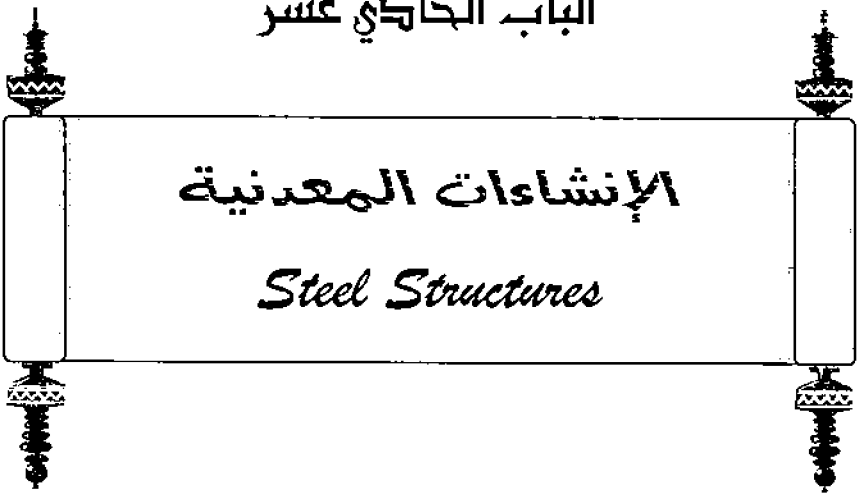
# الباب الحادي عشر



# الإنشاءات المعدنية

# Steel Structures

# تمهيد

تشتمل المنشآت المعدنية على الهياكل المصنوعة من المعادن الحديدية والمعادن الخفيفة غير الحديدية، وتتكون هذه الهياكل من القضبان ذات المقاطع المختلفة الأشكال والأحجام بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى.

توجد الهياكل المعدنية بالعديد من المنشآت مثل الأبنية المعدنية ـ أسقف الورش ـ خطوط السكك الحديدية وحظائر القطارات ـ هياكل السفن والطائرات والسيارات والشاحنات ومعدات الرفع.... وغيرها.

يتناول هذا الباب الأنواع المختلفة للقضبان المصنوعة من الصلب من حيث مقاطع ورموز وأبعاد كل منها، والرسم الإنشائي والتنفيذي الذي يحتوي على الكمرات والعناصر المساعدة الأخرى، وطرق وصلها، وتمثيل مسامير البرشام والمسامير الملولبة والصواميل بالرسم.

ويتعرض إلى رسم مساقط المنشآت المعدنية وقطاعاتها، وطرق رسم خطوط الأبعاد. هذا بجانب الأمثلة المحلولة التي عرضت على هيئة نماذج إنشائية، والتمارين التي يجب على الطالب الإجابة عنها ورسمها.

# المنشآت الفولاذية
# *Steel Constructions*

يتشابه رسم المنشآت المعدنية (الفولاذية) مع الرسم الهندسي، حيث يرسم طبقًا للقواعد المعروفة في الإسقاط، ولكنه يختلف عن الرسم الميكانيكي من حيث طرق توضيح الأبعاد وإعداد المساقط.

وغالبًا تتكون المنشآت المعدنية من قطاعات مركبة وألواح مستوية مثبتة بعضها مع بعض بواسطة مسامير أو لحامات، وأشكال القطاعات الأساسية هي:

الألواح Plates، الزوايا Angles، كمرة حرف T.sec T..... إلخ. وتعطى أبعاد هذه القطاعات في جداول خاصة بمواصفات تصدرها المصانع المنتجة.

**القطاعات المركبة: Assemblied Sections**

تتكون هذه القطاعات من الزوايا والألواح والكمرات المعدنية ويمكن تشكيلها في صورة قطاعات أعمدة، كمرات، مسطحات، شدادات وأربطة.... إلخ.

**الكمرات المشكلة: Plate Girders**

تتكون هذه الكمرات من مجموعة ألواح معدنية متصلة جميعها بالزوايا، ويختلف عمق الكمرات بنسبة تتراوح ما بين 10:1 إلى 14:1 من الفتحة طبقًا لطبيعة الأحمال.

**مسامير البرشام والبرشمة: Rivets, and riveting prac**

تعتبر عملية البرشمة من أبسط طرق تثبيت الألواح المعدنية بعضها ببعض، وهي تتم

عادة بواسطة آلات خاصة بينما يكون مسمار البرشام في درجة حرارة الاحمرار.

يتوقف قطر مسمار البرشام على سمك الأجزاء التي سيتم ربطها مع بعضها، وعادة يكون قطره ما بين 12 إلى 25 ملّيمتر. وأقل مسافة بين مسمارين minimum pitch لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر المسمار، أما المسافة في البداية والنهاية فتكون ضعف قطر المسمار على الأقل، وأكبر خطوة للمسامير max. pitch لا تزيد عن ستة أمثال قطر المسمار، وعادة تؤخذ الخطوة من 70 إلى 130 ملّيمتر.

الثقب المعد لمسمار البرشام عادة يزيد عن قطر المسمار بمقدار 1.5 إلى 2.5 ملّيمتر.

قطر رأس المسمار بعد إتمام عملية البرشمة لا يزيد عن أربعة أمثال قطر المسمار.

**مقاييس رسم المنشآت المعدنية: Scales of Steel Constructions**

1- رسومات المنشآت المعدنية غالبًا ما تحتوي على رسم عام للمنشأ، وتفاصيل الأجزاء المختلفة بعد تصميمها وتوضح اتصالات هذه الأجزاء بعضها ببعض بقطاعات ومساقط مناسبة.

2- مقاييس الرسم عادة 10:1 إلى 20:1 وفي الحالات التي يكون المنشأ أبعاده كبيرة يرسم الشكل العام للمنشأ بمقاييس رسم صغيرة مناسبة، ثم ترسم التفاصيل بالمقاييس السابقة على أن يبين كلا المقياسين بالرسم.

3- الأبعاد التي أقل من المتر توضح بالملّيمتر.

4- تكتب الأبعاد بأعلى الخطوط المحددة لكل بعد وفي منتصفها على ألا تقل المسافة بين خطوط الأبعاد وبعضها البعض.

5- يلاحظ أن يكون البعد الإجمالي هو آخر الأبعاد المرسومة.

ملاحظات:

1- يرمز للمسمار الرأسي بخطين متقاطعين هما محوراه في مسقطه الأفقي بخط واحد أو في مسقطيهما الرأسي والجانبي.

2- في تفاصيل الرسم حيث تستخدم مقاييس كبيرة ترسم المسامير بأبعادها الحقيقية. ويوضح جسم المسمار ورأسه وفي بعض الأحيان نكتفي بالرأس فقط.

3- أبعاد الخطوات تكتب عادة على خط البعد بالنسبة لمسمار أو مسمارين في النهاية وباقي الخطوات تحدد على خط البعد دون كتابة قيمة البعد، ثم يرسم خط بعد عام موازٍ يكتب عليه عدد الخطوات والمسامير. أما في حالة البرشمة المتبادلة (Zig-Zag riveting) فيوضح بعد خطوة واحدة على الأقل، مع مراعاة توضيح المسافة بين النهايات والمسامير وكذا المسافة الكلية للجزء. يراعى توضيح أبعاد محاور المسامير عن الأسطح الخارجية للأجزاء التي سيتم برشمتها.

4- أبعاد القطاعات المعدنية توضح بأبعاد مقاطعها الجانبية وفي بعض الأحيان يرمز للقطاع برقم يدل على ارتفاعه وتستخرج أبعاد القطاع من الجداول.

5- تميز ألواح الحشو (Paoking Plates) بالتهشير الخفيف أما ألواح الربط (Gassets) فتوضح بأبعادها وأسماكها فقط.

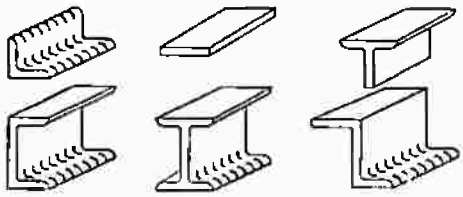
# القضبان المعدنية
# *Metal Bars*

تعتمد الإنشاءات المعدنية Metal Structures على القضبان (الكمرات Bars) المختلفة الأشكال والأحجام المصنوعة من حديد الصلب Steel أو من المعادن الخفيفة (المعادن غير الحديدية) Non-ferrous Metals، حيث يتم وصل القضبان وتجميعها وفقًا للتصميمات المختلفة للحصول على العديد من المنتجات التي لا يمكن تصنيعها بالطرق الميكانيكية المعتادة.

تشتمل الانشاءات المعدنية على سبيل المثال لا الحصر على الأبنية المعدنية ـ أسقف الورش خطوط السكك الحديدية وحظائر القطارات ـ هياكل السفن والطائرات والسيارات والشاحنات ومعدات الرفع..... وغيرها.

**مقاطع قضبان الإنشاءات المعدنية: Bars Sections of Metal Structures**

تشيد الإنشاءات المعدنية عن طريق وصل وتجميع القضبان (الكمرات) المختلفة الأشكال والأحجام، وعلى سبيل المثال تستخدم القضبان الفولاذية المصنوعة من حديد الصلب Steel في هياكل حظائر القطارات وأسقف الورش وخطوط السكك الحديدية والشاحنات ومعدات الرفع، كما تستخدم القضبان المعدنية الخفيفة (غير الحديدية) في هياكل الطائرات التي تعتمد على المعادن الصلدة ذات الأوزان الخفيفة. تنتج دور الصناعة القضبان الفولاذية المصنوعة من حديد الصلب Steel شكل 11-1 بمقاطع قياسية Standard لاستخدامها في الإنشاءات المختلفة، بحيث تتناسب مع كافة التصميمات والمتطلبات المختلفة من حيث الشكل ودرجة تحملها للضغوط والإجهادات.



شكل 11-1

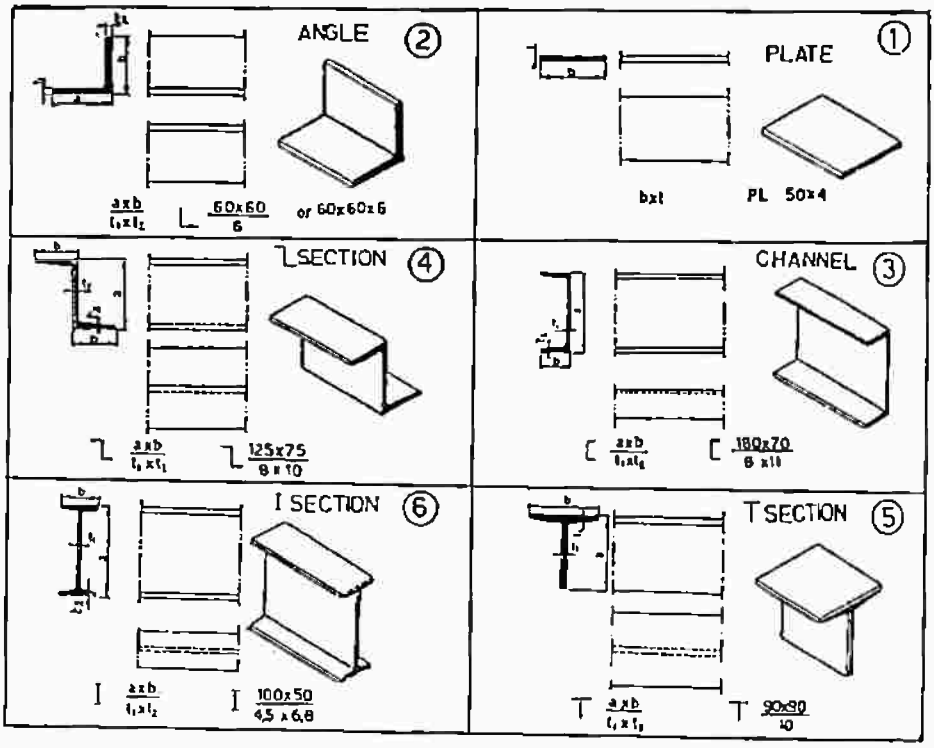
المقاطع القياسية للقضبان الفولاذية

## أبعاد مقاطع القضبان الفولاذية: Dimensions of Steel Bars Sections

تنتج دور الصناعة القضبان الفولاذية Steel Bars بأبعاد قياسية Standard، وذلك لسهولة حساب الأبعاد النهائية بعد عمليات الوصل والتجميع. جدول 11-1 يوضح مقاطع القضبان (الكمرات) الفولاذية الخاصة بالإنشاءات المعدنية وأبعاد كل منها.

جدول 11-1

أبعاد المقاطع الفولاذية القياسية



### 1- المقطع المسطح: Plat Section

قضيب الفولاذ (الصلب) الذي يحتوي على مقطع مسطح (مستوٍ). يرمز له بالرمز PL. أبعاده (b * t).

حيث b .... عرض القضيب.

t .... سمك القضيب.

### 2- مقطع الزاوية: Angle Section

قضيب الفولاذ (الصلب) الذي يحتوي علي مقطع على شكل زاوية. يرمز له بالرمز L.

أبعاده $\left(\frac{a * b}{t_1 * t_2}\right)$

حيث a .... طول الساق الأول.

b .... طول الساق الثاني.

$t_1$ .... سمك الساق الأول.

$t_2$ .... سمك الساق الثاني.

### 3- مقطع ⊏ : Channel Section

قضيب الفولاذ الذي يحتوي على مقطع Channel. يرمز له بالرمز ⊏ . أبعاده

$\left(\sqsubset \frac{a * b}{t_1 * t_2}\right)$

حيث a .... طول الساق.

b .... عرض الساق.

$t_1$ .... سمك الساق الطولي.

$t_2$ .... سمك أحد الأطراف.

### 4- مقطع ⌐ : ⌐ . Section

قضيب الفولاذ الذي يحتوي على هذا المقطع. يرمز له بالرمز ⌐ . أبعاده

$$(\ulcorner \frac{a * b}{t_1 * t_2})$$

حيث a .... طول الساق.

b .... عرض أحد الطرفين الجانبيين.

$t_1$ .... سمك الساق الطولي.

$t_2$ .... سمك الساق العرضي.

### 5- مقطع حرف ⊤ : ⊤ . Section

قضيب الفولاذ الذي يحتوي على هذا المقطع يرمز له بالرمز ⊤ . أبعاده

$$(\top \frac{a * b}{t_1 * t_2})$$

حيث a .... طول الساق.

b .... عرض الساق.

$t_1$ .... سمك الساق الطولي.

$t_2$ .... سمك الساق العرضي.

### 6- مقطع ⌶ : ⌶ . Section

قضيب الفولاذ الذي يحتوي على هذا المقطع. يرمز له بالرمز ⌶ . أبعاده

$$(\text{⌶} \frac{a * b}{t_1 * t_2})$$

حيث a .... طول الساق.

b .... عرض أحد جانبي الساق.

$t_1$ .... سمك الساق الطولي.

$t_2$ .... سمك الساق العرضي.

**ربط الإنشاءات المعدنية: Metal Structures Connection**

تعتمد الإنشاءات المعدنية على طرق وصل الكمرات المختلفة الأشكال والأحجام بعضها مع بعض، ويتم ذلك باستخدام المسامير الملولبة والصواميل أو بمسامير البرشام أو عن طريق اللحام.. وقد سبق عرض هذه الموضوعات في الباب السابق.

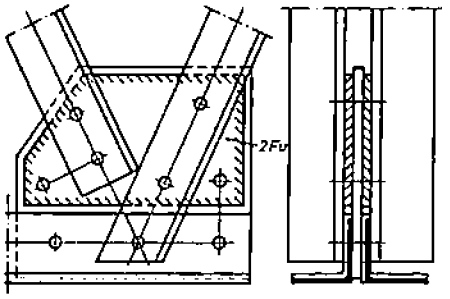
# الرسم الإنشائي

# *Structural Drawing*

يعتمد الرسم الإنشائي على الرسم التنفيذي الذي يحتوي على الكمرات والعناصر المساعدة المستخدمة وطرق وصلها وذلك لغرض زيادة إيضاحها.. فيما يلي عرض أمثلة لتمثيل إنشاءات الهياكل الفولاذية، وأيضاً الهياكل المعدنية الخفيفة غير الحديدية.

- عدم تظليل لوح التقوية (الحشو) Fu في قطاع أي مسقط كما هو موضح بشكل 11-2.

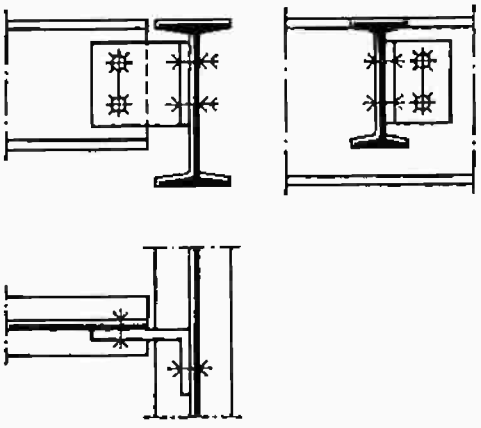
والمقصود بلوح التقوية (لوح الحشو).. يعني اللوح الوسيط الذي يملأ الفراغ بين مقاطع الكمرات المعدنية. وتمثل مسامير البرشام في المسقط الجانبي بخطوط كاملة.




**شكل 11-2**

**عدم تظليل لوح التقوية (الحشو) في القطاع**

• تمثل المسامير الملولبة في المسقط الجانبي بخطوط سميكة متصلة، تنهي بزاوية قدرها 90° كما هو موضح بشكل 11-3، وعند الحاجة إلى بيان الجانب الذي تقع فيه الصامولة، يشار إلى ذلك الجانب بزاويتين متتاليتين.

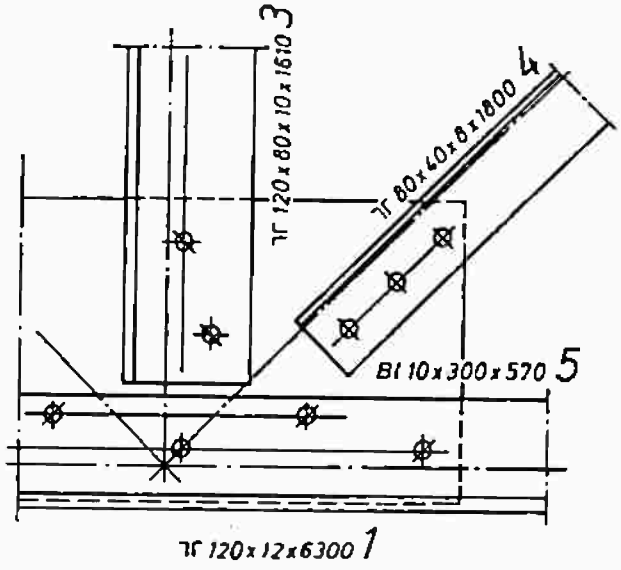


**شكل 11-3**

**تمثيل المسامير الملولبة والصواميل بالرسم**

• يجب أن تتقاطع محاور العارضات في نقطة التوصيل النظرية، حيث تنطبق المجموعة مع خطوط مراكز ثقل المقاطع المعدنية كما هو موضح بشكل 11-4 وتوضح رموز العارضات (المقاطع المعدنية) في اتجاهات، وتوضع إلى أسفل أو إلى أعلى أو إلى جانب العارضة أو المقطع المعدني.

وترتب أرقام الأجزاء في اتجاه عقارب الساعة ما أمكن ذلك، وتوضع دائمًا بعد الرموز. وفي حالة تمثيل الأجزاء الإنشائية بطريقة غير متصلة، تبين خطوط الكسر بخطوط رفيعة من شرط ونقط.

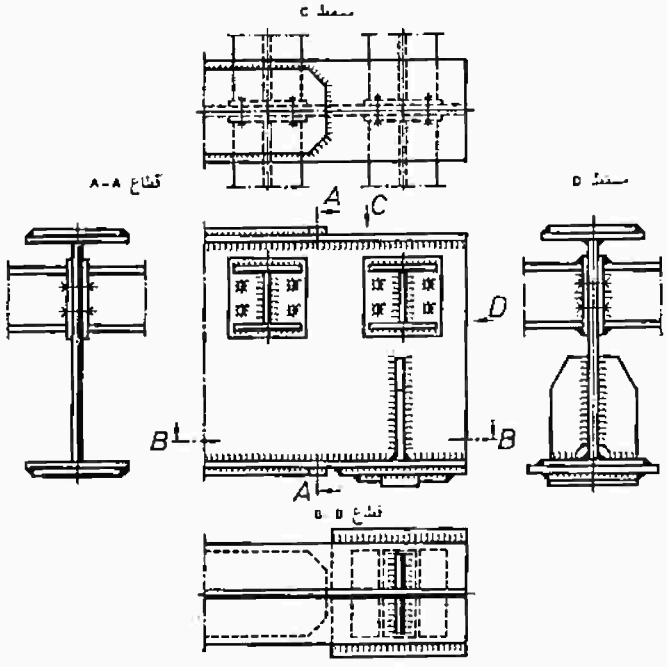



**شكل 11-4**

**توضيح محاور ومرتكزات الأعمدة**

• لا يمكن تمثيل رسومات الهياكل المعدنية الموصلة بمسامير برشام، أو بمسامير ملولبة، أو باللحام مثل الجسور ومعدات الرفع والمنشآت الفولاذية العالية، كما لا يمكن وضع أبعادها طبقاً للقواعد العامة لمواصفات الرسم.

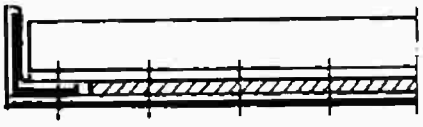
وعند التمثيل بمساقط أو بقطاعات متعددة مثل تمثيل عتب حامل كما هو موضح بشكل 11-5. ترتب المساقط حول المسقط الرأسي، حيث يوضع المسقط الأفقي C أعلى المسقط الرأسي، ويوضع القطاع الأفقي BB أسفل المستوى الرأسي، ويوضع المسقط الجانبي الأيمن في اتجاه D إلى يمين المسقط الرأسي، ويوضع المسقط الجانبي الأيسر AA إلى يسار المسقط الرأسي.




**شكل 11-5**

**تمثيل عتب بالمساقط**

تظليل (تسويد) مساحات القطع في المقاطع المعدنية والألواح الرقيقة مع ترك شق ضوئي* صغير كما هو موضح بشكل 11-6، وتمثل المقاطع المعدنية غير المتوافقة بمسافات صغيرة بينها وبين الجزء الإنشائي المجاور.



**شكل 11-6**

**تسويد مساحات القطع في القطاعات المعدنية الرقيقة مع ترك شق ضوئي صغير**

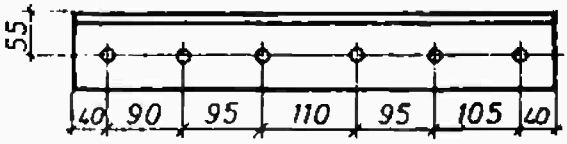
* الشق الضوئي هو فراغ بين جزأين متوافقين (متزاوجين).

• تذكر كلمة (مزوج) في المقاطع المعدنية المتزاوجة.. (المتوافقة) شكل 11-7 هي التي لا يمثل فيها مسافات تباعد.

**شكل 11-7**

**يذكر كلمة مزوج في القطاعات المزدوجة التي لا يمثل فيها مسافات تباعد**

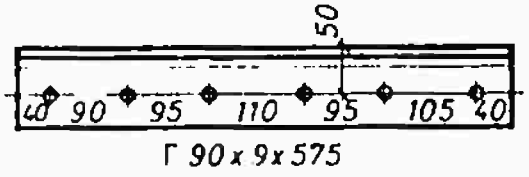
• ترسم خطوط الأبعاد كخطوط كاملة، وتحدد نهايات خطوط الأبعاد بشرط مائلة كما هو موضح بشكل 11-8 كما يمكن استخدام الأسهم أو النقط أيضًا.




**شكل 11-8**

**تحدد نهايات خطوط الأبعاد بشرط مائلة**

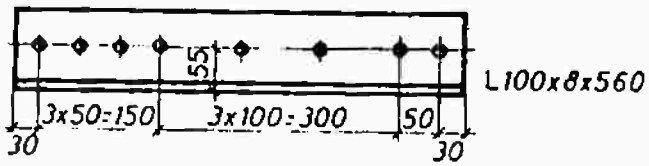
• لا يلزم رسم خطوط الأبعاد عندما يكون من الممكن وضع المقاسات بين الأشكال الرمزية كما هو موضح بشكل 11-9.




**شكل 11-9**

**عدم وضع خطوط الأبعاد عند وضع المقاسات بين الأشكال الرمزية**

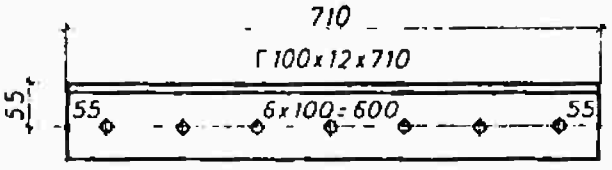
• توضع الأرقام الدالة على الأبعاد بأعلى خط البعد، وعندما يكون المكان صغيراً، فإنه يمكن كتابة هذه الأبعاد بطريقة تبادلية.. أي بأعلى وبأسفل خطوط الأبعاد كما هو موضح بشكل 11-10.




**شكل 11-10**

**يمكن كتابة الأبعاد بطريقة تبادلية.. (بأعلى وبأسفل خطوط الأبعاد)**

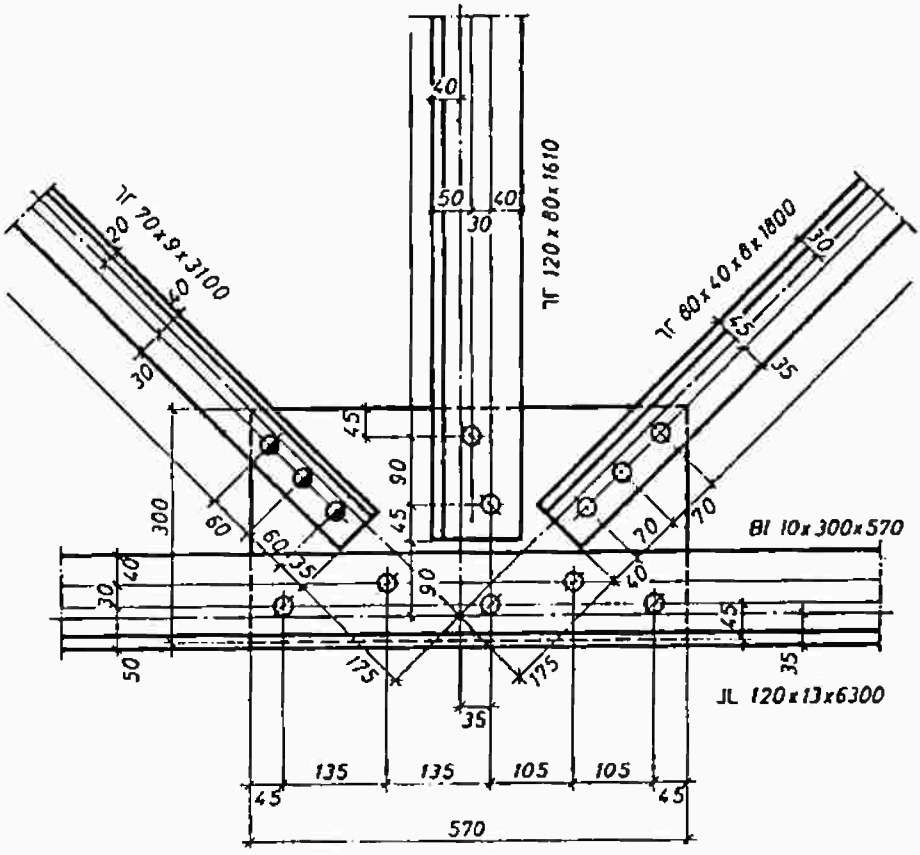
• يمكن تبسيط تمثيل سلاسل خطوط الأبعاد عند تجانس تقسيمات الثقوب.. أي عند تساوي خطوة تباعدها. وفي حالة صفوف مسامير البرشام أو صفوف المسامير الملولبة المتساوية، يكتفى ببيان البعدين الرمزيين عند نهايتي الصف كما هو موضح بشكل 11-11.




**شكل 11-11**

**تبسيط بيان الأبعاد عند تساوي خطوات التباعد**

ترسم رموز المقاطع المعدنية ( ⌶ - ⊏ - ⊤ - ∟ ) بصفة عامة الموضحة بشكل 11-12 بحيث يمكن بواسطتها التعرف على أسلوب وضع هذه المقاطع.

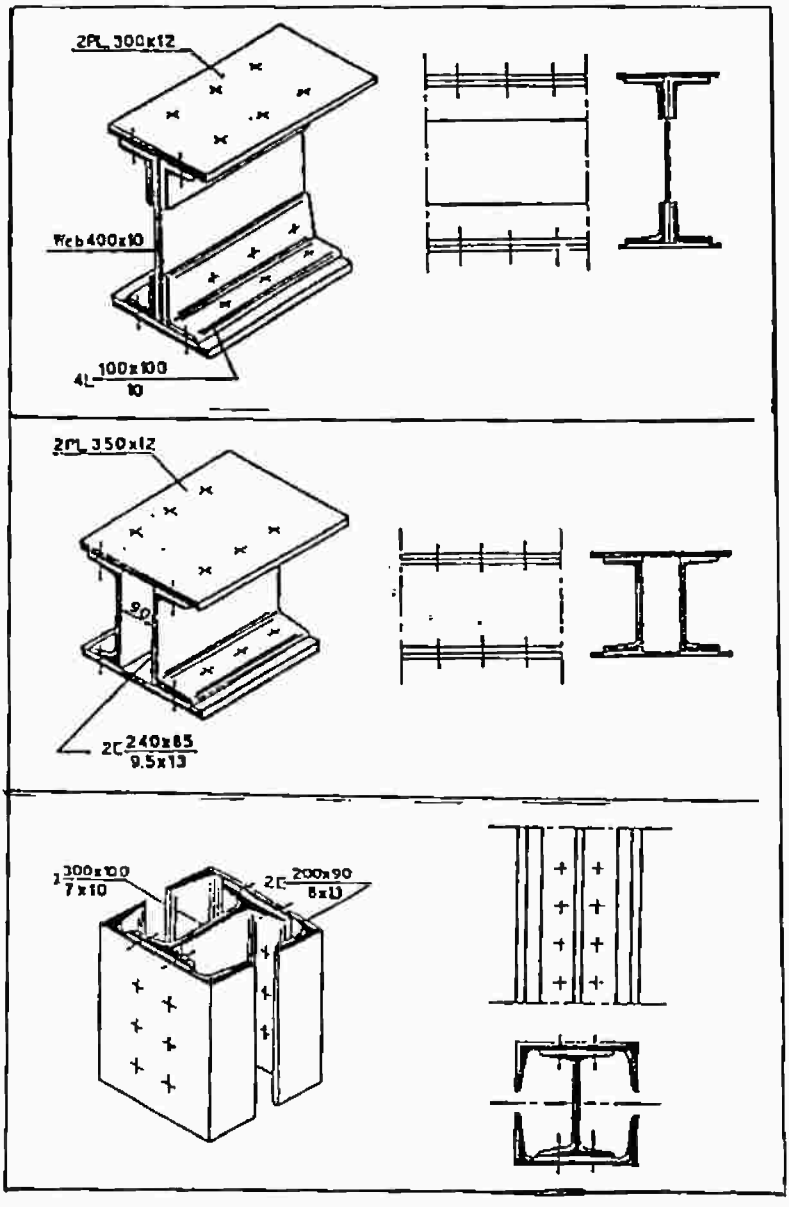



**شكل 11-12**

**رسم رموز المقاطع المعدنية للتعرف**

**على أسلوب وضعها**

والأشكال من 11-13 إلى 11-15 توضح نماذج للكمرات الإنشائية المختلفة الأشكال وطرق ربطها.

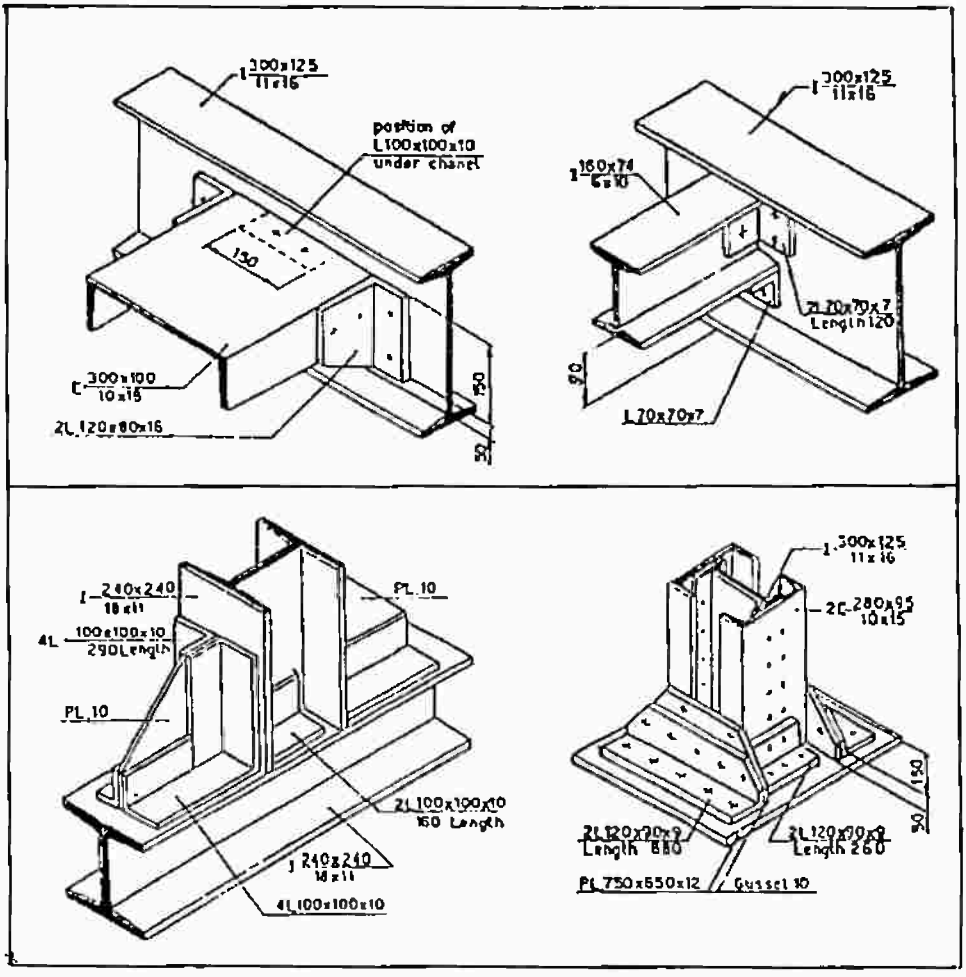


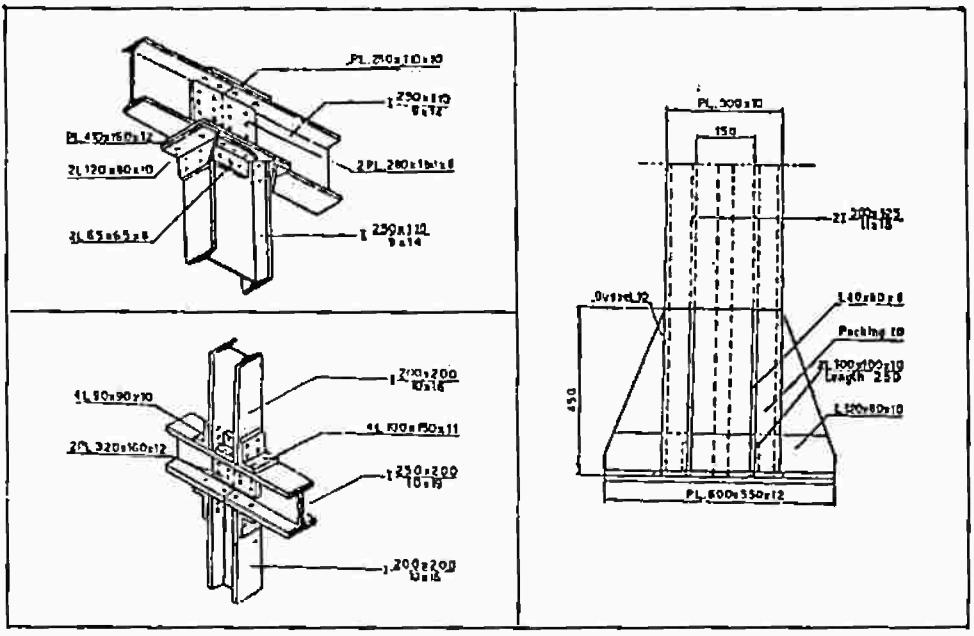

شكل 11-13

نماذج لربط الكمرات الإنشائية المختلفة الأشكال

## شكل 11-14

## نماذج لربط الكمرات الإنشائية المختلفة الأشكال





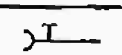
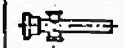
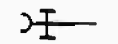
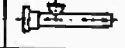
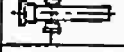
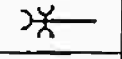
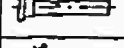
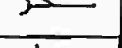
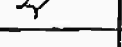
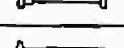
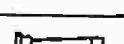
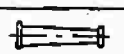
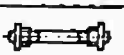
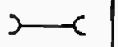
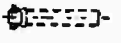
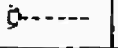
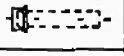
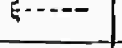
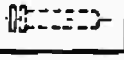
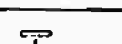
**شكل 11-15**

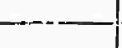
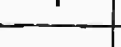
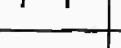
**نماذج لربط الكمرات الإنشائية المختلفة الأشكال**

جدول 11-2 يوضح الرسم التخطيطي لوصلات المواسير.

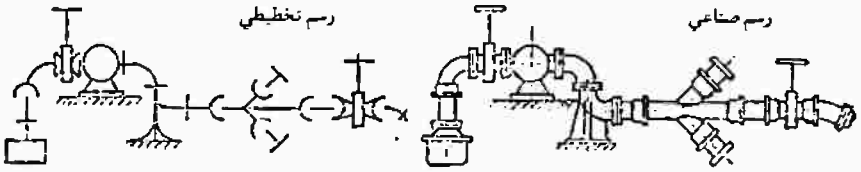
## جدول 11-2

## الرسم التخطيطي لوصلات المواسير

| القطعة | الرسم | الرسم التخطيطي |
|---|---|---|
| مشترك بشفة مفرد | |  |
| مشترك بشفة مزدوج |  |  |
| مشترك بجلبة توصيل مفرد |  | |
| مشترك بجلبة توصيل مزدوج |  |  |
| مشترك بوصلة مائلة مفرد |  |  |
| مشترك بوصلتين مائلتين مزدوج | |  |
| وصلة بشفة وجلبة |  | |
| وصلة بشفة |  | |
| وصلة تحويل |  | |
| وصلة تحويل بشفتين |  | |
| وصلة بصامولتين | |  |
| وصلة بلولب من الداخل |  |  |
| سدادة |  |  |
| لمبة |  | |
| وصلة بقرص |  |  |

| القطعة | الرسم | الرسم التخطيطي |
|---|---|---|
| وصلة منحنية | | |
| وصلة مقوسة R10 |  |  |
| وصلة مقوسة R5 | | |
| كوع بشفتين | | |
| كوع بجلبة توصيل | | |
| كوع بشفة وجلبة توصيل | |  |
| مشترك مثلث حرف (T) | | |
| مشترك مثلث كرة (T) | | |
| مشترك صليب كرة (+) | | |
| مشترك مثلث كرة (T) بجلب توصيل | |  |

وصلة مياه بالطلمبة — مثال لمسقط وصلاته مواسير والرسم التخطيطي له



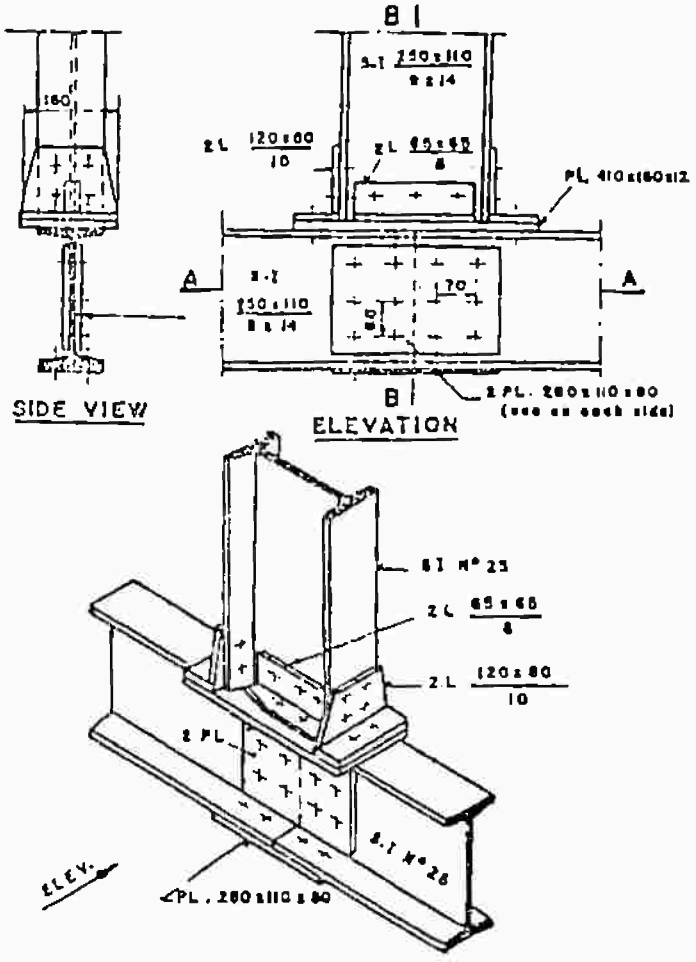
**تمارين:**

1- شكل 11-16 يوضح قضيبين (كمرين) من الصلب بأربطة متساوية الأجزاء. والمطلوب الرسم بمقياس مناسب الآتي:

(أ) مسقط رأسي.

(ب) مسقط أفقي قطاع عند A-A

(جـ) مسقط جانبي قطاع عند B-B




**شكل 11-16**

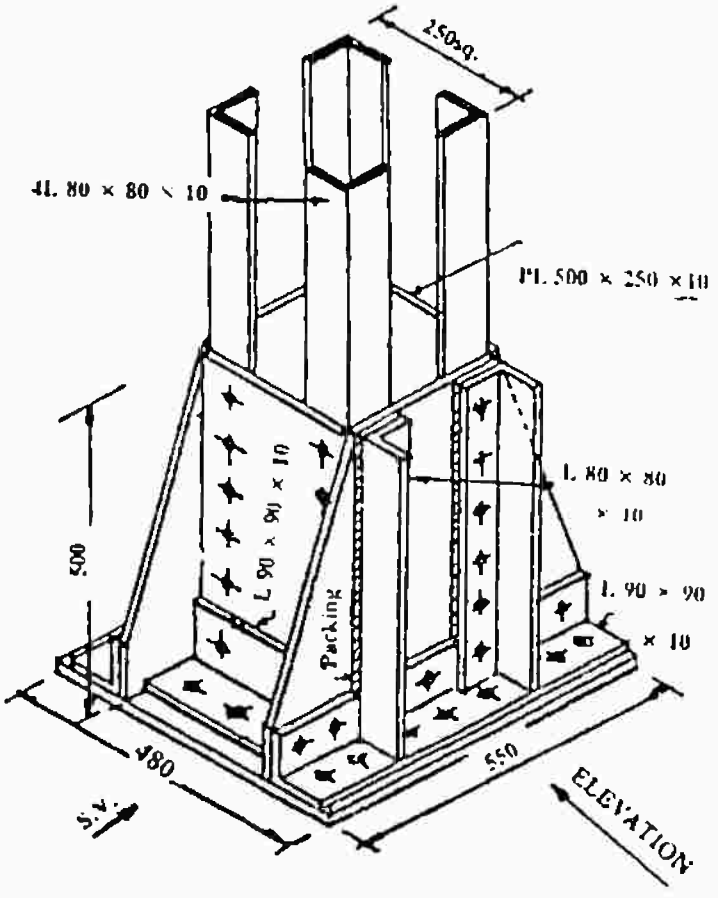
**مطلوب رسم المساقط الثلاثة الموضحة بمقياس مناسب**

2- شكل 11-17 يوضح أحد الإنشاءات المعدنية. والمطلوب الرسم بمقياس مناسب الآتي:

(أ) مسقط رأسي.

(ب) مسقط جانبي.

(جـ) مسقط أفقي.




شكل 11-17

رسم المساقط الثلاثة بمقياس مناسب