 3=0$

$\Rightarrow V_A=\frac{P\times 3}{5}=\frac{20\times 3}{5}=12KN$

$\sum F_{yy'}=0 \Rightarrow V_A-P+V_B=0 \Rightarrow$ 12-20+8=0

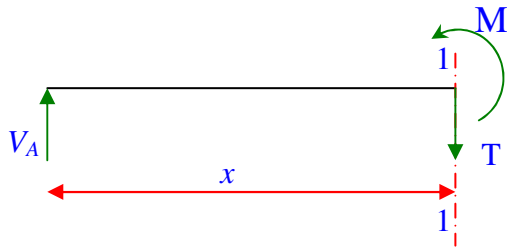
**التحقيق:**

إذن الحل صحيح.

**2-معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء:**

من خلال شكل الرافدة ، نلاحظ أنه يجب إحداث مقطعين (1-1) و (2-2).

**المقطع (1-1):** $0\le x\le 2$




$\sum F_y=0 \Rightarrow V_A-T=0$

$\Rightarrow T=V_A=12KN$

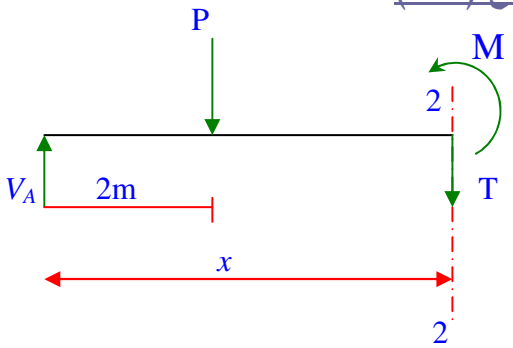
$\sum M/_1=0 \Rightarrow V_A.x-M=0$

$\Rightarrow M=V_A.x$

$x=0 \quad \Rightarrow M=12\times 0=0$

$x=2 \quad \Rightarrow M=12\times 2=24KN.m$

**المقطع (2-2):** $2\le x\le 5$




$\sum F_y=0 \Rightarrow V_A-P-T=0 \quad \Rightarrow T=V_A-P$

$\Rightarrow 12-20=-8KN$

$\sum M/_2=0 \Rightarrow V_A.x-P(x-2)-M=0$

$\Rightarrow M=V_A.x-P(x-2)$

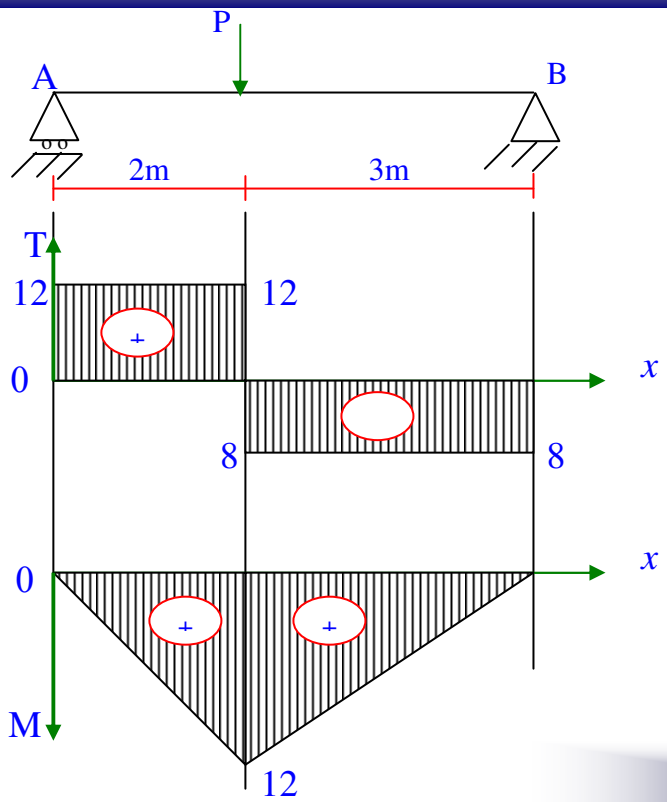
$x=2 \quad \Rightarrow M=12\times 2-20(2-2)$

$=24KN.m$

$x=5 \quad \Rightarrow M=12\times 5-20(5-2) \quad =0$

**3-المنحنيات:**

بالاعتماد على معادلات وقيم (T) و(M) في المقطعين نرسم منحنى (T) و(M):




## 7-الإجهادات:

إن حساب الإجهادات لقطعة مستوية من العناصر الضرورية والواجب معرفتها في مقاومة المواد (عناصر المنشآت).

### 7-1-الإجهاد الناظمي:

إذا اخضعنا رافدة للانحناء البسيط المستوي، فإنها تتشوه مكونة بذلك منطقتين:

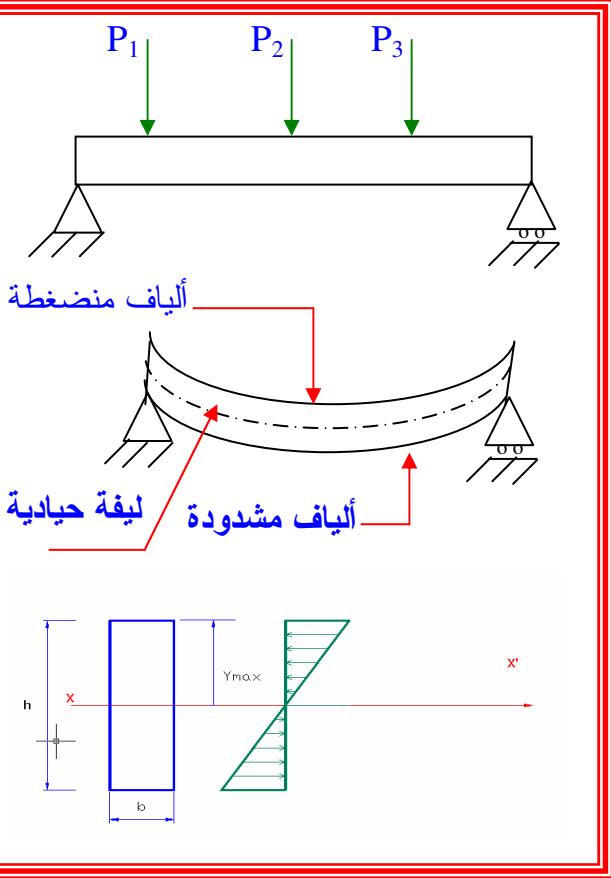
منطقة منضغطة وأخرى مشدودة، يفصلهما حد يسمى المحور الحيادي، ينشأ عن هذا إجهاد ناظمي للشد وآخر للانضغاط.

ويعطى الإجهاد الناظمي بالعلاقة التالية:

$$\sigma = \frac{M}{\frac{I_{xx'}}{y}}$$

Y: هو المسافة بين المحور الحيادي والنقطة المراد حساب الإجهاد فيها.

$I_{xx'}$: غزم عطالة المقطع بالنسبة للمحور (x,x') (المحور الحيادي).




الشكل 12-

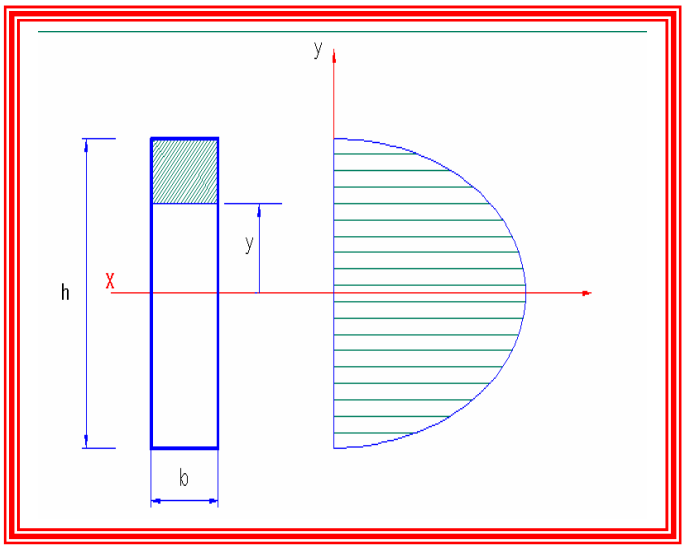

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

### 7-1-1-الإجهاد الناظمي الأعظمي:

$$\sigma_{max}=\frac{M_{max}}{\frac{I_{xx'}}{y_{max}}}$$

شرط المقاومة: إن تحقيق المقاومة للانحناء يتم بتحديد المقطع الخطر الذي يخضع للإجهاد الأعظمي ($\sigma_{max}$)، بحيث:

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




### 7-2-الإجهاد المماسي:

لنأخذ جزء من رافدة يخضع لجهد قاطع (T)

يعطى الإجهاد المماسي بالعلاقة:

$$\tau=\frac{T\,S/x}{I_{xx'}.b}$$

T: الجهد القاطع.

$S/x$: عزم السكون للسطح ($\Omega'$) الموجود فوق ($y$).

أما الإجهاد المماسي الأعظمي فيعطى بالعلاقة التالية:

$$\tau_{max}=\frac{T_{max}S/x}{I_{xx'}.b}$$

بالنسبة للمستطيل نجد:

$$\tau_{max}=\frac{2}{3}\frac{T_{max}}{\Omega}$$

الشكل 13-

حيث $\Omega$: مساحة المقطع.

نلاحظ أن المعامل $\frac{2}{3}$ يتغير بتغير الشكل، فمن المفيد وضع معامل يتعلق بشكل المساحة.

لمساحة مستطيل: $K=\frac{2}{3}$ . لمساحة دائرة: $K=\frac{3}{4}$ . لمساحة مثلث: $K=\frac{3}{2}$ .

$$\tau_{max}=K.\frac{T_{max}}{\Omega}$$

### 7-3-شرط المقاومة:

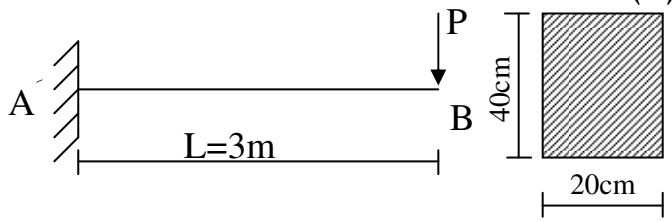
نقول أن المقطع يقاوم الجهد القاطع إذا كان: $\tau_{max}\leq\bar{\tau}$ .

**تطبيـــــق:** احسب الإجهاد الناظمي الأعظمي والإجهاد المماسي الأعظمي لرافدة مدمجة من (A) وحرة من الطرف الآخر (B)، حيث:

$P=1t$

$\bar{\sigma}=60kg/cm^2$

$\bar{\tau}=6kg/cm^2$




**الحـــــل:**

1-الإجهاد الناظمي الأعظمي:

$$\sigma_{max}=\frac{M_{max}}{\frac{I}{\vartheta}}=\frac{P.L}{\frac{bh^3}{12}.\frac{2}{h}}=\frac{6PL}{bh^2}=\frac{6\times1000\times300}{20\times40\times40}=56,25kg/cm^2<60kg/cm^2$$

2-الإجهاد المماسي الأعظمي:

$$\tau_{maw}=\frac{3}{2}\frac{T}{bh}=\frac{3\times1000}{2\times20\times40}=1,87kg/cm^2\quad\tau_{max}<6kg/cm^2\Rightarrow$$

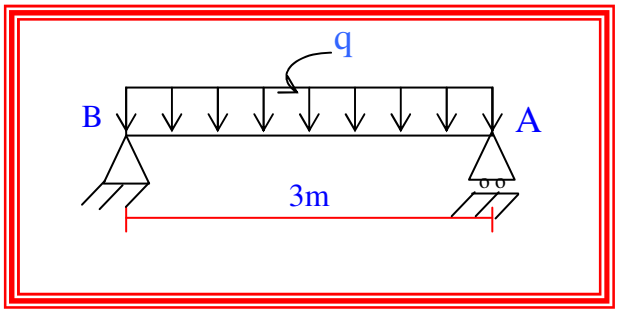


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# Flexion plane simple الانحناء البسيط المستوي

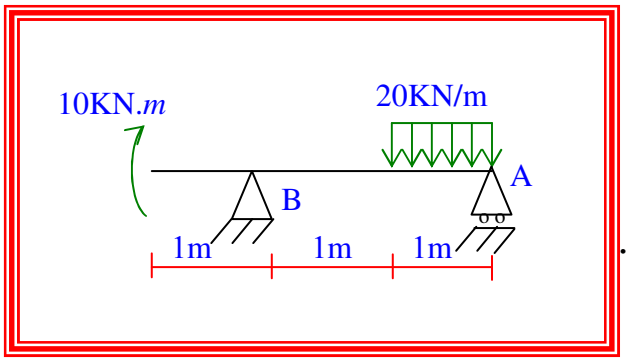
## تمرين 01:

لتكن رافدة ترتكز على مسندين (A: بسيط، وB: مزدوج) تتلقى ثقلا موزعا بانتظام (q=4KN/m) ولها مقطع مستطيل (b=10cm, h=20cm).




1-احسب ردود الفعل في المساند (A) و(B).
2-اكتب معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء.
3-أرسم منحياهما.
4-احسب الإجهاد المماسي الأقصى والإجهاد الناظمي الأقصى.

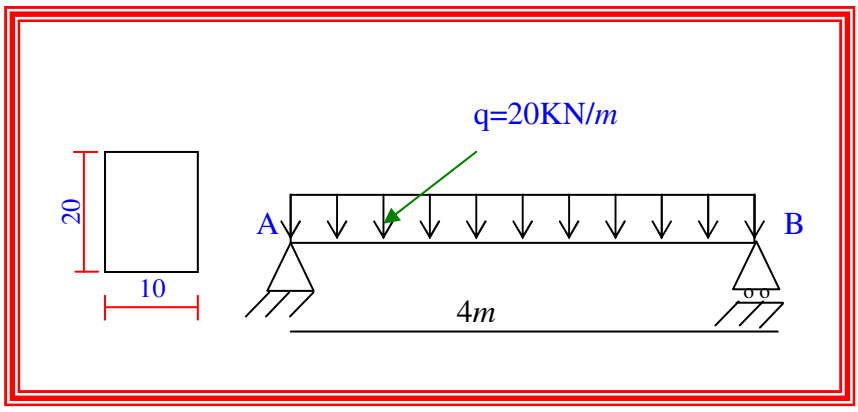
## تمرين 02:




لتكن الرافدة التالية:
1-احسب ردود الفعل في المساند (A) و(B).
2-اكتب معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء.
3-أرسم منحياهما.
4-احسب الإجهاد المماسي الأقصى والإجهاد الناظمي الأقصى.
مقطع الرافضة مستطيل (b=25cm, h=40cm).

## تمرين 03:

لتكن الرافدة التالية:




1-احسب ردود الفعل في المساند (A) و(B).
2-اكتب معادلات الجهد القاطع وعزم الانحناء.
3-أرسم منحياهما.
4-احسب الإجهاد المماسي الأقصى والإجهاد الناظمي الأقصى.
5-إذا كان: $\overline{\sigma}$=1100KN/$cm^2$ ، تحقق من مقاومة الرافضة.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-هدف التجربة:

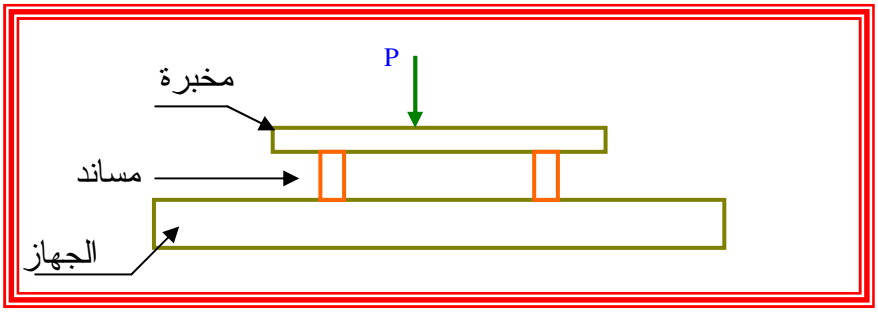
هو معرفة مقاومة الخرسانة للانحناء.

## 2-عينة التجربة:

نأخذ مخبرات موشورية بحيث: المقطع مربع (b× b ) و الطول (L=4b).

## 3-المـــراحل:

نضع العينة على الجهاز.




الشكل 1-

-نسلط حمولة (P) بتزايد تدريجي حتى يحدث الانكسار وفق مستوى عمودي على المحور الطولي

-قراءة قيمة قوة الانحناء على المؤشر الشاهد للآلة.

-تعطى قيمة الإجهاد بالعلاقة التالية:

$$\sigma_{b\mu}=\frac{3,6\times M_{\mu}}{b^3}$$

حيث: $M_{\mu}$ : عزم الانكسار.

$\sigma_{b\mu}$ : مقاومة الخرسانة للانكسار

**ملاحظة**: في الأجهزة الحديثة تقرأ قيمة الإجهاد مباشرة.

# الوحـدة 02
# خرسانة مسلحة

## B.A.E.L

**مؤشرات الكفاءة:**

-يطبق قوانين الحساب (BAEL) على عناصر محددة سكونيا.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## نشاط 01:

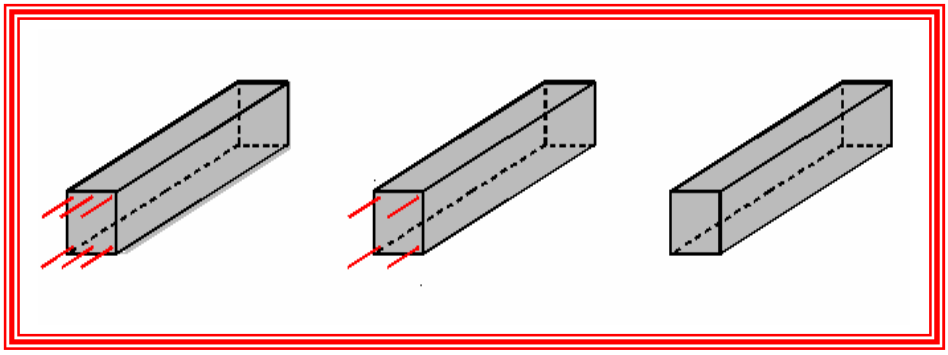
تقدم للتلميذ ثلاث مخبرات خرسانية $(10 \times 10 \times 40)cm^3$:

-العينة الأولى: لا تحتوي على تسليح.

-العينة الثانية: تحتوي على 1% تسليح.

-العينة الثالثة: تحتوي على 0,8% تسليح.

-توضع كل مخبرة على مسندين وتحمل بنفس الثقل.



**السؤال:**

-ماذا تلاحظ؟

-ما هي العينة التي تختارها؟ ولماذا؟



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# I-عموميات .

## 1-1-نبذة تاريخية:

فى1848 قـــام (Luis Joseph Lombot ) بإضافة قضبان من الفولاذ لخرسانة الإسمنت ومنها أكتشفت مادة جديدة، والتطبيق الأولي لهذه المادة قام (Lombot ) ببناء قارب صغير. بعدها بسنوات قام ( Monier Joseph ) وهو بستاني بفارساي ( Versaille ) بإنجاز صناديق للأزهار والشجيرات الصغيرة من هذه المادة. بعدها قام ( Francois Hennebique ) بإقرار أول قواعد الحساب لهذه المادة الجديدة. فى1891 كان (Edmond Coignet ) أول من إستعمل الخرسانة المسلحة فى بناء عمارة فى مدينة بياريتس ( Biaritse )، وذلك بإنجاز روافد مسبقة الصنع من الخرسانة المسلحة. وفى1897 كان (Charles Rabut ) يدرس فى المدرسة الوطنية للجسور والطرقات أول الدروس الخاصةبهذه المادة الجديدة. وبعدها أصبحت هذه المادة الجديدة تستقطب المهندسين والبنائين وأصبح لها هذا الدورالذى نعيشه اليوم.

ولقد مرت نظريات الحساب للخرسانة المسلحة بعدة مراحل, أهمها:

*نظرية المرونة: الحساب بالاجهادات المسموح بها.

*نظرية اللدونة: الحساب فى حالة الإنهيار.

*نظرية الاحتمالات: الحساب فى الحالات النهائية.

التطور السريع للمعارف النظرية والتجريبية واكتساب معطيات كثيرة حول التأثيرات وخصائص المواد والهياكل و باستعمال طرق الإحصائيات الرياضية فى دراسة أمن المشاريع (المستوحات من مهندسي الطيران )، هذه العوامل سمحت منذ سنوات الخمسينات بإيجاد طريقة حساب نصف إحتمالية للحالات النهائية أوالحدية.

إن مفهوم الحالات النهائية سمح بالأخذ بعين الإعتبار حالة وتصرف الهيكل فى كل مراحله: المرونة، اللدونة، التشققات النهائية (الانهيار). ثم صدرت قوانين رسمية سنة 1955 فى الإتحاد السوفياتى بالنسبة للخرسانة المسلحة, وفى1957 للخرسانة سابقة الإجهاد.

فى أوروبا صدرت سنة 1964 التوصيات العملية الموحدة لحساب وإنجازالمشاريع من الخرسانة المسلحة, وفى 1966 صدرت التوصيات الخاصة بالخرسانة سابقة الاجهاد فى 1970 و1972 صدرت التوصيات العالمية لحساب وإنجاز المشاريع من الخرسانة مع إدخال الرموز الجديدة.

## 2-1-الحساب في الحالات النهائية، لماذا؟ .

لمدة ما يقرب من قرن كان حساب الخرسانة المسلحة بالإجهادات المسموح بها ذلك أنهم كانوا يحددون للخرسانة والفولاذ إجهادات تسمى "**مسموح بها**" مُعرفة من إجهادات الإنهيار لهذه المواد ضرب معامل أمان أصغرمن1 .

مثلا :

*معامل الأمان للخرسانة: 28/100 من مقاومة الإنهيار لمدة 90 يوم.

*معامل الأمان للفولاذ: 60/100 من حد المرونة.

نقوم بحساب الإجهادات فى هذه المواد تحت تأثيرالحمولات, ويجب ان لا تتجاوز هذه الإجهادات الإجهادات المسموح بها .

إن مفهوم الأمان للبنايات إتخذ حاليا تطورا ويجب الأخذ بعين الإعتبار كل العوامل منها:

*المقاومة الذاتية (الداخلية) للمواد.

*القيمة الأكثر إحتمالا للحمولات الدائمة.

*قيمة التأثيرات المتغيرة المطبقة.

*القيم التقريبية لحساب التحريضات (عزم الانحناء، الجهد القاطع...)
*النقائص الهندسية لمختلف أبعاد البناية.
*التشققات الضارة.

يجب الأخذ بعين الإعتبار كل هذه العوامل مع إدخال معامل أمان, وبالتالى نحصر بصفة كبيرة الأمن الشامل للهيكل تحت تأثير مختلف هذه المعاملات اللا-أمنية .

إن هذا المبدأ الذى يعتمد على نظرية "نصف ــ إحتمال" هو مبدأ الحساب فى "**الحالات النهائية**".

### 2-3-تعريف الحالات النهائية:

"حد نهائى": هو حالة خاصة بعدها يكون المنشأ أو عنصر منه لا يستوفي وظائفه أو الشروط التي أنجز من أجلها

### 2-4-مبدأ الخرسانة المسلحة:

فى معظم الهياكل يوجد مناطق معرضة لإجهادات ضغط وأخرى لإجهادات شد. ونعلم أن الخرسانة تقاوم جيدا إجهادات الضغط, ولا تقاوم إجهادات الشد. لكن الفولاذ يقاومهما معا بصورة جيدة.

لهذا جاءت فكرة وضع قضبان الفولاذ فى المناطق التى يوجد بها إجهادات شد.

### 2-5- مجال تطبيق قواعد الخرسانة المسلحة في الحالات النهائية :

تطبق هذه القواعد فى حساب المنشآت من الخرسانة المسلحة, حيث تكون الخرسانة مكونة من حصى طبيعى ومعايرتها من الإسمنت من $300\ m^3$ إلى $400\ kg/\ m^3$.

## 2-الحالات النهائية:

### 2-1-مقدمة:

المشاريع وعناصرها يجب ان تكون مصممة ومحسوبة بطريقة تسمح بمقاومة جيدة ضد كل التحريضات الممكنة، وصلابة خلال مدة استغلالها.

إن التصميم السليم ضروري فيما يخص الوضعيات العامة للمشروع وتفاصيله (التجميع، التسليح ....).

الحساب يسمح بتبرير فى حالة ما إذا لم يكن خطأ فى التصميم .

إن أمن المنشأة مضمون من حيث:

*الإنهيار للمنشأة و عناصرها المكونة لها.
*عدم الإستغلال الجيد أثناء إستعمال المنشأة.

### 2-2-التأثيرات:

هى مجموع الحمولات المطبقة على الهيكل التى تؤدى إلى تشوهه.

### 2-3-التحريضات:

هى الجهود الناتجة فى كل نقطة وفى كل مقطع للهيكل عن التأثيرات, وتكون معرفة بقوى أو جهود ( ناظمية أو قاطعة), أو عزوم (إنحناء أو إلتواء).


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 2-4-تعريف الحالات النهائية:

حالة نهائية هى الحالة التى يكون بعدها الهيكل أو عنصر منه لا يقوم بالدور الذي أنجز من أجله. وهي نوعان:

### 2-4-1-حالة الحد النهائي الأخير:

تتمثل فى فقدان:

*التوازن الستاتيكي ( الإنقلاب ).
*إستقرار الشكل (الإنبعاج).
*المقاومة (الإنهيار).
التي تؤدي إلى انهيار المنشأة .

### 2-4-2-حالة الحد النهائى التشغيل:

بعدها لا تكون المنشأة قادرة على الإستغلال والإستعمال الجيد والديمومة. وتتمثل فى الحالات النهائية للتشققات والحالات النهائية للتشوهات.

## 2-5-حساب التحريضات:

### 2-5-1-حالة الحد النهائي الأخير:

$$1.35\ G + 1.50\ Q.$$

ـ ترتيب التأثيرات الأساسية:
حيث: **G**: الحمولات الدائمة .
**Q**: الحمولات المتغيرة أو حمولات التشغيل .

### 2-5-2-حالات حد نهاية التشغيل:

$$G + Q.$$

ـ ترتيب التأثيرات النادرة:

## 3-خصائص المواد:

### 3-1-الخرسانة:

#### 3-1-1-مقاومة الخرسانة للانضغاط:

الخرسانة مميزة بقيمة مقاومتها للانضغاط في عمر 28 يوما, ويرمز لها بـــ: $f_{c28}$ .
لما التحريضات تؤثر على الخرسانة فى زمن أقل من 28 يوم, نرجع إلى المقاومة $f_{cj}$ حيث "j " هو عدد الأيام.
وتكون قيمتها: – لما $f_{c28} \leq 40\ MPa$

$$F_{cj}=f_{c28}\frac{j}{4.76+0.83j}$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- لما $f_{c28} > 40$ MPa

$$F_{cj}=f_{c28}\frac{j}{1.40+0.95j}$$

وباتفاق تؤخذ : $f_{cj} = f_{c28}$ لما تكون $j > 28$يوم.

ونتحصل على مقاومة الإنضغاط للخرسانة بضغط محوري لإسطوانة ذات قطر 16 سم (مقطع 200سم$^2$) وإرتفاع 32سم وبحصى أكبر قطر له 40مم.

### 3-1-2-مقاومة الخرسانة للشد:

هي معرفة بالعلاقة التالية :

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

ووحد تها: MPa .

### 3-1-3-المقاومات الخاصة للخرسانة:

| صنف الإسمنت | | 45 - 45 R | | 55 - 55 R | |
|---|---|---|---|---|---|
| شروط الإنجاز | | شروط عادية | مراقبة ذاتية محروسة | شروط عادية | مراقبة ذاتية محروسة |
| $f_{c28}$ | 16 MPa | 300 | / | / | / |
| | 20 MPa | 350 | 325 | 325 | 300 |
| | 25 MPa | * | 400 | 375 | 350 |
| | 30 MPa | غير مقبول | * | * | * |

*حالة يجب تبريرها بدراسة ملائمة .

## 3-2-الفـــــولاذ:

### 3-2-1-التصنيف:

حسب قواعد AFNOR لدينا:

*القضبان الملساء:

خاصة بالفولاذ الطبيعي $Fe\ E_{215}$ و $Fe\ E_{235}$

أي ذات حد مرونة 235 MPa و $f_e$ =215

*القضبان ذات التلاحم العالي أو الخشنة (H . A) : $Fe\ E_{400}$ و $Fe\ E_{500}$

ذات حد مرونة 500 MPa و $f_e$=400

### 3-2-2-الأقطـــــار:

لدينا الأقطار التالية: mm 40 – 32 – 25 – 20 – 16 – 14 – 12 –10 – 8 – 6

### 3-2-3-معامل المرونة:

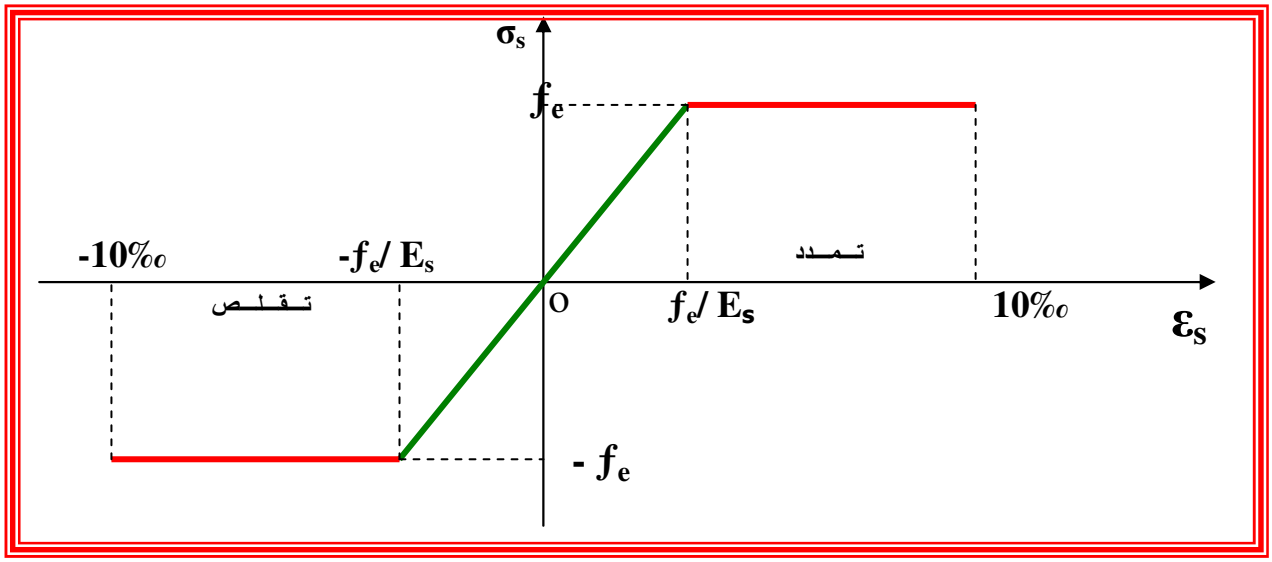
معامل المرونة الطولي للفولاذ (E) يساوي: $E_s$ = 200 000 MPa

### 3-2-4-مخطط إجهادات – تشوهات:

مخطط الاجهادات ( $\sigma_s$ ) والتشوهات ( $\varepsilon_s$ ) معرف كما يلي:



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




الشكل 1-

**تطبيـــق:** نريد حساب مقاومة الخرسانة للانضغاط ذات عمر 5 أيام, علما أنها يجب أن تصل مقاومتها في 28 يوم:
$f_{c28}$ = 30 MPa. مع معرفة مقاومتها للشد .

**الحـــــل:**

$$f_{cj} = f_{c28} \frac{j}{4.76 + 0.83\, j}$$

باستعمال العلاقة $f_{cj}$ لما تكون $f_{c28} \leq 40$ MPa

نتحصل على : $f_{c5}$ = 16.83 MPa

باستعمال العلاقة $f_{tj}$, نتحصل على $f_{t5}$ =1.61 MPa .

$$f_{t5} = 0.6 + 0.06\, f_{c5}$$

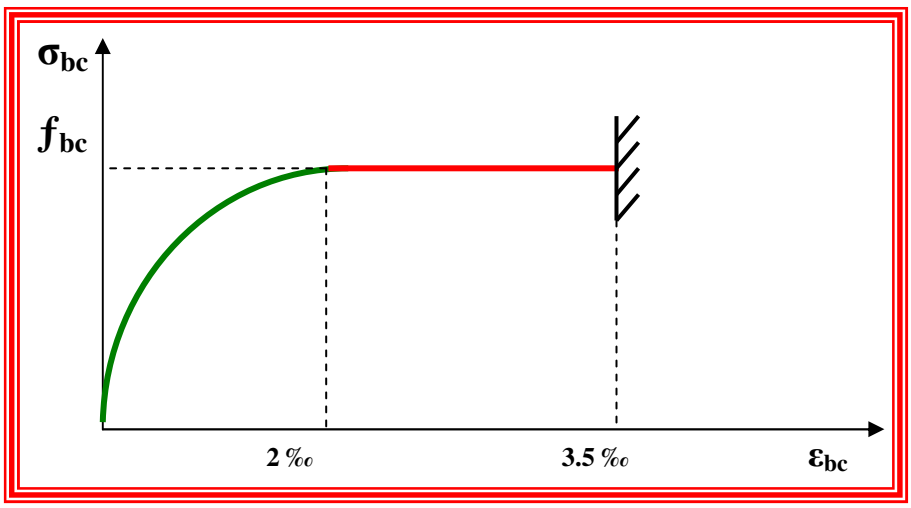
## 4-تبرير المقاطع المعرضة للتحريضات الناظمية:

### 4-1- حالة الحد النهائي الأخير للمقاومة:

التحريضات المحسوبة يجب أن لا تتجاوز التحريضات النهائية الأخيرة .

#### 4-1-1- فرضيات الحساب:

*فرضية "Navier": المقاطع المستقيمة قبل التشوه تبقى مستقيمة بعد التشوه.
*مقاومة الشد للخرسانة مهملة بسبب التشققات.
* لا يوجد إنزلاق نسبي بين تسليح الفولاذ و الخرسانة.
*مخطط إجهادات- تشوهات للخرسانة كما يلي:




الشكل 2-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

*$(4 - 10^3 \times \varepsilon_{bc}) \times \varepsilon_{bc}\ 10^3 \times \times f_{bc}\ \sigma_{bc}=0.25 \rightarrow$ ‰ 2 $\leq \varepsilon_{bc} \leq 0$

*$f_{bc} = \sigma_{bc} \rightarrow$ ‰ 3.5 $\leq \varepsilon_{bc} \leq$ ‰ 2

مع

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

حيث:ـــ $\gamma_b$ = 1.5 في الحالات العادية .

ـــ $\gamma_b$ = 1.15 في الحالات الإستثنائية .

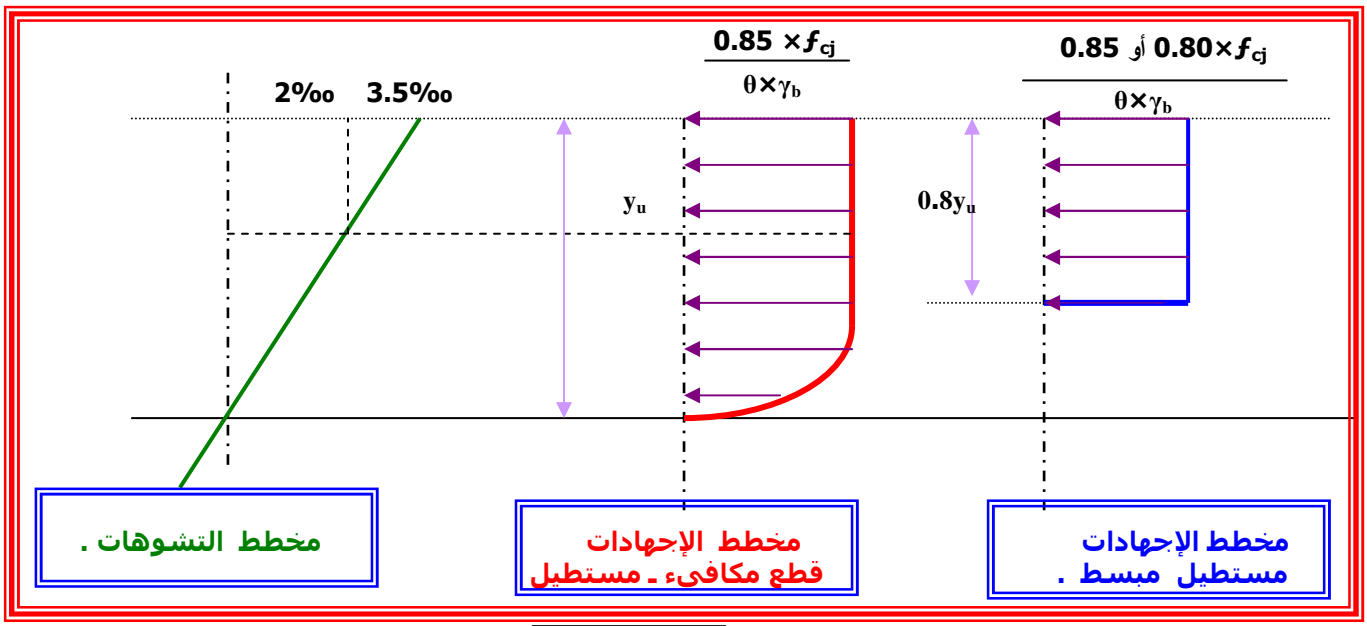
ـــ $\theta$ : معامل مدة التحميل.

$\theta$ = 1 لما مدة التحميل تفوق 24 ساعة.

$\theta$ = 0.9 لما مدة التحميل تكون بين 24 و 1 ساعة.

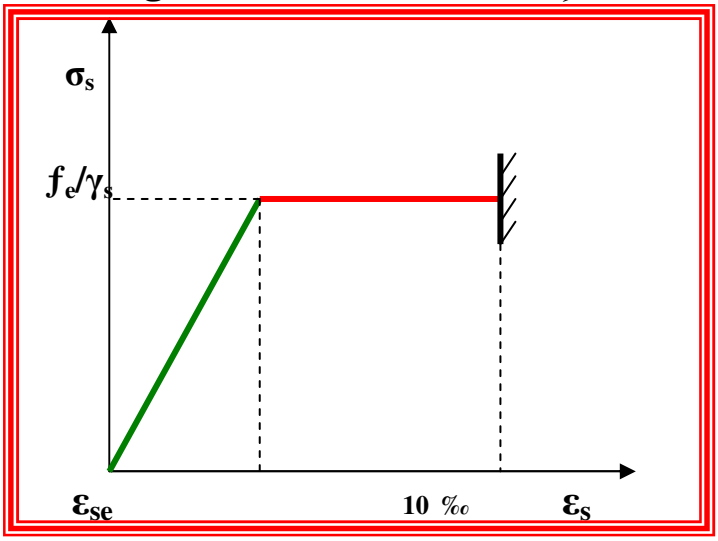
$\theta$ = 0.85 لما مدة التحميل تكون اقل من 1 ساعة.

لما المقطع المستقيم لا يكون مضغوطا كليا يمكننا استعمال مخطط مستطيل مبسط كما يلي:




الشكل 3-

*مخطط إجهادات ـــ تشوهات للفولاذ كما يلي:




حيث:

$\gamma_s$ = 1.15 : في الحالات العادية.

$\gamma_s$ = 1.00 : في الحالات الإستثنائية.

مع:

* $E_s$ = 200 000 MPa $\rightarrow \varepsilon_s = \dfrac{f_e/\gamma_s}{E_s}$ .

*$\varepsilon_s \leq \varepsilon_{se} \rightarrow \sigma_s = \varepsilon_s \times E_s$ .

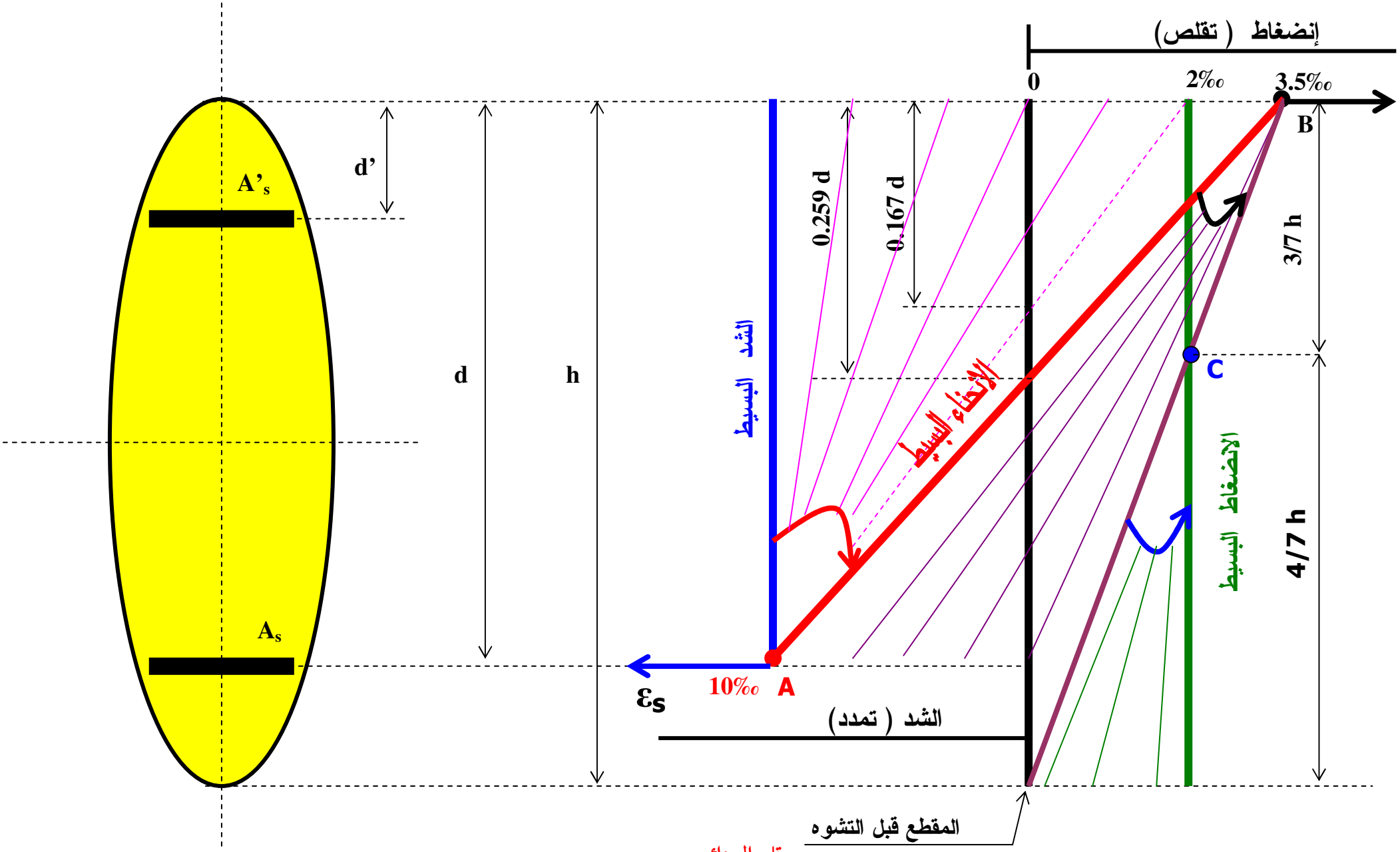
* $\varepsilon_{se} \leq \varepsilon_s \leq$ 10‰ $\rightarrow \sigma_s = f_e/\gamma_s$ .

الشكل 4-



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

* ــ الوضعيات التى يمكن أن يأخذها مخطط التشوهات لمقطع مستقيم يمر على الأقل مع أحد المدارات الثلاثة المعرفة كما يلي :



-المدار A :

التحريضات الممكنة في هذا المدار هي الشد البسيط والانحناء البسيط (أو المركب) في حالة حدية نهائية بالنسبة للفولاذ:

$$\varepsilon_s = 10\ ‰$$
$$0 \leq \alpha \leq 0.259$$

-المدار B :

التحريضات الممكنة في هذا المدار هي الانحناء البسيط (أو المركب) مع حالة حدية نهائية أخيرة في الخرسانة.

-المدار C:

التحريضات الممكنة في هذا المدار هي الانضغاط البسيط لما يكون كل مقطع الخرسانة مضغوطا.

$$\varepsilon_{bc} = 2\ ‰$$

## 4-2- حالة حد التشغيل بالنسبة لديمومة الهيكل:

التحقيقات التي يجب القيام بها خاصة حالة حد الإنضغاط للخرسانة, وحالة حد إفتتاح التشققات.

### 4-2-1-فرضيات الحساب:

الحسابات تكون حسب الفرضيات التالية، والتحريضات نتحصل عليها حسب ترتيب التأثيرات: (G+Q).

*المقاطع المستقيمة قبل التشوه تبقى مستوية بعد التشوه .

*لا يوجد إنزلاق نسبي بين تسليح الفولاذ والخرسانة .

*الفولاذ والخرسانة يعتبران مادتان مرنتان طوليا ويهمل الإنكماش والتشوه البطيء للخرسانة.

* الخرسانة المشدودة مهملة.

*بإتفاق النسبة بين معاملات المرونة الطولية للفولاذ والخرسانة أو معامل التكافؤ يساوي:

$$n=\frac{E_s}{E_b}=15$$

*لا ننقص مساحات الفولاذ من مساحة الخرسانة المضغوطة.

### 4-2-2-حالة حدية لانضغاط الخرسانة:

إجهاد الإنضغاط للخرسانة يجب أن يساوي:

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

بالنسبة للروافد مستطيلة المقطع في الانحناء البسيط ولما يكون التسليح من الفولاذ Fe $E_{400}$, يمكننا عدم التحقق من اجهاد الضغط للخرسانة لما يكون ارتفاع المحور الحيادي في حالة الحد النهائي الأخير ( E.L.U ) على الأكثر يساوي:

$$y_u/d \leq (\gamma - 1)/2 + 0.01 f_{cj}$$

حيث : $\gamma$- : يمثل النسبة بين العزم النهائي وعزم التشغيل $(\gamma = M_u / M_{ser})$

$f_{cj}$-: مقاومة الخرسانة ووحدتها (MPa)

### 4-2-3-حالة حدية لافتتاح التشققات:

#### 4-2-3-1-حالة تشققات غير ضارة:

تكون التشققات غير ضارة لما تكون العناصر واقعة داخل قاعات مغطاة وغير معرضة للرطوبة, في هذه الحالة لا يوجد أية تحقيقات ما عدى شرط عدم الهشاشة.

### 4-2-3-2-حالة تشققات ضارة:

تكون التشققات ضارة لما تكون العناصر معرضة للعوامل المناخية كالأمطار والرطوبة أو تكون فى بعض الأحيان مغمورة فى الماء العذب فى هذه الحالة يجب إتباع القواعد التالية:

*إجهاد الشد فى التسليح محدد بـــ:

$$\overline{\sigma}_s = \min \{ 2/3 \cdot f_e \ ; \ 110\sqrt{\eta . f_{tj}} \} .$$

$\eta$ : معامل التشقق.

$\eta = 1$ للدوائر الرطبة.

$\eta = 1.6$ للقضبان ذات ا لتلاحم العالى.

*قطر القضبان القريبة من الجوانب يساوي على الأقل 6مم.

*قضبان (Armature de Peau) تكون موزعة بالتوازي مع الليفة المتوسطة للرافدة ذات الإرتفاع الكبير ومقطعها يساوي على الأقل ( $3cm^2/ml$ ) لواجهة رافدة.

*لما تكون القضبان المشدودة قطرها أكبر من 20مم، يجب أن تكون المسافة الأفقية بين محوري قضيبين متتاليين أصغر أو تساوي $4\emptyset_L$.

### 4-2-3-3-حالة تشققات ضارة جدا:

تكون التشققات ضارة جدا لما تكون العناصر معرضة لوسط عدواني أو عدائي مثل ماء البحر أو الجوالبحري كالضباب البحري، الماء المقطر وبعض الغازات, في هذه الحالة لدينا القواعد التالية:

*إجهاد الشد للتسليح محدد بـــ:

$$\overline{\sigma}_s = \min \{ 1/2 \ f_e \ ; \ 90\sqrt{\eta . f_{tj}} \} .$$

*قطر القضبان القريبة من الجوانب يساوي 8مم.

*تسليح للروافد ذات الإرتفاع لكبير له مقطع يساوي على الأقل ($5cm^2/ml$) لواجهة رافدة.

*لما يكون قطر القضبان المشدودة أكبر من 20مم التباعد بينها يساوي $3\emptyset_L$.

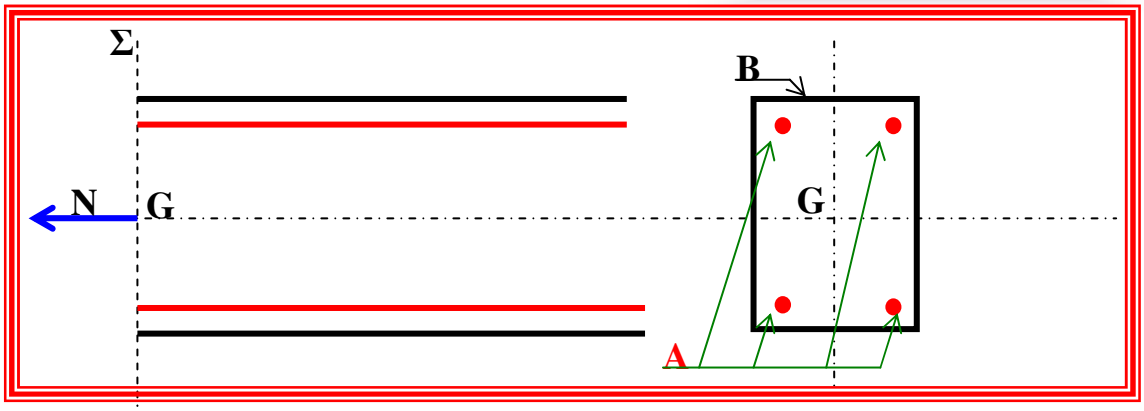
**تطبيـــق:** مقاومة الخرسانة للانضغاط $f_{c28} = 23$ MPa, علما أن مدة تطبيق الحمولات تفوق 24 ساعة, ماهو إجهاد الضغط في الخرسانة؟

**الحـــل:**

باستعمال العلاقة $f_{bc} = \dfrac{0.85 \times f_{cj}}{\theta \times \gamma_b}$ نتحصل على $f_{bc} = 13.03$ MPa.

## 5-الشد البسيط (التشدد):

### 5-1-تعريـــف:




-الشكل 5 -

رافدة مستقيمة معرضة إلى الشد البسيط , إذا كان مجموع القوى الخارجية المؤثرة على يسار المقطع ( Σ ) محصورة في قوة ناظمية
واحدة ( N ) متعامدة مع المقطع ( Σ ) و مطبقة في مركز الثقل ( G ) و متجهة نحو اليسار ( أي خارجة من المقطع ) , و تسمى
هذه الرافدة " **بالشداد** " . لدينا مركز ثقل الفولاذ متطابق مع مركز ثقل الخرسانة .

## 5-2-شرط عدم الهشاشة:

إن التحريض الذي يؤدي إلى ظهور التشققات في الخرسانة يجب أن لا يتعدى حد المرونة للفولاذ:

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

حيث:

**A**: مقطع التسليح.
**B**: مقطع الخرسانة.
$f_e$: حد مرونة الفولاذ.
$f_{t28}$: مقاومة الشد للخرسانة.

## 5-3-تحديد التسليح:

إن الخرسانة المشدودة مهملة, وجهد الشد يكون محمل من قبل التسليح وحده. إذن مقطع التسليح يكون كالتالي:

### *الحساب في الحالات النهائية: (E.L.U)

نحن في المدار **A**:

$$*\varepsilon_s = 10\ ‰$$

$$*\sigma_s = \sigma_{s10\ ‰} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

ومنه مقطع التسليح:

$$A_u = \frac{N_U}{\sigma_{s10\ ‰}} = \frac{N_u}{f_e / \gamma_s}$$

### *الحساب في حالة نهاية حد التشغيل: (E.L.S)

يكون حسب التشققات:

-تشققات غير ضارة: يكون الحساب كما في الحالات النهائية.

-تشققات ضارة:

$$\overline{\sigma_s} = \min \{ 2/3 \cdot f_e \ ; \ 110 \ \eta \cdot f_{tj} \} .$$

-تشققات ضارة جدا:

$$\overline{\sigma_s} = \min \{ 1/2 \cdot f_e \ ; \ 90 \ \eta \cdot f_{tj} \} .$$

ومنه:

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


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 5-4-تحديد مقطع الخرسانة:

بعد حساب مقطع التسليح يجب إختيار قطر القضبان والعدد مع احترام مايلي:

*$Ø \geq 6$ mm: إذا كانت التشققات ضارة .

*$Ø \geq 8$ mm: إذا كانت التشققات ضارة جدا .

رغم إن الخرسانة ليس لها دور في المقاومة إلا أن مقطعها يجب أن يكون حسب الشروط التالية:

$$B \leq A \cdot f_e / f_{t28} \quad .$$

*يلبي شرط عدم الهشاشة:

*يضمن التغطية للتسليح.

*يسمح بعمل الربط بين القضبان.

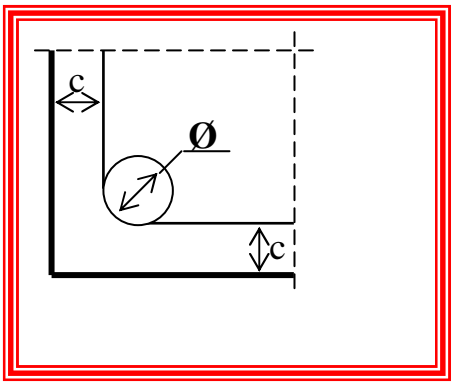
**شروط تغطية الفولاذ:**

التغليف (c) لكل تسليح يجب أن يساوي:

* c = 5cm: المشاريع البحرية أو في سبخات ملحية ....

* c = 3cm: للمشاريع المعرضة للإعتداءات مثل : العوامل المناخية ( كالأمطار) , السوائل ,...

* c = 1cm: العناصرالخرسانية توجد في مكان مغطى وغير معرض للرطوبة .




-الشكل 6-



قلم الجزائر--
WWW.DZPEN.COM

## المعطيات :

- الحمولات الدائمة و المتغيرة ( G , Q )
- أبعاد المقطع ( h, d, b )
- المواد : $f_{c28}$ ، $\eta$ ، $\gamma_s$ .

## الحهد الناظمي للشد :

$N_{ser} = G + Q$

## الالحهادات في الفولاذ :

* – تشققات ضارة :

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ 110 \sqrt{f_{tj} \cdot \eta} \; ; \; 2/3 \, f_e \right\}$$

* – تشققات ضارة جدا :

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ 90 \sqrt{f_{tj} \cdot \eta} \; ; \; f_e/2 \right\}$$

## مقطع التسليح النظري :

$$A_{ser} = \frac{N_{ser}}{\bar{\sigma}_{st}}$$

## الحهد الناظمي للشد :

$N_u = 1.35\,G + 1.50\,Q$

## الإجهادات في الفولاذ :

المدار A :

* – $\varepsilon_s = 10$ ‰

$$\frac{f_e}{\gamma_s} = -f_{su}$$

## مقطع التسليح النظري :

$$A_u = \frac{N_u}{f_{su}}$$

## مقطع التسليح النظري المختار :

$A = \max ( A_u \; ; \; A_{ser} )$

## مراقبة شرط عدم الهشاشة :

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

**تطبيـــق:**

لدينا شداد من الخرسانة المسلحة ذو مقطع مربع ( 15 cm × 15 cm ), تحت تأثير قوة شد مطبقة في مركز ثقل المقطع.

**المعطيات** : $N_u = 0.22\ MN$ –

$N_{ser} = 0.16\ MN$ –

– الفولاذ من النوع $HA\ Fe\ E_{400}$ , $\gamma_s = 1.15$ , $\eta = 1.6$

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

– حالة التشققات ضارة .

**المطلوب**: حساب مقطع التسليح لهذا الشداد .مع اقتراح رسما له .

**الحـــــل:**

**1**–الحساب في حالة الحد النهائي الأخير للمقاومة ( E.L.U.R ) :

أ ) حساب الإجهادات في الفولاذ : في المدار A لدينا :

* $\varepsilon_s = 10\ ‰$

* $= \dfrac{f_e}{\gamma_s} = 348\ MPa$

ب ) المقطع النظري للتسليح المشدود: $A_u = N_U / f_{su} = 6.32\ cm^2$

**2** – لحساب في حالة حد التشغيل : ( E.L.S ) :

أ ) إجهادات الفولاذ : $\sigma_{st} = 216\ MPa$

ب ) المقطع النظري للتسليح المشدود: $A_{ser} = N_{ser} / \sigma_{st} = 7.41\ cm^2$

مقطع التسليح النظري المختار هو : $A = 7.41\ cm^2$

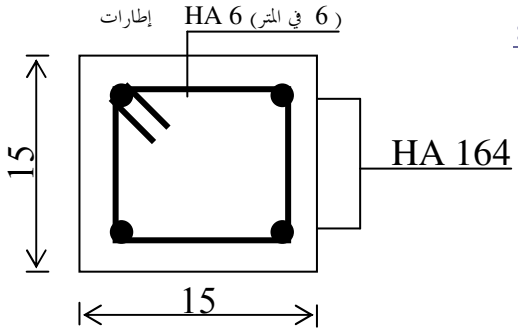
مقطع التسليح الحقيقي من جدول التسليح: $A_s = 4\ HA\ 16 = 8.04\ cm^2$

مراقبة شرط عدم الهشاشة : $A_s \cdot f_e \geq B \cdot f_{t28}$

$$8.04 \times 10^{-4} \times 400 > 225 \times 10^{-4} \times 2.40$$

$$0.32\ MN > 0.054\ MN$$

الرسم المقترح:



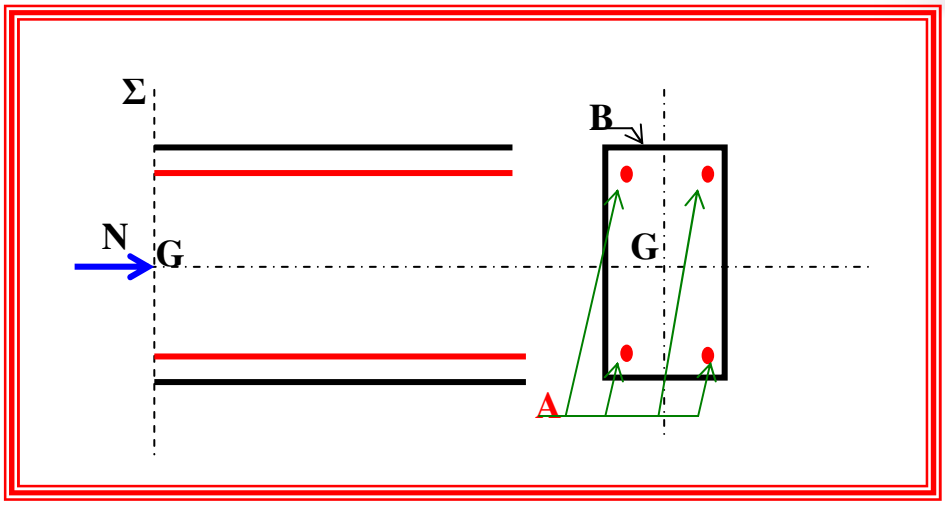

## 6–الإنضغاط البسيط:

الخرسانة تقاوم جيدا في حالة الإنضغاط, نظريا التسليح غير ضروري . لكن في الحقيقة الحمولات ليست دائما مركزية (وذلك لعدم تناظر الحمولات, سلبيات في الإنجاز, الربط بين الروافد), لهذا السبب نضيف التسليح لمقاومة العزوم الناتجة عن لامركزية القوة. هذه العزوم صعبة التقييم, فالتسليح يحسب بطريقة جزافية في حالة البنايات العادية.

العمود مكون من خرسانة وتسليح طولي, ولمقاومة التحدب أو الإنبعاج للفولاذ نضيف تسليح عرضي لمقاومته.

## 6-1-تعريـــــف:

نفس التعريف كما في الشد البسيط إلا أن الجهد ( N ) هو جهد إنضغاط , أي يكون اتجاهه نحو اليمين , أي داخل في المقطع .




الشكل 7-

## 6-2-طول التحدب والإتباع:

طول التحدب أو الإتباع ( $l_f$ ) يقيم و يحسب بدلالة الطول الحر ( $l_o$ ) للعمود و طبيعة إستناده .

## 6-3-الطول الحر:

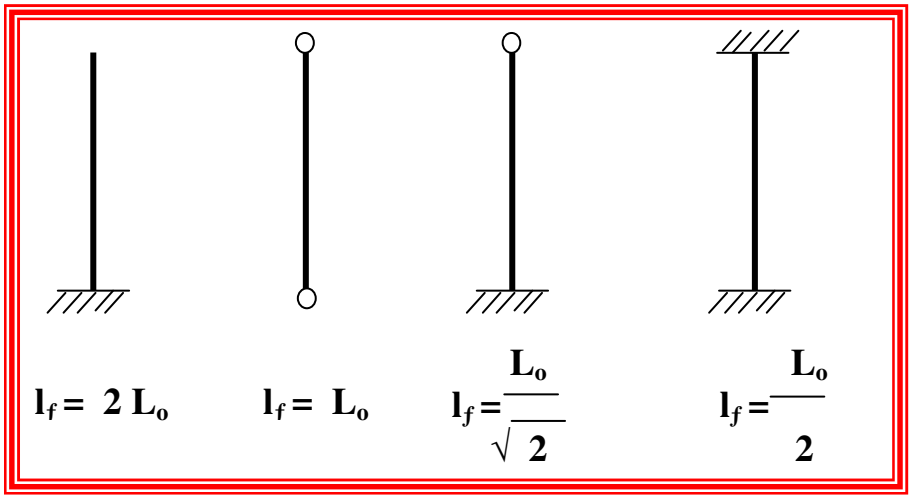
الطول الحر لعمود بناية ذات طوابق يحسب بين الوجهين العلويين لأرضيتين متتاليتين .
أما بالنسبة للطابق الأرضي فيحسب بين الوجه العلوي للأساس و الوجه العلوي للأرضية الأولى .

*طول التحدب حسب الإستناد :

بالنسبة لعمود داخل بناية :

$l_f = 0,7. L_o$

الشكل 8-




## 6-4-النحـــــافة:

النحافة هي النسبة بين طول التحدب ونصف قطر الدوران.

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

حيث:
$\lambda$ : النحافة.
$L_f$ : طول التحدب.
i : نصف قطر الدوران.

مع :

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

حيث:

$I_{min}$ : عزم العطالة الأصغر.

B : مساحة مقطع الخرسانة.

| نوع المقطع | المساحة ( B ) | عزم العطالة ( $I_{min}$ ) | نصف قطر الدوران ( i ) | النحافة ($\lambda$) |
|---|---|---|---|---|
| a, b | $a \times b$ | $\frac{b\,a^3}{12}$ | $\frac{a}{2\sqrt{3}}$ | $2\sqrt{3}\,\frac{L_f}{a}$ |
| D | $\frac{\pi\,D^2}{4}$ | $\frac{\pi\,D^4}{64}$ | $\frac{D}{4}$ | $4\,\frac{l_f}{D}$ |

## 6-4-وضعيات الإنجاز:

### 6-4-1-التسليح الطولي:

– يمكن أن تكون قضبان ملساء أو ذات تلاحم عالي , لكن يجب أن يكون الفولاذ ذو نوعية: $f_e$=330 MPa

– المقطع ( A ) للتسليح الطولي يجب أن يحترم :

- $A > 4\ cm^2/ml$ – $A_A$ لواجهة الرافدة .
- $0.2\ \% \leq \frac{A}{B} \leq 5\ \%$ –

–بالنسبة للمقاطع المستطيلة ( b > a), المسافة القصوى (c) بين قضيبين متجاورين يجب أن تحترم:

$$c < \min\{(a + 10\ cm);\ 40\ cm\}$$

–القضبان يجب أن تكون موزعة على طول الجوانب:

- – مقطع مضلع : على الأقل قضيب في كل زاوية.
- – مقاطع دائرية : على الأقل 6 قضبان موزعة بانتظام.

### 6-4-2-التسليح العرضي:

يجب أن يحيط بكل القضبان الطولية, وبتباعد يساوي 15 مرة قطر القضبان الطولية ( $15\ Ø_L$ ).

## 6-5-تبرير الأعمدة:

الحساب يكون في حالة الحد النهائي الأخير ( E.L.U ):

لدينا:

- B : مساحة الخرسانة.
- A : مساحة التسليح .


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 6-5-1-التقييم الجزافي للجهد الناظمي المقاوم:

A و B معلومتين, ونريد حساب($N_{rest}$) التي يمكن للعمود أن يتحملها في حالة الحد النهائي الأخير.

في حالة الإنضغاط "المركزي" مخطط التشوهات يمر بالمدار C, أي لدينا:

$$* - \varepsilon_{bc} = \varepsilon'_s = 2 \text{ ‰}$$

$$* - \sigma_{bc} = f_{bc} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$$

$$* - \sigma'_s = \sigma_s \ 2 \text{ ‰}$$

القيمة النظرية للجهد الناظمي المقاوم هي:

$$N_{res.th} \ \sigma_s \ 2 \text{ ‰} = B \cdot f_{bc} + A \cdot$$

## *تصحيحات قواعد (B.A.E.L):

أدخلت قواعد (B.A.E.L) التصحيحات التالية على هذه العلاقة:

تعاقب الأعمدة ذات المقاطع الصغيرة حيث نستعمل مقطع مصغر ( $B_r$ ) عوض المقطع الحقيقي ( B ) وذلك للنقائص في الإنجاز .

ونتحصل على المقطع ( $B_r$ ) بحذف سمك ( 1 cm ) على محيط العمود .

-بالنسبة لمقطع مستطيل ( a × b ) : $B_r = (a - 2) \times (b - 2)$

-بالنسبة لمقطع دائري : $B_r = \frac{\pi (D-2)^2}{4}$

$$\sigma_{bc} = \frac{f_{c28}}{0.9 \cdot \gamma_b}$$

-الحمولات تكون مطبقة عموما بعد 90 يوما, فمقاومة الخرسانة تكبر بـــ:

-نعوض إهمالنا للتأثيرات الناتجة عن الطراز الثاني (الإنبعاج) بتصغير قيمة الجهد الناظمي المقاوم بمعامل مصغر يكون حسب النحافة.

$$* - \lambda \leq 50 \longrightarrow \alpha = \frac{0.85}{\beta} \quad \text{مع} \quad \beta = 1 + 0.2 (\lambda/35)^2$$

$$* - 50 < \lambda \leq 70 \longrightarrow \alpha = \frac{0.85}{\beta} \quad \text{مع} \quad \beta = \frac{0.85 \cdot \lambda^2}{1500}$$

- تعتبر $\sigma_{s\ 2\ ‰} = \frac{f_e}{\gamma_s}$ ( خطأ بالنسبة لـــ Fe E 500 )

مع هذه التصحيحات الجهد الناظمي المقاوم النهائي :

$$N_u = \alpha \left[ B_r \cdot \frac{f_{c28}}{0.9 . \theta . \gamma_b} + A . \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

أو :

$$\beta \cdot N_U = B_r \cdot \frac{f_{bc}}{0.9} 0.85 . A . \frac{f_e}{\gamma_s}$$

إذا كان نصف الحمولات مطبقة قبل 90 يوما , فإن قيم ( α ) تقسم بـــ 1,1 .
إذا كان معظم الحمولات مطبقة قبل 28 يوما, يجب أخذ ($f_{cj}$) عوض ($f_{c28}$) وتقسم (α) بـــ1,2.

### 6-6-2-تحديد التسليح الطولي:

المقطع ( B ) والجهد الناظمي ( $N_u$ ) معلومين, من العلاقة السابقة :

$$A = \frac{\beta . N_u . B_r . \frac{f_{bc}}{0.9}}{0.85 . \frac{f_e}{\gamma_s}}$$

**يجب حساب التسليح الأدنى:**

$$A_{min} = \max \{ 4u\ (cm^2) ;\ 0.2\%\ B\ (cm^2) \}$$

$$A \leq 5\ \%\ B\ (cm^2)$$

حيث : **u** : محيط العمود بالمتر
**B** : مساحة العمود بالسنتمتر مربع .

$$\emptyset_t = \emptyset_L / 3$$

### 6-6-3-تحديد التسليح العرضي:

$$S_t \leq \min \{ 15 . \emptyset_{L\ min} ; 40\ cm ; (a+10\ cm) \}$$

يحدد بالقواعد الجزافية التالية:

* – **القطر**:
* – **التباعد**:

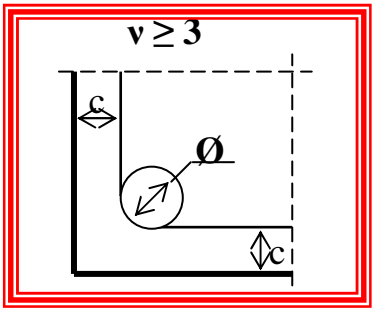
–في مناطق خارج التشابك (التغطية):

– **طول التشابك**: $L_r \geq 24 . \emptyset_L$

– **عدد الإطارات في مسافة التشابك**:

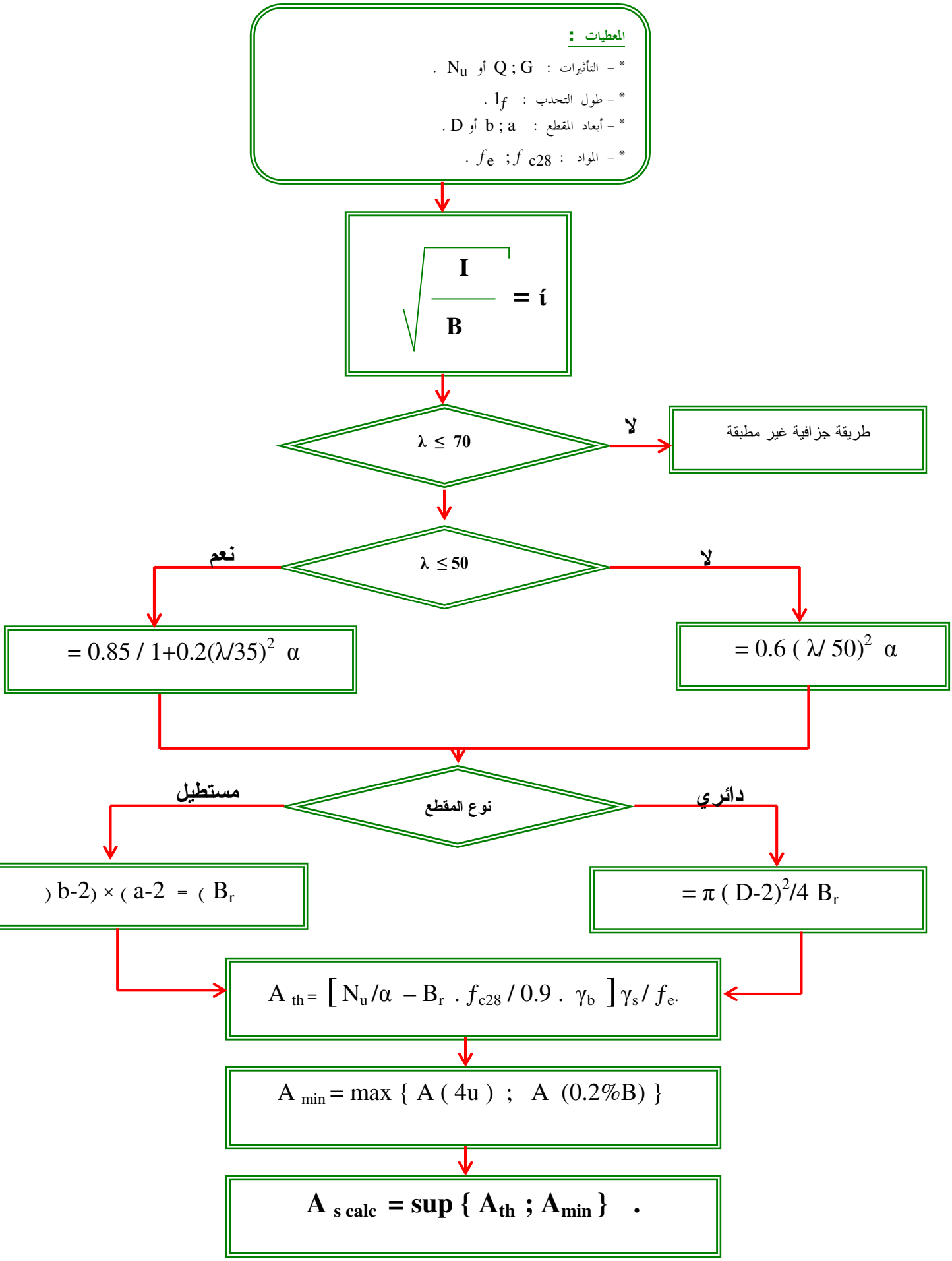
* – **التغليف**:

$c \geq 1$ cm : منشأ مغطى .
$c \geq$ cm : منشأ معرض للعوامل المناخية .
$c \geq 5$ cm : منشأ في المناطق الساحلية و معرضة للضباب البحري .




-الشكل 9-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM


المعطيات :
* - التأثيرات : G ; Q أو $N_u$ .
* - طول التحدب : $l_f$ .
* - أبعاد المقطع : a ; b أو D .
* - المواد : $f_{c28}$ ; $f_e$ .
$i = \sqrt{\frac{I}{B}}$
λ ≤ 70
لا
طريقة جزافية غير مطبقة
λ ≤ 50
نعم
لا
$\alpha = 0.85 / 1+0.2(\lambda/35)^2$
$\alpha = 0.6 (\lambda/ 50)^2$
نوع المقطع
مستطيل
دائري
$B_r = (a-2) \times (b-2)$
$B_r = \pi (D-2)^2/4$
$A_{th} = [N_u/\alpha - B_r . f_{c28} / 0.9 . \gamma_b] \gamma_s / f_e$
$A_{min} = \max \{ A(4u) ; A(0.2\%B) \}$
$A_{s\,calc} = \sup \{ A_{th} ; A_{min} \}$ .

**تطبيـــــق:** لدينا عمود داخلي من الخرسانة المسلحة معرض لقوة انضغاط ناظمية مركزية على مقطع الخرسانة.

**المعطيات :** – الجهد الناظمي في حالة الحد النهائي $N_u = 0.85\ MN$

– مقطع العمود : ( $25\ cm \times 25\ cm$ ) .

– طول الانبعاج : $L_f = 320\ cm$

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

– التسليح من الفولاذ HA : $f_e = 400\ MPa$ ، $\gamma_s = 1.15$

– نصف الحمولات مطبقة قبل 90 يوم .

**المطلوب:** حدد تسليح هذا العمود . مع اقتراح رسما له .

**الحـــــل :**

* – حساب النحافة : $\lambda = 2\sqrt{3}\ \frac{L_f}{a} = 2\sqrt{3}\ \frac{320}{25}$ ومنه $= 44.34$

* – حساب المعامل $\alpha$ لما ( $\lambda < 50$ ) : $\alpha = 0.644$

* – التحميل قبل 90 يوم : $\alpha = 0.644 / 1.1 = 0.585$

* – المقطع المصغر للخرسانة : $B_r = 529\ cm^2$

* – حساب المقطع النظري : $A_{th} = 7.98\ cm^2$

* – حساب التسليح الأدنى :

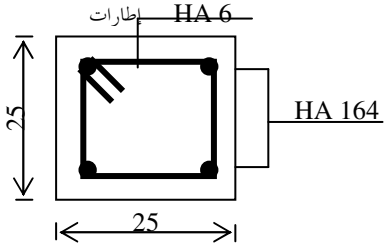
$u = 2\ (0.25 + 0.25) = 1.00\ m$

$A\ (4\ u) = 4 \times 1.00 = \mathbf{4.00\ cm^2}$

$A\ (0.2\ \%\ B) = 0.2 \times 25 \times 25 / 100 = \mathbf{1.25\ cm^2}$

$\mathbf{A_{min} = max\ (4.00\ ;\ 1.25) = 4.00\ cm^2}$

* – التسليح المحسوب :




$\mathbf{A_{s\ calc} = sup\ (7.98\ ;\ 4.00) = 7.98\ cm^2}$

* – التسليح الحقيقي: من جدول التسليح نختار **4 HA 16 ( $8.04\ cm^2$ )**

* – التسليح العرضي: –القطر: $\emptyset_t = \emptyset_L / 3 = 6\ mm$

–تباعد الإطارات: $S_t = min\ (15 \times 16\ ;\ 40\ ;\ 25 + 10) = 24\ cm$

–طول التشابك: $L_r \geq 24 \times 1.6 = 38.4\ cm$ , $L_r = 40\ cm$

–تباعد الإطارات فى التشابك : 3 إطارات بتباعد $12\ cm$

## 7–الانحناء البسيط:

### 7–1–تعريف:

تكون رافدة في إنحناء بسيط إذا كانت العناصرالمختزلةعلى يسارالمقطع تنحصر فى عزم الإنحناء (M) و الجهد القاطع (T).

إن تحديد المقاطع بالنسبة لعزم الإنحناء يكون في حالة الحد النهائي الأخير للمقاومة .

( Etat Limite Ultime de Résistance ) (E.L.U.R) .

ثم يجب مراقبة هذه المقاطع المحصل عليها , أنها تلائم شروط حالة حد التشغيل ( E.L.S ) بالنسبة للديمومة و التشوهات .

و أخيرا يجب توفير حد أدنى من التسليح لضمان شرط عدم الهشا شة .

## 7-2-حالة الحد النهائي الأخير للمقاومة:

حسب فرضيات حالة الحد النهائي (E.L.U)، يمكن الوصول اليه بطريقتين:

* ـ السيلان البلاستيكي للفولاذ :

التشوه في الفولاذ : $\varepsilon_s = 10\ ‰$ ← المدار A .

* ـ سحق الخرسانة :

التشوه في الخرسانة : $\varepsilon_{bc} = 3.5\ ‰$ ← المدار B .

### 7-2-1-حالة حد نهائي أخير في المدار A:

هذه الحالة مميزة بالتشوهات التالية :

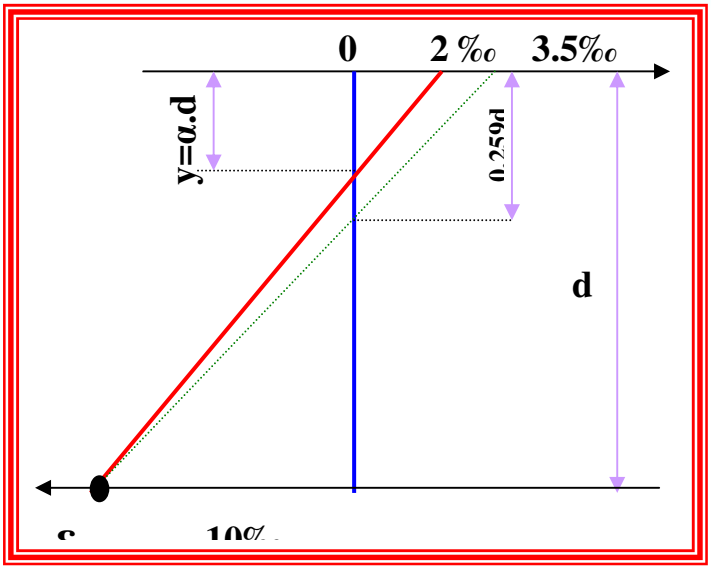
* $0 \leq \varepsilon_{bc} \leq 3.5\ ‰$

* $\varepsilon_s = 10\ ‰$

* $y = \alpha . d$

* $0 \leq \alpha \leq 0.259$

$\alpha$ : معامل يحدد وضعية المحور الحيادي في المقطع.




الشكل 10-

### 7-2-2-حالة الحد النهائي في المدار B:

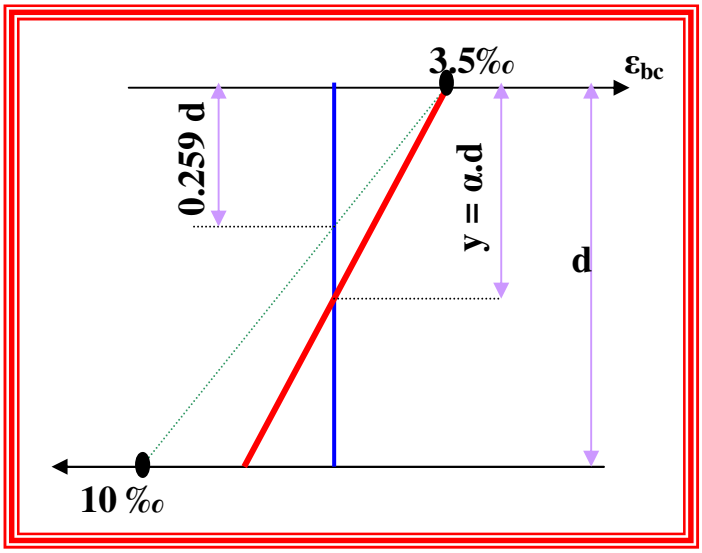
هذه الحالة مميزة بالتشوهات التالية :

* $\varepsilon_{bc} = 3.5\ ‰$

* $0 \leq \varepsilon_s \leq 10\ ‰$

* $y = \alpha . d$

* $0.259 \leq \alpha \leq 1$




الشكل 11-

### 7-2-3-الوضعيات الخاصة للمحور الحيادي:

* ـ حالة نهائية أخيرة مع :

* - $\varepsilon_s = 10\ ‰$

* - $\varepsilon_{bc} = 2\ ‰$

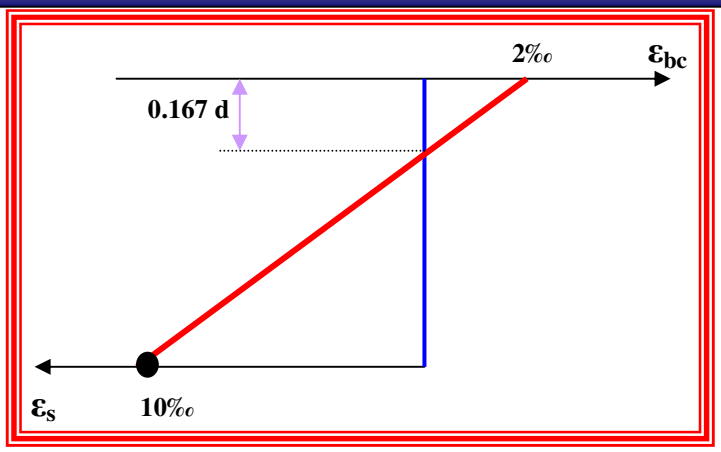

قلم الجزائر--
WWW.DZPEN.COM

$\alpha = 2 / ( 2 + 10 ) = 0.167$

لما $\alpha > 0.167$ ; $\varepsilon_{bc} > 2$ ‰ و $\sigma_{bc} < f_{bc}$.

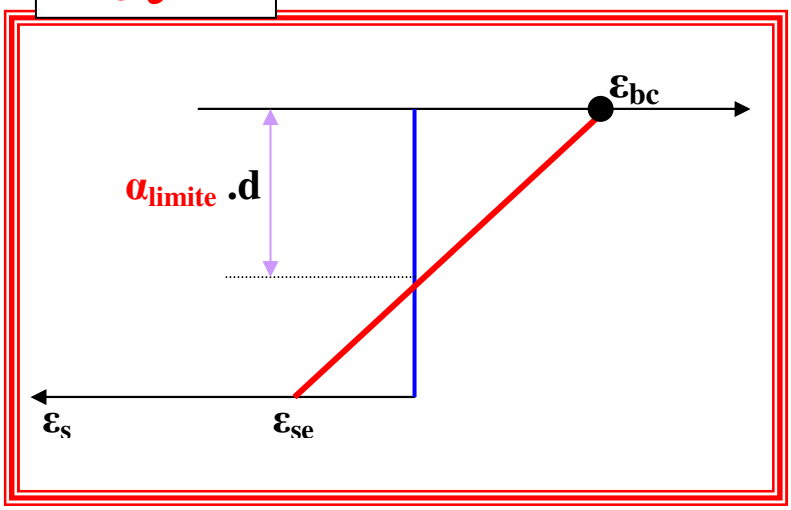
إذن: الخرسانة لا تعمل جيدا

أي: لدينا مقطع كبير من الخرسانة .




الشكل 12-

الشكل 13-




* ــ حالة الحد النهائي لما :

* - $\varepsilon_{bc} = 3.5$ ‰

* - $\varepsilon_s = \varepsilon_{se}$

ــ لما $\varepsilon_{bc} = 3.5$ ‰ و $\varepsilon_s = \varepsilon_{se}$ ; بالتالي وهي بدلالة نوع الفولاذ .

ــلما $\alpha_{limite} < \alpha$ ; $\varepsilon_{se} > \varepsilon_s$ ; $\sigma_s < f_e/\gamma_s$

**إذن : الفولاذ لا يعمل بصورة كافية .**

وهنا ثلاث حلول ممكنة:

*ــ إما الزيادة فى أبعاد مقطع الخرسانة. ( b أو h ) .

*ــ إما إستعمال خرسانة ذات مقاومة عالية .

*ــإما إضافة تسليح مضغوط ( $A' \neq 0$ ) .و هذا هو الحل الأكثر إقتصادا .

خصائص الفولاذ : قيم $\alpha_{limite}$ و $\mu_{limite}$

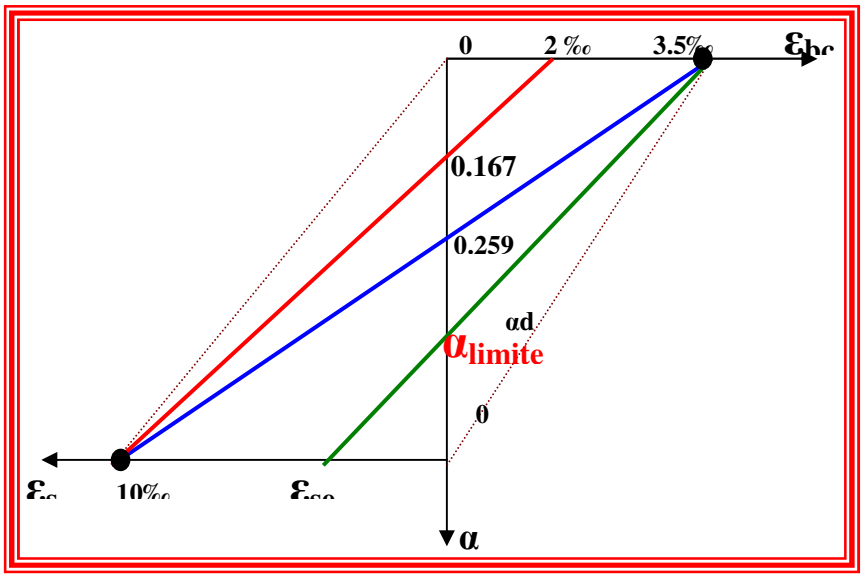
| صنف الفولاذ | الحالات الدائمة و العادية ( $\gamma_s = 1.15$ ) | | | | الحالات الإستثنائية ( $\gamma_s = 1$ ) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $f_e/\gamma_s$ MPa | $\varepsilon_{se}$ ‰ | $\alpha_{limite}$ | $\mu_{limite}$ | $f_e/\gamma_s$ MPa | $\varepsilon_{se}$ ‰ | $\alpha_{limite}$ | $\mu_{limite}$ |
| Fe E215 | 189 | 0.935 | 0.789 | 0.429 | 215 | 1.075 | 0.765 | 0.422 |
| Fe E235 | 204 | 1.022 | 0.774 | 0.425 | 235 | 1.175 | 0.749 | 0.418 |
| **Fe E400** | **348** | **1.739** | **0.668** | **0.391** | **400** | **2.000** | **0.636** | **0.379** |
| Fe E500 | 435 | 2.174 | 0.617 | 0.371 | 500 | 2.500 | 0.583 | 0.358 |

### 7-2-4-خلاصة عملية:

بعد حساب المعامل $\alpha$ ,يمكننا تحديد نوع الحد النهائي و نوع مخطط التشوهات وذلك بمقارنة هذه القيمة مع القيم الحدية المشار اليها سابقا .


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

| قيمة α | تحديد حالة الحد النهائي | $\varepsilon_s$ ‰ | $\varepsilon_{bc}$ ‰ | $\sigma_s$ | $\sigma_{bc\ max}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| أقل من 0.167 | الإنهيار البلاستيكي للفولاذ المدار A | 10 | أقل من 2 | $f_e/\gamma_s$ | أقل من $f_{bc}$ |
| 0.167 | | 10 | 2 | $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |
| 0.167 — 0.259 | | 10 | 2 —3.5 | $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |
| 0.259 | المدار A و B | 10 | 3.5 | $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |
| 0.295 _ $\alpha_{limite}$ | سحق الخرسانة المدار B | $\varepsilon_{se}$ -- 10 | 3.5 | $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |
| $\alpha_{limite}$ | | $\varepsilon_{se}$ | 3.5 | $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |
| $\alpha_{limite}$ أكبر من | | أصغر من $\varepsilon_{se}$ | 3.5 | أقل من $f_e/\gamma_s$ | $f_{bc}$ |




المجال الأكثر إقتصادا يناسب:

$0.167 \leq \alpha \leq 0.259$ .

*-لما α تؤول الى $\alpha_{limite}$ : لدينا مقطع صغير من الخرسانة مع تسليح كثير.

*-لما α تؤول الى 0.167: لدينا مقطع كبير من الخرسانة و تسليح قليل.

لدينا مقطع معرض إلى عزم إنحناء ($M_u$).

محصلات الإجهادات هي :

***الإنضغاط في الخرسانة:**

$$N_b = \int \sigma_b(y) \cdot b(y) \cdot dy$$

***الإنضغاط في الفولاذ :**

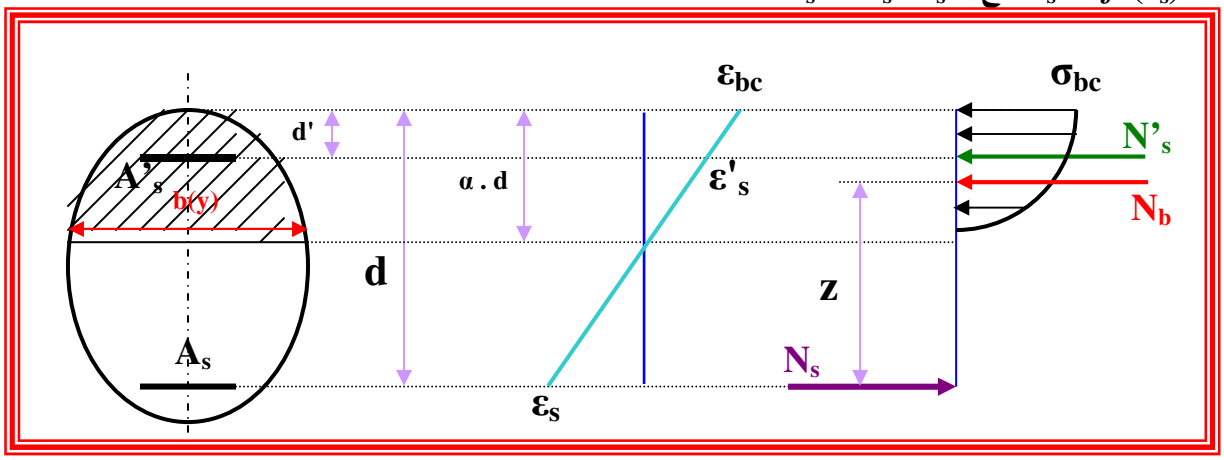
$$N'_s = A'_s \cdot \sigma'_s \text{ ,مع } \sigma'_s = f(\varepsilon'_s)$$

***الشد في الفولاذ:**

$$N_s = A_s \cdot \sigma_s \text{ ,مع } \sigma_s = f(\varepsilon_s)$$

الشكل -14-

الشكل -15-




معادلات التوازن نتحصل عليها بكتابة محصلة الإجهادات معدومة

ومجموع عزوم هذه المحصلات بالنسبة لـــ $A_s$ توازن العزم الخارجي : $M_u$

ـــمجموع القوى: $N_b + N'_s - N_s = 0$

ـــ مجموع العزوم: $M_u = Z \cdot N_b + (d - d') \cdot A'_s \cdot \sigma'_s$

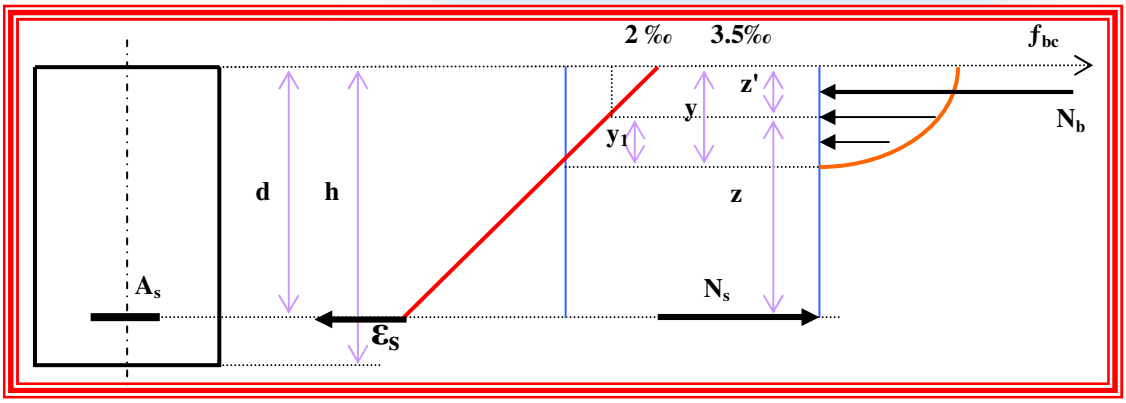


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 7-2-6-قطعة مستطيلة:

### 7-2-6-1-مقطع بدون تسليح مضغوط (A=0):

#### 7-2-6-1-1-حالة حد نهائي بسحق الخرسانة (المدار B):




الشكل 16-

$\varepsilon_{bc} = 3.5\ ‰$

$\sigma_{bc}$ تصل إلى $f_{bc}$ .

$$\varepsilon_s = \frac{(1-\alpha)\ ‰\ 3.5}{\alpha} \leq 10\ ‰$$

الإجهاد في الخرسانة: $\sigma_{bc} = f_{bc}$ في المجال $(y - y_1)$

ويتغير بشكل قطع مكافئ في المجال بين المحور الحيادي و $y_1 = 4y/7$

$$N_b = \int_0^{4v/7} b\,[0.25\,f_{bc}\,(3.5\ x/y)\,(4 - 3.5\ x/y)]\,dx + 3\,b\,y\,f_{bc}/7$$

$$N_b = 0.81\ b\ .\ y\ .f_{bc} = 0.81\ \alpha\ .\ d\ .b\ .f_{bc}$$

لحساب العزم يجب معرفة ذراع الرافعة $(Z = d - Z')$, المحصلة $(N_b)$ تمر من مركزثقل المخطط قطع مكافئ– مستطيل, وحساب موقعه يساوي:

$$Z' = 0.416\ .\ y$$

إذن من معادلات التوازن لدينا:

$$0.81\ \alpha\ .b\ .\ d\ .f_{bc} = A_s\ .\ \sigma_s$$

$$M_u = 0.81\ \alpha\ .b\ .d^2\ .f_{bc}\ (1 - 0.416\ \alpha)$$

نضع $\mu = \frac{M_u}{b.d^2.f_{bc}}$

حيث: $\mu$ : العزم النهائي المصغر

ومنه يصبح لدينا: $\mu = 0.81\ \alpha\ (1 - 0.416\ \alpha)$

أو: $\alpha = 1.202\ [1 - \sqrt{1-2.055\mu}]$

$\alpha \geq 0.259$ أي $\mu \geq 0.187$

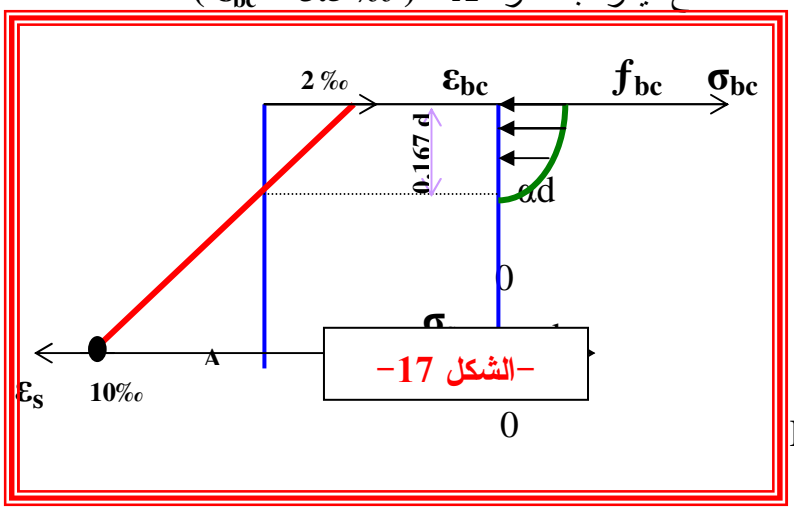

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

لما $\alpha = 0.259$ لدينا $\mu = 0.187$

ومنه يكون لدينا حالة الحد النهائي في المدار B لما:

### 7-2-1-6-2-حالة الحد النهائي بالسيلان البلاستيكي للفولاذ (المدار A):

إذا $\mu < 0.187$ مخطط التشوهات للمقطع يمر بالمدار A . ( $\varepsilon_{bc} < 3.5$ ‰ )




نفرض بادىء ذي بدء حالة الحد النهائي لما ‰ $\varepsilon_{bc} = 2$

معادلات التوازن للمقطع (القوى ثم العزوم) تكتب كما يلي:

$$\int b \cdot \sigma_{bc}(y).dy - A_s \sigma_s = 0$$

$$M_u = \int b \cdot \sigma_{bc}(y) \cdot (d - \alpha d + y)\, dy$$

بعد حساب التكاملات نتحصل على:

$$A_s \cdot \sigma_s = 0.667\ \alpha \cdot b \cdot d \cdot f_{bc}$$

$$M_u = 0.667\ b \cdot d^2 \cdot f_{bc}\ \alpha (1 - 0.375\ \alpha)$$

و نجد: $\mu = \dfrac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot f_{bc}} = 0.104$ .

ومنه نستنتج:

* لما $\mu > 0.104$ ; $\varepsilon_{bc} > 2$ ‰ ; $\sigma_{bc} < f_{bc}$

**و بالتالي الخرسانة غير مستعملة جيدا.**

*لما $0.104 \le \mu \le 0.187$ ; $2 \text{ ‰} \le \varepsilon_{bc} \le 3.5$ ‰ ; $\sigma_{bc} = f_{bc}$ .

**و منه الخرسانة مستعملة جيدا.**

في كل الحالات, معادلات التوازن للمقطع تكتب:

$$\psi_1 \alpha \cdot b \cdot d \cdot f_{bc} - A_s \cdot \sigma_s = 0$$

$$M_u = \psi_1 \alpha \cdot b \cdot d^2 \cdot f_{bc} (1 - \delta_1 \alpha)$$

$\psi_1$ : معامل الملء للمخطط قطع مكافئ – مستطيل

***إذا كانت $0 \le \alpha \le 0.167$ أو $0 \le \mu \le 0.104$ أي أننا في المدار A وبالتالي :**

***إذا كانت $0.167 \le \alpha \le 0.259$ أو $0.104 \le \mu \le 0.187$ إننا في المدار A و بالتالي:**

$$\psi_1 = \frac{(16\alpha - 1)}{15\alpha}$$

$$\mu = 1.14\alpha - 0.57\alpha^2 - 0.07$$

$$\alpha = 1 - \sqrt{0.8772\,(1 - 2\mu)}$$

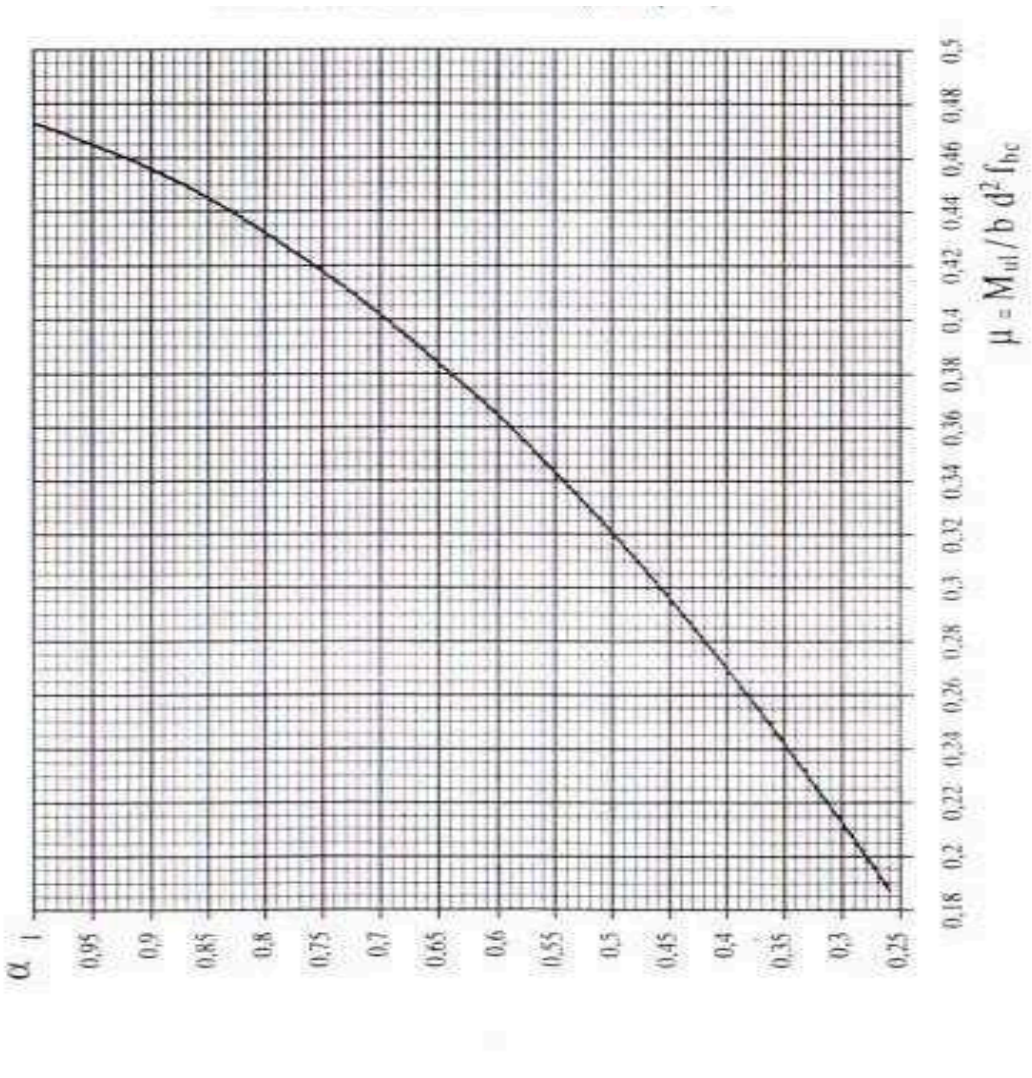
***إذا كانت $\alpha \ge 0.259$ أو $\mu \ge 0.187$ فإننا في المدار B وبالتالي:**

$$\alpha = 1.202\ [1 - \sqrt{1 - 2.055\ \mu}\ ]$$

$$\mu = 0.81\ \alpha\ (1 - 0.416\ \alpha)$$

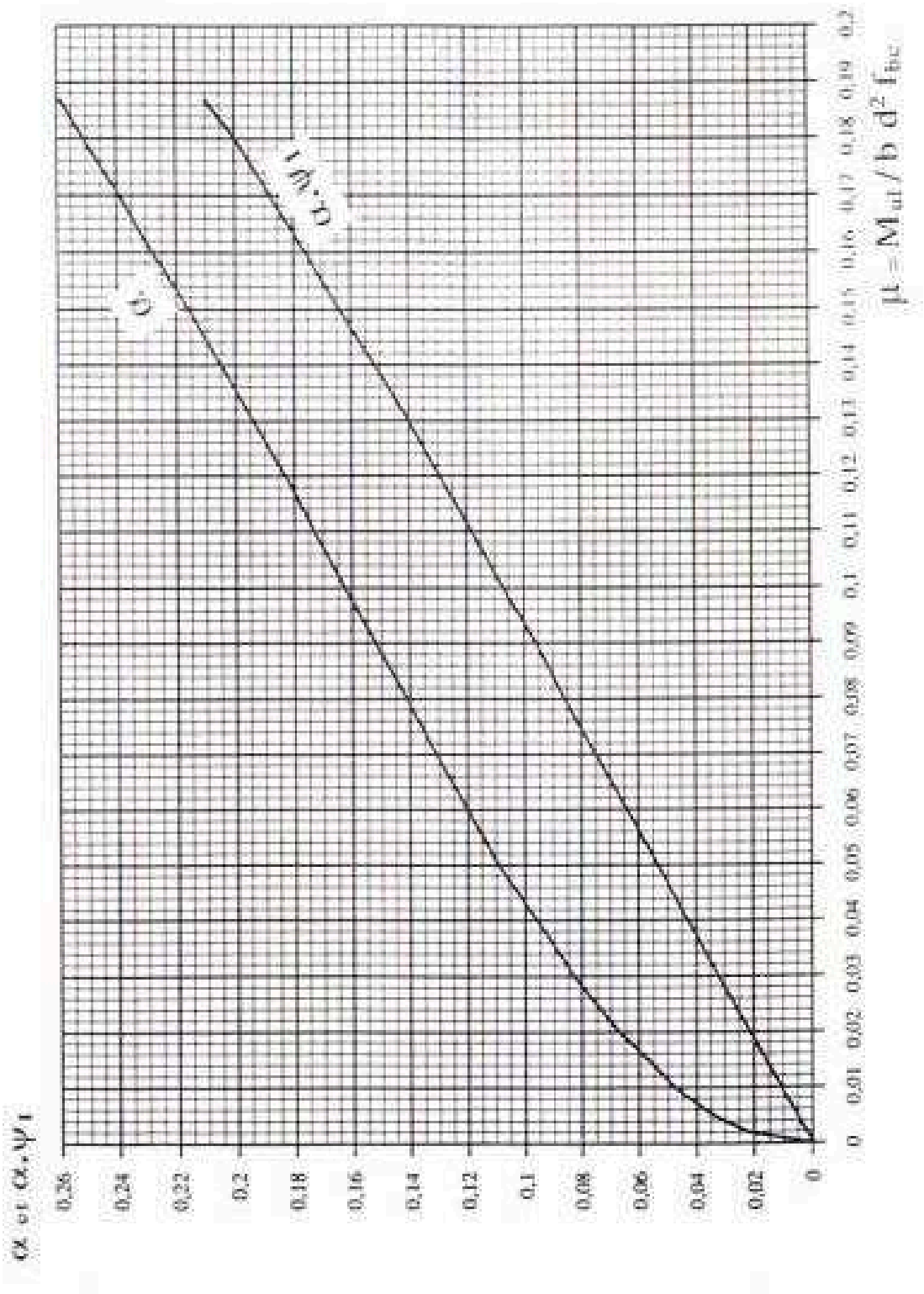

قلم الجزائر--
WWW.DZPEN.COM

منحنى α بدلالة μ B المدار :




-الشكل 17-

## منحنيات α و α . ψ1 بدلالة Aμ المدار :




الشكل 18 -

بعد حساب $\mu$ والتحقق من أنها محصورة بين 0.104 و0.187 نحدد $\alpha$ و$\psi_1$ باستعمال المنحنى ثم نحسب مقطع التسليح بالعلاقة التالية:

$$A_s = \psi_1 . b . d . f_{bc} \ / \ ( \ f_e/\gamma_s$$

**حساب تقريبي سريع : لما $\mu \leq 0.104$**

يعني أن الخرسانة غير مستعملة جيدا و لدينا :

$$A_s = \frac{1.07 M_u}{d . f_e/\gamma_s}$$

أو:

$$A_s = \frac{M_u}{0.93 d . f_e/\gamma_s}$$

## 7-2-6-1-3-استعمال مخطط مستطيل مبسط في المدار B:

لدينا التغيرات التالية: * $N_b$ تصغر نوعاما( عوض 0.81 يصبح لدينا 0.8 ).

* ذراع الرافعة Z يكبر, عوض ( d – 0.416y ) يصبح ( d – 0.4y ).

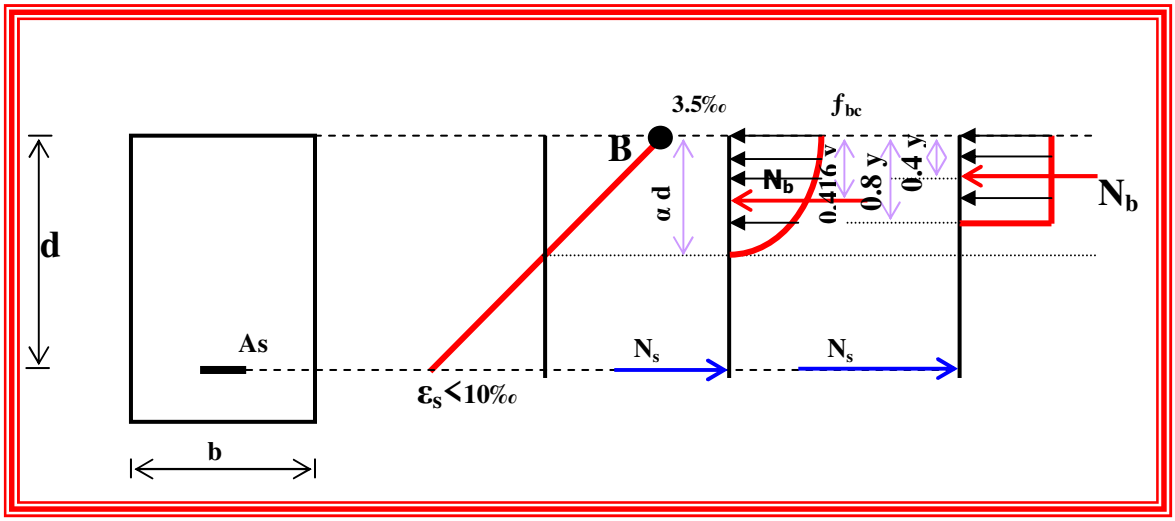
وتصبح معادلات التوازن: * $- 0.8 \ \alpha \ b . d . f_{bc} - A_s . \sigma_s = 0$

* $-M_u = 0.8 \ b . d^2 . f_{bc} . \alpha \ ( 1 - 0.4 \ \alpha )$

ومنه:

$$\mu = 0.8 \alpha ( 1 - 0.4 \alpha )$$

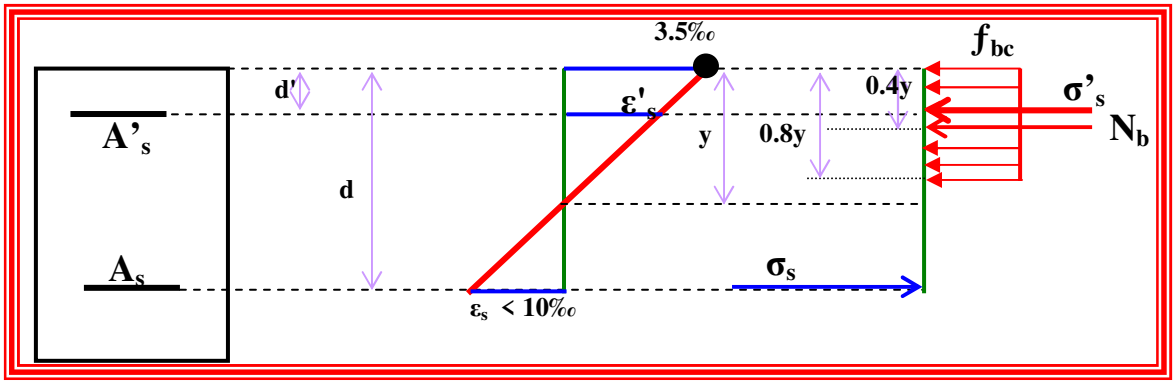
$$\alpha = 1.25 \ [ \ 1 - \sqrt{1 - 2 \mu} \ ]$$




الشكل 19 –

ويكون حساب مقطع التسليح بنفس الطريقة كإستعمال مخطط قطع مكافئ – مستطيل.

لما تكون $\mu < \mu_{limite}$ ، التسليح المشدود لا يعمل بصورة كافية، ولكن الخرسانة في حدها الأقصى، إذن نحن في المدار B وفي هذه الحالة نستعمل مخطط مستطيل مبسط .




الشكل 20 –

*التشوهات في التسليح المشدود :

$$\varepsilon_s = \frac{3.5‰ \ ( 1 - \alpha )}{\alpha}$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

*التشوهات في التسليح المضغوط : $\varepsilon'_s = \dfrac{3.5‰\ (1 - d')}{\alpha\ .\ d}$

وتستنتج الإجهادات في الفولاذ $\sigma_s$ و $\sigma'_s$. معادلات التوازن تكتب:

* $-0.8\ \alpha\ .\ b\ .\ d\ .\ f_{bc} + A'_s\ .\ \sigma'_s - A_s\ .\ \sigma_s = 0$

*$-M_u = 0.8\ \alpha\ .\ b\ .\ d^2\ f_{bc}\ (1 - 0.4\ \alpha) + A'_s\ .\ \sigma'_s\ (d - d')$

إذن: لد ينا معادلتين و ثلاث مجاهيل $A_s$ , $A'_s$ و $\alpha$.

يجب إيجاد $\alpha$ للحصول على ( $A_s + A'_s$ ) أصغر ما يمكن.

لما $\alpha = 0.69$ أي $\mu = 0.400$ . ومنه نستنتج التشوهات ثم الإجهادات.

*التسليح المشدود:

*التشوهات: $\varepsilon_s = 1.57_{25}\ ‰$

*الإجهادات: $\sigma_s = f_e/\gamma_s$ بالنسبة $Fe\ E_{215}$ و $Fe\ E_{235}$.

بالنسبة $Fe\ E_{400}$ و $Fe\ E_{500}$ . $\sigma_s = 314.5$ MPa

*التسليح المضغوط:

*التشوهات: $\varepsilon'_s = \dfrac{3.5‰\ (1 - d')}{0.69\ d}$

*الإجهادات: $\sigma'_s = f_e/\gamma_s$

*مقطع التسليح المضغوط : $A'_s = \dfrac{M_u - 0.4\ b\ .\ d^2\ .\ f_{bc}}{\sigma'_s\ (d - d')}$

*مقطع التسليح المشدود : $A_s = \dfrac{A'_s\ .\ \sigma'_s + 0.552\ b\ .\ d\ .\ f_{bc}}{\sigma_s}$

مع $\alpha_{limite}$ و $\mu_{limite}$ قيم مهمة بالنسبة للفولاذ $Fe\ E_{400}$ و $Fe\ E_{500}$ لما يكون مقطع التسليح مهما,

ويصبح لدينا : $\sigma_s = \sigma'_s = f_e/\gamma_s$

* $Fe\ E_{400}$ ← $A_s = A'_s + 0.534\ b\ .\ d\ .\ f_{bc} / 348$

* $Fe\ E_{500}$ ← $A_s = A'_s + 0.494\ b\ .\ d\ .\ f_{bc} / 435$ .

إن قوانين B.A.E.L تفرض:

*لمنع إنبعاج القضبان المضغوطة يجب أن تحاط بإطارات كل $15Ø_L$.

*قيمة عزم الإنحناء الذى يتحمله التسليح المضغوط يجب أن يكون أقل من 40 % من العزم الكلي ومنه:

$A'_s\ .\ \sigma'_s\ (d - d') < 0.4\ M_u$

وهذا محقق بـــ: $M_u - 0.4\ b\ .\ d^2\ .\ f_{bc} < 0.4\ M_u$

ومنه: $0.6\ M_u = 0.6\ \mu_{reel}\ b\ .\ d^2\ .\ f_{bc} < 0.4\ b\ .\ d^2\ .\ f_{bc}$

أي: $\mu_{reel} < 2/3$

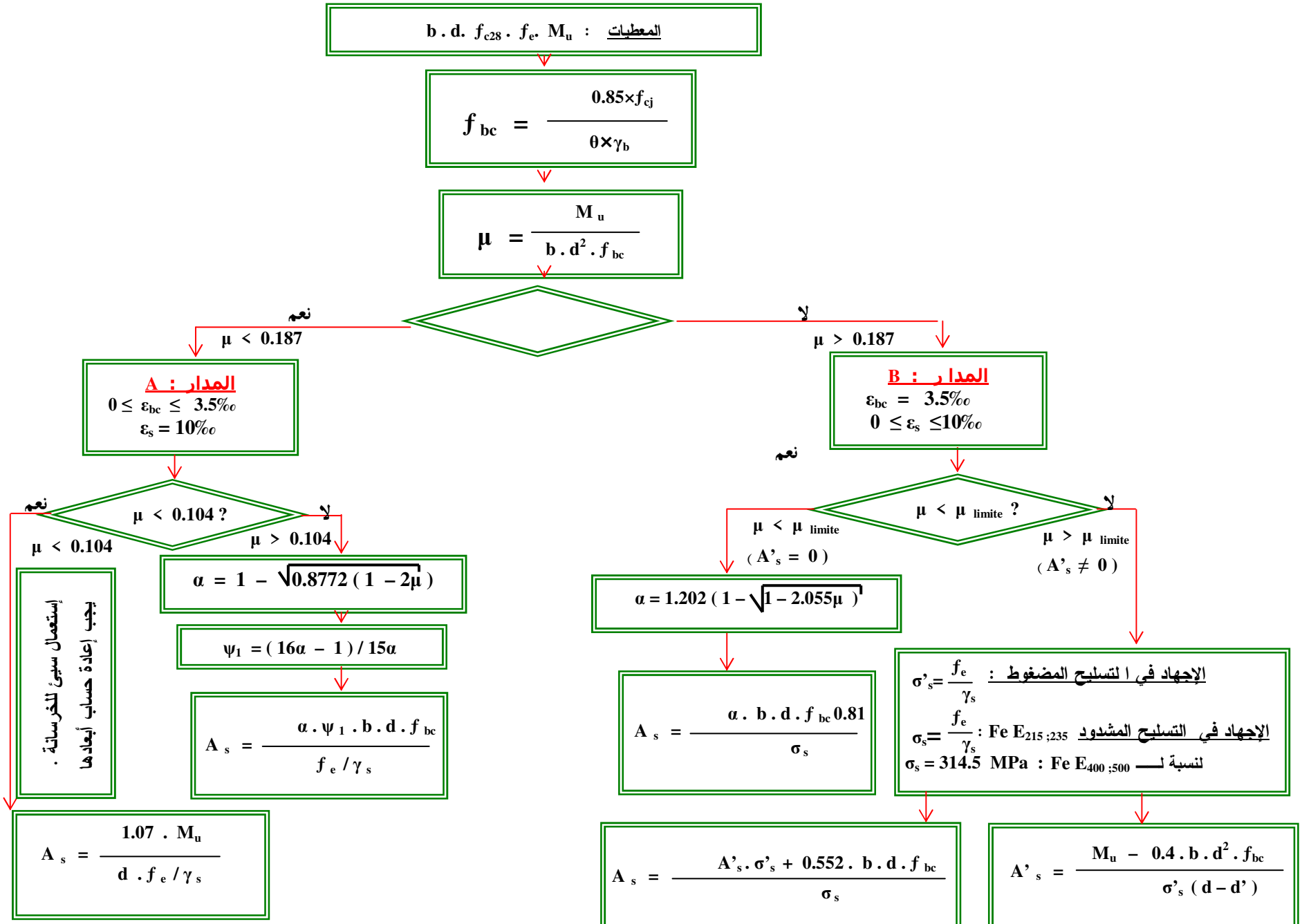
لما $\mu_{reel} > 2/3$ نأخذ $\mu_{calcul} = 0.6 \times \mu_{reel}$ لكي نحترم هذا الشرط .

إختيار التسليح : اختيار التسليح الحقيقي يفرض مراعاة مايلي:

* $A_{réel} \geq A_s$

* $A_{réel} \geq A_{min} = 0.23\ b.d.f_{tj} / f_e$.

حيث : $A_{min}$ : تسليح أدنى للمحافظة على شرط عدم الهشاشة .






قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**تطبيق 01:** لدينا رافدة من الخرسانة المسلحة.

**المعطيات :**- مقطع الرافدة : $d = 35\ cm$ ; $b = 18\ cm$ .

- التشققات غير ضارة .
- الخرسانة : $f_{c28} = 22\ MPa$
- الفولاذ : $f_e = 400\ MPa$ مع $\gamma_s = 1.15$
- التأثيرات : $M_u = 44100\ N.m$

**المطلوب** : حساب مقطع التسليح لهذه الرافدة .

**الحـــــل:**

*حساب إجهاد الإنضغاط في الخرسانة: $f_{bc} = 12.47\ MPa$

*حساب العزم النهائي المصغر: $\mu = 0.1604$ نلاحظ أن $\mu < 0.187$ وبالتالي نحن في المدار A حيث $\varepsilon_s = 10\ ‰$.

نحسب $\alpha = 0.2281$, ثم نحسب $\psi_1 = 0.7744$ ( كما يمكننا استخراجهما من المنحنى).

بالتعويض في العلاقة التالية: $A_s = \frac{\alpha . \psi_1 . b . d . f_{bc}}{f_e / \gamma_s}$ نتحصل على $A_s = 3.98\ cm^2$

**تطبيـــــق 02 :** نفس معطيات التطبيق ( 01 ) مع تغيير قيمة التأثيرات:

-التأثيرات: $M_u = 66150\ N.m$

**الحـــــل:**

*حساب إجهاد الإنضغاط في الخرسانة : $f_{bc} = 12.47\ MPa$

*حساب العزم النهائي المصغر: $\mu = 0.2406$ نلاحظ أن $\mu > 0.187$

وبالتالي نحن في المدار B حيث $\varepsilon_{bc} = 3.5\ ‰$.

نحسب $\alpha = 0.3496$ ( كما يمكننا استخراجهما من المنحنى).

وبالتعويض في العلاقة التالية : $A_s = \frac{\alpha . b . d . f_{bc} 0.81}{\sigma_s}$ نتحصل على $A_s = 6.39\ cm^2$

## 7-3-حالة الحد النهائي للتشغيل بالنسبة للديمومة:

العناصر من الخرسانة المسلحة المعرضة لعزم إنحناء بسيط, تكون عموما محسوبة في حالة حد التشغيل (E.L.S) في الحالات التالية:

*تشققات ضارة.

*تشققات ضارة جدا.

فيما يخص هذا الحد يجب القيام بالتحقيقات التالية:

*حالة حد نهائي لإنضغاط الخرسانة.

*حالة حد نهائي لإفتتاح التشققات.

هذه التحقيقات تترجم بتحديد الإجهادات فى الخرسانة والتسليح المشدود .

### 7-3-1-حساب الإجهادات في حالة حد التشغيل:

نعتبر أن الرافدة مكونة من مقطع متجانس, يحتوي على مقطع خرساني مضغوط و مقاطع فولاذ ( n ) مرة، مع $n = 15$ . وأخذ نفس مركز الثقل.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

### 7-3-2-حساب الإجهادات:

المقطع معرض إلى عزم التشغيل ( $M_{ser}$ )، الإجهاد على مسافة "x" من المحور الحيادي هو:

$$\sigma(x) = \frac{M_{ser}}{I} \cdot x \qquad \text{نضع:} \qquad K = \frac{M_{ser}}{I}$$

ويصبح لدينا: الإجهاد الأقصى في الخرسانة المضغوطة ( $x = y$ )

$$\sigma_{bc} = \frac{M_{ser}}{I} y = K \cdot y$$

الإجهاد الأقصى في الفولاذ المشدود: ( $x = d - y$ )

$$\sigma_s = n \cdot \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = K (d - y)$$

حيث : I : عزم العطالة بالنسبة لـــــ ( xx' ) .

**حالة قطعة مستطيلة :**

$$X_{Gbc} = y/2$$

$$B_c = y \cdot b$$

ومنه: $b \cdot y^2/2 + n.A'_s.(y - d') - n.A_s.(d - y) = 0$

y : هو حل للمعادلة من الدرجة الثانية التالية:

$$b \cdot y^2 + 30 (A_s + A'_s) \cdot y - 30 (d.A_s + d' \cdot A'_s) = 0$$

**ثم نحسب عزم العطالة I :**

$$I = b \cdot y^3/3 + 15 [ A_s \cdot (d - y)^2 + A'_s \cdot (y - d')^2 ]$$

**مراقبة الإجهادات في حالة حد التشغيل:**

إجهادات التشغيل يجب أن لا تتجاوز:

*في الخرسانة: $\sigma_{bc} \leq \overline{\sigma_{bc}} = 0.6 f_{cj}$

*في الفولاذ المشدود : $\sigma_s \leq \overline{\sigma_s}$

-تشققات غير ضارة: ليس هناك حد .

-تشققات ضارة: $\overline{\sigma_s} = \min \left\{ 2/3 f_e ; \text{Max} (240 \text{ MPa} ; 110\sqrt{\eta f_{tj}}) \right\}$

- تشققات ضارة جدا : $\overline{\sigma_s} = \min \left\{ 1/2 f_e ; \text{Max} (200 \text{ MPa} ; 90\sqrt{\eta f_{tj}}) \right\}$

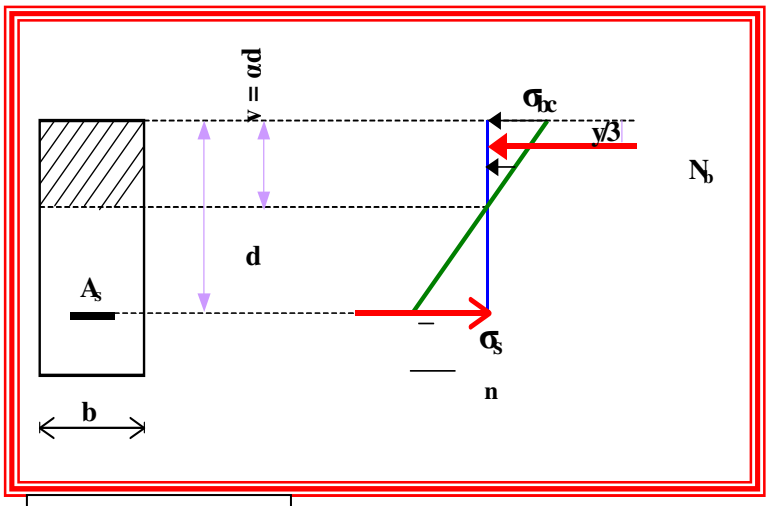
### 7-3-3-حساب المقاطع لما يكون حد التشغيل هو الأكثر إحراجا:

لما يتم حساب المقطع في حالة الحد النهائي الأخير, والتحقيق بحالة حد التشغيل ليس مضمونا يجب إعادة تحديد المقطع في حالة حد التشغيل.

#### 7-3-3-1-حالة مقطع مستطيل:

*شرط إنضغاط الخرسانة مضمون، وشرط التشققات غير مضمون.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




الشكل -21-

إذا شرط $\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s$ لم يكن محقق يجب إعادة حساب مقطع التسليح المشدود $A_s$ بإفتراض أن التسليح يعمل في أقصى حد ممكن أي في إجهاد التشغيل $(\bar{\sigma}_s)$.

معادلات التوازن تصبح:

$$\frac{b \cdot y \cdot \sigma_{bc}}{2} = A_s \cdot \bar{\sigma}_s$$

$M_{ser} = b \cdot y \cdot \sigma_{bc} \cdot (d - y/3) / 2$ يوجد ثلاث مجاهيل $y$ , $\sigma_{bc}$ و $A_s$ , مخطط الاجهادات يعطينا:

بحل هذه المعادلات الثلاث نتحصل على معادلة من الدرجة الثالثة لـــ $\alpha$ :

$$\sigma_{bc} = \frac{\alpha}{(1 - \alpha)} \times \frac{\bar{\sigma}_s}{n}$$

$$\bar{\sigma}_s \cdot \alpha^3 - 3 \cdot \bar{\sigma}_s \cdot \alpha^2 - \frac{6 \cdot n \cdot M_{ser}}{b \cdot d^2} \cdot \alpha + \frac{6 \cdot n \cdot M_{ser}}{b \cdot d^2} = 0$$

الحل الأفضل لما: $0 \leq \alpha \leq 1$

نتحصل على $\alpha$ من المنحنى $\alpha = f(\mu)$ , بعد أن نحسب $\mu = \frac{30\, M_{ser}}{b \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_s}$

بعد الحصول على $\alpha$ نحسب $\sigma_{bc}$ :

$$\sigma_{bc} = \frac{\bar{\sigma}_s}{n} \times \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

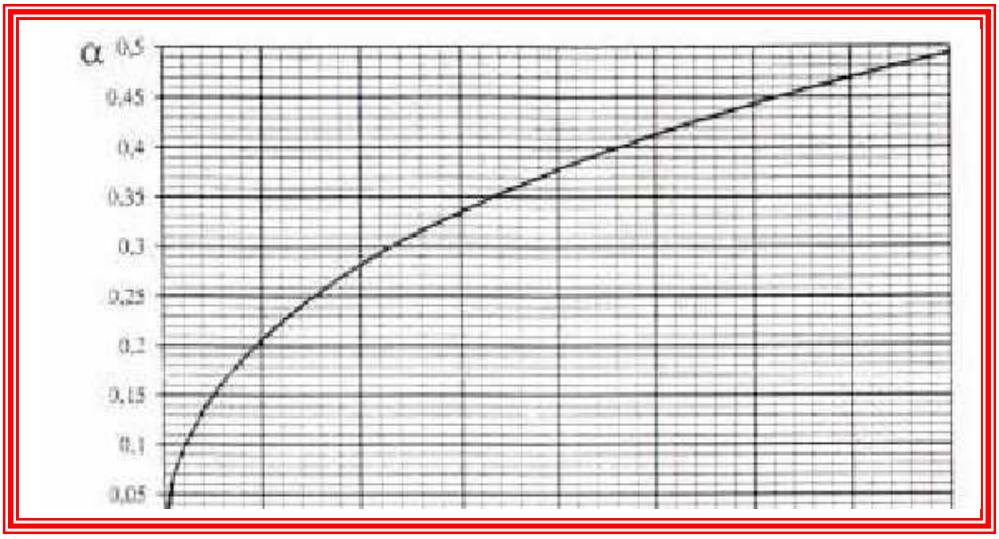
نتحقق من: $\sigma_{bc} \leq 0.6\, f_{cj}$

بعد ذلك نتحصل على :

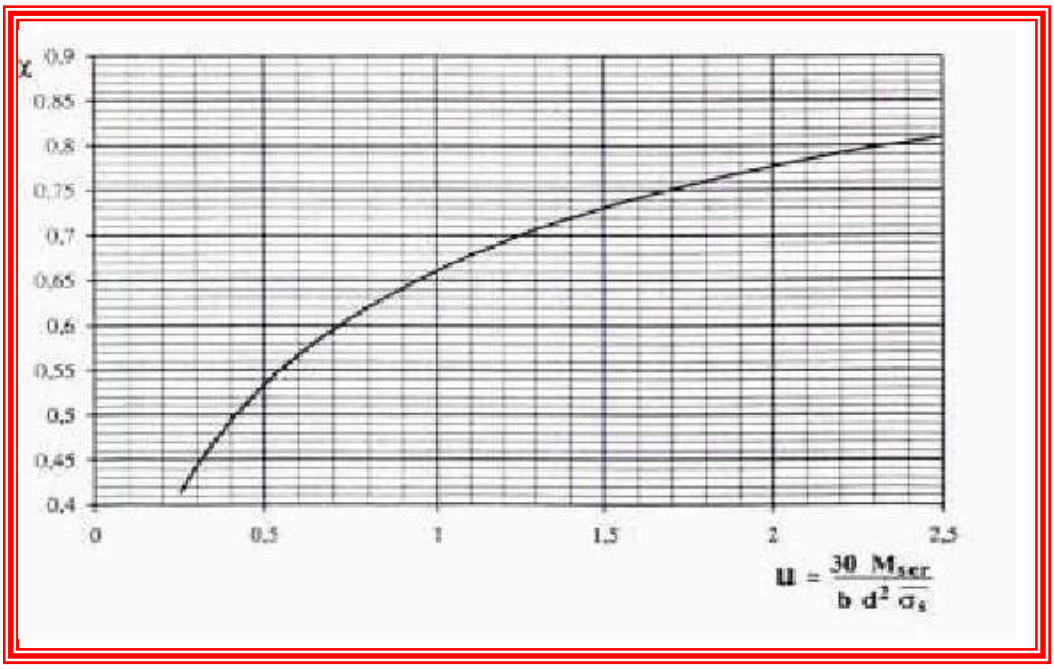
$$A_s = \frac{b \cdot d \cdot \alpha^2}{30\,(1 - \alpha)} = \frac{\alpha \cdot b \cdot d \cdot \sigma_{bc}}{2 \cdot \bar{\sigma}_s}$$

**من المخطط التالي نتحصل على مختلف القيم لـــ $\alpha$ :**

**منحنيي $\alpha = f(\mu)$ لتحديد مقطع التسليح في حالة حد التشغيل ( E.L.S )**




الشكل -22-




-الشكل 23-

***شرط إنضغاط الخرسانة ليس محقق:**

في هذه الحالة نعيد تحديد أبعاد مقطع الخرسانة أو نضيف تسليح مضغوط.

***تحديد أبعاد مقطع الخرسانة:**

للحصول على الإرتفاع الأدنى نشغل المادتين الى أقصاهما $\sigma_s$ و $\sigma_{bc} = 0{,}6\ f_{cj}$ .

وضعية المحور الحيادي:

$$\frac{\bar{\sigma}_{bc}}{\bar{\sigma}_s / n} = \frac{0.6\ .\ f_{cj}}{\bar{\sigma}_s / n} = \frac{\alpha}{\alpha - 1}$$

أي:

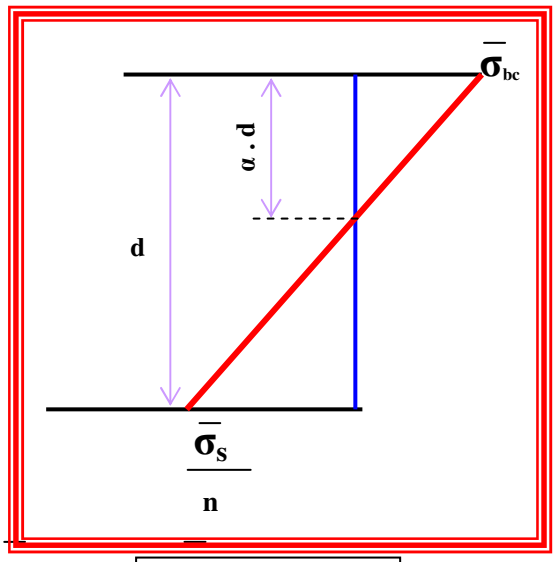
$$\alpha = \frac{9\ f_{cj}}{9\ f_{cj} + \bar{\sigma}_s}$$

بتوازن المقطع لدينا:

$$M_{ser} = 0{,}5.\ b\ .\ d\ .\ \alpha\ .\ 0{,}6.\ f_{cj}\ .\ d\ (1 - \alpha/3)$$

$$= b\ .\ d^2\ .\ f_{cj}\ .\ \alpha\ .(\ 3 - \alpha\ )\ /\ 10$$

$$\frac{10\ M_{ser}}{b\ .\ d^2} = \alpha\ (\ 3 - \alpha\ )\ f_{cj}$$




-الشكل 24-

ومقطع التسليح يساوي:

$$A_s = \frac{0.3\ \alpha.\ b\ .d.\ f_{cj}}{\bar{\sigma}_s}$$

***إضافة تسليح مضغوط:**

لد ينا أبعاد مقطع الخرسانة.

العزم المتحمل من طرف الخرسانة المضغوطة بدون التسليح يساوي:

$$M_{bc} = 0.5\ \sigma_{bc}\ .\ b\ .\ d\ .\ \alpha\ .\ d\ (\ 1 - \alpha/3)$$

أي: $M_{bc} = 0.1\, f_{cj} . \alpha ( 3 - \alpha ) b . d^2$

مع: $\alpha = \dfrac{9\, f_{cj}}{9\, f_{cj} + \overline{\sigma}_s}$

التسليح المضغوط يجب أن يتحمل العزم المتبقى

$$M'_s = M_{ser} - M_{bc} .$$

ويصبح مقطع التسليح المضغوط: $A'_s = \dfrac{M'_s}{\sigma'_s ( d - d' )}$

مع $\sigma'_s = n\, 0.6_{cj} ( y - d' ) / y$

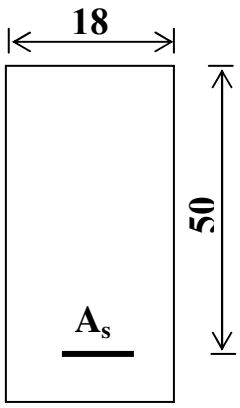
ومنه: $\sigma'_s = 9\, f_{cj} . ( 1 - d'/\alpha d )$

$$A'_s = \frac{M_{ser} - M_{bc}}{\sigma'_s ( d - d' )}$$

و

$$A_s = \frac{A'_s . \sigma'_s + 0.3\, \alpha . b . d . f_{cj}}{\overline{\sigma}_s}$$

**تطبيق:** لدينا رافدة من الخرسانة المسلحة مقطعها كما في الشكل التالي:




**المعطيات:**

- المواد : الخرسانة : $f_{c28} = 30$ MPa
  الفولاذ : HA Fe E 500
- التشققات ضارة .
- عزم الانحناء : $M_{ser} = 0.057$ MN.m
- مقطع التسليح : $A_s = 3$ HA 16 ( 6.03 $cm^2$ )

**المطلوب:** حساب الاجهادات في حالة ( E.L.S ) .

**الحـــــل:**

1 – حساب الاجهادات :

*حساب المحور الحيادي : من المعادلة التالية: $b . y^2/2 - n.A_s .( d - y ) = 0$

$$9\, y^2 - 90.45 ( 50 - y ) = 0$$

$$y = 17.95 \text{ cm}$$

*حساب عزم العطالة: $I_x$

$$I_x = b . y^3/3 + 15 [ A_s . ( d - y )^2 + ]$$

$$I_x = 18 \times 17.95^3/ 3 + 15 \times 6.03 ( 50 - 17.95 )^2$$

$$I_x = 127612 \text{ cm}^4$$

*إجهاد الخرسانة المضغوطة: $\sigma_{bc} = \dfrac{M_{ser}}{I} \times y = 8.017$ MPa

$\overline{\sigma}_{bc} = 0.6\, f_{c28} = 18$ MPa

$\overline{\sigma}_{bc} < \sigma_{bc}$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

* – الاجهاد في الفولاذ المشدود :

$$\sigma_s = n \cdot \frac{M_{ser}}{I} (d - y) = 214.74 \text{ MPa}$$

بما أن التشققات ضارة فإن : $\bar{\sigma}_s$

$$\bar{\sigma}_s = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e \; ; \; \max (240 \text{ MPa} \; ; 110 \sqrt{\eta \, f_{tj}}) \right\}$$

$$\bar{\sigma}_s = 216 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s < \bar{\sigma}_s$$

*مراقبة النتائج:

توازن القوى الناظمية في الخرسانة و الفولاذ المشدود :

$$N_{bc} = \sigma_{bc} \cdot b \cdot y / 2 = 8.017 \times 0.18 \times 0.1795 / 2 = 0.1295 \text{ MN}$$

$$N_s = \sigma_s \cdot A_s = 214.74 \times 6.03 \, 10^{-4} = 0.1295 \text{ MN}$$

توازن العزوم :

$$M_{ser} = N_{bc} \times (d - y/3) = 0.1295 \times 44.017 \times 10^{-2} = 0.057 \text{ MN.m}$$

إذن : يوجد توازن بين العزوم الخارجية و الداخلية .

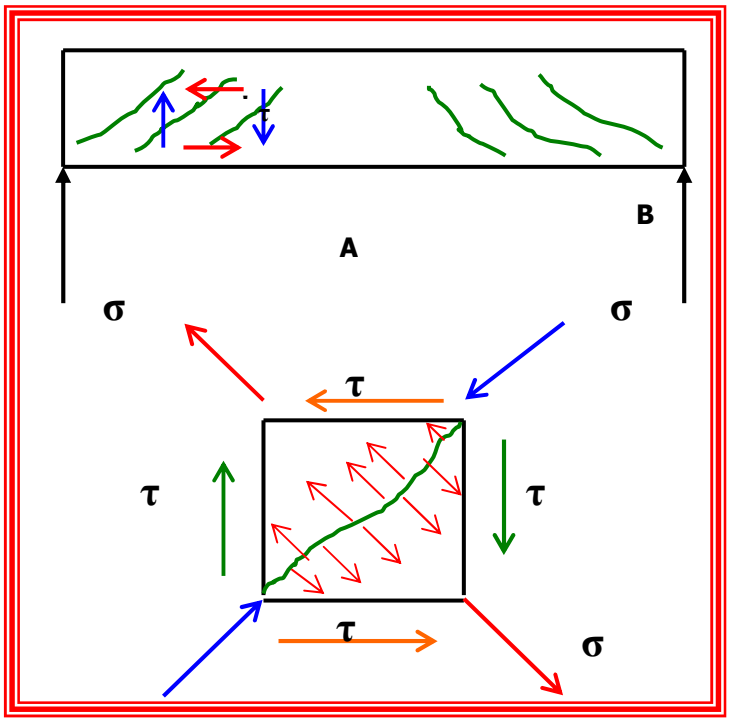
## 8-تبرير المقاطع المعرضة لتحريضات مماسية:

### 8-1-مقدمة:

إن دراسه عزم الإنحناء يحدد لنا أبعاد مقطع الخرسانة, (عرض الرافدة وإرتفاعها )، والتسليح الطولي. ودراسة الجهد القاطع يسمح لنا بمراقبة سمك عصب الرافدة وتحديد التسليح العرضي.

### 8-2-تعريف الجهد القاطع:

يكون الجهد القاطع أعظمي عند المساند, وتحتوي إجهادات مماسية شاقولية وأخرى أفقية. وإجهادات ناظمية قطرية شادة تؤدي إلى ظهور تشققات.




-الشكل 25-

يكون حساب الجهد القاطع ( $V_u$ ) دائما في حالة الحد النهائي ( E.L.U ) حيث يكون ترتيب الحمولات كالتالي:

**1.35 G + 1.5 Q**

## 8-3-الإجهاد المماسي الاصطلاحي:

حيث:

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0.d}$$

$\tau_u$ : الإجهاد المماسي الإصطلاحي ووحدته ( MPa ) أو ( bar ).
$V_u$ : الجهد القاطع ووحدته ( MN ) أو ( daN ).
$b_o$ : عرض الرافدة ووحدته ( m ) أو ( cm ) .
d : الإرتفاع اللا زم للرافدة ووحدته ( m ) أو ( cm ) .

## 8-4-الإجهاد المماسي النهائي:

إن تحديد الإجهاد المماسي النهائي ( $\tau_u$ ) يكون حسب الحالات التالية:

*حالة التسليح العرضي قائم ( $\alpha = 90°$ ) .

-تشققات غير ضارة: $\tau_{u.} = \min ( 0.20 f_{cj} / \gamma_b \ 5\ MPa )$

-تشققات ضارة او ضارة جدا: $\tau_{u.} = \min ( 0.15 f_{cj} / \gamma_b \ ; 4\ MPa )$

*حالة التسليح العرضي مائل بزاوية ( $\alpha = 45°$ ) .

$\tau_{u.} = \min ( 0.27 f_{cj} \ \gamma_b / \ ; 7\ MPa )$

## 8-5-التسليح العرضي لرافدة:

*تحديد التسليح العرضي:

$$\frac{A_t}{b_0.S_t} \geq \frac{\gamma_s(\tau_u - 0.6 f_{tj}.k)}{0.9 f_e(\cos\alpha + \sin\alpha)}$$

حيث: $A_t$ : مقطع التسليح العرضي.
$S_t$: التباعد المتتالي بين التسليح العرضي.
$f_{tj}$ : إجهاد الشد في الخرسانة في ( J = 28 ) يوم.
k: معامل و يساوي:
k = 0 في حالة إستئناف في صب الخرسانة , أو حالة تشققات ضارة جدا.
k = 1 في حالة إنحناء بسيط و بدون إستئناف في صب الخرسانة.

*تباعد التسليح العرضي في الحالات العادية:

مع: $\alpha = 90°$

$k = 1$

$A_t$ : معروفة (مقطع الإطارات و المشابك).

$$S_t \leq \frac{0.9.A_t.f}{\gamma_2.b_0(\tau_u - 0.3 f_{ej})}$$

*طريقة ( Caquot) للتحديد التطبيقي أو العملي للتباعد :

-شروط تطبيق هذه الطريقة :

-الحمولات موزعة بانتظام.
-مقطع الرافدة ثابت.
-حالة الإنحناء البسيط مع (k =1).


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**-الخطوات المتبعة:**

-حساب التباعد $S_t$ عند المسند مع العلم أن $A_t$ محددة مسبقا.

-وضعية أول إطار على مسافة $\frac{S_t}{2}$ من المسند .

-التباعدات التالية تأخذ القيم الآتية بالسنتمتر: 7 , 8 , 9 , 10 , 11 , 13 , 16 , 20 , 25 , 35 , 40. كل قيمة للتباعد تكرر حسب عدد الأمتار الموجود في نصف مدى الرافدة.

## 8-6-وضعيات الإنجاز الدنيا:

***تباعد الإطارات:**

**-التباعد الأقصى ($S_{t\,max}$):**

$$S_t \leq \min ( 0.9\,d ;\ 40\ cm )$$

**- التباعد عند المساند ( $\bar{S}_t$ ):**

$$\bar{S}_t \leq \frac{A_t \cdot f_e}{0.4 \cdot b_0}$$

**- قطر التسليح الأدنى:**

$$\emptyset_t \leq \min ( h/35 ;\ b_0/10 ;\ \emptyset_L )$$

**تطبيـــــق:** لدينا رافدة ذات مقطع مستطيل (20cm × 45cm), وطولها 5.80m و $d = 41\ cm$.

**المعطيات** : - المسندين بسيطين في A و B .

- الحمولات موزعة بانتظام: *الدائمة $G = 18.5\ KN / m$

*التشغيل $Q = 4.6\ KN / m$

- التسليح الطولي: $A_s = 2\ HA\ 16 + 1\ HA\ 12$

- التسليح العرضي قائم ( $\alpha = 90°$ ) .

- الاطارات ذات قطر 6 mm. والفولاذ $Fe\ E_{215}$

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

- لا يوجد انقطاع في صب الخرسانة.

-التشققات غير ضارة .

**المطلوب:** 1 )حساب الاجهاد المماسي.

2 ) حساب التباعد بين الاطارات.

3 ) تحقق من وضعيات الإنجاز لهذه الرافدة.

4 ) مراقبة وضعيات الإنجاز الدنيا.

**الحـــــل:**

**1 )حساب الجهد القاطع في المسند ( A ) أو ( B ) :**

$V_A = V_B = ( 1.35\ G + 1.5\ Q )\ L/2 = 92.438\ KN$ .

*الاجهاد المماسي: $\tau_u = 92.438\ 10^{-3} / ( 0.20 \times 0.41 ) = 1.127\ MPa$

*الاجهاد المماسي النهائي: $\tau_u = 4\ MPa$

**2 )اجهاد الشد في الخرسانة:** $f_{t28} = 2.4\ MPa$

*مقطع التسليح العرضي: $A_t = 2\ \emptyset\ 6 = 0.57\ cm^2$

*أول إطار نضعه على بعد $S_t / 2$ من المسند .

*حساب التباعد :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نأخذ $S_t \leq (0.9 \times 0.57 \times 10^{-4} \times 215) / (1.15 \times 0.20) \times (1.127 - 0.3 \times 2.4) \leq 11.78$ cm

$S_t = 11$ cm وتكون وضعية أول إطار بـــ 6 cm من حافة المسند.

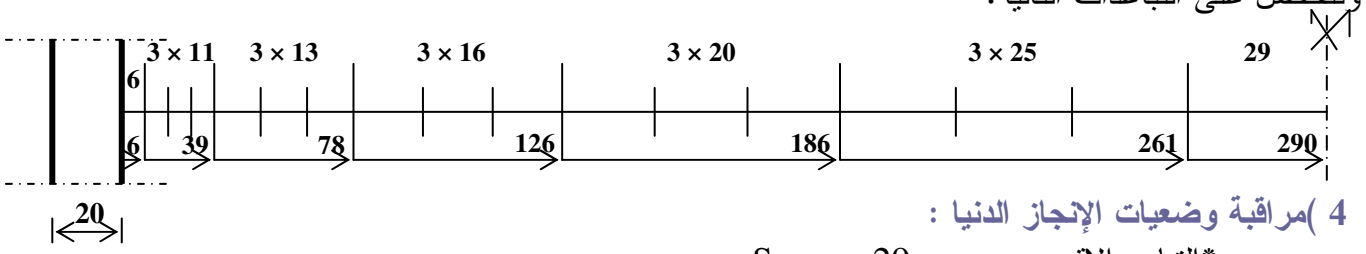
### 3 )ترتيب الإطارات حسب طريقة ( Caquot ) :

أول إطار : $S_t / 2 = 6$ cm

العدد الصحيح في نصف مدى الرافدة : 3

إختيار التباعدات: 6cm ، 3 ×11 cm، 3 ×13 cm، 3 ×16 cm، 3 × 20 cm، 3 × 25cm

ونتحصل على التباعدات التالية:




### 4 )مراقبة وضعيات الإنجاز الدنيا :

*التباعد الاقصى : $S_{t\,max} = 29$ cm

$0.9\,d = 0.9 \times 41 = 36.9$ cm

باستعمال العلاقة التالية: $S_t \leq \min(0.9\,d\ ;\ 40\ \text{cm})$ أي $S_t \leq \min(36\ \text{cm}\ ;\ 40\ \text{cm})$

إذن: $S_{t\,max} < 36.9$ cm

*التباعد عند المساند:

باستعمال العلاقة التالية: $S_t \leq \dfrac{A_t \cdot f_e}{0.4 \cdot b_0}$ يصبح لدينا: $S_t \leq \dfrac{0.57 \times 215}{0.4 \times 20} = 15.31$ cm

إذن : $S_t = 11$cm ملائمة.

*قطر التسليح الأدنى:

بالاستعمال العلاقة التالية:

$\Ø_t \leq \min(h/35\ ;\ b_0/10\ ;\ \Ø_L)$ أي $\Ø_t \leq \min(410/35\ ;\ 200/10\ ;\ 16)$

$\Ø_t \leq \min(11.71\ ;\ 20\ ;\ 16)$ أي $\Ø_t = 6$ mm ملائمة .

## 9-الوحدات والرموز :

### 9-1-الرموز :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

A أو $A_s$ : مساحة مقطع التسليح المشدود.
A' أو $A'_s$ : مساحة مقطع التسليح لمضغوط.
$A_t$ : مساحة مقطع التسليح العرضى.
B : مساحة مقطع خرسانى .
D : القطر .
E : معامل المرونة الطولى .
F : قوة أو تأثير عام .
G : مجموع الحمولات الدائمة .
I : عزم العطالة .
L : طول أو مدى .
M : عزم انحناء .
$M_u$ : عزم نهائى أو أخير .
$M_{ser}$ : عزم التشغيل أوالإستعمال .
N : جهد ناظمى .
Q : مجموع حمولات التشغيل أو الإستعمال .
R : ردود أفعال المساند .
S : عزم سكونى .
V : جهد قاطع .
$V_u$ : جهد قاطع نهائى أو أخير .
a: بُعد و عموما طول قطعة .
b : بُعد عرضى ( عرض أو سمك قطعة .)
$b_0$ : عرض لقطعة مستطيلة .
cg : قطر الحبيبات .
d : الطول اللازم.
d' : البعد بين التسليح المضغوط و الليفة الاكثر انضغاط.
e : لا مركزية القوة بالنسبة لمركز ثقلها .
$f_e$ : حد المرونة للفولاذ .
$f_{cj}$ : المقاومة الخاصة بالانضغاط للخرسانة ذات عمر "J" يوم .
$f_{tj}$ : المقاومة الخاصة بالشد للخرسانة ذات عمر "J" يوم.
$f_{c28}, f_{t28}$ : نفس القيم لما J=28 يوم.
h : الارتفاع الكلى لقطعة من الخرسانة المسلحة.

ι : نصف قطر الدوران لقطعة.
j : عدد الايام.
L : طول أو مدى.
$l_f$ : طول التحدب أو الإنبعاج.
$l_s$ : طول الإنغراس.
n : معامل التكافؤ فولاذ ــ خرسانة.
s : تباعد بين التسليح.
$S_t$ : تباعد بين التسليح العرضى.
u : المحيط.
y : عمق المحور الحيادى.
z : ذراع الرافعة.
α : ( alpha ) : زاوية أو معامل بدون وحدة.
γ : ( gamma ) : معامل الامان.
$\gamma_b$ : معامل الأمان للخرسانة.
$\gamma_s$ : معامل الأمان للفولاذ.
ε : ( épsilon ) : تشوه نسبى.
$\varepsilon_{bc}$ : تقلص نسبى للخرسانة المضغوطة.
$\varepsilon_s$ : تمدد نسبى للفولاذ المشدود .
$\acute{\varepsilon}_s$ : تقلص نسبى للفولاذ المضغوط .
η : ( éta ) : معامل التشقق بالنسبة للتسليح.
θ : ( téta ) : معامل بدون وحدة.
λ : ( lambda ) : النحافة لقطعة مضغوطة.
μ : ( muh ) : معامل العزم المصغر.
σ : ( sigma ) : إجهاد ناظمى.
$\sigma_{bc}$ : إجهاد إنضغاط فى الخرسانة.
$\sigma_{sc}$ , $\sigma'_s$ أو $\sigma_{st}$ , $\sigma_s$ : إجهاد شد , ضغط فى الفولاذ
τ : ( to ) : إجهاد مماسى للقص .
Ø : ( phi ) : قطر قضبان التسليح .


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**تمرين 01:**

نريد حساب مقاومة الخرسانة للانضغاط ذات عمر 15 يوما, علما أنها يجب أن تصل مقاومتها في 28 يوم : $f_{28} = 45\ MPa$ . مع معرفة مقاومتها للشد .

**تمرين 02:**

نريد حساب الاستطالة ($\varepsilon_s$) لقضيب معدني من النوع Fe E 400 تعرض لاجهاد $\sigma_s$ =348 MPa.

**تمرين 03:**

لدينا رافدة جانبية لبناية, مقاومة الخرسانة للانضغاط تساوي 25 MPa , نريد معرفة مقاومتها للشد .

**تمرين 04:**

لدينا كمرات لأساسات في وسط عدائي, مقاومة الانضغاط للخرسانة تساوي22 MPa والفولاذ المستعمل من النوع الأملس Fe $E_{235}$, المطلوب حساب اجهاد الشد للخرسانة والفولاذ في حالة حد التشغيل ( E.L.S ) .

**تمرين 05:**

لدينا شداد من الخرسانة المسلحة ذو مقطع ( 30 cm × 30 cm ), معرض لقوة شد ناظمية مركزية ذات القيم التالية: – $N_u = 420\ KN$

– $N_{ser} = 300\ KN$

– الفولاذ من النوع Fe E 400 , $\gamma_s = 1.15$

– التشققات غير ضارة .

– مقاومة الخرسانة $f_{c28} = 25\ MPa$ .

**المطلوب** : تحديد تسليح هذا الشداد مع اقتراح رسما له .

**تمرين 06:**

لدينا ورشة صناعية منجزة من عناصر مسبقة الصنع تكون أقواس محددة سكونيا ذات ثلاث مفاصل, لتوازن قوى الدفع في الأسفل يوجد شداد أفقي من الخرسانة المسلحة, بطول 16م.

**المعطيات:**

– المواد المستعملة : * – الخرسانة $f_{c28} = 22\ MPa$

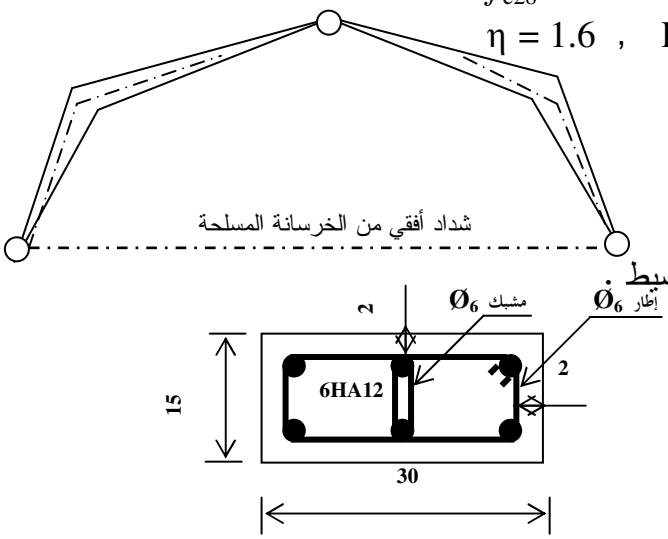
* – الفولاذ Fe E 400 , $\eta = 1.6$

– مقطع الشداد : 20 cm × 20 cm .

– التشققات ضارة جدا .

– القوى الناظمية : $N_u = 0.420\ MN$

$N_{ser} = 0.300\ MN$




**المطلوب**: تحديد تسليح الشداد المعرض لقوة ناظمية للشد البسيط .






قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**تمرين 07:**

لدينا شداد معرض للعوامل المناخية و مقطه كما في الشكل التالي :

معرض للجهود التالية : – حالة الحد النهائي الأخير للمقاومة : $N_u = 200\ KN$

– حالة حد نهاية التشغيل : $N_{ser} = 140\ KN$

التسليح من النوع $Fe\ E_{400}$ مع $\gamma_s = 1.15$ , التشققات ضارة, وبالنسبة للخرسانة : $f_{t28} = 2.10\ MPa$ .

**المطلوب**: هل هذا التسليح ملائم للشداد ؟ إن لم يكن كذلك أعطى حلا مناسبا .

**تمرين 08:** لدينا عمود من الخرسانة المسلحة ذو مقطع ( $50\ cm \times 35\ cm$ ) , و طول نحافته:

$L_f = 2.50\ m$ .

**المطلوب** : حساب العناصر التالية : – عزم العطالة $I_{min}$

– نصف قطر الدوران $\iota$

– النحافة

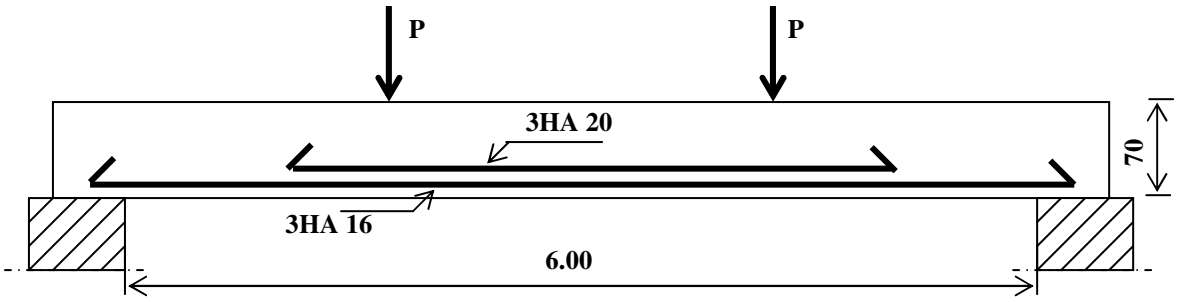
**تمرين 09:**

في دراسة رافدة ذات مقطع مستطيل ( $70\ cm \times 25\ cm$ ) , وطولها بين المسندين $6.00\ m$ . تحصلنا على النتائج التالية :

- – قيمة التسليح الرئيسي الطولي الوسطي: $A_s = 15.40\ cm^2$ .
- – قيمة الجهد القاطع في المسند: $V_u = 250\ KN$ .
- – التسليح من الفولاذ: $Fe\ E_{400}$ و $\gamma_s = 1.15$ .
- – التشققات ضارة .
- – بالنسبة للخرسانة $f_{c28} = 25\ MPa$ و عملية صب الخرسانة بدون انقطاع .

**المطلوب :**

هل التسليح في الشكل التالي صحيح ؟ إن لم يكن كذلك , إقترح التعديلات الازمة .






قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# المجال الثاني

## بنـــــــــــــاء

## CONSTRUCTION

الكفاءة المستهدفة:

يدرس بعض منشآت الهندسة المدنية


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# الوحدة 1:

## عناصر المنشآت العلوية

## EEMENTS DE LA SUPERSTRUCTURE

مؤشرات الكفاءة:

-يفرق بين مختلف عناصر المنشآت العلوية.

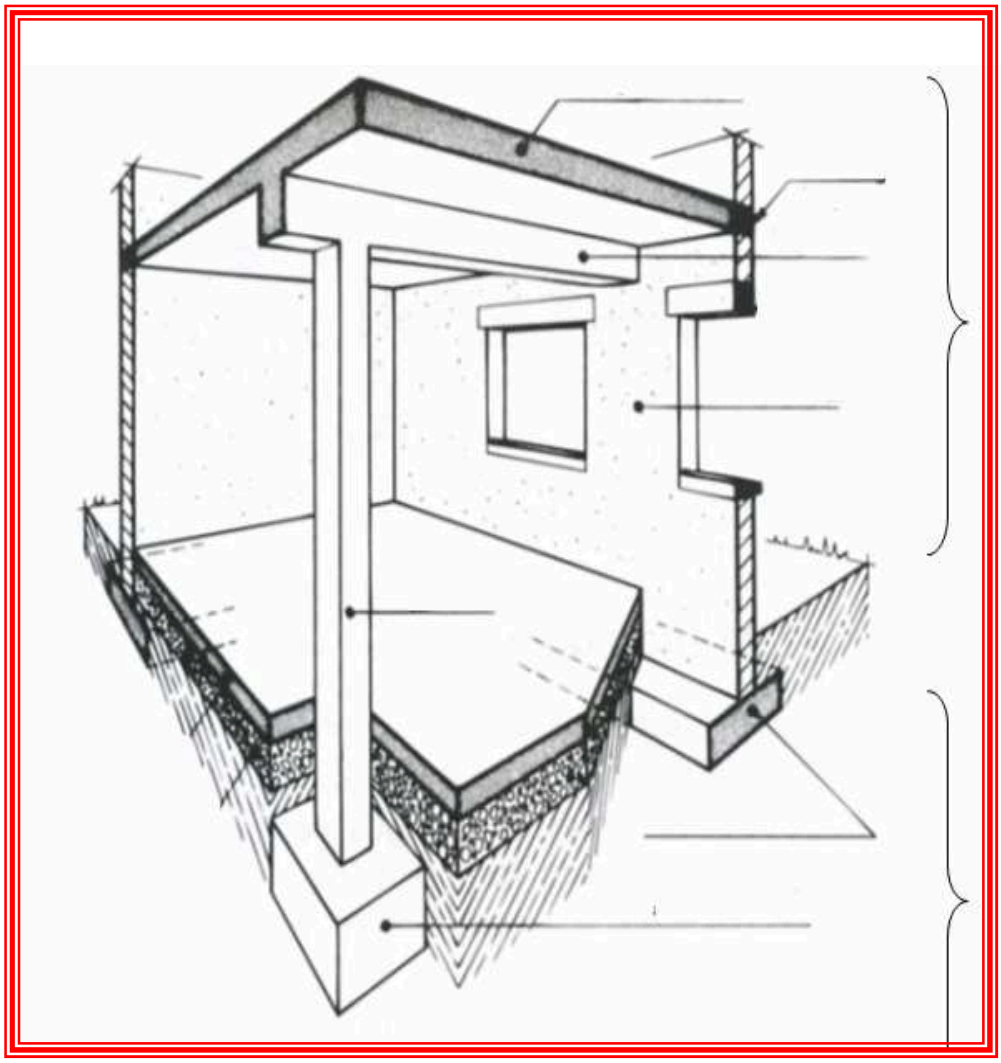
-يحدد دور كل عنصر من عناصر المنشآت العلوية.

-يرسم مخطط توزيع.

-يرسم مخطط تعلية.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## نشـــــــــاط




-الشكل 1-

1-اكتب العناصر التي تتعرف عليها في الشكل.

2-سم الجزء الذي تعرفت عليه ثم استنتج اسم الجزء الآخر.

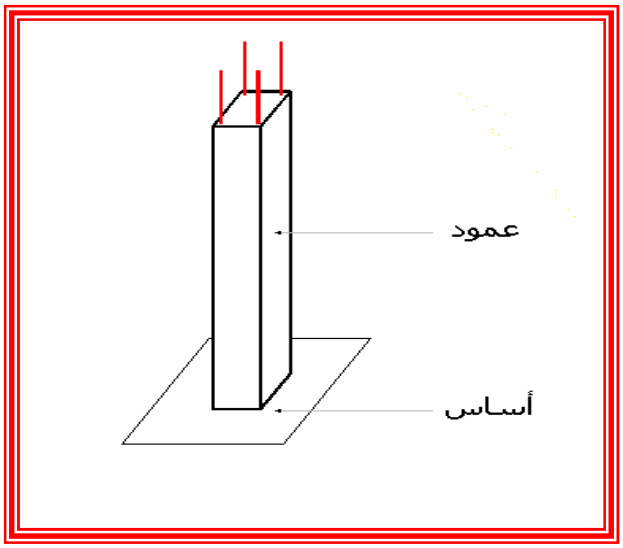
3-أعطي تعريفا للجزئين.

## 1-عموميات

هي مجموعة العناصر الأساسية العلوية في منشأ المبرزة في الشكل -1-.

## 2-الأعمدة

هي عناصر شاقولية تنتمي إلى مجموعة العناصر الحاملة في المنشآت العلوية انظر الشكل -1-.




-الشكل 2 -

### 2-1-الـــــدور

الدور الأساسي للأعمدة هو تحمل الأثقال المؤثرة عليها وإيصالها إلى الأساسات.

### 2-2-التصنيف

تصنف الأعمدة حسب ما يلي:

#### 2-2-1-المادة المكونة

في هذه الحاله نميز ثلاثه انواع شائعة الاستعمال.

-أعمدة خرسانية مسلحة.

-أعمدة فولاذية.

-أعمدة خشبية.

#### 2-2-2-الشكل

في هذه الحالة نميز مجموعتين كبيرتين حسب شكل المقاطع العرضية.

-مستطيل، دائري، متعدد الأضلاع (خرسانية مسلحة، خشبية).

-مجنبات (IPE, IPN...إلخ) (الفولاذية).

#### 2-2-3-الوضعية

في هذه الحالة نميز 3 أنواع:

-أعمدة جانبية.

-أعمدة داخلية.

-أعمدة زاوية.

## 3-الروافد

هي عناصر أفقية تنتمي إلى مجموعة العناصر الحاملة في المنشآت العلوية.

### 3-1-الـــــدور

دورها الأساسي هو إيصال القوى المسلطة عليها نحو الأعمدة والربط بين المساند انظر الشكل –1–.

### 3-2-التصنيف

تصنف الروافد حسب ما يلي:

#### 3-2-1-المادة المكونة

نميز ثلاثة أنواع شائعة الاستعمال:
–خرسانة (مسلحة، مسبقة الصنع، مسبقة الإجهاد).
–فولاذية.
–خشبية (قليلة الاستعمال في عصرنا هذا).

#### 3-2-2-الشكل

نميز مجموعتين حسب شكل المقاطع العرضية:
–مستطيل وشكل (I) (الخرسانية).
–مجنبات (IPE, IPN...إلخ) (الفولاذية).

#### 3-3-3-الوضعية

نميز نوعين:
–روافد رئيسية (هي التي تستقبل القوى).
–روافد ثانوية (للربط).

## 4-الأرضيات

هي عناصر أفقية مساحية حاملة تنتمي إلى مجموعة عناصر المنشآت العلوية انظر الشكل –1–.

### 4-1-الـــــدور

دورها الرئيسي هو الفصل بين مستويات مبنى واستقبال الحمولات ثم توزيعها نحو الروافد.

### 4-2-التصنيف

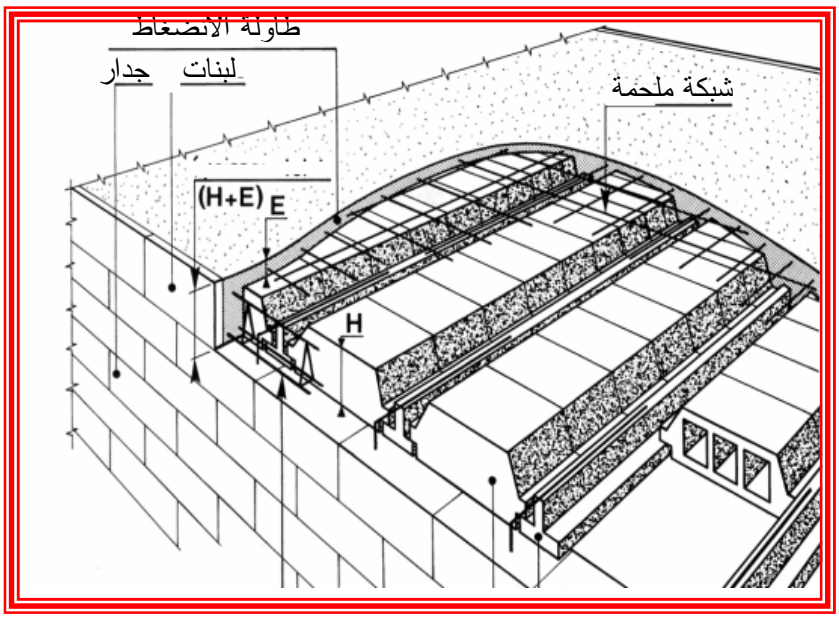
**تصنف الأرضيات إلى:**


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 4-2-1-الأرضيات المصبوبة

### 4-2-1-1-الأرضيات ذات أجسام مجوفة

هي أرضيات شائعة الاستعمال تتكون من بلاطة انضغاط وأجسام مجوفة وعروق من الخرسانة المسلحة، ذات مقاومة عالية انظر الشكل -2-




-الشكل 2-

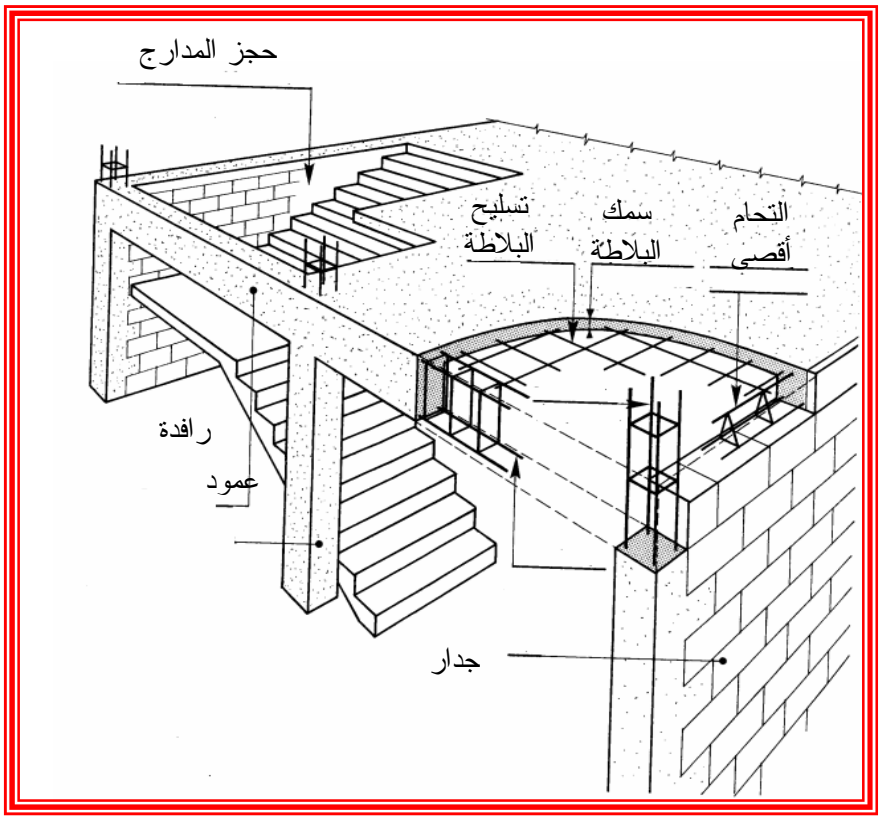
### 4-2-1-2-الأرضيات ذات بلاطة مملوءة

هي على شكل عنصر واحد وهو البلاطة الخرسانية المسلحة ذات سمك:

(1/28÷1/30)L (في حالة الارتكاز على مسندين)

(1/50÷1/40)L (في حالة الارتكاز على ثلاثة إلى أربعة مساند).

حيث: L هي أطول مسافة بين مسندين انظر الشكل -3-

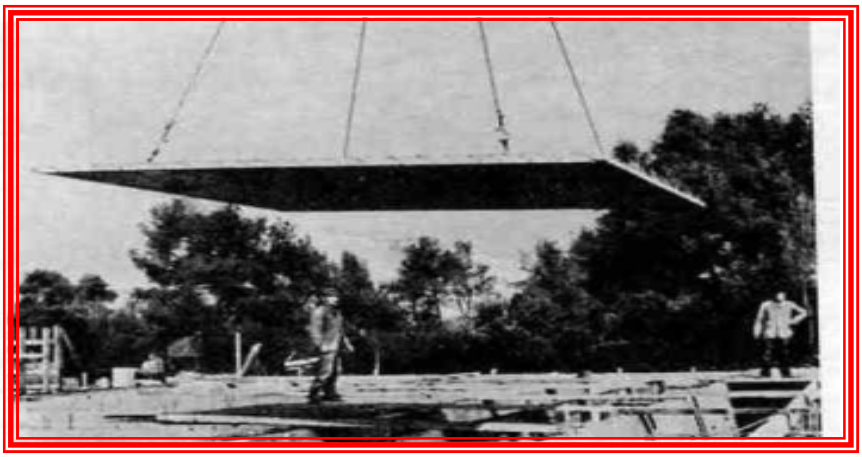



-الشكل 3-

## 4-2-3-الأرضيات الجاهزة

هي ارضيات ذات بلاطة مسبقة الصنع، تنجز في المصانع وتوضع في أماكنها في عملية واحدة بالرافعة سمكها يتراوح (14÷16)cm انظر الشكل -4-.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



-الشكل 4-

## 5-الغمـــــــاء

هو مجموعة من العناصر التي تشمل الجزء العلوي المعد لتغطية البنايات وتشمل التغطية والهيكل الثلاثي.



-الشكل 5-

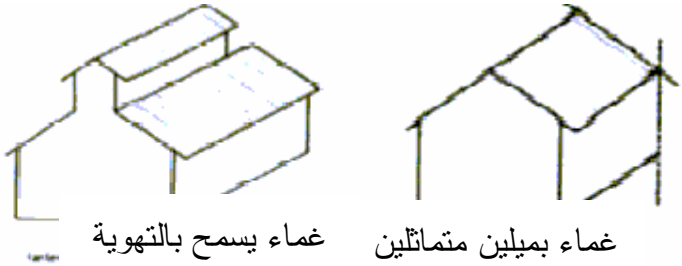
### 5-1-أشكاله

يتعلق شكل الغماء بما يلي: -الشكل الهندسي للمبنى.
-طبيعة الغطاء (قرميد، صفائح أو مادة أخرى).
-طبيعة الإضاءة والتهوية، خاصة المباني الصناعية الكبرى.
للغماء أشكال كثيرة أهمها موضح كما في الأشكال الموالية

تتكون عناصر الغماء مما يلي:

#### 5-1-2-الهيكل الثلاثي

أهم نماذجه مبينة على الشكل التالي:

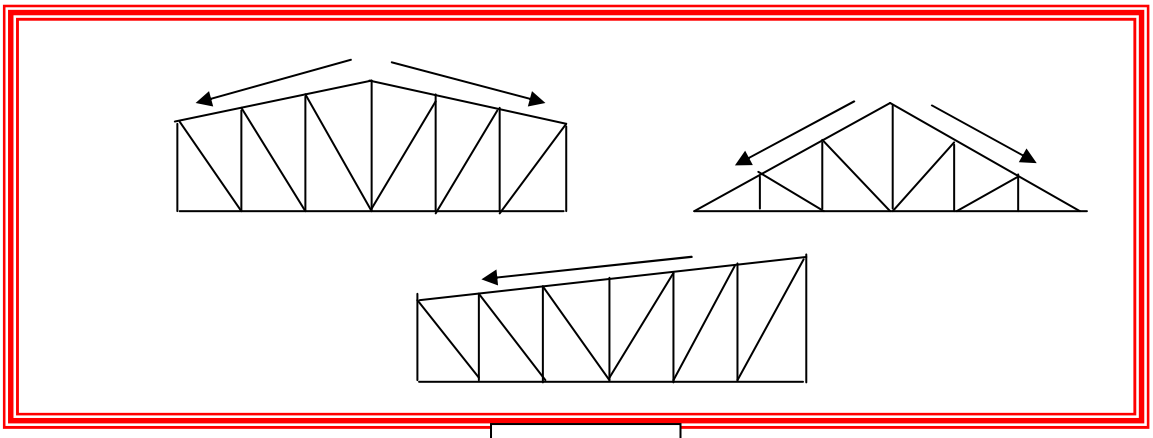


غماء بميلين متماثلين

غماء يسمح بالتهوية والإضاءة من الأعلى

-الشكل 6-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



الشكل –7–

### 5-2-2- حاملات الروافد

توضع فوق الهياكل الثلاثية بحيث يكون محورها متعامدا مع المحور الطولي للهياكل الثلاثية ذات مقطع عرضي على شكل حرف I، تكون في وضعية عمودية أو مائلة، دورها تحقيق الربط بين الهياكل الثلاثية في الإتجاه العرضي، وتحمل ما فوقها.

### 5-2-3- دعائم السقف

توضع فوق حاملات الروافد مباشرة في وضعية متعامدة عليها بحيث يصبح محورها الطولي موازيا للطرف العلوي للهيكل الثلاثي وتكون إما:

–خشبية :cm (10/8 ÷ 14/10 ) متباعدة بـــ cm( 40 ÷ 70 ).

–معدنية: وتكون مقاطعها على شكل I , U , T , L بتباعد بين m(0.75 ــ 4)

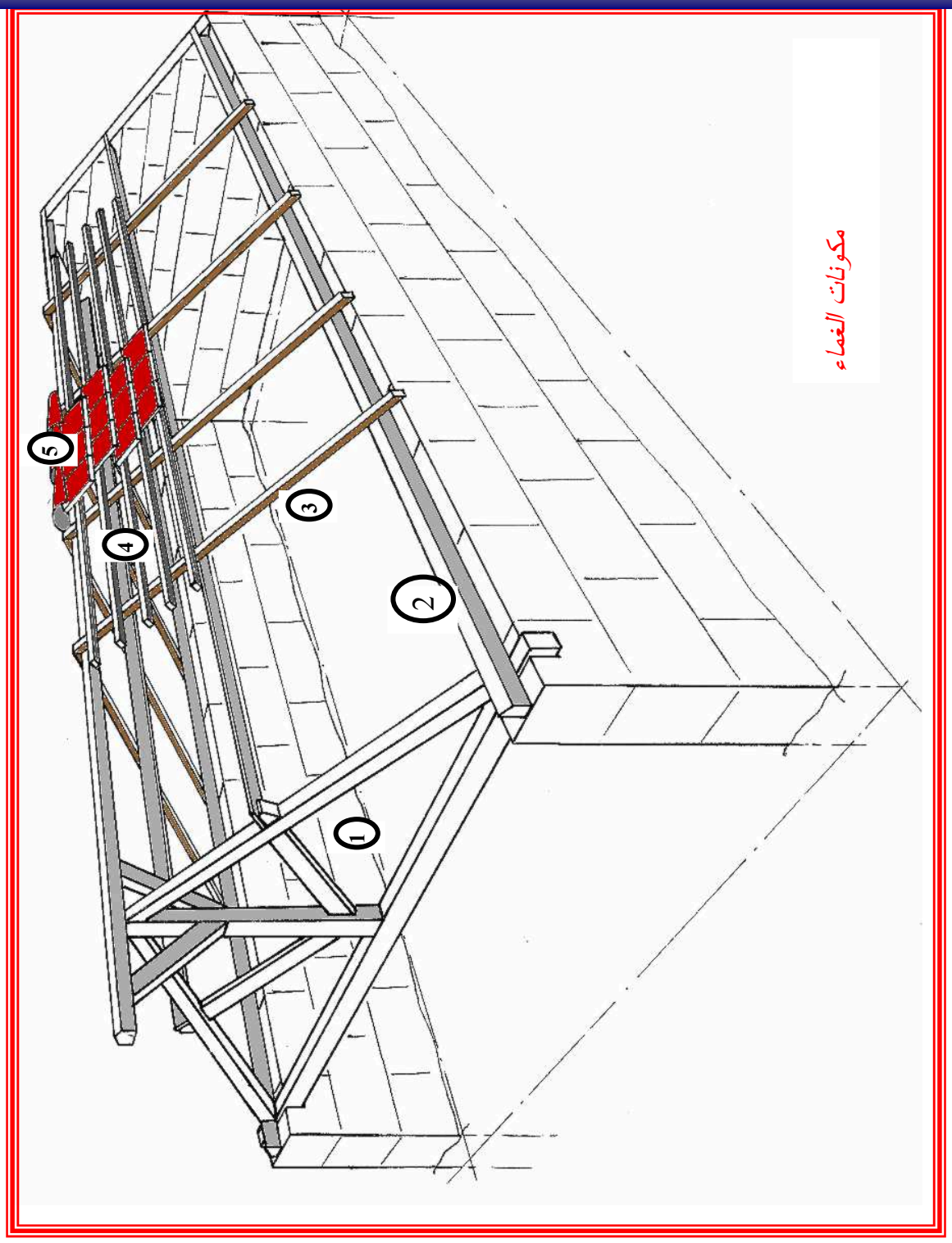
### 5-2-4- الشرائح

توضع فوق دعائم السقف لتستقبل مباشرة عناصر التغطية و تكون إما:

–خشبية: mm(25/25 ــ 30/30 ) –معدنية: مجنبات على شكل L , T .



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




-الشكل 8-

1 – الهيكل الثلاثي
2 – حاملة الروافد
3 – دعائم السقف
4 – شرائح
5 – قرميد


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

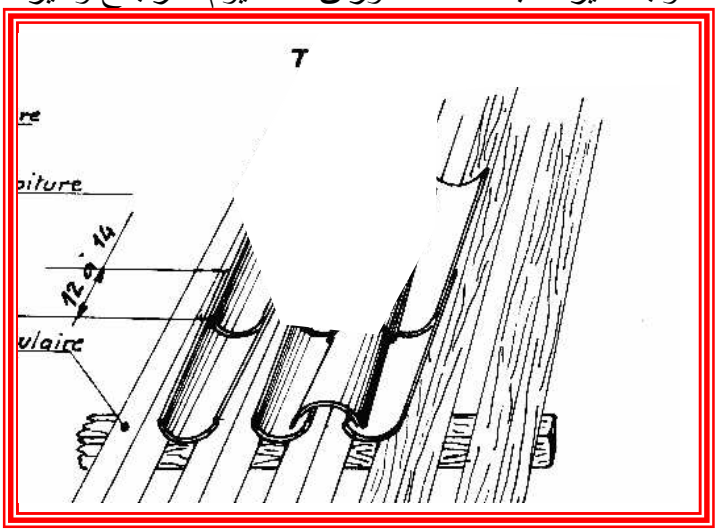
## 5-2-5- الأغطية

هي مجموع العناصر الموضوعة فوق الشرائح، تلعب دور عزل المحيط الداخلي للمنشأ عن المؤثرات الخارجية بأنواعها، وهي تعوض مكونات السطوح الأفقية في البنايات الأخرى. تستعمل فيها عناصر مختلفة باختلاف أبعادها وهي: -**العناصر ذات القياسات الصغيرة:** تشمل القرميد والأردواز

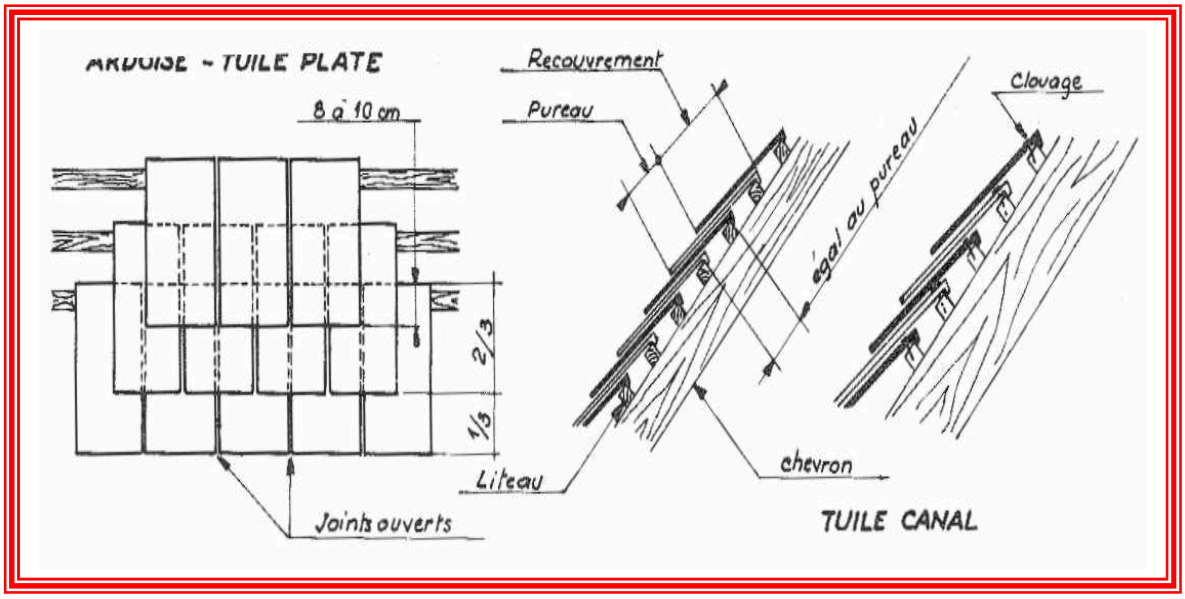
-**العناصر ذات الأبعاد الكبيرة:** تشمل المطيلة المتموجة غير القابلة للصدأ، أوراق الألمنيوم، الزجاج وغيرها.

**ملاحظة:** عند استعمال الأغطية ذات القياسات الكبيرة، تكون الهياكل خفيفة إذ يمكن الاستغناء عن الشرائح ودعائم السقف لتوضع الأغطية مباشرة فوق حاملات الروافد.

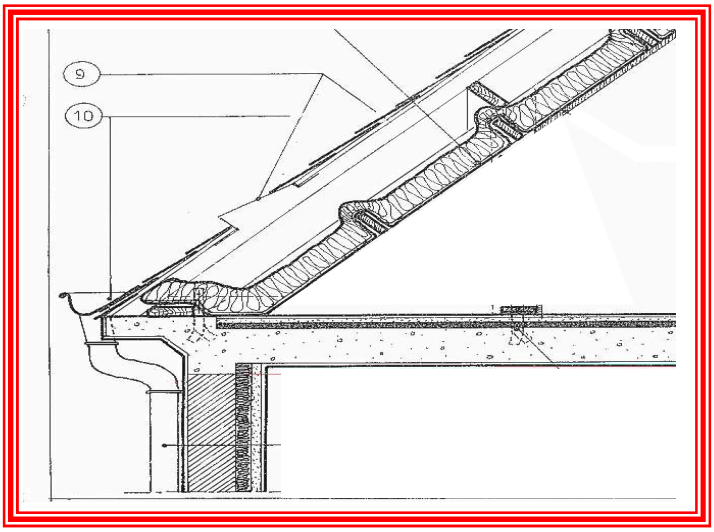
أما إذا استعملت العناصر الصغيرة، تصبح الأغطية ثقيلة وتحتاج إلى مساند متعددة لحملها لذا تستعمل الشرائح ودعائم السقف.




-الشكل 9-




-الشكل 10-




صرف المياه يتم بتجميعها في مسالك تعرف بالمزارب، ثم تصرف داخل أنابيب من الزنك مقطعها العرضي دائري تركب عموديا على الجدران الخارجية

**صرف المياه في السطوح المائلة**

-الشكل 11-

## 6-السطوح:

السطوح هي الأرضيات أو البلاطات العليا لمبنى بطابق واحد أو متعدد الطوابق وهي مساحات أفقية أو مائلة.

### 6-1-وظائفها:

للسطوح عدة وظائف نذكر منها:

*الغلق: تفصل المحيط الداخلي عن المحيط الخارجي وهكذا تعزل الحيز الداخلي عن تأثير البرودة والحرارة.

*الحماية: تحقق عدم النفاذية للمياه الناتجة عن الأمطار والثلوج والجليد، كما أنها تضمن حماية المبنى من المؤثرات الطبيعية الخارجية كالشمس والرياح إلخ

*الحمل: تتحمل وزنها الذاتي الحمولات المتغيرة و تجهيزات المصعد إن وجد.

إضافة إلى هذه الوظائف فهي تسمح بتمرير قنوات التهوئة والمدخنات.

### 6-2-أنواعها:

تختلف السطوح من حيث أشكالها فمنها:

#### 6-2-1-السطوح الأفقية:

هي التغطيات الخارجية التي تكون مائلة بنسبة محصورة بين 5 و12% تحتاج إلى عناصر عديدة لتوفير شرط الحماية الداخلية من المؤثرات الخارجية .

#### 6-2-2- السطوح المائلة:

تشمل تغطيات ذات هياكل ثلاثية إما معدنية أو خشبية، تغطى على سطحها الخارجي. يحقق العزل فيها بواسطة الفراغ بين المستوى الداخلي الأفقي (الأرضية العليا للطابق الأخير) والمستوى الخارجي المائل المشكل للسطح. أما تصريف المياه فيتبع انحدارات السطوح ليصل إلى المجاري أو المزراب و منها إلى القنوات.

##### 6-2-1-1-تصنيف السطوح الأفقية:

تنقسم السطوح الأفقية إلى:

أ- السطوح المستغلة

ب- السطوح غير المستغلة.

ج- سطوح شرفات .

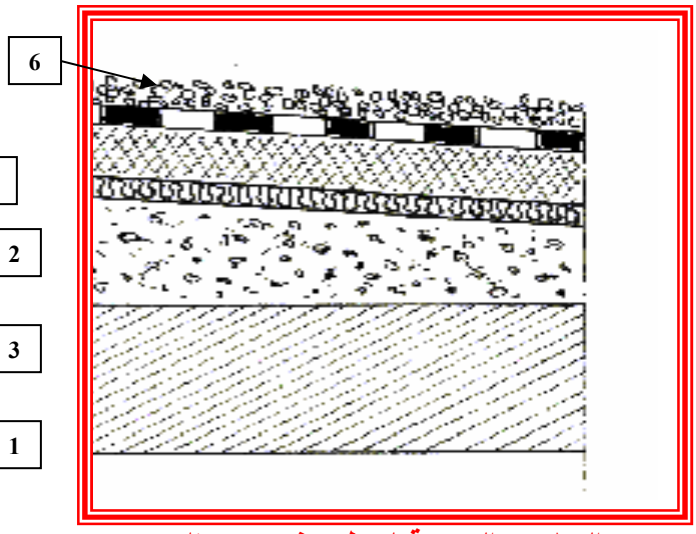
د- سطوح بساتين.

تتعرض السطوح الأفقية إلى ظاهرة تراكم المياه نتيجة تساقط الأمطار والثلوج، لذا يجب تصريفها عن طريق قنوات تمتد على ارتفاع المبنى لتصل إلى المجمعات الفرعية وتتم هده العملية باستحداث أميال للسطح تعرف بخطوط سيلان المياه و يمكن أن تكون على أشكال عديدة :

##### 6-2-1-2-مكونات السطوح الأفقية:

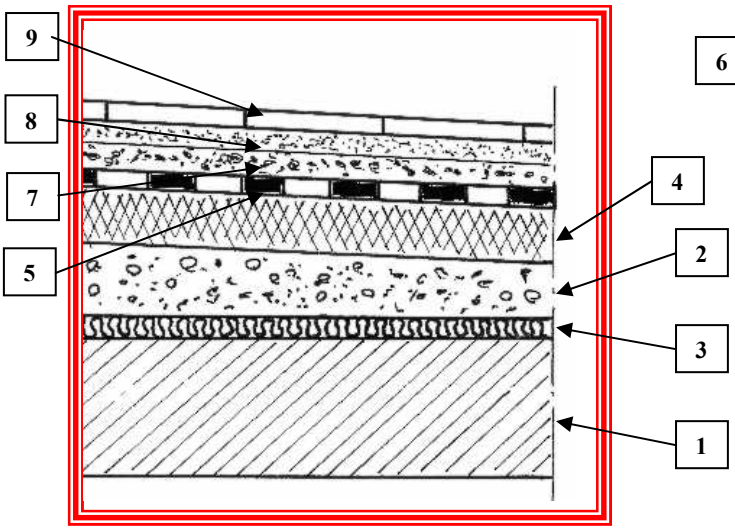
تتكون السطوح الأفقية من عدة عناصر تهدف إلى تحقيق العزل ومنع النفاذية، تختلف هذه العناصر باختلاف صنف السطح، فنميز ما يلي:


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




العناصر المكونة لسطح غير مستغل

-الشكل 12-




العناصر المكونة لسطح مستغل

-الشكل 13-

1- بلاطة خرسانية مسلحة .
2- طبقة تشكيل الميل .
3- طبقة مضادة للرطوبة ( لباد) .
4- عازل حراري ( فلين أو بوليستران) .
5- طبقة الكتيمية
6- حماية ثقيلة ( حصى)
7- طبقة من الرمل ( عزل صوتي)
8- طبقة من الملاط .
9- بلاط .

## *تشكيل الميل

يتم بواسطة طبقة من الخرسانة ضعيفة المعايرة متغيرة السمك وذلك للسماح بسيلان المياه في اتجاهات معينة للوصول إلى تجهيزات التصريف.

## *العزل

يتمثل أساسا في عزل الحرارة والرطوبة، فالأول يحقق بوضع مواد عازلة كالفلين والبوليستران، أما للثاني فنستعمل اللباد (Feutre) .

## *الكتيمية

تكون على شكل طبقة يتمثل دورها في منع النفاذية، توضع مباشرة فوق العزل وتكون على نوعين:

### *كتيمية متعددة الطبقات

تشمل عددا من اوراق البوليان (مادة بلاستيكيه مقاومه) تلصق ببعضها بواسطة طبقات رقيقة من مواد زفتية في درجة حرارة عالية، وبعد التبريد تلتحم الطبقات ببعضها مشكلة بذلك مادة مقاومة غير نفوذة.

### *كتيمية زفتية

تتمثل في طبقة من الأسفلت توضع مباشرة فوق العزل.

## *الحماية الثقيلة

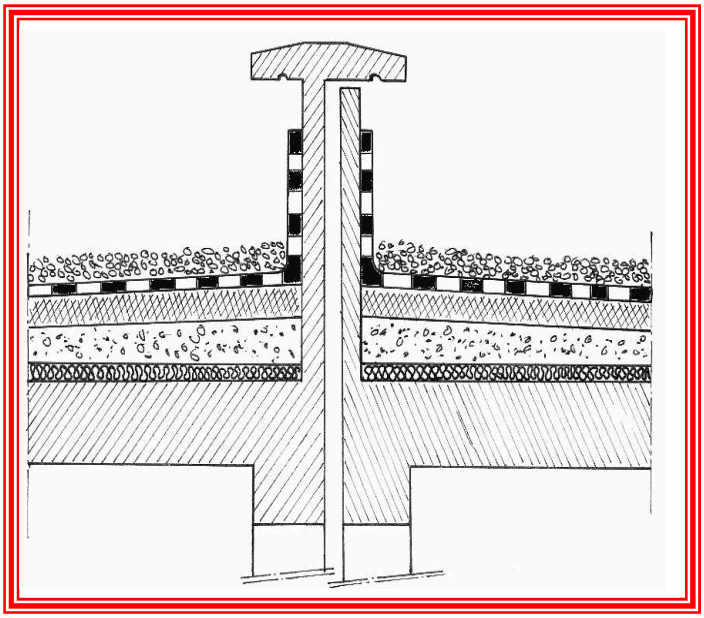
لحماية طبقات العزل والكتيمية تغطى السطوح بطبقة من الحصى الطبيعي على سمك لا يتجاوز 4 سم تعرف بطبقة الحماية الثقيلة.

### 6-2-1-3-العناصر الملحقة

***جدار حافة السطح**

هو جدار صغير يحيط بالجوانب الخارجية للمبنى، إرتفاعه حوالي 50 سم سمكه لا يزيد عن 10 سم، خرساني مسلح، يستعمل عموما في السطوح غير الستغلة، يتمثل دوره أساسا في حماية كل ما هو موجود على السطح من السقوط كما يساهم في منع وصول المياه إلى العناصر الحاملة للمبنى، يكون مزدوجا في منطقة الفواصل.

***الفواصل**



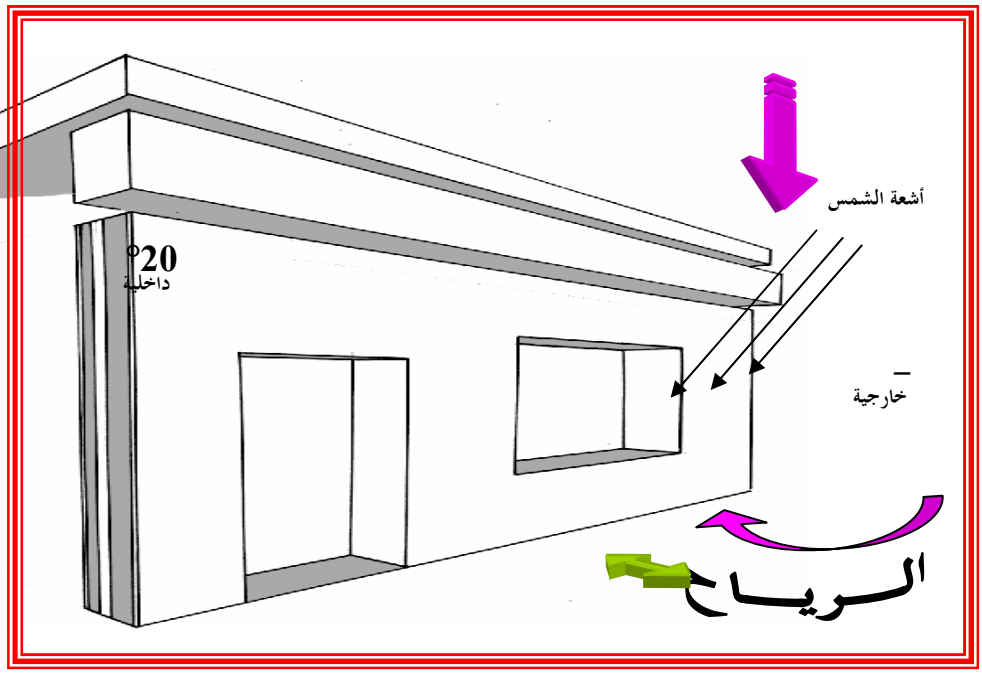
-الشكل 14-

هي فراغات صغيرة عمودية تفصل منشأين متتاليين، يتراوح سمكها الأدنى بين 3 و5 سم بالنسبة للمشاريع العادية. ونميز فيها نوعين:

- **فاصل التمدد**: يمتد على الإرتفاع الكلي للجزء العلوي للمنشأ، يستعمل في البنايات الطويلة ويسمح بالحركة أفقيا نتيجة تغير درجات الحرارة أو نتيجة تأثيرات أفقية كالرياح والزلازل.
- **فاصل الإنقطاع أو التصدع**: يخص المنشأ من الأعلى إلى الأسفل أي أنه يمتد حتى إلى منطقة الأساسات. يستعمل في حالة منشأين متجاورين باختلاف كبير من حيث الأهمية أو إذا كان المنشآن مقامين على أتربة ذات خصائص مختلفة.

## 7-الجـــــدران:

### 7-1-تعـريـــف الجدران




-الشكل 15-

هي عناصر شاقولية من البناية دورها غلق وعزل الفضاءات

إن للجدران مواضع مختلفة في المبنى وهذا ما يجعلنا نصنفها بعدة طرق.

ومن أهم التصنيفات للجدران هناك:

### التصنيف حسب المادة

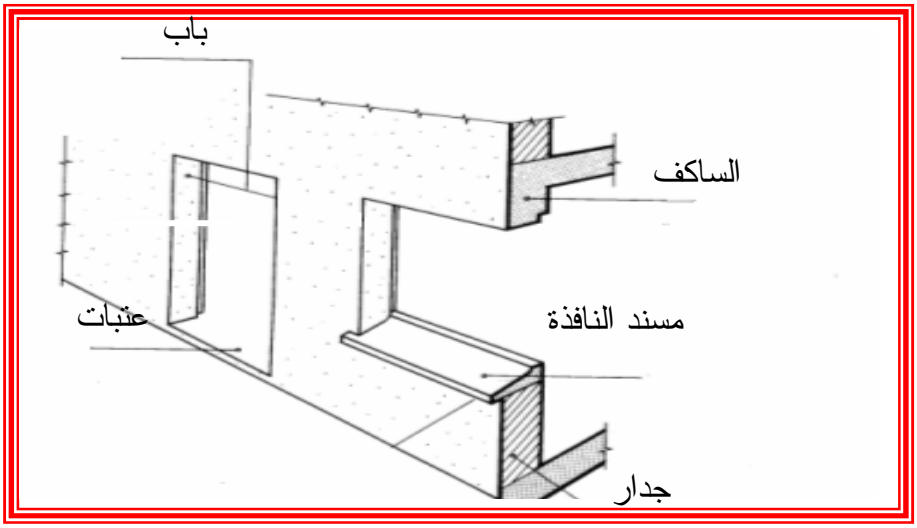
حيث نميز عدة أنواع:
- جدران البناية التي تنجز بصفوف متراكبة من الآجر أو طوب الإسمنت أو طوب الجص أو الحجارة المصقولة
-جدران الخرسانة المسلحة
-جدران زجاجية.
-جدران خشبية.
-جدران مواد مركبة...

### التصنيف حسب الدور

حيث نميز نوعين هما:
-الجدران الفاصلة غير الحاملة هي تلك التي لا تستعمل إلا للفصل بين الفضاءات كجدران الواجهة والجدران الفاصلة الداخلية وتدرج ضمن الهياكل المكونة من أعمدة و روافد
-الجدران الحاملة، بالإضافة إلى دور الفصل يكون حمل الأرضيات وما يعلوها على عاتقها حتى أنها تعتبر عناصر من الهيكل المقاوم للمنشأ.

## 7-2- الوظائف الثانوية للجدران

إضافة إلى الوظيفة الرئيسية للجدار هناك وظائف ثانوية أو شروط يحققها الجدار حتى يلعب دوره على أكمل وجه مثل: الحجز البصري وهدا باستعمال مواد عتيمة تماما.
التهوئة والإنارة الطبيعية بتخصيص فتحات للنوافذ للسماح لأشعة الشمس والهواء بالمرور.
السماح بالتنقل بين الفضاءات بتخصيص فتحات للأبواب .
المقاومة للأثقال كقوى آتية من الأعلى إلى الأسفل (حمولات شاقولية ) وهي ناتجة عن الثقل الذاتي فقط أو الثقل الذاتي وما يعلو الجدار من روافد وأرضيات.
وكذا مقاومة التأثيرات التي يمارس فعلها في مستو أفقي مثل الرياح (كحمولات أفقية)
العزل الصوتي مرتبط أساسا بالكتلة الحجمية للمواد المستعملة ولذا نفضل استعمال المواد الثقيلة.
العزل الحراري تختار لتحقيقه المواد القادرة على إبقاء توازن دون تبادل حراري مهم بين C°20 داخلية و-C°4 خارجية.
الجانب الجمالي باختيار الأشكال والألوان الأنيقة والمتجانسة مع المحيط.
إمكانية استعمال تقنيات الأشكال المتشابهة وهذا عبر استعمال الصنع المسبق وإنجاز عناصر ذات الوزن المحدود لسهولة رفعها.

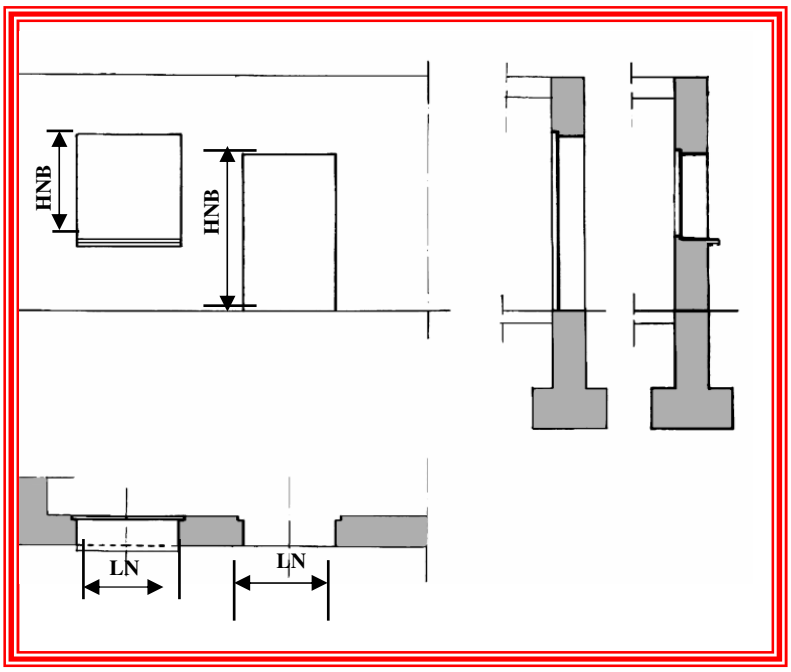



-الشكل 16-

## 8- الفتحـــــات

الفتحات هي فراغات تخصص في الجدران لاستقبال النوافذ والأبواب .


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




تعرّف الفتحات ببعديها في المستوي والعمودي وهما العرض والارتفاع

-العرض الإسمي للفتحة: يرمز له بالحروف LNB ويمثل العرض الداخلي للفتحة

-الإرتفاع الإسمي للفتحة: يرمز له بالحروف HNB ويمثل الارتفاع الداخلي للفتحة

-الشكل 17-

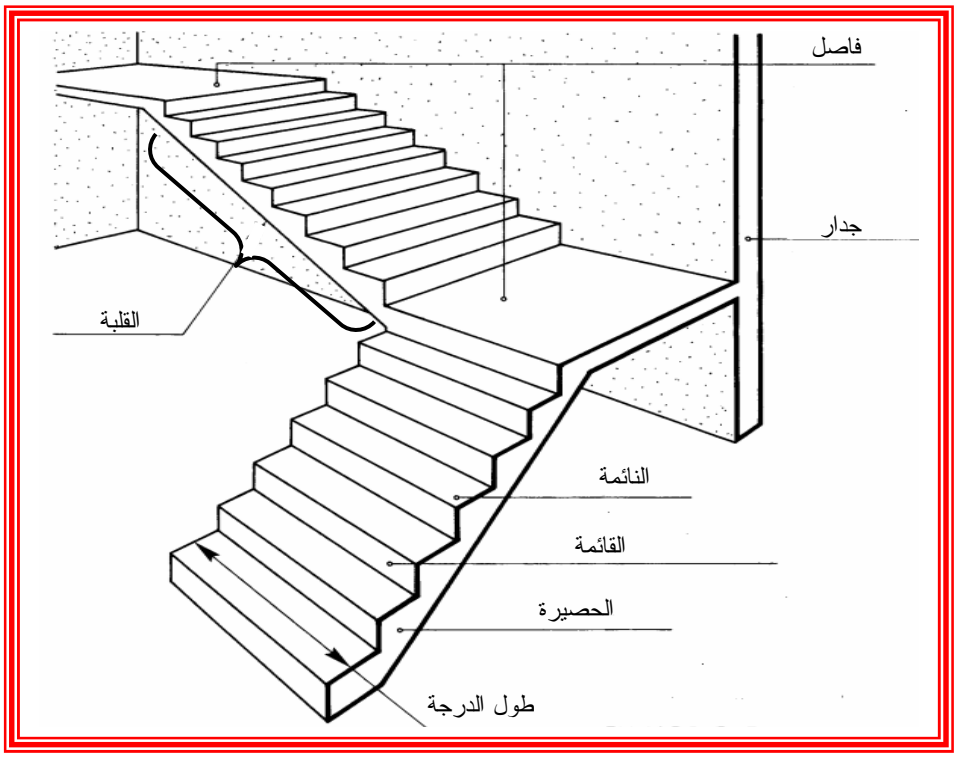
## 8-1-الدور

إن النوافذ والأبواب عناصر مكملة للجدران حيث تسمح لها بالقيام بأدوار مثل الغلق والإنارة الطبيعية والتهوئة والسماح بالتنقل.

وهي ذات أشكال وأبعاد مختلفة وتستعمل في تصنيعها مواد مختلفة وعديدة مثل الخشب والألومنيوم والحديد والزجاج إلى غيرها من المواد الإصطناعية.

## 9-المدارج المستقيمة

هي نوع من أنواع المدارج ذات مستويات أفقية متتالية ومختلفة المناسيب تسمح بالانتقال من طابق إلى آخر، حيث يكون فيها خط السير مستقيم -انظر الشكل-




### 9-1-العناصر المكونة

كما هو موضح في الشكل. وهي:

#### 9-1-1-الدرجة (g):

تسمى كذلك النائمة، وهي القسم الأفقي من المدرج الذي يستقبل الأرجل وتكون ذات عرض يتراوح بين (27÷30)cm.

#### 9-1-2-القائمة (h):

وهي القسم العمودي من المدرج يتراوح ارتفاعها بين (16,5÷17,5)cm.

-الشكل 18-

**9-1-3-طول الدرجة:** هو طول القلبة حيث يختلف حسب نوعية البناية أبعاده تكون كالتالي:

- البنايات الفردية: $\lambda \geq 80cm$
- الجماعية والعمومية: $\lambda \geq 120cm$
- $\lambda$: هو طول الدرجة.

**9-1-4-الفـــاصل**

هو بلاطة أفقية يمكن أن يكون:

-فاصل ارتياح

-فاصل وصول

-فاصل انطلاق

عرضه يكون دائما أكبر من طول الدرجة حيث $\lambda' = 1,2\lambda$

$\lambda$: طول الدرجة.

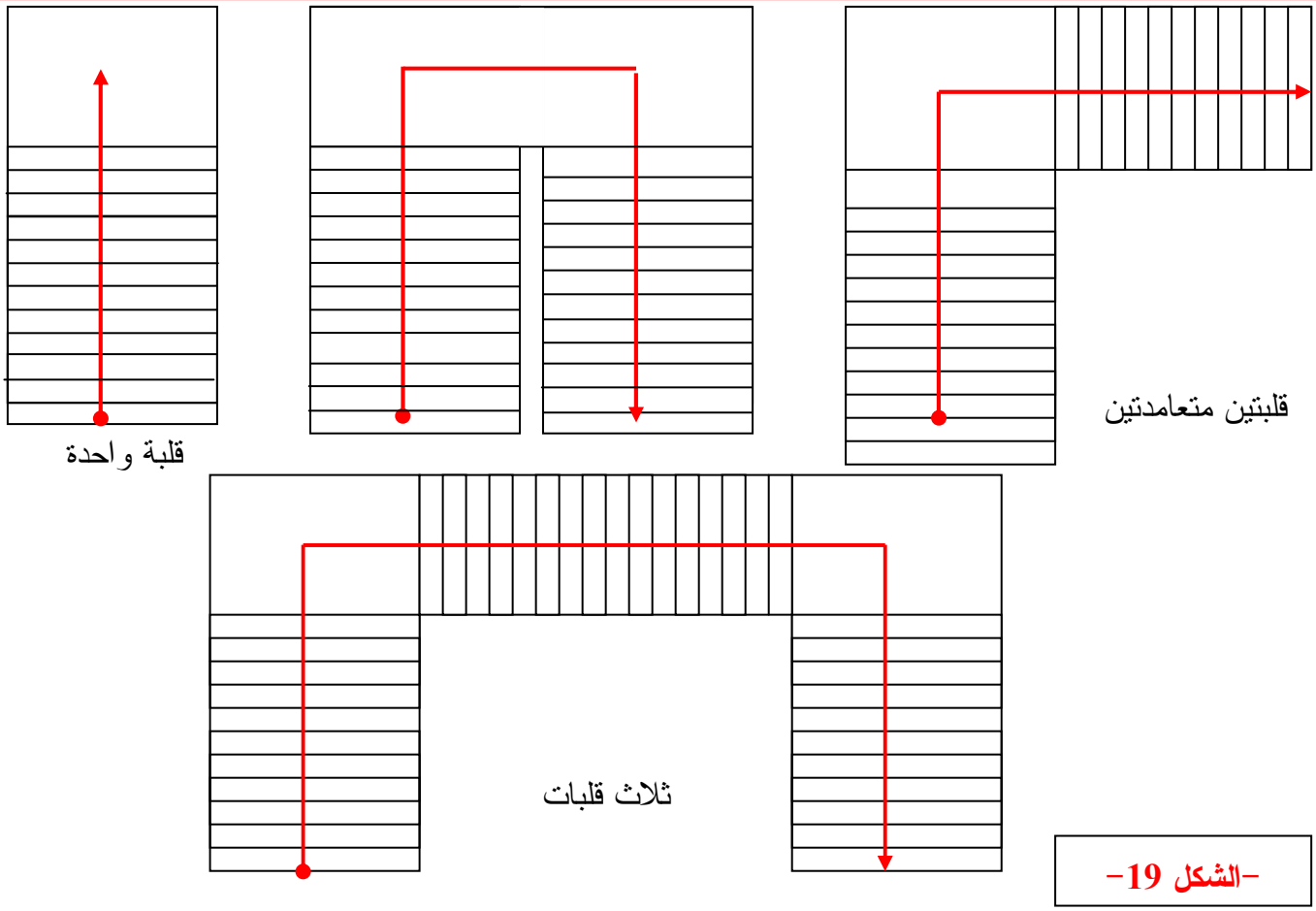
$\lambda'$: عرض الفاصل.

**9-1-5-الحصيرة** هي بلاطة مائلة تحمل المدرج.

**9-1-6-القلبة** هي مجموعة الدرجات المحصورة بين فاصلين.

## 9-2-أنواع المدارج المستقيمة

توجد المدارج المستقيمة على عدة أنواع نبرز منها ما يلي:




-الشكل 19-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 9-3-تصميم المدارج المستقيمة

لتصميم المدارج المستقيمة نأخذ المدرج المستقيم ذو قلبتين معلوم القائمة وارتفاع الطابق H نتبع الخطوات التالية.

*تحديد عدد الدرجات $n$:

$$n = \frac{H}{h}$$ (من أجل قلبة واحدة)

*تحديد عرض الدرجة (النائمة) $(g)$:

توجد عدة طرق لحساب $g$ نستعمل منها طريقة بلوندال:

$2h+g=64cm$

$64cm$: هي طول الخطوة المتوسطة.

إذن: $g=64-2h$.

**مثال**: ليكن المدرج ذو المعطيات التالية:

$H=3,06m$ $\quad$ $h=17cm$

**المطلوب**: احسب عدد الدرجات وعرض كل درجة.

**الحـــل:**

$$n=\frac{H}{h}=\frac{306}{17}=18$$

$$g=64-2h$$
$$=64-34$$
$$=30cm.$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

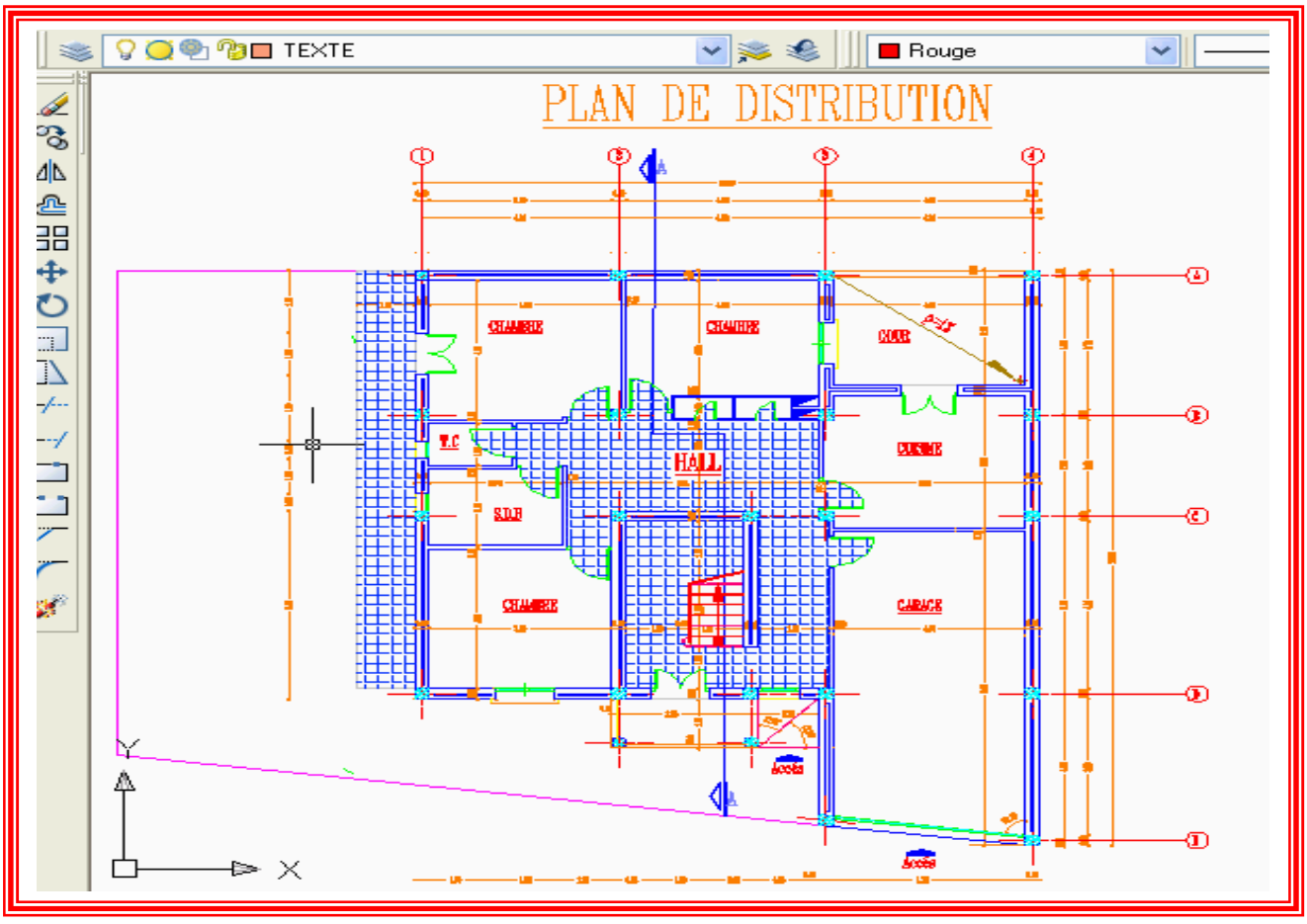
## مسألة:

إعادة المخططات الموجودة في نهاية الوحدة والتي تشمل:
-تمثيل مخطط التوزيع.
-مخطط التعلية للمبنى الفردي يبين المدارج والغماء.
-تفصيل لأي عقدة

**الحـــل:**

**المرحلة الثانية:** تحضير الطبقات
**المرحلة الأولى:** فتح دورة جديدة
**المرحلة الثالثة:** تحديد الوسيط (accrobj) و(Mode ortho)
**المرحلة الرابعة:** مرحلة اختيار الأوامر اللازمة لبدأ الرسم
**المرحلة الخامسة:** رسم المحاور
**المرحلة السادسة:** رسم الأعمدة
**المرحلة السابعة:** رسم الجدران الخارجية والداخلية
**المرحلة الثامنة:** رسم الفتحات
**المرحلة التاسعة:** رسم النجارة
**المرحلة العاشرة:** تحديد الأبعاد والكتابة
**المرحلة الحادية عشر:** التهشير
**المرحلة الثانية عشر:** رسم التعلية
**المرحلة الثالثة عشر:** رسم تفصيلي لعقدة
**المرحلة الرابعة عشر:** حفظ الملف تحت اسم معين

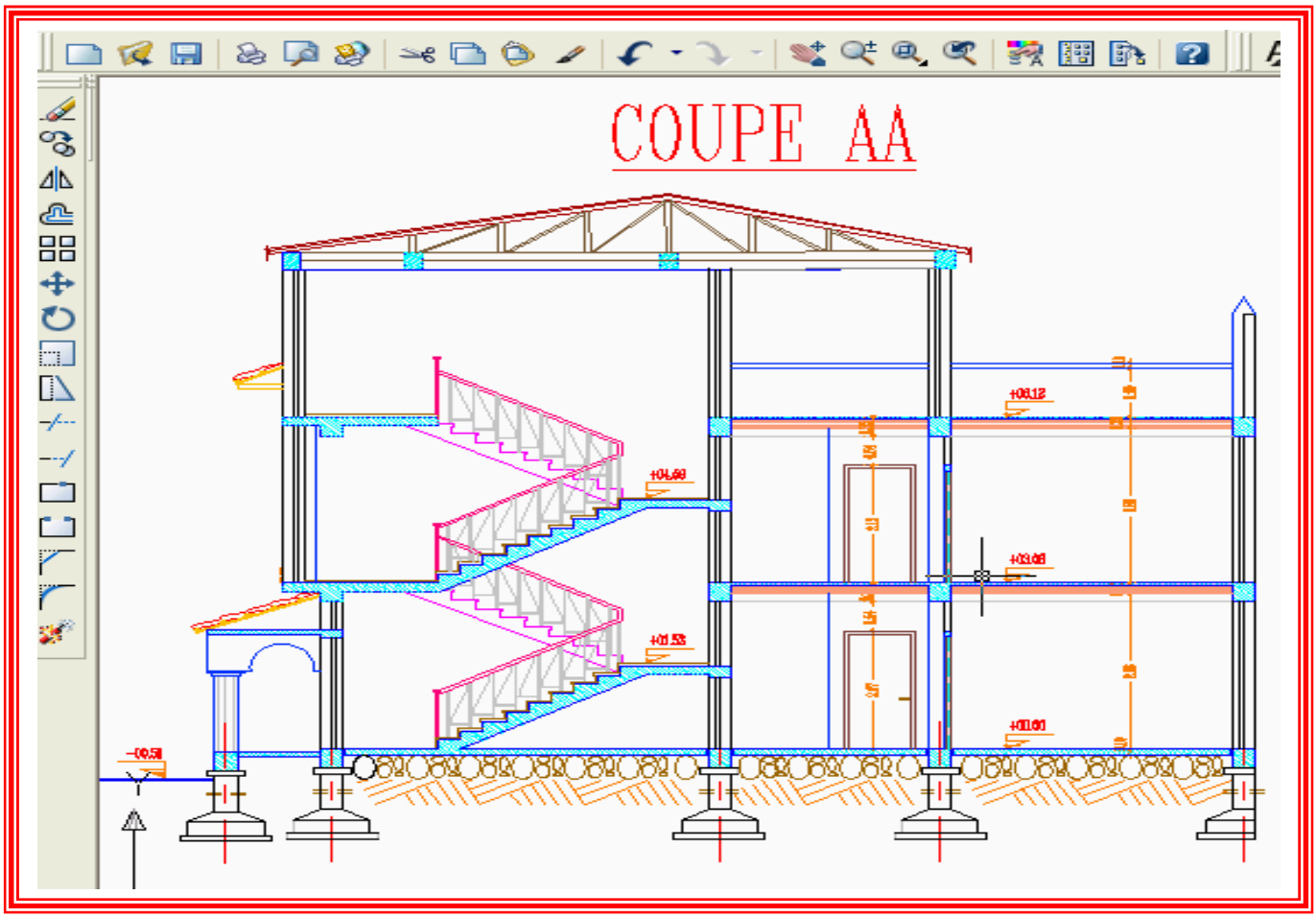
**مخطـــط التوزيـــع**



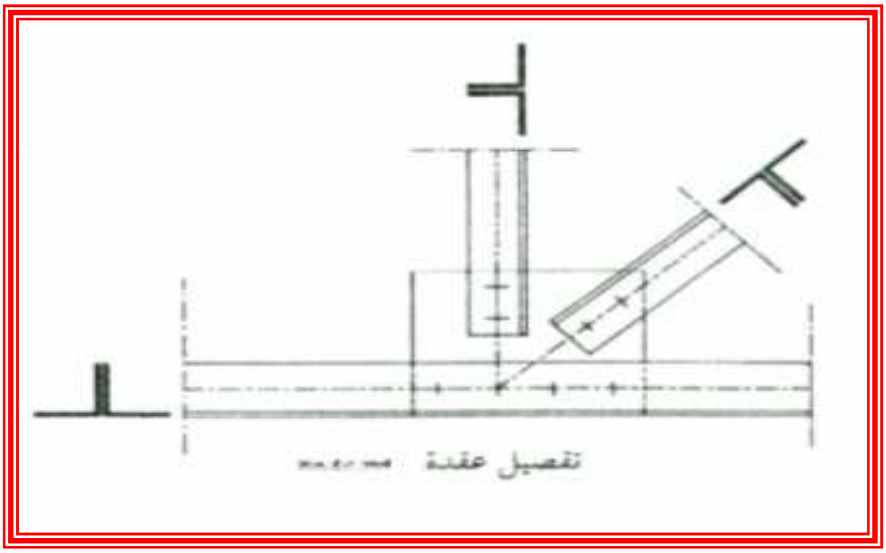


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## مخطط التعلية



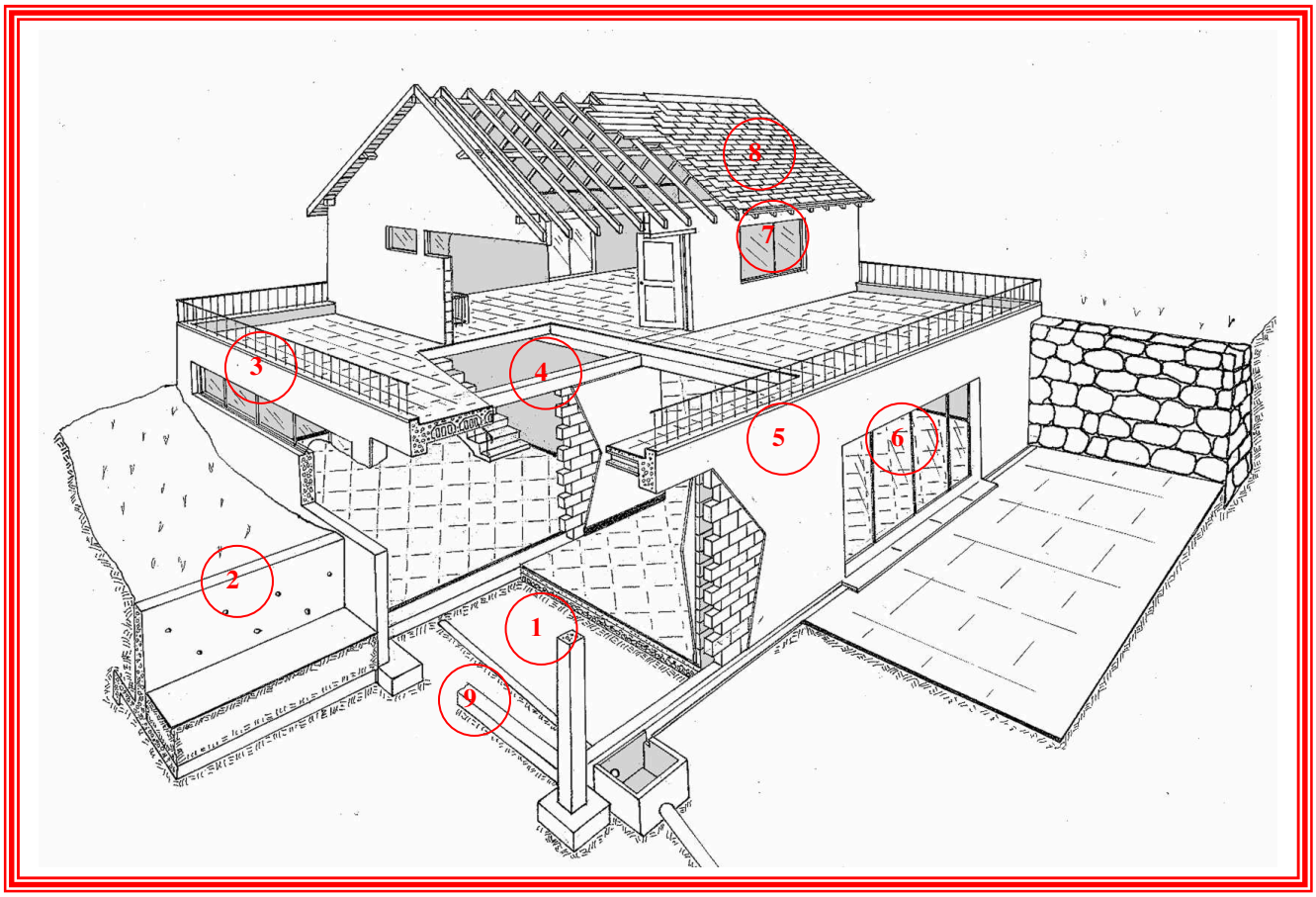

## رسم تفصيلي لعقدة:




قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## تمرين1:

اكتب العناصر المرقمة في الشكل الآتي:




## تمرين2:ضع صحيح أم خطأ:

-الأعمدة هي عناصر حاملة أفقية.

-الروافد هي عناصر حاملة أفقية .

-في عملية تصميم مدارج مستقيمة نستعمل العلاقة: $2h+g = 69cm$

-المادة المستعملة في انجاز الروافد و الأعمدة هي الخرسانة المسلحة.

-الغماء هو عنصر معد لتغطية البناية .

# الوحدة 02:

## عموميات حول الطبوغرافيا

## Généralités sur la topographie

مؤشرات الكفاءة:

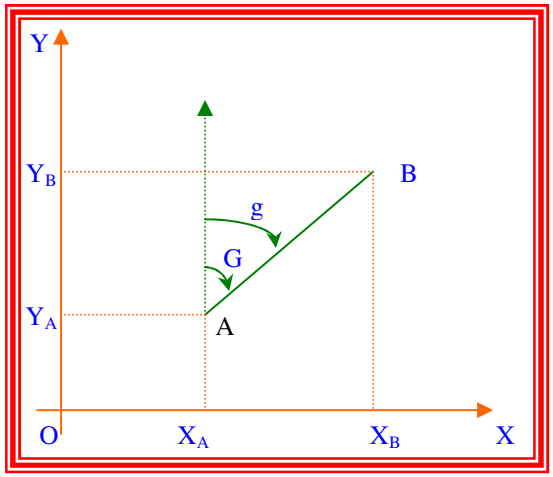
**-يحسب السمت الإحداثي.**

**-يختار طريقة مناسبة لحساب مساحة مضلع.**

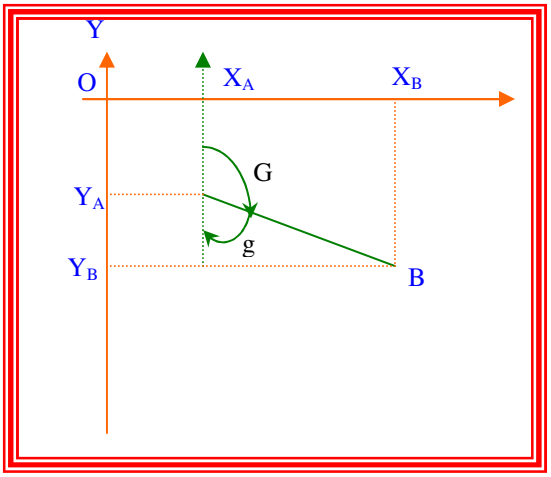
**-يراقب الوضعية الشاقولية والأفقية لعناصر منشأ.**


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

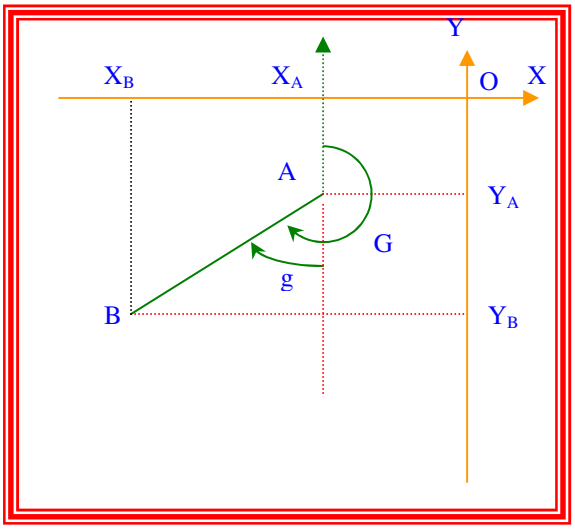
**نشـــــاط 01:** لتكن الأشكال التالية:



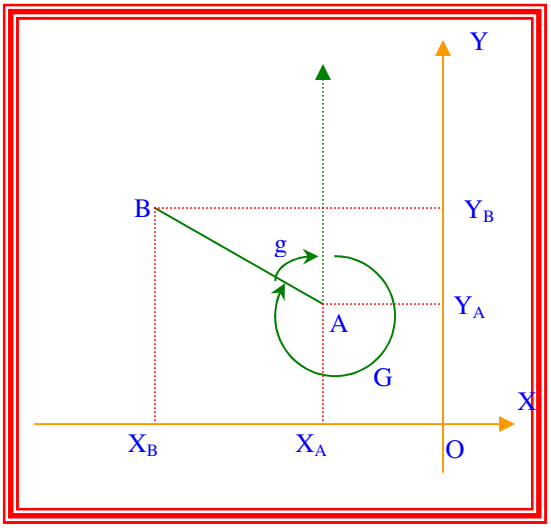

الشكل –1–




الشكل –2–




الشكل –3–




الشكل –4–

**المطلوب:** 1–عين لكل شكل من الأشكال إشارة $\Delta X_{AB}$ و $\Delta Y_{AB}$

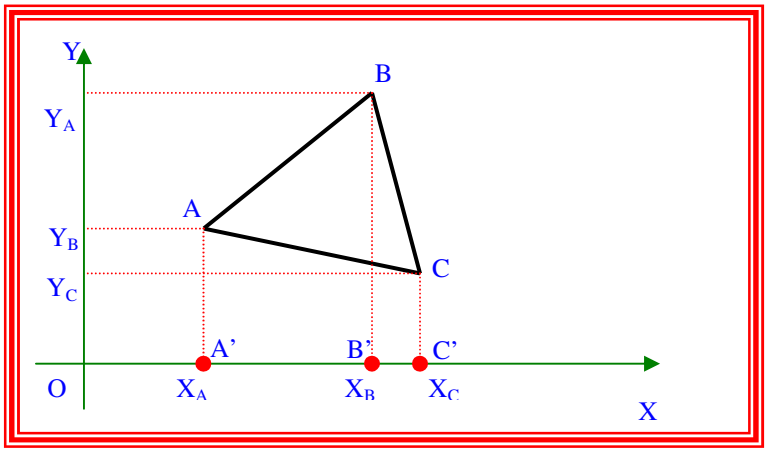
2–أكتب tg g بدلالة $|\Delta X_{AB}|$، $|\Delta Y_{AB}|$ في كل حالة.

3–أكتب G بدلالة g مع العلم أن $100gr=90°$ في كل حالة.

4–إذا سمينا G بالسمت الإحداثي، أعط تعريفا لهذه الزاوية.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**نشـــاط 02:** ليكن المثلث ABC المعرف بإحداثيات رؤوسه على الترتيب $(X_A,Y_A)$، $(X_B, Y_B)$، $(X_C, Y_C)$ ولتكن النقاط A', B', C' إسقاطات النقط A,B,C على محور الفواصل كما هو موضح في الشكل –11–.

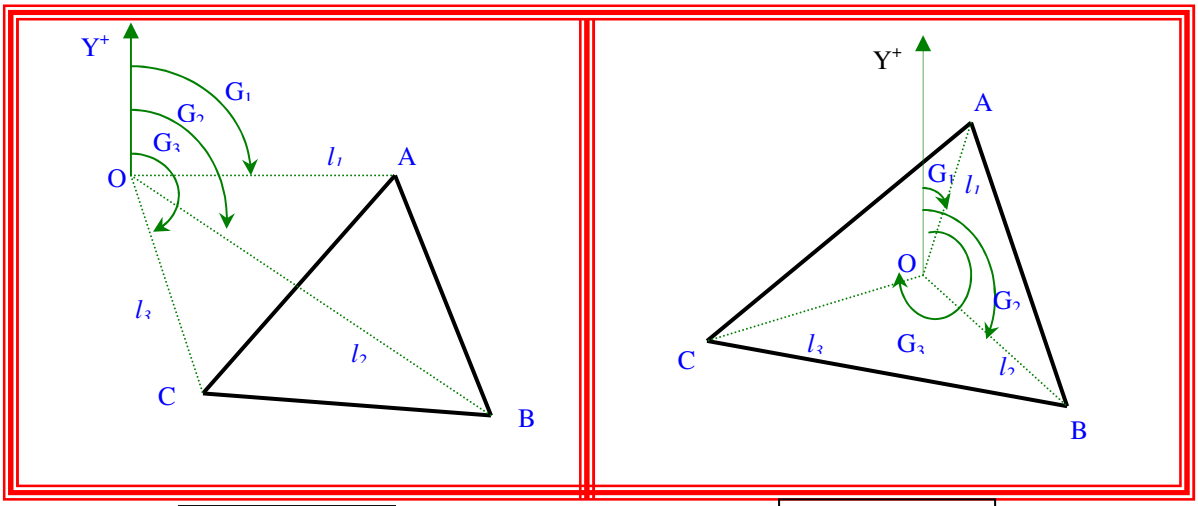



الشكل –5–

1)أكتب عبارة مساحة المثلث ABC بدلالة مساحة الأشباه منحرف (ACC'A')، (ABB'A')، (BCC'B').
2)أكتب عبارة مساحة المثلث ABC بدلالة فواصل وتراتيب النقاط.
3)أكتب عبارة مساحة المثلث ABC على شكل مجموع جداء الفواصل بفرق التراتيب.

**نشـــاط 03:**

ليكن المثلث ABC و 0 نقطة من الميدان كما هو موضح في الشكلين (6) (7).




الشكل –7– الشكل –6–

تعطى: المسافات $l_1, l_2, l_3$.
والزوايا $G_1, G_2, G_3$
1–أحسب مساحة المثلث ABC بدلالة المثلثات OAB, OBC, OCA في الحالتين.
2–أكتب مساحة المثلث ABC أطوال الأضلاع $l_1 l_2 l_3$ و $\sin(\Delta G)$ حيث $\Delta G$ هو فرق الزوايا.

**تذكيـــر:** مساحة مثلث معرف بضلعين وزاوية محصورة بينهما تعطى بالعلاقة:

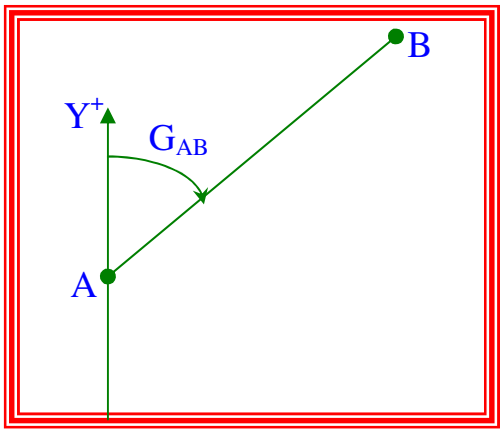
$$S = \frac{1}{2} l_1 \times l_2 \times \sin \alpha$$

$S$: مساحة المثلث.
$l_1$: طول الضلع الأول.
$l_2$: طول الضلع الثاني.
$\alpha$: الزاوية المحصورة بين الضلعين.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-السمت الإحداثي:

هو الزاوية المحصورة بين شمال لامبار، أي محور التراتيب الموجبة $(Y_+)$ والاتجاه المعين يرمز له بالرمز G ويقاس موجبا في اتجاه دوران عقارب الساعة، كما هو موضح في الشكل -8-




الشكل -8-

### 1-1-حساب السمت الإحداثي:

لحساب السمت الإحداثي لاتجاه معين بنقطتين معلومتين $A(X_A,Y_A)$ و $B(X_B,Y_B)$ نتبع الخطوات التالية.

#### 1-1-1-حساب فروق الإحداثيات:

$$\Delta X_{AB}=X_B-X_A$$
$$\Delta Y_{AB}=Y_B-Y_A$$

#### 1-1-2-حساب الزاوية المختصرة g:

**g** : هو الزاوية المحصورة بين الاتجاه AB وأقرب محور الإحداثيات (التراتيب) ويحسب بالعلاقة:

$$Tg(g)=\left|\frac{\Delta X_{AB}}{\Delta Y_{AB}}\right|$$

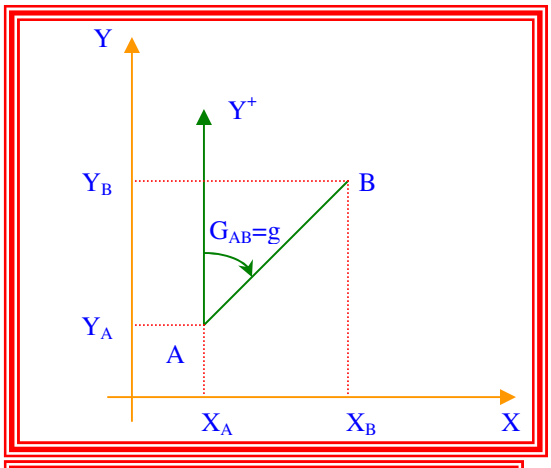
#### 1-1-3-حساب السمت الإحداثي $G_{AB}$:

هنا نميز اربع حالات.

***الحالة الأولى:**

الاتجاه AB يقع في الربع الأول ⟸ $\Delta X_{AB}>0$ و $\Delta Y_{AB}>0$

كما هو في الشكل -9-



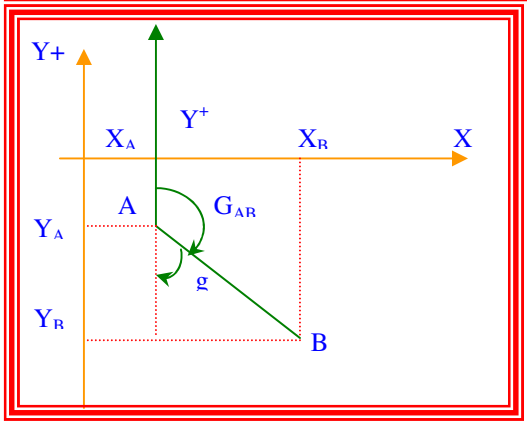

الشكل -9-

$$G_{AB}=g$$

***الحالة الثانية:**

الاتجاه AB يقع في الربع الثاني ⟸ $\Delta X_{AB}>0$ و $\Delta Y_{AB}<0$

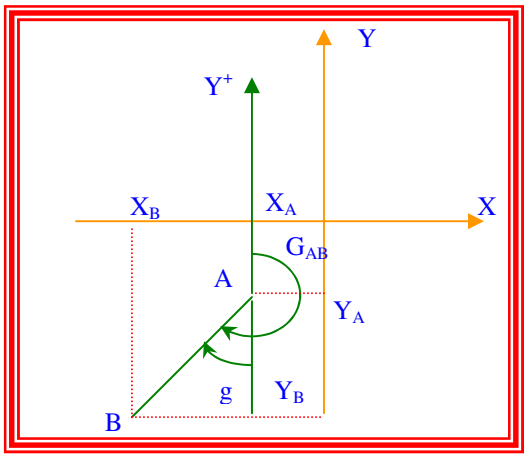
كما هو في الشكل -10-




الشكل -10-

$$G_{AB}=200-g$$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



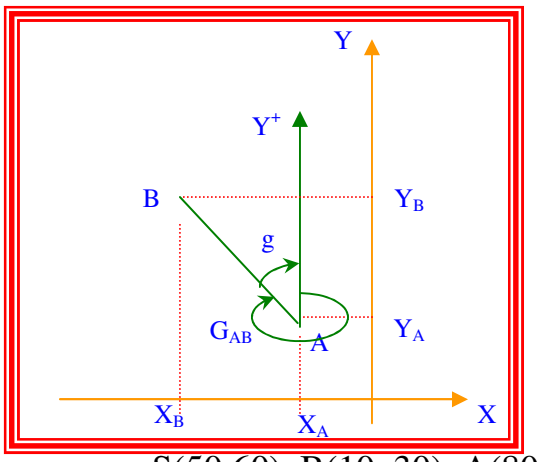

***الحالة الثالثة:**

الاتجاه AB يقع في الربع الثالث
كما هو موضح في الشكل –11–

$\Delta X_{AB}<0$
$\Delta Y_{AB}<0$

$G_{AB}=200+g$

الشكل 11–




***الحالة الرابعة:**

الاتجاه AB يقع في الربع الرابع
كما هو موضح في الشكل –12–

$\Delta X_{AB}<0$
$\Delta Y_{AB}>0$

$G_{AB}=400-g$

الشكل 12–

**تطبيـــق:** احسب السمت الإحداثي للاتجاهين SA، SB حيث A(80,80) B(10, 30) S(50,60)

**الحـــل:**

***حساب السمت الإحداثي $G_{SA}$:**

الاتجاه SA يقع في الربع الأول

$\Delta X_{SA}=80-50$
$=30>0$
$\Delta Y_{SA}=80-60$
$=20>0$

أي: $G_{SA}=g$

$$Tg(g)=\left|\frac{\Delta X_{SA}}{\Delta Y_{SA}}\right|=\left|\frac{30}{20}\right|=1,50$$

ومنه: $g=62,57gr$

إذن: $G_{SA}=g=62,57\ gr$

***حساب السمت الإحداثي $G_{SB}$:**

الاتجاه SB يقع في الربع الثالث

$\Delta X_{SB}=10-50=-40<0$
$\Delta Y_{SB}=30-60=-30<0$

أي: $G_{SB}=g+200$

$$Tg(g)=\left|\frac{\Delta X_{SB}}{\Delta Y_{SB}}\right|=\left|\frac{-40}{-30}\right|=1,33$$

ومنه: $g=59,03+200$

إذن: $G_{SB}=59,03+200$

$G_{SB}=259,03\ gr$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 2-حساب المساحات:

في هذا العنصر نتعرف على طريقتين لحساب مساحة مضلع معرف بإحداثيات رؤوسه القائمة أو القطبية.

### 2-1-طريقة الإحداثيات القائمة:

مساحة مضلع معروف بالإحداثيات القائمة لرؤوسه يمكن حسابها بتقسيمه إلى مجموعة مثلثات قائمة أو أشباه منحرف في النهاية نصل إلى هذه العلاقة العامة:

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

$$S=-\frac{1}{2}\sum[Y_n(X_{n-1}-X_{n+1})]$$

$n$: هي رتبة الرأس

$X_n$: فاصلة الرأس ذو الرتبة $n$.

$Y_n$: ترتيب الرأس ذو الرتبة $n$.

$S$: مساحة المضلع.

**تطبيـــــق:** ليكن المثلث ABC حيث:

C(60,00m, 60,00m) B(40,00m, 80,00m) A(20,00m, 20,00m)

**المطلوب:** أحسب مساحة المثلث ABC

**الحـــــل:**

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

$S$= 800 m².

### 2-2-طريقة الإحداثيات القطبية:

في هذه الطريقة نتبع ما يلي:

-نختار اتجاه للدوران.

-كل رأس $(n)$ يربط بالنسبة إلى النقطة O بمسافة $l_n$ وسمت إحداثي $G_n$.

نسمي $\alpha$ الزوايا المركزية حيث:

$$\alpha_{n-1}=G_n-G_{n-1}$$

فإن:

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

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

$S$: مساحة المضلع.

**ملاحظـــة:**

إذا كانت المحطة O خارج المضلع فإن مساحة المثلث الأخير تطرح من مجموع المساحتين السابقتين.

**تطبيـــق:** ليكن المثلث ABC و O محطة خارج هذا المثلث حيث:

$G_{OA}$=80gr OA= 40,00m

$G_{OB}$= 150gr OB=70,00m

$G_{OC}$=180gr OC= 150,00m

**المطلوب:** احسب مساحة المثلث ABC

**الحـــل:**

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

$S$=630,86m²

# Calcul des surfaces حســـاب المساحات

**تمرين 01:**

عين قيمة السمت الإحداثي G في كل حالة من الحالات الآتية:

1) $\Delta Y=0, \Delta X>0$
2) $\Delta Y>0, \Delta X=0$
3) $\Delta Y=0, \Delta X<0$
4) $\Delta Y<0, \Delta X=0$

**تمرين 02:**

لتكن A و B نقطتان حيث:

$Y_A=95,37m$ ، $X_A=115,35m$

$Y_B=317,92m$ ، $X_B=527,83m$

1) أحسب السمت الإحداثي $G_{AB}$.

2) استنتج قيمة السمت الإحداثي $G_{BA}$

**تمرين 03:**

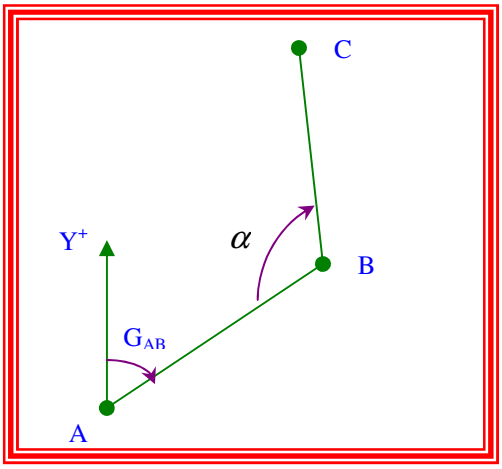
لتكن A,B,C رؤوس مثلث كما هو موضح في الشكل –13–

إذا علمت أن: $Y_A$= 70,00m, $X_A$=150,00m و $\alpha$ =120gr

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

1)احسب السمت الإحداثي $G_{AB}$.

2)استنتج قيمة السمت الإحداثي $G_{BC}$.




الشكل 13–

## حساب المساحات

**تمرين 01:**

ليكن المضلع ABCDE و O محطة داخل هذا المضلع حيث:

| | |
|---|---|
| $G_{OA}$=53,12gr | $l_{OA}$=48,12m |
| $G_{OB}$=100,03gr | $l_{OB}$=51,33m |
| $G_{OC}$=147,41gr | $l_{OC}$=48,71m |
| $G_{OD}$=261,53gr | $l_{OD}$=57,48m |
| $G_{OE}$=380,37gr | $l_{OE}$=47,93m |

**المطلوب**: أحسب مساحة المضلع ABCDE

**تمرين 02:**

ليكن المثلث ذو الرؤوس A,B,C المعرفة بإحداثياتها القائمة، حيث:

| | |
|---|---|
| $Y_A$= 220,70m | $X_A$= 220,44m |
| $Y_B$= 610,25m | $X_B$= 440,30m |
| $Y_C$= 450,70m | $X_C$=630,20m |

**المطلوب**: احسب مساحة المثلث ABC بطريقة الإحداثيات القائمة.

# Calcul des surfaces حســـاب المساحات

## تمرين 03:

لتكن A, B, C , رؤوس مثلث و O محطة حيث:

| النقاط | X | Y |
|---|---|---|
| O | 917959,0680 | 91811,5470 |
| A | 917996,6900 | 91817,6110 |
| B | 918001,7890 | 91836,5760 |
| C | 918027,9010 | 91830,9860 |

1)احسب المسافات بين الرؤوس والمحطة O علما أن:

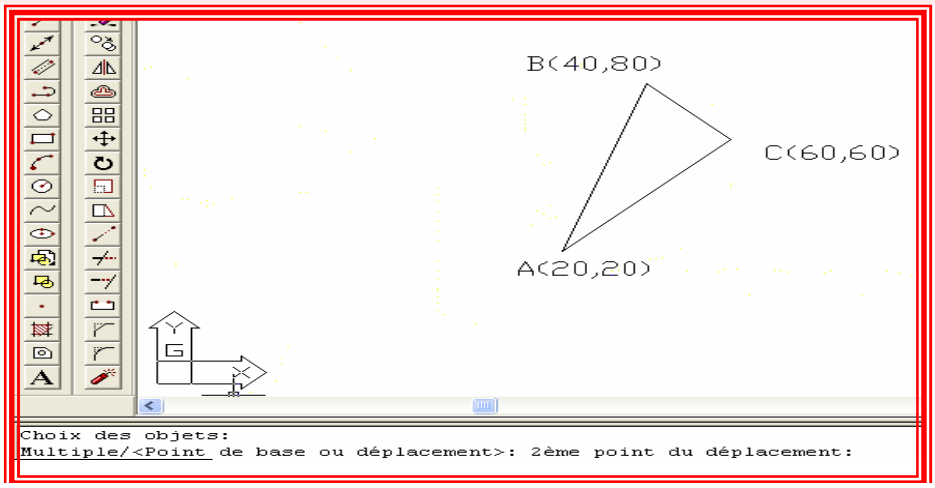
$$l_{OA}=\sqrt{\Delta X_{OA}^2+\Delta Y_{OA}^2}$$

2)احسب السموت $G_{OA}$, $G_{OB}$, $G_{OC}$.

3)احسب مساحة المثلث ABC بطريقة الإحداثيات القطبية.

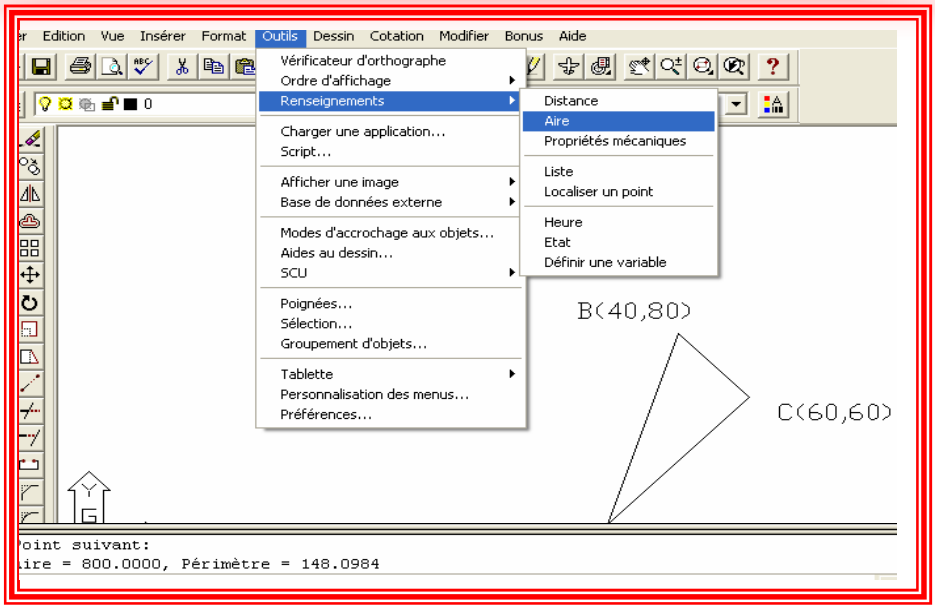
## تمرين 04:

**المرحلة الأولى: تعين النقاط بالاحداثيات القائمة ثم تسمى النقطة بالحرف المناسب**




**المرحلة الثانية: نختار الأمر outil بعدها renseignement ثم aire كماهو موضح في الصورة**

**ثم نصادق على العمل فنتحصل على قيمة المساحة في أسفل الشاشة**



## نشـــــاط 01

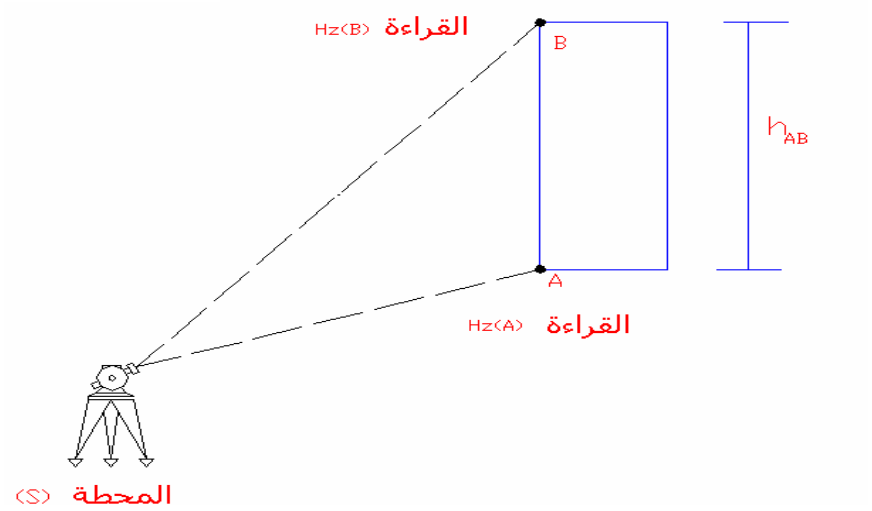
وقف طبوغرافي على بعد عمود عند محطة (S) بجهاز لقياس الزوايا ورصد نقطتين على نفس الامتداد.
النقطة الأولى (A) في الأسفل والنقطة الثانية (B) في الأعلى كما هو موضح في الشكل-1-

عند (A) قرأ على الدائرة الأفقية $H_Z(A)$

عند (B) قرأ على الدائرة الأفقية $H_Z(B)$

1-إذا كان $H_Z(B)=H_Z(A)$ ماذا تستنتج؟

2-إذا كان $H_Z(B)\neq H_Z(A)$ ماذا تستنتج؟




-الشكل 1-

## نشـــــاط 02

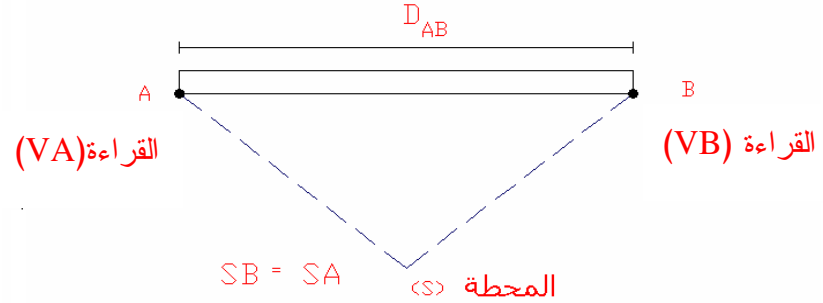
وقف طبوغرافي على بعد رافدة عند محطة (S) المتساوية البعد عن طرفي الرافضة.

رصدت النقطة (A) في الطرف الأول وقرأ على الدائرة العمودية للجهاز القيمة $V_A$.

ثم رصد النقطة (B) في الطرف الثاني وقرأ على الدائرة العمودية القيمة $V_B$ كما هو موضح في الشكل -2-.

1-إذا كان $V_B = V_A$ ماذا تستنتج؟

2-إذا كان $V_B\neq V_A$ ماذا تستنتج؟

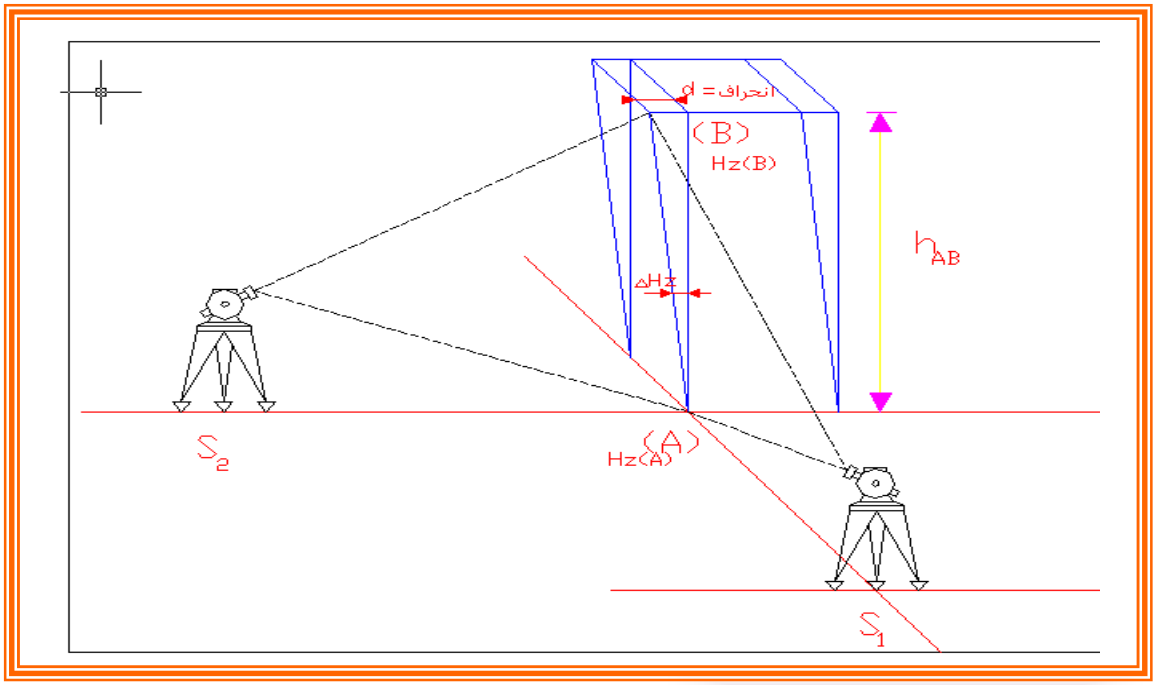



-الشكل 2-

مراقبة المنشآت هي عملية متواصلة تبدأ مع انطلاق الأشغال، وتستمر حتى بعد الانتهاء من الإنجاز، الهدف منها هو تفادي الأخطار في الوضعيات لعناصر المنشأ، وفي هذا المحور نتعرف على كيفية مراقبة العناصر الشاقولية والأفقية.

## 1-المراقبة الشاقولية:

هذا النوع من المراقبة هو خاص بالعناصر الشاقولية مثل الأعمدة، وتتم هذه العملية باستعمال جهاز لقياس الزوايا، وهذا بعد الإنجاز (انظر الشكل -3-).




-الشكل 3-

### 1-1-مراحل العملية

-وضع الجهاز الطبوغرافي في محطة $(S_1)$ وعلى امتداد إحدى الواجهتين الشاقوليتين للعنصر.

-نرصد أسفل العنصر (النقطة A) ونقوم بقراءة الزاوية $H_Z(A)$ على الدائرة الأفقية.

-نرصد أعلى العنصر (النقطة B) ونقوم بقراءة الزاوية $H_Z(B)$ على الدائرة الأفقية.

*إذا كان $H_Z(B)=H_Z(A)$ فإن العنصر شاقوليا بصفة جيدة من هذه الجهة.

*إذا كان $H_Z(B)\neq H_Z(A)$ فإن العنصر غير شاقولي من هذه الجهة.

بالنسبة للحالة الأخيرة يجب قياس قيمة الانحراف $(d)$ حيث:

$$tg(\Delta Hz)=\frac{d}{h_{AB}}\Rightarrow d=h_{AB}\times tg(\Delta Hz)$$

$h_{AB}$: علو العنصر.

$d$: انحراف العنصر.

$\Delta Hz$: الفرق بين القراءتين $H_Z(A)$-$H_Z(B)$

**ملاحظة:** تعاد نفس العملية من المحطة $(S_2)$ الموجودة في الوضعية العمودية على المحطة الأولى.

**تطبيـــــق:** بعد التأكد من صحة وضعية عمود من جهة، أعيدت العملية من الجهة الأخرى فكانت النتائج كالتالي:

$H_{AB}=4,0m$, $H_Z(A)=17gr$, $H_Z(B)=17,03gr$

**المطلوب:** تأكد فيما إذا كان العنصر شاقوليا أم لا، ثم عين قيمة الانحراف $(d)$ عند الحاجة

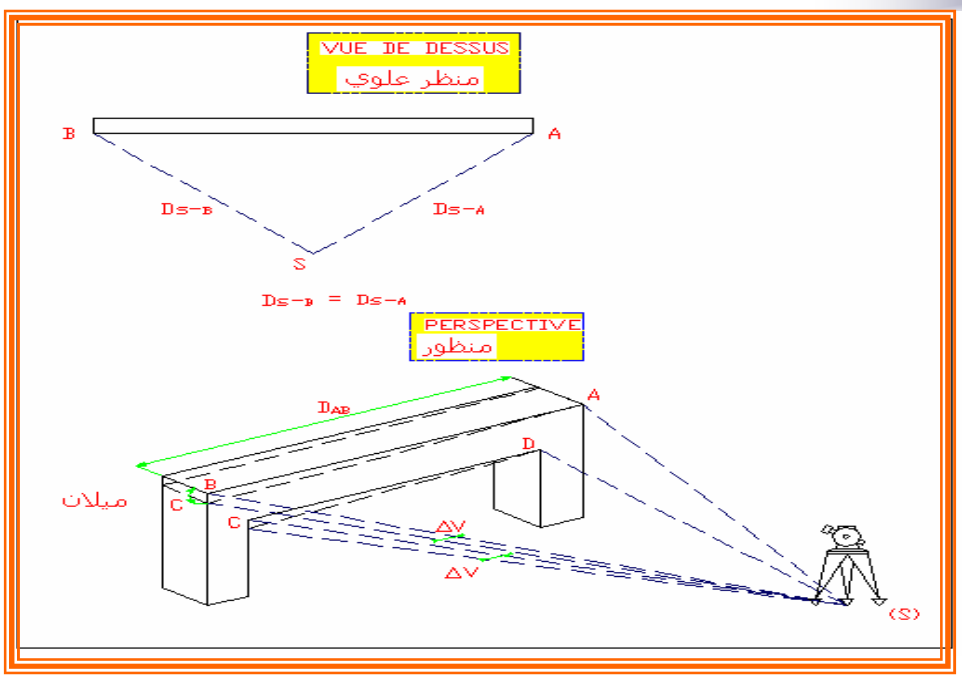
**الحـــل:** $H_Z(A)\neq H_Z(B)$ ومنه العنصر فيه خطأ في الوضعية الشاقولية.

$$d=h_{AB}tg\,(\Delta Hz)$$

$d=0,00188m=1,88mm$

## 2-المراقبة الأفقية

هذا النوع من المراقبة هو خاص بالعناصر الأفقية مثل الروافد وتتم باستعمال جهاز طبوغرافي لقياس الزوايا، وهذا بعد الإنجاز (ينظر الشكل -4-).




-الشكل 4-

### 2-1-مراحل العملية

-وضع الجهاز الطبوغرافي في محطة ($S$) متساوية البعد عن طرفي العنصر، بحيث تشكل مثلث متساوي الساقين.

-نرصد نقطة من حافة العنصر (النقطة A) ثم نقرأ $V_A$ على الدائرة الشاقولية للجهاز.

-نرصد نقطة من الحافة الثانية (النقطة B) ثم نقرأ $V_B$ على الدائرة الشاقولية للجهاز.

*إذا كان $V_A=V_B$ فإن العنصر في وضعية أفقية جيدة.

*إذا كان $V_A \neq V_B$ فإن الوضعية الأفقية للعنصر خاطئة وفي هذه الحالة يجب حساب الميل (C).

$$tg(\Delta V)=\frac{C}{D_{AB}} \Rightarrow C=D_{AB}tg(\Delta V)$$

$D_{AV}$: البعد بين النقطة (A) والنقطة (B) أي طول العنصر.

$\Delta V$: فرق القراءات $V_B$-$V_A$.

$C$: ميلان العنصر.

**ملاحظة**: يمكن مراقبة أفقية العنصر باستعمال الحواف كنقاط رصد (النقطتين $C$ و $D$ في الشكل -4-).

**تطبيق:** نريد التأكد من صحة الوضعية الأفقية لرافدة حيث:

$D_{AB}$=5,00m طول الرافضة.

$V_A$= 60,50gr القراءة الشاقولية عند A.

$V_B$= 60,60 gr القراءة الشاقولية عند B.

**المطلوب:** تأكد فيما إذا كانت هذه الرافضة أفقية أم لا وعين قيمة الميلان ($C$) إذا وجد.

**الحـــل:**

$$C= D_{AB} \times tg(\Delta V)$$

$$C= 5 \times tg\ (60,60 - 60,50) \Longrightarrow C= 0,00785m = 7,85\ mm.$$

## تمرين 01

لمراقبة الوضعية الشاقولية لعمود وقف طبوغرافي بجهاز لقياس الزوايا عند محطة ($S_1$) مقابلة لجهة من العمود، ورصد نقطتين على حافة العنصر، حيث (A) في الأسفل و(B) في الأعلى، فكانت القراءات على الدائرة الأفقية للجهاز كالتالي:

علو العمود $h_{AB}$= 4,50 m  $H_Z(A)$ = 70 gr,  $H_Z(B)$= 70gr

أعيدت نفس العملية من المحطة ($S_2$) العمودية على ($S_1$) وكانت القراءات كالتالي:

$H_Z(A)$= 70,20 gr, HZ(B)= 70,25gr

**المطلوب:**

1-احسب قيمة الانحراف.

2-أحكم على الوضعية.

## تمرين 02

لمراقبة أفقية رافدة وقف طبوغرافي بجهاز لقياس الزوايا عند محطة ($S$) المتساوية البعد عند الطرفين (A) و (B) للرافدة، فكانت القراءات عل الدائرة الشاقولية للجهاز كالتالي:

طول الرافضة $D_{AB}$=4,50m  $V_A$= 150,10gr,  $V_B$=150,15gr

**المطلوب:**

1-احسب قيمة الميلان $C$.

2-أحكم على الوضعية.

## تمرين 03

بعد مراقبة أفقية رافدة طولها D=6,00m تبين أن الرافضة مائلة وقيمة الميلان C=5mm

إذا علمت أن القراءة على الدائرة العمودية عند الحافة الأولى كانت $V_1$=50gr.

**المطلوب:**

عين قيمة القراءة على الدائرة الأفقية عند الحافة الثانية للرافدة $V_2$.

# الوحدة 03: الطرق
# LES ROUTES

مؤشرات الكفاءة:

-يصنف الطرقات

-يفرق بين مختلف مخططات مشروع طريق

-يوظف برنامج الرسم بالحاسوب لإنجاز مختلف المخططات مشروع طريق

قلم الجزائر-
WWW.DZPEN.COM

# الطـــــــرق Les routes

## نشـــــــاط 01





كان الإنسان قديما في الجزائر لتأدية فريضة الحج ينتقل برا وكانت المدة المستغرقة تفوق 60 يوما عكس ما هو الحال في يومنا هذا بحيث مدة التنقل برا لا تفوق 6 أيام.

*اذكر أسباب تقلص مدة السفر؟

*إذا أردنا تقليص هذه المدة إلى أقل من ذلك، ما يجب علينا فعله؟

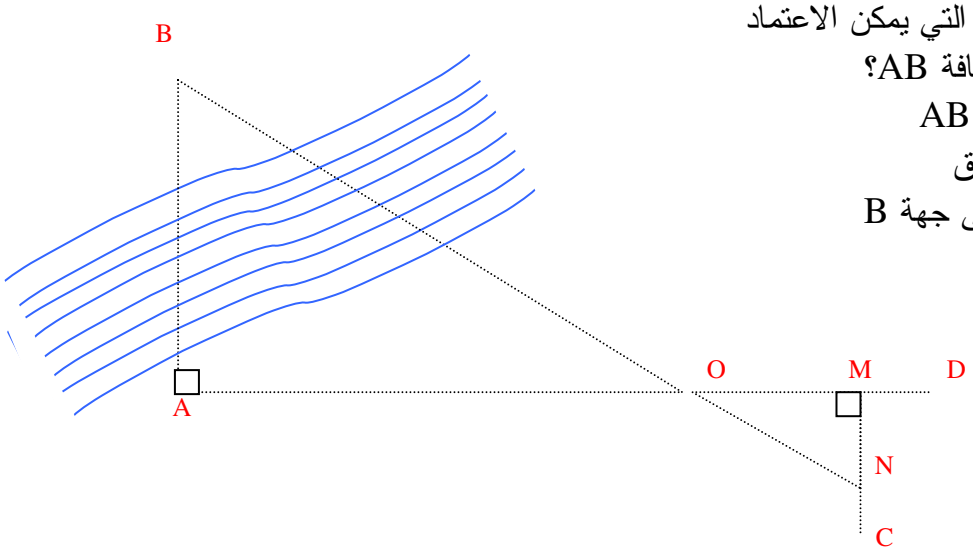
## نشـــــــاط 02

لحساب مسافة بين نقطتين (AوB) على طرفي واد ارتأينا إنشاء مستقيم AD ⊥ على AB ثم أخذنا نقطة كيفية M من (AD) وأنشأنا مستقيم MC ⊥ على AD وبعدها نأخذ نقطة N كيفية على MC ثم نعين وضعية النقطة O نقطة تقاطع BN وAM كما هو موضح في الشكل.

1-ما هي النظرية التي يمكن الاعتماد عليها لحساب المسافة AB؟

2-أحسب المسافة AB

**ملاحظة**: الواد عائق لا يسمح بالتنقل إلى جهة B



# الطـــــــرق Les routes

## 1-تعريف الطريق:

الطريق هو مسلك بري للمواصلات يسمح بربط مجموعة من نقاط الأرض ببعضها البعض وهو السبيل الوحيد الذي باستطاعته تحقيق استمرارية الوصل في عمليات النقل بين مسالك الاتصال الأخرى
في يومنا هذا تطورت فكرة الطريق وتغيرت بتغير مفاهيم البناء، فقد أصبح "مفهوم طريق حديث" أرضيات مسطحة واسعة تحوي اثنين أو أكثر من المسالك، دورها مقاومة التأثيرات الخارجية المتحركة منها والثابتة الخاصة بحركة السيارات والشاحنات وغيره .
فالطريق الحديث يسمح باستعمال السيارات للسرعة الكبيرة وهذا بكل أمن وراحة.

## 2-تصنيف الطرق:

تصنف الطرق إلى صنفين: إداري وتقني

### 2-1-التصنيف الإداري:

تصنف الطرق حسب انتمائها لهياكل الدولة إلى:

#### 2-1-1-الطرق البلدية:

وهي الطرق المتواجدة داخل حدود البلدية الواحدة وهي ذات أهمية بسيطة.

#### 2-1-2-الطرق الولائية:

وهي طرق تؤمن المواصلات داخل حدود الولاية الواحدة تحت إشراف هذه الأخيرة

#### 2-1-3-الطرق الوطنية:

وهي طرق تمثل مسالك اتصال كبيرة الأهمية للبلد حيث تربط مختلف الولايات وتكون تهيئتها وصيانتها على عاتق الدولة.

#### 2-1-4-الطرق السريعة:

وهي طرق وطنية ذات صنف خاص تكون خصائصها كالتالي:
-تخصص للحركة السريعة
-لا تحتوي على تقاطعات
-تمنع على الراجلين والدراجات العادية والعربات المجرورة
-يمنع توقف العربات فيها إلا في حالة الضرورة القصوى ويكون ذلك في أماكن مخصصة لذلك.

### 2-2-التصنيف التقني:

- يرتبط هذا التصنيف بسرعة الحركة المسموح بها على طرق يختلف مظهرها العام باختلاف موقعها. نميز خمسة أصناف هي:

*الصنف الاستثنائي: يخصص أساسا للطرق السريعة ذات القارعتين المنفصلتين، وفي بعض الأحيان للطرق ذات القارعة الواحدة الواسعة عندما يكون تصميمها على ميدان سهل وقليل التقاطعات.
*الصنف الأول: يخصص للطرق المصممة على أرضية سهلة قليلة الصعوبة.
*الصنف الثاني: يختص بالطرق المصممة على أرضية صعبة أو وعرة.
*الصنف الثالث: تتمثل في الطرق التي تتميز بمقطع عرضي صعب على أرضية ذات تضاريس ملتوية

*الصنف الرابع: تتمثل في الطرق ذات المظاهر العرضية شديدة الصعوبة لا تسمح تضاريسها بإنجاز الأصناف المذكورة أعلاه.

قيم السرعة المسموح بها لمختلف أصناف الطرق السابقة ملخصة في الجدول التالي:

| الصنف | الإستثنائي | الصنف الأول | الصنف الثاني | الصنف الثالث | الصنف الرابع |
|---|---|---|---|---|---|
| السرعة كلم/سا | 120 | 100 | 80 | 60 | 40 |

## 3-مكونات الطرق:

تتكون الطرق عموما من عناصر عامة وأخرى ثانوية تلخص كالتالي:

### 3-1-العناصر العامة:

تتمثل فيما يلي:

*الحرم: تتمثل في المساحة الكلية المخصصة لاستقبال مشروع الطريق بمرافقه وملحقاته

*الصحن: هي المساحة الحقيقية التي يشغلها مشروع الطريق بمرافقه الضرورية فقط

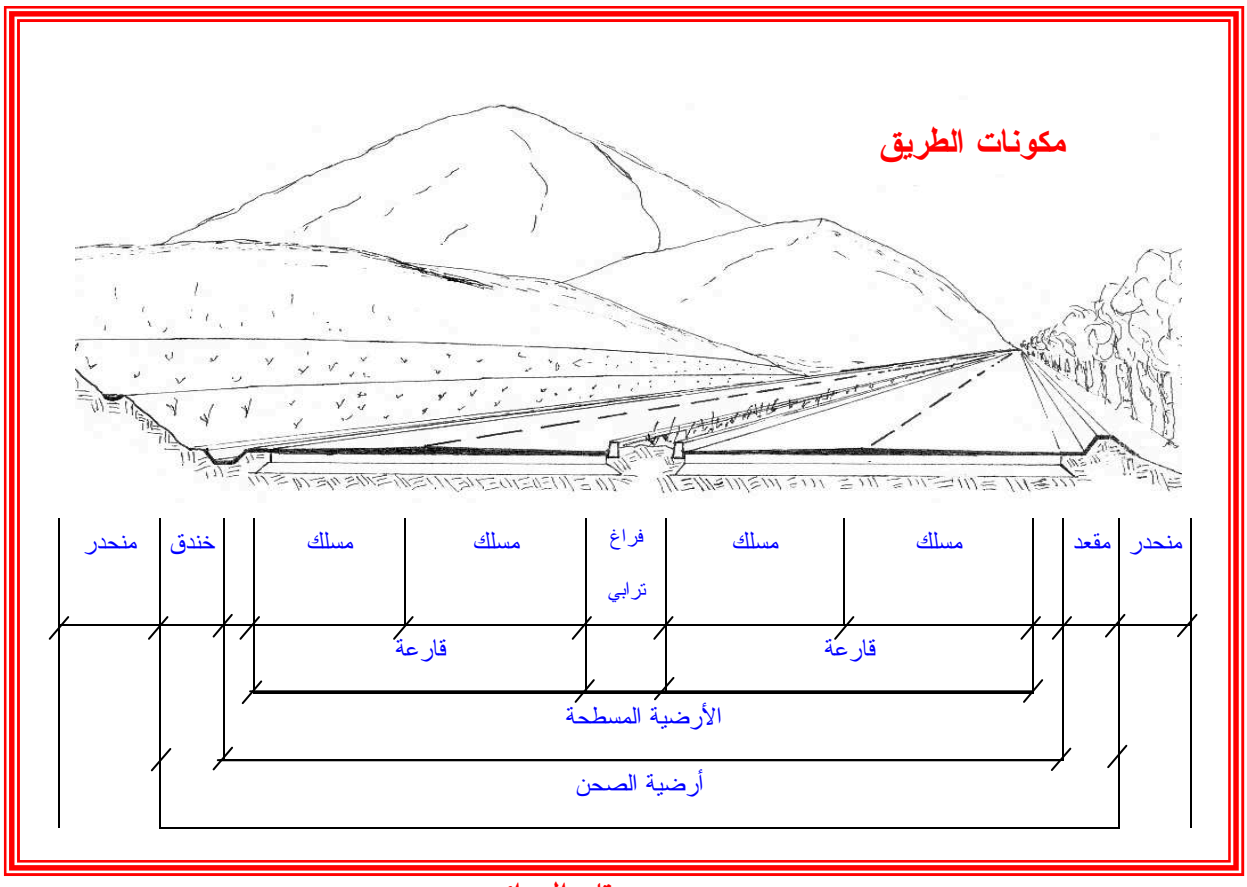
*الأرضية المسطحة: هي المساحة الأفقية المسطحة من الطريق

*القارعة: هي جزء الأرضية المسطحة التي تكون بعد انتهاء الأشغال بها معبدة، وتخصص لحركة العربات

*المسلك: هو جزء القارعة المخصص لسير صف من السيارات في اتجاه واحد معين

*الحاشية: مساحة جانبية تحد القارعة، غير معبدة، مخصصة للراجلين والدراجات والتوقف الاضطراري للعربات. تعوض الحواشي في الطرق داخل المدن عموما بالأرصفة.

*الفراغ الترابي: شريط ترابي غير معبد محدد بحافتين يفصل قارعتين.



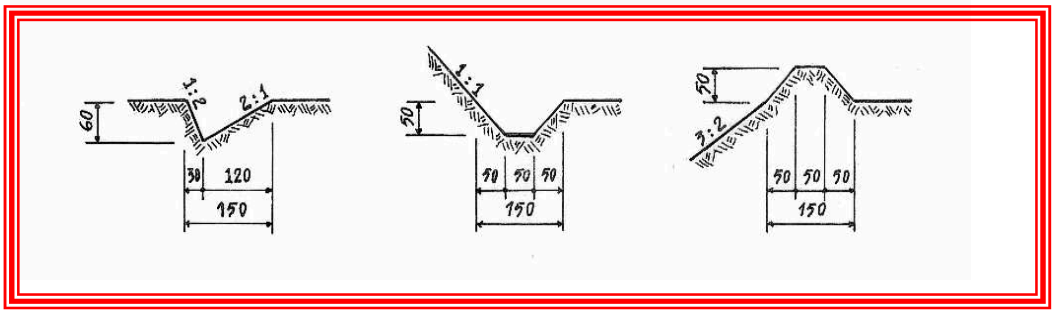

-الشكل 1-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 3-2-العناصر التفصيلية: عناصر ملحقة بالأرضية المسطحة وتشمل :

*الخندق: تعرف ايضا بالخندق أو الصارف، تمتد على جوانب الحواشي في حالة الحفر، تستعمل لصرف المياه المنزلقة من المنحدرات وسطح القارعة.

*المقعد: مرتفع يشبه في شكله حفرة مقلوبة يمتد على جوانب الحواشي في حالة الردم، دوره دعم القارعة.

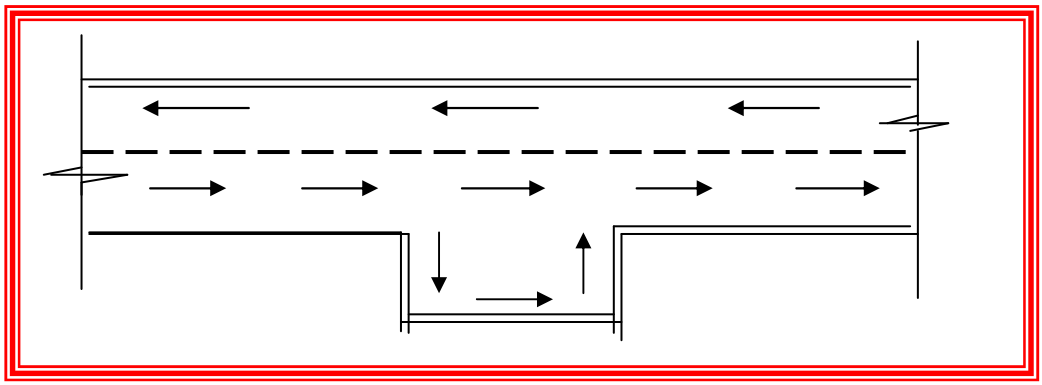



شكل 2-

*المنحدرات: مستويات مائلة للتربة الطبيعية تسمح لها بالاستقرار وهي إما منحدرات حفر أو ردم ميلها عموما **1/1** في حالة الحفر **3/2** في حالة الردم .

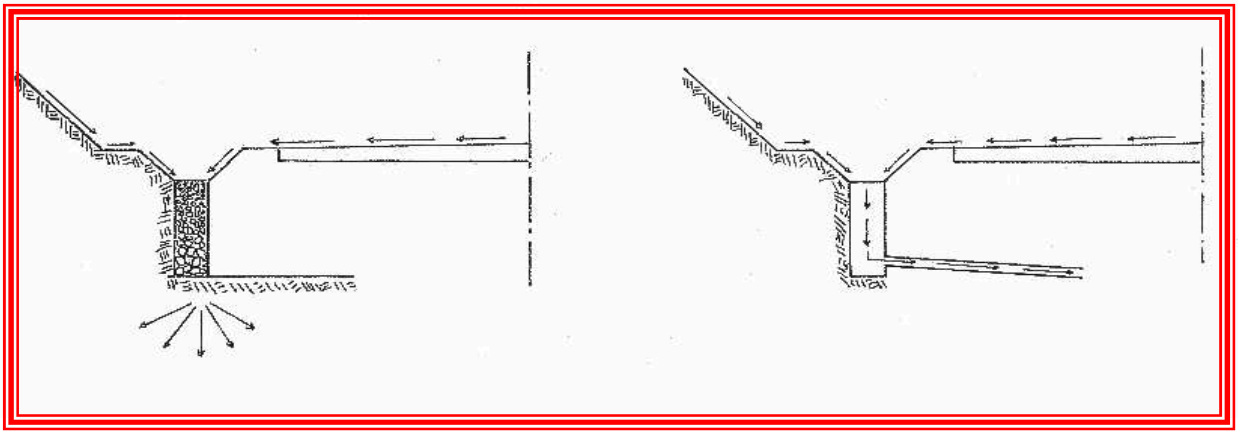
*المزلقة الأمنية: تتكون من صفيحة فولاذية مجنبة سمكها يتراوح بين 3mm و4mm، مثبتة في قوائم معدنية، دورها منع خروج العربات من القارعة في حالة وقوع حوادث أو انزلاقات .

*أماكن التوقف: مساحات مهيئة على القوارع في حالة غياب الحواشي، مخصصة للتوقف الاضطراري للعربات.



الشكل 3

*قنوات صرف المياه: قنوات بأقطار تخترق القارعة عرضيا دورها التقاط المياه المجمعة في الحفر وتحويلها نحو ال



شكل 4-

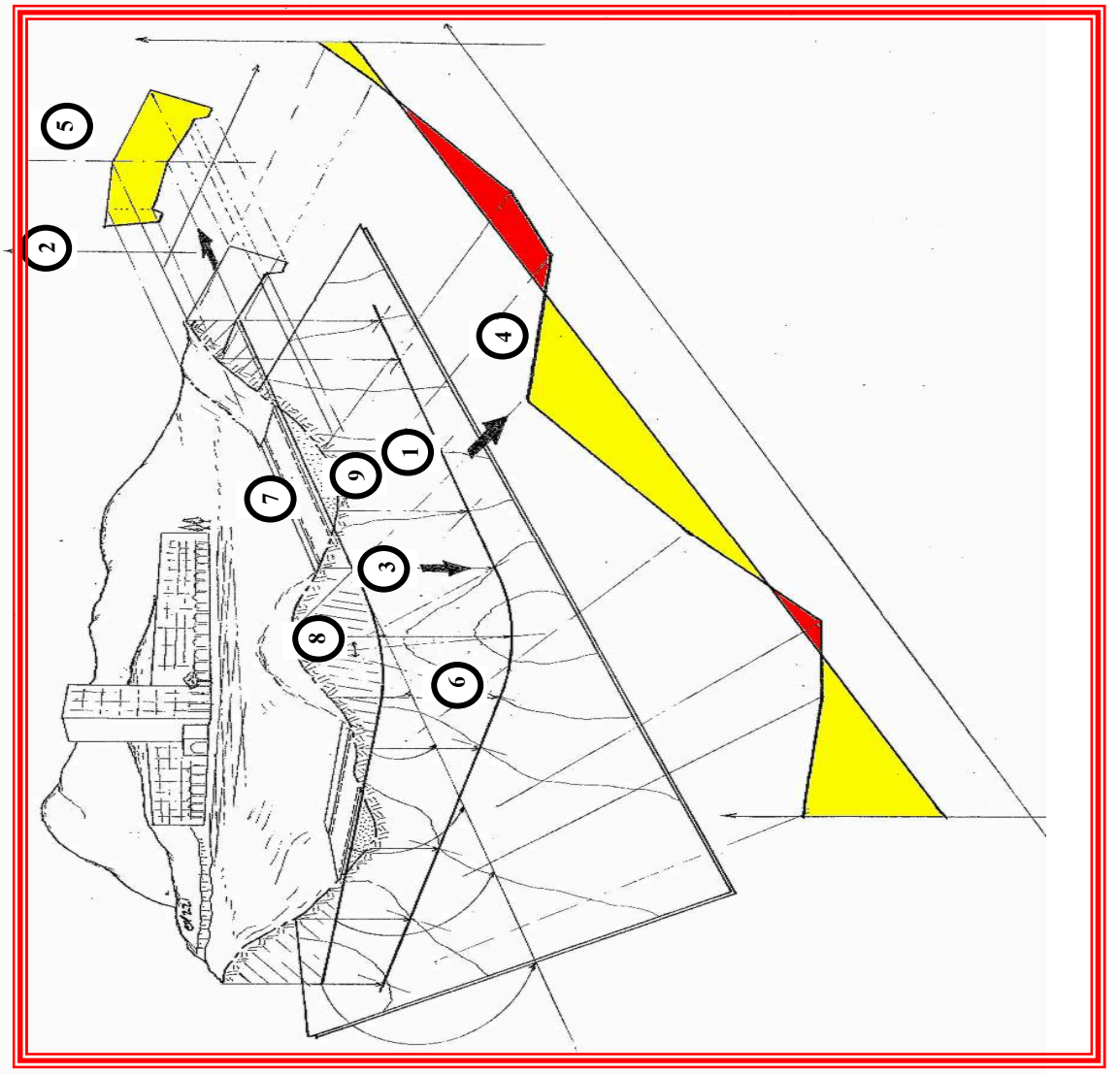
## 4-الوثائق الخطية لملف تقني لجزء طريق

### 4-1-عموميات:

تمثل الطرق خطيا بأربعة وثائق هي:

*المسقط الأفقي أو المنظر العلوي
*المظهر الطولي
*المظهر العرضي النموذجي
*المظاهر العرضية

هذه الوثائق الخطية يحصل عليها من خلال الدراسة الطبوغرافية، ما عدا المظهر العرضي النموذجي الذي يتم تصميمه في مكتب الدراسات وفق كثافة حركة المرور وصنف الطريق.




1 – إتجاه الإسقاط للمظهر الطولي
2 – إتجاه الإسقاط للمظهر العرضي
3 – إتجاه الإسقاط للمنظر العلوي
4 – مستوي إسقاط للمظهر الطولي
5 – مستوي إسقاط للمظهر العر
6 – مستوي إسقاط للمنظر ال
7 – قارعة الطريق
8 – تربة الحفر
9 – مكان ردم التربة

شكل 5-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 4-2-المظهر الطولي:

المظهر الطولي هو المقطع الطولي للأرضية وفق المستوي الشاقولي المار بالمحور الطولي للطريق. يمثل المظهر الطولي من جهة، الشكل العام للتربة الطبيعية المحصل عليه بعمليات رفع مباشر ميدانيا، أو بتأويل معطيات منحنيات التسوية، ومن جهة أخرى المظهر الطولي للمشروع.

**يمثل خط التربة الطبيعية باللون الأسود، وخط المشروع باللون الأحمر**

يرفق المظهر الطولي بالبيانات التالية:

*مناسيب نقاط التربة الطبيعية

*مناسيب نقاط المشروع التي تحدد في مكتب الدراسات اعتمادا على معطيات ترتبط بمبادئ التخطيط النظري

*المسافات الجزئية أي المسافات بين كل نقطتين متتاليتين

*المسافات المتراكمة أو الكلية من المبدأ إلى كل نقطة

*أرقام المظاهر العرضية

*أميال أو إنحدارات المشروع

*أطوال المستقيمات، وخصائص المنحنيات: نصف القطر، زاوية المركز وطول القوس "التراصفات والمنحنيات"

**ملاحظات:**

*يرسم المظهر الطولي للطريق في معلم متعامد و غير متجانس, حيث يكون مقياس الأطوال نفس مقياس المسقط الافقي وغالبا ما يكون 1/1000, أما بالنسبة لمقياس الإرتفاعات فيكون عموما 1/100.

*يختار مستوى أفقي للمقارنة حيث يكون أقل من أدنى منسوب لمنطقة المشروع.

*كل البيانات الخاصة بالمشروع تكتب بالأحمر أي البيانات التالية:

- مناسيب خط المشروع.
- ترقيم المظاهر العرضية.
- أميال المشروع.
- التراصفات والمنعرجات.

*ترسم تحت مستوى المقارنة الأفقي خانات إرتفاعها بين 10-15mm تكتب فيها البيانات المذكورة أعلاه.

*مناطق الحفر تلون بالأصفر أما مناطق الردم فتلون بالأحمر.

*لتمثيل المنعرجات هناك وضعيتان:

- **الأولى:** إذا كنا بصدد منعرج من اليمين إلى اليسار نمثله في الخانة بالطريقة التالية :




- **الثانية :** إذا كنا بصدد منعرج من اليسار إلى اليمين نمثله في الخانة بالطريقة التالية:




## 4-2-2-خصائص المظهر الطولي:

*المظهر الطولي يجب أن يستجيب لضرورة توافق تضاريس الميدان الطبيعي.

*المظهر الطولي يجب أن يستجيب لضرورة سيلان مياه الأمطار.

ولضمان سيلان مياه الأمطار نتجنب المنبسط تماما ونعوضه بميل طفيف ( 6-8mm) في المتر.

أما في الأجزاء الطويلة جدا نلجأ إلى استعمال المنحدرات المتتالية مع ضمان ميل أدنى. بخلاف السكة الحديدية التي نبحث فيها عن منبسط حتى يسهل شد القطار، أما سيلان مياه الأمطار فهو مضمون بواسطة دبش السكة، لأنه نفوذ.

## 4-2-3-كيفية رسم المظهر الطولي:

تمثيل المظهر الطولي يمر بالمراحل التالية، كما هو الحال في المثال الموالي:
*الإطلاع على مخطط التوقيع للتأكد من كون المعطيات غير ناقصة.
*في حالة النفي "نقصان منسوب أو مسافة مثلا"، يشترط حسا ب هذا المنسوب أو إيجاد تلك المسافة.

**مثال تطبيقي:**

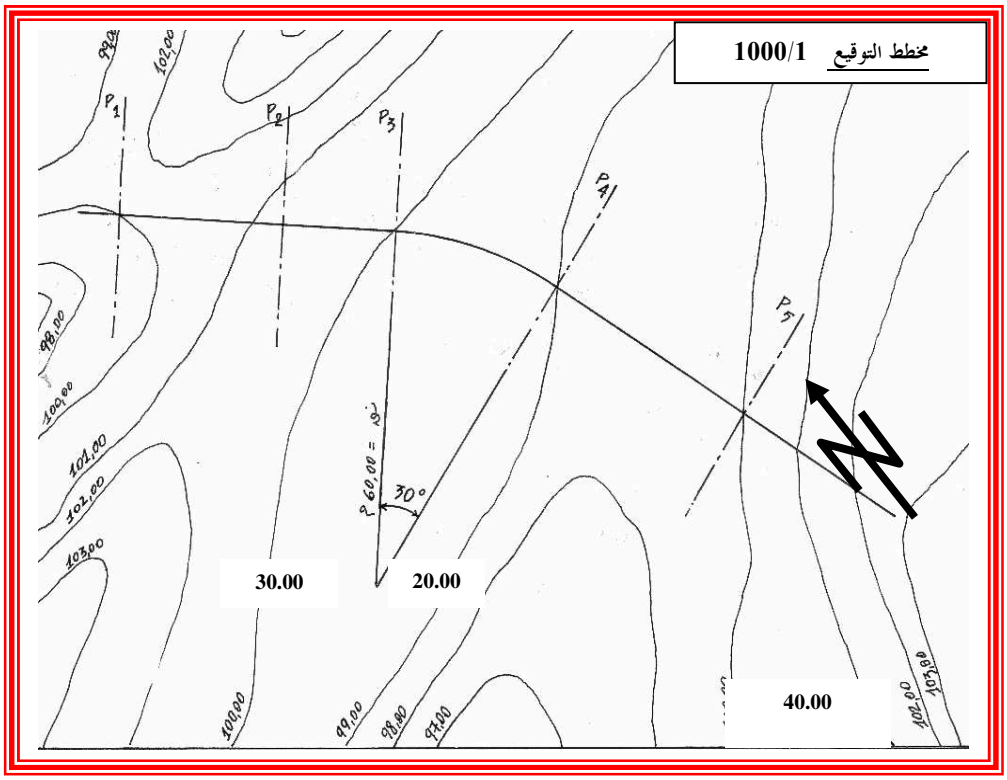
نريد تمثيل المظهر الطولي لجزء من طريق يتكون من خمسة مظاهر عرضية كما هو مبين على مخطط التوقيع (-شكل 6-).

تعطى مناسيب خط المشروع:

$P_1$=100,00m

$P_3$=100,01m

$P_5$=99,00m




-الشكل 6-

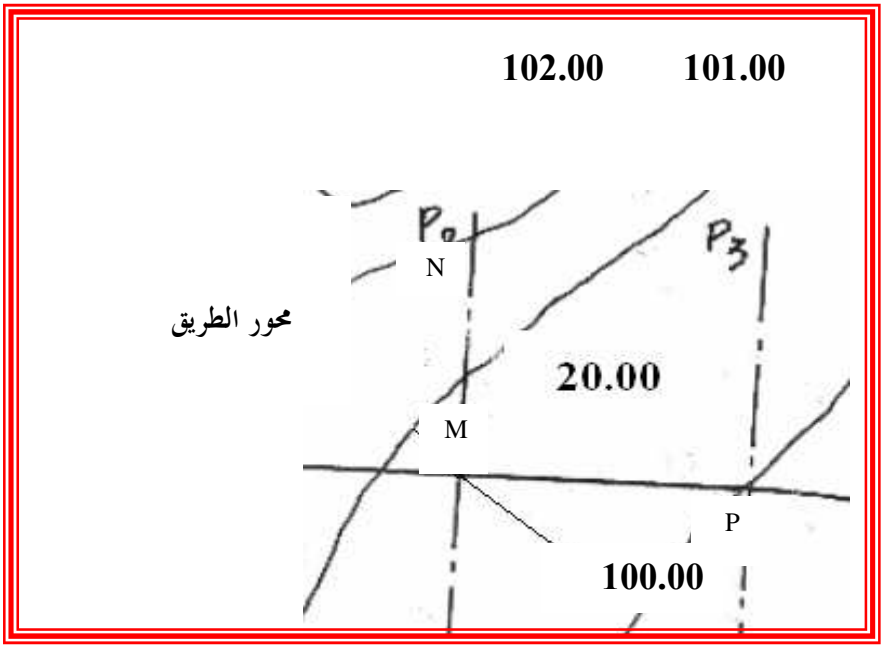
**الحـــل:**

**1-المظهر الطولي:**

نلاحظ في المثال الموالي أن منسوب P2 عند محور الطريق مجهول، لماذا؟

لأن منحنى التسوية لا يمر بنقطة تقاطع محور الطريق مع المقطع العرضي في النقطة 2 أما المسافة بين P4, P3 فهي مجهولة أيضا.

لإيجاد منسوب النقطة P2 نقوم بما يلي:

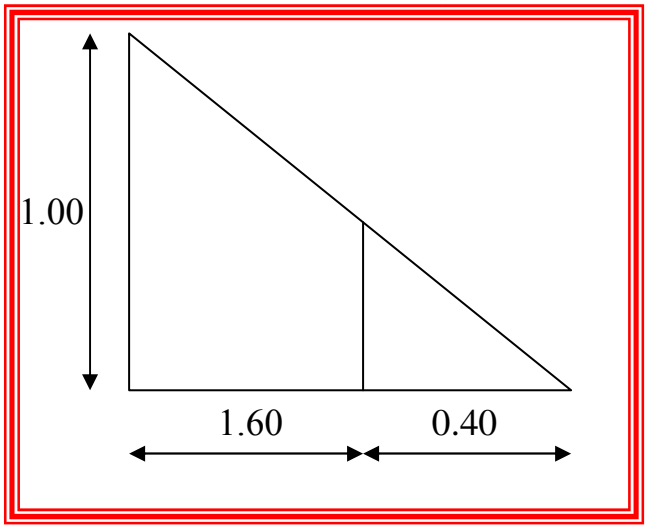



-الشكل7-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

-إسقاط النقطة المحورية للمظهر العرضي P2 على منحنيات التسوية المجاورة. ثم نقيس المسافتين بالمسطرة: "MN" و"MP" حيث نجد: MP=1.6cm م و MN=0.4cm

-تطبيق طريقة المد الداخلي أو الإستكمال التي تكون على النحو التالي:




**منسوب P2 :**

$$P2 = 100.00 + (101.00-100.00) \times \frac{MN}{MN+MP}$$

$$P2 = 100.00 + (101.00-100.00) \times \frac{1.60}{0.40+1.60}$$

$$= 100.80m$$

**-الشكل 8-**

لإيجاد المسافة المجهولة بين P3 و P4 أي طول القوس تتبع الطريقة التالية:

- طول القوس = الزاوية المركزية (بالراديان) * نصف القطر R

طول القوس بين النقطتين P3 و P4 : $L=\frac{R.\pi.\alpha}{180}$

$$L = \frac{60.00 \cdot 3.14 \cdot 30}{180} = 31.40 \text{ m}$$

*ملء جدول المظهر الطولي الذي يحتوي على الترتيب من الأعلى نحو السفل على المعطيات التالية:

-مناسيب خط التربة الطبيعية التي تؤخذ من مخطط التوقيع والتي تكتب باللون الأسود (P1: 100.00 ، P2: 100.80 ، P3: 100.00 ، P4: 99.00 ، P5: 100.00)

-مناسيب خط المشروع المعطاة والتي تكتب باللون الأحمر (P1: 100.00 ، P3: 100.00، P5: 99.00) على افتراض أن المسافة بين P1 و P3 مستقيم مائل

-المسافات الجزئية المأخوذة من مخطط التوقيع والتي تكتب باللون الأسود

-(P1-P2=30.00m، P2-P3=20.00m 31.40m، P3-P4 ،P4-P5 = 40m)

-المسافات الكلية أو المتراكمة والتي تحسب بدلالة المسافات الجزئية والتي تكتب باللون الأسود

-أرقام المظاهر العرضية التي تكتب باللون الأحمر

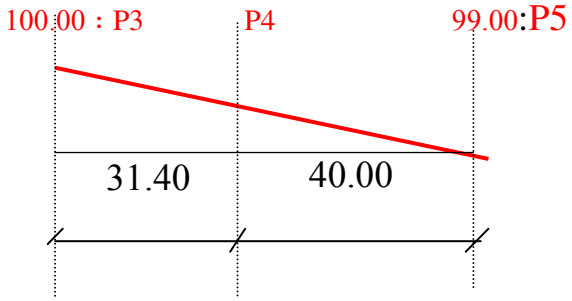
-أميال المشروع التي تحسب بدلالة مناسيب نقاط المشروع والمسافات الجزئية بينها والتي تكتب باللون الأحمر

-التراصفات والمنحنيات التي تؤخذ من مخطط التوقيع مع تعيين الأطوال للأقسام المستقيمة وخصائص المنعرجات عند المركز (نصف القطر والزاوية المركزية، كذلك طول القوس)

*إكمال المعطيات الناقصة لخط المشروع كحساب مناسيب النقاط المجهولة ( P2، P4) مثلا.

-منسوب P2 هو 100.00م لأن الميل منعدم بين النقطتين P1 و P3 فالجزء المحصور بينهما منبسط.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




- منسوب P4 يحسب على النحو التالي:

$$tg\ \alpha = \frac{100{,}00-99{,}00}{31{,}40-40{,}00}$$

$$tg\ \alpha = 0.0140$$

تصل الدقة في حساب الأميال إلى الجزء العاشر من المليمتر في المتر، (أربعة أرقام بعد الفاصلة) لتقليص أهمية الخطأ في حساب مناسيب النقاط المتوسطة.

منسوب النقطة P4 يصبح إذن كما يلي:

منسوب النقطة P4 : $P4=100.00 - 31.40*0.0140 = 99.56\ m$

منسوب النقطة P4 : $P4=99.00+40.00*0.0140 = 99.56m$

عندما تصبح مناسيب كل النقاط معروفة بالنسبة للتربة الطبيعية والمشروع، يحسب ما يعرف بعمق الأشغال الذي يتمثل في فارق المناسيب بين خطي التربة الطبيعية والمشروع في كل نقطة:

$h_1 = 100.00-100.00 = 0.00$

$h_2 = 100.80-100.00 = 0.80$ (حفر)

$h_3 = 100.00-100.00 = 0.00$

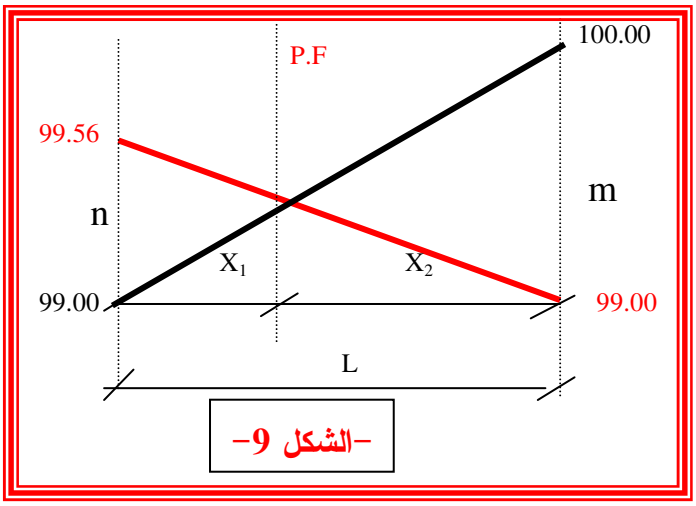
$h_4 = 99.00-99.56 = -0.56$ (ردم)

$h_5 = 100.00-99.00 = 1.00$ (حفر)

ترمز الإشارة الموجبة في النتائج إلى أعمال حفر، والسالبة إلى أعمال ردم .

*رسم المظهر الطولي الممثل بخطي التربة الطبيعية والمشروع مع استعمال الألوان المتفق عليها وهي: اللون الأصفر في مناطق الحفر، واللون الأحمر في مناطق الردم.

*تعيين المظهر الوهمي (التخيلي) الذي يسمى أيضا بنقطة العبور (في حالة وجودها). يرمز له بالحرفين P.F يقع هذا المظهر بين مظهرين عرضيين حقيقيين متتاليين وهو نقطة تقاطع خطي التربة الطبيعية والمشروع أي نقطة انتقال من حالة حفر إلى حالة ردم أو العكس.



-الشكل 9-

نلاحظ وقوع المظهر الوهمي في هذا المثال بين المظهرين P4 و P5 تحديد موضعه يكون على النحو التالي:

خطا التربة الطبيعية والمشروع بتقاطعهما يرسمان مثلثين متشابهين باستغلال علاقات التشابه والتناسب، نجد ما يلي:

$$X_1 = \frac{n.L}{n+m}$$

$$X_2 = \frac{m.L}{n+m}$$

بتعويض القيم في العبارة السابقة نجد:

$X1=14.36m\ ;x2=25.64m$

للتأكد من صحة النتائج يحسب المجموع: $L=X1+X2=14.36+25.64=40.00m$

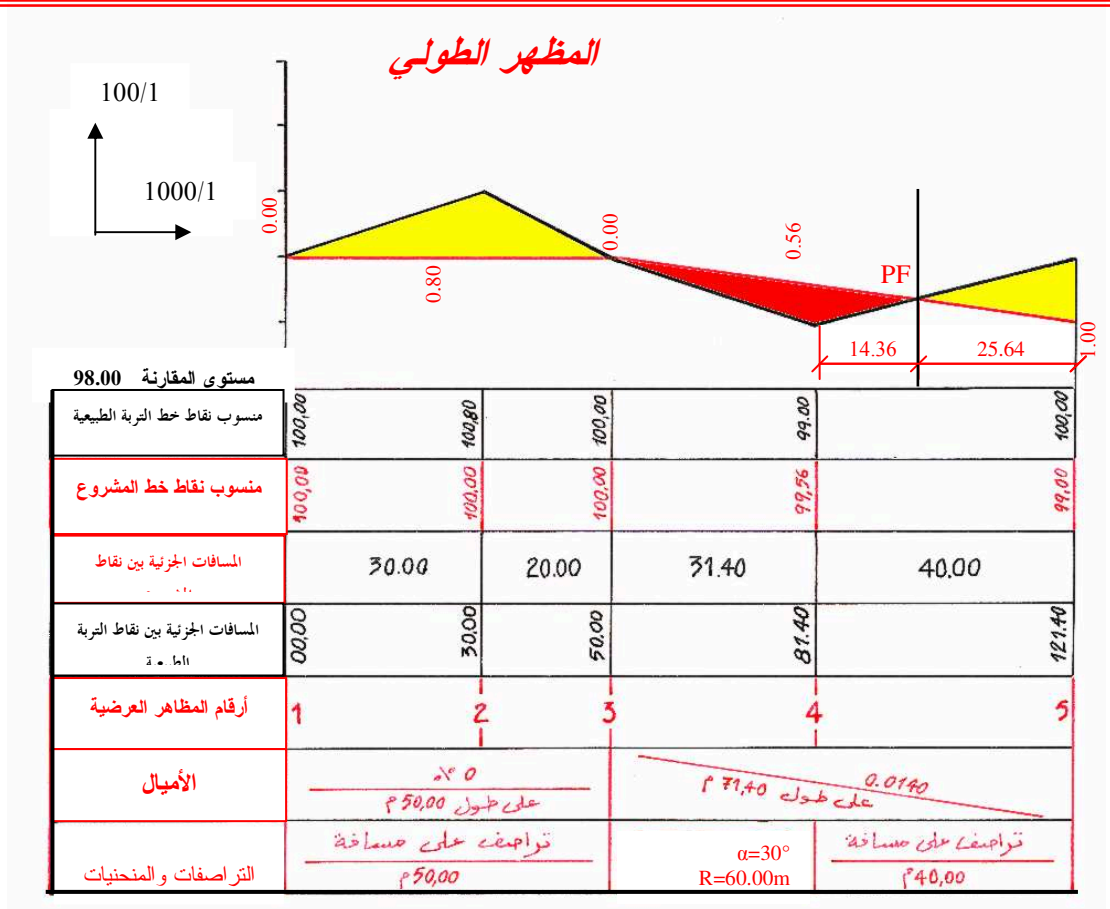
لحساب منسوب المظهر الوهمي، تستعمل نفس طريقة مناسيب النقاط المتوسطة.

إذن منسوب PF: $PF=99.00+(0.0140+25.64)=99.36m$

أو: $PF=99.00-(0.0140x14.36)=99.36m$


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

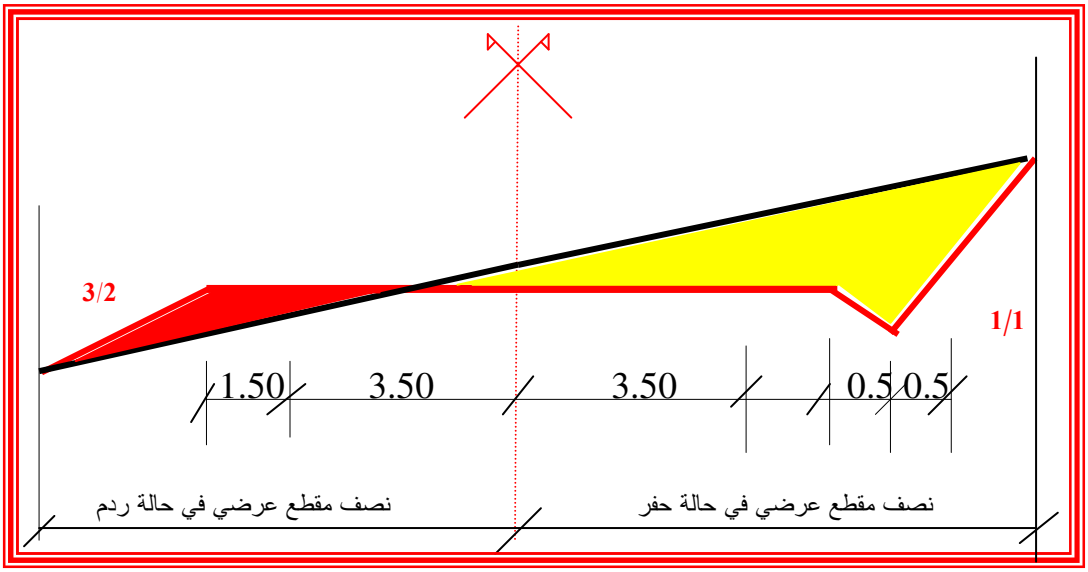
يصبح الشكل النهائي للمظهر الطولي على النحو التالي:




الشكل 10-

## 4-3-المظهر العرضي النموذجي:

هو وثيقة خطية يتم إعدادها في مكتب الدراسات، لمشاريع الطرق الجديدة أو تهيئة وترميم طرق موجودة مسبقا. يمثل المظهر العرضي النموذجي مقطعا عرضيا لجسم القارعة، حيث يظهر جزآن على هذا المقطع، نصف مقطع في حالة حفر والنصف الثاني في حالة ردم. كما يحتوي على جميع البيانات الخاصة بعناصر الطريق المستقبلي.



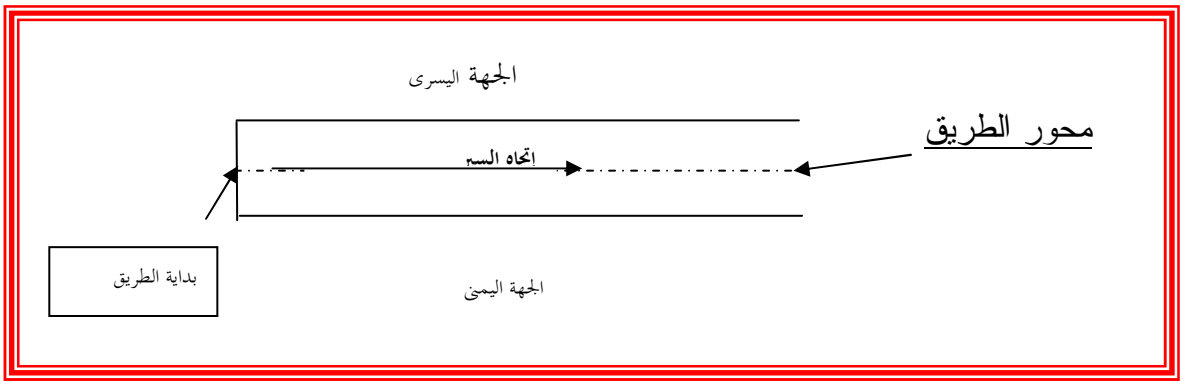

الشكل11-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 4-4-المظاهر العرضية:

المظاهر العرضية هي سلسلة من المقاطع في المستوى العمودي, متعامدة مع المظهر الطولي عددها غير محدد مبدئيا و تكون ضرورية كلما تغيرت أشكال المظهر العرضي سواء بالنسبة للتربة الطبيعية أو لخط المشروع أما البعد بين مظهرين فيختلف باختلاف المسقط الأفقي والهدف من إنجاز المظاهر العرضية هو تحديد حجم أعمال التجريفات.

الجهة اليمنى للطريق هي الجهة اليمنى للمتجول أما الجهة اليسرى فهي الموجودة على يساره.، لكن لا بد على الرسام أن يلتفت في اتجاه بداية الطريق بعكس المتجول فتصبح الجهة اليمنى على يساره والجهة اليسرى للطريق على يمينه.




-الشكل 12-

### 4-4-1-خصائص المظهر العرضي:

تتمثل خصائصه فيما يلي:
*ضرورة التوافق مع معطيات تضاريس الميدان
*ضرورة السماح بسيلان المياه باستعمال ميل عرضي من محور القارعة على مستوى الطبقة الزفتية في حالة الطرق العادية، أما في حالة السكة الحديدية، فتصمم الأرضية المسطحة على شكل منبسط بحيث يسهل حركة القطار، أما سيلان المياه فيتم اعتمادا على دبش السكة لكونه نفوذا.

### 4-4-3- كيفية رسم المظهر العرضي:

تمثيل المظاهر العرضية يتم بإتباع المراحل التالية كما هو موضح في المثال التالي:
*تحديد قيمة الأرضية المسطحة للمشروع من معطيات المظهر العرضي النموذجي، علما أن منسوبها في نقطة المحور هو نفسه منسوب انقطة المتوافقة معه في المظهر الطولي. يمثل الخط باللون الأحمر، باستعمال سلم 100/1 عموما في الإتجاهين الأفقي (الأطوال) والعمودي (المناسيب).
*تعيين مناسيب نقاط خط التربة الطبيعية (ثلاث نقاط عموما)، منسوب نقطة المحور من المظهر الطولي إضافة إلى نقطتين على اليمين واليساريحدد منسوباهما من مخطط التوقيع كما هو موضح في المثال الموالي.
*إضافة كل التفاصيل المتعلقة بالمشروع من المظهر العرضي النموذجي كالخنادق أو الحفر، المقاعد والمنحدرات.
*إكمال الجدول المرفق بالمظهر العرضي الذي يحتوي على المعطيات التالية:

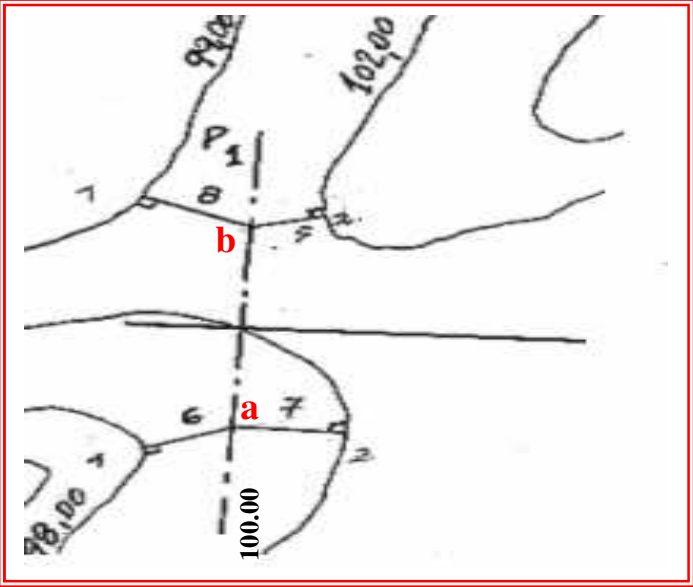
- مستوى المقارنة
- مناسيب نقاط التربة الطبيعية
- مناسيب نقاط المشروع
- المسافات الجزئية للمشروع
- المسافات الجزئية للتربة الطبيعية
- المسافات المتراكمة أو الكلية


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**كيف يمكن الحصول على مناسيب نقاط التربة الطبيعية على اليمين وعلى اليسار؟**

تختار النقطتان على اليمين وعلى اليسار (a وb) عموما على مسافة 10.00m من محور الطريق ثم يتم الإسقاط العمودي للنقاط مجهولة المناسيب على خطوط منحنيات التسوية:

بعد الإسقاط، تحسب المناسيب باستعمال طريقة المد الداخلي أو الاستكمال علما أن المسافات هي الممثلة على الشكل الموالي (اعتمادا على مقياس رسم مخطط التوقيع 1/1000):




**لشكل 11-**

**المظهر P1 :**

حساب منسوب النقطة "a" يعتمد، إضافة إلى المسافات المحددة أعلاه، على منسوب النقطة a1 أو a2 المأخوذ من مخطط التوقيع وهو 98.00m أو 100.00 m على الترتيب.

**منسوب"a": 98.00+(100.00-98.00)*6.00/(6.00+7.00)=98.92m**

**أو منسوب "a" : 100.00-(100.00-98.00)*7.00/(6.00+7.00)=98.92m**

**بنفس الطريقة يحصل على منسوب النقطة "b"**

**منسوب "b": 99.00+(102.00-99.00)*8.00/(8.00+5.00)=100.85m**

**أو منسوب "b": 102.00-(102.00-99.00)*5.00/(8.00+5.00)=100.85m**

يمثل المظهر العرضي **P1** على المراحل التالية بعد ملء خانات الجدول الملحق بالمظهر العرضي

-تمثيل خط التربة الطبيعية.

-تمثيل خط المشروع انطلاقا من معطيات المظهر الطولي في النقطة 1 والمظهر العرضي النموذجي (يكون المظهر على حفر إذا كان خط التربة الطبيعية فوق خط المشروع، ويكون على ردم في حالة العكس).

-تحديد نهايات المظهر على اليمين واليسار أي نقاط تقاطع الخطين التي تحدد صحن الطريق.

لذلك، يتم حساب أميال التربة الطبيعية على اليمين واليسار علما أن منسوب نقطة المحور في المظهر الأول هو 100.00:m

p1=(100.00-98.92)/10.00=0.1080

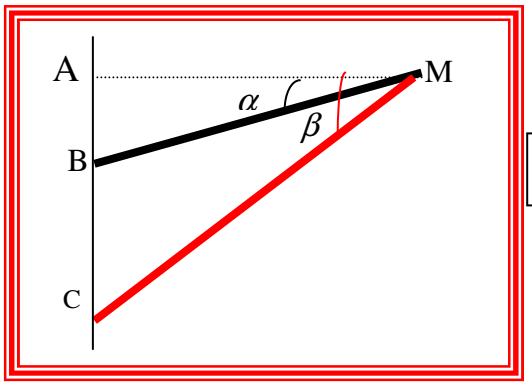
p2=(100.85-100.00)/10.00=0.0850

p3=1/1=1.0000

p4=2/3=0.6667

لحساب المسافة الأفقية التي تحدد هذه النهاية، نميز حالتين: ميلا الخطين في نفس الجهة بالنسبة للأفق، والميلان في جهتين مختلفتين.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




الشكل 13-

**الحالة الأولى:**

tg α =AB/ MA=►AB=MA*tg α .....(1)

tgβ=AC/MA=►AC=MA*tgβ .. ...(2)

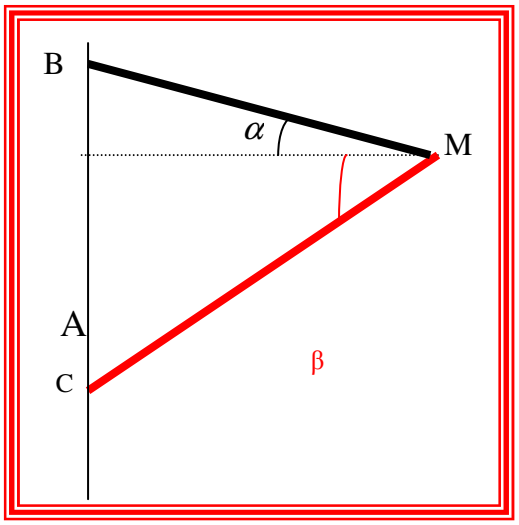
بالطرح (2) – (1) نتحصل على:

AC-AB=MA*( tgβ-tg α)

BC=MA*( tgβ-tg α)

( tgβ-tg α) MA=BC/

يحسب إسقاط المنحدر إذن بدلالة فرق منسوب نقطتي التربة الطبيعية والمشروع مقسوما على فرق ميلي الخطين




الشكل 14-

**الحالة الثانية:**

tg α =AB/ MA=►AB=MA*tg α .....(1)

tgβ=AC/MA=►AC=MA*tgβ .. ...(2)

بالجمع (1) + (2) نتحصل على:

AC+AB=MA*( tgβ+tg α)

BC=MA*( tgβ+tg α)

MA=BC/ ( tgβ+tg α)

يحسب إسقاط المنحدر إذن بدلالة فرق منسوب نقطتي التربة الطبيعية والمشروع مقسوما على مجموع ميلي الخطين في المظهر العرضي الأول P1 يلاحظ أن ميلي التربة الطبيعية على اليمين وعلى اليسار هما على الترتيب 0.1080 و 0.0850، أما بالنسبة للمشروع فهما : 0.6667 و 1.0000 منسوبا نقطتي المشروع والتربة الطبيعية، بتطبيق علاقة الإستكمال أو المد الداخلي، على اليسار هما:

100.00-(1.000x0.50)=99.50m

100.00+(0.0850x0.50)=100.47m

فرق المنسوبين هو : 100.47-99.50=0.97m

المسافة الأفقية حسب الحالة الأولى هي:

AM=0.97/(0.0850-1.000)=1.06m

أما على اليمين فالمنسوبان هما:

100.00-(0.1080x5.00)=99.46m

فرق المنسوبين هو : 100.00-99.46=0.54m

المسافة الأفقية حسب الحالة الأولى هي:

AM=0.54/(0.1080-0.6667)=0.97m

منسوبا نقطتي النهايتين هما على الترتيب على اليسار وعلى اليمين:

99.50+(1.0000x1.06)=100.56m خط المشروع

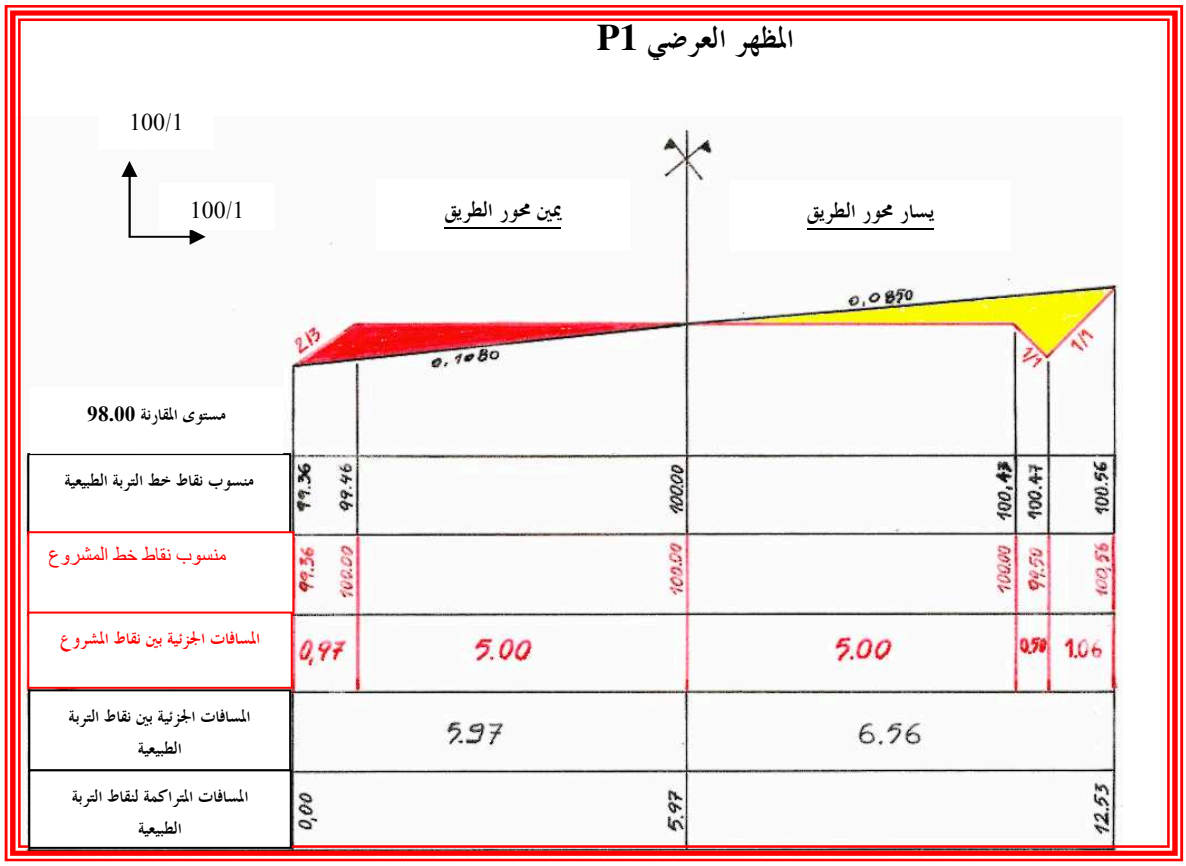
أو : 100.47+(0.0850x1.06)=100.56m خط التربة الطبيعية

100.00-(0.6667x0.97)=99.35m خط المشروع

أو : 99.46-(0.1080x0.97)=99.35m خط التربة الطبيعية



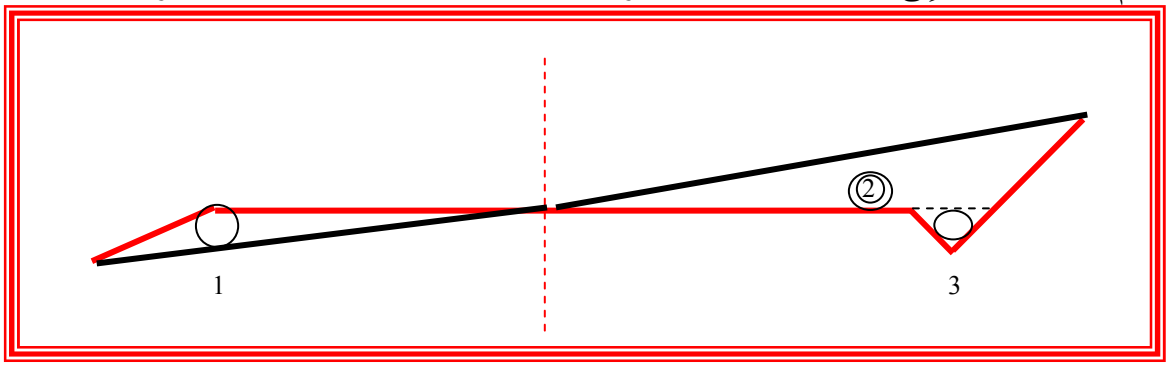
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




-لشكل 15-

بعد تمثيل المظهر العرضي، تحسب مساحاته بغرض التكعيب.

لحساب المساحات، تقسم المساحة الكلية إلى عدد من المساحات الجزئية البسيطة كما هو الحال بالنسبة للمظهر الأول.




-الشكل 16-

مساحة الشكل (1) (100.00-99.36)x5.00/2=1.60m2

مساحة الشكل (2) (100.56-100.00)x6.00/2=1.68m2

مساحة الشكل (3) (100.00-99.50)x1.00/2=0.25m2 :

| الردم على اليسار | الردم على اليمين | الحفر على اليسار | الحفر على اليمين |
|---|---|---|---|
| | 1.60 | 1.68<br>0.25 | |
| **Σ=0.00** | **Σ=1.60** | **Σ=1.93** | **Σ=0.00** |


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمثيل المظاهر العرضية الأربعة الباقية يتم بنفس الطريقة، مع حساب المساحات لكل مظهر عرضي بغرض التكعيب.

## 4-5-المسقط الأفقي:

### 4-5-1- كيفية رسم المظهر الأفقي:

تمثيل المسقط الافقي يتم باستعمال مستقيمات موصولة بمنحنيات تمثل المنعرجات.

-تمثيل المسقط الأفقي يتم اعتمادا على نتائج مختلف المظاهر العرضية والمظهر الطولي على النحو التالي:

*رسم محور الطريق من مخطط التوقيع بأقسامه المستقيمة والمنحنية بحيث تكون أنصاف الأقطار متعامدة مع الأقسام المستقيمة

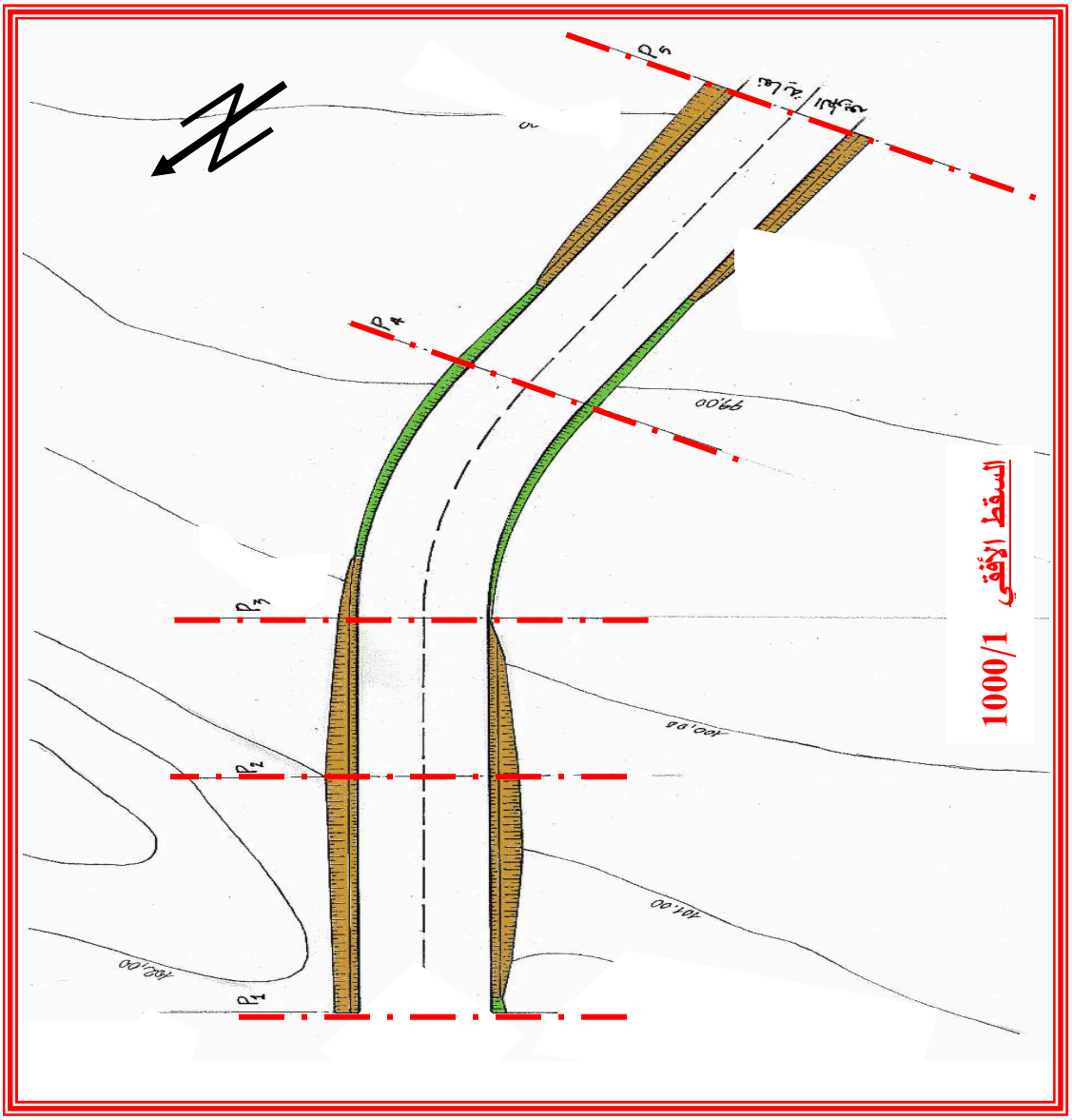
*تعيين مواقع المظاهر العرضية المختلفة متعامدة مع المحور الطولي

*تعيين المظهر أو المظاهر الوهمية إن وجدت

*رسم حدود القارعة والأرضية المسطحة مع تعيين حدود الصحن حسب نتائج المظاهر العرضية ثم الربط بينها

*تمثيل مناطق الحفر والردم بالتهشير والألوان المتفق عليها .

*تعيين الشمال الجغرافي .




-الشكل 17-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 5-هيكلة القوارع:

مع مرور الزمن وتطور الحضارات، حظيت ميادين إنشاء الطرق بتطور ملحوظ خاصة في تركيب بنية القارعة حيث تحسنت نوعية المواد المكونة، وهذا ضمانا للشروط التالية:

-توزيع الحمولة الناتجة عن السيارات والشاحنات على تربة الأساس ثم إلى التربة الطبيعية

-ضمان السير السريع للسيارات في راحة وأمان

-القارعة يجب أن تتوفر على مقاومة كبيرة وسطح متجانس

*بنية القارعة: القارعة تتكون من عدة طبقات تختلف من حيث المواد المكونة لها وكذلك من حيث السمك. تتكون من عدد من الطبقات الرئيسية والأخرى الثانوية أو الطبقات التحتية.

*الطبقات الرئيسية: تتكون على الترتيب من الأسفل نحو الأعلى من الطبقات التالية:

طبقة الشكل: بهذه الطبقة تسوى التربة بعد أعمال التجريفات، تسوية جيدة ليوضع فوقها هيكل قارعة الطريق.

طبقة الأساس: تقوم بتوزيع القوى الناتجة عن الحمولة الخارجية على التربة الطبيعية

طبقة القاعدة: تتحمل مباشرة تاثير العربات قبل نقلها إلى طبقة الأساس

طبقة السطح: يتمثل دورها في حماية طبقة القاعدة، تتميز بصلابة كبيرة، غير نفوذة، تكون مائلة بنسبة تقدر عموما بقيمة 2.5 % . تتكون من طبقتي الربط والتدحرج أو السير.

*الطبقات التحتية: هي طبقات توضع تحت الطبقة الأساسية تلعب أدوارا مختلفة، نميز منها:

الطبقة التحتية الصارفة للمياه: تعمل على صرف المياه ومنع تراكمها في الهيكل

الطبقة التحتية المضادة لصعود المياه: تقاوم صعود المياه الجوفية إلى الهيكل

الطبقة التحتية المضادة للجليد: تمنع تراكم المياه في الهيكل وتعرضها للجليد تحت درجات الحرارة المنخفضة مما يؤدي إلى تغيير وضعيات الحبيبات بزيادة الحجم وبالتالي ظهور تشوهات على السطح الخارجي بعد الذوبان.

الطبقة التحتية المضادة للتلوث: تحمي القاعدة من صعود الغضار والتربة الطينية

ملاحظة: إن أهم طبقة في هيكل الطريق هي طبقة القاعدة، حيث توجد في جميع القوارع بخلاف بقية الطبقات التي يمكن ألا توجد في كل القوارع.

عدد الطبقات وسمك كل واحدة والمواد الأولية المكونة لها مرتبط بعدة عوامل منها:

-أهمية الطريق أي نسبة العربات المارة في وحدة زمنية معينة والسرعة المسموح بها

-أنواع العربات المارة

-الظروف الطبيعية للمنطقة، طبيعة التربة، نسبة الرطوبة في التربة .....وغيرها

## 6-مختلف أنواع القوارع:

تختلف أنواع القوارع باختلاف هيكلتها فنميز:

### 6-1-القارعة اللدنة:

تتكون من الطبقات المذكورة سابقا بحيث تكون الطبقات العليا عموما أكثر مقاومة من الطبقات السفلى.

### 6-2- القارعة الصلبة:

تحتوي في هيكلها على بلاطة خرسانية يكون انحناؤها في المجال المرن للخرسانة تحت تأثير مجموع الحمولات الخارجية. مع إنجاز فواصل كل 5.00 م على الأكثر مملوءة بالأسفلت.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 6-2-القارعة المرصفة أو المبلطة:

تصنف بين القوارع الصلبة واللدنة وهذا حسب طريقة الإنجاز والمواد المكونة، فنميز:

**القارعة الحجرية:** تستعمل فيها مواد صلبة بأشكال منتظمة تكون مرصوصة ومضغوطة.

**القارعة المدعمة:** تستعمل فيها أتربة مختارة أو معالجة بحصويات ذات لدونة معينة، توزع على المساحة بواسطة الآلات وترص بقوة، تضاف في بعض الأحيان طبقة من رابط هيدروليكي أوهيدروكربوني.

**تطبيـــق:** اعتمادا على معطيات المثال التطبيقي السابق، يطلب إعادة تمثيل ما يلي باستعمال الحاسوب:

1-المظهر الطولي بالسلم(1/ 100 , 1/ 1000 )

2-المظاهر العرضية بالسلم(1/100 ,1/100)

**الحـــل: الرسم بالحاسوب (Autocad)**

### المظهر الطولي

**المرحلة الأولى:** -فتح دورة جديدة.

-استحداث منسوخ باسم (المظهر الطولي).

-رسم الجدول بالبيانات باستعمال الأوامر الرسم والتغيير المناسبة.

**المرحلة الثانية:**-كتابة المسافات الجزئية والمتراكمة باستعمال الأوامر المناسبة.

-كتابة أرقام المظاهر.

**المرحلة الثالثة:** -كتابة مناسيب التربة الطبيعية وتمثيلها بخط.

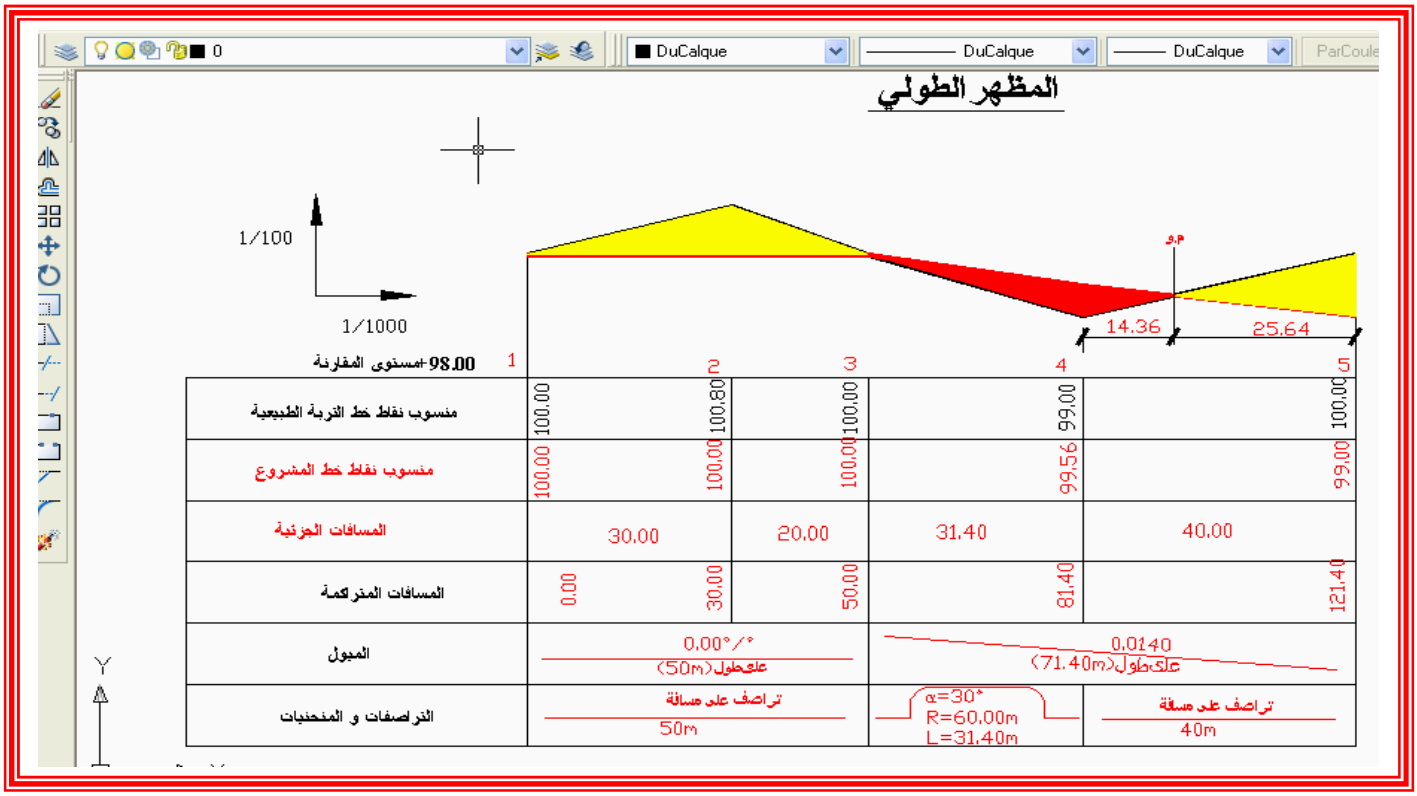
**المرحلة الرابعة:**-كتابة مناسيب المشروع، وتمثيلها بخط.

**المرحلة الخامسة:** -كتابة الميول لكل جزء من الطريق باستعمال الأوامر المناسبة.

**المرحلة السادسة:** -كتابة التراصفات والمنحنيات باستعمال الأوامر المناسبة.

**المرحلة السابعة:** -تهشير مناطق الردم والحفر باستعمال الأوامر المناسبة.

**المرحلة الثامنة:** -حساب المظاهر الوهمية وكتابتها على المظهر.





قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

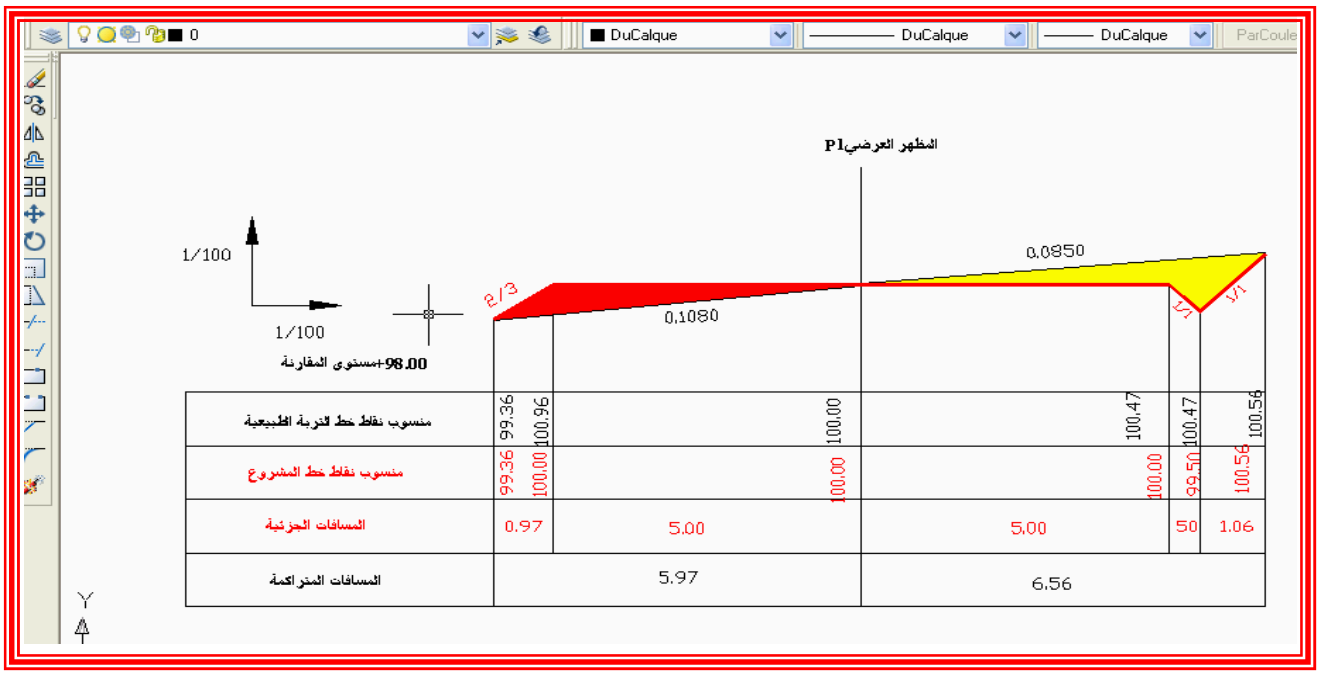
## المظهر العرضي

**المرحلة الأولى:** -استحداث منسوخ باسم المظهر العرضي.
-رسم الجدول بالبيانات باستعمال الأوامر المناسبة.

**المرحلة الثانية:** -كتابة مناسيب التربة الطبيعية باستعمال الأوامر المناسبة.
-رسم خط التربة الطبيعية.

**المرحلة الثالثة:** -كتابة مناسيب المشروع.
-رسم خط المشروع.
-تحديد مناطق الحفر والردم وتهشيرها.

**المرحلة الرابعة:** -حساب ارتفاعات التربة الطبيعية المجهولة.
-حساب المسافات المتراكمة.

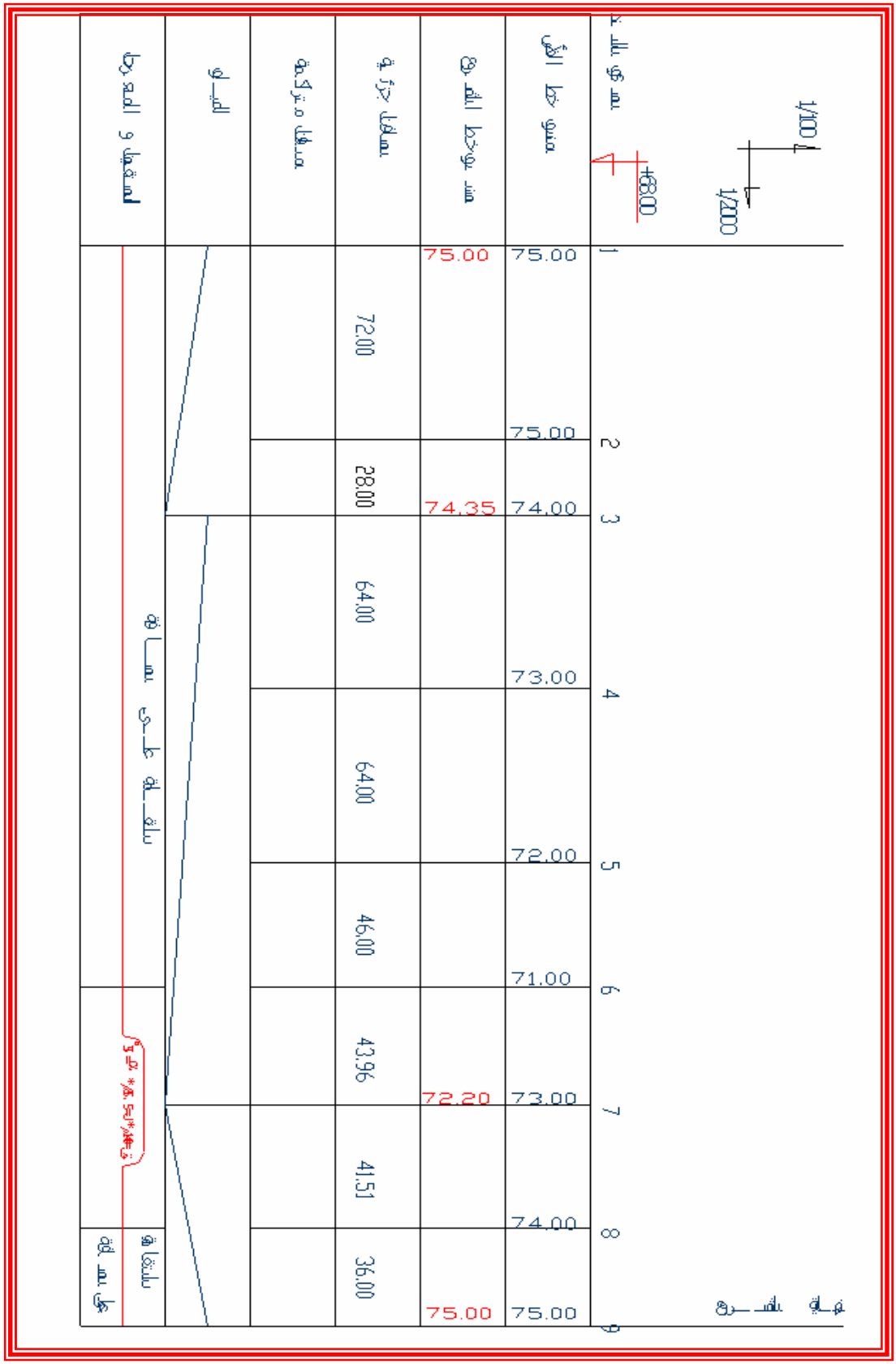


## تمرين 01

باستعمال برنامج الرسم بالحاسوب.

1-احسب العناصر الناقصة في الشكل.

2-أعد رسم الشكل.

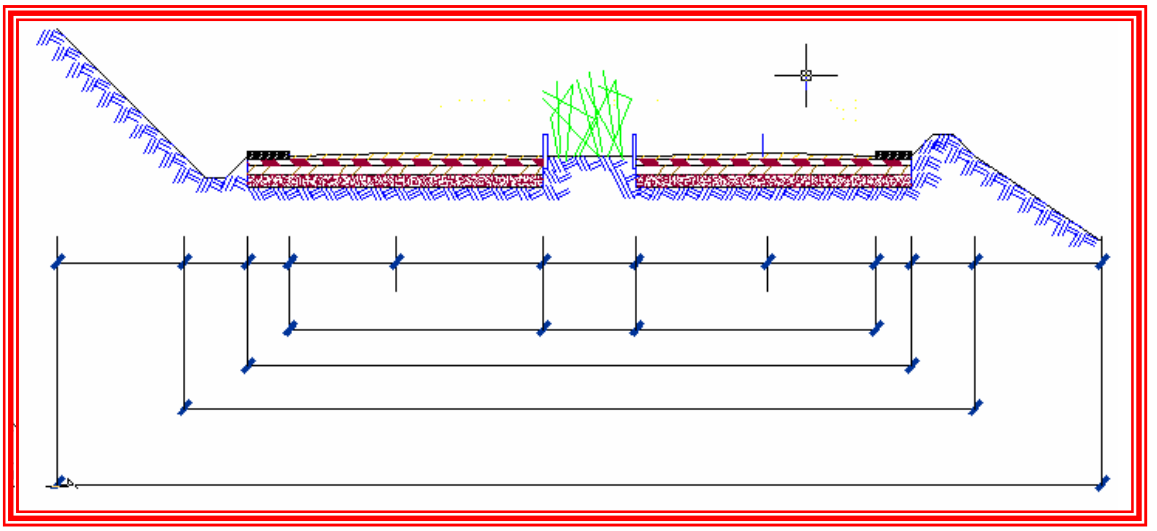





قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## تمرين 02:

الشكل أدناه يبين مقطع عرضي لطريق



1-ضع البيانات.
2-ما هو الفرق بين الأرضية المسطحة وأرضية الصحن.
3-ما هو نوع الطريق التي يبينها الشكل.

## تمرين 03:

ضع صحيح أم خطأ

-الطريق البلدي هو صنف من الأصناف التقنية للطرق.
-مزلقة الأمان هي عنصر أساسي.
-الوثائق الخطية لمشروع طريق هي: المظهر الطولي والمظهر العرضي النموذجي.
-يهشر الردم باللون الأصفر والحفر باللون الأحمر.
-لحساب المسافة لتحديد نهاية المظهر العرضي في حالة ميلين متعاكسين في الاتجاه نطبق العلاقة:

$$x=\frac{\Delta H_1+\Delta H_2}{tg\alpha-tg\beta}$$

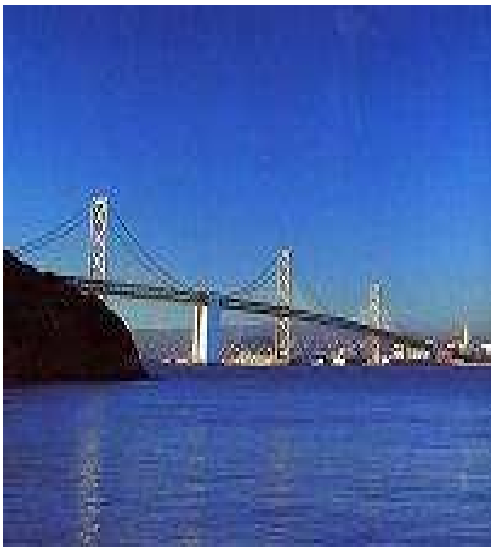
# الوحدة 04:

# الجسور

# LES PONTS



مؤشرات الكفاءة:



-يتعرف على مختلف أنواع الجسور

-يميز بين مختلف العناصر المكونة لجسر

-يوظف برنامج الرسم بالحاسوب لتمثيل جسر متعدد الروافد


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# الجســـــور Les ponts

## نشـــــاط

إذا أردنا الوصل بين طرفي طريق بينهما عائق (طبيعي: واد، أو اصطناعي: سكة حديدية، هوة) ما هو الحل المناسب لذلك؟

*زيارة افتراضية لمجموعة جسور.

## أسئلـــة:

*اذكر أنواع الجسور التي شاهدتها؟

*مم يتكون الجسر المتعدد الروافد؟


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-عموميات:

تحتوي الأشغال العمومية يحتوي إضافة إلى الطرق على عدد من المنشآت كبيرة الأهمية، تحتاج في إنجازها إلى تقنيات معتبرة، تتمثل فيما يعرف بالمنشآت الفنية التي تشمل: الجسور، الأنفاق، الجدران الساندة، جدران الموانئ، السدود والخزانات بأنواعها "خزانات سوائل أو حبوب"

الجسور منشآت فنية تستعمل لعبور حواجز طبيعية كالأنهار والوديان، المجاري المائية والمناطق الجبلية، أو اصطناعية كالسكك الحديدية أو طرق أخرى.

**كيف يتم اختيار نوع الجسر؟**

الغاية الرئيسية هي تعيين نوع الجسر الأكثر اقتصادا والذي يوفر كل الشروط المفروضة التي تتمثل أساسا في نوعية الحاجز وأهميته اعتمادا على كونه مجرى مائيا، منطقة جبلية، سكة أو طريقا.

## 2-تصنيف الجسور:

تصنف الجسور حسب خصائص عديدة منها:

### 2-1-الهدف:

تصنف الجسور حسب الهدف من إقامتها إلى:

* **العبارة:** تخصص للراجلين
* **الجسر الطريق:** يخصص للعربات بمختلف أنواعها
* **الجسر السكة:** يخصص لحركة عربات القطار
* **الجسر القناة:** يسهل مجاري المياه

**ملاحظة:** عند عبور جسر طريق سكة حديدية، يسمى ممرا علويا، أما في حالة العكس فيسمى ممرا سفليا

### 2-2-الشكل:

نميز حسب الشكل الأنواع التالية:

* الجسور ذات الروافد المستقيمة
* الجسور ذات الروافد المقوسة
* الجسور البلاطات
* الجسور الإطارية
* الجسور المعلقة

### 2-3-المادة الأولية:

نميز الأنواع التالية:

* الجسور الخشبية: نادرة الإستعمال في وقتنا الحالي ما عدا في الدول الغنية بإنتاج الخشب
* الجسور بالحجارة
* الجسور الفولاذية
* الجسور الخرسانية المسلحة
* الجسور الخرسانية سابقة الإجهاد


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 2-4-الأهمية:

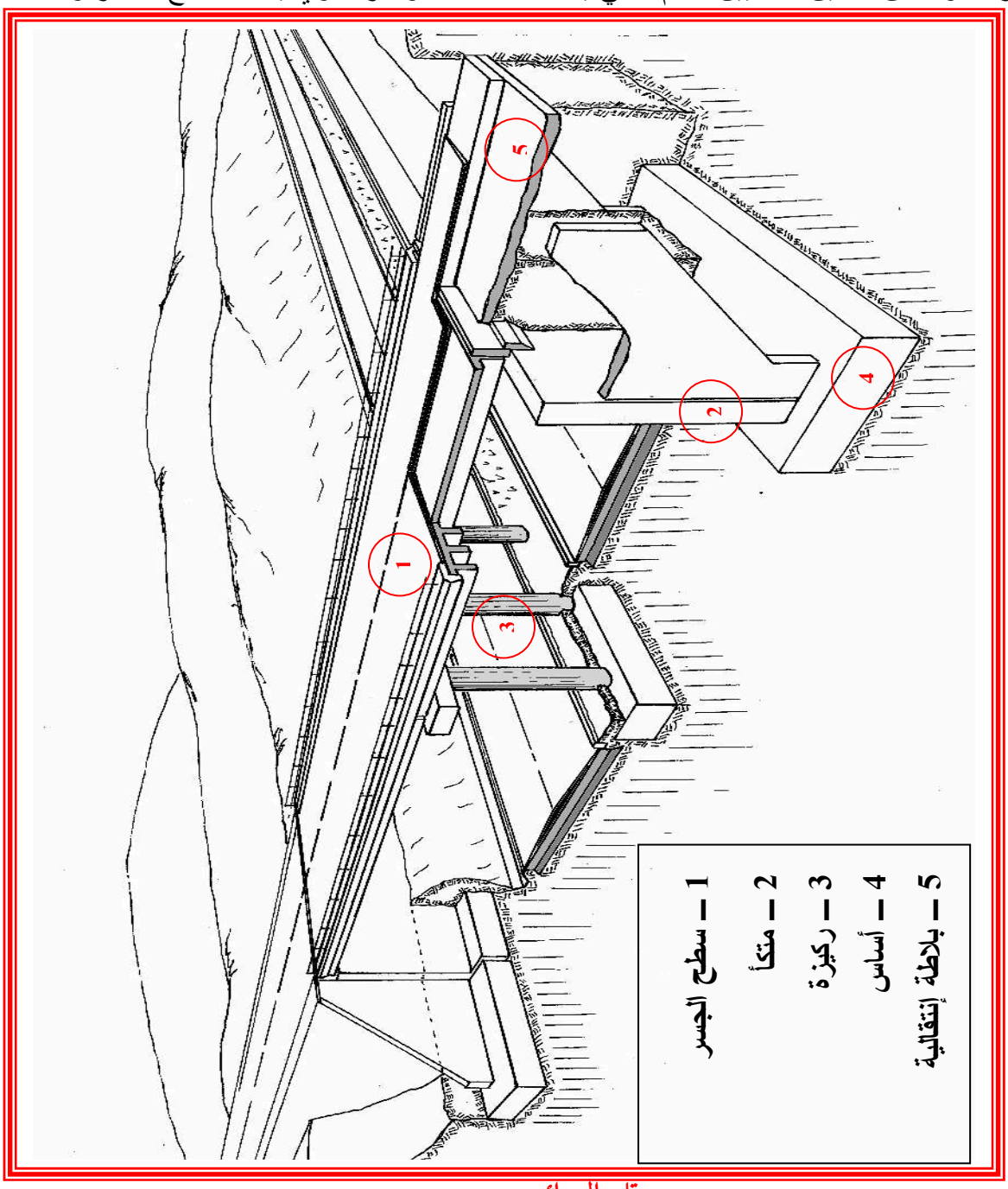
تكمن أهمية الجسور في طولها الذي يتراوح بين أمتار وعدة مئات من الأمتار، فنميز:

* **الجسور قليلة الأهمية:** يتراوح طولها بين عشرة "10" أمتار وخمسين "50" مترا
* **الجسور متوسطة الأهمية:** يتراوح طولها بين خمسين "50" مترا وثمانين "80" مترا
* **الجسور كبيرة الأهمية:** يتراوح طولها بين مائة "100" متر وبضع مئات من الأمتار

# 3-العناصر المكونة للجسر:

## 3-1-العناصر الأساسية:

تتكون الجسور عموما من قسمين أساسيين: قسم سفلي يشمل الأساسات وآخر علوي يشمل سطح الجسر والمساند.

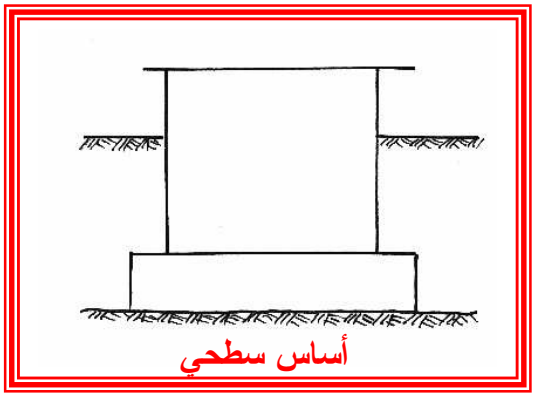



-الشكل 1-

### 3-1-1-الأساسات:

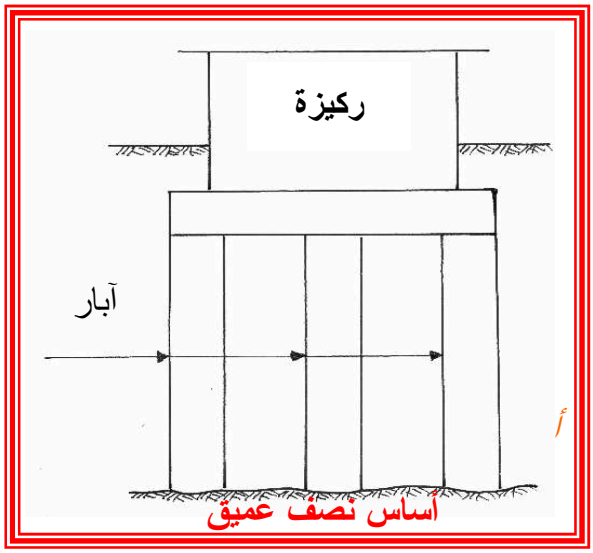
تختلف باختلاف عمق طبقة التأسيس، فنميز الحالات التالية:

* إذا كانت الطبقة على عمق صغير:تستعمل قواعد سطحية سميكة مستمرة تزيد على جوانب الركائز بعشرات السنتمترات.




-الشكل 2-

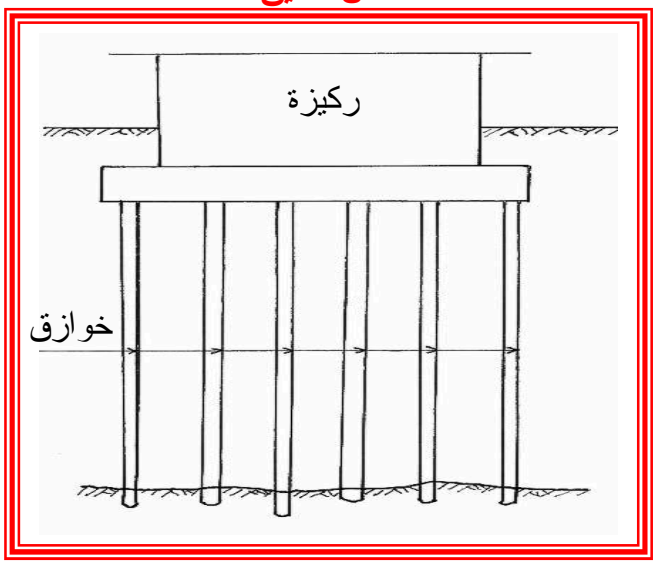
* إذا كانت الطبقة على عمق متوسط يستحيل الوصول إليه بواسطة حفر سطحي ولو باستعمال التدريع يلجأ إلى حل الآبار.




-الشكل 3-

* إذا كانت الطبقة على عمق كبير، يتحتم الوصول إلى آفاق بعيدة مقاومة بواسطة الأساسات العميقة المتمثلة في الخوازق.

أساس عميق




-الشكل 4-

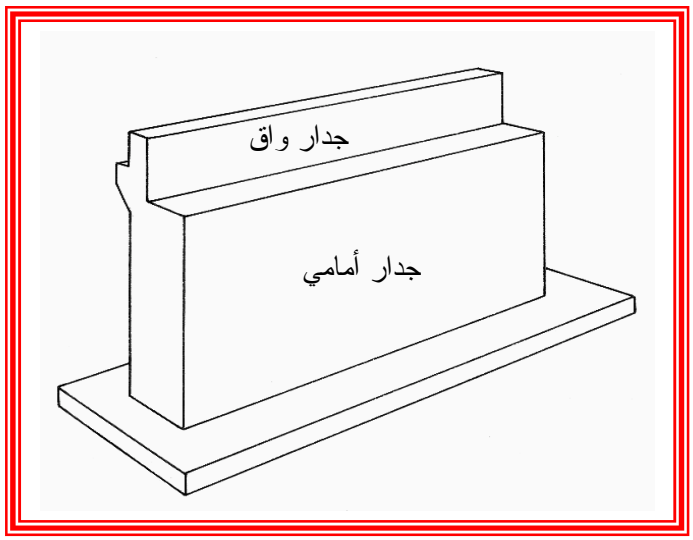
### 3-1-2- المتكأ أو الركيزة الطرفية:

هي منطقة ارتكاز الجسر في بدايته ونهايته.

يتكون عموما من جدران تتوزع على النحو التالي:

**الجدار الأمامي أو جدار الواجهة**

جدار خرساني مسلح متعامد مع المحور الطولي للجسر يتلقى الحمولات الناتجة عن سطح الجسر ويقاوم دفع التربة خلف المتكأ، كما يعمل على إيصال مجموع هذه التأثيرات إلى الأساس. يعلو الجدار الأمامي جدار واق ترتكز في جهته الخلفية البلاطة الإنتقالية.




-الشكل 5-

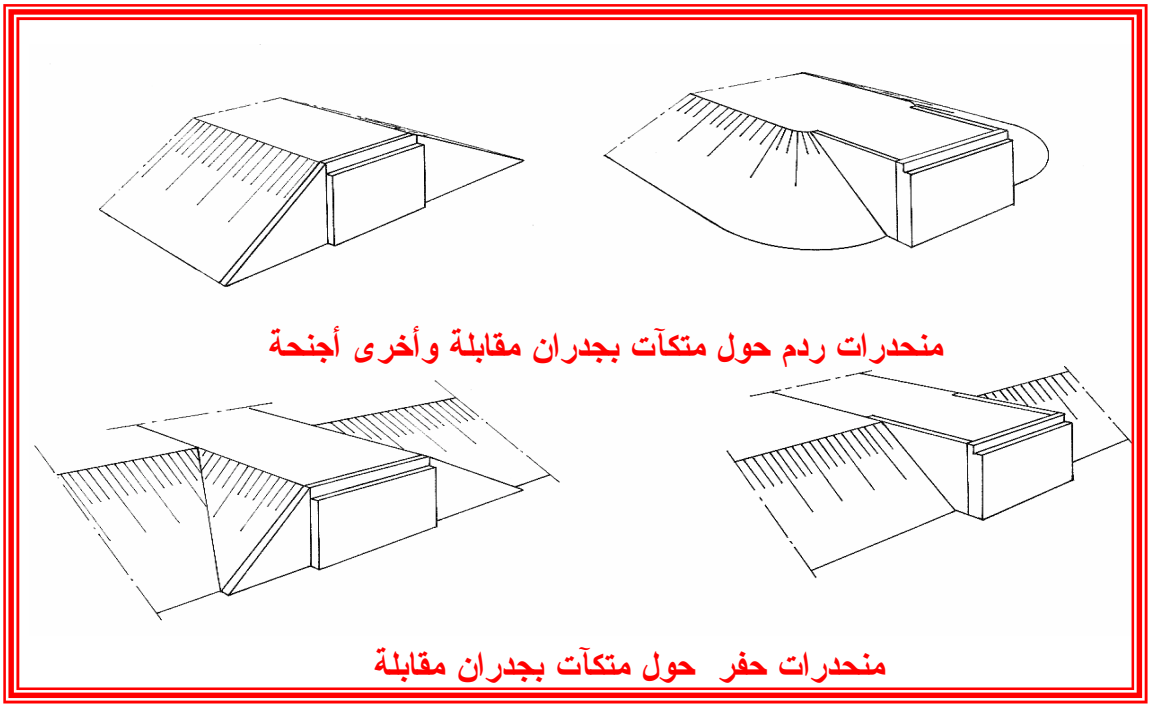

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ـ **الجدار الراجع أو المقابل:** جدار خرساني مسلح يكون عموديا على الجدار الأمامي في طرفيه دوره سند الأتربة خلف المتكأ

ـ **الجدار الجناح:** جدار خرساني مسلح أيضا يمتد على امتداد الجدار الأمامي دوره سند الأتربة التي تمتد على أحد جانبي الحاجز الذي يخترقه الجسر.

**ملاحظة:** يمكن للجدارين المقابل والجناح أن يكونا متصلين أو منفصلين عن الجدار الأمامي

-توضع التربة حول المتكآت على شكل منحدرات تختلف باختلاف كون الجسر مقاما على حفر أو ردم، وكون الجدار جناحا أو راجعا.

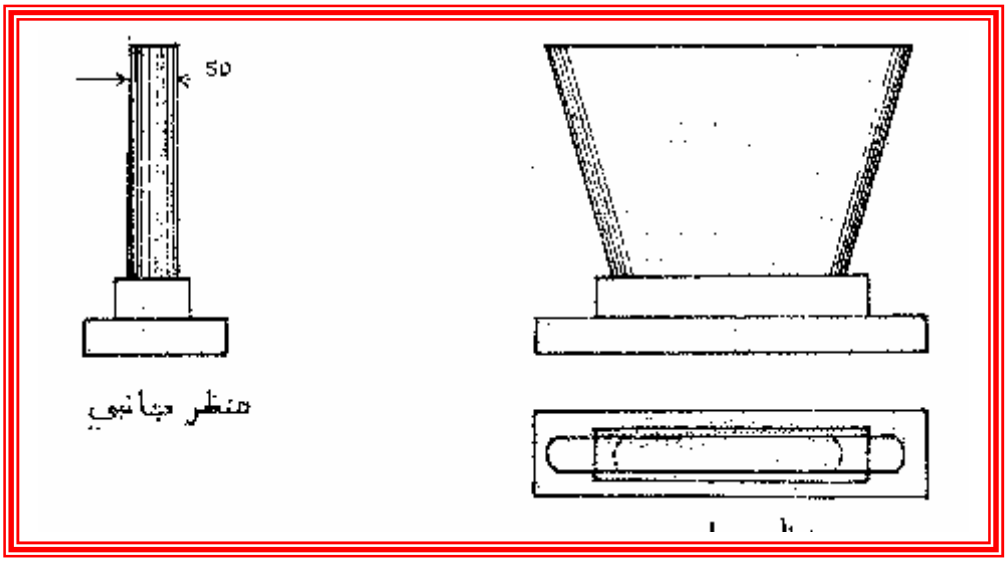



-الشكل 6-

### 3-1-3- الركائز الوسطية:

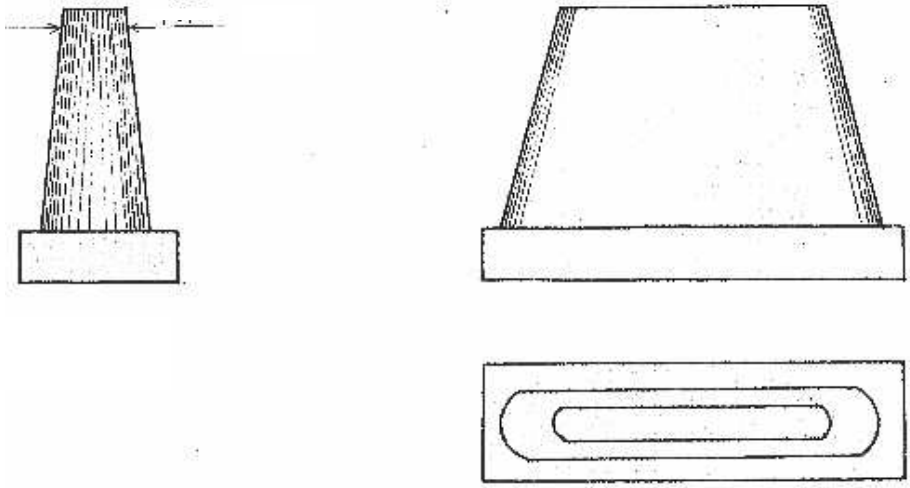
هي مناطق ارتكاز داخلية لسطح الجسر، يختلف عددها باختلاف طول الجسر وعدد المعزبات المكونة له. أشكالها عديدة نميز منها:

-الركائز الشراعية



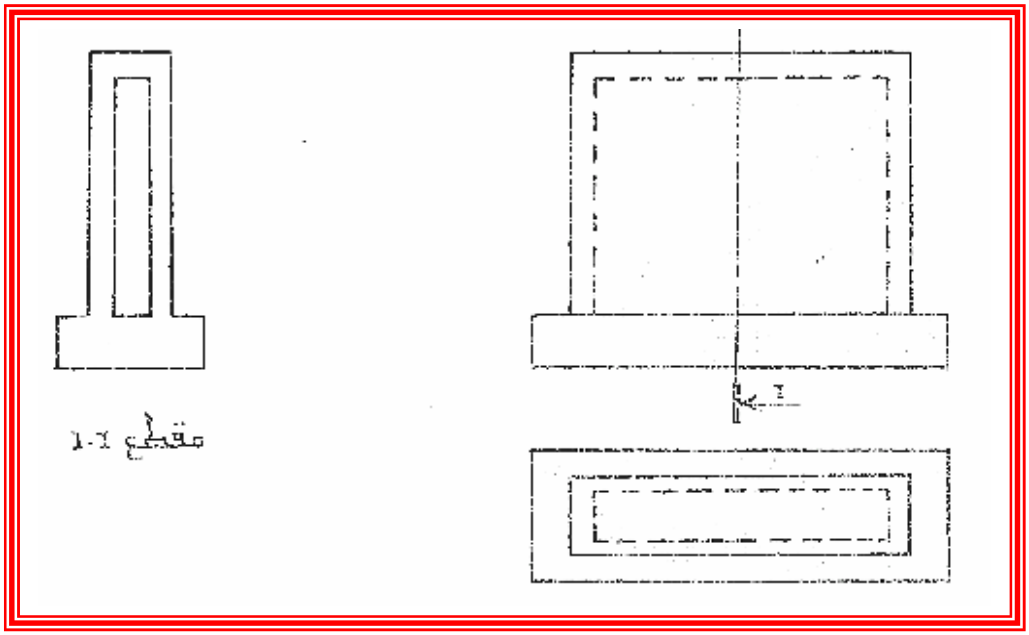

-الشكل 7-

-الركائز السميكة



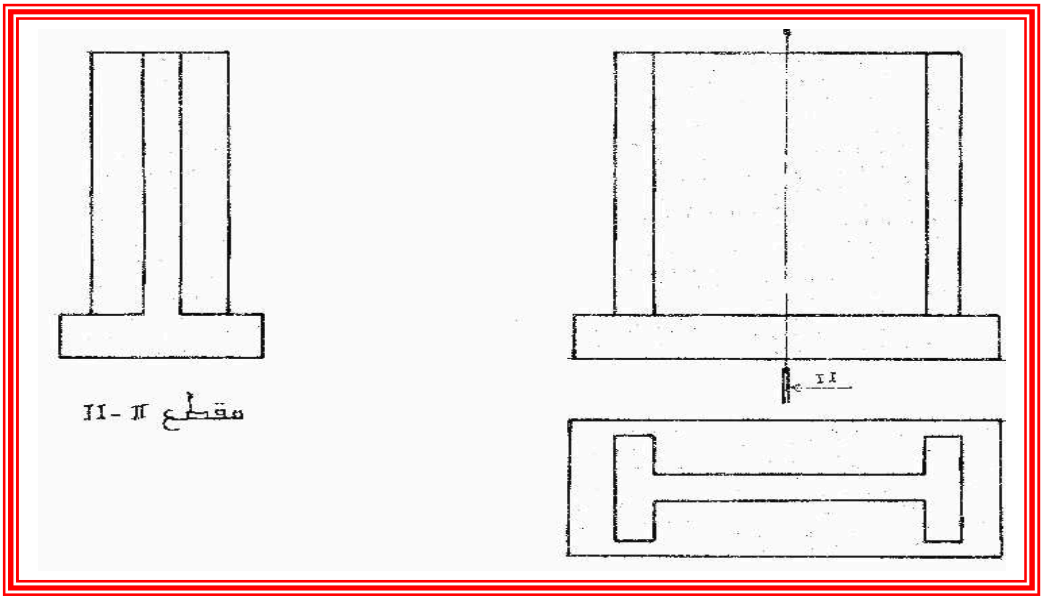
-الشكل 8-

-الركائز المجوفة:



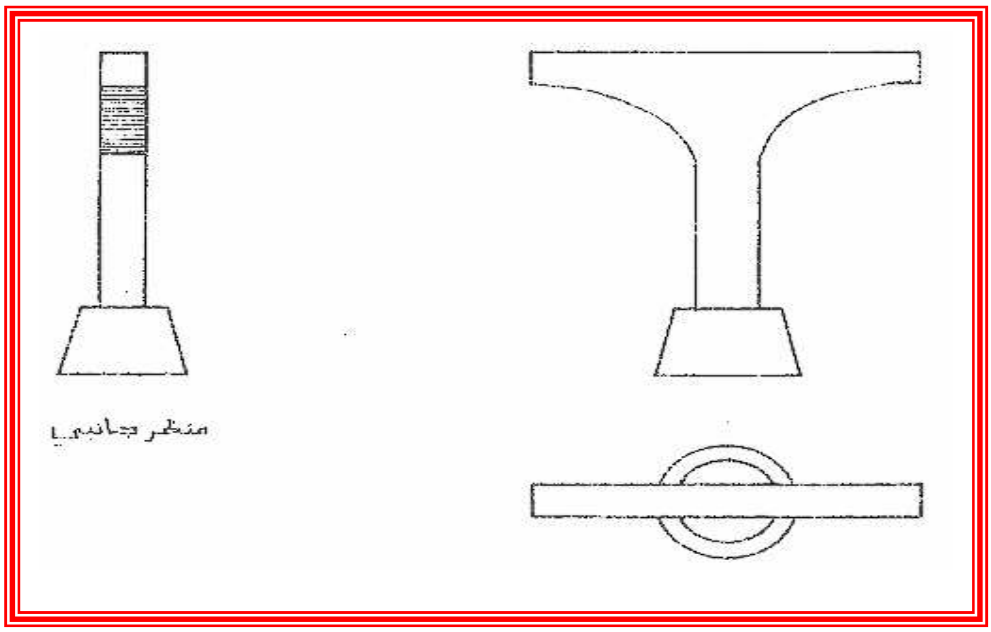

-الشكل 9-

-الركائز على شكل حرف H أو I :




-الشكل 10-

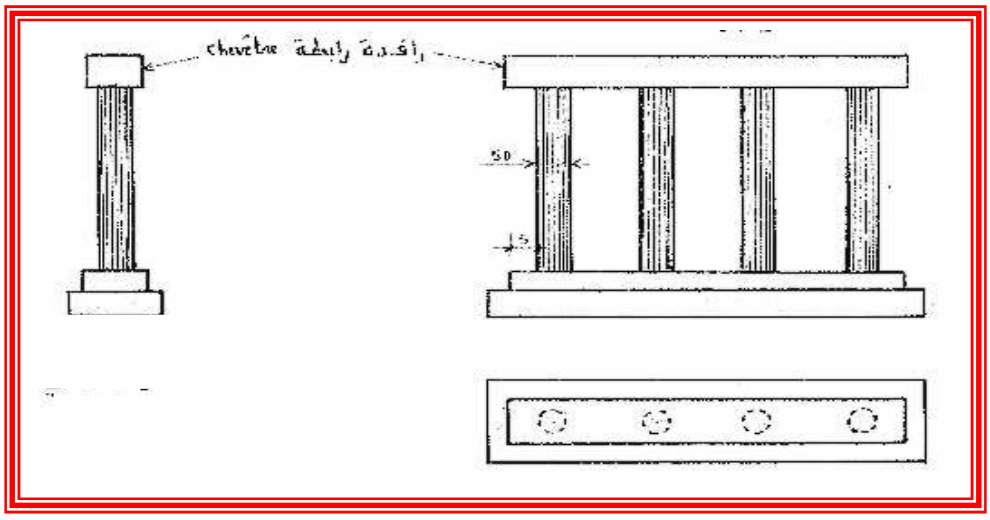

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM




-الركائز على شكل مطرقة:

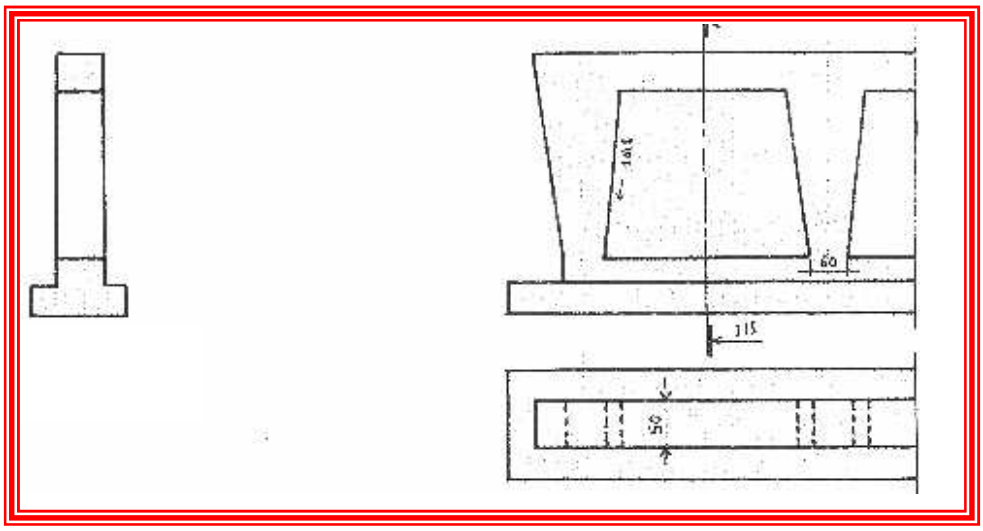
-الشكل 11-

-الركائز بالأوتاد:




-الشكل 12-

-الركائز على شكل قبان خفيف:




-الشكل 13-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

### 3-1-4- سطح الجسر:

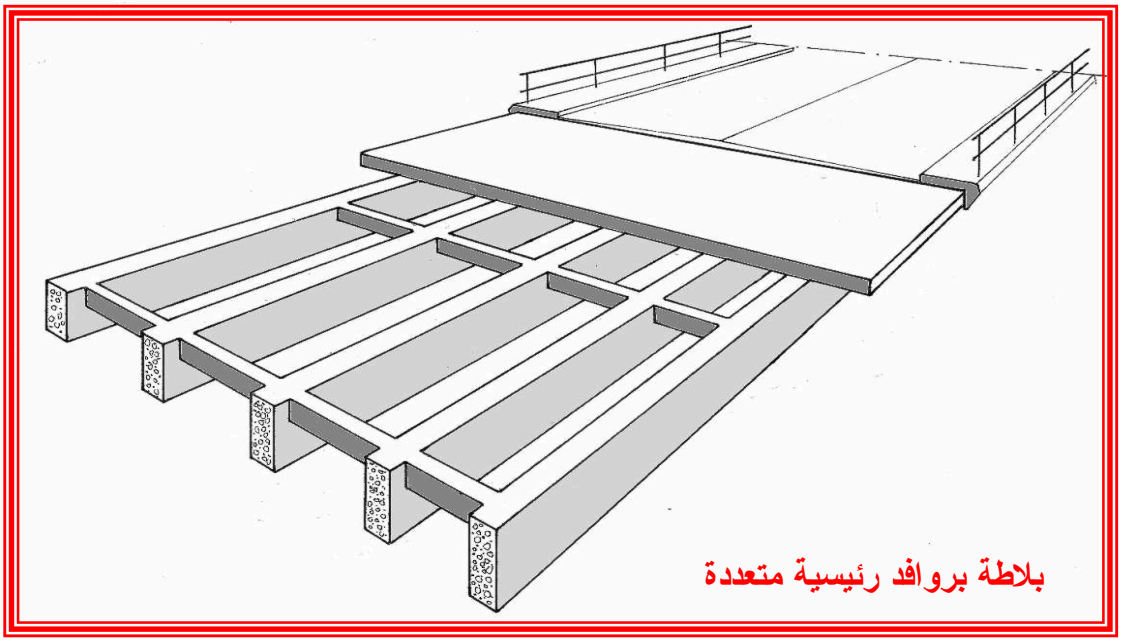
هو العنصر الأفقي للجسر، يختلف شكل سطح الجسر باختلاف الهدف وأهمية الجسر. مكونات السطح كالتالي:

#### 3-1-4-1- سطح جسر بروافد:

يتكون من:

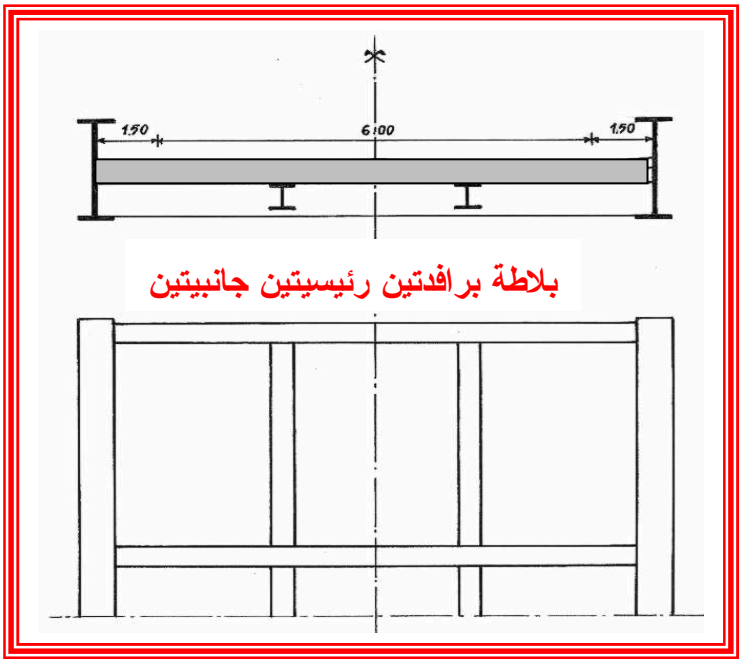
**1-البلاطات:** عناصر مستمرة، خرسانية مسلحة بسمك معين يكون بقيمة صغيرة إذا كانت محمولة على شبكة من الروافد. هذه الشبكة تتكون من روافد على النحو التالي:

**1-1-الروافد الرئيسية المتعددة:** هي روافد طولية بمقاطع عرضية مختلفة باختلاف الأهمية والمادة الأولية المستعملة، تكون خرسانية مسلحة، مسبقة الإجهاد أو فولاذية، ترتكز على المتكآت والركائز بواسطة أجهزة الإرتكاز. تخترقها عرضيا روافد ثانوية من نفس المادة الأولية تعرف باللجف، دورها حمل بلاطة سطح الجسر، التقليل من أهمية الإنحناء الطولي إضافة إلى التدعيم ضد تأثير الرياح في الإتجاه العرضي. ترتكز اللجف على الروافد الرئيسية.



بلاطة بروافد رئيسية متعددة

-الشكل 14-



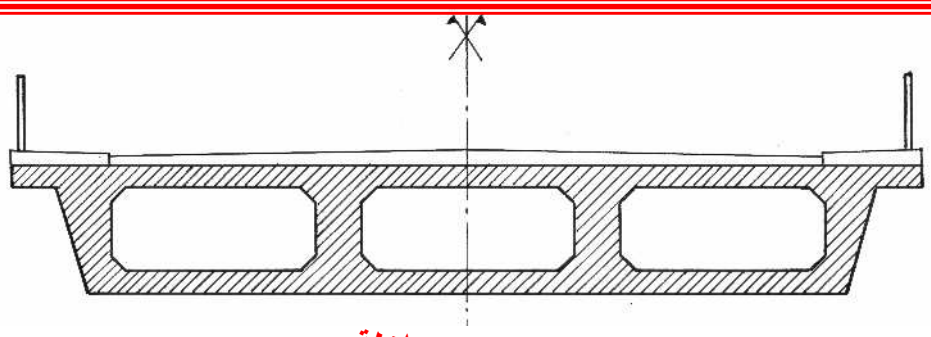

بلاطة برافدتين رئيسيتين جانبيتين

**-الرافدتان الرئيسيتان الجانبيتان:** هما رافدتان طوليتان، تحدان سطح الجسر عرضيا، تكونان مستقيمتين، مقوستين أو على شكل مثلثي، ترتكزان على المتكآت والركائز، تخترقهما اللجف. رافدتا سطح الجسر عموما متباعدتان بحيث يتحتم إضافة عناصر طولية ثانوية تعرف بجوائز الجسور، الهدف منها الإنقاص من أهمية الإنحناء العرضي للبلاطة.

-الشكل 15-

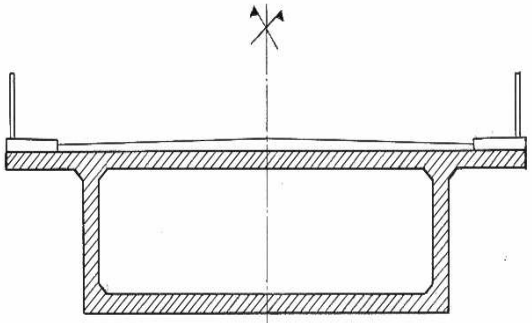

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إذا كانت البلاطة ذات **سمك كبير** يلاحظ غياب الروافد، إذ ترتكز مباشرة على المتكآت الركائز بواسطة أجهزة الارتكاز. يصبح الجسر عندئذ إما بلاطة أو بصناديق على النحو التالي:



جسر بلاطة

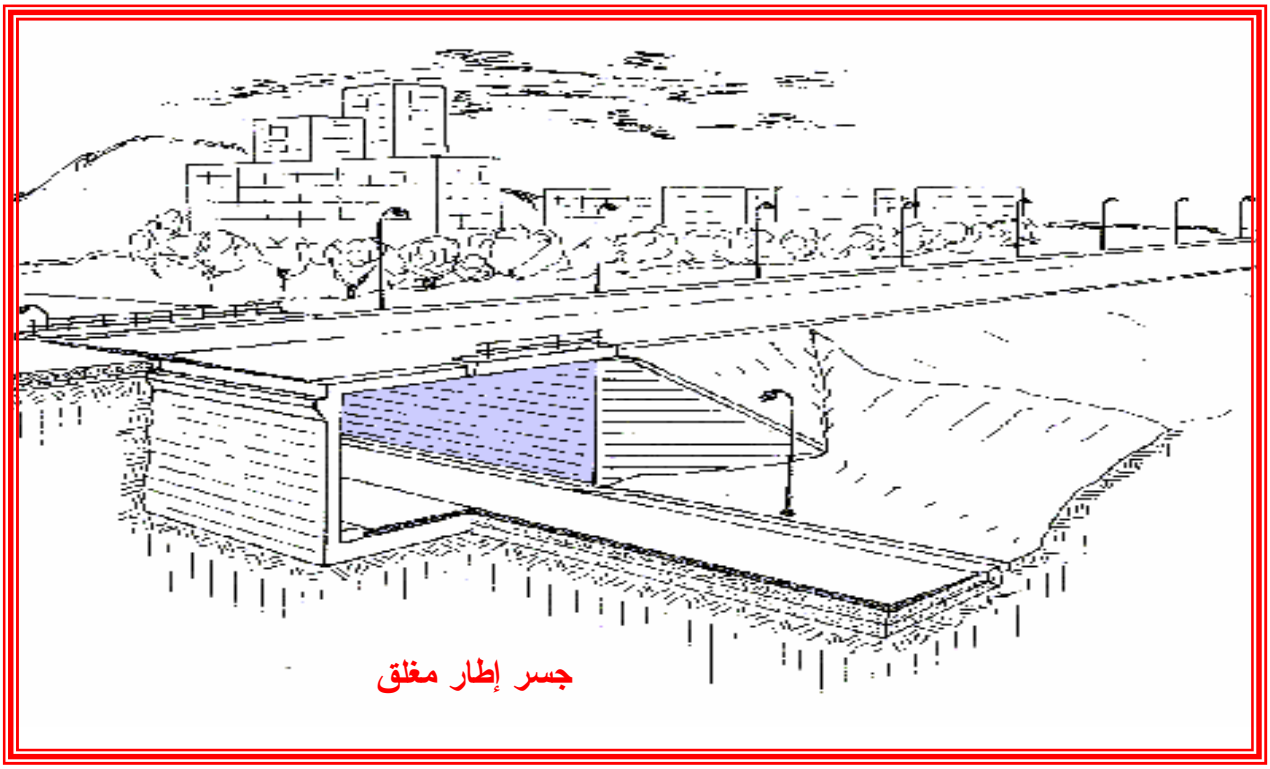
-الشكل 16-



جسور بصناديق

**3-1-4-3-الجسر الإطار:** في حالة اختراق الجسر لحاجز يمتد على مسافة صغيرة، يلاحظ تحول الجسر بسطحه وركيزتيه الطرفيتين إلى جسر إطار مكون من جدارين جانبيين يحملان السطح ويلعبان دور الإسناد يمكن للجسر الإطار أن يكون مغلقا أو مفتوحا.

-الشكل 17-



جسر إطار مغلق

-الشكل 18-

## 3-2-العناصر الثانوية لسطح الجسر:

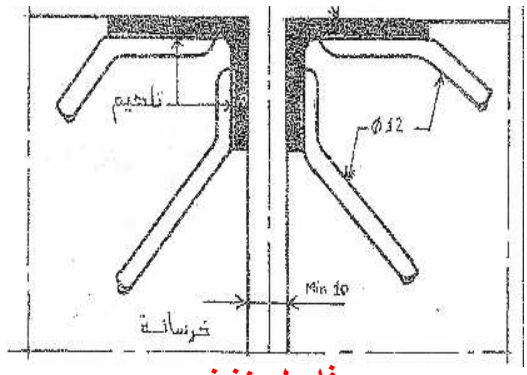
تتلقى البلاطات تجهيزات تضمن ثبات وديمومة الجسر إضافة إلى راحة مستعمليه. كلفة هذه التجهيزات تصل أحيانا 10% من الكلفة الإجمالية للمشروع. تتمثل هذه التجهيزات في العناصر التالية:

**3-2-1-الكتيمية أو الكتامة:** غطاء كاتم غير نفوذ يمتد على المساحة الكلية لمنع وصول الماء إلى الخرسانة.

**3-2-2-طبقة السير أو التدحرج:** طبقة من الخرسانة الزفتية بسمك ثابت أو متغير، يكون ثابتا إذا كانت البلاطة مائلة، ومتغيرا إذا كانت البلاطة أفقية. يتراوح بين 5سم إلى 10سم كحد أدنى لتخفيف الحمولة على سطح الجسر. توضع طبقة السير مباشرة فوق الكتامة .

**3-2-3-فواصل القارعة:** هي أجهزة توضع على حافة سطح الجسر، بين هذا الأخير والجدار الواقي أو بلاطة الانتقال، أو بين سطحين إذا كان الجسر متعدد المعازب. ومن بين مميزات الفواصل كونها تضمن استمرارية القارعة وتسمح بتمدد وتقلص سطح الجسر. تكون كاتمة وتسهل صرف المياه أما أنواعها فتتمثل في:

-الفاصل الخفيف
-الفاصل نصف الثقيل.
-الفاصل الثقيل

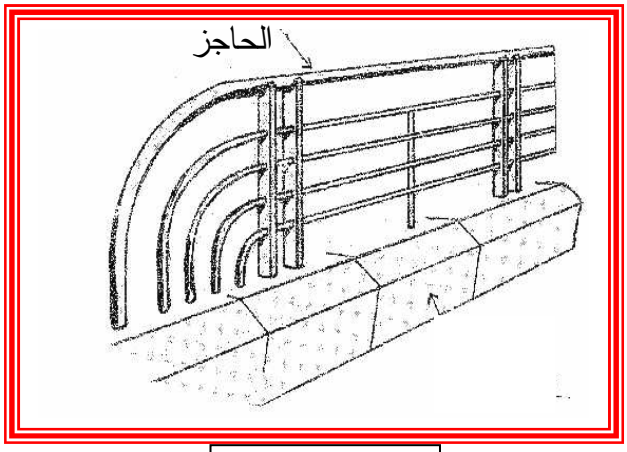


فاصل خفيف

-الشكل 19-

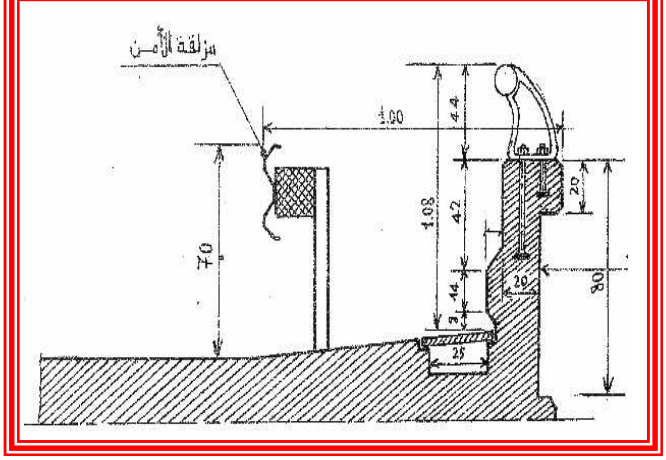
**3-2-4-تجهيزات الأمن:**

**-الحاجز:** توجد أنواع مختلفة من الحواجز سواء من حيث الشكل أو المادة الأولية المكونة.
والأنواع الأكثر استعمالا تتوفر فيها الشروط التالية :
*تكون الحواجز فولاذية أو من بعض أنواع الفولاذ .
*تنجز عموما من سلسلة من الأنابيب المدمجة ببعضها البعض.
*تعالج العناصر الفولاذية في درجات حرارة عالية جدا بإضافة نسبة من الزنك
*تكون القوائم التي تحمل هذه الأنابيب مثبتة في سطح الجسر.
ويتمثل دور الحاجز في حماية الراجلين من السقوط ، كما يتصدى للصدمات الخفيفة للعربات.




-الشكل 20-

**-المزلقة الأمنية:** دورها منع خروج العربات من القارعة أثناء حادث ما.
تتكون المزلقة الأمنية من مطيلة فولاذية مجنبة بسمك يتراوح بين 3mm و4mm وتكون مستمرة على طول سطح الجسر. تثبت في القوائم بواسطة قطع خشبية باستعمال البراغي أو مسامير الربط. توضع المزلقة الأمنية بمحاذاة الحاجز موازية لامتداده على مسافة لا تقل عن 60cm.




-الشكل 21-


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وإذا كان الطريق يسمح بمرور الشاحنات الثقيلة, تستعمل حواجز أمنية أكثر مقاومة تشبه الجدران الصغيرة تكون مسلحة .

-**أعمدة الإنارة:** يجب تخصيص أماكن لتثبيت أعمدة الإنارة بالنسبة للجسور التي تتطلب ذلك.

-**الرصيف:** هو عنصر ثانوي لسطح الجسر، يمتد طوليا على جانبي قارعة سطح الجسر ويرتفع عن الطبقة الزفتية بمسافة محصورة بين 10cm و15cm يحده من الجهة الخارجية عنصر الطنف أو الكورنيش.

دور الرصيف حماية الراجلين كما أنه يشتمل على عدة تجهيزات:

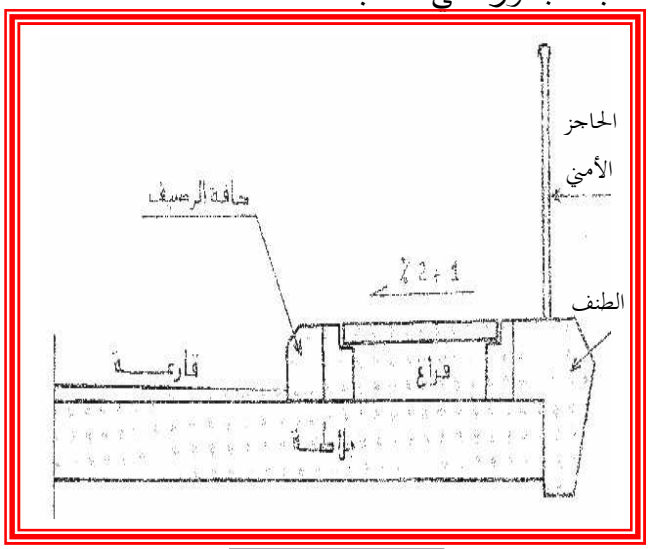
**مجرى المياه:** يسهل صرف المياه نحو المزراب.

**ميل:** من 1 إلى 2 % لصرف المياه نحو المصرف.

**حافة الرصيف:** تتصدى لاصطدام عجلات العربات

**فراغات** في وسطه لتمرير أسلاك الكهرباء والهاتف داخل قنوات موجودة في هذه الفراغات.

**فاصل الرصيف:** وهو بسيط لأنه لا يتلقى حمولة كبيرة مع تغطية لتسهيل سير الراجلين دون تعثر.




-الشكل 22-

أما عرض الرصيف فهو متغير وهذا حسب نوع الجسر وعرض القارعة ويكون عموما في حدود 75cm بالنسبة لقارعة عرضها 4.00m ومن 1.00m إلى 1.25m بالنسبة لبقية القارعات.

**الطنف أو الكورنيش:** يعرف أيضا بالإفريز، يحد الرصيف في جهته الخارجية، يكون مصبوبا في الميدان وغالبا جاهزا، يتمثل دوره في حماية واجهة سطح الجسر من تأثير مياه الأمطار، حمل العناصر الأمنية "الحواجز" إضافة إلى تحقيق الجانب الجمالي.

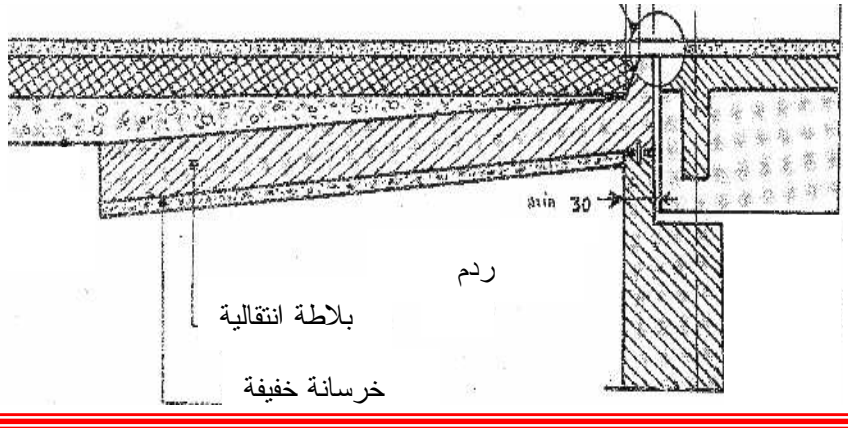
## 3-3-العناصر الملحقة:

تتمثل أساسا فيما يلي:

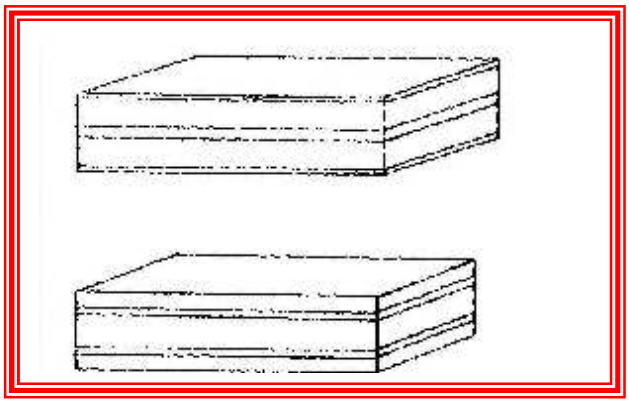
### 3-3-1- البلاطة الإنتقالية:

قرب المتكآت، يستحيل تحقيق الرص بطريقة فعالة كما يتم في المناطق البعيدة التي تستعمل فيها آلات الرص الضخمة، لذا مع مرور الوقت ترتص التربة وتتعرض القارعة إلى فارق في الإرتفاع بين جزء محمول على سطح الجسر وآخر مقام على أتربة ليصبح أحيانا في حدود بضع سنتمترات مما يشكل خطرا على السيارات المارة.

لتجنب هذه الظاهرة، نقوم بإنجاز بلاطة خرسانية مسلحة بين المتكأ والمنطقة الخاضعة للرص الجيد، تعرف بالبلاطة الإنتقالية. يتراوح طولها بين 3.00m و6.00m في اتجاه المحور الطولي للجسر. يختلف وضع البلاطة الإنتقالية خلف المتكأ باختلاف طبيعة القارعة التي تكون إما صلبة أو لينة.




-شكل 23-



-الشكل 24-

### 3-3-2-أجهزة الارتكاز:

عناصر سطح الجسر لا ترتكز إطلاقا على الركائز والمتكآت مباشرة بل بواسطة ما يعرف بأجهزة الإرتكاز. هذه الأخيرة تعمل على توزيع الحمولات على مناطق الإرتكاز. كما تسمح بحركة انسحابية أو دورانية أفقية لروافد سطح الجسر إن اقتضى الأمر ذلك دون حدوث أي احتكاك.

تتكون أجهزة الإرتكاز من طبقات مطاطية من مادة النيوبران التي ترتكز بدورها على كتلة خرسانية مسلحة تعرف بمكعب الإرتكاز تنطلق مباشرة من خرسانة الركائز والمتكآت.

شكلها عموما مربع، يتراوح سمكها بين 2mm و20mm/ مدعمة بطبقات وسطية على شكل صفائح من الفولاذ غير القابل للصدأ يتراوح سمكها بين 2mm و3mm.

**تطبيـــق:** إعادة تمثيل القطع الطولي للجسر المتعدد الروافد المبين في نهاية الوحدة.

**الحـــــل:** يتم تمثيل القطع الطولي للجسر باتباع المراحل التالية:

## مراحل إنجاز مشروع جسر متعدد الروافد باستعمال برنامج الرسم بالحاسوب

يحتوي على شرح مبسط لمراحل رسم جسر متعدد الروافد ببرنامج DAO يوضع في متناول الأستاذ وخاصة المبتدئ لكي يسهل عليه استغلال برنامج DAO

### المرحلة الأولى: فتح برنامج الرسم بالحاسوب (AUTO CAD)

### المرحلة الثانية: رسم المحاور

- إنشاء منسوخ تحت اسم محاور مع كل خصائصه (لون, نوع الخط, سمك الخط....) ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت
- تفعيل منسوخ محاور
- إرسال الأمر (Ligne) ورسم المحاور

### المرحلة الثالثة: رسم المتكأين

-إنشاء منسوخ تحت اسم المتكأين مع كل خصائصه, ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت
-تفعيل منسوخ المتكأين
-يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

### المرحلة الرابعة: رسم الركيزة

-إنشاء منسوخ تحت اسم الركيزة مع كل خصائصه , ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت
-تفعيل منسوخ الركيزة
-يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

### المرحلة الخامسة: رسم أجهزة النيوبران

-إنشاء منسوخ تحت اسم النيوبران مع كل خصائصه , ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت.
-تفعيل منسوخ أجهزة النيوبران
-يشرع مباشرة في رسم النيوبران باستعمال الأوامر المناسبة

## المرحلة السادسة: رسم سطح الجسر

- إنشاء منسوخ تحت اسم سطح الجسر مع كل خصائصه, ثم نضغط على(Entrée) للتثبيت.
- –تفعيل منسوخ سطح الجسر
- يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

## المرحلة السابعة: رسم الطريق

–إنشاء منسوخ تحت اسم الطريق مع كل خصائصه , ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت
–تفعيل منسوخ الطريق
–يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

## المرحلة الثامنة:

–رسم واقي الأجسام.
–إنشاء منسوخ تحت اسم واقي الأجسام مع كل خصائصه, ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت.
–تفعيل منسوخ كتابة الأبعاد
–يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

## المرحلة التاسعة: كتابة الأبعاد

–إنشاء منسوخ تحت اسم كتابة الأبعاد مع كل خصائصه, ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت.
–تفعيل منسوخ كتابة الأبعاد
–يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

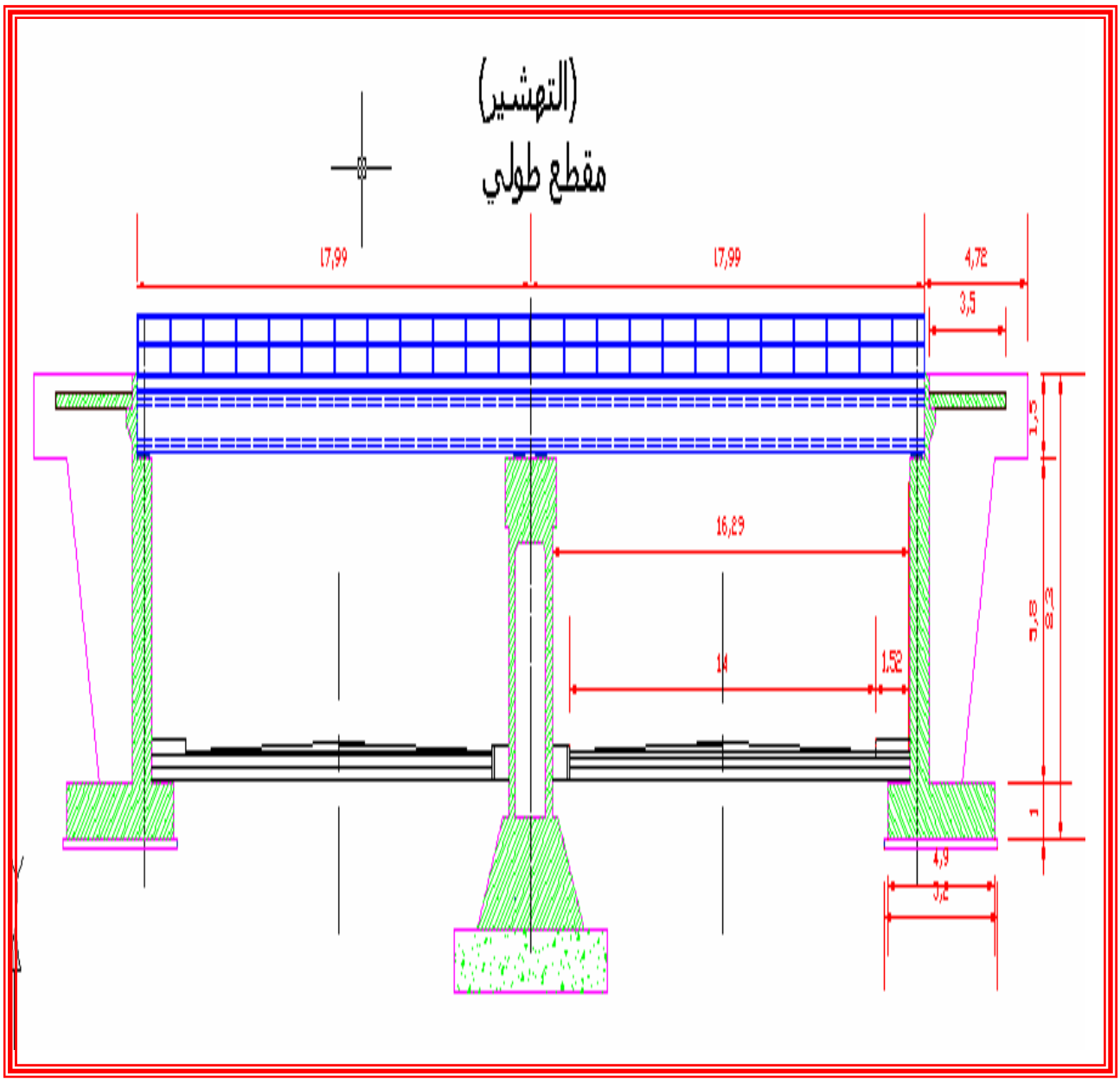
## المرحلة العاشرة: تهشير العناصر المقطوعة

–إنشاء منسوخ تحت اسم التهشير مع كل خصائصه , ثم نضغط على (Entée) للتثبيت.
–تفعيل منسوخ التهشير
–يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة

## المرحلة الحادية عشر: كتابة العناوين

–إنشاء منسوخ تحت اسم النص مع كل خصائصه, ثم نضغط على (Entrée) للتثبيت.
–تفعيل منسوخ النص
–يشرع مباشرة في رسم العناصر باستعمال الأوامر المناسبة.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

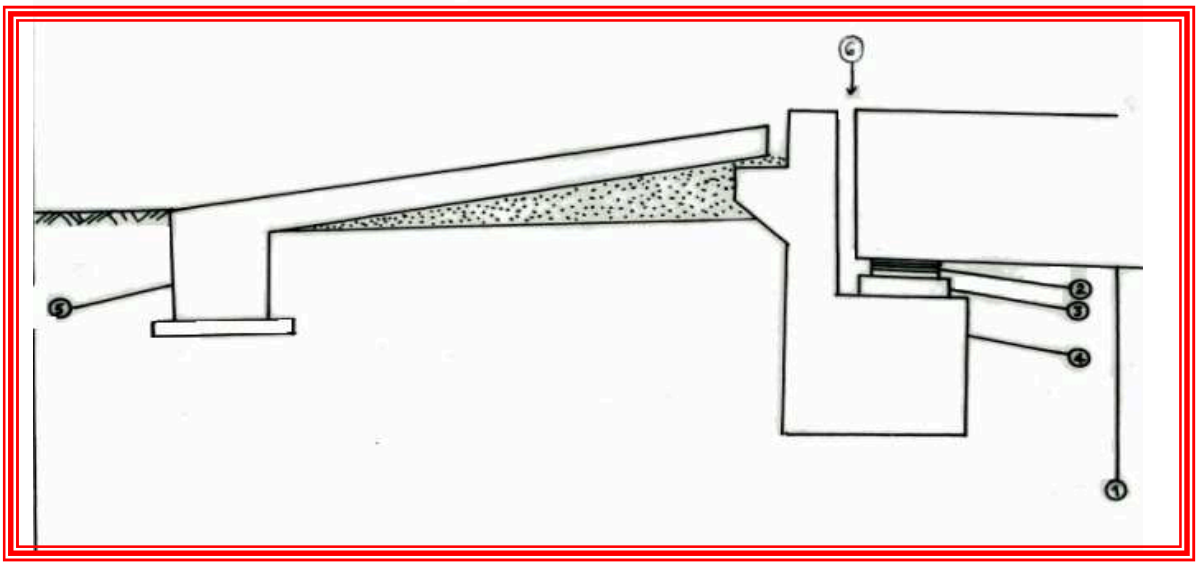




قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## تمرين 01:

ليكن لدينا الشكل أدناه الممثل لجزء من مقطع طولي لجسر متعدد الروافد.



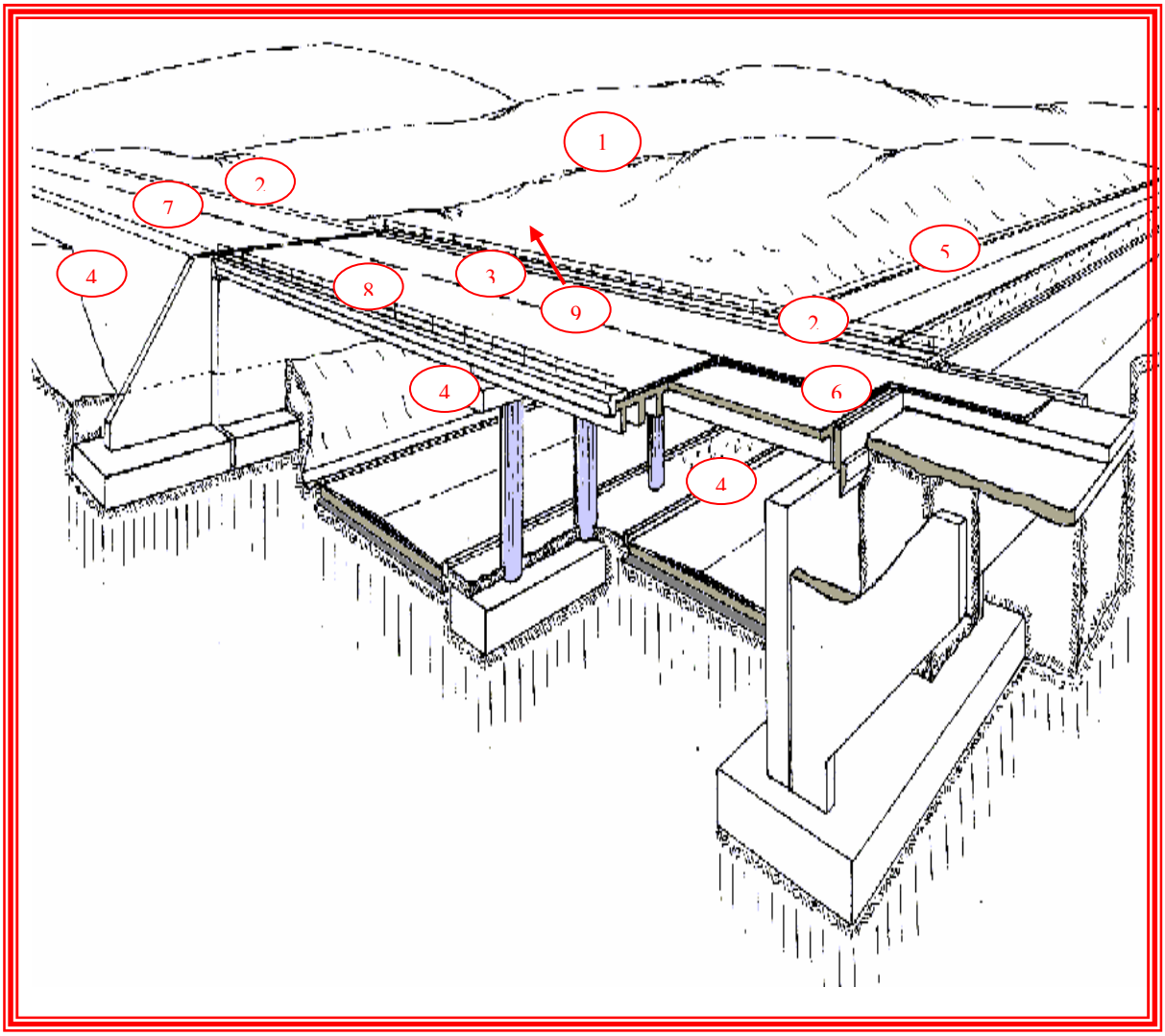
**المطلوب:** 1-ضع البيانات.
2-اكتب أسماء العناصر الأساسية والعناصر الثانوية التي يبينها الشكل.
3-أعطي دور كل عنصر.

## تمرين 02:

ضع صحيح أم خطأ
-الركيزة هي عنصر أفقي.
-الرافدة هي التي تنقل القوى المسلطة من ما فوقها إلى الركائز والمتكأين.
-مزلقة الأمان هي عنصر أساسي.
-البلاطة الانتقالية هي بلاطة تربط بين الجسر والطريق.
-الفراغات الموجودة في الرصيف هي لاستقبال الكوابل.
-اللجاف هو رافدة طولية.
-الجائز هو رافدة أساسية طولية.

## تمرين 03:

الشكل أدناه يمثل منظور جسر




1-ضع البيانات

2-اكتب أسماء العناصر الأساسية والثانوية.

3-اذكر دور كل من:

-البلاطة الانتقالية.

-المتكأ.

-أجهزة الاستناد.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الوحدة **05**:
الخرسانة مسبقة الإجهاد

# LE BETON PRECONTRAINT

مؤشرات الكفاءة:

**-يدرس مبدأ الخرسانة مسبقة الإجهاد**

**-يعرف مجال استعمال الخرسانة مسبقة الإجهاد**


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

**نشـــــاط:**

إذا أردنا إنجاز جسرا خرسانيا له معزبتين طول المعزبة الواحدة 300 متر، فكم يكون ارتفاعها بتطبيق العلاقة $\left(h=\frac{L}{10}\right)$.

-ماذا تلاحظ؟

-ما هو الإشكال الذي يمكن أن يكون خلال الإنجاز؟

-هل لاحظت هذا الارتفاع من خلال زيارتك للجسور؟

-ما نوع الخرسانة المستعملة في إنجاز روافد الجسور؟



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

## 1-عموميات:

من المعروف أن محصلة جهود الإنضغاط تقاوم من طرف الخرسانة أما محصلة جهود الشد فتمتص كليا من طرف التسليحات وهي تتمتع بمرونة وحد ليونة كبير بحيث يعادل 15 مرة حد ليونة الخرسانة.

لذا فالخرسانة إذا ما تعرضت لقوى عالية ،فالعنصر الخرساني المسلح قادر على مقاومة تأثيرها، لكن أهمية التشققات تزيد تدريجيا إلى حد غير مقبول، وخطر هده التشققات ليس بعديم الأهمية على المنشآت.

في هذه الحالة شرع ومنذ نهاية الحرب العالمية الثانية في استعمال تقنية جديدة تتمثل في الخرسانة مسبقة الإجهاد وهذا بفضل المهندس فريسيني "**FREYSSINET**" .

## 2-مبدأ سبق الإجهاد:

إن الهدف من سبق الإجهاد يتمثل في القضاء نهائيا على التشققات التي تخص المناطق المشدودة زيادة على استغلال الخصائص الميكانكية لكل من الخرسانة والفولاذ إلى حد أقصى. وهذه الخصائص تتمثل في مقاومة الإنضغاط من قبل الخرسانة والشد من قبل التسليح.

يقال أن عنصرا ما خرسانيا معرض لسبق الإجهاد إذا ما سلطت عليه إجهادات إنضغاط مسبقة في منطقة الشد قبل تطبيق الحمولات الخارجية عليه، وذلك بواسطة أسلاك أو كوابل نشيطة، بحيث تكون محصلات الإجهاد على كل نقاط المقطع العرضي تتمثل في إجهادات إنضغاط إضافة إلى أن الإنضغاط الأقصى لايتجاوز حد مقاومة الخرسانة للإنضغاط دون تلف.

أما عملية سبق الإجهاد فتتم على ثلاث مراحل وهي:

**المرحلة الأولى:** نقوم بشد الأسلاك أو الكابل ثم نثبتها على الطرفين بمثبتات، بعدها نحرر الأسلاك التي تحاول أن تتقلص وبالتالي تجر معها الخرسانة وتعرضها إلى إجهادات إنضغاط أولية، نكون عندئذ قد حققنا سبق الإجهاد.

**المرحلة الثانية:** تحت تأثير الوزن الذاتي والحمولات الخارجية تنحني الرافدة نحو الأسفل مما يؤدي إلى ظهور إجهادات شد في الأسفل وانضغاط في الأعلى.

**المرحلة الثالثة:** إذا أجريت العملية كما يجب أي تطبيق سبق الإجهاد ثم تعريض الرافدة إلى القوى الخارجية، نلاحظ الغياب الكلي لإجهادات الشد وتبقى الإجهادات الوحيدة هي إجهادات الإنضغاط.

## 3- طريقة استعمال سبق الإجهاد:

يتم شد الكوابل بواسطة المثبت بحيث يكون تطبيق الشد تدريجيا حتى الوصول إلى القيمة القصوى تسترجع بعدها المثبتات بعد حجز الكوابل ومنعها من الانفصال. ولكي يكون تمدد الكوابل ممكنا توضع داخل غلاف حاجز.

عند تسليط سبق الإجهاد تظهر في الخرسانة إجهادات تصبح في بعض المناطق شديدة الإرتفاع مما يحتم إضافة تسليحات تشبه نظيرتها في الخرسانة المسلحة العادية، وتعرف بالتسليحات الخاملة لتمييزها عن التسليح النشيط المتمثل في الكوابل.

يتحقق سبق الإجهاد بطريقتين: إما بالشد المسبق أو بالشد الملحق.

### 3-1- سبق الإجهاد بالشد المسبق: يتم بالمراحل التالية :

*توضع الكوابل وتشد إلى حد مرونتها الاقصى ثم تثبت على الجوانب.
*تصب الخرسانة ثم تجفف تجفيفا سريعا لمدة ست (06) ساعات.
*تحرر الأسلاك أو الكوابل وتبدأ في تسليط مبدأ سبق الإجهاد.

لكن لهذه الطريقة عدة سلبيات نذكر منها:


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

*وجوب إعداد مساحات مقاومة لوضع المثبتات على جوانب العنصر المسبق الإجهاد والتي تدعم بالتسليحات الخاملة.
*تستغرق مدة الشد واستعمال المثبتات مدة طويلة حتى تتحصل الخرسانة على مقاومة مقبولة بعد التجفيف.

## 3-2- سبق الإجهاد بالشد الملحق:

هذه الطريقة هي الأكثر استعمالا وتلخص في المراحل التالية:

- وضع الكوابل داخل الغلاف الحاجز.
- صب الخرسانة وتجفيفها حتى التصلب.
- شد الكوابل وحجزها في مناطق التثبيت.

## 4-مجالات الاستعمال:

يستعمل هذا النوع من الخرسانة عموما في المنشآت التالية:
-سطح الجسر.
-الروافد طويلة المدى.


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

# فهـــــــــــــرس Sommaire


| | | | |
|---|---|---|---|
| مقدمة..... | 2 | 1-عموميات..... | 22 |
| **المجال الأول: ميكانيك تطبيقية** | | 2-الإجهاد المماسي..... | 22 |
| | | 3-شرط المقاومة..... | 22 |
| **الوحدة الأولى: مقاومة المواد** | | تمارين..... | 24 |
| نشاط..... | 5 | تجربة القص البسيط..... | 25 |
| 1-الهدف من مقاومة المواد..... | 6 | **الأنظمة المثالية** | |
| 2-فرضيات مقاومة المواد..... | 6 | نشاط..... | 27 |
| 3-الأفعال..... | 7 | 1-تعريف..... | 28 |
| 4-الجهود الداخلية..... | 7 | 2-فرضيات..... | 28 |
| 5-تعريف التحريضات البسيطة..... | 8 | 3-حساب الجهود الداخلية..... | 28 |
| 6-الإجهادات..... | 9 | تمارين..... | 31 |
| **الشد البسيط** | | **الانحناء البسيط المستوي** | |
| نشاط..... | 11 | نشاط..... | 32 |
| 1-عموميات..... | 12 | 1-تعريف..... | 33 |
| 2-معادلة الإجهاد..... | 12 | 2-فرضيات..... | 33 |
| 3-تجربة الشد ..... | 12 | 3-معادلة الجهد القاطع..... | 34 |
| 4-قانون هوك..... | 14 | 4-معادلات عزم الانحناء..... | 35 |
| 5-شرط المقاومة..... | 14 | 5-العلاقة بين الجهد القاطع وعزم الانحناء | 35 |
| تمارين..... | 15 | 6-منحنيات T و M ..... | 36 |
| تجربة الشد البسيط..... | 16 | 7-الإجهادات..... | 38 |
| **الانضغاط البسيط** | | تمارين..... | 40 |
| نشاط..... | 17 | تجربة الانحناء البسيط المستوي..... | 41 |
| 1-عموميات..... | 18 | **الوحدة الثانية: الخرسانة المسلحة** | |
| 2-شرط المقاومة..... | 18 | نشاط..... | 43 |
| 3-قانون هوك..... | 18 | 1-عموميات..... | 44 |
| 4-مثال تطبيقي..... | 18 | 2-الحالات النهائية..... | 45 |
| تمارين..... | 19 | 3-خصائص المواد..... | 46 |
| **القص البسيط** | | 5-الشد البسيط..... | 52 |
| نشاط..... | 21 | 6-الانضغاط البسيط.... | 56 |




قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7-الانحناء البسيط..... | 62 | **الوحدة الثالثة: الطرق** | |
| 8-تبرير المقاطع المعرضة لتحريضات مماسية | 78 | نشاط..... | 118 |
| 9-الرموز..... | 82 | 1-تعريف..... | 119 |
| تمارين | 83 | 2-تصنيف الطريق..... | 119 |
| **المجال الثاني: البناء (الإنشاء)** | | 3-مكونات الطريق..... | 120 |
| | | 4-الوثائق الخطية لملف تقني لجزء طريق .... | 122 |
| **الوحدة الأولى: عناصر المنشآت العلوية** | | 5-هيكلة القوارع..... | 133 |
| نشاط..... | 87 | 6-مختلف أنواع القوارع..... | 133 |
| 1-عموميات..... | 88 | تمارين..... | 136 |
| 2-أعمدة ..... | 88 | **الوحدة الرابعة: الجسور** | |
| 3-الروافد..... | 88 | نشاط..... | 139 |
| 4-الأرضيات..... | 89 | 1-عموميات..... | 139 |
| 5-الغماء..... | 91 | 2-تصنيف الجسور..... | 139 |
| 6-السطوح..... | 95 | 3-العناصر المكونة للجسر..... | 141 |
| 7-الجدران..... | 97 | تمارين..... | 153 |
| 8-الفتحات..... | 98 | **الوحدة الخامسة: الخرسانة المسبقة الإجهاد** | |
| 9-المدارج المستقيمة..... | 99 | نشاط ..... | 156 |
| تمارين..... | 104 | 1-عموميات..... | 157 |
| **الوحدة الثانية: عموميات حول الطبوغرافيا** | | 2-مبدأ سبق الإجهاد..... | 157 |
| **حساب المساحات** | | 3-طريقة استعمال سبق الإجهاد..... | 157 |
| نشاط | 106 | 4-مجال الاستعمال..... | 158 |
| 1-السمت الإحداثي..... | 108 | | |
| 2-حساب المساحات..... | 110 | | |
| تمارين..... | 111 | | |
| **مراقبة المنشآت** | | | |
| نشاط..... | 113 | | |
| 1-المراقبة الشاقولية ..... | 114 | | |
| 2-المراقبة الأفقية..... | 115 | | |




قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM