



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الفصل السادس

تصميم المسامير

DESIGN OF BOLTS

إعداد

أ.د. مُحَبْ مُحَمَّد أَنَيْس الشِّرِبَاشِي

أستاذ الهندسة الزراعية

ووكيلاً الكلية لشئون التعليم والطلاب

السامير المسننة (القلاووظ) SCREW BOLTS:

تستخدم المسامير المسننة في ربط أجزاء المنشآت المعدنية بمفردها أو مع استخدام صاملة ربط. وتتعرض المسامير المسننة إلى الكثير من الإجهادات التي لا يمكن حسابها بدقة، ولذلك فهي تصمم مع استخدام معاملات أمان عالية.

◆ مزايا وصلات القلاووظ:

1. وصلات المسامير المسننة موثوق بها للغاية في عمليات الربط.
2. وصلات المسامير المسننة مريةحة عند التجميع والتفكيك.
3. يمكن استخدام مجموعة واسعة من المسامير المسننة تحت ظروف التشغيل المختلفة.
4. إنتاج المسامير المسننة رخيص نسبياً بسبب توحيد الأبعاد والكفاءة العالية في عمليات التصنيع.

◆ عيوب وصلات القلاووظ:

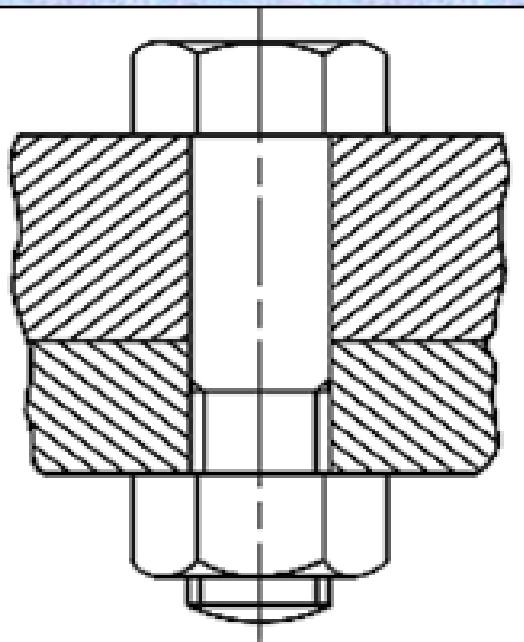
العيوب الرئيسي للمسامير المسننة هو تركيز الضغط في الأجزاء المسننة وهي تعتبر نقطة ضعيفة عند ظروف التحميل المتغيرة.

ملاحظة: قوة المسامير المسننة لا يمكن مقارنتها مع وصلات البرشام أو الوصلات الملحومة.

- يوجد من المسامير المسننة ثلاثة أنواع رئيسية هي:

١. المسamar ذو الصامولة:

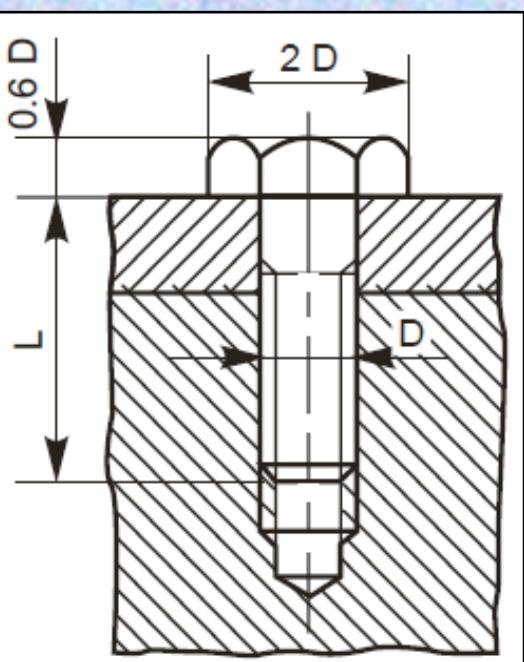
Through bolt or Bolt and nut:



هو عبارة عن ساق مسنن من المعدن ولوه رأس في أحد طرفيه. عند الربط يتم ثقب المستويين المعدنيين المراد ربطهما معاً ثم يوضع المسamar من جانب ويربط بالصامولة من الجانب الآخر بعد وضع وردة لاحكام الربط.

٢. المسamar بدون صامولة:

Tap bolt or Cap screw:

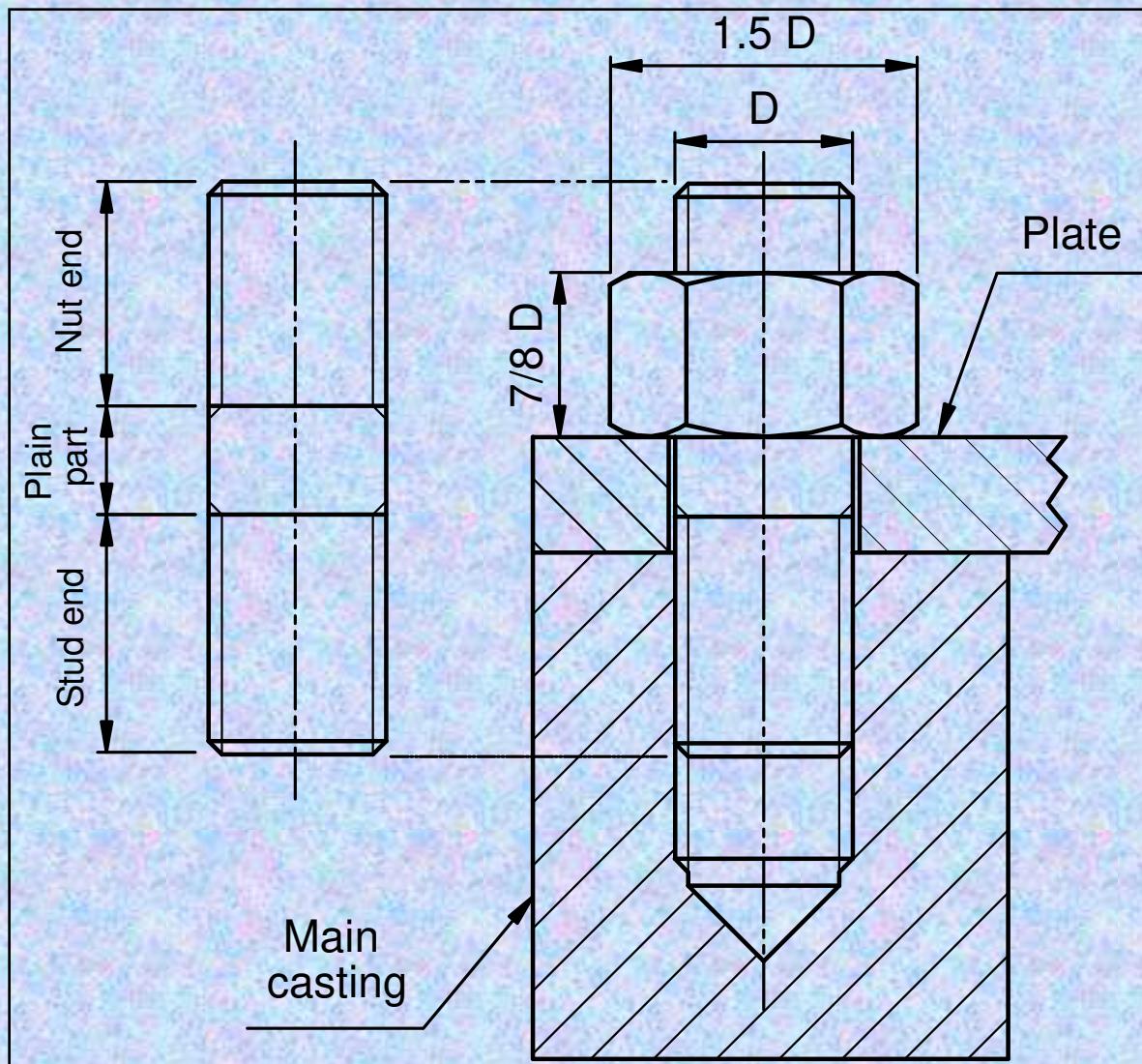


يشبه المسamar السابق إلا أن الجزء المسنن به أطول وهو يستخدم بدون صامولة لربط جزأين أو أكثر على أن يقوم الجزء الأخير مقام الصامولة. عند الربط يتم ثقب أحد المستويين المعدنيين بثقب أملس وثقب المستوى الآخر بثقب مقلوب لكي يقوم بعمل الصامولة.

وعند الربط يوضع المسamar في الفتحة الملساء أولاًً بعد وضع وردة أسفل رأس المسamar، ثم يلف في المستوى الثاني ذو الفتحة المنسنة حتى إحكام الربط.

3. المسamar عديم الرأس: Stud

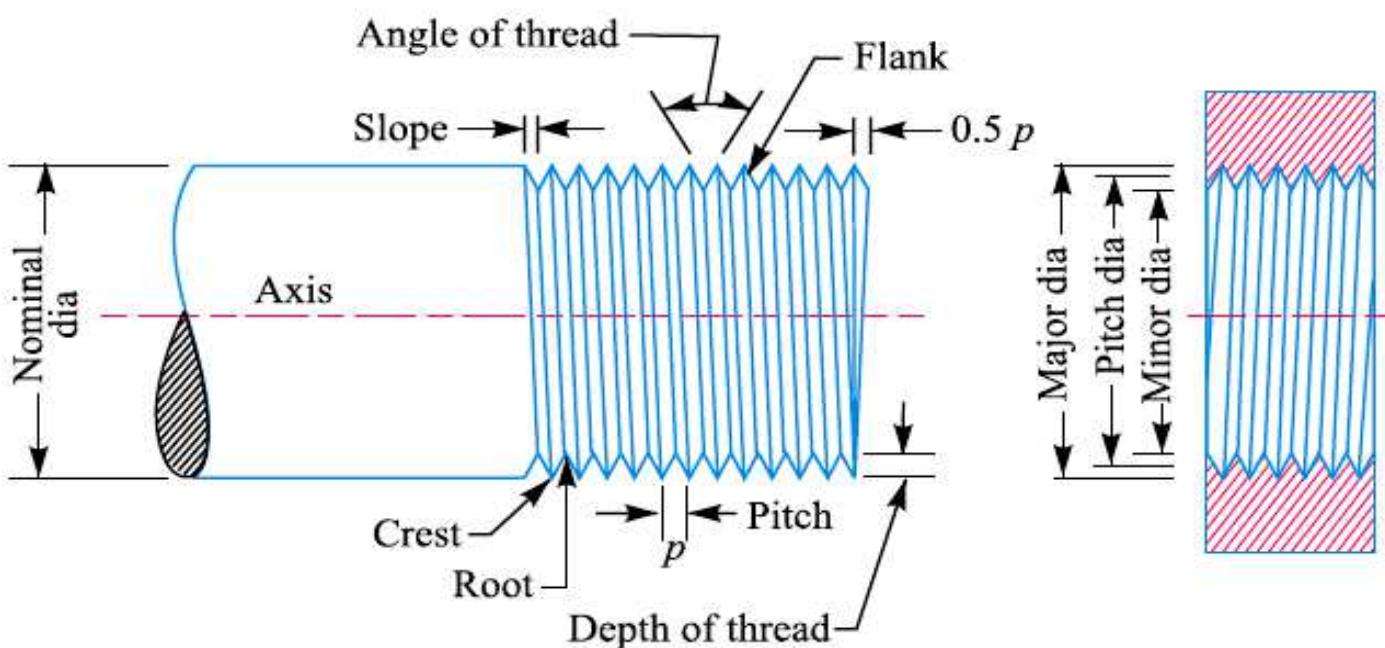
هو قضيب من المعدن مسنن من كلا الطرفين ويربط بين جزأين يمر بأحد هما ويربط بالأخر ويستقبل صاملولة في طرفه العلوي. عبارة عن مسامار مسنن من الجهتين.



عند ربط مستويين معاً يتم ثقب أحد المستويين المعدنيين بثقب أملس وثقب المستوى الآخر بثقب مقلوز لكي يقوم بعمل الصامولة. عند الربط يثبت المسamar في الفتحة المقلوزة أولاً ثم يوضع المستوى ذو الثقب الأملس على المستوى المثبت فيه المسamar، ولإحكام الربط توضع وردة وصامولة في الجهة الأخرى من التسنين وترتبط جيداً.

- عند تصميم المسامير المسننة يتم إيجاد القطر المناسب لمقاومة الإجهادات الواقعية على المسamar. فعند التصميم يتم الحساب على أساس القطر الداخلي (Minor diameter) ثم يتم استنتاج القطر الخارجي (Major diameter) ويقرب للقياسات القياسية.

◆ المصطلحات المستخدمة للمسامير المسننة :



(Pitch) (P) الخطوة (المسافة بين كل سنتين متتاليتين)

(Major diameter) (do) القطر الخارجي للسمار المسنن

(Minor diameter) (di) القطر الداخلي للسمار المسنن

$$do = 1.25 di$$

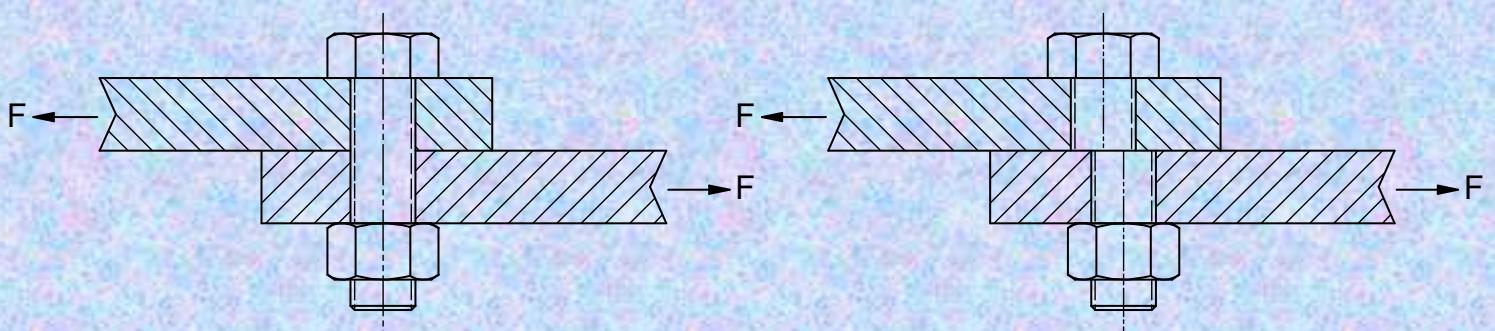
♦ الإجهادات المؤثرة على المسامير المسننة:

Stresses acting on screw bolts:

تعرض المسامير المسننة للكثير من الإجهادات التي لا يمكن حسابها بدقة، ولذلك فإنها تصمم مع استخدام معاملات أمان عالية. وأهم الإجهادات التي يتعرض لها المسار المسنن هي:

1. المسار المسنن يتعرض لاجهاد قص:

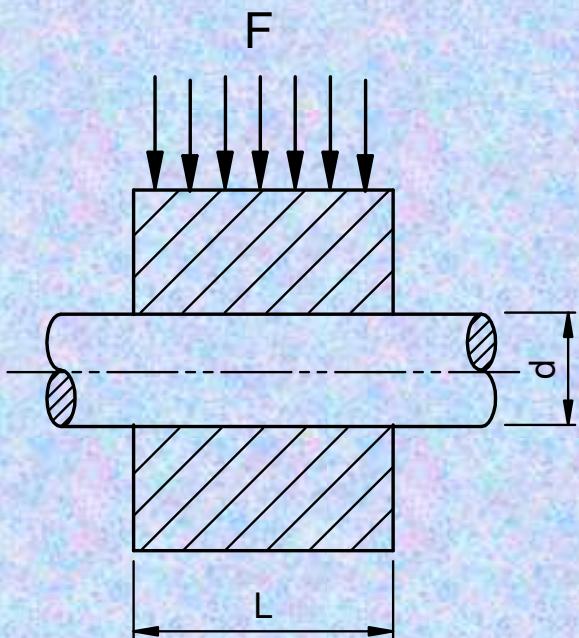
Bolt subjected to shear stress:



$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F}{\pi di^2}, \text{ N/mm}^2$$

2. المسمار المسن ي تعرض لاجهاد سحق:

Bolt subjected to crushing stress:

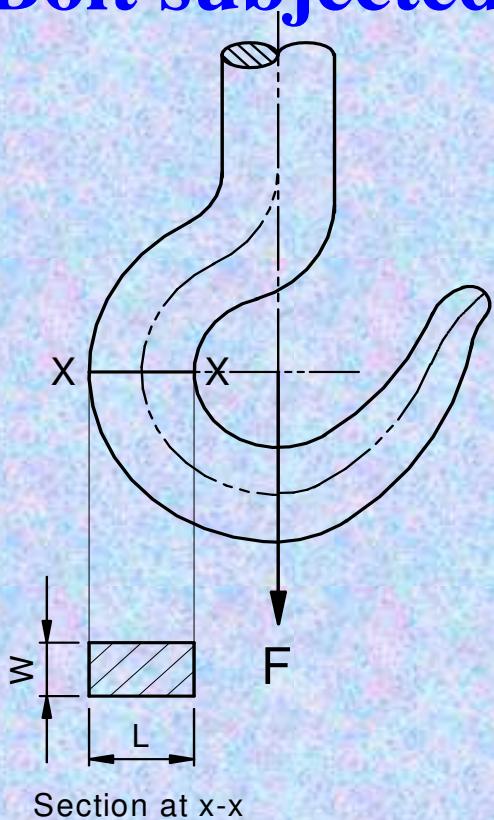


$$\sigma_{cr} = \frac{F}{\text{Projected area}}$$

$$= \frac{F}{\pi d i L}, \text{ N/mm}^2$$

3. المسمار المسن ي تعرض لاجهاد شد:

Bolt subjected to tension stress:

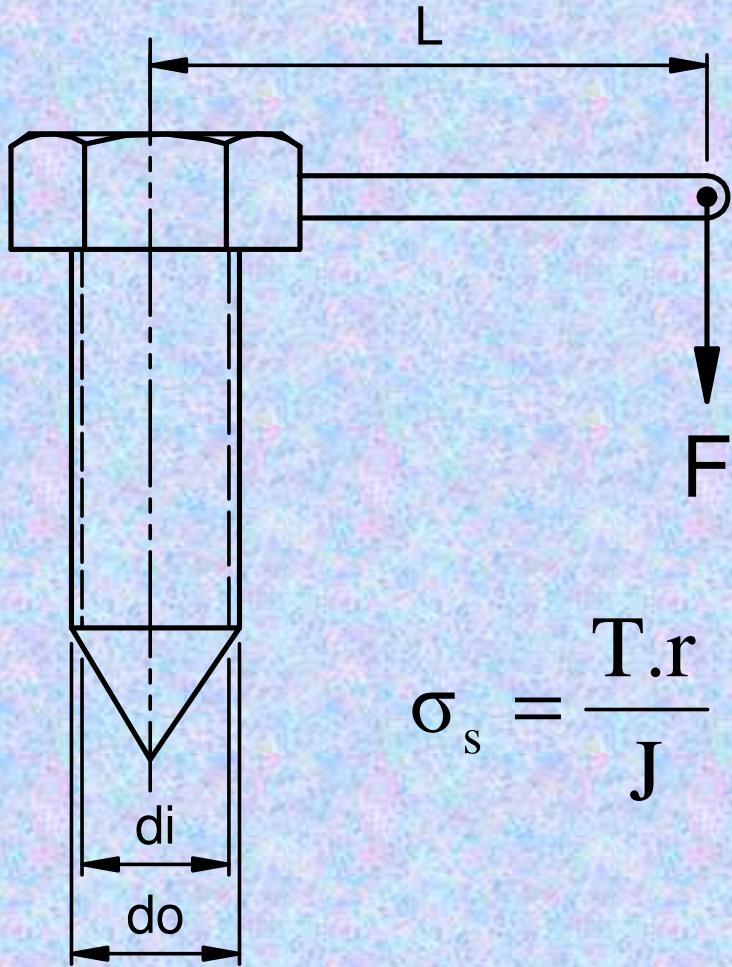


$$\sigma_t = \frac{F}{\text{Projected area}}$$

$$= \frac{F}{W L} = \frac{F}{\frac{\pi d i^2}{4}}, \text{ N/mm}^2$$

٤. المسamar المسنن يتعرض لـ جهاد التواء:

Bolt subjected to torsion stress:



$$\sigma_s = \frac{T \cdot r}{J} = \frac{16 T}{\pi d_i^3}, \text{ N/mm}^2$$

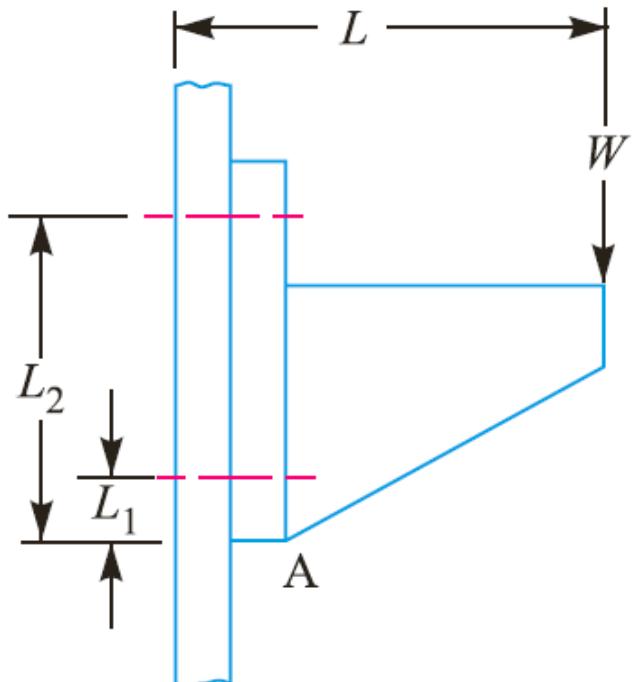
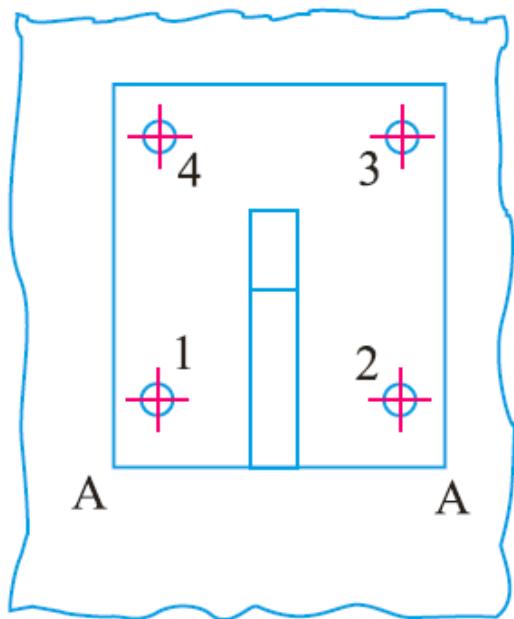
◆ وصلات المسامير تحت الأحمال اللامركزية:

Bolted joints under eccentric loading:

توجد العديد من التطبيقات التي يتم فيها استخدام وصلات المسامير المسننة والتي تتعرض فيها لأحمال لا مركزية مثل كابولي الحائط والمساند وغيرها من التطبيقات. الأحمال اللا مركزية في هذه الحالة يمكن أن تكون بأحد الأشكال التالية:

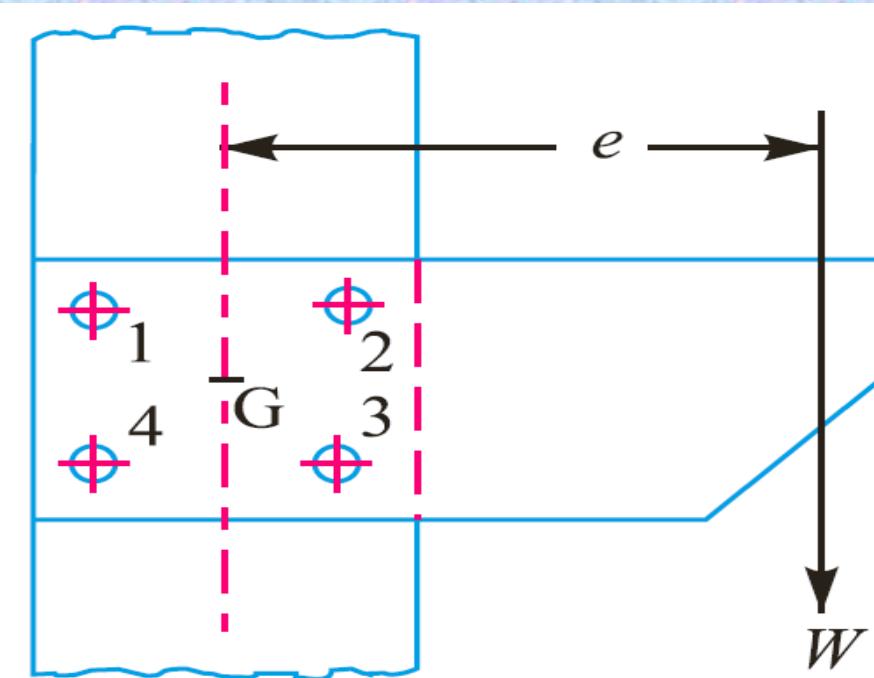
١. حمل لا مركزي يؤثر عمودياً على محور المسامير:

Perpendicular to axis of the bolts:



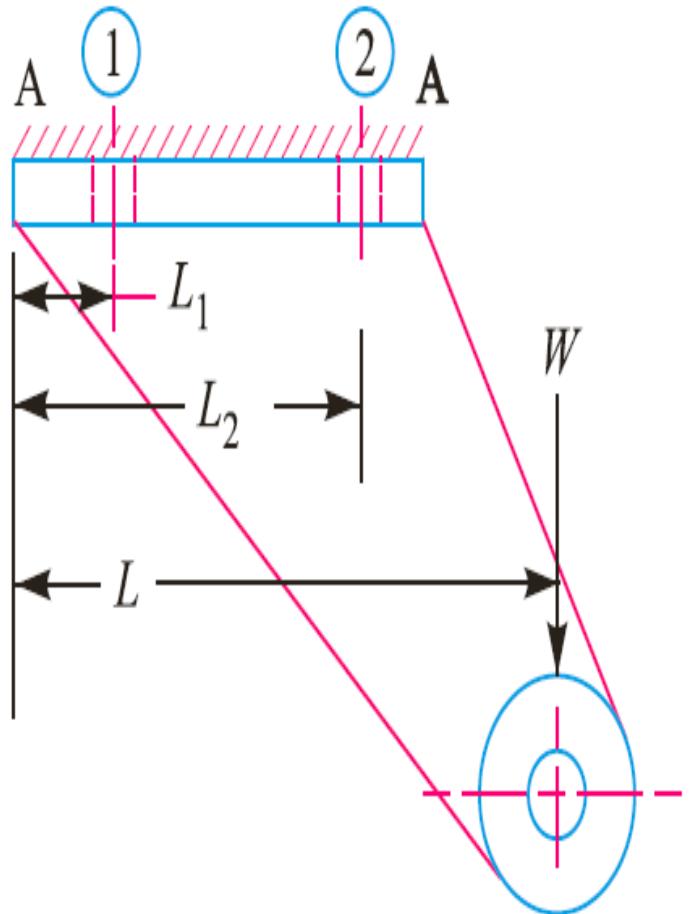
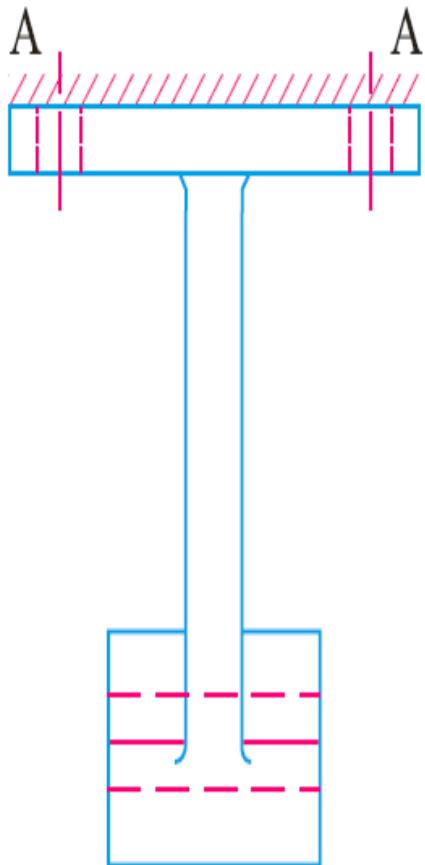
٢. حمل لا مركزي يؤثر في نفس المستوى الذي يضم المسامير:

In the plane containing the bolts:



٣. حمل لا مركزي يؤثر موازياً لمحور المسامير:

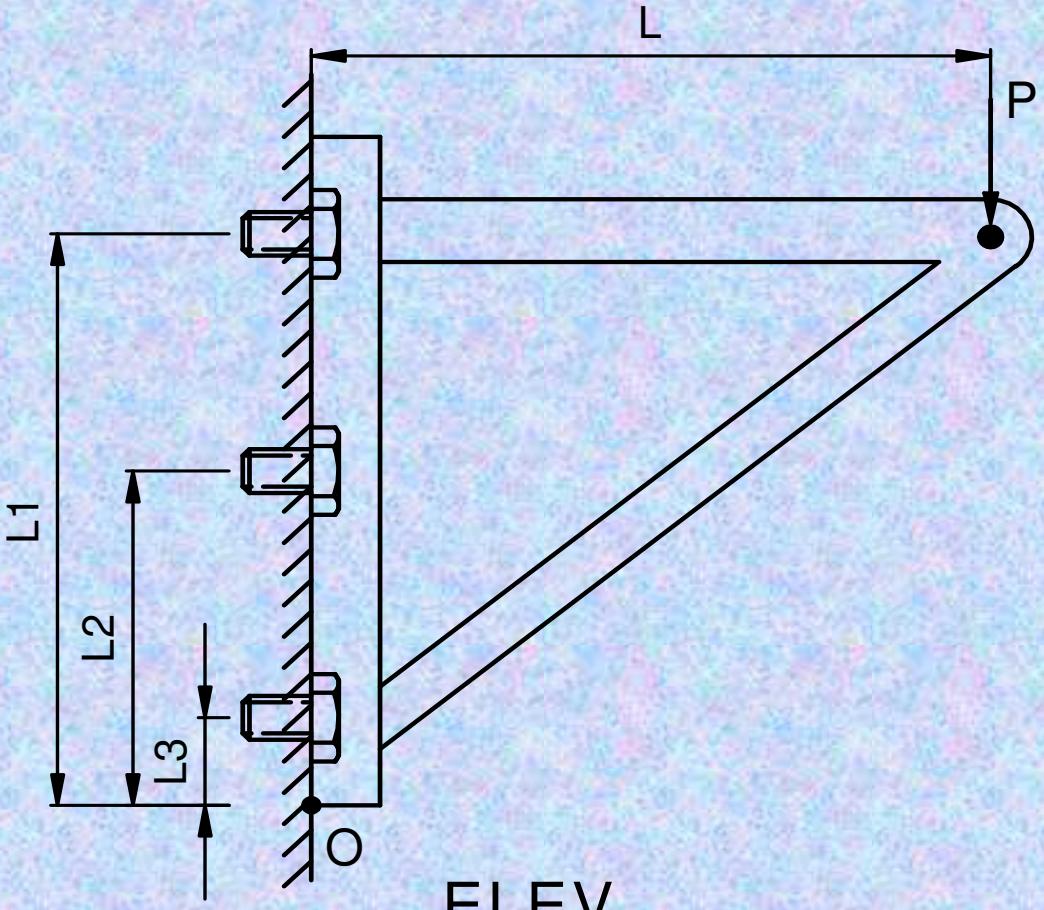
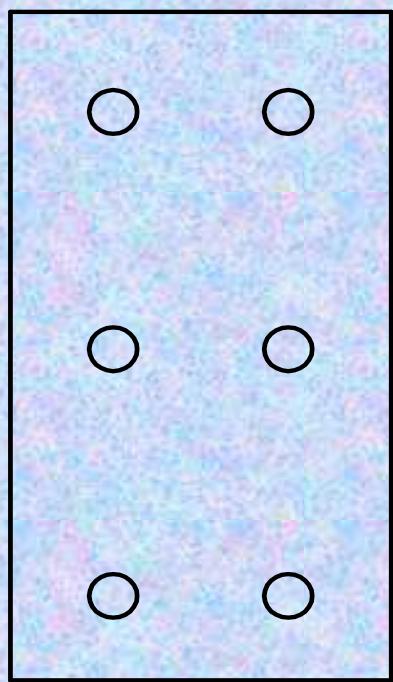
Parallel to axis of the bolts:



♦ تصميم المسامير على الكابولي العمودي على الحائط:

Design of bolts on vertical cantilever:

يتم تصميم الكابولي بحيث يصنع من مادة أقوى من المادة التي تصنع منها المسامير المسننة الداعمة حتى إذا حدث كسر أو انهيار فإنه يحدث في المسامير ولا يحدث في الكابولي.



أ. تحليل الإجهادات على الكابولي العمودي:

Stress analysis on vertical cantilever:

تعرض المسامير في هذه الحالة إلى نوعين من الإجهادات:

1. المسامير تتعرض لـ إجهاد قص:

Bolts subjected to shear stress:

نتيجةً لضغط الحمل (P) لأسفل فإنها تعمل على كسر المسامير المثبتة للكابولي ويكون إتجاه الكسر موازي للقوة، وبذلك تعمل القوة على فصل الكابولي الرأسي بجزء من المسامير ويتبقى الجزء الآخر في حائط التثبيت.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{P}{n \pi d^2}, \quad N/mm^2$$

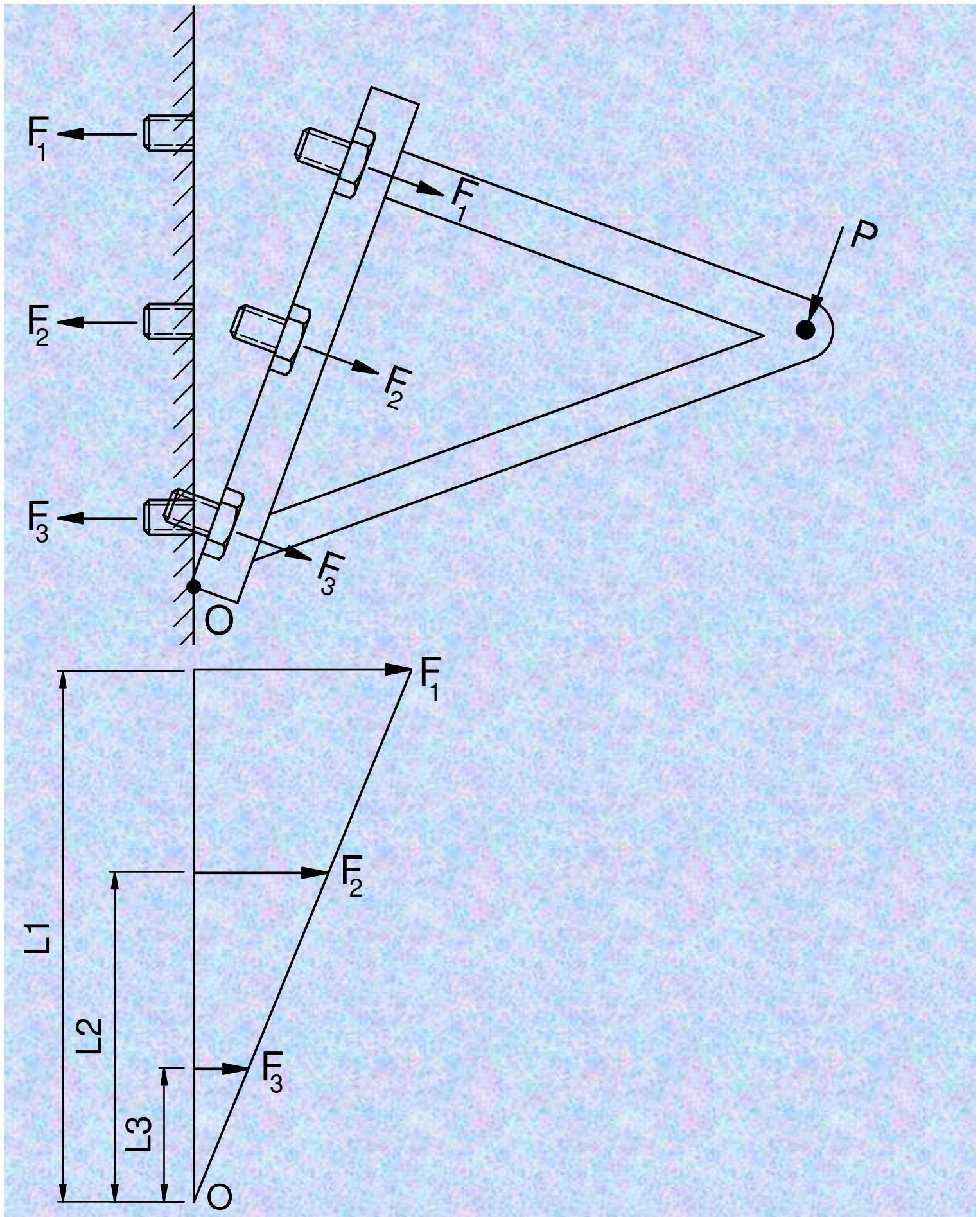
4

ويتم قسمة الحمل (P) على عدد المسامير (n) لأن القوة تتوزع على المسامير حتى تسبب لها الكسر. كما أن المسامير كلها تكون متعاونة في مقاومة هذا الحمل.

2. المسامير تتعرض لـ إجهاد شد:

Bolts subjected to tension stress:

نتيجة لتأثير الحمل (P) على الكابولي فإنه يعمل على شد المسامير المثبتة للكابولي ويكون اتجاه الشد موازي لمحور المسامير. حيث أن الحمل (P) يؤثر بقوة شد على المسامير ويعمل الحائط على شد النصف الآخر من المسامير مما يؤدي إلى كسر المسامير تحت إجهاد الشد. وتكون قوة الشد (F_1) هي أكبر قوة ثم تليها القوة (F_2) ثم تليها القوة (F_3). ولكي يتم تصميم المسمار بطريقة سلية ولا يحدث به كسر فإنه لا بد من تصميم المسمار على أكبر قوة شد حتى يستطيع أن يتحملها، وبذلك تكون القوة (F_1) هي القوة التي توضع في معادلة إجهاد الشد. وعادةً يتم وضع المسامير بنفس القطر حتى يسهل تغيير التالف منها وزيادة الأمان في التصميم.



- من تشابه المثلثات في الشكل نحصل على التالي:

$$\frac{F_1}{L_1} = \frac{F_2}{L_2} = \frac{F_3}{L_3} \therefore F_2 = F_1 \frac{L_2}{L_1} \quad \& \quad F_3 = F_1 \frac{L_3}{L_1} \dots (1)$$

- الحمل (P) يؤثر على الكابولي ويؤدي إلى حدوث شد من خلال عزم الشد والذي يتوزع على كل المسامير حسب بعدها من النقطة (O). ويكون مجموع العزوم الناتجة على المسامير متساوية للعزم الناتج عن الحمل المؤثر على الكابولي ويكون متساويةً للصفر عند النقطة (O) لعدم وجود ذراع للقوة.

$$\sum M_{at O} = 0$$

$$\therefore PL = 2F_1 \cdot L_1 + 2F_2 \cdot L_2 + 2F_3 \cdot L_3 \dots \dots \dots (2)$$

الرقم (2) هو عدد المسامير عند كل مسافة (عند كل قوة شد).

وبالتعويض من المعادلة (1) في المعادلة (2) نحصل على:

$$PL = 2F_1 \cdot L_1 + 2F_1 \cdot \frac{L_2^2}{L_1} + 2F_1 \cdot \frac{L_3^2}{L_1}$$

$$\therefore PL = 2 \frac{F_1}{L_1} \left(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2 \right)$$

$$\therefore F_1 = \frac{PL.L_1}{2(L_1^2 + L_2^2 + L_3^2)}$$

وتكون القوة (F_1) هي أقصى قوة شد ويتم التعويض بها في قانون إجهاد القص الأعظم. ولا يتم القسمة على (n) كما هو الحال في إجهاد القص، وذلك لأن عدد المسامير تم حسابه عند حساب أكبر قوة شد (F_1).

ثم نطبق نظرية الإجهادات العظمى للحصول على القطر الداخلى للمسامير (di) ومنه نحصل على القطر الخارجى للمسمار (do) حيث أن:

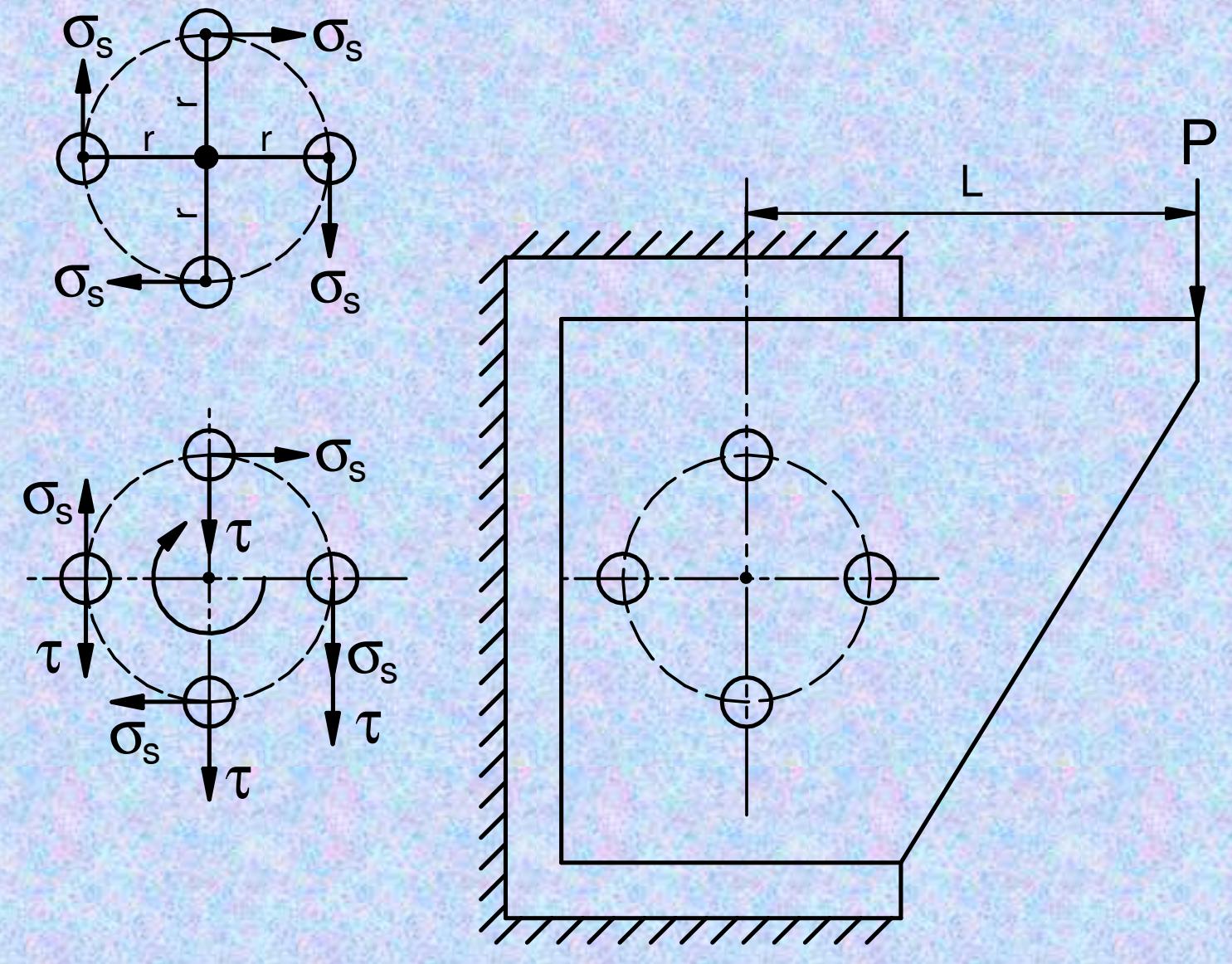
$$do = 1.25 di$$

$$\tau_{\max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{F_1}{\pi di^2} \right)^2 + 4 \left(\frac{P/n}{\pi di^2} \right)^2}$$

٢. تصميم المسامير على الكابولي الموازي للحائط:

Design of bolts on horizontal cantilever:

يتم تصميم الكابولي بحيث يصنع من مادة أقوى من المادة التي تصنع منها المسامير المسننة الداعمة حتى إذا حدث كسر أو انهيار فإنه يحدث في المسامير ولا يحدث في الكابولي.



♦ تحليل الإجهادات على الكابولي الموازي:

Stress analysis on horizontal cantilever:

تعرض المسامير في هذه الحالة إلى نوعين من الإجهادات، ويتم التصميم على المسمار القريب الذي يتعرض لقوة قص صريح نتيجة الحمل وقوة قص أخرى ناتجة عن عزم الالتواء، واللثان تؤثران في مستوى رأسى لأسفل كالتالي:

1. المسامير تتعرض لإجهاد قص:

Bolts subjected to shear stress:

نتيجة لضغط الحمل (P) لأسفل فإنه تولد قوة قص نتيجة الحمل، وقوة قص أخرى ناتجة عزم الالتواء.

$$\tau = \frac{F_{\text{Total}}}{\pi d i^2}, \quad \text{N/mm}^2$$

4

أ. قوة القص نتيجة الحمل (P):

Shearing force due to pure shear stress:

$$F_\tau \text{ for one bolt} = P/n, \quad \text{N}$$

Where: P = Force (Load) on cantilever, N
n = No. of bolts.

بـ. قوة القص الناتجة عن إجهاد الإلتواء:

Shearing force due to torsion stress:

$$T = P \cdot L \quad \& \quad \therefore T = F_s \cdot r \cdot n$$

$$\therefore F_s \text{ for one bolt} = T/r \cdot n$$

Where: L = Distance from load to center circle, cm

T = Torque, N.m

r = Radius of bolt circle, cm

So, the total shearing force acting on the near bolt is equal:

$$F_{\text{Total}} = F_t + F_s , \quad N$$

Then:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{F_{\text{Total}}}{A} = \frac{F_{\text{Total}}}{\pi d i^2} , \quad N/mm^2(1)$$

2. المسامير تتعرض لـ جهاد سحق :

Bolts subjected to crushing stress:

حيث تتعرض المسامير لـ جهاد سحق نتيجة الحمل الموجود على الكابولي في المساحة الموجودة أسفل سُمك الكابولي.

$$\sigma_{Cr} = \frac{F}{\text{Projected area}} = \frac{P/n}{Y \cdot di}, \quad \text{N/mm}^2 \dots\dots (2)$$

Where: Y = Cantilever thickness, cm

Then the theory of maximum shear is applied:

$$\tau_{max} = \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_t^2 + 4\tau^2} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{P/n}{Y \cdot di} \right)^2 + 4 \left(\frac{F_{Total}}{\pi di^2 / 4} \right)^2}$$