الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

استخدام الهياكل المعدنيّة في المباني متعدّدة الطوابق

(دراسة تحليليّة لواقع و مستقبل البناء في سوريا)

رسالة أُعدّت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المعماريّة

قسم علوم البناء والتنفيذ

إعداد

المهندس : أحمد المنوفي

بإشراف

الدكتور المهندس : سمير سلوم

الإهـــداء:

إلى كل من كانت إنسانيتُه ..... **ديانتَه**.

إلى كل من كانت أخلاقُه ..... **منارتَه**.

إلى كل من كان ولاؤه ..... **وطنَه**.

إلى كل من كان ضميرُه ..... **صاحبَه**.

إلى كل من ..... **أساتذتي** ..... أهلي ..... **عائلتي** ..... **أصدقائي**.

أحـمد ....

فهرس الموضوعات

	الموضوع	الصفحة
•	تمهيد	I
•	أهمية البحث	I
•	إشكالية البحث	I
•	هدف البحث	II
•	منهجية البحث	II
	الفصل الأول :	
١-	**استخدام المعادن في الأبنية**	١
١-١-	مقدمة	٢
١-٢-	استخدام المعادن في الأبنية عالمياً.	٣
١-٣-	استخدام المعادن في الأبنية محلياً .	١١
	الفصل الثاني :	
٢-	**خواص المعادن و خلائطها**	١٨
٢-١-	**خواص المعادن الفيزيائية و الكيميائية :**	١٩
	تمهيد	١٩
٢-١-١-	المعادن المستخدمة في البناء	١٩
٢-١-٢-	المعادن الحديدية	١٩
٢-١-٢-١	الحديد	٢٠
٢-١-٢-٢	أنواع المعادن الحديدية حسب نسبة الكربون	٢١
٢-١-٣-	المعادن غير الحديدية	٢٢
٢-١-٤-	الخلائط المعدنية	٢٥
٢-١-٤-١	تأثير إضافة بعض العناصر الكيميائية إلى الحديد	٢٥
٢-١-٤-٢	خلائط الفولاذ	٢٥
٢-١-٤-٣	خلائط الألمنيوم	٢٦
٢-١-٤-٤	خلائط الفولاذ و الألمنيوم	٢٦
٢-٢-	**خواص المعادن الإنشائية :**	٢٧
٢-٢-١-	مزايا المعادن الحديدية	٢٧
٢-٢-١-١-	الحديد و الإنشاء	٢٧
٢-٢-١-٢-	بعض انواع الحديد المستخدم في الانشاء	٢٩
٢-٢-١-٣-	السلوك والخواص الميكانيكية لأنواع الفولاذ المستعمل في المنشآت المعدنية	٣٠
٢-٢-٢-	مزايا المعادن الغير الحديدية	٣٠
٢-٢-٣-	مقارنة بعض الخواص الميكانيكية لبعض المواد المعدنية	٣٢
٢-٣-	**خواص المعادن التشكيلية :**	٣٣
٢-٤-	**خواص خلائط المعادن بما يخدم إنشاء المباني :**	٣٣
٢-٤-١-	الخلائط المعدنية	٣٣
٢-٤-٢-	تعدين الفولاذ	٣٤
٢-٤-٣-	تقسية المعادن	٣٥
	الفصل الثالث:	
٣-	**إمكانيات التشكيل الإنشائي والتصميمي للمنشآت المعدنية**	٣٧
٣-١-	**دراسة معمارية إنشائية لأهم الجمل المستخدمة في الإنشاء بالمعدن**	٣٨
٣-١-١-	لمحة عن أسس اختيار مادة البناء	٣٨
٣-١-٢-	لمحة عن أسس اختيار طريقة الإنشاء	٣٨
٣-١-٣-	تصنيف المباني متعددة الطوابق	٣٨
٣-١-٤-	مميزات المنشآت الفولاذية	٣٨

٣-١-٥-	عيوب المنشآت الفولاذية	٣٩
٣-١-٦-	تطور الجمل الإنشائية للأبنية العالية المعدنية	٤٠
٣-١-٧-	أهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني متعددة الطوابق	٤٢
٣-١-٨-	نظرة عامة على أهم النظم الإنشائية المستخدمة في الأبنية متعددة الطوابق	٤٢
٣-١-٩-	الخصائص التصميمية لأهم الجمل الإنشائية في المباني المتعددة الطوابق	٤٨
٣-١-١٠-	أهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني متعددة الطوابق المعدنية	٥٠
٣-١-١١-	جمل التربيط	٥٢
٣-١-١٢-	عناصر الجملة الإنشائية في الأبنية متعددة الطوابق	٥٤
٣-٢-	**دراسة أساليب الإنشاء بالمعدن وطرق التنفيذ :**	٦٣
٣-٣-	**النواحي الاقتصادية و البيئية للمنشآت المعدنية :**	٧٢
٣-٣-١-	إعادة التدوير	٧٢
٣-٣-٢-	التكامل التقني و الاقتصادي	٧٣
٣-٣-٣-	استهلاك الطاقة	٧٣
٣-٣-٤-	الزجاج و الفولاذ	٧٤
٣-٣-٥-	استخدام الأسقف الخضراء	٧٥
٣-٤-	**طرق حماية المنشآت المعدنية:**	٧٦
٣-٤-١-	الحماية من الحريق	٧٦
٣-٤-١-١-	أهم طرق الحماية من الحريق	٧٦
٣-٤-١-٢-	بعض التوصيات للحماية من الحريق في المباني المعدنية	٧٨
٣-٤-٢-	الحماية من الصدأ	٧٩
	الفصل الرابع:	
٤-	**تحليل واقع المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية و واقع هذه المنشآت في سوريا و تقييمها**	٨١
٤-١-	دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية	٨٢
٤-٢-	دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا وتقييمها	٩٧
٤-٢-١-	مقارنة تحليلية بين المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية و المحلية	١٠٤
٤-٣-	تحديد المشاكل التي تواجه تنفيذ المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا	١١٧
٤-٤-	تحليل الواقع المحلي و البيئي و الاقتصادي و أثره على مثل هذه المنشآت في سوريا	١١٨
٤-٥-	اقتراح بعض المعايير لواقع ومستقبل البناء متعدد الطوابق ذو الهياكل المعدنية في سوريا.	١٢٠
٤-٦-	حالة دراسية	١٤٧
	النتـــائج	١٥٠
	التوصيات	١٥١
	المراجـــع	١٥٣
	الملاحـــق	
	فـــهرس الاشكال والجداول	

تمهيد :

تعتبر المنشآتُ المعدنية واحدةً من أكثر المنشآتِ انتشاراً حول العالم منذ منتصف القرن التاسع عشر بعد الثورة الصناعيّة لأسباب تقنيّة وفنيّة وإنشائيّة وتصميميّة بسبب طبيعة المعدن الخاصّة ومرونة استخدامه وسرعة التنفيذ به وما يحمله من خواص فيزيائية وإنشائية.

إلا أنّ هذه المنشآت لم تأخذ نطاقاً واسعاً في سوريا إلا من خلال بعض المنشآت ذات الطبيعة الخاصة، بسبب سيطرة استخدام البيتون في تنفيذ المنشآت الذي كان يفي بالغرض الى حد ما، وربما يعود ذلك أيضاً لعدم التعريف الكافي بإمكانيات المعادن الإنشائية والتشكيلية والتصميميّة والتنفيذيّة ومدى ملائمة هذا النوع من المنشآت المعدنيّة للواقع المناخي والبيئي والوظيفي والاقتصادي في سوريا.

أهميّة البحث :

قدمت التقنية الحديثة الكثير من مواد البناء والإكساء التي أثرت بشكل كبير في تطور أساليب الانشاء والتنفيذ للمباني، وذلك بما يخدم الشكل الخارجي و مرونة التشكيل الفراغي لتلك المواد وأيضاً سهولة أكبر في التنفيذ.

ومن هنا تظهر أهميّة البحث في لفت انتباه المهندسين المعماريين إلى ضرورة كسر الحاجز التقليدي في اختيار مواد البناء الإنشائية والإكساء وفقاً للخواص الفيزيائية والإنشائية لتلك المواد.

إشكالية البحث :

تتمثل مشكلة البحث في قلّة الدراسات التطبيقية الشاملة والموجهة نحو إنشاء مباني متعدّدة الطوابق ذات هياكل معدنية في الظروف المحلية وخصوصاً في ضوء التطور الكبير في تكنولوجيا بناء وتشييد المباني متعددة الطوابق الذي يشهده العالم، والتناغم الكبير بين الإنشاء بالمعدن ومواد الاكساء الحديثة.

وتكمن الإشكالية أيضاً في ابتعاد المهندس المحلي عن التفكير في إنشاء مثل هذه المباني لما يترتب عليه من عقبات وصعوبات، وكذلك عدم وجود أسس ومعايير (كود) شاملة ومكتملة تحكم تنفيذ هذه المنشآت.

هدف البحث :

- اظهار المزايا والإمكانيات الإنشائية والتصميمية للمباني متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية.
- إلقاء الضوء على الواقع المحلي لهذا النوع من المنشآت في سوريا التي لم تلقَ إلا طريقاً ضيقاً من خلال بعض الأعمال القليلة وتحديد المشاكل التي تواجه تنفيذ المنشآت المعدنيّة متعدّدة الطوابق في سوريا.
- إظهار مدى ملائمة هذا النوع من المباني للواقع الوظيفي والمنـاخي والبيئي حسب الشروط المحلية.
- تحديد المعايير والأُسس والحلول المستقبلية لاستخدام المعادن في الأبنية متعددة الطوابق.

حدود البحث :

تدخل المنشآت المعدنية في شتى المجالات الهندسية من خلال العديد من الجسور – أنفاق – مباني – أبراج – منشآت رياضية – منشآت صناعية ... و غيرها.

سيتم التركيز على المباني متعددة الطوابق ذات الجمل الانشائية المعدنية في سوريا من خلال دراستها وتحليلها انشائياً ومعمارياً وأساليب تنفيذها.

منهجية البحث :

يعتمد البحث على مدخلين رئيسيين:

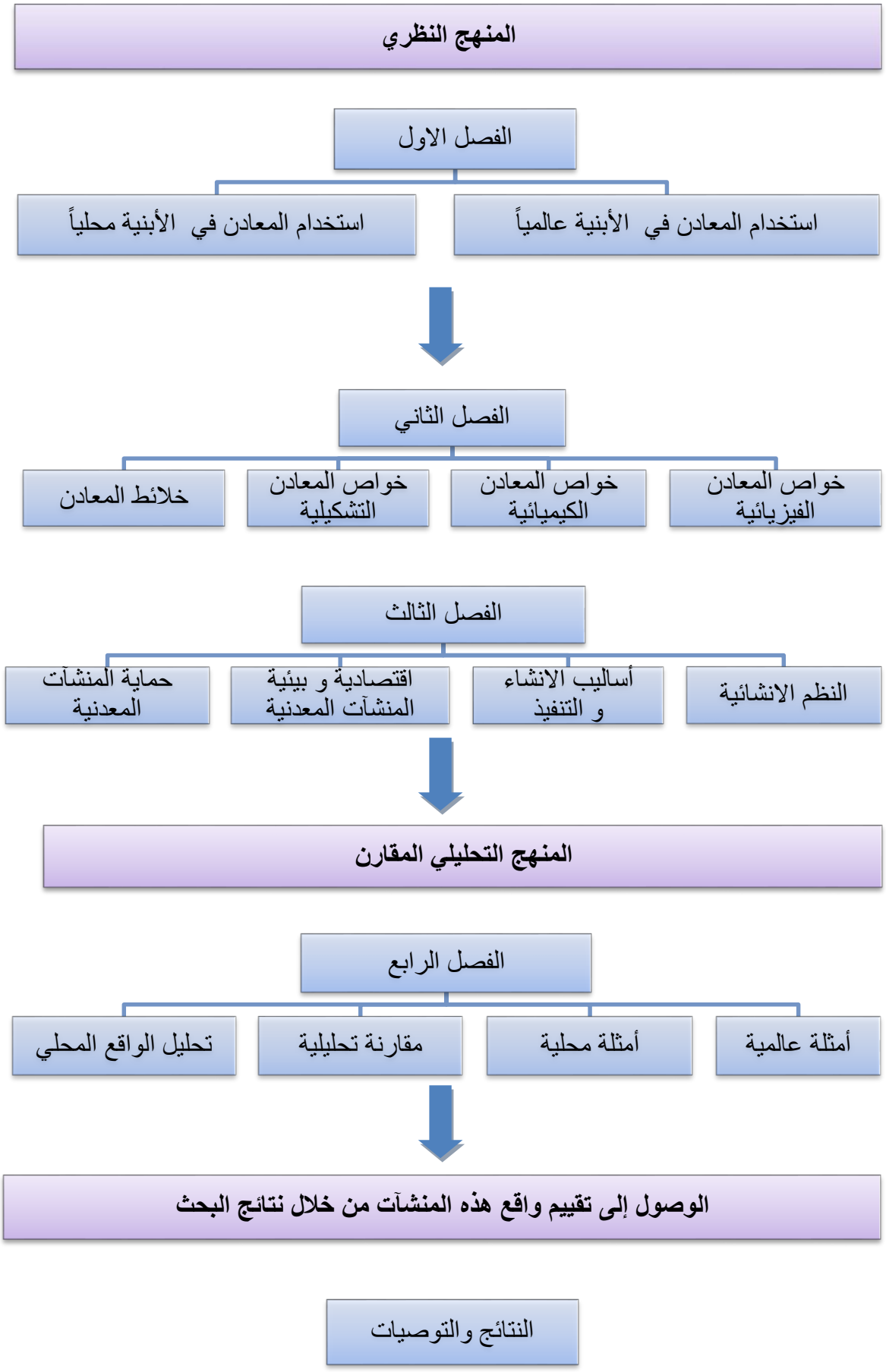
- **المدخل النظري.**
- **المدخل التحليلي والمقارن.**

١- <u>المدخل النظري</u> يتعرض الى ما يلي:

- التعرف على خواص المواد المعدنيّة والإنشائية والتشكيليّة وسهولة وسرعة التنفيذ بها.
- التعرف على أهم الجمل الإنشائية المستخدمة في هذه المنشآت والشركات المنفذة لها.
- مدى ملائمة المنشآت المعدنيّة للمتطلبات البيئيّة والمناخيّة والاقتصاديّة.

٢- <u>المدخل التحليلي والمقارن</u>:

- تحليل بعض الأبنية المعدنيّة متعددة الطوابق المنفذة أو قيد الإنجاز في سوريا.
- دراسة تحليلية لأهم المنشآت المعدنية في العالم.
- مقارنة المنشآت المعدنية المُنفّذة في سوريا وما تمَّ إنجازه من منشآت معدنية في العالم واستنتاج الأسس والمعايير لتنفيذ مثل هذا النوع من المنشآت في سوريا.
- تقييم واقع المنشآت المعدنيّة وتحديد المشاكل التي تواجه تنفيذ مثل هذه المنشآت في سوريا.


المنهج النظري
الفصل الاول
استخدام المعادن في الأبنية عالمياً
استخدام المعادن في الأبنية محلياً
الفصل الثاني
خواص المعادن الفيزيائية
خواص المعادن الكيميائية
خواص المعادن التشكيلية
خلائط المعادن
الفصل الثالث
النظم الانشائية
أساليب الانشاء و التنفيذ
اقتصادية و بيئية المنشآت المعدنية
حماية المنشآت المعدنية
المنهج التحليلي المقارن
الفصل الرابع
أمثلة عالمية
أمثلة محلية
مقارنة تحليلية
تحليل الواقع المحلي
الوصول إلى تقييم واقع هذه المنشآت من خلال نتائج البحث
النتائج والتوصيات

الفصل الأول

١- استخدام المعادن في الأبنية

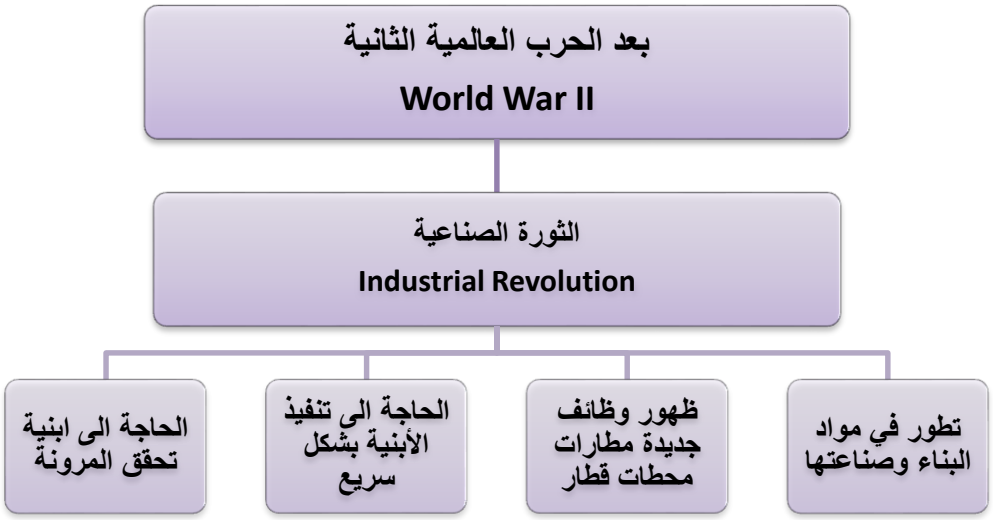
١-١- مقدمة.
١-٢- استخدام المعادن في الأبنية عالمياً.
١-٣- استخدام المعادن في الأبنية محلياً.

١-١- مقدمة :

لقد مضى أكثر من مئتي عام تقريباً على استخدام المعادن لأول مرة في إشادة الجسور و الأبنية متعددة الاستخدامات و منذ ذلك الوقت حتى اليوم ثبتت إمكانية استخدام المعدن في كافة الجمل الإنشائية ، ثم في بناء تغطيات خاصة و المباني الصناعية وصولاً إلى مباني طابقية بسيطة .

في القرن التاسع عشر و نتيجة **للتطورات التقنية** في مواد البناء **والثورة الصناعية** فتحت الطريق لعمارة من نوع جديد تماما في القرن العشرين و التي أدت إلى تغييرات في النظرة إلى وظيفة المبنى أثناء عملية التصميم و التخطيط وظهور نوعاً جديدا من الزبائن : الملاك الذين يحتاجون إلى مبنى يخدم الأغراض الصناعية ولا شيء آخر ، والفراغ المفتوح للآلات وفي هذا المنعطف التقت الوظيفة و مواد البناء الجديدة .

ان أول التطورات التقنية التي أدت إلى تغييرات ثورية في التصميم و طرق الانشاء بدأت في هذه الفترة باستخدام حديد الزهر، ثم الحديد المطاوع، ثم الفولاذ ، وكذلك التطورات في المواد الاخرى مثل صناعة الزجاج وغيرها. **[مانسل، ٢٠٠٣، ص١٧]** [١]



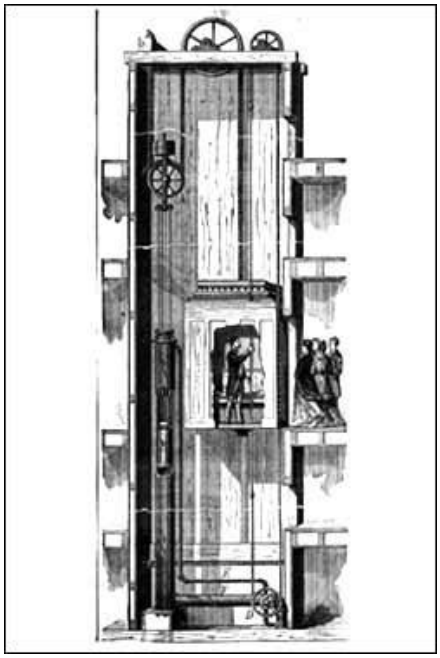
شكل (١-١) أثر الثورة الصناعية في تطور العمارة والانشاء بالمعدن
المصدر مُعدّ البحث

و لقد حققت المواد الحديثة بإمكانياتها العالية رغبة الإنسان في الانطلاق بالمباني إلى ارتفاعات عالية، و إذا كانت الخرسانة قد لعبت دوراً في ذلك إلا أن المعدن قد كان له الدور الأهم ، ويرجع ذلك إلى صغر قطاعات المعدن و قدرته العالية على تحمل قوى الشد ، و كذلك مساهمته في أن تصبح الجدران المغلفة للهيكل خفيفة الوزن ، وخصوصاً بالاندماج في عملية الإنشاء على الأنواع المختلفة من المعدن و الزجاج و غيرها .**[محمد حسن، ٢٠٠٧، ص٩٥]** [٢]

[١] **مانسل ، جورج** : تشريح العمارة – عمارة الحديد والزجاج في القرن العشرين - ، ترجمة د. محمد بن حسين البراهيم ، ٢٠٠٣م .
[٢] **محمد حسن ، نوبي** : المحددات الإنشائية ٨ ، جامعة الملك سعود ، ٢٠٠٧م.

١-٢- استخدام المعادن في الأبنية عالمياً :[٣]

- استخدم الإنسان المعادن منذ العصور القديمة كمواد غير فعالة إنشائياً .
- أما في مجال إنشاء المباني فقد ظهرت لأول مرة عناصر إنشائية مصنوعة من حديد الصب عام **/١٧٢٥م/** في سقف مجازه ١٢ م في تنفيذ سقف مصنع **نيفيا نسك** في روسيا.
- **/ ١٧٣٣-١٧٥٩م/** ظهرت في باريس بعض العناصر المعدنية المستخدمة في تدعيم بعض المنشآت الحجرية و الخشبية .
- **/١٧٧٥-١٧٧٩م/** تم تشييد أول جسر من الفونط على نهر السيفرن /فرنسا.
- **/ ١٧٨٦م /** استخدم الحديد في إنشاء تغطيات لفراغات انتفاعية حيث قام المهندس فيكتور لويس على محاكاة الإنشاء بالخشب في تنفيذها من الحديد.
- **/ ١٨١١م /** استخدم الحديد في تنفيذ قبة غطت الجزء المركزي لسوق Grains de Paris من قبل Brand & Bellange .
- **/ ١٨١٩م /** بدأ صناعة الحديد الزاوي ، وصنع أول جائز معدني بمقطع I بطول ٥٤٠سم استخدم كجائز رئيسي لسقف محطة باريس لسكك الحديدية .
- في **منتصف القرن التاسع عشر** وبعد الثورة الصناعية بدأت صناعة الفولاذ ، حيث بدأ ظهور المباني متعددة الطوابق ذات هياكل معدنية .



شكل (١-٢) أول مصعد كهربائي – المهندس الأميركي اليشوتوس
المصدر www.pbs.org

- /١٨٥١ م / ابتكرت فكرة المصعد الكهربائي من قبل المهندس الأميركي Elishaotis[٤] الذي أدى إلى التفكير بارتفاعات أكبر بكثير.
- /١٨٥٥ م / طور بسمر طريقة تصنيع الفولاذ و صولا إلى طريقة فرن المجمرة المكشوفة عام ١٨٩٠م .
- /١٨٥١ م / القصر البللوري - لندن- جوزيف باكستون .
- /١٨٨٥م/ مبنى شركة التأمين على المساكن - شيكاغو - وليم جيني .
- /١٨٨٩ م / صالة الآلات - باريس - Ttanein &Dutert
- /١٨٩١ م / برج ايفل - باريس - كوستاف ايفل (وهو من أهم هذه المنشآت المعدنية) .

---

[٣] هذه الفقرة صيغت بتصرف من قبل مُعدّ البحث بالاعتماد على عدة مراجع :
- [٨] - [٢٢] - [٣١] - [٣٩] - [٤٠]

[٤] المهندس الأميركي Elishaotis (١٨١١ - ١٨٦١ م) أخترع أول مصعد كهربائي عرضه في القصر البلوري عام ١٩٥١م حيث أثبت أن المصعد وسيلة آمنة للصعود و الهبوط ضمن المباني العالية .

- بداية **القرن العشرين** حدث تطور كبير:

تطوير المعدن و الصناعة ← مجازات أكبر ← استخدامات جديدة

- /١٩٠٣م/ مصنع التوربينات لشركة _ A. E .G _ / روسيا / ميس فان دروه .
- **/١٩٣٠م** / ابتكرت طريق اللحام الكهربائي لوصل العناصر الفولاذية إلا أنه لم يستخدم الا بعد الحرب العالمية الثانية ثم ظهرت البراغي عالية المقاومة التي حلت محل البراشيم في الوصل .
- /١٩٣١م/ مبنى برج **الامباير سيت** من ١٠٢ طابق من الهياكل المعدنية .

- في **منتصف القرن العشرين** حدث تطور مدهش في استخدام المعدن في العمارة حيث استخدم طرق جديدة في الوصل و الربط بين العناصر (الوصل باللولب) وعناصر اسطوانية فولاذية مسبقة الصنع حيث ظهرت مدارس جديدة فيها **كالعمارة التحويلية** وكان رائدها المعماري **كيشو كوروكاوا** .
- في **نهاية سبعينات و بداية ثمانينيات القرن العشرين** دخلت العمارة عصر التقنية العالية و كان الفولاذ والألمنيوم و الزجاج أساس لهذه التقنية .

/١٩٧٧م/ مركز **بومبيدو** – باريس – بيانو و روجرز

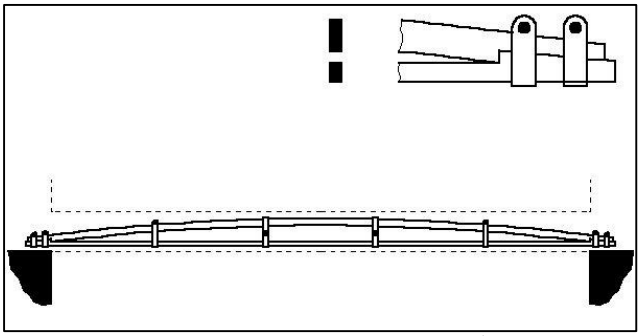
/١٩٧٩-١٩٨٦م/ **بنك هونغ كونغ** بشنغهاي – نورمان فوستر

- **بداية القرن الواحد و العشرين** أصبح الإنشاء بالمعدن لغة هذا العصر و ظهرت المكننة و إنتاج العناصر الإنشائية المعدنية جديدة و الوصول إلى حدود إمكانية المعادن الإنشائية و التصميمية و الجمالية .

	الوصف	الصور والأشكال
التاريخ	٤٠٠٠ ق.م	
نوع المعدن	النحاس البرونز الذهب الفضة	
أسلوب الاستخدام	في مجال صناعة أدوات الطعام و الحلي و الأسلحة البسيطة .	
مكان الاستخدام	-	

شكل (١-٣) أدوات الطعام و الحلي و الأسلحة البسيطة ألمعنية
المصدر www.alibaba.com

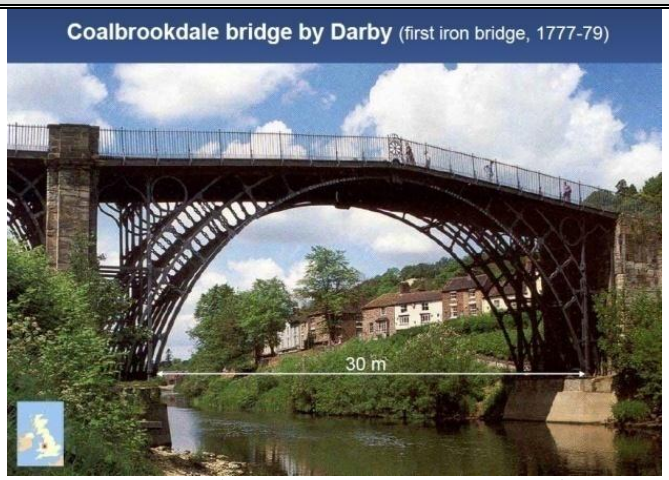
التاريخ	**١٧٢٥م**
نوع المعدن	حديد الزهر
أسلوب الاستخدام	أسقف بسيطة بمجاز ١٢ م
اسم المصمم	Demidov
مكان الاستخدام	مصنع نيفيا نسك - روسيا



شكل (١-٤) أسقف بسيطة بمجاز ١٢ م مصنع نيفيا نسك - روسيا
المصدر [8]

جسور معدنية

التاريخ	**١٧٧٥-١٧٧٩م**
نوع المعدن	الفونط
أسلوب الاستخدام	أول جسر معدني
اسم المصمم	Abraham Darby
مكان الاستخدام	جسر Coalbrookdale نهر السيفرن – بريطانيا



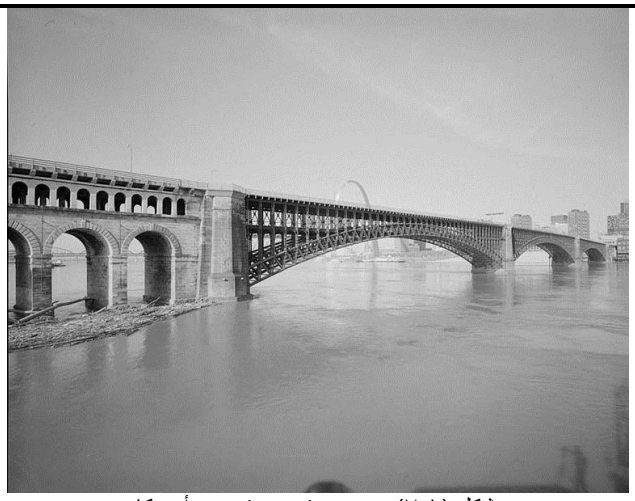
شكل (١-٥) جسر Coalbrookdale نهر السيفرن –بريطانيا
المصدر http://simonjohnsonofclowne.com /

التاريخ	**١٨١٩م**
نوع المعدن	حديد الزهر
أسلوب الاستخدام	أطول مجاز من حديد الزهر ٧٣م
اسم المصمم	John Rennie
مكان الاستخدام	Southwark bridge لندن – بريطانيا

شكل (١-٦) جسرSouthwark - لندن – بريطانيا
المصدرcommons.wikimedia.org

*** حديد الزهر** : عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون والمغنزيوم والفسفور ويكون محتوى الكربون من ١.٧% إلى٤% وتتباين أنواعه تبعاً لشكل وتوزيع جزيئات الكربون .
*** الفونط** : (حديد الزهر الرمادي) عبارة عن سبيكة ويكون محتوى الكربون عالية ، رقائقي في بنيته وعند كسره نرى هذا اللون الرمادي والذرات الخشنة المتباعدة بسبب الذرات ذات الشكل الهرمي .

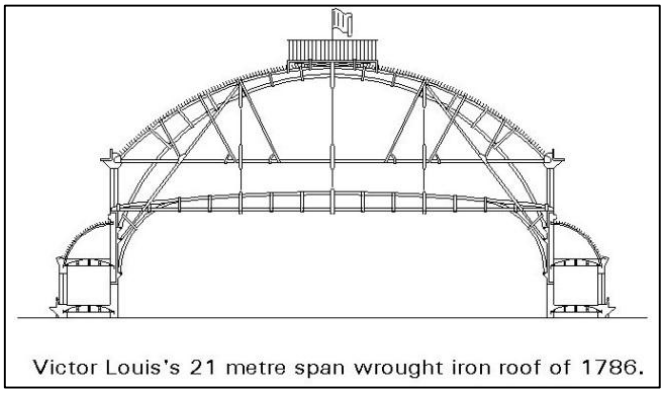
التاريخ	**١٨٧٤م**
نوع المعدن	الفولاذ
أسلوب الاستخدام	بمجاز وصل ١٥٩م
اسم المصمم	James B. Eads
مكان الاستخدام	Eads Bridge St. Louis St .Louis, Missouri, أمريكا



شكل (١-٧) جسر Eads Bridge - أميركا
المصدر commons.wikimedia.org

أبنية معدنية مفردة الطابق

التاريخ	**١٧٨٦ م**
نوع المعدن	حديد الزهر
أسلوب الاستخدام	جملون تقليدي
اسم المصمم	Victor Louis
مكان الاستخدام	فراغات انتفاعية



شكل (١-٨) فراغات انتفاعية
المصدر[8] °

التاريخ	**١٨١٢ م**
نوع المعدن	حديد الزهر
أسلوب الاستخدام	أعمدة وأقواس معدنية
اسم المصمم	John Cragg
مكان الاستخدام	كنيسة سانت جورج – ليفربول بريطانيا

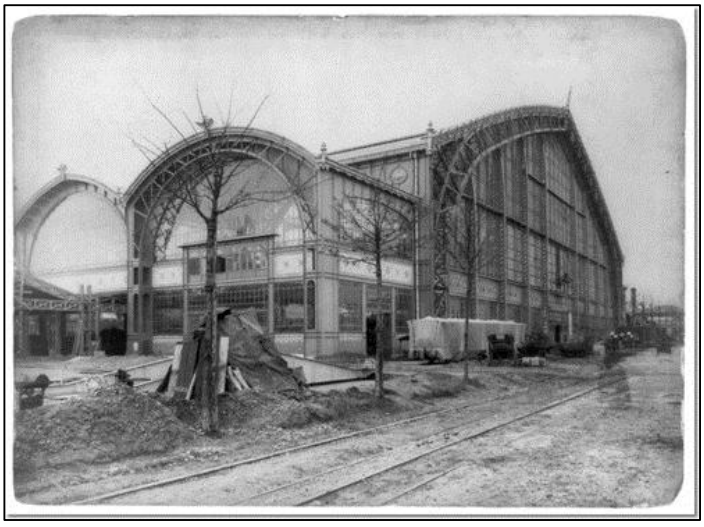
شكل (١-٩) كنيسة سانت جورج – ليفربول بريطانيا
المصدر www.lookingatbuildings.org.uk

° ESDEP Lecture notes , University of Ljubljana , faculty of Civil and Geodetic Engineering, in Slovenia, 1B.4.1 : Historical Development of Iron and Steel in structures, (n.d)

أبنية صناعية معدنية	
التاريخ	**١٧٩٦ م**
نوع المعدن	حديد الزهر
أسلوب الاستخدام	أول مبنى منشأ من أعمدة معدنية وجوائز
اسم المصمم	Charles Bage
مكان الاستخدام	مطحنة لبزر الكتان Shrewsbury بريطانيا

شكل (١-١٠) مطحنة لبزر الكتان The Flaxmill Shrewsbury بريطانيا
المصدر www.search.revolutionaryplayers.org.uk

التاريخ	**١٨٨٩ م**
نوع المعدن	الفولاذ
أسلوب الاستخدام	جملة إطارات
اسم المصمم	Ferdinand Dutert & Ttanein
مكان الاستخدام	صالة الآلات - باريس



شكل (١-١١) صالة الآلات - باريس
المصدر www.encore-editions.com

التاريخ	**١٩٠٩م**
نوع المعدن	الفولاذ بأنواعه
أسلوب الاستخدام	جملة إطارات
اسم المصمم	ميس فان دروه
مكان الاستخدام	مصنع التوربينات لشركة - روسيا

شكل (١-١٢) مصنع التوربينات لشركة - روسيا
المصدر www.betterarchitecture.files.wordpress.com

أبنية متعددة الطوابق معدنية		
التاريخ	١٨٥١ م	
نوع المعدن	حديد الزهر	
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق تغطية معدنية	
اسم المصمم	Joseph Paxton	
مكان الاستخدام	القصر البلوري - لندن	
ملاحظات	فكك وأعيد بناؤه في سيدنهام ١٩٥٢-١٩٥٦م حتى احترق في ١٩٣٦م	 شكل (١-١٣) القصر البلوري - لندن المصدرwww.standard.co.uk
التاريخ	**١٨٨٧ م**	
نوع المعدن	حديد الزهر	
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق	
اسم المصمم	Holabird & Roche	
مكان الاستخدام	Tacoma building شيكاغو	 شكل (١-١٤)Tacoma building شيكاغو المصدر[قلجينو، ٢٠١٣]
التاريخ	**١٨٩١ م**	
نوع المعدن	الحديد المطاوع	
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق	
اسم المصمم	Gustave Eiffel	
مكان الاستخدام	برج إيفل – باريس	 شكل (١-١٥) برج إيفل – باريس المصدر http://todayinsci.com

التاريخ	**١٩٧٩-١٩٨٦م**
نوع المعدن	الفولاذ بأنواعه
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق
اسم المصمم	Norman Foster
مكان الاستخدام	بنك هونغ كونغ بشنغهاي

شكل (١-١٦) بنك هونغ كونغ بشنغهاي
المصدر http://lparchive.org/

التاريخ	**١٩٧٧م**
نوع المعدن	الفولاذ بأنواعه
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق
اسم المصمم	Rogers & Renzo Piano
مكان الاستخدام	مركز بومبيدو- باريس- بيانو و روجرز

شكل (١-١٧) مركز بومبيدو- باريس
المصدر www.fourc3.com

التاريخ	الوقت الراهن
نوع المعدن	الفولاذ بأنواعه
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق وجمل انشائية متنوعة
اسم المصمم	——
مكان الاستخدام	متنوع

شركة فولاذ الصين في تايوان ٢٠١٢ بنك سايتك في الصين ٢٠٠٩م نورمان فوستر

شكل (١-١٨) أمثلة لمباني متعددة الطوابق من هياكل معدنية في الوقت الراهن
المصدر www.archdaily.com -www.fosterandpartners.com

جدول (١- ١) استخدام المعادن في الأبنية عالمياً [٦]

[٦] مُعدّ البحث.

إن استخدام المعدن في الجمل الإنشائية وتطوره عبر التاريخ كل ذلك نتيجة لعدة عوامل :[٧]

- التقدم الهائل في تكنولوجيا صناعة المعادن حيث توفرت أصناف كثيرة من المعدن الإنشائي في الأسواق العالمية و كان على رأسها الفولاذ عالي المقاومة الذي أثبت جدوى اقتصادية متميزة، وكذلك الفولاذ المقاوم للظروف المناخية حيث أصبح من الممكن ترك المنشأ غير مطلي بالدهان طيلة حياته، أما المنتجات المعدنية الرقيقة فيمكن طلاؤها بطبقة جذابة مقاومة للظروف الجوية كتلك المستعملة في طبقات التغطية.
- تطور طرائق تصنيع الجمل والعناصر الإنشائية حيث أصبح تصنيع الهياكل الإنشائية عملية إنتاجية متكاملة تنجز كافة مراحلها على خط إنتاج يبدأ في المواد الأولية و ينتهي بالعناصر الإنشائية جاهزة للتجميع و التركيب و تميزت خطوات هذه العملية بالدقة العالية في القص و التشكيل و التثقيب و اللحام ....
- التطور الكبير الذي حدث في معالجة السطوح ضد الصدأ حيث يتم استخدام المعامل الآلية لطلاء العناصر بالمواد المختلفة و شويها.
- الفهم الأعمق للتصرف الإنشائي الذي مكن المصممين من تقديم منشآت أكثر اقتصادية في استخدام المعدن دون المساس بمستوى الأمان المطلوب و بالتالي أصبح التصميم أكثر دقة.
- القدرة على إعادة استخدام و تدوير هذه المنشآت بسهولة والتعديل و التحكم بالفراغات والتشكيل المعماري . .**[سمارة، ٢٠٠٣، ص١]**

١-٣- استخدام المعادن في الأبنية محلياً:

أدت قلّة الدراسات الموضوعة حول استخدام المعادن في إنشاء المباني محلياً إلى صعوبة بالغة في تحديد تاريخ واضح ودقيق لها وكانت المنشآت المعدنية (كالمستودعات والمخازن والمباني المؤقتة) متأثّرة بشكل أساسي بالانتداب العثماني و الانتداب الفرنسي* الذي أدخل استخدام المعادن في إنشاء المباني.**[رمضان، ١٩٩٧، ص٢٠]**

وقد تأثّرت العمارة العثمانية بالعمارة الأوربية إلى حدٍّ ما الذي أدى إلى استخدام المعدن في الإنشاء ففي الفترات الأخيرة من الحكم العثماني -حوالي **منتصف القرن التاسع عشر**- استُخدمت المعادن في تدعيم و تقوية الأقواس والأعمدة الحجرية.

ثم استُخدمت الجوائز المعدنية ذات المقطع I كعنصر أساسي في إنشاء الأسقف في المساكن التي شيّدها العثمانيون كبديل عن الجوائز الخشبية، وقد انتشرت هذه المساكن في معظم مناطق سوريا.

---

* دام الانتداب العثماني في سوريا من عام ١٥١٦ – ١٩١٨ م.
دام الانتداب الفرنسي في سوريا من عام ١٩٢٠ – ١٩٤٦م.

[٧] **سمارة ، محمد** : تصميم المنشآت الفولاذية ،الطبعة الثانية ، ٢٠٠٣م.

ثم ظهرت بعض التغطيات المعدنيّة لبعض الأسواق في دمشق القديمة التي كانت في الغالب قناطر معدنيّة مكسوّة بصفائح توتياء مثل سقف **سوق الحميدية** (١٨٩٠م) الذي كان مسقوفاً بالخشب ثم أُستبدل بقناطر معدنيّة بمجاز ١٠م مغطاة بألواح من التوتياء لحمايته من الحريق ١٩١١م وكذلك سقف **سوق البزورية** (١٩٠٤م) بدمشق .

و لمْ تقتصر على المباني السّكنية إنما استُخدمت جوائز معدنية ذات المقطع I في تغطية الأسقف الوسطية للفراغات ذات المجازات الواسعة في المباني العامة مثل **الثكنة الحميدية** (القشلة الحميدية)* لتكون جامعة (من ١٨٩٥م و حتى ١٩٠٧م) ثم استُخدمت كثكنة عسكرية عثمانية ويظهر تأثير العمارة الأوروبية واضحاً في بناءها ، حيث استخدم المعدن لتغطية المجازات تتراوح من (٨-١٠م) ، حيث وضعت الجوائز المعدنية بتباعدات مقدارها (٦٠-٨٠سم) وأغلقت الفراغات فيما بينها بأقواس من القرميد تستند إلى الجوائز المعدنية ثم وضعت فوقها طبقات من التراب للتسوية . .**[رمضان، ١٩٩٧، ص٢٠]**

يظهر الأسلوب نفسه في سقف **محطة الحجاز** (١٩٠٨ – ١٩١٧م) وضعت الدراسة عام ١٩٠٨م من قبل المهندس **ديراندا** و تمت المخططات الإنشائية عام ١٩١٢م و انتهى التنفيذ ١٩١٧م ، و العديد من أسقف المباني (أبنية **محطة القدم** وصيانة القطارات ـ بناء جابري – مقهى الروضة – بناء قدسي في باب النصر ....) .

اقتصر استخدام الجوائز المعدنية في الأسقف الوسطية وليس النهائية و يعتقد ذلك للتخفيف من تأثيرات العوامل الخارجية من رطوبة و حرارة و الحد من عمليات التمدد و التقلص و تآكل المعدن ، و كذلك للاستفادة من قدرة المعدن على تحمل حمولات أكبر في الأسقف الوسطية .

بقي استخدام المعدن في الإنشاء في سوريا محدوداً و مقتصراً على أشكال بسيطة حتى عشرينات القرن الماضي، حيث ظهرت أساليب أخرى للإنشاء بالمعدن مع دخول الفرنسيين إلى سوريا، حيث تم إنشاء منشآت معدنية متكاملة استخدمت بشكل مؤقت أو دائم (مستودعات – مخازن أسلحة - جسور...) وأبرزها كان **الجسر المعلق** في دير الزور (١٩٢٥-١٩٣١م) والذي يمكن اعتباره أقدم المنشآت المعدنية الكاملة في سوريا وقد استخدم لعبور القوات العسكرية و نقل العتاد.

ثم سيطرت فترة من الركود في مجال الإنشاء بالمعدن اقتصرت على بعض المنشآت الصغيرة و المتفرقة، ولم يبنى أي منشأ معدني يستحق الذكر باستثناء **معمل الاسمنت في دمر**** بدمشق ١٩٣٠م ، عبارة عن اطارات جملونية و يعتبر من أقدم المنشآت المعدنية الصناعية في سوريا وتم إنشائه من قبل شركات أجنبية .

---

* بنيت في عهد السلطان عبد الحميد الثاني إبّان الولاية الأولى لحسين ناظم باشا .

** معمل الاسمنت في دمر الشرقية أسس في عام ١٩٣٠م و بدأ بالإنتاج عام ١٩٣٤م تم تأميمه عام ١٩٦٥م بموجب المرسوم التشريعي رقم /١/ و توقف عن العمل عام ١٩٨٩م لأسباب بيئية ، (جريدة تشرين ٢٠١٢).

في **بداية السبعينات** من القرن الماضي شهدت المنشآت المعدنية تطوراً كبيراً تجلّى بظهور الأبنية الصناعية الضخمة والصالات الرياضية الكبيرة، واستُخدمت فيها أشكالاً متنوعة وجملاً إنشائية متعددة.

- معامل نفذتها مؤسسة الإسكان العسكري (معمل الأعصاب، صالات الإنتاج، الهنغارات الهولندية الخاصّة ببعض المعامل ....) - معمل السكر في حمص (١٩٧٣-١٩٧٩م).
- صالة الأسد الرياضية في حلب (١٩٦٨-١٩٧٧م) - صالة الفيحاء في دمشق (١٩٧٥-١٩٧٩م) - صالة تشرين الرياضية في دمشق (١٩٧٥م).

في **الثمانينات** من القرن الماضي زاد انتشار المنشآت المعدنية وتطور تطوراً ملحوظاً من حيث الجودة في التصميم والإنشاء.

- مدينة الأسد الرياضية (١٩٨٧م) - المعاهد المهنية في دير الزور وحمص (١٩٨٠م).

ومن الجدير بالذكر أيضاً هو استخدام الفولاذ ببعض العناصر الانشائية المضافة على مبانٍ محلية كإضافة طابق أخير لمبنى متعدد الطوابق من البيتون، أو أدراج نجاة و مصاعد، أو بعض جسور المشاة ، أو تدعيم المباني البيتونية وغيرها... نذكر منها على سبيل المثال لا الحصر :

شكل (١-١٩) إضافة طابق أخير لمرآب النعنع – دمشق الحلبوني
المصدر مُعدّ البحث

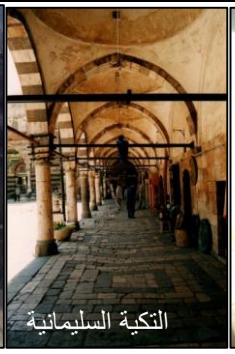
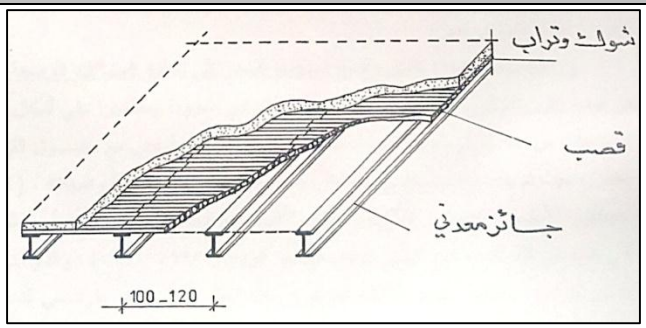
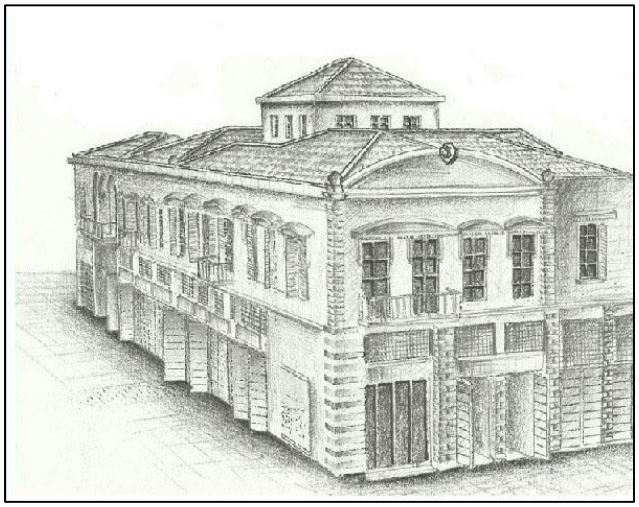
شكل (١-٢٠) درج نجاة معدني
مبنى الهلال الأحمر - دمشق - الميدان
المصدر مُعدّ البحث

شكل (١-٢١) جسر معدني متعدد الطوابق يصل بين كلية العلوم و المعلوماتية – قيد الانجاز
المصدر مُعدّ البحث

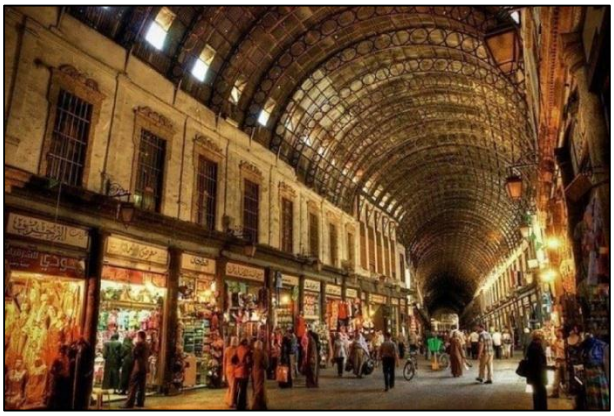
شكل (١-٢٢) استخدام عناصر معدنية للواجهات تزيينية لإخفاء بعض التمديدات الفنية
مشفى الشفاء – دمشق – العدوي
المصدر مُعدّ البحث

ولمْ تُبنَ مبانٍ **متعددة الطوابق** من هياكل معدنية حتى بدايات القرن الحالي وكانت محدودة ومقتصرة على بعض المباني .

- مبنى الاتحاد العام الرياضي (٢٠٠٦م).
- مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانيّة في دمشق (قيد الانجاز).

	الوصف	الصور
التاريخ	منتصف القرن التاسع عشر	
نوع المعدن	حديد الزهر - النحاس	
أسلوب الاستخدام	تدعيم و تقوية الأقواس و العمدة الحجرية	
مكان الاستخدام	أغلب المباني العثمانية - سوريا	باب سريجة شكل (١-٢٣) تدعيم و تقوية الأقواس و الأعمدة الحجرية المصدر: مُعدّ البحث
أسقف و تغطيات معدنية		
التاريخ	**نهايات القرن التاسع عشر**	 شكل (١-٢٤) جوائز معدنية مقطع I في إنشاء الأسقف المصدر [رمضان ، ١٩٩٧]
نوع المعدن	حديد	
أسلوب الاستخدام	جوائز معدنية مقطع I في إنشاء الأسقف	 شكل (١-٢٥) القشلة الحميدية ١٨٩٥م المصدر www.esyria.sy
مكان الاستخدام	أغلب المباني العثمانية - سوريا	

التاريخ	**١٩١١م**
نوع المعدن	الحديد
أسلوب الاستخدام	تغطية معدنية عبارة عن أقواس
مكان الاستخدام	سوق الحميدية – دمشق - سوريا



شكل (١-٢٦) سوق الحميدية – دمشق - سوريا
المصدر www.discover-syria.com

التاريخ	١٩١٧م
نوع المعدن	الحديد
أسلوب الاستخدام	جوائز معدنية مقطع I في الأسقف – سكك من الحديد
مكان الاستخدام	محطة الحجاز – دمشق - سوريا

شكل (١-٢٧) محطة الحجاز – دمشق - سوريا
المصدر www.esyria.sy

جسور معدنية	
التاريخ	**١٩٢٥-١٩٣١م**
نوع المعدن	الفولاذ
أسلوب الاستخدام	أول جسر معدني في سوريا -جسر معلق - كابلات معدنية
مكان الاستخدام	الجسر المعلق – دير الزور -سوريا

شكل (١-٢٨) الجسر المعلق – دير الزور -سوريا
المصدر www.discover-syria.com

معامل و هنغارات معدنية		
التاريخ	**١٩٣٠م**	
نوع المعدن	الحديد	
أسلوب الاستخدام	صناعي - جوائز شبكية جملونية	
مكان الاستخدام	معمل الاسمنت دمر الشرقية دمشق - سوريا	

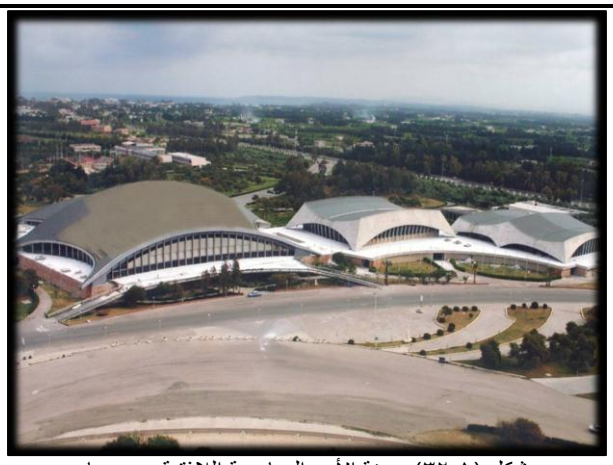
شكل (١-٢٩) معمل الاسمنت دمر الشرقية دمشق - سوريا
المصدر مُعدّ البحث

صالات رياضية		
التاريخ	١٩٦٨-١٩٧٧م	
نوع المعدن	الفولاذ	
أسلوب الاستخدام	صالة رياضية	
مكان الاستخدام	صالة الأسد حلب - سوريا	

شكل (١-٣٠) صالة الأسد حلب - سوريا
المصدر www.souria.com

التاريخ	**١٩٧٥م**	
نوع المعدن	الفولاذ	
أسلوب الاستخدام	صالة رياضية تغطية معلقة بكابلات معدنية	
مكان الاستخدام	صالة تشرين الرياضية – دمشق – سوريا	

شكل (١-٣١) صالة تشرين الرياضية – دمشق – سوريا
المصدر: المنشآت الرياضية – د.غسان عبود

التاريخ	**١٩٨٧م**	 شكل (١-٣٢) مدينة الأسد الرياضية اللاذقية - سوريا المصدر www.gsf-sport.com
نوع المعدن	الفولاذ	
أسلوب الاستخدام	صالات رياضية	
مكان الاستخدام	مدينة الأسد الرياضية سوريا	
مباني معدنية متعددة الطوابق		
التاريخ	**٢٠٠٦م**	 شكل (١-٣٣) الاتحاد العام الرياضي دمشق - سوريا المصدر مُعدّ البحث
نوع المعدن	الفولاذ	
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق جائز + عمود	
مكان الاستخدام	الاتحاد العام الرياضي دمشق- سوريا	
التاريخ	**قيد الانجاز**	 شكل (١-٣٤) الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية دمشق - سوريا المصدر مُعدّ البحث
نوع المعدن	الفولاذ	
أسلوب الاستخدام	متعدد الطوابق جائز + عمود	
مكان الاستخدام	الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية دمشق - سوريا	

جدول (١- ٢) استخدام المعادن في الأبنية محلياً [٨]

[٨] مُعدّ البحث .

عند المقارنة تاريخياً بين ما هو عالمي وما هو محلي لاستخدام المعادن في مجال الانشاء، نجد أنّ فارقاً زمنياً متفاوتاً بينهما ، يوضحه الجدول التالي:

التسلسل التاريخي لاستخدام المعدن	عالمياً		محلياً		الفارق الزمني
	التاريخ	المكان	التاريخ	المكان	
أول إنشاء بالمعدن	١٧٢٥	نيفيا نسك - روسيا	١٨٩٠	مباني عثمانية	١٨٥
أول جسور معدنية	١٧٧٧	كولبروكديل- بريطانيا	١٩٢٥	الجسر المعلق –دير الزور	١٤٨
أول مبنى صناعي معدنية	١٧٨٦	فراغات انتفاعية – فيكتورلويس	١٩٣٠	معمل اسمنت – دمر الشرقية	١٣٤
أول تغطية معدنية	١٨١١	سقف المركزي لسوق Grains de Paris	١٩١١	أسواق دمشق	١٠٠
أول مبنى متعدد الطوابق منشأ من هياكل معدنية	١٨٨٥	شركة التأمين على المساكن - شيكاغو	٢٠٠٦	مبنى الاتحاد العام الرياضي – دمشق	١٢١

جدول (١- ٣) مقارنة ما بين تاريخ استخدام المعادن عالميا و محليا [٩]

بالنظر إلى الجدول السابق نلاحظ تأخر كبير في استخدام المعادن في مجال الانشاء محليا عبر التاريخ، ولكن هذه الفترات الزمنية تتقارب نسبيا مما يدل على العمل لمجاراة العمارة العالمية بما يتفق مع واقعنا المحلي، ولعل هذا البحث يصب في هذه الجهود لدفع العمارة المحلية خطوة إلى الأمام وخاصة بما يتعلق بالإنشاءات والهياكل المعدنية.

[٩] مُعدّ البحث .

الفصل الثانـي

٢- خواص المعادن و خلائطها

٢-١- خواص المعادن الفيزيائيّة والكيميائيّة.
٢-٢- خواص المعادن الإنشائيّة.
٢-٣- خواص المعادن التشكيليّة.
٢-٤- خواص خلائط المعادن بما يخدم إنشاء المباني.

٢-١- خواص المعادن الفيزيائية و الكيميائية :

تمهيد :

تُعدُّ مواد البناء أحد أهم العوامل التي المؤثرة على تطور العمارة ، وتنقسم هذه المواد إلى :

- **تقليدية** : مواد موجودة في الطبيعة تدخل الإنسان فيها محدود يقتصر على التشذيب فلم يدخل في بنيتها و تركيبها (الحجر – الخشب الطين ...).
- **حديثة** : مواد صناعية من صنع الإنسان (البيتون المسلح – المعادن – زجاج - بلاستيك ...).

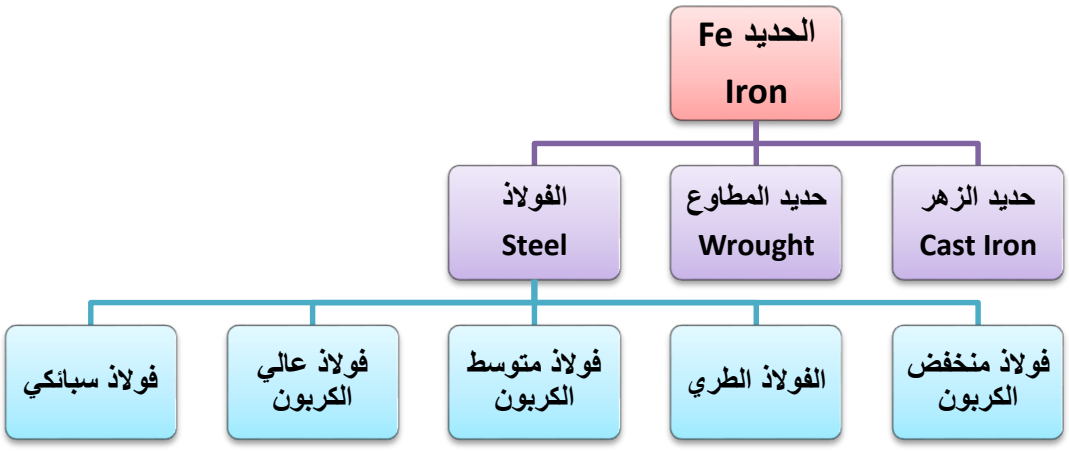
نخصص في المواد المعدنية :

٢-١-١- المعادن المستخدمة في البناء :

تصنيف المعادن المستخدمة في البناء					
أولاً : معادن حديدية	حديد الزهر		حديد المطاوع		الفولاذ
ثانياً : معادن غير حديدية	الألمنيوم	النحاس	الرصاص	المونيل	التيتانيوم
ثالثاً : خلائط معدنية	خلائط الفولاذ		خلائط الألمنيوم		خلائط الفولاذ و الألمنيوم

جدول (٢-١) تصنيف المعادن المستخدمة في البناء [34]

٢-١-٢- المعادن الحديدية :



شكل (٢-١) المعادن الحديدية[1]

[1] **سليمان ، خالد محمد** : أساسيات الهندسة التقنية ، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٩م .

٢-١-٢-١- الحديد :[٢]

عنصر كيميائي وفلز ، من أقدم المعادن المكتشفة ، يُرمز له بالرمز Fe وعدده الذري ٢٦ . يقع الحديد في الجدول الدوري في المجموعة الثامنة والدورة الرابعة ، وهو عنصر ضروري لحياة الإنسان والحيوان كونه يدخل في تركيب خضاب الدم، وكذلك لحياة النباتات كونه يدخل في تركيب الكلوروفيل، و يدخل في كل شيء تقريباً. يحتل الحديد المركز الرابع من حيث وجود العناصر في القشرة الأرضية، وهو فلز قابل للطرق والسحب، ويدخل في العديد من الصناعات.

تحتوي النيازك الساقطة على الأرض على كميات من الحديد قد تصل إلى ٩٠% من كتلة النيازك.

الشبكة البلورية للحديد على هيئة مكعب تتوزع على كل زاوية من زواياه ذرة حديد (ثمانية ذرات) ، وتقع تاسعة في مركز المكعب ، والاوتونيوم ، يوجد بناء فريد من نوعه في مدينة بروكسل يمثل نموذج الشبكة البلورية للحديد مكبراً ١٦٥ مليار مرّة، جاء البناء رمزاً لعظمة الحديد ودوره في حياة البشريّة.

يعد الحديد أقوى الفلزات على الإطلاق وأكثرها أهمية للأغراض الهندسية و الإنشائية شرط حمايته من الصدأ (أي التفاعل مع الأكسجين). هناك عدة طرق لحماية الحديد من الصدأ وأبسطها على الإطلاق منع تماس الأكسجين أو الرطوبة عن الحديد وذلك بتغليف الحديد بمادة عازلة.**[الدهشان، ١٩٩٩، ص٥١]**

مصادر أخرى لفلز الحديد

- أكاسيد الحديد الناتجة من عمليات معالجة كبريتيد الحديد في المصانع الكيميائية لإنتاج حمض الكبريتيك والمتولدة من أكسدة البيريت FeS2 ، ويحتوي الأكسيد الناتج نسبة حديد ما بين ٥٥% إلى ٦٠%.
- مخلفات نواتج صناعة الألمنيوم من البوكسيت Bauxite حيث يتبقى في نهاية العمليات الصناعية خليط يحوي ٣٠%حديد.
- باقي عمليات استخلاص النحاس من خاماته وهي تحوي عادة نسبا عالية من الحديد،حيث تحوي الباقي من العمليات حوالي ٥٠% حديد.
- باقي عمليات استخلاص التيتانيوم وهي تحتوي على نسبة عالية من الحديد تصل إلى ٤٠%.

- تمتاز هذه المصادر برخص سعرها بالنسبة إلى الخام المستخرج من باطن الأرض. - استخدامها يمثل طريقة من طرق استغلال نفايات المصانع التي يلزم التخلص منها حفاظا على نظافة البيئة من الملوثات الجامدة .

[٢] **الدهشان ، محمد عز** :الحديد و الفولاذ - الاستخلاص و التصنيع ، جامعة الملك سعود ، ١٩٩٩م .

٢-١-٢-٢- أنواع المعادن الحديديّة حسب نسبة الكربون :

تضم المعادن الحديدية كل من الحديد الزهر والحديد المطاوع والفولاذ و الفولاذ الذي لا يصدأ، وفيما يلي أهم أنواع ومكونات وخواص المعادن الحديدية:

أولاً : الحديد الزهر: Cast Iron

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون والمغنزيوم والفسفور ويكون محتوى الكربون من ١.٧% إلى٤% وتتباين أنواعه تبعاً لشكل وتوزيع جزيئات الكربون في سبيكة الحديد الزهر وينقسم لأربعة أنواع كالتالي :

١- حديد زهر رمادي .
٢- حديد زهر أبيض .
٣- حديد زهر مطاوع .
٤- حديد زهر مرن .

- **ثانياً : الحديد المطاوع :Wrought Iron**

الحديد المطاوع عبارة عن حديد خالص به محتوى يقل عن ٠.١٥% كربون ويصل إجهاد الشد للحديد المطاوع من (٣٠٠٠-٣٤٠٠ كجم/سم٢) ونسبة استطالة تصل إلى (٣٠% – ٤٠%)، وقد استبدلت استخدامات الحديد المطاوع حالياً باستخدام الفولاذ المطاوع .**[سليمان، ٢٠٠٩]**

ثالثاً : الفولاذ : Steel

وهو عبارة عن سبيكة من الحديد والكربون (بنسبة تتراوح ما بين ٠.٥٠ %إلى١.٥٠% كربون) مع إضافات معينة من السيليكون والمنجنيز والكروم والنيكل والمولبيدنوم والفانديوم وبعض العناصر الأخرى لإنتاج سبائك الفولاذ لأغراض متعددة المجالات ، والفولاذ يمكن تصنيفه إلى ثلاثة مجموعات كالتالي:

١- فولاذ مطاوع (طرى) ويحتوى على كربون (بنسبة تصل ٠.٢٥%) وله مجالات واسعة الاستخدام والانتشار خاصة في أعمال الحدادة بأشكال قطاعاته المختلفة .
٢- فولاذ متوسط الكربون ويحتوى على كربون (بنسبة تصل ٠.٥٠%) .
٣- فولاذ عالي الكربون ويحتوى على كربون (بنسبة تصل ١.٥٠%) ويستخدم نوع الفولاذ متوسط الكربون وعالي الكربون في مجالات متميزة و وخصوصاً في الأعمال الهندسية ذات الخدمة الشاقة مثل **الأعمال الإنشائية** وتشييد المباني ، أما الفولاذ متوسط الكربون ويمكن معالجته بالتسخين والتسقية لإكسابه خواص ذات مجال أوسع عند إستعماله.**[سليمان، ٢٠٠٩]**

نسبة الكربون في كل نوع من أنواع الحديد			
	نوع الحديد		**نسبة الكربون المئوية**
١	حديد الزهر		١.٧ – ٤ %
٢	الحديد المطاوع		أقل من ٠.١٥%
٣	الفولاذ ٠.٥-١.٥٠%	١- فولاذ مطاوع (طري)	٠.٢٥ %
		٢- فولاذ متوسط الكربون	٠.٥٠ %
		٣- فولاذ عالي الكربون	١.٥٠ %

جدول (٢-٢) نسبة الكربون في كل نوع من أنواع الحديد [٣]

[٣] معد البحث .

٢-١-٣- المعادن غير الحديدية :[٤]

١- الألمنيوم : Aluminum :

يكون الألمنيوم، في صورته النقية تجاريا، فلزا لينا، لدنا، ولكن يمكن زيادة متانته بإضافة عناصر سبكية إليه، حتى يصبح ملائما للاستخدام في التطبيقات الإنشائية، وعلى النقيض من الفولاذ، يكون الألمنيوم شديد الاحتمال ضد عوامل الزمن، نتيجة طبقة الأكسيد الرقيقة التي تتكون تلقائيا على سطحه، وتمثل عاتقا أمام استمرار التأكسد، وتبلغ كثافة الألمنيوم 1/3كثافة فولاذ، ولكن مقاومته للتشوه، تقل عن مقاومة الفولاذ كثيرا، ويصل الانحناء في هيكل مصنوع من الألمنيوم، إلى ثلاثة أضعاف الانحناء الحادث في هيكل مماثل من الفولاذ، معرض للأثقال ذاتها؛ ولهذا السبب ارتفاع تكلفة إنشاء هياكل من الألمنيوم .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤١٨]**

- **ميزات الألمنيوم :**

يتميز الألمنيوم و سبائكه بالخصائص التالية:

١- خفة وزن الألمونيوم حيث تصل كثافته إلى ثلث كثافة سبائك الحديد .
٢- جيد التوصيل للحرارة و الكهرباء .
٣- مقاومته للتآكل عالية و ذلك لتولد طبقة رقيقة أكسيدية تحميه من المؤثرات الخارجية .
٤- درجة انصهاره منخفضة حيث تصل إلى حوالي ٦٦٠ درجة مئوية .

٢- النحاس : Copper : * .

درجة صلادته ٣ ، كثافته النوعية ٨.٩غ/سم٣ ، لونه احمر ، لمعانه فلزي . وهو معدن نادر نسبياً ويوجد على شكل بلورات متشعبة ذات مطهر جميل . وقد اكتشف قبل الحديد : فدول شرق البحر الأبيض المتوسط عرفت النحاس واستعملته منذ نحو ٣٦٠٠ سنة قبل الميلاد .

والنحاس لين في حالته الطبيعية لكنه يكتسب شيئاً من الصلابة إذا مزج بالقصدير ، بحيث يعطي البرونز على أن تكون نسبة القصدير ٨% من مجموع الوزن .ويمزج أيضاً مع النيكل والتوتياء أو مع السيليسيوم والمانغنيز أو مع الذهب فيعطي أشكالاً أخرى من المعادن تستخدم في صناعات مختلفة .

يوجد النحاس في الطبيعة صافياً وعلى شكل فلزات هي : كبريت النحاس ScU ، أوكسيد النحاس CuO ، وفحمات النحاس . co3cu ويمر في صناعته بمراحل ثلاث : الأولى والثانية يخلص فيهما من الشوائب ويفصل عن باقي المعادن والثالثة تجعله صافياً نقياً . وعملية تنقيته هذه تجري بواسطة الحل الكهربائي في مراكز صناعية تتوفر فيها الطاقة الكهربائية . كما يستخدم النحاس في صناعة الآلات والأسلاك وأجهزة الراديو وفي بعض الأدوات المنزلية والسيارات.

---

[٤] **حيدر ، عباس** : كتاب تشييد المباني ، ج١ ب ١٠ التشييد المعدني ،١٩٨٦م .

* يتوزع إنتاج النحاس في البلدان التالية : الولايات المتحدة ، روسيا ، كندا ، التشلي ، البيرو ، المكسيك ...الخ . ويقدر احتياطي النحاس في العالم بـ١٣٠ مليون طن منها ٧٠ مليون طن في القارة الأمريكية وحدها . وهذا ما جعلها لفترة متحكمة بتجارة النحاس إلى جانب اليابان لكن مزاحمة الألمنيوم وغيره من الخلائط المعدنية التي تمكنت من الحلول محل النحاس خففت من هذا التحكم .

- **النحاس الأحمر:** Copper :

يستعمل عامة في تصنيع مواد التشييد المباني و من أهم فوائده مقاومته للصدأ بعيدا عن الرطوبة ، كما أنه موصل جيد للحرارة و الكهرباء مع سهولة تشغيله و تشكيله ، لذا يستعمل في الأسلاك و المواسير .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤١٩]**

- **النحاس الأصفر :** Brass :

يصنع عامة من سبيكة مكونة من النحاس الأحمر و الزنك ، ويسمى في بعض الأحيان معدن البرونز – رغم أن البرونز استعمل عبر التاريخ من مكونات النحاس الأحمر و القصدير .

والنحاس الأصفر سهل التشكيل و التشكيل و مقاوم جيد للصدأ و لذلك فهو يستعمل في خردوات المباني و مواسير التركيبات الصحية و تكييف الهواء و السخانات.**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤١٩]**

٣- **الرصاص :** LEAD :

هو معدن ثقيل الوزن ، ناعم الملمس ، سام ، سهل التشغيل والتشكيل مقاوم للصدأ والإشعاعات. يستعمل الالواح منه كعوازل جيد للرطوبة والمياه و الإشعاعات في **التشييد المعماري** .

٤- **المونيل :** Monel :

هو سبيكة مكونة من النيكل و النحاس الأحمر ، ويعتبر هذا المعدن قوي و مقاوم للصدأ كما أنه يستعمل في الأسقف و أجهزة المطبخ .

٥- **التيتانيوم** Titanium :[٦]

تم اكتشاف التيتانيوم في انكلترا بواسطة العالم ريفريد ويليام في العام ١٧٩١م حيث لاحظ وجود عنصر جديد في الألمانيت (مادة مركبة من الحديد والتيتانيوم) وقد أطلق عليها أسم Menachite و لم يتم اكتشاف التيتانيوم بشكل حر إلا في ١٧٩٥م على يد العالم الألماني مارتن هينرش* .

يتميز التيتانيوم بعدة مزايا أهمها:

- مقاومته للصدأ بالإضافة لمقاومته للأسيد و الكلور و الأملاح .
- يتميز بصلابة عالية مقارنة بوزنه و خفيف ذو كثافة منخفضة .
- التيتانيوم النقي يكون لدن سهل للتعامل معه صقيل ذو لون فضي – أبيض .
- درجة انصهار عالية مما جعله كمادة مقاومة للانصهار .
- يعد التيتانيوم تقريبا بصلابة الفولاذ و لكن أخف منه بـ ٤٣% كما وزنه أكثر بـ ٦٠% من وزن الألمنيوم و أقسى من الألمنيوم بمرتين .

يُستخدم التيتانيوم في صناعة الصفائح الخارجية للطائرات و السفن الفضائية وجدران فوهة الاحتراق في الطائرات كما يستخدم في الدهانات و الورق و حشوات الأسنان .

---

[٦] قاسم ، وفاء : أنظمة اكساء الواجهات (مواد الإكساء المعدني) ، جامعة دمشق ، ٢٠٠٧م ، ص١٦-١٨.

* حيث قام بتسخين أوكسيد التيتانيوم TiCl4 مع الصوديوم الى درجة حرارة ٧٠٠-٨٠٠ سيليسيوم

٢-١-٤-الخلائط المعدنية :

تُستخدم الخلائط المعدنية من الحديد مضافاً إليه العديد من السبائك مثل النيكل والكروم و المولبيدنوم والمنجنيز والسيليكون والنحاس والتنجستين والنيوبيوم والفانديوم ، يمكن أن ينتج فولاذ قابل لمقاومة الحرارة المنخفضة والعالية ومقاومة قوى التآكل والبرى، كما أنّ الفولاذ عالي الكربون يستخدم في إنتاج العدد والآلات .

- ويُستخدم أيضا في صناعة العناصر الإنشائية المؤلفة للمباني الخاصة والفراغات الانتفاعية و المتعددة الطوابق لما تعطيه من زيادة في الصلابة و المتانة و قدرتها العالية على تحمل الظروف المناخية و شكلها و مقاومة الصدأ و التآكل .

٢-١-٤-١- تأثير إضافة بعض العناصر الكيميائية إلى الحديد :

أهم العناصر المضافة إلى الحديد	تأثير إضافة هذه العناصر على الحديد
الكربون Carbon	- **يزيد** الكربون صلادة الحديد **ويقلل** من مرونته . - تتأثر خواص السبيكة بنسبة الكربون الحر(جرافيت) إلى نسبة الكربون المتحد (كربيد الحديد)
السيلكون Silicon	- **يزيل** و يطرد الأكسيجين و الأكاسيد الأخرى من السبائك الحديدية - عامل فعال في ترسيب الكربون الحر الذي **يقلل** من صلادة السبيكة ← إذن تتحدد جودة السبيكة الحديدية بمقدار ما تحتويه من السليكون
الكبريت sulfur	- آثاره ضارة جدا في سبائك الحديد والكربون و لذا يجب العمل على إزالته ما أمكن ذلك أو تخفيض نسبته
المنغنيز Manganese	- **يساعد** اتحاد الكربون بالحديد أي **زيادة** كربيد الحديد في سبائك الحديد الأمر الذي يؤدي إلى **زيادة** صلادتها - **يتحد** مع الكبريت و بذلك **يزيل** آثاره السيئة - **يخفض** درجة انصهار سبائك الحديد
الكروم Chrome	- **يزيد** مقاومة التآكل الميكانيكي و **يقاوم** الصدأ - **يساعد** على اتحاد الكربون بالحديد و **يعوق** تكون الجرافيت

جدول (٢-٣) تأثير إضافة بعض العناصر الكيميائية إلي الحديد[٨]

٢-١-٤-٢- خلائط الفولاذ :

خلائط الفولاذ	كمية النيكل	تأثير خلط العناصر	الاستخدام
الفولاذ النيكلي	أكثر من ٦%	يساعد على التقسية خلال التشكل	صفائح التدعيم
الفولاذ الكرومي (ستانلس تيل)	حد أدنى ١١.٥ wt%	ليكون مقاوم و مضاد للتشوه و التآكل و الصدأ	الاستعمالات المشتركة للحديد المقاوم للصدأ و لوازم المائدة و الساعات
الفولاذ عالي السرعات	Alloying Compositions of High Speed Steel Grades Grade C Cr Mo W V Co T1 0.75 - - 18.0 1.1 - M2 0.95 4.2 5.0 6.0 2.0 - M7 1.00 3.8 8.7 1.6 2.0 - M35 0.94 4.1 5.0 6.0 2.0 5.0 M42 1.10 3.8 9.5 1.5 1.2 8.0	لتزيد القساوة و الصلابة للفولاذ و يحافظ على هذه الخواص في درجات الحرارة العالية	HSS مادّة استعملت عادة في صناعةِ قطعِ الآلات والقواطعِ الأخرى ، و يستعمل في أغلب الأحيان في صناعة الأنصال الحادة و قطع التثقيب .

جدول (٢-٤) أنواع خلائط الفولاذ*

[٨] **سليمان ، خالد محمد** : أساسيات الهندسة التقنية ، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٩م.

- فولاذ النيكل : (المتكون من الفولاذ والنيكل) يجعل السبيكة تقاوم تآكل الصدأ مما يزيد من صلابتها ومتانتها وتستخدم في صناعة السيارات .
- فولاذ الكروم : (المتكون من الفولاذ والكروم)، مما يجعل السبيكة أكثر صلابة وتستخدم في صناعة كرة من الحديد التي تسهل حركة محاور المحركات والتي يطلق عليها (رمان بلي) .

٢-١-٤-٣- خلائط الألمنيوم :

نوع الخليطة	الخصائص	الاستخدام
سبيكة الديورألومين Duralumin	تحتوي على نحاس أحمر بنسبة ٤.٢% تمتاز بمتانتها و صلابتها و بخاصية التصلد بالتعمير Age Hardening لحماية السبيكة من التآكل يتم عمل تكسية لها باستخدام طبقة رقيقة من الألمونيوم النقي تعرف بالكلاد Alcad	تستخدم على نطاق واسع في صناعة أجسام الطائرات
سبيكة الألمونيوم السيلكوني Aluminum Silicon Alloy	تحتوي على السيلكون بنسبة عالية و هو ما يكسبها: - صلادة - مناعة ضد التآكل - يجعلها سهلة السبك في القوالب الرملية	تستخدم في صنع أجزاء المحركات و في سباكة علب تغير السرعات .

جدول (٢-٥) أنواع خلائط الألمنيوم [٩]

٢-١-٤-٤- بعض خلائط الفولاذ والألمنيوم :

التركيب الكيميائي لخليطه فولاذ من نوع خاص							
ألمنيوم	بورون	كروم	كوبالت	نحاس	رصاص	موليبيدنيوم	منغنيز
%٠.٣	%٠.٠٠٠٨	%٠.٣	%٠.٣	%٠.٤	%٠.٤	%٠.٠٨	%١.٦٥
نيكل	نيوبيوم	سيلكون	تيتانيوم	تنغستين	فاناديوم	زيركونيم	شوائب
%٠.٣	%٠.٠٦	%٠.٦	%٠.٠٥	%٠.٣	%٠.١	%٠.٠٥	%٠.١

التركيب الكيميائي لخليطه الفولاذ - حديد تسليح - (St 37C)						
منغنيز	نيكل	كروم	اريديوم	كبريت	كربون	حديد
٠.٧٢	٠.١٥٦	٠.٢٧١	١.٦٢	٠.٠٢٩	٠.٤٨٤	أساس

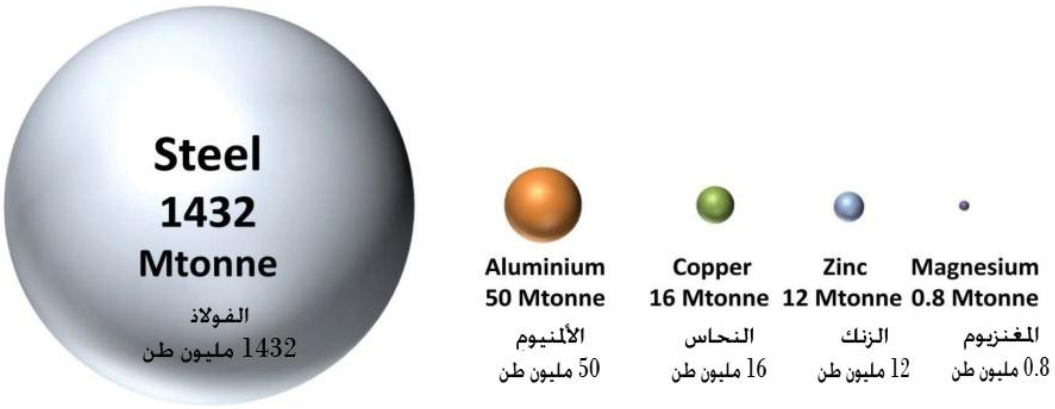
التركيب الكيميائي لخليطه الألمنيوم (2014)					
حديد	منغنيز	سيلكون	مغنزيوم	نحاس	ألمنيوم
٠.٥٦٥	٠.٧٥	٠.٨٥٤	٠.٦٧٥	٤.٣٥٣	أساس

جدول (٢-٦) أنواع خلائط الفولاذ و الألمنيوم [١٠]

[٩] **سليمان ، خالد محمد** : أساسيات الهندسة التقنية ، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٩م .
[١٠] **سليمان ، خالد محمد** : أساسيات الهندسة التقنية ، جامعة الملك سعود، ٢٠٠٩م .

٢-٢- خواص المعادن الإنشائية :

تُستخدم المعادن بشكل عام في مجال إنشاء و تشييد المباني بشكل متفاوت وذلك حسب طبيعة كل معدن و خواصه ، إلا أنَّ الفولاذ يُعدُّ من أكثر المعادن استخداماً في مجال الإنشاء يليه الألمنيوم حيث يستخدم غالباً في مجال اكساء الواجهات ، ففي عام ٢٠١٠ أُنتج ما يقارب ١٥٠٠ مليون طن من الفولاذ الذي استخدم في مجال الانشاء (حسب معهد الأبحاث البيئية السويدية) يليه الألمنيوم بحوالي ٥٠ مليون طن في مجال البناء .**P.8 [7]**



World production of structural metals in 2010, millions of tonnes

شكل (٢-٢) الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في البناء في عام ٢٠١٠م [١١]

٢-٢-١ مزايا المعادن الحديدية :

٢-٢-١-١-الحديد و الإنشاء :[١٢]

بدأ استخدام الحديد كمادة إنشائية في حوالي ١٧٥٠م، بعد أنْ استطاع الإنسان إنتاجه بكميات كبيرة و وفيرة، و قد كان للتوسّع في إنتاج الحديد الدور الكبير بعد قيام الثورة الصناعيّة في أوروبا و التي كان لها أثراً بعيداً في تقدم طرق البناء و تغيّر المفهوم المعماري.

كان الحديد الزهر Cast Iron يمثل بداية لتصنيع الحديد إلا أنّه كان ضعيفاً في مقاومته للشد ، و بالتقدم في صناعته و تحسن خواصه أمكن إنتاج الحديد المطاوع Wrought Iron و الذي استخدم إنشائياً في الأماكن التي تحتاج إلى مقاومة للشد .

وقد استطاع "هنري كورت" Henry Cort عام ١٧٨٤م تحويل الحديد المطاوع إلى فولاذ Steel لأول مرة ، و أصبح الفولاذ من المواد المؤثرة بشكل فعال على عملية البناء .

يتميز الحديد بصفةٍ عامةٍ بالمتانة العالية ، وتتراوح هذه المتانة ما بين ١٥٠- ٢٥٠ ن/مم^{٢} مقابل الحديد عالي الشد المستخدم حالياً High tensile steel حيث يتحمل قوى الشد من ١٢٠ ــ ٥٥٠ ن/مم^{٢} .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤٢٠]**

---

[١١] Environmental Evaluation of steel and steel structure، (Handbook for engineers , researchers and university students) , Swedish Environmental Research Institute , 2013 .

[١٢] **حيدر ، عباس** : كتاب تشييد المباني ، ج١ ب ١٠ التشييد المعدني ، ١٩٨٦م .

يُعدُّ تصميم البناء الحديث عملية معقدة، تتضمن تداخلاً بين مهارات عديدة وعلى الأخص مهارات كلٍ من المهندس الانشائي والمعماري. إذ تم إنشاء هياكل من الفولاذ بارتفاع ٦١متراً، واستمر العمل في تطوير هذه الهياكل في القرن العشرين، ومن أمثلتها – حتى عام ١٩٤٠ – مبنى" وولورث" الذي يبلغ ارتفاعه ٢٤١متراً، ومبنى "الامبايرستينت" بارتفاع449 متراً، وكلا المبنيين تم تشييده في مدينة "نيويورك". ويتضمن الهيكل الإنشائي لكليهما، نقل الأحمال الهائلة إلى الأرض، لذلك يُعدُّ تصميم الأساسات، أمراً بالغ الأهميّة في عملية الإنشاء .

ويقتصر إنشاء مثل هذه الأبنية، على الأرض التي تكون طبيعتها من النوع التي تتحمل أحمالاً كبيرةً مثل الأرض الصخرية، ومن النادر أن يرتفع مبنى في مدينة "لندن" عن ١٢٢متراً لعدم تحمل الأرض لأثقال كبيرة ، وتتعرض الأبنية المرتفعة لأحمال جانبية، لذلك يعد ثباتها في مواجهة قوى الرياح، إحدى المشاكل الإنشائية، التي يتعين دراستها بعناية، كما يعد تصميم الوصلات بين الأعضاء الإنشائية، من الأمور الحساسة.

ويلاحظ أن المعايير التصميمية التي تتعلق بالثبات الإنشائي، وطول فترة التحمل، ومقامة الحرائق، والتحكم في تلويث البيئة، والتكلفة، أصبحت أكثر حدةً وحسماً. وقد أدّت هذه المعايير بالإضافة إلى الانخفاض المستمر في الموارد القومية إلى الضغط بشدة على المهندسين، لمحاولة خفض كميات المواد الإنشائية المطلوبة لعملية البناء، إذ تطلب ذلك بدوره و استنباط أساليب تقنية للإنشاء والتحليل، أكثر دقة.

وقد أدّى الاحتياج المتزايد إلى الأبنية، إلى الضغط بشدة على صناعة البناء كي تحول عمليات الإنشاء، إلى نظام ***المكننة*** ، الذي سمح بتقدم خط إنتاج عناصر الإنشاء بسلاسة، حتى يصبح تشييد العناصر الإنشائية الفولاذية الكاملة من هذه العناصر أمراً طبيعياً.

- **حديد الزهر :** cast iron :

يُستخدم في صناعة الأدوات التي لا تتعرّض للصدمات مثل : أنابيب المياه وأنابيب الغاز .

أمّا في **<u>مجال الإنشاء</u>** فقد اقتصر على بعض العناصر الإنشائية البسيطة لتدعيم المباني الحجرية والخشبية القديمة و المساعدة في تنفيذ بعض الأسقف ذات مجاز أوسع بسبب خاصية تحمله للضغط الشديد و قلة تحمله للشد ، ويمكن صبه و تشكيله ولكنه يصبح قاسيا جدا و قابلاً للكسر .

- **الحديد المطاوع (الحديد اللين) :** Wrought iron :

ويُستخدم في صنع المغناطيسات الكهربائية المؤقتة المستخدمة في الأجهزة الكهربائية .

أمّا في **<u>مجال الإنشاء</u>** و تشييد المباني اقتصر استخدام الحديد المطاوع على قضبان التسليح المستخدمة في البناء ، حيث عُمد إلى تحسين مقاومته على الشد .

- **الحديد الصلب (الفولاذ)** : Steel :

يُعتبر الفولاذ بأنواعه المختلفة المادة الأساسية في تشييد المباني و المنشآت المعدنية المختلفة لخواصه الإنشائية الفريدة .

وقد بدأ استخدامه في تشييد المباني والفراغات المعمارية بعد تطور صناعة الفولاذ كما في الفصل الأول ص (٣).

٢-٢-١-٢- بعض أنواع الحديد المستخدم في الإنشاء :

- **حديد المنشآت :**[١٣]

يُعتبر هذا الحديد هو الأساس في تشييد هياكل المباني المعدنية حيث يعمل حديد المنشآت من خام الحديد مع كربون بنسبة ٠.٢٥% - ٠.٥٠% يتم تصنيعه بطريقة التسخين مع اللف Hot Rolled .

أقل سمك يصنع هذا الحديد هو ٣ مم و في بعض الأحيان يربط أكثر من قطاع معاً للحصول على قطاع مجمع ذات قوة أكبر في تشييد هياكل المباني .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤٢٢]**

- **حديد كورتن :**

هو حديد ذو نوعية خاصة ، يُستعمل خصيصاً في هياكل المنشآت المعدنية لمقاومة العوامل الجوية ضد الصدأ .

ونظراً لتكاليفه العالية في التصنيع وغلو ثمنه فإنّه يُستعمل في واجهات المباني التي يُراد تغطيتها بمواد أخرى و هو يستعمل بكثرة في المنشآت العالية .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤٢٢]**

- **فولاذ أرامكو عالي المقاومة :**[١٤]

أحد أنواع الفولاذ تنتجه إحدى الشركات الأميركية وهو فولاذ منخفض السبائكية يستخدم في الإنشاءات و يمتاز بقابليته العالية للحام .

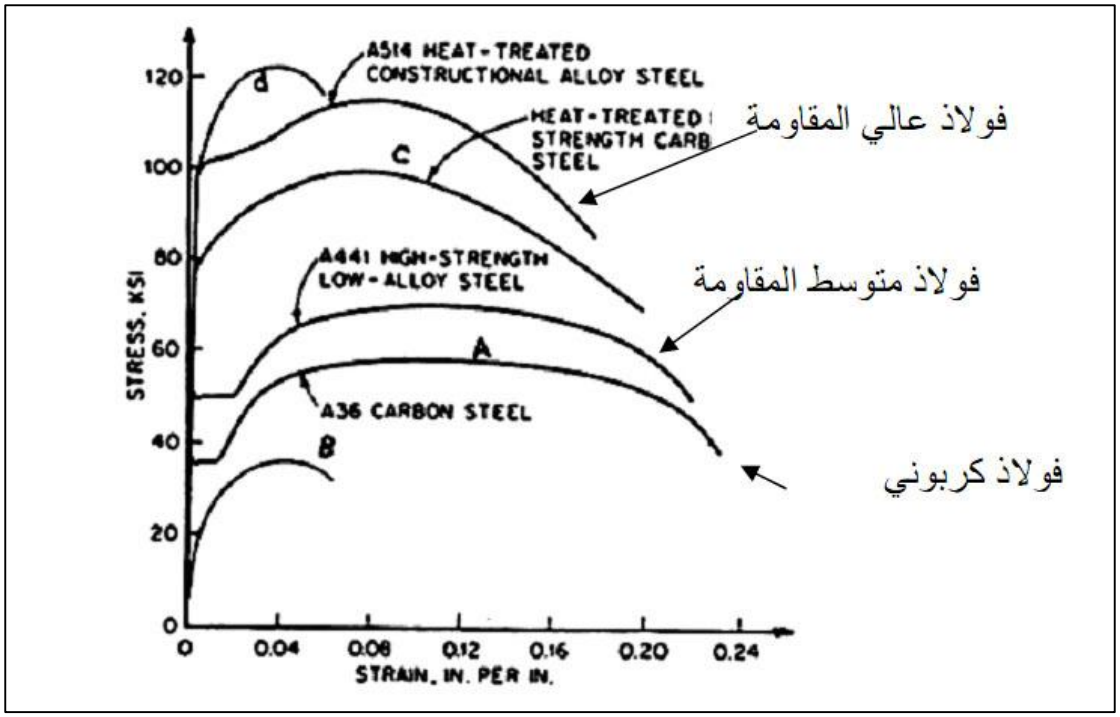
يحتوي هذا الفولاذ على ٠.٠٧-٠.١٥ % كربون و يُعدُّ أحد أنواع الفولاذ المتميزة و لهذا يُستخدم في تشييد الجسور و الجوائز، و أجسام السفن ووسائل النقل .**[الدهشان،١٩٩٠، ص٨١]**

٢-٢-١-٣ السلوك و الخواص الميكانيكية لمختلف أنواع الفولاذ المستعمل في المنشآت المعدنية :

تتم دراسة الخواص الميكانيكية للفولاذ الإنشائي بواسطة تجارب الشد و الضغط و تجربة الفتل و ذلك على عينات من المادة نفسها ، وتتم دراسة العلاقة بين الشد و الضغط المطبق على العينة و مقدار التشوه الناتج عن الاجهاد .

وبذلك نتمكن من رسم منحني بياني تجريبي للشد يمثل العلاقة بين الحمولة و التشوه الناتج عن الاجهاد .

[١٣] **حيدر ، عباس** : كتاب تشييد المباني ، ج١ ب ١٠ التشييد المعدني ، ١٩٨٦م .
[١٤] **الدهشان ، محمد عز** : الموسوعة العلمية في الحديد و الفولاذ ، جامعة الملك سعود ، ١٩٩٠م .



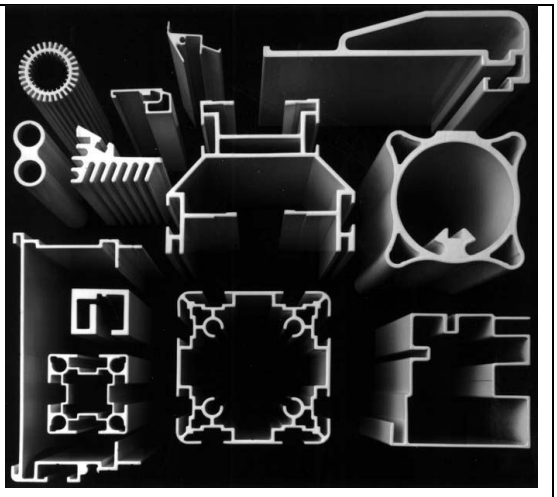
شكل (٢-٣) السلوك والخواص الميكانيكية لمختلف أنواع الفولاذ المستعمل في المنشآت المعدنية

٢-٢-٢- مزايا المعادن الغير الحديدية :

ومن أهمّها في مجالات الإنشاء و تشييد المباني هو **الألمنيوم** وحسب الكود البريطاني يجب أن لا تقل مقاومة هذه السبيكة عن ١٥٥٠ كغ/سم^{٢} و لا تقل سمك أي جزء من قطاعاتها عن ١.٥٧ مم للقطاعات الفرعية وعن ٣.١ مم للقطاعات الرئيسية .

لذا يُعتبر الألمنيوم من أكثر المواد المعدنية استخداماً في الوقت الحاضر و خصوصاً في مجال الاكساءات ، يمكن ربط قطاعات الألمنيوم ببعضها بواسطة براشيم Rivets أو مسامير الربط والبراغي Bolts and Nuts أو اللحام الكهربائي ، كما يمكن معالجة سطحه ليكون خشنا Etching أو بعمل أكسدة لسطحه عن طريق عملية الأنودة Anodyzing أو وضع طبقة لاكيه عليه Back Enameling أو دهنها بالبويات .**[حيدر، ١٩٨٦، ص٤١٨]**

مادة الألمنيوم يكثر استعمالها في اكساء الجدران و صناعة الأبواب و الشبابيك و النهايات المقاومة للرطوبة و العوازل و الأسقف المستعارة، و كذلك في صناعة الأسلاك و خردوات المباني Hardware .



بعض مقاطع الألمنيوم المستخدمة في انشاء المباني

Double-layer aluminum space frame under construction. This is one of the two structures pictured in Figure 2.3. (Courtesy of Conservatek Industries, Inc.)

استخدام ألمنيوم (مزدوج) في تنفيذ اطارات جملونية

شكل (٢-٤) استخدام الألمنيوم في الإنشاء [١٥]

التيتانيوم و العمارة :[١٦]

تتميز مادة التيتانيوم بديمومتها و صلابتها و ناقليتها الضعيفة للحرارة الا أنّها باهظة الثمن مما جعل استخدامها في البناء على المشاريع ذات الطابع الخاص جداً ، واقتصر استخدامه في الاكساء بألواح ١٠٠×٢٠٠سم و بسماكات متعددة تتعلق بشكل أساسي بأبعاد البلاطات المستخدمة ، و كان أهم المعماريين في استخدامه فرانك غيري Frank Gharry في اكساء واجهات متحف Guggenheim Museum Bilbao .

شكل (٢-٥) متحف جيغنهام – اسبانيا – فرانك غيري ١٩٩٧م

شكل (٢-٦) Cloud Gate in millennium park 2006
المصدر http://en.wikipedia.org/

[15] **J. Randolph Kissell**, Aluminum Structures, A Guide to Their Specifications and Design, 2Editon,2002.

[١٦] **قاسم ، وفاء معن** : أنظمة اكساء الواجهات (مواد الإكساء المعدني) ، جامعة دمشق ، ٢٠٠٧م.

اقتصر استخدام **النحاس *في مجال الإنشاء*** على بعض العناصر البسيطة كالمفاصل البسيطة والوصلات والأربطة المستخدمة في تدعيم الأعمدة الحجرية القديمة ، لكنها لم تستخدم كعناصر إنشائية كاملة .

٢-٢-٣- مقارنة بعض الخواص الميكانيكية لبعض المواد المعدنية :

م	اسم المعدن	الكثافة كغ/سم^3	مقاومة الشد نيوتن/مم^2	معامل المرونة نيوتن/مم^2	درجة الانصهار درجة مئوية
١	الفولاذ	٧.٨٠	٥٠٠	٢٠٥٠٠٠	١٤٩٠
٢	حديد زهر رمادي	٧.٢٠	٢٥٠	١٤٠٠٠٠	١١٠٠
٣	حديد زهر أبيض	٧.٣٥	٤٥٠	٢٠٥٠٠٠	١١٠٠
٤	حديد زهر لدن	٧.١٥	٥٠٠	١٤٠٠٠٠	١١٠٠
٥	نحاس صافي	٨.٩٠	٢٢٠	١١٠٠٠٠	١٠٨٣
٦	برونز	٨.٦٠	٣٢٠	١١٠٠٠٠	٣٣٥
٧	برونز فوسفوري	٨.٨٠	٤٠٠	١١٠٠٠٠	١٠٠٠
٨	ألمنيوم صافي	٢.٧٠	٨٠	٧٠٠٠٠	٦٦٠
٩	خليط ألمنيوم	٢.٧٣	٢٨٠	٧٠٠٠٠	٦٠٠
١٠	الرصاص	١١.٣٠	١٥	١٤٠٠٠	٣٢٧

جدول (٢-٧) مقارنة بعض الخواص الميكانيكية لبعض المواد المعدنية [١٧]

٢-٣- مزايا المعادن التشكيلية :[١٨]

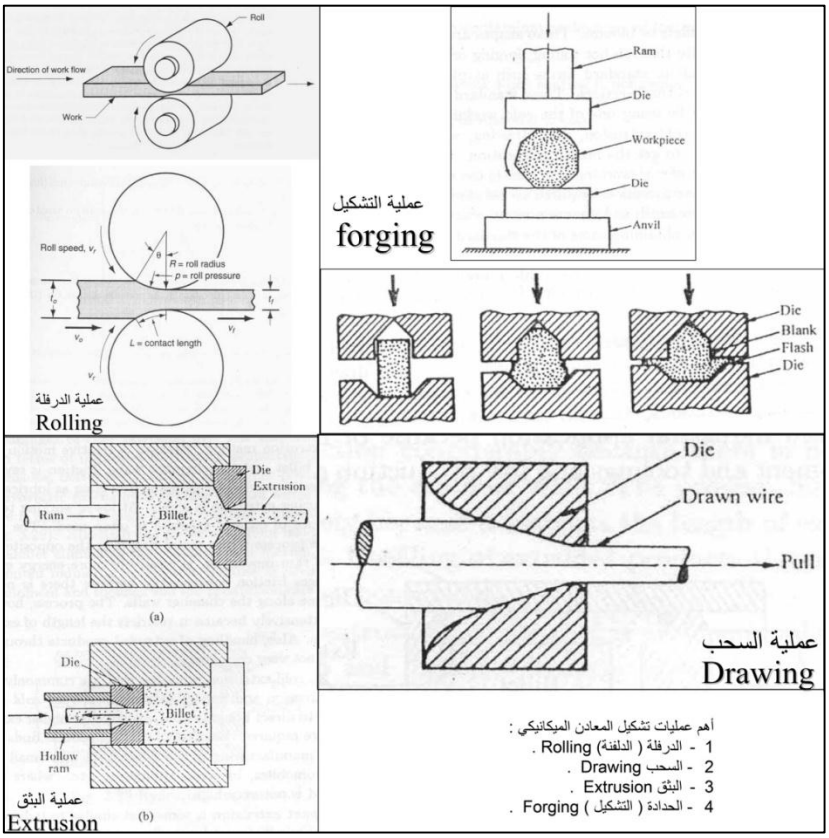
تعتبر عمليات تشكيل المعادن من العمليات الهامة في الإنتاج الصناعي الحديث وهي آخذة بالزيادة و التطور لاقتصاديتها وإنتاجيتها العالية ودقة القطع المنتجة، تعتبر المعادن في المجمل قابلة للتشكيل بشكل عام و لكن تختلف من نوع إلى أخر حسب تركيبها الكيميائي والفيزيائي وبالتالي الطريقة المناسبة للتشكيل ، ومن أهم عمليات التشكيل الميكانيكي مايلي :

١- الدرفلة (الدلفنة) Rolling .
٢- السحب Drawing .
٣- البثق Extrusion .
٤- الحدادة (التشكيل) Forging .

[١٧] **سليمان ، خالد محمد** : أساسيات الهندسة التقنية ، ٢٠٠٩ ، جامعة الملك سعود .
[١٨] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – ميكانيك تشغيل – تقنية تشكيل ، ميك ٢١١، المملكة العربية السعودية ، عام ١٤٢٩

وتصنف أيضا حسب درجة حرارة التشكيل :

- التشكيل على البارد .
- التشكيل على الساخن



شكل (٢-٧) أهم عمليات تشكيل المعادن[١٩]

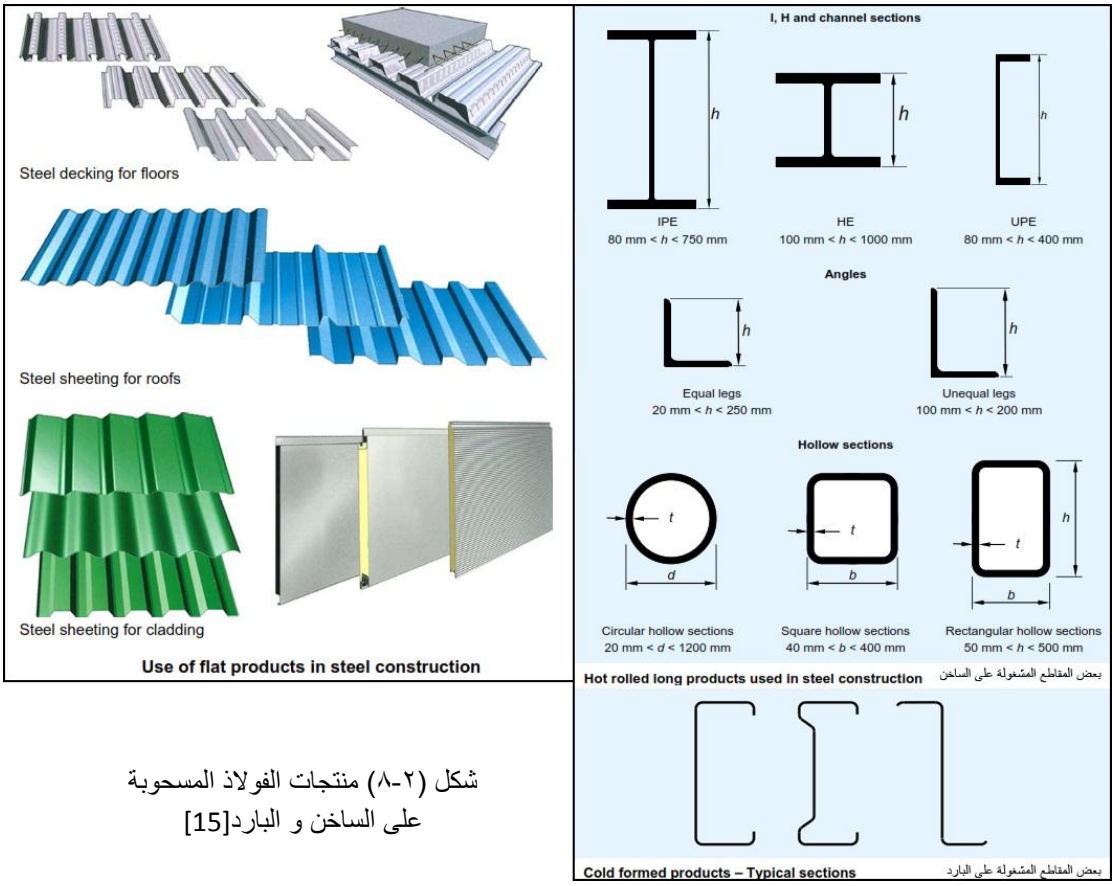
المعدن	قابلية التشكيل	مقاومة الحرارة	مقاومة التآكل و الاحتكاك	سماح التشغيل	نسبة الانكماش
حديد الزهر	جيدة	جيدة	هش لا تقاوم الصدمات	٣مم	%١
فولاذ الإنشاءات	جيدة	جيدة	جيدة سطحها ناعم	٣ مم	%٢
الفولاذ السبائكي	عالية	عالية	عالية	٣مم	%٢
الألمنيوم	لا متناهية	جيدة	قليلة الصلادة وقابلية الالتصاق عالية	١.٥مم	%١.٢٥
النحاس	جيدة	قليلة	تشكيله على البارد يزيد من صلادته ومتانته	١.٥مم	%١.٥

- سماح التشغيل : هي القيمة المضافة لأبعاد المعدن ليتم تصحيحها بعد عمليات التشكيل لإعطائها درجة من الدقة .
- نسبة الانكماش : هي نسبة الزيادة في الحجم بعد تجمد المعدن الذي يتم تشكيله .

جدول (٢-٨) مقارنة بين بعض المعادن في قابليتها للتشكيل والتشغيل [سليمان ، ٢٠٠٩]

[١٩] M.Pandy, Dr. Pulak , Metal Forming Processes , http://paniit.iitd.ac.in/

- منتجات الفولاذ المستخدمة في البناء :



شكل (٢-٨) منتجات الفولاذ المسحوبة على الساخن و البارد[15]

٢-٤- خواص خلائط المعادن بما يخدم إنشاء المباني:

٢-٤-١ الخلائط المعدنية:

بالرجوع إلى خصائص المعادن المادية، قد يكون الفولاذ المادة الأكثر أهميّة في الهندسة والبنيان والإنشاءات في العالم.

الخاصية الأكثر أهميّة للفولاذ هي القابلية الكبيرة للتشكيل والطرق، قوة الشد والمرونة العالية والتوصيلية العالية للحرارة. كلما كانت هذه الخصائص مهمة كلما كانت الخاصية الأهم في الفولاذ الغير قابل للصدأ هي مقاومته للصدأ.

- تطوير الفولاذ المستعمل في المنشآت المعدنية لتحمل أحمال كبيرة ضمن الاجهادات المسموحة مع تحقيق خفة وزن القطع الإنشائية و صغر حجمها نسبيا مما يسمح إضافة طوابق إضافية بتكاليف أقل (مرونة أكبر) .
- تطوير المفاصل و الوصلات مما يسمح بمتانة و مرونة أكبر و تحقيق جمالية وإمكانية التشكيل .

المركبات والمعالجة الحرارية المستخدم في إنتاج الفولاذ تنتج منها مقادير خصائص وقوة مختلفة، الاختبار يجب أنْ يكون لقياس الخصائص النهائية للفولاذ ولتأكيد الالتزام بالمعايير الموجودة.[٢٠]

٢-٣-٢- تعدين الفولاذ :[٢١]

يجري تعدين الفولاذ بواسطة أفران عالية و يمكننا ذكر أهم طرق التعدين :

١- طريقة بسمر توماس .
٢- طريقة سيمنس مارتان .
٣- طريقة التعدين الكهربائي .

أغلب أنواع الفولاذ الموجودة في الأسواق و المستخدمة في المنشآت المعدنية معدة بإحدى الطريقتين بسمر توماس أو سيمنس مارتان .

على الرغم من أن كلا الطريقتين تقدمان أنواع فولاذ مقاومة و مطاوعة متشابهة إلا أنَّ الفولاذ بطريقة بسمر توماس يناسب المنشآت المعدنية ذات الوصلات و البراغي بينما يناسب فولاذ سيمنس مارتان المنشآت المنفذة باللحام .

و تلعب سرعة الفولاذ الساخن الصادر عن فتحة أسفل الفرن دوراً رئيساً بزيادة نسبة الكربون ونميز ثلاثة أشكال للتبريد :

١- التبريد البطيء : تتم بأفران خاصة تتناقص فيها درجات الحرارة ببطء شديد ونحصل منها على فولاذ جيد بنسبة كربون قليلة و خواص ميكانيكية جيدة و هو فولاذ مرن مطاوع .
٢- التبريد المعتدل و تتم عملية التبريد بالهواء الطلق ، و هي عملية سقاية الفولاذ بالهواء ونحصل بذلك على فولاذ قاس بنسبة كربون معتدلة .
٣- التبريد السريع : وتتم العملية بغمس الفولاذ الساخن بالماء و الزيت و يُرافق ذلك نشوء حالة من الاجهادات الداخلية مع قساوة كبيرة في المعدن ، ونحصل بذلك على فولاذ مقسى بنسبة كربون عالية .

تجري عملية التعدين بإلقاء كمية من الفلز مع كمية من فحم الكوك من أعلى الفرن ، و يتم إذابة الفلز ، و يُفصل الحديد عن الشوائب المرافقة له ممتزجاً مع مادة الكربون بنسب مختلفة ليشكّل الفولاذ ذات الأصناف المختلفة .

وخلال اشتعال الكوك يُبثُّ الهواء ويُضاف إليه الكلس المطفّئ ليتفاعل مع الخبث و ينسحب معه لاتمام العملية.

[٢٠] من موقع www.keytometals.com
[٢١] عنبي ، عمار ، المنشآت المعدنية ، عام ٢٠٠٨ ، ص (٣-٤) .

غير أنّ هناك بعض المعادن تبقى مع الحديد و الكربون في خلطة الفولاذ، و لكن بنسب قليلة جداً منها معادن ضارة بوجودها لمميزات الفولاذ الميكانيكية مثل الكبريت S و الفسفور P (نسبة عظمى ٠.٠٧ %) ومنها مواد مفيدة لمميزات الفولاذ الميكانيكية مثل السيليسيوم Si والكروم Cr و المنغنيز Mn و النيكل Ni و النحاس Cu و الفناديوم و الموليبديون Mo و الألمنيوم Al والكالسيوم Ca .**[عنبي ، ٢٠٠٨، ص ٤]**

أنواع الفولاذ الأكثر استخداماً في العالم هي:

- الفولاذ S235 (St37) : وهو عادي تستخدم في المجلات الإنشائية و الأبنية و تعتمد عليه في الحياة العملية .
- الفولاذ S355 (St52) : وهو عالي المقاومة أقل استخداماً من الفولاذ السابق و تعتمد في المنشآت الخاصة .

وفي ما يلي جدول يوضح بعض خواص الفولاذ و نسب المواد المضافة :

نوع الفولاذ	نسب المواد الكيميائية الإضافية في سبيكة الفولاذ %				تطاول الانقطاع %	حد الانقطاع N/mm^2	حد المرونة N/mm^2
	N	S	P	C			
	التحليل الكيميائي – قيمة عظمى				الأصغر	من - إلى	الأصغر
S235JR	0.17 – 0.2	0.045	0.045	0.009	الطولي 26 العرضي 24	340 - 470	t<16mm 235 N/mm^2 عندما 16<t<40 225 N/mm^2
S235JRG1				0.007			
S235JRG2				0.009			
S235JRG3	0.17	0.035	0.035	-			
S355J2G1	0.20	0.035	0.035	-		630 - 490	345/355

جدول (٢-٩) بعض أنواع الفولاذ و نسب المواد المضافة [عنبي ،٢٠٠٨]

٢-٣-٣- تقسية المعادن :[٢٢]

التقسية هي مجموعة من التقانات والطرائق المختلفة التي تستخدم لزيادة قساوة المعدن أو الخليطة المعدنية. والقساوة هي مقاومة المادة للخدش أو الخرق أو التغلغل من المواد الأكثر قساوة. ومفهوم القساوة مفهوم نسبي حيث لا توجد مواد طبيعية أو صنعية تتمتع بقساوة مطلقة.

تُقدَّر قساوة المواد غير المعدنية بمقارنتها بقساوة بعض الحجارة أو البلورات الطبيعية المعروفة مثل الستيتيت (الحجر الصابوني) والفلسبار والطوباز والكوارتس والماس وغيرها، وهي مصنفة في عشرة درجات أخفضها الستيتيت (١) وأعلاها الماس (١٠) وهو أقسى المواد المعروفة في الطبيعة.

[٢٢] **أبو جهجاه ، جميل** : المعادن (خواصها، اختباراتها، معالجتها الحرارية)، جامعة دمشق ،١٩٨١م.

أمّا قساوة المعدن والخلائط المعدنية فتقاس بوسائل وطرائق كثيرة ومختلفة من حيث المبدأ، أهمها وأكثرها استخداماً هي طرائق: برنيل Brinell وفيكرز Vickers وروكويل Rockwell.

طريقة التقسية	المعدن المستخدم	الطريقة	النتيجة
تقسية الفولاذ الفحمي	الفولاذ	تسخين ثم تبريد سريع	قساوة في كامل العنصر المعدني
التقسية بالإجهاد	الفولاذ	تحميلها اجهادات تتجاوز حد الانسياب	زيادة في المتانة و القساوة
التقسية السطحية	خلائط الفولاذ	تقسية طبقة رقيقة من سطح المعدن عن طريق : - اللهب - التحريض - بالليزر - بالأشعة الالكترونية	قساوة سطحية
النتردة **Nitriding**	الفولاذ	ذوبان ذرات الآزوت النشطة في الطبقة السطحية للفولاذ	تزيد من مقاومة العنصر للتعب والتآكل والاهتراء
البورنة **Boriding**	الحديد	وتتم إضافة عنصر البورون لسطح القطعة الفولاذية بطرائق مشابهة لطرائق الكربنة	عنصر البورون (البوريك) يشكل مع الحديد والكثير من المعادن الأخرى مركبات صلبة شديدة القساوة

جدول (٢-١٠) طرق تقسية المعادن[٢٣]

- إن خلائط الفولاذ التي تقل نسبة الفحم فيها عن ٠.٢٪ تُعدُّ غير قابلة للتقسية .

<u>بالنتيجة :</u>

أصناف الفولاذ المستخدمة في الانشاء:

- جميع اصناف الفولاذ الغير مسبوك Non-alloye وتعتبر(S235-S275-S355) الأكثر استخداماً.
- جميع اصناف الستانلس تيل Stainless steel
- جميع أصناف الفولاذ السبائكي .
- تستخدم الاصناف S460 للعناصر المعدنية الانشائية عند الحاجة إلى مقاومة قوى كبيرة .
- تستخدم الاصناف S235-S275 للجوائز والجسور الرئيسية .
- تستخدم الاصناف S353 للجوائز والجسور الرئيسية .
- تستخدم الأصناف S275 للصفائح و زوايا الوصلات بسماكة ٨-١٠ مم .

تستخدم هذه الاصناف عموماً الا أن متطلبات التصميم تفرض تغييرها حسب الحالة الموصوفة.

[٢٣] معد البحث

الفصل الثالث

٣- إمكانيات التشكيل الإنشائي والتصميمي للمنشآت المعدنيّة:

٣-١- دراسة معماريّة إنشائيّة لأهم الجمل المستخدمة في الإنشاء بالمعدن.
٣-٢- دراسة أساليب الإنشاء بالمعدن وطرق التنفيذ.
٣-٣- النواحي الاقتصادية والبيئية للمنشآت المعدنية.
٣-٤- طرق العناية والحماية للمنشآت المعدنية.

٣-١- دراسة معمارية إنشائية لأهم الجمل المستخدمة في الإنشاء بالمعدن .

٣-١-١- لمحة عن أسس اختيار مادة البناء :

١- الخصائص الطبيعية للمادة.
٢- المجاز المطلوب من المادة
٣- القدرة على مقاومة العوامل الجوية.
٤- التوافق مع الاستخدام الداخلي و الخارجي.
٥- التكلفة والاقتصاد.

٣-١-٢- لمحة عن أسس اختيار طريقة الإنشاء :

١- علاقة طريقة الإنشاء بوظيفة الحيز.
٢- علاقة طريقة الإنشاء بتشكيل الحيز والمبنى.
٣- علاقة طريقة الإنشاء بالنواحي البيئية.
٤- علاقة طريقة الإنشاء بالنواحي الاقتصادية.
٥- علاقة طريقة الإنشاء الاحتياجات الخاصة.
٦- ثبات ومتانة المبنى واستقراره.

٣-١-٣- تصنيف المباني متعددة الطوابق:

- حسب مادة الإنشاء :[١]
  ١- مباني متعددة الطوابق المعدنية . steel building
  ٢- مباني متعددة الطوابق الخراسانية . concrete building
  ٣- مباني متعددة الطوابق المختلطة . composite building
- حسب الارتفاع :[٢]
  ١- مباني متعددة الطوابق المنخفضة (حتى ٣٠ طابق).
  ٢- مباني متعددة الطوابق العالية . (من ٣٠-٦٠ طابق).
  ٣- مباني متعددة الطوابق العالية جداً (ناطحات السحاب) (٦٠ طابق وما فوق).

٣-١-٤- مميزات المنشآت الفولاذية :[٣]

١- لا تحتاج إلى شدات خشبية ← كلفة إنشاء أقل .

٢- الفولاذ مادة متجانسة ← سهولة التحكم في خواصه وتكوينه الكيميائي.

٣- قدرة عالية على تحمل إجهادات الشد و الضغط.

٤- سرعة الإنشاء بسبب إمكانية التحضير في الورش ثم التجميع في الموقع ← إمكانية العمل في جميع فصول السنة.

٥- الدقة في التنفيذ.

---

[1] **CTBUH**,2008, Council on Tall Buildings and Urban Habitat

[2] **Siddiqi** , **Prof. Dr. Zahid**, Bacing system , UET, Lahore.2005 . ترجمة معد البحث

[٣] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – إنشاءات معدنية ، مدن ٢١٩ ، المملكة العربية السعودية ، عام ١٤٢٩ هـ .

٦- إمكانية فك المنشأ و إعادة التركيب.

٧- سهولة و التطوير و الإضافة أثناء التنفيذ.

٨- الفولاذ قابل للسحب ← سهل النقل ← قليل الكلفة .

٩- إمكانية تقوية بعض العناصر الإنشائية بسهولة .

١٠-إمكانية التنبؤ قبل الانهيار (حدوث تشوهات قبل الانهيار).

١١-حد المرونة للفولاذ عالي نسبيا مقارنة بالمواد الأخرى.

١٢-استمرارية البناء ذو الإنشاء المعدني:

(معايير بيئية – معايير اقتصادية – معايير اجتماعية).

٣-١-٥- عيوب المنشآت الفولاذية :

١- قابلية الصدأ في الجو الرطب أو المشبع بالأملاح والأحماض ← يحتاج للصيانة مستمرة وطلاء عناصره.

٢- مقاومة ضعيفة للحريق خصوصا بعد ٥٠٠ م° ويسيل تماما عند ١٢٠٠ درجة مئوية.

٣- قابلية التآكل بسبب الأبخرة الكيميائية الضارة لذا يجب حمايته بالدهانات الخاصة.

٣-١-٦- تطور الجمل الإنشائية للأبنية العالية المعدنية: [٤]

بعد الحرب العالمية الثانية بدأت الفترة الذهبية الثانية للأبنية العالية الفولاذية إذْ بدأ عدد سكان العالم بالتزايد وكذلك اقتصاده بالاتساع والازدهار، وأحبّ عندها مهندسو العمارة فكرة المبنى العالي الذي يبدو موشوراً زجاجياً نتيجة تنفيذ الجدران الخارجية على شكل ستارة زجاجية glass curtain wall. ومع أنّ هذه الفكرة تعود إلى عام ١٩٢٠ فقد طُوّرت ونُفّذت بشكلها الصحيح بعد الحرب العالمية الثانية.

وفي مطلع السبعينيات صار الاقتصاد في تصميم الأبنية العالية وتنفيذها مطلباً رئيسياً، فابتكر المهندس فزلر خان Fazlur Khan ***جملة تربيط قطرية خارجية**** في مبنى جون هانكوك John Hancock في شيكاغو ذي المائة طابق، فشكلت أنبوباً صلباً بارتفاع ٣٤٣م؛ مما خفض استهلاك الفولاذ إلى ١٤٥كغ/م^2 في حين بلغ استهلاك الفولاذ ٢٧٥كغ/م^2 في مبنى **إمباير ستيت** Empire State Building في نيويورك والتي استكمل بناؤها في مطلع الثلاثينيات من القرن العشرين.

وبعد فترة قليلة في عام ١٩٧٣ استخدم المهندس خان الفكرة نفسها في تصميم **برج سيرز** Sears Tower ذي ١١٠ طوابق بارتفاع ٤٤٣م في شيكاغو، وكان إلى سنوات قليلة يُعد أعلى مبنى في العالم.

شكل (٣-١) برج جون هانكوك
١٩٦٨م
المصدر en.wikipedia.org

شكل (٣-٢) برج امباير ستيت ١٩٣١م
المصدر en.wikipedia.org

شكل (٣-٣) برج سيرز في شيكاغو
١٩٧٣م
المصدر [سمارة، ٢٠٠٣]

[٤] **G.W.OWENS & P.R. KNOWLES**, Steel Designers' Manual (Blackwell Science)

*هي عبارة عن جملة اعتمدت الإطارات الجملونية على المحيط الخارجي لكتلة البرج .

٣-١-٧- أهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني متعددة الطوابق multi-story buildings

يجب أن نُميّز في المباني متعددة الطوابق وفق الجملة الإنشائية المستخدمة :[٥]

- مباني متعددة الطوابق المنخفضة (حتى ٣٠ طابق). Low-rise buildings
- مباني متعددة الطوابق العالية (أكثر ٣٠ طابق) . High-rise buildings

في **الأبنية متعددة الطوابق المنخفضة** Low-rise buildings (حتى ٣٠ طابق) يستخدم في الحلول الإنشائية انطلاقاً من دمج النظامين التاليين لمقاومة القوى والاجهادات المختلفة :

١- مقاومة **القوى الشاقولية** بواسطة إطارات نصف صلبة Semi-rigid frames – أو إطارات مفصلية (مسمارية) Pinned frames .
٢- مقاومة **القوى الأفقية** بواسطة عناصر تربيط Braced أو جدران قص أو نواة بيتونية.

أما في **الأبنية متعددة الطوابق المرتفعة** (العالية) High-rise buildings حيث تستخدم العديد من الجمل الإنشائية تبعا لمعدل ارتفاع و عدد الطوابق كما يلي :

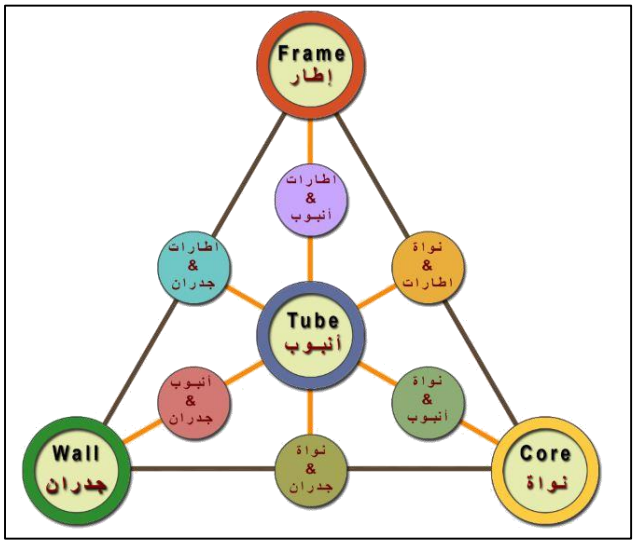
١- حتى ٣٠ طابق : جدران قص – نواة بيتونية. (wall or core systems)
٢- من ٣٠ – ٦٠ طابق : نظام إطارات . (frame systems)
٣- أعلى من ٦٠ طابق : نظام أنبوبي . (tube systems)

٣-١-٨- نظرة عامة على أهم النظم الإنشائية المستخدمة في الأبنية متعددة الطوابق :

في العموم لدينا أربع مجموعات رئيسية من الجمل الإنشائية المستخدمة في الأبنية متعددة الطوابق تتلخص بما يلي :

١- نظام جدران القص . Bearing wall system
٢- نظام النواة . Core system
٣- نظام الإطارات . Frame system
٤- النظام الأنبوبي . Tube system

ومنه تتفرع أغلب الجمل الإنشائية عن طريق دمج نوعين أو أكثر من هذه الجمل حسب **[Siddiqi,2005]**



شكل(٣-٤) تصنيف النظم الإنشائية في المباني متعددة الطوابق حسب (ليشاك دروسدوف ١٩٧٨م)

[٥] **Siddiqi , Prof. Dr. Zahid**, Bacing system , UET, Lahore.2005 .

من جانب آخر اقترح الباحثان **علي و كايغون** (Ali and Kyoung Sun Moon) [٦] تصنيفاً للأبنية متعددة الطوابق حيث صنفا الجمل الانشائية للأبنية العالية إلى طريقتين:

- تقوية الداخل من خلال نظم انشائية داخلية (interior structures).
- تقوية الخارج من خلال نظم انشائية خارجية (exterior structures).
- او تقوية الداخل والخارج معاً.

و يعتمد هذا التقسيم على توزيع عناصر جملة مقاومة القوى الجانبية في مركز المبنى، فتعرف الجملة بأنها **منشآت داخلية (interior structures).**

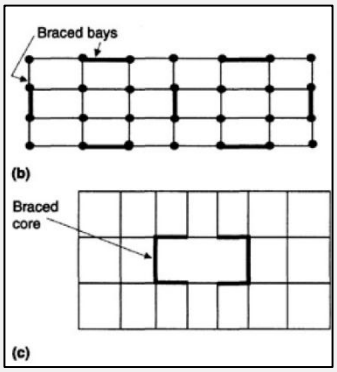
و عندما يتوضع الجزء الرئيس من جملة مقاومة القوى الجانبية موزعة على محيط المبنى فتعرف الجملة بأنها **منشآت خارجية (exterior structures).**

- يُعتبر هذا التصنيف للأبنية متعددة الطوابق كمرجع ومن الضروري أن يتراوح الارتفاع المناسب لكل جملة انشائية ضمن مجال معين بسبب العوامل المختلفة التي تؤثر بالارتفاع أيضاً مثل :
  - **شكل المبنى** Building Shap .
  - **معامل الشكل** Aspect Shape (تعرف قيمة معامل الشكل للبناء بأنه ارتفاع البناء مقسوما على عرضه).
  - **الوظيفة المعمارية** Architecture Function.
  - **شروط الأحمال** Load Condition.
  - **شروط الموقع** Site Conditions.
  - **استقرار المنشأ** Building Stability.

وبالتالي يكون الارتفاع الأمثل حسب تأثير العوامل المختلفة؛ وقد وضعت الارتفاعات في التصنيف السابق اعتمادا على الخبرة والتجربة. [Mir M. Ali and Kyoung, 2010, p208]

[٦] Mir M. Ali and Kyoung Sun Moon , Structural Developments in Tall Buildings , School of Architecture University Of Illinois at Urbana-Champaign , USA , 2010 .

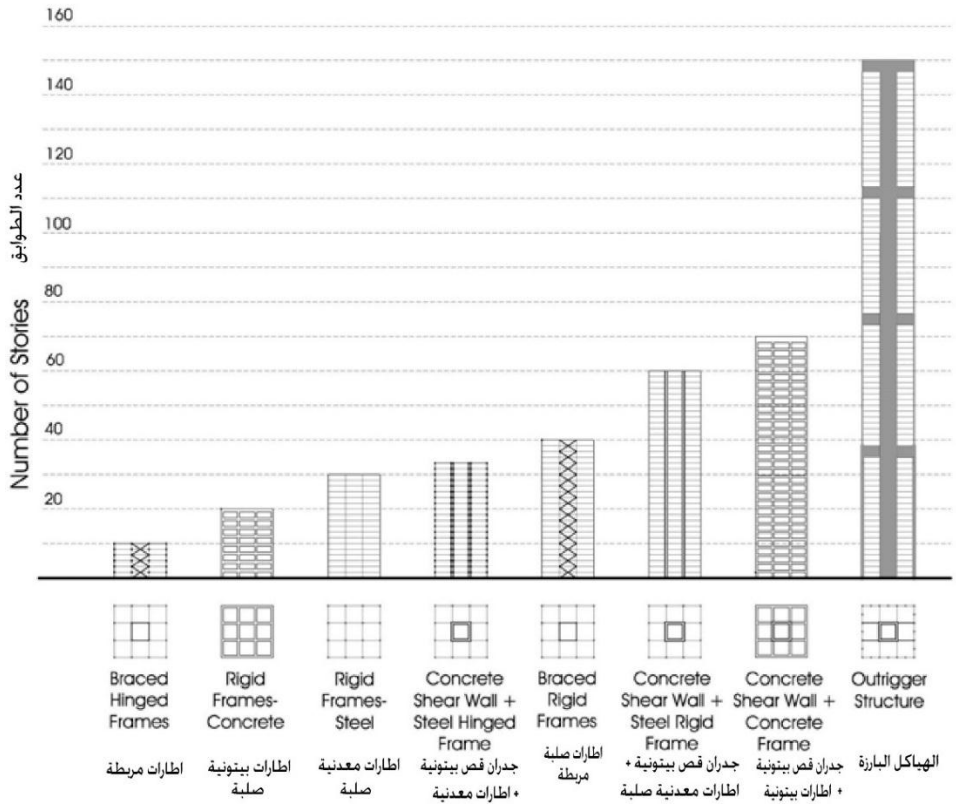
تقوية الداخل من خلال نظم انشائية داخلية (interior structures):

النظام	نظام فرعي	مادة الانشاء	عدد الطوابق	مزايا وعيوب	أمثلة
اطارات صلبة Rigid Frames	-	معدن	٣٠	مرونة في تخطيط الفراغ سرعة في التنفيذ وصلات العزوم غالية كلفة الحماية من الحريق أعلى	 شكل (٣-٥) برج التأمين لرجال الأعمال USA - Kansas City المصدر en.wikipedia.org
		بيتون	٢٠	مرونة في تخطيط الفراغ سهولة الصب ارتفاع كلفة العمالة بطء بالتنفيذ	 شكل (٣-٦) -برج Ingalls Building Cincinnati - USA المصدرen.wikipedia.org
اطارت متفصلة ذات تربيط Braced Hinged Frames	-	جملونات قص معدنية + اطارات متفصلة معدنية	١٠	تقاوم القوى الأفقية بشكل جيد تتطلب جوائز أقل سقوط من الجوائز في الجمل غير المربطة تقييد تخطيط الفراغ الداخلي بسبب اطارات التربيط وصلات التربيط مكلفة	 شكل (٣-٧) مباني معدنية منخفضة المصدر [١٢]

جدران قص \ اطارات متفصلة Shear Wall / Hinged Frames		جدران قص بيتونية + اطارات متفصلة معدنية	٣٥	تقاوم القوى الأفقية بشكل جيد تقييد تخطيط الفراغ الداخلي بسبب جدران القص	 شكل (3-8) 77 West Wacker Chicago -USA المصدر www.chicagoarchitecture.info
جدران قص أو جملونات قص Shear Wall (or Shear (Truss	إطارات صلبة مربطة	جملونات قص معدنية + اطارات صلبة جملونية	٤٠	تقاوم القوى الأفقية بشكل جيد تقييد تخطيط الفراغ الداخلي	 شكل (٣-٩) برج امباير ستيت -- New Yorkالمصدر www.boomsbeat.com-USA
	جدران قص \ اطارات صلبة	جدران قص بيتونية +اطارات صلبة معدنية	٦٠	تقاوم القوى الأفقية بشكل جيد تقييد تخطيط الفراغ الداخلي	 شكل (٣-١٠) - برج سيغرام بعد الطابق ١٧ New York-USA المصدر en.wikipedia.org

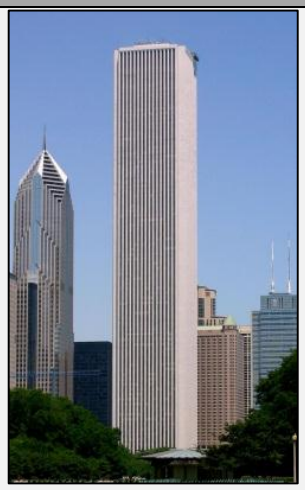
		جدران قص بيتونية + إطارات بيتونية	٧٠	تقاوم القوى الأفقية بشكل جيد تقييد تخطيط الفراغ الداخلي	 شكل (٣-١١) - 311 South Wacker Drive (Chicago-USA) المصدر en.wikipedia.org
هياكل بارزة Outrigger Structures		أنوية (جملونات معدنية أو جدران قص بيتونية) + بروزات (جملونات معدنية أو جدران بيتونية) + جملونات تربيط + أعمدة معدنية أو بيتونية أو مختلطة	١٥٠	يقاوم الانحناء بواسطة الأعمدة الخارجية الممتدة إلى النواة ضعيف المقاومة لقوى القص	 شكل (٣-١٢) –برج تايبي - تايوان المصدر www.blueblots.com

جدول (٣-١) تقوية الداخل من خلال النظم الانشائية الداخلية [M. Ali and Kyoung Sun Moon,2010] بتصرف الباحث



شكل (٣-١٣) تقوية الداخل من خلال النظم الانشائية الداخلية [M. Ali and Kyoung Sun Moon,2010]

وإما تقوية الخارج من خلال النظم الانشائية الخارجية التالية:

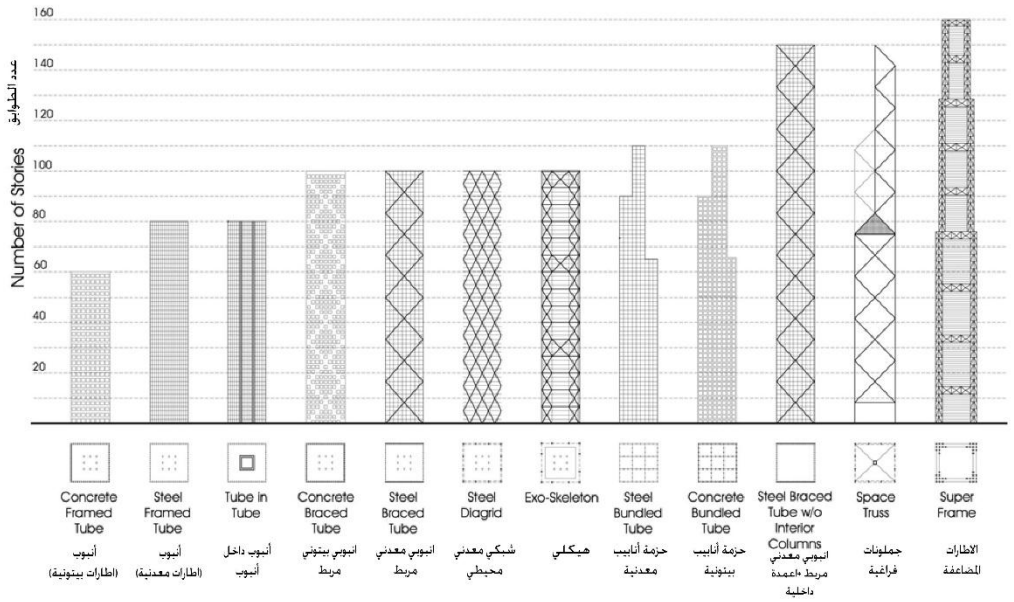
النظام	نظام فرعي	مادة الانشاء	عدد الطوابق	مزايا وعيوب	أمثلة
النظام الانبوبي Tube	اطارات أنبوبية Framed Tube	معدن	٨٠	يقاوم القوى الجانبية حسب مكان تواجد العناصر الانشائية على محيط المبنى تعيق الأعمدة المتقاربة على الواجهة الرؤية الخارجية قوى القص تعيق عمل النظام كنظام انبوبي حقيقي	 شكل (٣-١٤) –برج Aon Center Chicago - USA المصدر en.wikipedia.org
		بيتون	٦٠	يقاوم القوى الجانبية حسب مكان تواجد العناصر الانشائية على محيط المبنى تعيق الأعمدة المتقاربة على الواجهة الرؤية الخارجية قوى القص تعيق عمل النظام كنظام انبوبي حقيقي	 شكل (٣-١٥) برج water Tower place Chicago - USA المصدر www.openbuildings.com
	أنبوبي مربط Braced Tube	معدن	١٠٠ مع أعمدة داخلية ١٥٠ بدون أعمدة داخلية	يقاوم القوى الأفقية بشكل جيد بواسطة عناصرالتربيط القطرية أعمدة أعرض من من اطارات الانابيب يخفض قوى القص تعيق عناصر التربيط الرؤية الخارجية	 شكل (٣-١٦) برج جون هانكوك ١٩٦٨م المصدر en.wikipedia.org

		بيتون	١٠٠	يقاوم القوى الأفقية بشكل جيد بواسطة عناصر التربيط القطرية أعمدة أعرض من من اطارات الانابيب يخفض قوى القص تعيق عناصر التربيط الرؤية الخارجية	 شكل (٣-١٧) برج مركز اورينتي Onterie Center Chicago - USA المصدر www.emporis.com
حزمة الأنابيب Bundled tube		معدن	١١٠	يخفض من قوى القص يقاوم القوى الجانبية يحد من حرية تخطيط الفراغ الداخلي	 شكل (٣-١٨) برج سيرز في شيكاغو ١٩٧٣م المصدر [٣٥]
		بيتون	١١٠	يخفض من قوى القص يقاوم القوى الجانبية يحد من حرية تخطيط الفراغ الداخلي	 شكل (٣-١٩) برج كارنيغي Carnegie Hall –New York -USA المصدر www.wirednewyork.com

	أنبوب ضمن انبوب Tube In Tube	اطارات انبوبية خارجية (معدن أو بيتون) + نواة انبوبية مركزية (معدن أو بيتون)	٨٠	يحد من حرية تخطيط الفراغ الداخلي بسبب النواة المركزية الانبوبية	شكل (٣-٢٠) برج 181 West Madison Street (Chicago, USA) المصدر www.pcparch.com
نظام شبكي محيطي Diagrid	-	معدن	١٠٠	يقاوم القوى الجانبية بواسطة العناصر القطرية ذو وصلات معقدة ومركبة	شكل(٣-٢١) برج هيرست ٢٠٠٤-٢٠٠٦م المصدر www.wspgroup.com
	-	بيتون	٦٠	يقاوم القوى الجانبية بواسطة العناصر القطرية كلفة تنفيذه عالية بطء في التنفيذ	شكل (٣-٢٢) برج O-14 أبو ظبي المصدر superduperfresh.wordpress.com
هياكل جملونية فراغية Space Truss Structures	-	معدن	١٥٠	يقاوم القوى الجانبية بشكل جيد قد يعيق الرؤية الخارجية	شكل (٣-٢٣) برج بنك الصين – هونغ كونغ المصدر en.wikipedia.org

الاطارات المضاعفة Super frames	-	معدن	١٦٠	امكانية الارتفاع بالمبنى يعتمد على درجة عالية من النظام الهيكلي	 شكل (٣-٢٤) برج تجارة شيغاغو العالمي- لم ينجز بعد المصدر www.pinterest.com
	-	بيتون	١٠٠	امكانية الارتفاع بالمبنى يعتمد على درجة عالية من النظام الهيكلي	 شكل (٣-٢٥) برج Parque Central (Caracas, Venezuela) المصدر www.skyscrapercity.com
الهيكل الخارجي Exo-skeleton	-	معدن	١٠٠	لا تعيق الاعمدة المحيطية الرؤية الخارجية مشكلة التمدد والتقلص الحراري	 شكل (٣-٢٦) فندق دي لاس آرتيز- برشلونة -١٩٩٢م المصدر www.aviewoncities.com

جدول (٣-٢) تقوية الخارج من خلال النظم الانشائية الخارجية[M. Ali and Kyoung Sun Moon,2010] بتصرف الباحث



شكل (٣-٢٧) تقوية الخارج من خلال النظم الانشائية الخارجية [M. Ali and Kyoung Sun Moon,2010

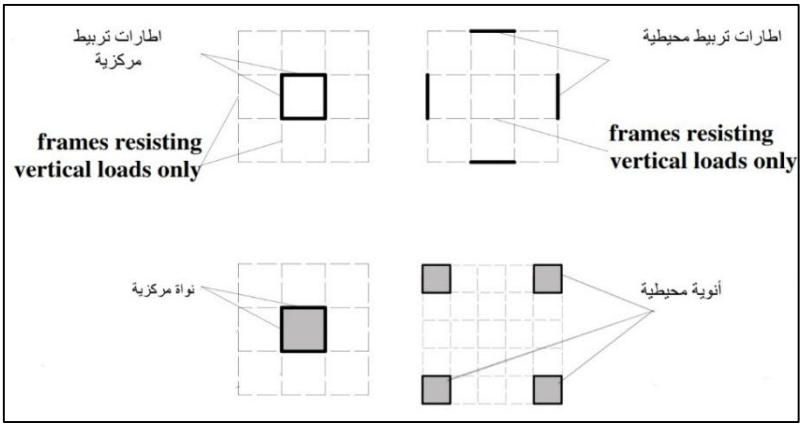
استقراء:

مما سبق في **الأبنية متعددة الطوابق المنخفضة** Low-rise buildings يستخدم في الحلول الإنشائية عموماً ثلاثة أشكال (بما يوافق **الواقع المحلي**) وينصح بالانشاء المختلط للتوفير بالمقاطع المعدنية و بالتالي التقليل من الكلفة الاقتصادية :

١- إما تقوية مركز البناء عن طريق :
- نواة مركزية حاملة + إطارات جملونية ظفرية .
- عناصر تربيط داخلية

٢- إما تقوية محيط البناء عن طريق :
- أنوية محيطية + إطارات شاقولية أو جملونية .
- عناصر تربيط خارجية .

٣- أو تقوية المركز و المحيط معاً .



شكل (٣-٢٨) يوضح طريقة تقوية المبنى من المركز أو محيطي - معد البحث

٣-١-٩- الخصائص التصميمية لأهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني متعددة الطوابق:

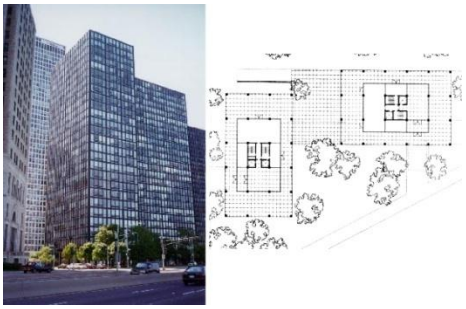
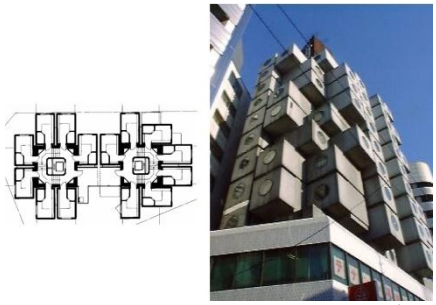
تنعكس الفكرة الإنشائية على وظيفة المبنى الأساسية وكذلك على الشكل الخارجي له ، وأحيانا قد تفرض الوظيفة الجملة الإنشائية للمبنى .

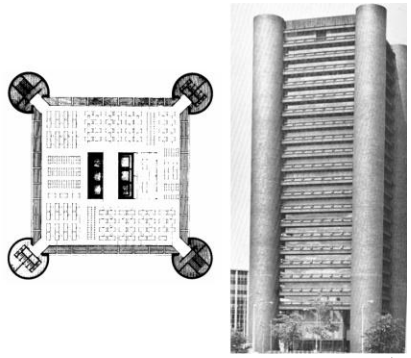
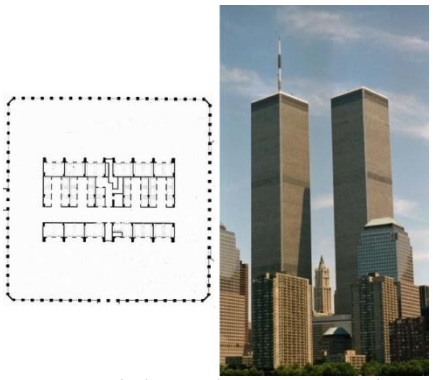
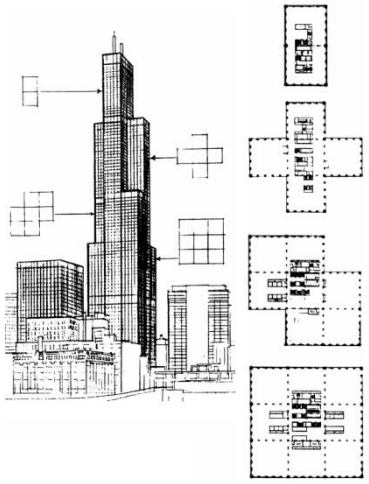
و عندما نتحدث عن الشكل الخارجي و علاقته بالإنشاء و إظهارها يذهب التفكير هنا إلى الأبنية متعددة الطوابق فمع تقدم التكنولوجيا و خاصة في مجال البناء بالمعدن نجد أن المصممين قد انحازوا إلى أمرين :

- هو إظهار الإنشائية كاملة وتكون هي محور التصميم أو الفكرة التصميمية.
- إضفاء صفة الشفافية في تصميم الواجهات لتعكس المباني المجاورة وتخفف من حدة حجمها بالنسبة للجوار.

نذكر بعض أهم هذه الجمل المستخدمة في المباني متعدد الطوابق:

١- النظام الهيكلي .
٢- نظام النواة المركزية .
٣- نظام الأنوية المحيطية .
٤- النظام الأنبوبي .
٥- نظام حزمة الأنابيب .

/	أهم النظم الإنشائية	النواحي التصميمية	الصور
١	**النظام الهيكلي**	إن فكرة استمرارية الأعمدة بالاتجاه الرأسي ، و البلاطات بالاتجاه الأفقي جعل الهيكل يظهر بشكل متماسك : - يعطي للواجهات حرية التشكيل و بساطة في الشكل الخارجي و خاصة عند استخدام المعدن و الزجاج في إكساء الواجهات . - فصل الإنشاء عن الوظيفة . - يساهم في تسهيل فكرة التكامل التقني من خلال سهولة وضع وحدات الإضاءة و تمديدات التكييف ...	 شكل (٣-٢٩) Lake Store Drive Apartment 1951 المصدر[نوبي،٢٠٠٧]
٢	**نظام النواة المركزية**	- تتيح تحرير الشكل الخارجي من الإنشاء وتجميع الخدمات في المركز . - إمكانية استخدام الكابلات والشدادات - إمكانية استخدام الكبسولات المحمولة على النواة المركزية .	 شكل (٣-٣٠) برج ناكاجن - كيشوكوروكاوا - ١٩٧٢م المصدر [نوبي،٢٠٠٧]

٣	**نظام الأنوية المحيطية**	يحقق هذا النظام متطلبات معمارية و إنشائية من حيث : - تفريغ الفراغ الداخلي للمبنى . - إعطاء صلابة كبيرة للمبنى و ثبات أكبر . - تؤثر الأنوية المحيطية على الشكل الخارجي بشكل أساسي و يعطي المبنى طابعه الخاص .	 شكل (٣-٣١) Knight Columbus Building المصدر [نوبي،٢٠٠٧]
٤	**النظام الأنبوبي**	يعد تطويرا لنظام النواة حيث تحولت فكرة الأنبوبة في قلب المبنى إلى الإطار الخارجي. - تعتمد على زيادة الأعمدة على الإطار الخارجي للمسقط الافقي (على الواجهات) - يسمح في تحرير الفراغ الداخلي . - بساطة في الواجهات الخارجية مع إبراز العناصر الإنشائية في الغالب . - نظام أفضل للمباني متعددة الطوابق العالية حيث يصبح أكثر اقتصاداً .	 شكل (٣-٣٢) برج التجارة العالمي سابقا - ١٩٧٣م المصدر [نوبي،٢٠٠٧]
٥	**نظام حزمة الأنابيب**	نظام مشتق من النظام الأنبوبي حيث يقسم المبنى إلى مجموعة أقسام و كل قسم يشكل أنبوباً مما يتيح : - تقسيم الفراغ الداخلي إلى عدة أقسام بشكل أوضح . - فكرة حزمة الأنابيب تعطي المبنى صلابة و تدعيم أكبر . - تعطي مرونة عالية في تشكيل الارتفاعات و الارتدادات . - تعطي بساطة في الغلاف الخارجي .	 شكل (٣-٣٣) برج سيرز في شيكاغو ١٩٧٣م المصدر[نوبي،٢٠٠٧]

جدول(٣-٣) الخصائص التصميمية لأهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني المتعددة الطوابق [٧]

[٧] **محمد حسن ، نوبي** : الشكل و الإنشاء في العمارة ، ٤٦٦ عمر ، جامعة الملك سعود ، ٢٠٠٧م.

٣-١-١٠- أهم الجمل الإنشائية الخاصة المستخدمة في المباني متعددة الطوابق المعدنية steel multi-story buildings :

تتألف أساساً من **إطارات صلبة أو إطارات مربطة** braced frames .[٨]

يجب أن تقاوم الجمل الإنشائية structural systems المستخدمة في الأبنية العالية الأحمال الجانبية كما يجب أن توفر حلاً اقتصادياً بحيث تُستخدم المواد استخداماً فعالاً. فأكثر الجمل الإنشائية فعالية تلك التي تقاوم القوى الجانبية من دون زيادة تذكر في استهلاك المواد عن تلك اللازمة لمقاومة الأوزان الشاقولية، أي لا تنتج كلفة إضافية عن الزيادة في ارتفاع البناء. وبناء على هذا تصنف الجمل الإنشائية في الأبنية العالية كما يأتي:

١- **جملة الإطارات الصلبة rigid frames** حيث تنفذ الوصلات بين الجوائز والأعمدة على نحو صلب بوساطة اللحام. ويتم تأمين المقاومة الجانبية بالوصلات الصلبة. يمكن استخدام هذه الجملة حتى ارتفاع ٩٠ متراً من دون زيادة في الكلفة نتيجة الارتفاع.

٢- **جملة إطارات صلبة مع جوائز قص شبكية شاقولية vertical shear trusses** أو جدران قص بيتونية concrete shear walls وذلك من أجل صلابة جانبية أكبر للبناء lateral rigidity. تستخدم هذه الجملة حتى ارتفاع ١٥٠ متراً .

٣- **المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة long-span steel structures حيث** يعد الفولاذ المادة الأساسية في المنشآت ذات المجازات الكبيرة حيث استخدمت الهياكل الإنشائية المنعطفة . التي كانت تستخدم سابقاً في بناء الجسور . في إشادة الأبنية ذات المجازات الكبيرة كالجوائز الصفائحية plate girders والجوائز الشبكية trusses.

تُصنع الجوائز الصفائحية من صفائح فولاذية لتشكل مقاطع على شكل حرف I أكبر من مثيلاتها القياسية المصنعة بالسحب على الحامي وتستخدم الجوائز الصفائحية لتغطي مجازات حتى ٦٠ متراً .

في حين تتشكل الجوائز الشبكية من عناصر خطية قياسية مسحوبة على الحامي. تُجمع هذه العناصر باللحام أو البراغي على أشكال مثلثية متوازنة. وتخضع العناصر الخطية للضغط أو الشد. ويمكن أن يبلغ المجاز span الذي تغطيه الجوائز الشبكية ١٨٠ متراً.

[٨] **G.W.OWENS & P.R. KNOWLES**, Steel Designers' Manual (Blackwell Science).

م	النظم الانشائية	الاستخدام	الصور
١	**جملة الإطارات الصلبة** **rigid frames**	حتى ٩٠ متراً	 شكل (٣-٣٤) مبنى من إطارات صلبة المصدر[سمارة،٢٠٠٣]
٢	**جملة إطارات صلبة مع جوائز قص شبكية شاقولية** **vertical shear trusses**	حتى ١٥٠ متراً	 شكل (٣-٣٥) يوضح جوائز قص شبكية المصدر[سمارة،٢٠٠٣]
٥	**المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة** **long-span steel structures**	حتى ١٨٠ متراً	 شكل (٣-٣٦) بناية سيغرام – نيويورك - اميركا المصدر[سمارة،٢٠٠٣]

جدول(٣-٤) جمل إنشائية خاصة مستخدمة في المباني متعددة الطوابق المعدنية [٩]

[٩] **سمارة ، محمد** : كتاب تصميم المنشآت الفولاذية ،الطبعة الثانية عام ٢٠٠٣.

٣-١-١١- جمل التربيط Bracing systems :[١٠]

تتألف جمل التربيط عادة من مقاطع فولاذية مثل مبسطات أو زوايا أو مقاطع مفرغة وترتب هذه العناصر لتشكل جوائز شبكية وفي أغلبي الأحيان ترتب العناصر بشكل متصالب لكي تصمم لتحمل قوى شد فقط.

تخضع جمل التربيط إلى قوى أفقية ناتجة عن عدد من المصادر التالية مثل:

- أحمال الرياح وأحمال الروافع التي تؤثر أفقياً على المنشأ.
- أحمال ناتجة عن هزات أرضية حيث تكون غالباً أفقية مكافئة.
- قوى ناتجة عن التقييد الجانبي للأعمدة والجوائز.
- قوى افتراضية لتحقيق الاستقرار الجاني للمنشأ.
- قوى مؤقتة ناتجة عن أعمال التنفيذ.

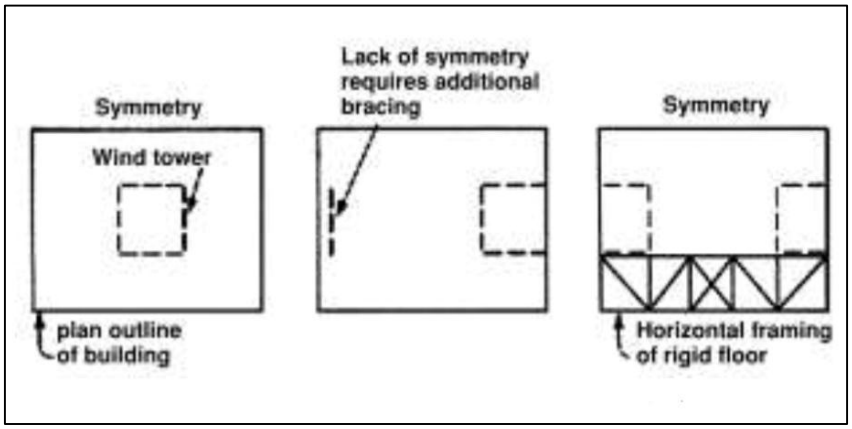
يجب أن يمتلك المنشأ الصلابة الكافية ضد الانزياح الجانبي لتؤمن مقاومة قوى الرياح الأفقية ، و كحد أدنى يجب تصميم المنشأ لمقاومة الأحمال الأفقية الافتراضية .

٣-١-١١-١- أثر إطارات التربيط braced frames في الهياكل المعدنية متعددة الطوابق :

يتم مقاومة القوى الأفقية في الأبنية متعددة الطوابق بـ :

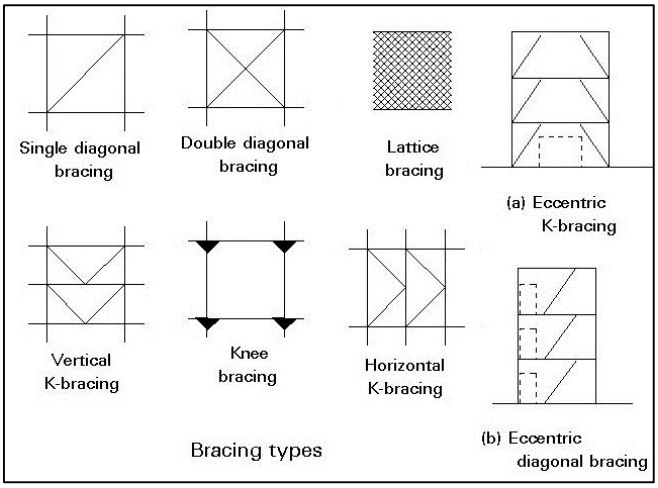
- تصميم عقد الإطارات كعقد صلبة قادرة على تحمل العزوم المطبقة .
- تأمين جدران قص خرسانية أو نواة خرسانية لتقاوم القوى الأفقية مثل جدران بيت الدرج أو بئر المصعد .
- تأمين إطارات تربيط من العناصر الفولاذية .

يتطلب اختيار مواقع شبكات التربيط أو جدران القص عناية خاصة حيث يفضل الوضع المتناظر لتجنب خضوع جملة التربيط إلى عزوم فتل .**[سمارة، ٢٠٠٢، ف١٥، ص٢]**



شكل (٣-٣٧) مواقع جمل التربيط في البناء [سمارة،٢٠٠٣]

[١٠] **سمارة ، محمد** : كتاب تصميم المنشآت الفولاذية ،الطبعة الثانية عام ٢٠٠٣ .



شكل (٣-٣٨) أشكال عناصر التربيط المصدر [25]

يجب تأمين عمل إطاري أفقي في مستوى الطوابق لينقل الأحمال الأفقية إلى جمل التربيط الشاقولية، فمثلا تنتقل أحمال الرياح الأفقية بواسطة التغطية إلى أرضية الطوابق و منها إلى جمل التربيط الشاقولية و لهذا يجب أن يؤمن التصميم إطارات أفقية في مستوى أرضية الطوابق لتنقل هذه الأحمال إلى جمل التربيط الشاقولية .

وعندما تكون أرضيات الطوابق من بلاطات خراسانية لا حاجة لأي إطارات أفقية حيث تتصرف كألواح صلبة في مستويها و تفي بغرض نقل الأحمال الأفقية إلى جمل التربيط الشاقولية .

٣-١-١٢- :عناصر الجملة الإنشائية في الأبنية متعددة الطوابق المعدنية :[١١]

- **الأساسات .**
- **الأعمدة المعدنية .**
- **الجوائز المعدنية .**
- **البلاطات المعدنية.**
- **الوصلات .**
- **عناصر التربيط .**

١- الأعمدة : Columns :

الغرض الرئيسي للأعمدة هو تلقي الحمولات المختلفة من البلاطات و الجسور إلى الأساسات foundations بالإضافة إلى تحمل القوى الناتجة عن الرياح و الزلازل ، حيث تصمم على تحمل قوى الشد و الضغط و الانعطاف .

يحدد اختيار الأعمدة العوامل التالية :

- الغاية المعمارية للمبنى .
- تخطيط و مساحة الأرض .

[١١] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – إنشاءات معدنية ، مدن ٢١١، المملكة العربية السعودية ، عام ١٤٢٩ هـ .

- الكلفة الاقتصادية (I-beam أقل كلفة – أكثر اقتصاديا من المقاطع المفرغة) ،
- سهولة و بساطة الواجهات .

يمكن أن تكون الأعمدة معدنية أو مختلطة .

٢- الجوائز المعدنية : Beams :

تعمل على توزيع الأحمال الشاقولية بشكل أفقي إلى الأعمدة ، و يجب أن يحقق مقطع الجائز صلابة كافية في المستوى الشاقولي .

يمكن أن تكون الجوائز معدنية أو مختلطة .

٣- البلاطات : Floors :

وظيفتها الانشائية الأساسية هي نقل الحمولات المختلفة إلى العناصر الأساسية للمبنى (أعمدة – جسور – عناصر تربيط - .) ، و تساهم في صلادة المبنى بشكل عام و ذلك بالعمل كالحجاب الحاجز الذي يزيد في صلادة المبنى بالمستوى الأفقي لكل طابق .

يصمم البلاطات حسب:

- الأحمال المطبقة .
- الأداء الحراري.
- الأداء السمعي .
- درجة مقاومة الحريق .
- متطلبات الخدمات .
- متطلبات الأسقف المستعارة .

٤- عناصر التربيط : Bracings :

تستخدم عناصر التربيط لزيادة صلابة المبنى بشكل عام و مقاومة القوى الأفقية التي يتعرض لها المبنى

٥- الوصلات Connections :

يعتمد الانشاء بالمعدن على مبدأ بسيط و هو الوصل بين عناصر المختلفة (أعمدة – جسور – عناصر تربيط –قواطع الجدران و الأرضيات) و الوظيفة الرئيسية للوصلات تحويل القوى بين العناصر المرتبطة ، و يجب أن تحقق بنفس الوقت متطلبات التصميم (شكل الوصلات في حال كانت مكشوفة أو خارجية)

يبذل عادة جهد كبير على اختيار الجمل الإنشائية الأنسب و على تصميم عناصرها بحيث تحقق الأمان و الاقتصاد دون التحليل الدقيق لوصلات هذه العناصر و هذا ما يثبته أن أغلب حالات انهيار المنشآت الفولاذية ينتج عن خلل في وصلاتها .

ولهذا يجب تركيز الانتباه على وصل العناصر الإنشائية بعضها ببعض بحيث يتم تأمين الانسجام الكامل مع الفرضيات التي تم تحليل الجمل الإنشائية وفقها و التي بني تصميم العناصر عليها .

تصنف هذه الوصلات خمسة أصناف : [١٢]

١- وصلات الأعمدة Column Splices :

توصل الأعمدة مع بعضها بسبب أن الأجزاء المكونة للأعمدة تورد إلى الموقع بأطوال تصل في بعض الأحيان إلى ٢٠ م و ذلك لتسهيل عملية الإنشاء و هذا التوريد وفقاً لنوع المنتج وظروف التنفيذ و ارتفاع المبنى و غيرها .

٢- وصلات الأعمدة بالجسور beam-to-column connection :

تختلف نوع الوصلة و طرق تثبيتها وفقاً لحسابات الأحمال و نوعية القوى المختلفة (قص – شد – عزم) .

٣- وصلات الجسور مع الجسور Beam To Beam connection :

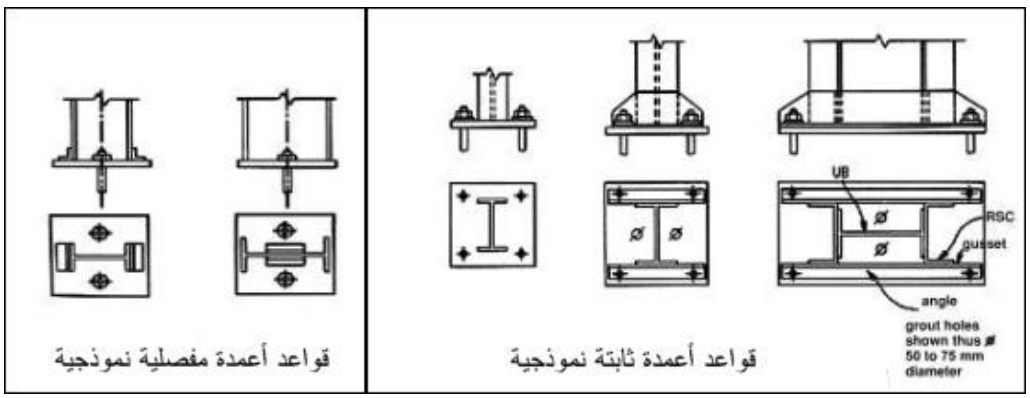
هذه الوصلات يجب أن تفي بالغرض المصممة على أساسه ، من حيث نوع الاجهادات و الأحمال المنقولة عن طريقها و يستخدم في هذه الوصلات المسامير القلاووظ العادية و يشترك معه اللحام كذلك في بعض الوصلات .

٤- وصلات القواعد Bases connection :

صفيحة القاعدة هي صفيحة فولاذية تثبت باللحام في أسفل العمود لتوزع الأحمال من العمود إلى الأساس الخرساني و تثبت بالأساس بواسطة براغي تثبيت تتحمل القص و أي قوى شد تنشأ بين الصفيحة و الأساس الخرساني نتيجة العزم في أسفل العمود .

عندما تكون صفيحة القاعدة صغيرة و كذلك براغي التثبيت لا تنشأ إعاقة ملموسة لحركة أسفل العمود الدورانية و يعتبر عندها استناد العمود مفصلياً ، و العكس تسمى القاعدة ثابتة (وثاق) .

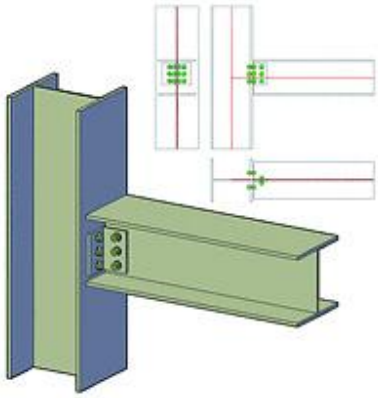
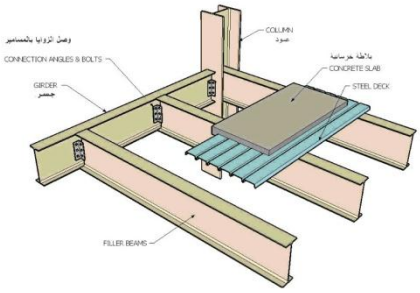
تستخدم القواعد المفصلية في الإطارات البابية و **الأبنية متعددة الطوابق** ، تستخدم القواعد الثابتة بشكل رئيسي في الإطارات البابية و **الأبنية متعددة الطوابق المنخفضة** و خاصة ذات العقد الصلبة .

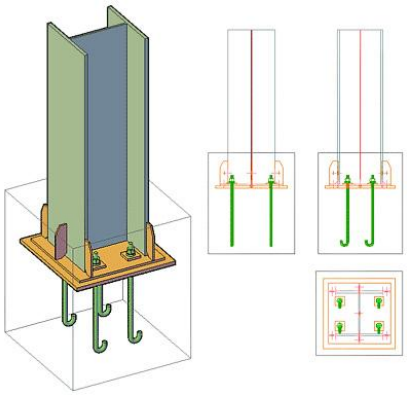
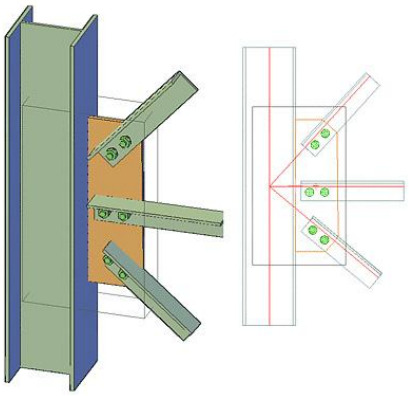


شكل (٣-٣٩) قواعد الأعمدة المفصلية و الثابتة النموذجية [25]

[١٢] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – إنشاءات معدنية ، مدن ٢١١، المملكة العربية السعودية ، عام ١٤٢٩ هـ .

٥- وصلات التربيط Braced connection :

انواع الوصلات	الصور
وصلات الأعمدة Column Splices	 شكل (٣-٤٠) وصلات الأعمدة المعدنية المصدر[٢٦]
وصلات الأعمدة بالجسور beam-to-column connection	 شكل (٣-٤١) وصلات الأعمدة بالجسور المعدنية المصدر www.graitec.com
وصلات الجسور مع الجسور Beam To Beam connection	 شكل (٣-٤٢) وصلات الجسور مع الجسور المصدر[٢٦]

وصلات القواعد Bases connection	 شكل (٣-٤٣) وصلات القواعد المصدر www.graitec.com
وصلات التربيط Braced connection	 شكل (٣-٤٤) وصلات التربيط المصدر www.graitec.com

جدول (٣-٥) أنواع الوصلات – معد البحث

وسائل ربط الوصلات :[١٣]

المنشأ عبارة عن مجموعة من الأجزاء المركبة موصولة فيما بينها بواسطة وسائل وصل (ربط) و في حالة استعمال وصلات غير ملائمة فإنها تؤثر سلبياً على المنشأ إذ يكون غير قادر على نقل الأحمال المطبقة على هذه الأجزاء ، ووسائل الوصل الأكثر استعمالاً هي :

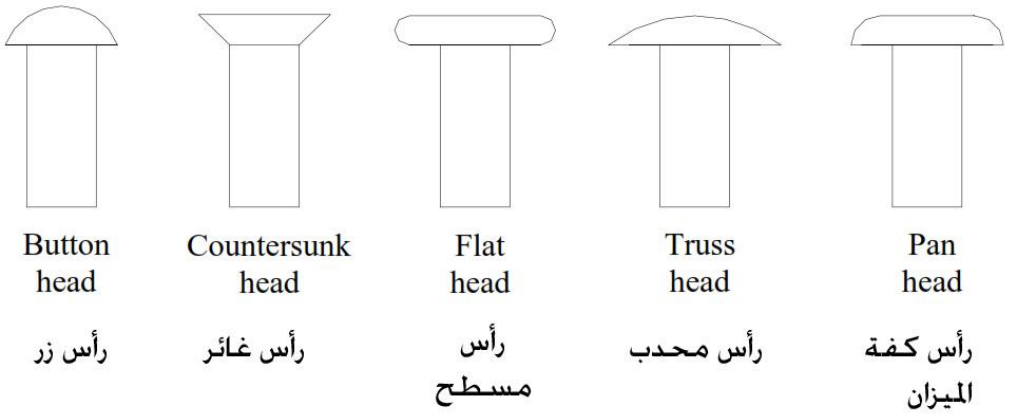
١- وصلات البراشيم Riveted Connections
٢- وصلات البراغي Bolted Connections
٣- وصلات اللحام welded Connections
٤- وصلات مفصلية مسمارية Pin Connections
٥- وصلات بواسطة اللولب MERO Connections
٦- وصلات المسنن الداخلي و الخارجي Pin-Box Connections

[١٣] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – تخصص تقنية مدنية - إنشاءات معدنية ، مدن ٢١٩، المملكة العربية السعودية ، عام٢٠٠٩م الموافق ١٤٢٩ هـ .

١- وصلات مسامير البراشيم Rivets Connections :

تصنع مسامير البراشيم من أسياخ الحديد الطري المطاوع ، Meld Steel و يتكون مسمار البراشيم من الرأس (head) و الجذع (Shank) .

تنجز مسامير البراشيم من الأسياخ عن طريق آلة حيث تشكل الرأس و تقطع مسامير البراشيم حسب الطول المطلوب ، و يصنف حجم مسامير البراشيم بمقدار قطر الجذع ، و على العموم فالرأس يكون على عدة أشكال كما في الشكل التالي :



شكل(٣-٤٥) أنواع رؤوس مسامير البراشيم المختلفة[١٤]

٢-وصلات البراغي Bolted Connections :[١٥]

يتكون مسمار القلاووظ (البرغي) من جزء اسطواني يسمى الساق Shank متصل بالرأس Head ، نهاية جزء البرغي مسننة تسمى أسنان Threads و تدور بها صامولة Nut ، يمكن أن يكون الرأس و الصامولة مربعة أو مسدسة و يمكن أن يحتوي على وردة Washer لحماية الأعضاء أثناء الربط .

نوع البرغي	مواصفات البرغي	الاستخدام
A307	- من الحديد الكربوني - أقل مقاومة للشد هي 60 P.S.I	يستخدم في أعمال التركيبات المؤقتة
A325	- فولاذ عالي المقاومة متوسط الكربون - مقاومة للشد بين 105 P.S.I -120 P.S.I	الأكثر استخداماً الأعمال الإنشائية
A490	- من الصلب عالي المقاومة - مقاومة للشد هي 150 P.S.I	يستخدم في الأعمال الإنشائية الدائمة

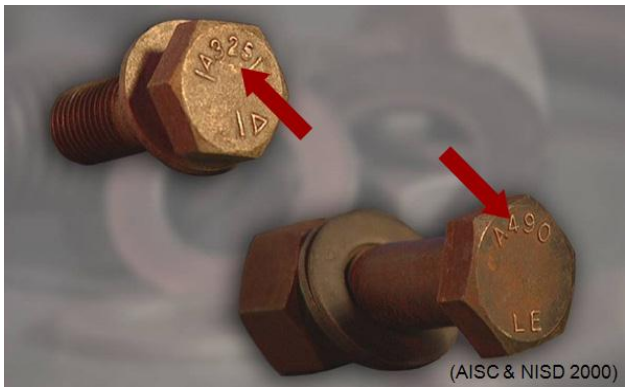
جدول (٣-٦) أنواع البراغي حسب المواصفات الأمريكية ASTM . [25]

[١٤] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – تخصص تقنية مدنية - إنشاءات معدنية ، مدن ٢١٩، المملكة العربية السعودية ، عام٢٠٠٩م الموافق ١٤٢٩ هـ ..

[١٥] **سمارة ، محمد** : كتاب تصميم المنشآت الفولاذية ،الطبعة الثانية عام ٢٠٠٣ .

إن أشهر أنواع البراغي المستعملة في وصلات المنشآت الفولاذية هي البراغي السوداء ذات الماركة 4.6 و البراغي عالية المقاومة ذات الماركة 8.8 حيث يدل الرقم الأول من الماركة على عشر مقاومة شد مادة البرغي مقدرة بالكيلو غرام لكل ميليميتر مربع ، أم الرقم الثاني فيدل على النسبة بين إجهاد السيلان و مقاومة الشد .

أي أن مقاومة شد البراغي ذات الماركة 4.6 هي 40 kg/mm^2 أما اجهاد سيلانها فهو $0.6\times40=24\ kg/mm^2$



شكل(٣-٤٦) بعض أنواع البراغي حسب المواصفات الأمريكية ASTM .[١٦]

٣-وصلات اللحام welded Connections :

عملية اللحام welding Process :

اللحام هو عملية وصل أجزاء من الفولاذ عند درجة حرارة الانصهار (Molten State) دون اللجوء إلى أي ضغط ميكانيكي فأجزاء الفولاذ المراد لحمها يتم انصهارها بواسطة قوس كهربائي (Arc Electric) أو لهب الأوكسجين و الأستلين (Oxyacetylene Flame) مع وجود سيخ اللحام (Weld Red) و التي بدورها تعمل كمادة لاصقة من الفولاذ بالنسبة إلى أجزاء المراد لحامها .

هناك عدة أنواع من عملية اللحام :

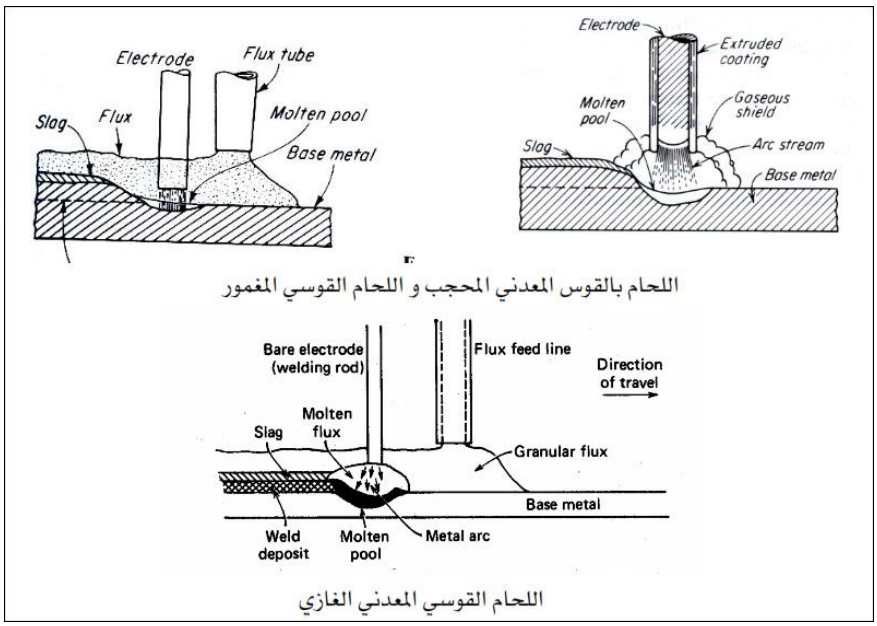
١- اللحام بالقوس المعدني Metal Arc Welding

تنتج الحرارة اللازمة عن طريق قضيب اللحام الذي يستخدم كأحد قطبي الكهرباء و القطب الآخر هو الجزء المراد لحمه و يستخدم محول للحصول على تيار ذي فرق جهد منخفض وشدة تيار عالية ، و يتم حماية قضيب اللحام من التأكسد (Shielded Electroded) أو تستخدم مواد مساعدة (Flux) تساعد على عدم أكسدة الأجزاء الملحومة ، ومن أشهر أنواع اللحام بالقوس المعدني هما : اللحام بالقوس المعدني المحجب (Shield-metal Arc Welding) و اللحام بالقوس المغمور – بمساعد الصهر – (Submerged Ar c Welding) .

[١٦] **AISC** ، American Institute Of Steel Constauction Inc. , Founded 1921.

٢- اللحام بالقوس المعدني الغازي Gas-metal Arc Welding :

تختلف عن الطريقة السابقة في كون إن المواد المساعدة تعوض بغاز ويستخدم خليط من الأوكسجين و الأستيلين لصهر قضيب اللحام و لتسخين الأجزاء المراد لحامها و تستخدم في قطع القطاعات الصلب و لا تستخدم هذه الطريقة في الوصلات الإنشائية .



شكل(٣-٤٧) أنواع اللحام بالقوس المعدني Metal Arc Welding[١٧]

٣- اللحام بطريقة المقاومة (لحام التماس) Resistance Welding :

وفيه يستخدم قطبان يتم توصيلهما بتيار كهربائي و نتيجة للحرارة الشديدة المتولدة بين القطبين يتم صهر المنطقة بين اللوحين و عندما تبرد تصبح وحدة واحدة و يتم نقل القطبين لتكون خطوط لحام و هذه الطريقة محدودة الاستعمال .

مزايا اللحام	عيوب اللحام
- الإنشاءات الملحومة أخف وزناً من الإنشاءات المبرشمة واقتصادية أكثر . - يسمح بترتيب الأجزاء المعدنية المراد لحامها بحيث تعطي فعالية أكبر - إمكانية الإضافة و التغيير لمنشأ القائم بسهولة - المنشآت الملحومة تتميز بجماليتها و نعومة مظهرها ومنه دهانات أقل و صيانة أقل . - يمكن لحام أي مساحة مهما كان شكلها و حتى التي يتعذر برشمتها .	- عملية اللحام تحتاج إلى اشراف و مهارة عالية . - أثناء عملية اللحام يحدث تسخين و برودة غير منظمة مما يسبب انكماشاً غير متساو في الاجزاء الملحومة .

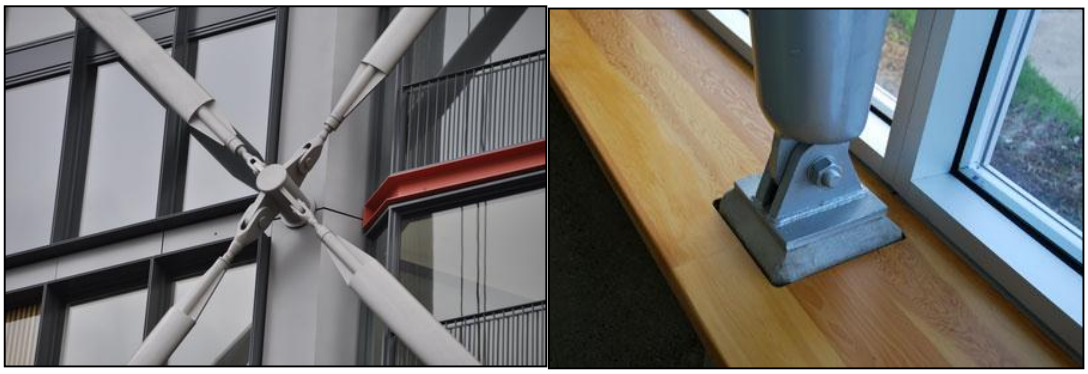
جدول (٣-٧) مزايا و عيوب طريقة اللحام في ربط الوصلات [26]

[١٧] الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – تخصص تقنية مدنية - إنشاءات معدنية ، مدن ٢١٩، المملكة العربية السعودية ، عام٢٠٠٩م الموافق ١٤٢٩ هـ .

٤-وصلات مفصلية مسمارية Pin Connections :[١٨]

هي وصلات تعمل كمفصل ملتف ، يحول قوى القص إلى قوى محورية حيث لا تعمل الوصلة لمقاومة أي انحناء أو عزم (قوى عزم فتل) .

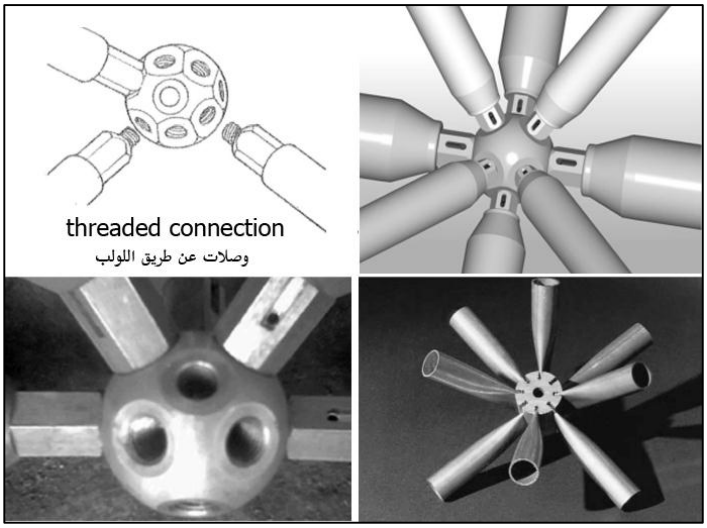
و يتناسب حجم الوصلة مع مقدار قوى القص الناتجة عن الأحمال التي يتعرض لها المبنى، الكثير من هذه الوصلات قد تبدو كنقاط دوران حول محور الوصلة إلا أن هذا غير صحيح، فغالباً ما يسمح هذا النوع من الوصلات إلى تبسيط عملية الإنشاء بالسماح لبعض الاختلافات الطفيفة في زوايا بعض العناصر المشكلة لإنشائية المبنى ، فليس من الضروري أن يكون الاتصال صلداً و ثابتاً ، فالوظيفة الواضحة لوصلات المسمارية تجعل من ربط العناصر بسيطاً جداً وتعطي مرونة في التصميم .



شكل(٣-٤٨) بعض وصلات الفصلية المسمارية Pin Connections [11]

٥- وصلات اللولب Threaded Connections :[١٩]

هذه الوصلات تجعل الأحمال غير مركزية وتصبح جميع العناصر المرتبطة بالعقدة تخضع لقوى محورية فقط ، واستخدمت في الأبنية الصناعية وقاعات الاجتماعات و القبب المعدنية والتغطيات الخاصة الكبيرة وكذلك في ربط عناصر الجملونات الفراغية.



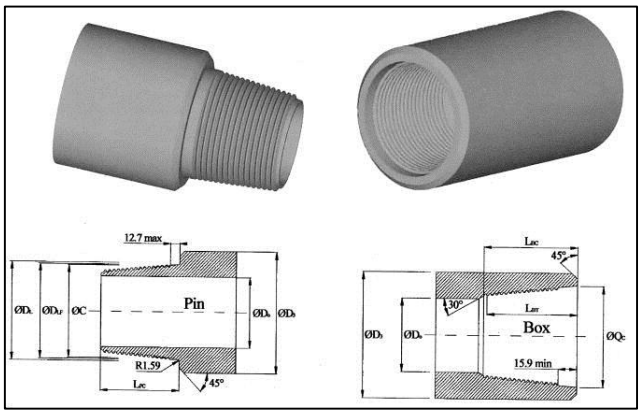
شكل(٣-٤٩) بعض وصلات اللولبية threaded Connections [غنوم،٢٠٠٦]

[١٨] Hinge and Pin Connections, Innovative Connections , *www.tboake.com,*(n.d).

[١٩] **غنوم** ، د. محمد : الجملونات والجملونات الفراغية ، جامعة الملك سعود ، arch 436، ٢٠٠٦م.

٦-وصلات المسنن الداخلي و الخارجي Pin-Box Connections :

غالبا ما تكون عبارة عن بواري تتصل ببعضها البعض عن طريق مسنن داخلي من طرف للعنصر الأول و مسنن خارجي من الطرف الآخر للعنصر الثاني ، لها مقاومة جيدة لقوى الشد وتستخدم عادة في وصل العناصر المشدودة.



شكل (٣-٥٠) وصلات المسنن الداخلي و المسنن الخارجي Pin-Box Connections
المصدر :http://steel.fsv.cvut.cz/suscos

٧-كما أُستعمل أيضاً **مواد لاصقة Adhesives** في وصل العناصر المعدنية إلا أنّه غير مجدي اقتصادياً ولا تقنياً ويستعمل في الحالات الخاصة جداً :

شكل (٣-٥١) لاصق خاص للوصل بين الوصلات المعدنية
المصدر :http://steel.fsv.cvut.cz/suscos

٣-٢- دراسة أساليب الإنشاء بالمعدن وطرق التنفيذ :

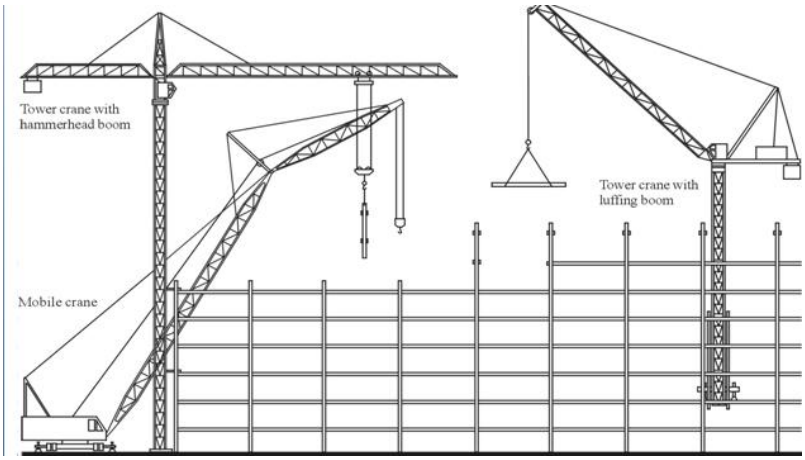
إن أساليب التنفيذ الإنشائي بالمعدن و خاصة بالفولاذ مشابه للمواد الأخرى ولكن هناك بعض السمات الخاصة :

١- إمكانية تصنيع الفولاذ خارج الموقع .
٢- عملية تجميع العناصر الإنشائية داخل الموقع عملية سريعة .
٣- إمكانية جدولة الأعمال و التنسيق لانجاز الأهداف المرجوة بشكل متقدم .

١- إمكانية التصنيع و التشكيل في المصانع و التركيب في الموقع :

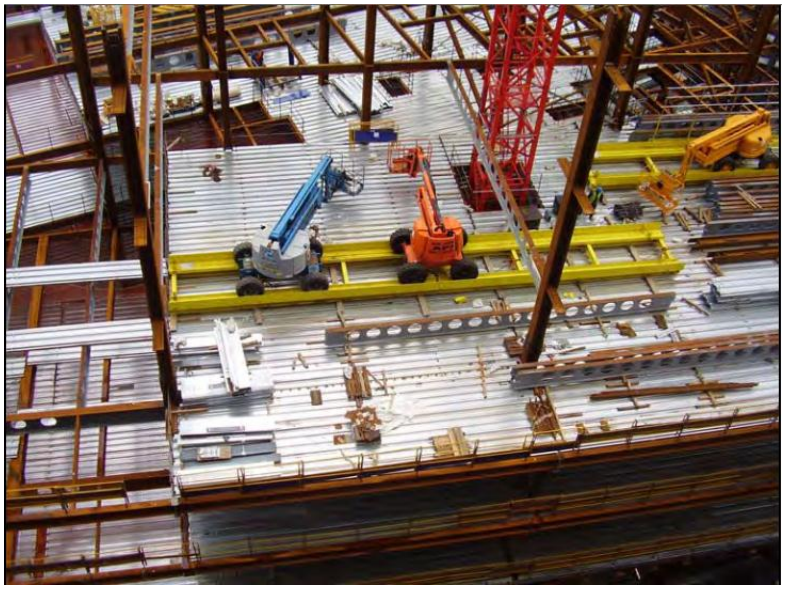
يبدو ان مكننة العمل في إنشاء الهيكل المعدني للبناء هو من أهم سمة من سمات الإنشاءات المعدنية حيث تصنع العناصر في معامل و تعالج حسب الطلب ومن ثم يتم تجميعها في موقع المشروع بواسطة عدة روافع حسب نوع و عدد طوابق المبنى [AISC 1999]

شكل (٣-٥٢) مكننة مراحل الانشاء – على اليسار في مكان التصنيع – على اليمين في الموقع .[AISC 1999]



شكل (٣-٥٣) استخدام الروافع في تجميع العناصر[٢٠]

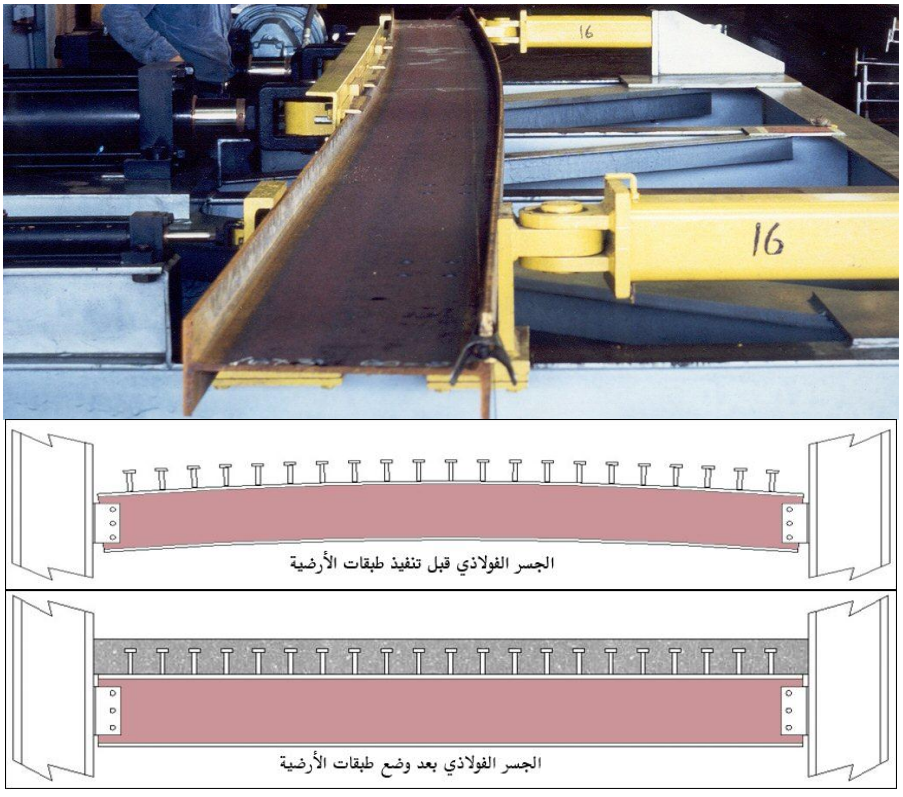
[٢٠] www.teachbook.com Steel Frame Construction



شكل (٣-٥٤) استخدام الروافع المتنقلة ذات سكك للتسريع في تجميع العناصر وزيادة في الأمان [٢١]

٢- عمل تحدبات طفيفة و مدروسة على الجسور الحاملة للأرضيات : (AISC 2002)

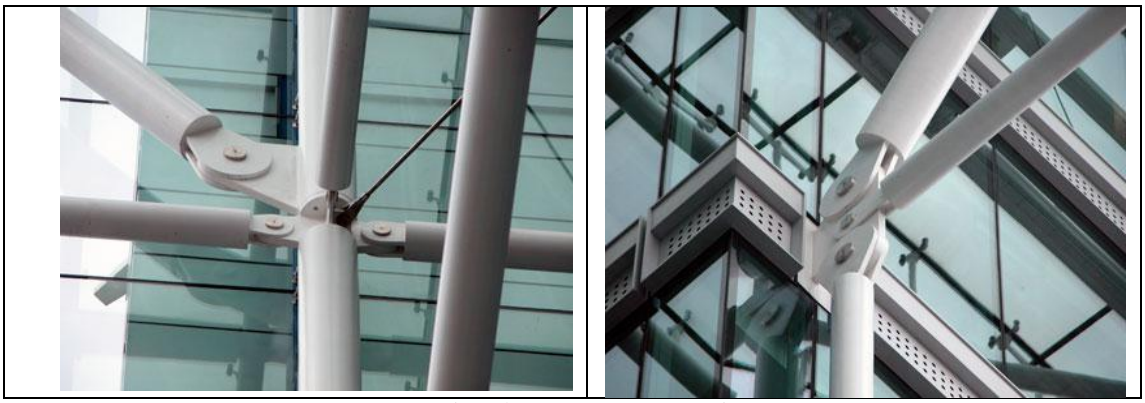
و ذلك للتغلب على القوى الناتجة عن الحمولات الميتة الناتجة من وزن الأرضيات ، وعند وضع طبقات الاكساء للأرضيات تكتسب استقامتها من جديد :



شكل (٣-٥٥) عمل تحدبات طفيفة ومدروسة على الجسور.

[٢١] Steel building in Europe , Multi-story steel building, Part 6(Fire Engineering) , 2010

٣- تطوير المفاصل لتحمل قوى العزم والقوى المحورية:

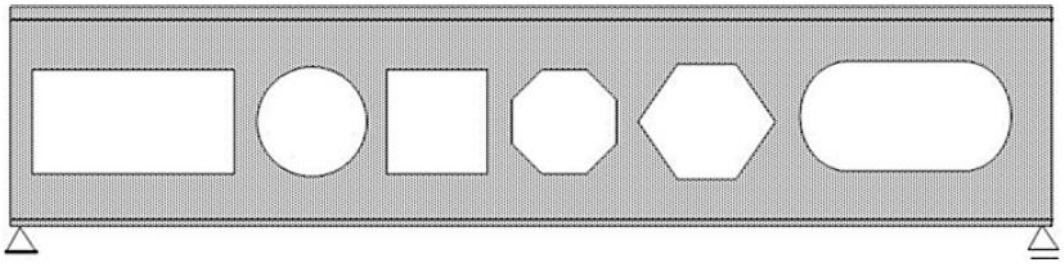


شكل (٣-٥٦) تطوير بعض المفاصل.[11]

٤- تصميم أشكال جديدة للعناصر الإنشائية :[٢٢]

عند تصميم أي منشأ هنالك معايير أساسية لابد من مراعاتها لتحقيق الحل الأمثل أهمها: الكلفة ، خفة الوزن ، تقليل الزمن ، سهولة التنفيذ ، مطابقتها لشروط الاستثمار .

وكذلك يجب مراعاة التجهيزات الخاصة لكل مبنى و منه نتج أصناف عديدة للعناصر الإنشائية البناء ومنها عمل فتحات في جسم الجوائز الفولاذية.



شكل (٣-٥٧) بعض أشكال الفتحات التي قد تتوضع في جائز فولاذي . [دو،٢٠٠٧]

١- وجود الفتحات في الجسور الفولاذية يخفف وزن العناصر الإنشائية و بالتالي الحمولات المطبقة على المبنى وبالتالي الكلفة الاقتصادية .
٢- تسهل عمليات تمديدات التجهيزات المختلفة .
٣- الاقتصاد في الحيز المشغل من ارتفاع الفراغ المعماري .
٤- تأمين أماكن خاصة لتعليق و تثبيت العوارض في المنشآت الخاصة .
٥- تأمين استناد الأنابيب الدائرية و المستطيلة لنقل السوائل و الغازات .

[٢٢] **دو ، علي** : *مساهمة في دراسة سلوك الجوائز الفولاذية الحاوية على فتحات في الجسد* ، جامعة تشرين ،٢٠٠٧م

شكل (٣-٥٨) تمديد التجهيزات المختلفة من خلال الفتحات في جسم الجوائز الفولاذية.[16]

٥- استخدام الآلات (المكننة) في تصميم و تشكيل العناصر المعدنية :

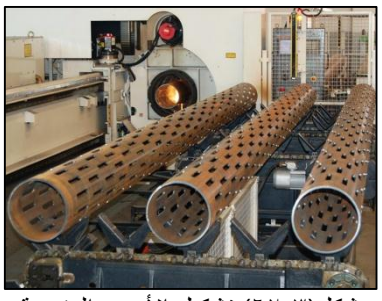
الذي سمح للمصممين بجعل العناصر الإنشائية الداخلية والخارجية كعناصر جمالية لا يتوجب عليهم إخفاءها أو تغطيتها بطبقات الإكساء .

- عناصر إنشائية .Structural Elements
- عناصر جمالية . Aesthetical Elements

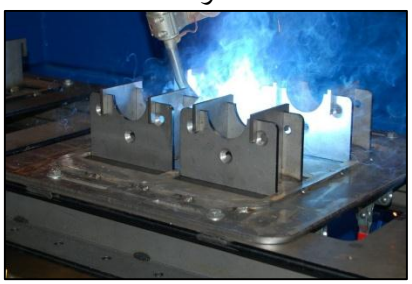
شكل (٣-٥٩) عملية تفريغ الجسور آلياً

شكل(٣-٦٠) تفريغ الجسور آلياً بأشكال متنوعة

شكل(٣-٦١) قص وتثقيب القطع والوصلات و الاكسسوارت المختلفة آلياً



شكل(٣-٦٢) تشكيل الأعمدة المفرغة



شكل(٣-٦٣) عمليات اللحام تتم بواسطة الآلات

شكل(٣-٦٤) أشكال جديدة للجسور المعدنية

جدول (٣-٨) بعض الأمثلة على استخدام الآلات(المكننة) في تصميم وتشكيل العناصر المعدنية.[٢٣]

[٢٣] **CMM Laser Company** , www.archiproducts.com , 2012

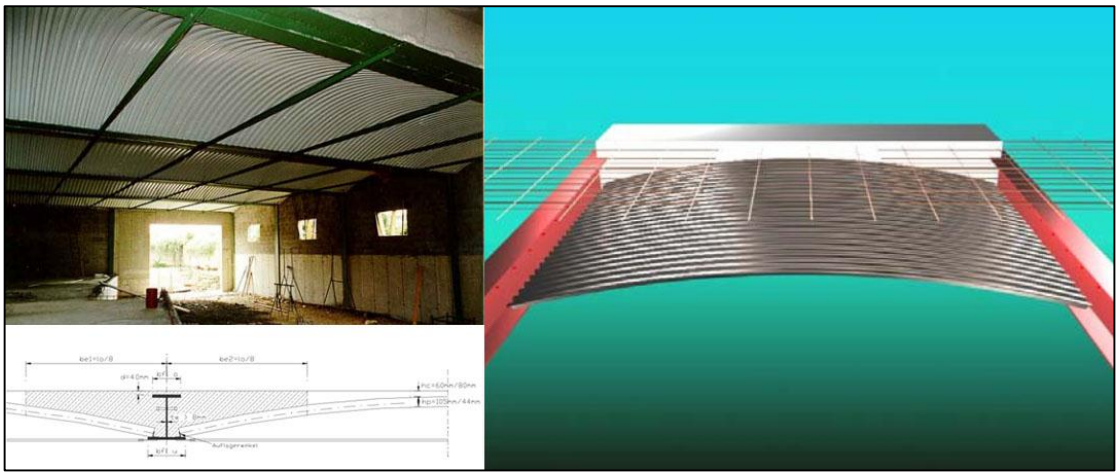
٦- تطوير أشكال جديدة للجسور الفولاذية :

يتم فيها تجميع عناصر الجسر بطريقة اللحام بعد عمل تموجات في القطعة الشاقولية منه ؛ وذلك للتخفيف من وزن الكلي للجسر المعدني وزيادة في قدرته على تحمل الحمولات المختلفة بسقوط أقل للجائز.

شكل (٣-٦٥) عمل انحناءات وتموجات جسم الجسور الفولاذية

المصدر www.zeman-steel.com

زيادة المجازات بين الجسور بعمل انحناءات وتموجات في الألواح المعدنية للأرضيات وتثبيتها على شكل قناطر (أقواس).



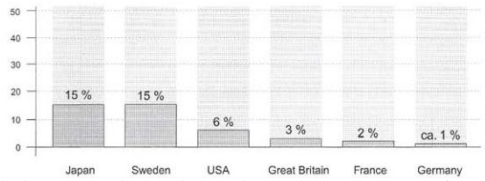
شكل (٣-٦٦) عمل انحناءات وتموجات للأرضيات المعدنية

المصدر www.zeman-steel.com

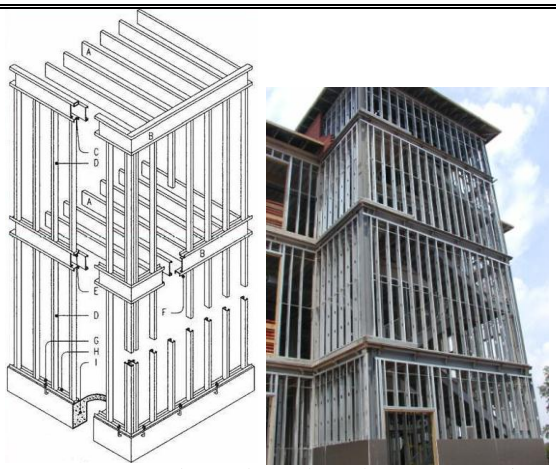
٧- تطوير نظام البناء بالفولاذ الخفيف الحديث light steel :

إن نظام البناء بالفولاذ الخفيف هو نوع من أنواع البناء يتم عن طريقه صناعة عناصر البناء من خلال طريقة التشكيل البارد للفولاذ المغلفن. بحيث يتم تصنيع عناصر البناء تحت إشراف ورقابة أحدث الآلات وأكثرها تطورًا الموجودة في المصنع، ومن ثم يتم تأمين عملية نقله بشكل آمن إلى موقع البناء، ثم يتم تركيبه. ولهذا السبب فإنه وبواسطة نظام البناء بالفولاذ الخفيف يمكن تلافي الأخطاء البشرية والأضرار التي قد تحدث في موقع البناء نتيجة تصنيعها في الموقع وتخفيضها لأدنى مستوياتها.[Bourrier , 2005]

يستخدم في المباني متعددة الطوابق المنخفضة والخفيفة .
وتُعدُّ السمة الأساسية مقاومة الزلازل بشكل كبير .
استخدم هذا النظام في البناء في كثير من البلدان لبناء المنازل الخاصة ومباني متعددة الطوابق



شكل(٣-٦٧)مخطط لنسب التنفيذ بالفولاذ الخفيف في العالم
المصدر[Bourrier , 2005]

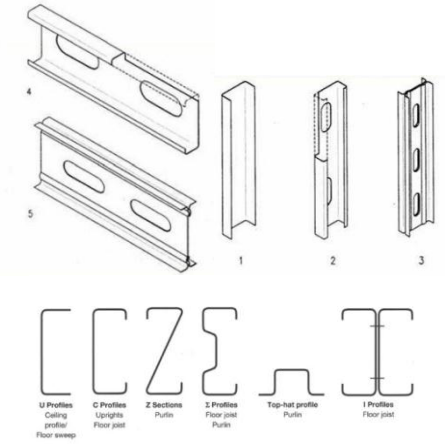


شكل (٣-٦٨) نظام البناء بالفولاذ الخفيف الحديث light steel
المصدر G G Schierle،Architectural Structures Experts

مقاطع مسحوبة على البارد من الفولاذ الخفيف :

١-٢ قائمة بمقطع حرف C
٣ قائمة بمقطع حرف I
٤ عوارض بمقطع حرف C
٥ عوارض بمقطع حرف I

أبعاد العناصر
السماكة : ٠.٨ – ٣ مم
العرض : ٥٠-٣٠٠ مم

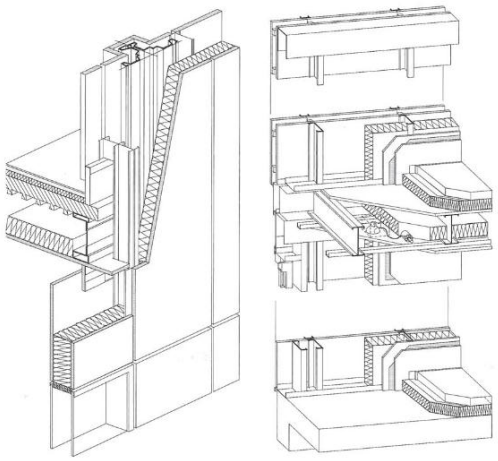


شكل (٣-٦٩) مقاطع مسحوبة على البارد من الفولاذ الخفيف
المصدر[Bourrier , 2005]

مميزات الإنشاء بالفولاذ الخفيف:

- مقاوم للزلازل بشكل كبير.
- من الفولاذ المعاد تدويره.
- مرونة في التصميم.
- سهولة الاستخدام.
- إنتاج سريع وأخطاء اقل.
- خفة بالوزن.
- سهلة التركيب.
- تجمع عن طريق البراغي والبراشيم والمزاليج
- سهلة التأهيل.
- العزل الصوتي.
- مقاوم للتعفن والتآكل والصدأ.
- تكلفة اقتصادية نسبياً.
- مجازات أوسع.
- قابلية إعادة التدوير.

شكل(٣-٧٠) سحب العناصر على البارد وتقويتها عن طريق أظفار وثنيات تزيد من تحملها للقوى
المصدر[Bourrier , 2005]



شكل(٣-٧١) اكساء الجدران والأرضيات
- قدرة عزل صوتية وحرارية عالية
- إمكانية وضع التمديدات بسهولة
- سرعة في التركيب والصيانة

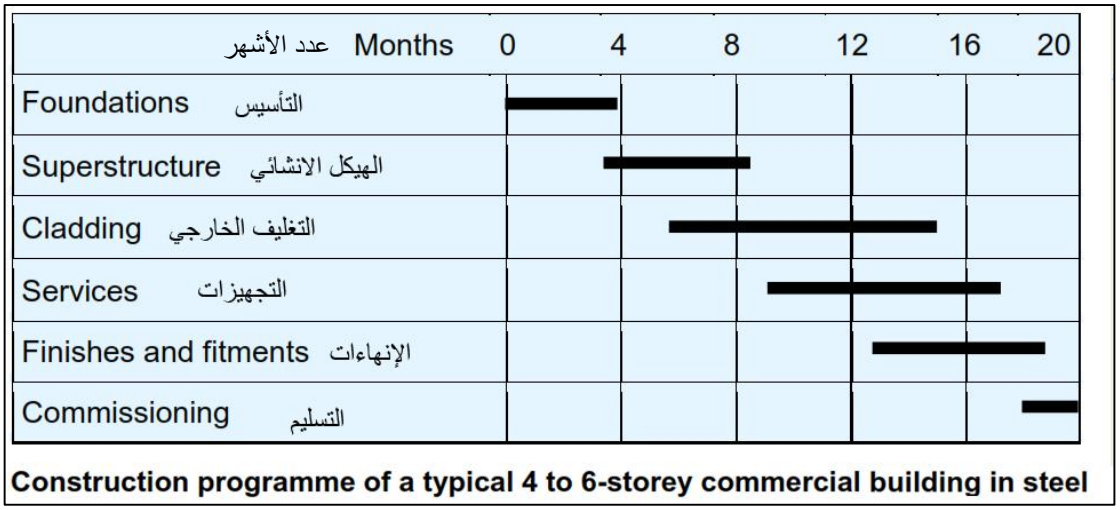
المصدر[Bourrier , 2005]

شكل(٣-٧٢) تركيب العناصر مع بعضها
المصدر www. apec.com.tr

جدول (٣-٩) نظام الإنشاء بالفولاذ الخفيف [٢٤]

٨- أثر استخدام التقنيات الحاسوبية و جدولة الأعمال و التنسيق في تصميم المنشآت المعدنية :

لا يمكن تنفيذ الأعمال و المخططات لأي عمل هندسي دون جدولتها و استخدام التقنيات الحاسوبية ، الا أن هذه الأعمال تصبح أكثر أهمية عند العمل على تنفيذ المنشآت المعدنية لاختلاف أساليب التنفيذ و تداخل هذه الأعمال بشكل كبير .



شكل (٣-٧٣) يوضح أثر الجدولة والتنسيق على تنفيذ مبنى معدني مؤلف من ٤-٦ طوابق [٢٥]

[٢٤] **Bourrier**, Pierre*: European lightweight steel-framed construction*, LSK aisbl, 2005.
[٢٥] Steel building in Europe , Multi-storey steel building , **Part 2 :Concept Design,** 2010.

٣-٣- النواحي الاقتصادية والبيئية للمنشآت المعدنية:

في المباني ذات الهياكل المعدنية سرعان ما أصبحت مواد البناء الحديثة المعدنية من خيار المهندسين ولعدد من الأسباب:

- الفولاذ قابل لإعادة التدوير .
- من المباني المثالية من حيث الآمان "آمنة".
- في المباني التي شيدت من الفولاذ والمعادن لن تتعفن منافذ التهوية مثل الخشب.
- ولا تأخذ المباني المعدنية الكثير من الوقت في الصيانة.
- المباني المعدنية تعطي الكثير من الخيال والتصميم .
- بناء مجموعة أبنية ذات إنشاء معدني غالباً ما يمكن أن توفر الحل الأكثر فعالية من حيث التكلفة.

٣-٣-١- إعادة التدوير : recycling :[٢٦]

يُعدّ الفولاذ أكثر المواد الإنشائية القابلة للتدوير وإعادة الاستخدام حيث تصل إلى ١٠٠% في بعض الأحيان وتختلف النسبة من عنصر إنشائي إلى آخر فمثلا:

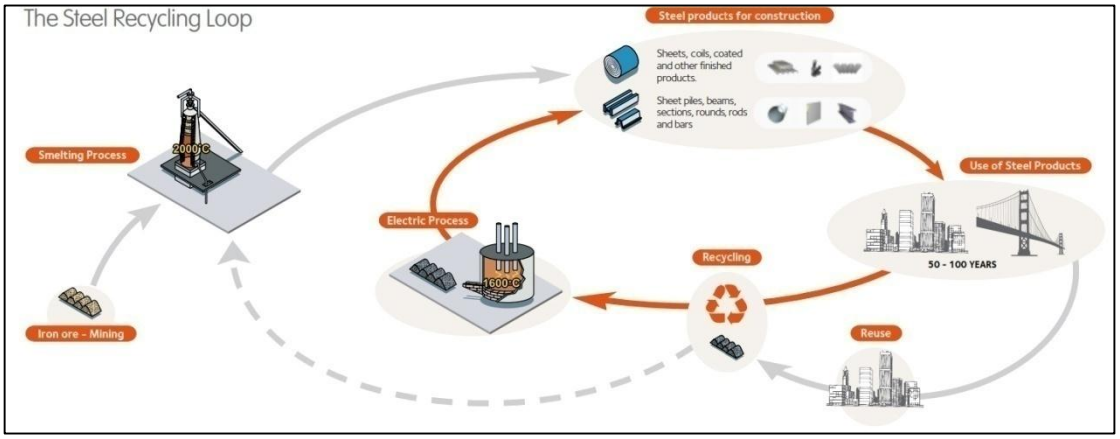
- تصل نسبة إعادة التدوير للجسور الإنشائية إلى ٩٨%.
- تصل نسبة إعادة التدوير لعناصر التقوية والتربيط إلى ٧٠-٦٥%.

ويمثل الفولاذ المدور ٤٠% من صناعة الحديد الخام .

فولاذ أقوى ← يدوم أكثر

نهاية عمر البناء الفولاذي ← ١٠٠ % تدوير

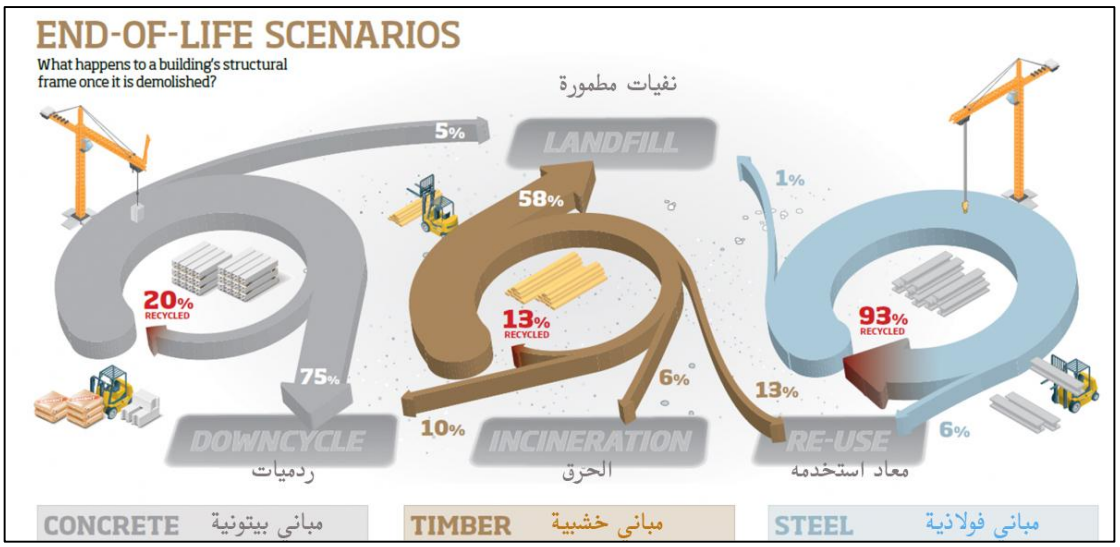
حيث يتم تدوير ١.٢طن في كل ثانية في معامل شركة **Arselomittal** Com.



شكل (٣-٧٤) دورة اعادة استخدام الفولاذ[٢٧] .

[٢٦] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com
[٢٧] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com

عند المقارنة بين مواد الإنشاء من حيث إعادة التدوير والاستخدام نجد المباني الفولاذية أكثرها قابلية لإعادة التدوير بالمقارنة مع المباني الخراسانية والمباني الخشبية ، وبالتالي الأقل نسبة هدر بالمواد تكون فيها أيضاً.



شكل (٣-٧٥) مقارنة بين انواع مواد الانشاء من حيث قابليتها للتدوير[٢٨] .

٣-٣-٢- التكامل التقني و الاقتصادي :

يُؤمّن الإنشاء المعدني الكثير من الحلول التقنية و المرونة في التمديدات و الصيانة وذلك لمرونة الإنشاء و العناصر الإنشائية ذاتها ، ممّا يجعلها أكثر اقتصادية وأقل كلفة .

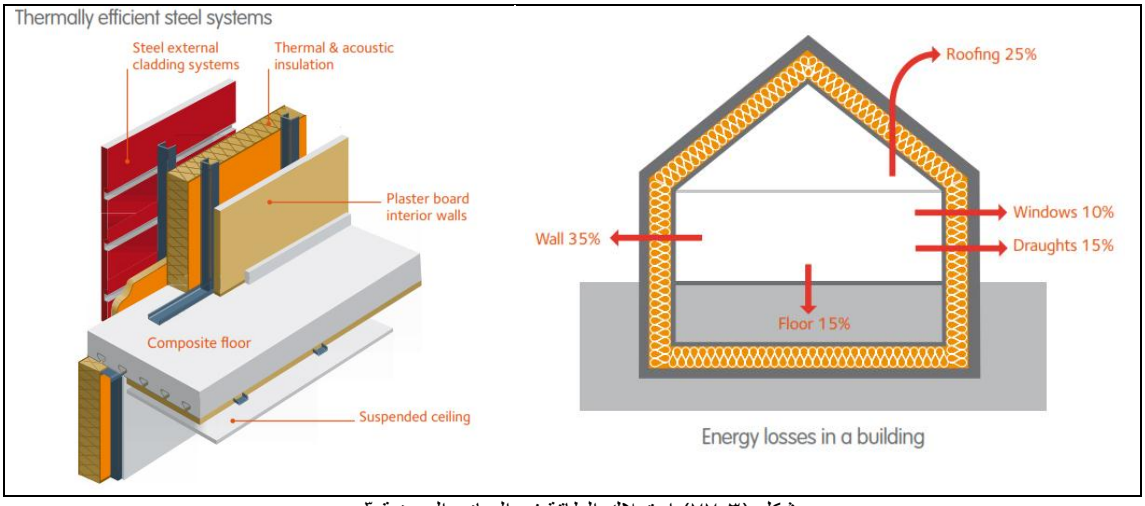
شكل (٣-٧٦) مرونة في تمديد الخدمات و الانارة عبر الانشاء المعدني[٢٩] .

[٢٨] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com
[٢٩] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com

٣-٣-٣- استهلاك الطاقة :

معظم المباني المعدنية ذات فعاليّة كبيرة في الحفاظ على الطاقة من الضياع ويُعزى ذلك :

- اكساءات المعدن الكتيمة نسبياً و نظام اكساء الأسقف التي تساعد في الحفاظ على الحرارة .
- طبقتين من الساندويش بانيل تمثل أحد معايير الحفاظ على الطاقة .
- امكانية الاستفادة من الاسطح المعدنية في الغالب لوحدات الطاقة الشمسية



شكل (٣-٧٧) استهلاك الطاقة في المباني المعدنية[٣٠] .

٣-٣-٤- الزجاج و الفولاذ : Glass-and-steel :

ويُلاحظ أن استخدام الفولاذ في المباني متعددة الطوابق قد اقترن باستخدام الألواح الزجاجية لكساء الوجه الخارجي، بحيث أصبح تعبير Glass-and-steel الزجاج والفولاذ شائعاً بين المعماريين. وعن مزايا الزجاج قال رييد «إن صناعة الزجاج قد تطورت كثيراً في العقدين الماضيين بحيث أصبحت هناك أنواع عديدة من الزجاج التي تصلح لمختلف الاستخدامات والمناخات ؛ فهناك على سبيل المثال:

- **الزجاج المقوّى** الذي يفوق في قوته كثيراً من المعادن الصلبة، وهناك أيضا
- الزجاج الذي يحجز الإشعاعات الضارة من الشمس بينما يسمح بمرور ضوء النهار، ثم هناك الزجاج الذي يغيّر لونه حسب قوة أشعة الشمس .
- **الزجاج الحراري** Thermal glass وهو نوعٌ من الزجاج المعالج بمواد كيماوية تدخل في تصنيعه بحيث يمّكن الزجاج من حفظ درجة الحرارة أو البرودة داخل المبنى. ويُعتبر هذا النوع الأخير نقلة مهمة في استخدام الزجاج في المباني لأن إحدى مشاكل الزجاج في الماضي أنه لا يعزل الحرارة بكفاءة مثلما يفعل الطوب أو الخشب أو الأسمنت. لكن المهندسين تغلبوا على هذه المعضلة بوضع طبقتين من الزجاج بينهما فراغ هوائي يعمل كعازل للحرارة Double glazing ، ومثلما هو الحال مع الفولاذ فإن الزجاج يمتاز بكونه مرن التشكيل، وهو أيضا مادة قابلة لإعادة التدوير مما يجعله خياراً مفضلاً لدى

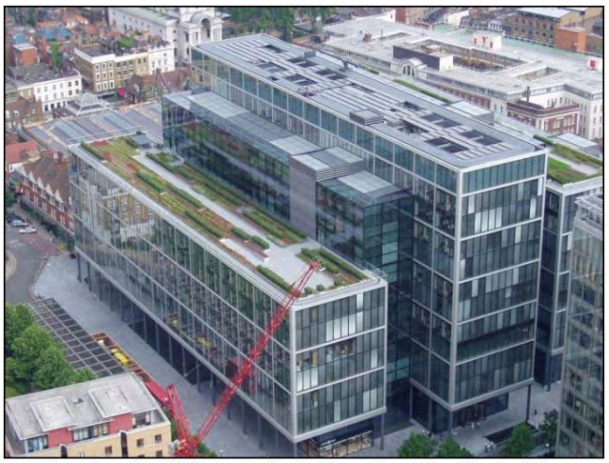
[٣٠] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com

كثير من المعماريين والمهندسين الإنشائيين في الغرب الذين أصبحوا يضعون قضية الحفاظ على البيئة في قلب تصاميمهم الهندسية. ومن مزاياه الهامة أيضا أنه يسمح بدخول ضوء النهار الطبيعي إلى داخل المبنى، ومن ثم يوفر قدراً هائلاً من استخدام الكهرباء لإضاءة ناطحات السحاب، على عكس ما يحدث في المباني الأسمنتية والحجرية. لكن رييد يشير إلى أن الزجاج غالي الثمن، خصوصا الأنواع المحسّنة منه، ولا يُقبِل على استخدامه الا أصحاب الميزانيات الكبيرة. وأضاف أن كثيرا من المباني تخلط بين الزجاج والأسمنت حسب ما تسمح به ميزانيتها. فكلما كبرت الميزانية ازداد استخدام الزجاج.

شكل (٣-٧٨) علاقة الإنشاء المعدني و الزجاج Glass-and-steel [٣١] .

٣-٣-٥- استخدام الأسقف الخضراء :

إن المنشآت المعدنية من أكثر المنشآت قابلية لاستخدام الأسطح وملائمةً لاستخدامها كأسطح خضراء بسبب قابلية إضافة تفصيلات معدنية و طبقات لمعالجة مثل هذه التقنية .



'Green' roof and PV panels attached to a city centre office building

شكل (٣-٧٩) مبنى مكتبي في لندن منشأ من المعدن – الأسقف الخضراء [٣٢]

-عشب أخضر متنوع

-طبقة أتربة خاصة

-صفائح معدنية لتصريف المياه

-طبقات عزل حراري ورطوبة

-صفائح معدنية للهيكل الانشائي

شكل (٣-٨٠) طبقات الأسطح الخضراء لسقف معدني
المصدر www.alumascroofing.co.uk

[٣١] **Arselomittal** Com.: *Our Steel solutions for Your green building*, www.arselomittal.com

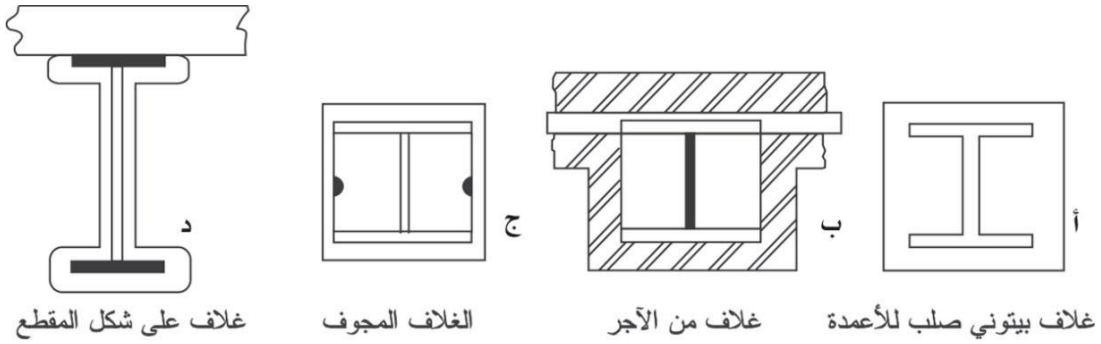
[٣٢] Steel building in Europe , Multi-story steel building , **Part 2 :Concept Design**

٣-٤- طرق العناية والحماية للمنشآت المعدنية :[٣٣]

٣-٤-١ الحماية من الحريق fire protection

تتعرض المنشآت الفولاذية لإجهادات كبيرة في أثناء الحريق حيث تصل درجة الحرارة إلى نحو ١٢٠٠ مْ في حين أن درجة الحرارة الحرجة للفولاذ هي نحو ٥٥٠مْ، عندها ينخفض إجهاد سيلان الفولاذ yield stress إلى ٧٠% من قيمته عند درجة حرارة ٢٠مْ، وتعرف إمكانيّة تحمل العناصر الفولاذية للأحمال المطبقة عليها لدى تعرضها للحريق بمقاومة الحريق، ويعبر عن ذلك بدلالة الفترة الزمنية التي تستطيع الصمود طوال (١/٢ ، ١ ، ٢، ٤ ساعة) .

٣-٤-١-١- أهم طرق الحماية من الحريق :

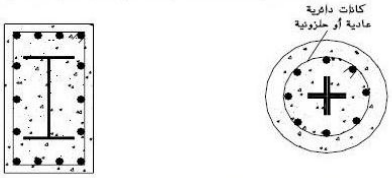


الشكل (٣-٨١) طرائق الحماية من الحريق [سمارة ،٢٠٠٣]

١- <u>غلاف بيتوني</u> صلب للأعمدة solid concrete protection يساعد أيضاً على تحمل أحمال العمود، ويمكن استعمال الطريقة نفسها لتغليف الجوائز.

وأثبتت التجارب أن سماكة ٥٠مم من الخرسانة توفر حماية ضد الحريق مدة ساعتين إلا أن هذه الطريقة مكلفة وتحتاج إلى صب الخرسانة في قالب حول العنصر الفولاذي.

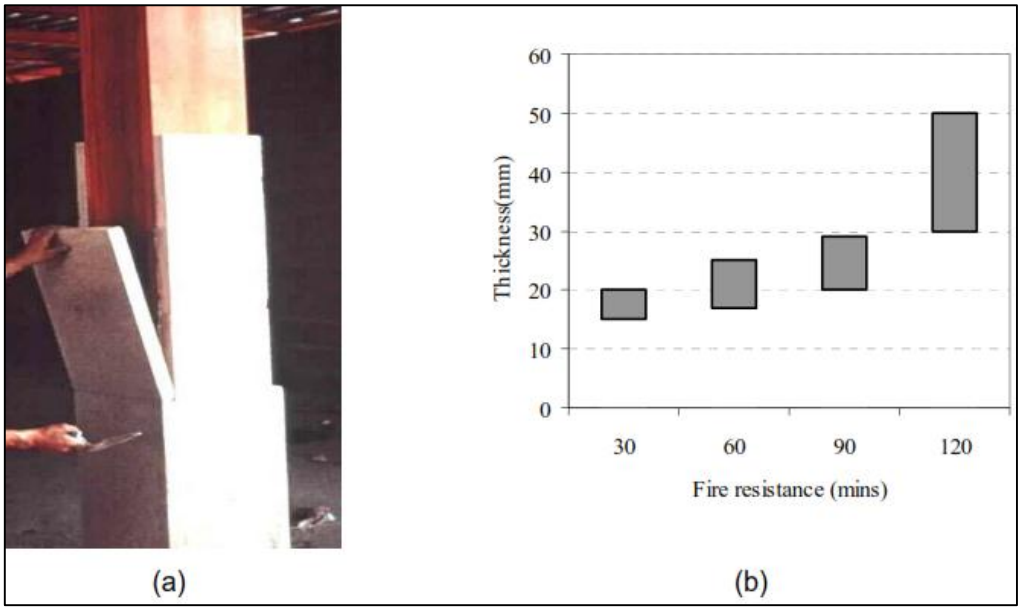
الشكل (٣-٨٢) تغليف الأعمدة الفولاذية بالبيتون المسلح [18]



[٣٣] **سمارة ، محمد** : كتاب تصميم المنشآت الفولاذية ،الطبعة الثانية عام ٢٠٠٣

٢- **غلاف من الآجر** brickwork encasement حول أعمدة البناء حيث يستعمل الآجر في بناء الجدران، وحماية الأعمدة من الحريق ويعدّ هذا النظام من أكثر الأنظمة شيوعاً.

حيث أن تنفذ بسماكة ١٥- ٥٠ مم و بعرض حسب عرض العناصر الإنشائية المراد تغليفها



شكل (٣-٨٣) تغليف العناصر الإنشائية المعدنية بألواح القرميد وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل النار[٣٤]

٣- **الغلاف المجوف** hollow casing: ينفذ على شكل وحدات من ألواح الجبصين مسبق الصنع تركب على شبك معدني، فتشكل صندوقاً حول المقطع الفولاذي كغلاف على شكل المقطع Profile casing .

٤- **بخ العناصر الانشائية** حيث يتم بخ المونة الإسمنتية على سطوح العنصر الفولاذي فتضمن طبقة من المونة الإسمنتية سماكتها ١٠- ٣٥مم حماية مدة من ٣٠ – ١٢٠ دقيقة . ويعدّ هذا النوع من الحماية من أرخص أنواع الحماية وأكثرها فعالية فيغلف أكثر الأشكال تعقيداً إضافة إلى الوصلات، إلا أنه غير جميل المنظر، وبالتالي يستخدم للعناصر المخفية خاصة فوق الأسقف المستعارة.

[٣٤] Steel building in Europe , Multi-storey steel building , **Part 6 :Fire Engineering**

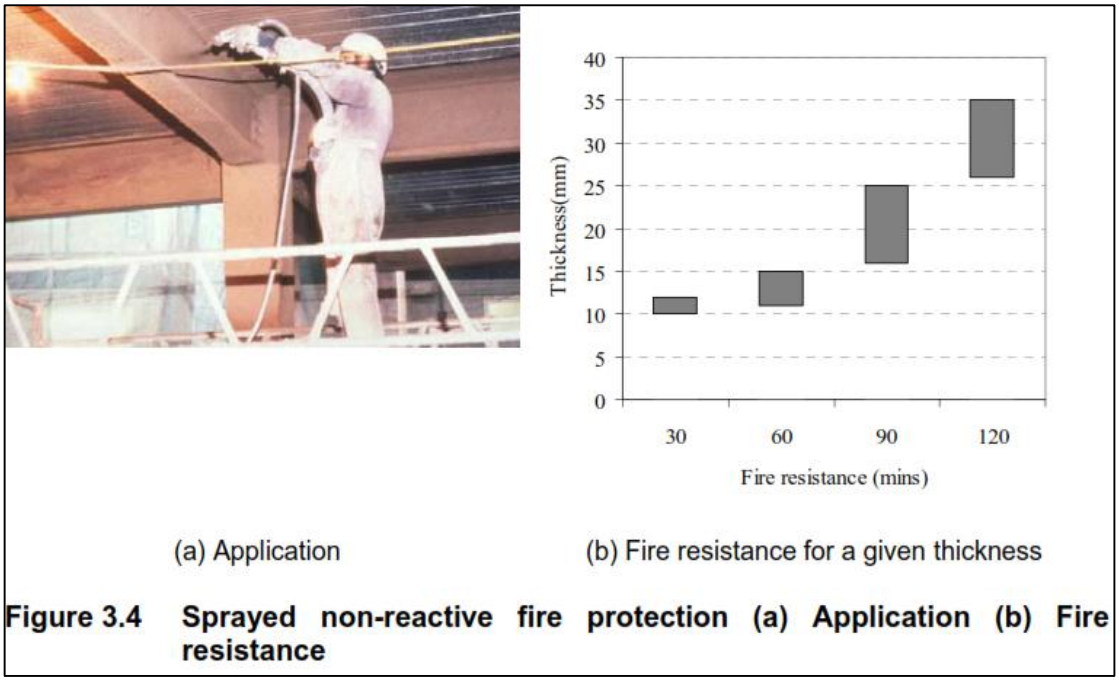
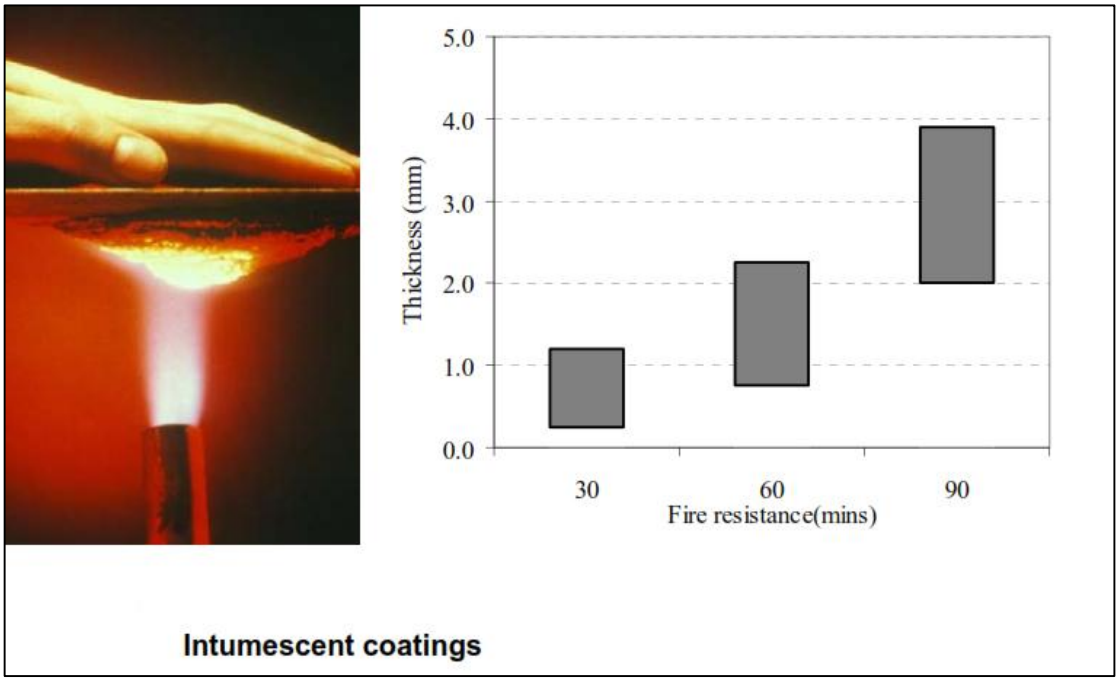


Figure 3.4 Sprayed non-reactive fire protection (a) Application (b) Fire resistance

شكل (٣-٨٤) بخ العناصر الإنشائية المعدنية بطبقة من الاسمنت وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل النار[18] [٣٥]

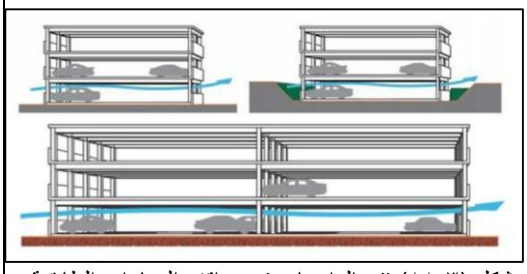
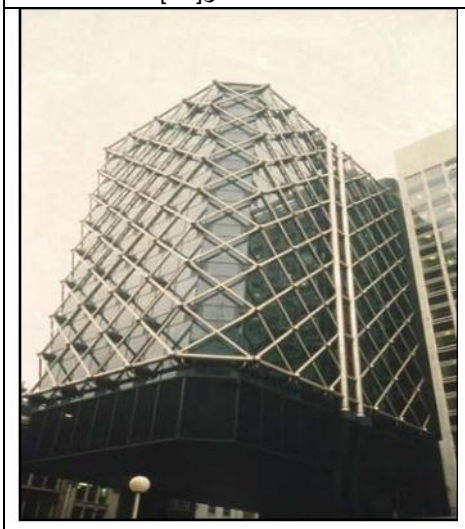
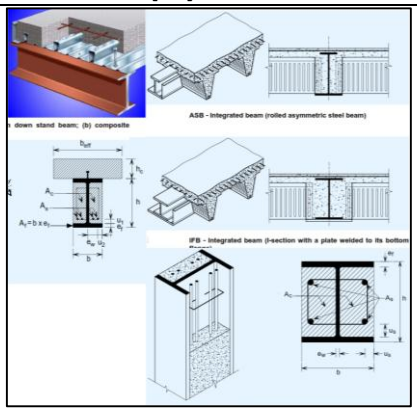
٥- <u>طلاء ينتفخ بالحرارة</u> مقاوم للحريق intumescent coating: تنفذ طبقة الطلاء بسماكة ١مم تقريباً تحتوي مركباً يطلق غازات عند تعرضه للحرارة فينتفخ الطلاء متحولاً إلى رغوة كربونية سميكة عازلة للحرارة.



شكل (٣-٨٥) تغليف العناصر الإنشائية المعدنية بطبقة تنتفخ بالحرارة وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل النار [18]

[٣٥] Steel building in Europe , Multi-storey steel building , **Part 6 :Fire Engineering**

٣-٤-١-١- بعض التوصيات للحماية من الحريق في المباني المعدنية:

على الصعيد التقني :	١- استخدام أجهزة **الإنذار المبكر** و حساسات الدخان . ٢- استخدام **مرشات** إخماد الحريق في حال حدوثه.	 شكل (٣-٨٦) أجهزة الإنذار المبكر ومرشات الحريق المصدر[١٨]
على الصعيد الانشائي والمعماري	١- إن استخدام العناصر **الإنشائية الظاهرة** خارج المبنى يقلل من أخطار الحريق على الجملة الإنشائية. ٢- استخدام **الإنشاء المختلط** وإكساءات الأرضيات من المعدن و البيتون المسلح وحماية الجسور و الأعمدة بالبيتون تساعد في مقاومة الحرائق. ٣- إن استخدام **النواة البيتونية** في المباني المعدنية يساعد في الحد من انتقال الحريق من طابق إلى آخر. ٤- في حال كان المبنى يحوي على مواقف سيارات طابقيه يفضل فتح الواجهات في هذه الطوابق.  شكل (٣-٨٨) فتح الواجهات في مواقف السيارات الطابقية المصدر[١٨] ٥- استخدام طرق الحماية والعناية بالعناصر الإنشائية المعدنية السابق ذكرها في **الفصل الثالث.**	 شكل (٣-٨٧) استخدام عناصر انشائية خارجية ظاهرة المصدر[١٨]  شكل (٣-٨٩) استخدام البيتون في الحماية من الحريق المصدر[١٨]

جدول(٣-١٠) بعض التوصيات لحماية المنشآت المعدنية من الحريق

٣-٤-٢ : الحماية من الصدأ Corrosion Protection

يتعرض الفولاذ للصدأ على نحو خاص، فيتأكسد الحديد بوجود الهواء والماء والملوثات الأخرى ولهذا من الضروري تنفيذ طبقة حماية للمنشآت الفولاذية ضد الصدأ. واختيار نظام الحماية يعتمد على نوع التلوث ودرجته والعمر المطلوب للمنشأ الفولاذي. فاختيار نظام الحماية وتنفيذه تنفيذاً صحيحاً يمنح المنشأ عمراً أطول من دون صيانة.

ومن أهم العوامل التي تؤدي إلى نجاح نظام الحماية هو تحضير سطح الفولاذ جيداً؛ لأن كل المنتجات الفولاذية المسحوبة على الحامي تكون مكسوة بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد، فإذا لم تزال هذه الطبقة فإنها تتقشر نتيجة تعرض العناصر الفولاذية للتشوهات تحت تأثير الأحمال فيصبح الفولاذ عرضة للصدأ. ولهذا تجب إزالة هذه الطبقة قبل دهان العناصر الفولاذية. وتحضر السطوح الفولاذية بإحدى الطرق الآتية:

- التنظيف اليدوي باستخدام الفراشي الفولاذية.
- التنظيف باللهب لإزالة الطبقة المتأكسدة السطحية.
- التغطيس بحوض من الأسيد فتنحل الأكاسيد والصدأ من دون مهاجمة الفولاذ.
- التنظيف بصفع سطوح الفولاذ بالرمل.

بعد تحضير السطوح تطلى بإحدى طبقتي الحماية الآتيين:

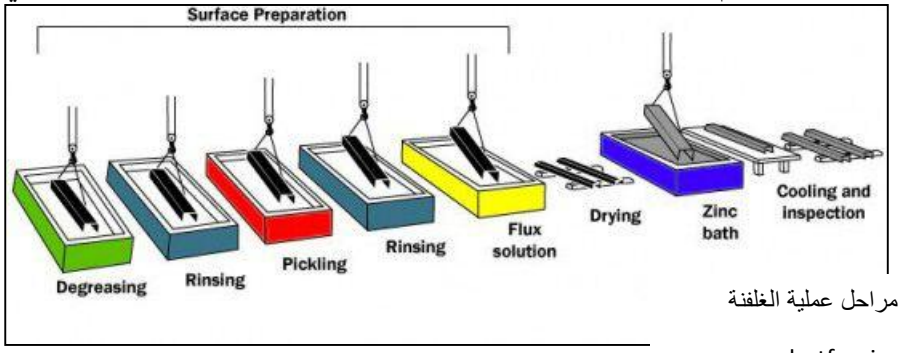
ـ طلاء معدني metallic من التوتياء أو الألمنيوم يبخ مصهوراً على سطوح الأجزاء الفولاذية أو ينفذ بتغطيس العناصر الفولاذية بحمام ساخن من التوتياء المصهورة. تسمى هذه الطريقة بالغلفنة galvanization وتعتمد سماكة طبقة الغلفنة على مدة التغطيس وعلى سرعة سحب القطع الفولاذية من التوتياء المصهورة.

ـ طلاء غير معدني non-metallic يتألف من طبقة أساس من كرومات التوتياء أوالفوسفات ومن ثم طبقة طلاء نهائية من أكاسيد الحديد أوالإيبوكسي أوغيرها.

٣-٤-٢-١- عملية الغلفنة : Galvanizing[٣٦]

وهي عملية كهروكيميائية لوضع طبقة من الزنك على معدن الحديد أو الفولاذ للحماية من الصدأ ووزن كمية طبقة الزنك المترسبة على الأسطح تحدد بالميلغرام لكل سنتميتر مربع .

معظم عمليات الغلفنة تعمل اليوم بطريقة الغطس الساخن Hot Dip Process كما بالشكل التالي



شكل (٣-٩٠) يوضح مراحل عملية الغلفنة

المصدر ww.hotforgingbolt.com

[٣٦] **حيدر ، عباس** : كتاب تشييد المباني ، ج١ ب ١٠ التشييد المعدني ،١٩٨٦، ص ٤١٥.

- وقد يُدهن المعدن المغلفن بالبوية الزيتية أو بمخلوط أساس الاسمنت البورتلاندي حتى يضمن حمايته من الصدأ الشديد في الحالات الخاصة جداً.

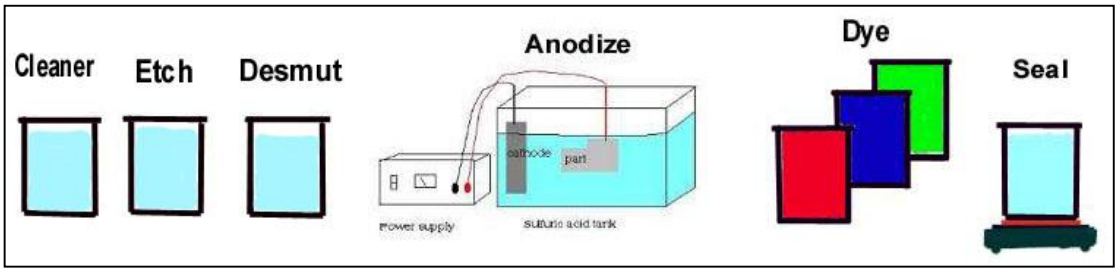
شكل (٣-٩١) يوضح أحد مراحل عملية الغلفنة غمس المعدن بالزنك [٣٧]

٣-٤-٢-٢- عملية الأنودة : Anodizing [٣٨]

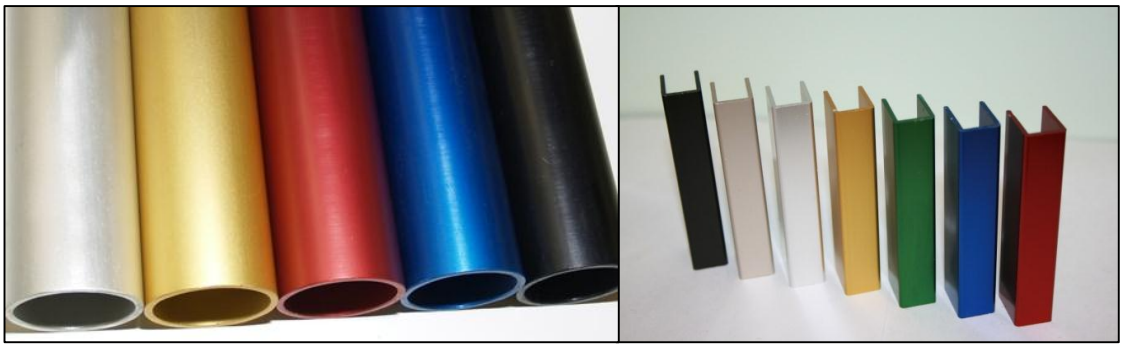
و هي عملية ترسيب كهروكيميائية لعمل طبقة منتظمة من الأكسدة على الألمنيوم لحمايته من العوامل الجوية و الصدأ . ويمكن التحكم بألوانها .

وتتم عمليات الأنودة في قطاعات الألمنيوم بعد تصنيع قوائمها و حلوقها المطلوبة وتنظيف قطاعاتها جيدا من الأوساخ و الزيوت و مخلفات التصنيع ، ثم توضح بأحواض الأنودة.

بعد عمليات الأكسدة يصبح السطح الظاهري لقطاعات الألمنيوم خالية من البقع و العيوب الظاهرة و تصبح مقاومة للخدش مما يجعلها محتفظة بسطحها و رونقها لسنوات طويلة .



شكل (٣-٩٢) يوضح مراحل عملية الأنودة [٣٩]



شكل (٣-٩٣) يوضح بعض المقاطع المعدنية بعد عملية الأنودة وتبين الألوان المختلفة [٤٠]

[٣٧] من موقع www.hotforgingbolt.com.
[٣٨] **حيدر ، عباس** : كتاب تشييد المباني ، ج١ ب ١٠ التشييد المعدني، ١٩٨٦، ص٤١٦.
[٣٩] من موقع www.diyanodizing.com .
[٤٠] من موقع www.progressiveanodizers.com .

الفصل الرابع:

تحليل واقع المنشآت المعدنيّة متعددة الطوابق العالميّة والمحليّة:

٤-١ دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية.
٤-٢ دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا وتقييمها.
٤-٣ تحديد المشاكل التي تواجه تنفيذ المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا.
٤-٤ تحليل الواقع المحلي والبيئي والاقتصادي وأثره على مثل هذه المنشآت في سوريا.
٤-٥ تحديد بعض المعايير والاسس لواقع ومستقبل البناء متعدد الطوابق ذو الهياكل المعدنية في سوريا.
٤-٦ حالة دراسية.

٤-١- دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية :

يتم دراسة هذه الأمثلة من المباني العالمية متعددة الطوابق المنشأة من الهياكل المعدنية وفق أربع معايير أساسية :

- **الاتزان** (الجملة الإنشائية المستخدمة في الإنشاء بالمعدن – التشكيل المعماري).
- **التشكيل المعماري**.
- معيار **اقتصادي** .
- معيار **بيئي**.

سنعرض هنا دراسة عدة مباني متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية و التي نفذت عبر مراحل زمنية مختلفة و ذلك لنعرض تطور الإنشاء بالمعدن و طرق التنفيذ وأهم الجمل المستخدمة.

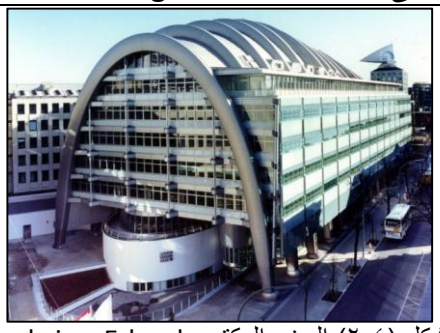
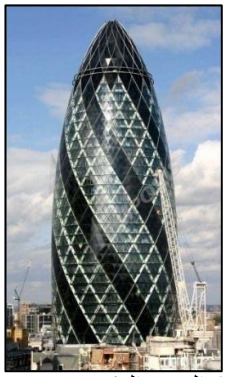
- للعمل على هذا نعتمد ورقة عمل كالآتي:

ورقة عمل			
الرقم	**اسم المبنى**		**تاريخ الانجاز**
الموقع		**وظيفة المبنى الحالية**	
عدد الطوابق		**التصنيف حسب عدد الطوابق**	
الجملة الإنشائية			
مادة الإنشاء		**الإكساء**	
طبيعة الوصلات			
النواحي التصميمية			
الحماية من الحريق		**الحماية من الصدأ**	
خصائص بيئية واقتصادية			
الجهة الدارسة			
الجهة المنفذة			
مخططات وصور توضيحية			
ملاحظات :			

جدول (٤-١) ورقة عمل لدراسة الأمثلة العالمية والمحلية – معد البحث

ندرس مجموعة الأمثلة العالمية التالية وهي على سبيل المثال لا الحصر لأن الأمثلة العالمية كثيرة و متنوعة ، وقد اختيرت بشكل تساعد على مقارنتها بما هو محلي من خلال :

- **وظيفة المبنى** (في الغالب مباني مكتبية)
- **ارتفاع المبنى** (مباني منخفضة و متوسطة الارتفاع)
- **التجهيزات التقنية والبيئية**.
- أمثلة أدت **الأخطاء** في الدراسة المعدة لها الى حدوث مشاكل فيها.

الرقم	المبنى
١	**مركز بومبيدو** شكل (٤-١) مركز بومبيدو المصدر webs.demasiado.com
٢	**مبنى Ludwig – Erhard – Haus**  شكل (٤-٢) المبنى المكتبي Ludwig – Erhard – Haus المصدر www.gregull-spang.de
٣	**المبنى المكتبي 30 St Mary Axe**  شكل (٤-٣) المبنى المكتبي 30 St Mary Axe المصدر www.fosterandpartners.com

الرقم	المبنى
٤	**برج Capital Gate** شكل (٤-٤) برج كابتال المصدر www.3rbfox.com
٥	**مبنى Sendai Mediatheque** شكل (٤-٥) مكتبة سينداي المصدر www.jmhdezhdez.com

جدول (٤-٢)الأمثلة العالمية المدروسة – معد البحث

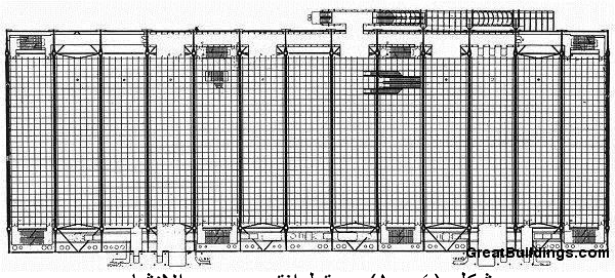
١	مركز بومبيدو		١٩٧١-١٩٧٧م
الموقع	باريس	**وظيفة المبنى الحالية**	مركز للفنون
عدد الطوابق	٥ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	متعدد الطوابق منخفض
الجملة الإنشائية	**جملة اطارات جملونية:** - جمالونات فولاذية بمجاز٤٨ م تم تحميلها على أعمدة فولاذية وضعت على الإطار الخارجي للمبنى . - عناصر التربيط عبارة عن شدادات كبلية .		
مادة الإنشاء	**الفولاذ**	**الإكساء**	الزجاج و الفولاذ
طبيعة الوصلات	وصلات مفصلية – وصلات براغي .		
الحماية من الحريق		**الحماية من الصدأ**	
النواحي التصميمية	- الفكرة التصميمية في المبنى وضعت على أساس تحرير قلب المبنى من عناصر الحركة وخدمات الأنظمة الهندسية . - عناصر إنشائية ظاهرة كعناصر جمالية .		
خصائص بيئية	الحيز المعماري و تكامل الأنظمة يعطي سهولة عمل التمديدات الخاصة بالتكييف و الكهرباء ، حيث تم وضع المعدات الخاصة فوق سطح المبنى الأخير و تم تغذية طوابق المبنى من خلال الواجهة الخلفية .		
الجهة الدارسة	المعماري بيانو و روجرز		
الجهة المنفذة	شركة أوف أروب		
مخططات و صور توضيحية			

شكل (٤-٦) يوضح الأعمدة و عناصر التربيط
المصدر *

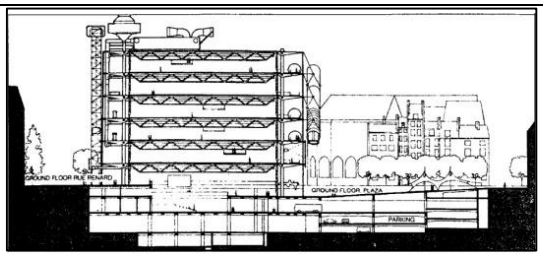
شكل (٤-٧) يوضح الواجهة الرئيسية
المصدر *

شكل (٤-٨) التجهيزات المختلفة ودلالاتها
المصدر :

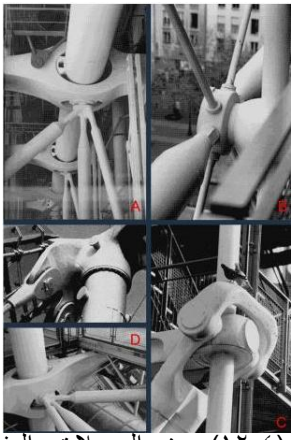
شكل (٤-٩) يوضح التجهيزات التقنية على الواجهة الخلفية
المصدر *



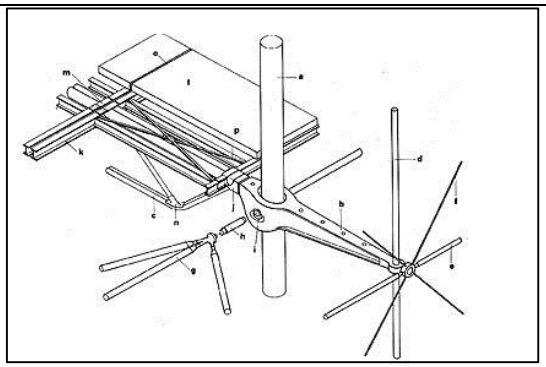
شكل (٤-١٠) مسقط افقي يوضح الانشاء
المصدر :fourc3.com



شكل (٤-١١) مقطع يوضح الملونات الفولاذية
المصدر *



شكل (٤-١٢) بعض الوصلات والمفاصل
المصدر :webs.demasiado.com



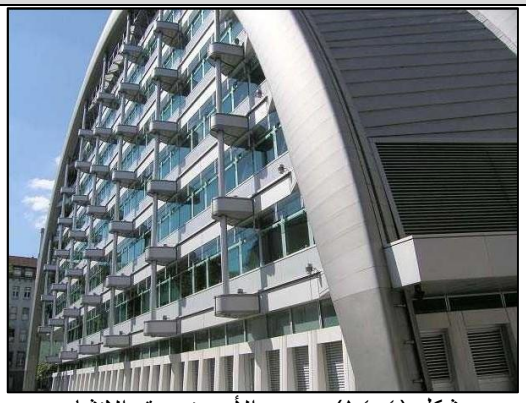
شكل (٤-١٣) يوضح طبيعة الوصلات
المصدر:webs.demasiado.com

ملاحظات : * محمد حسن ، نوبي - المحددات الإنشائية ٨ - ٢٠٠٧ ، جامعة الملك سعود.

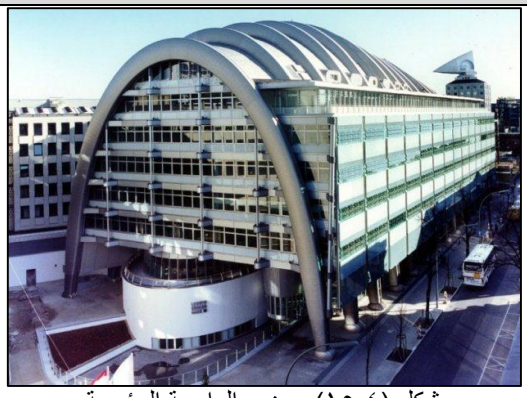
جدول (٤-٣) أمثلة عالمية - مركز بومبيدو-

٢	مبنى Ludwig – Erhard – Haus		١٩٩٤-١٩٩٧م
الموقع	برلين - ألمانيا	**وظيفة المبنى الحالية**	مكاتب
عدد الطوابق	٩ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	متعدد الطوابق منخفض
الجملة الإنشائية	الجملة عبارة عن : - عقد من الفولاذ متعددة و سقف المكاتب في آخر طابق مصنوعة من قشرة خرسانية مسبقة الصب. - عناصر التربيط تكمن في قوس كبير على كامل الطوابق .		
مادة الإنشاء	- الفولاذ - تغطية من قشرة خرسانية	**الإكساء**	من الزجاج و الألمنيوم
طبيعة الوصلات	وصلات مفصلية – وصلات براغي .		
النواحي التصميمية	- الفكرة التصميمية في المبنى وضعت على أساس تحرير قلب المبنى من عناصر الحركة وخدمات الأنظمة الهندسية . - عناصر إنشائية ظاهرة كعناصر جمالية . - وصلات ذات تصميم مميز .		
خصائص بيئية	يحتوي المبنى على فراغين داخليان مغلفان بحوائط زجاجية و بهم نوافذ قابلة للفتح ، و يعملان على ملائمة المبنى مع البيئة و في الصيف يمكن تبريد الهواء .		
الجهة الدارسة	المعماري نيكولاس توماس غريمشاو		
الجهة المنفذة			

مخططات و صور توضيحية



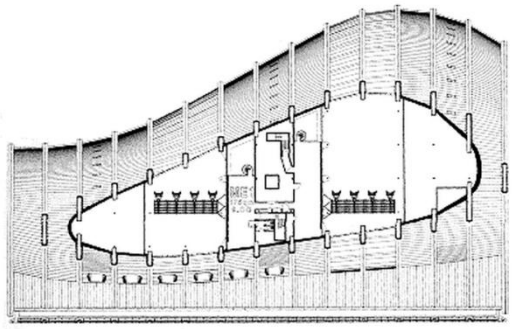
شكل (٤-١٤) يوضح الأعمدة وعقد الانشاء
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]



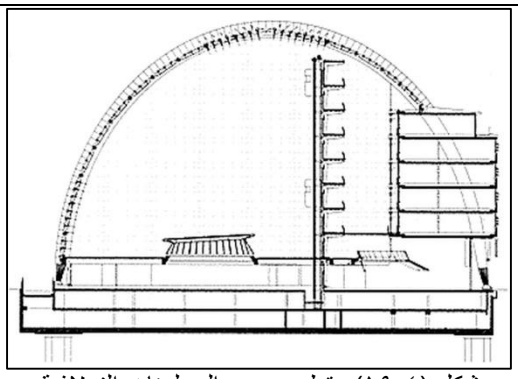
شكل (٤-١٥) يوضح الواجهة الرئيسية
المصدر www.gregull-spang.de

شكل (٤-١٦) الفراغ الداخلي
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]

شكل (٤-١٧) التجهيزات التقنية للتنظيف وطريقة فتح النوافذ
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]



شكل (٤-١٨) مسقط افقي يوضح الانشاء
المصدر guestbook.blog.naver.com



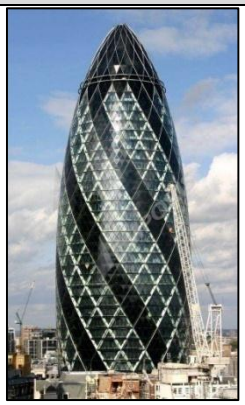
شكل (٤-١٩) مقطع يوضح الجملونات الفولاذية
المصدر guestbook.blog.naver.com

شكل (٤-٢٠) بعض الوصلات و المفاصل
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]

شكل (٤-٢١) يوضح إنشاء القوس بمجاز اقصى ٦١ م
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]

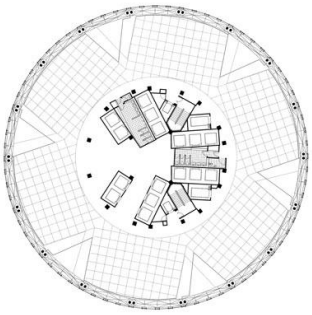
ملاحظات :

جدول (٤-٤) أمثلة عالمية - Ludwig – Erhard – Haus-

٣	المبنى المكتبي 30 St Mary Axe		٢٠٠٤ م
الموقع	لندن - بريطانيا	**وظيفة المبنى الحالية**	مكاتب
عدد الطوابق	٤٠ طابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	مبنى عالي
الجملة الإنشائية	جملة نواة مركزية وإطارات جملونية - نواة إنشائية من الفولاذ وعليه عناصر أفقية من الفولاذ تركب فوق كوابل من الفولاذ مكونة لبلاطات السقف. - عناصر التربيط شبكة معدنية خارجية تحمل الواجهة الزجاجية .		
مادة الإنشاء	الفولاذ	**الإكساء**	من الزجاج و الألمنيوم
طبيعة الوصلات	وصلات براغي– وصلات لحام.		
النواحي التصميمية	يتميز المبنى بشكل أسطواني مخروطي وإكساء خارجي زجاجي، ومحيط دائري، يتوسّع البناء في المنظر الجانبي كما يرتفع ويستدقّ نحو قمته ؛ مما يجعل هذا الشكل المميز يتفاعل مع قيود الموقع ليبدو المبنى أكثر رشاقة.		
خصائص بيئية	خُفّضت الانعكاسات بواسطة الانحناء في السطح الخارجي ككل والشفافية مناسبة لجو المدينة ونسبة أشعة الشمس ومن الناحية البيئية فتخفّض كمّية الريح بسبب أنها تنحرف على الأرض بالمقارنة مع البرج المستقيم للحجم المشابه؛ مما يساعد لإبقاء راحة عادية في مستوى شارع، ويخلق تساوي للضغط الخارجي في المناطق المحيطة، وأيضا يساعد في توفير نظام فريد من التهوية الطبيعية. وواجهة مزجّجة بالكامل، الذي يتيح للمبنى لإضاءة بشكل كلي. تتم تهوية المبنى بشكل طبيعي من خلال فناء داخلي يمر خلاله الهواء الطبيعي على كامل ارتفاع المبنى ويخرج من الفتحات في الواجهة، وهذا يخفّض هذا نظام اعتماد البرج على التكييف وهذا بدوره يخفض للاستهلاك إلى نصف الطاقة المستهلكة للمكيفات في البرج		
الجهة الدارسة	المعماري نورمان فوستر		
الجهة المنفذة	شركة Arup		
مخططات و صور توضيحية			
 شكل (٤-٢٢) يوضح نواة المعدنية و الجملة الانشائية المصدر [٤٢]			 شكل (٤-٢٣) يوضح الواجهة الرئيسية المصدر [٤٢]

شكل (٤-٢٤) تركيب الواجهة
المصدر www.fosterandpartners.com

شكل (٤-٢٥) طريقة فتح النوافذ
المصدر www.fosterandpartners.com

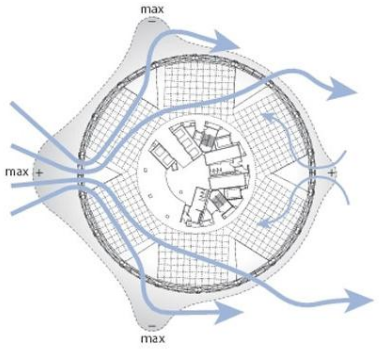


شكل (٤-٢٦) مسقط افقي يوضح الانشاء
المصدر www.fosterandpartners.com

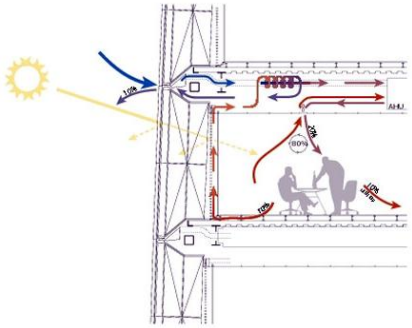
شكل (٤-٢٧) مقطع طولي
المصدر www.fosterandpartners.com

شكل (٤-٢٨) بعض الوصلات و المفاصل
المصدر www.fosterandpartners.com

شكل (٤-٢٩) يوضح مراحل الإنشاء
المصدر www.fosterandpartners.com



شكل(٤-٣٠) يوضح التهوية داخل المبنى
المصدر www.fosterandpartners.com



شكل (٤-٣١) التشميس و التهوية
المصدر www.fosterandpartners.com

ملاحظات :

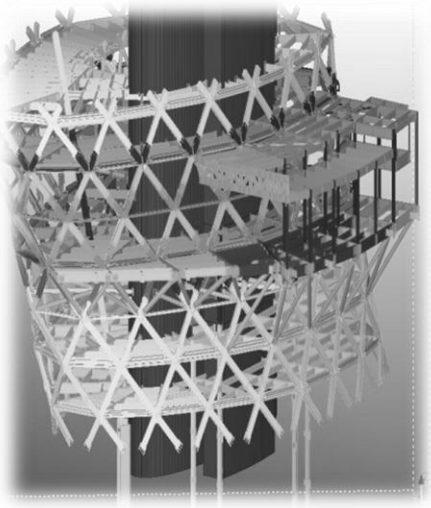
جدول (٤-٥) أمثلة عالمية -المبنى المكتبي 30 St Mary Axe -

٤	برج Capital Gate		٢٠٠٧-٢٠١٠ م
الموقع	أبو ظبي -الامارات	**وظيفة المبنى الحالية**	مكاتب
عدد الطوابق	٣٥ طابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	مبنى عالي
الجملة الإنشائية	جملة نواة مركزية وإطارات جملونية - بناء مختلط ذو أساس بيتوني و نواتان بيتونيتان تحمل البلاطات المعدنية والاطارت الفولاذية المغلفة حيث استخدمت في شبكتي الإسناد من القضبان الفولاذية المتصالبة (الداخلية والخارجية). - عناصر التربيط شبكة معدنية خارجية تحمل الواجهة الزجاجية .		
مادة الإنشاء	مختلط الفولاذ + البيتون المسلح	**الإكساء**	الزجاج و الألمنيوم
طبيعة الوصلات	وصلات براغي – وصلات لحام.		
النواحي التصميمية	- وضع تصميم كابيتال جيت ليكون المعلم الأكثر تميزا شكل خارجي عصري يعكس استخدام التقنية الحديثة ودخل موسوعة غينس (البرج الأكثر ميلا في العالم) - المظلة اللافتة للنظر تنساب من الطابق الثامن عشر وتنحدر بشكل يشبه الموجة لتغطي المنصة الكبرى وتؤكد على العلاقة الوثيقة بين القديم والحديث، الأصالة والعصرية.		
خصائص بيئية	واجهة المبنى المغطاة بطبقتين منزجاج فريد مصمم ليخفض اختراق الحرارة ويعكس الوهج ويحافظ على البرودة داخل المبنى تعمل على تحقيق كفاءة أعلى للطاقة المستخدمة، حيث أن الهواء المستخدم يجري إعادة تبريده في المنطقة بين الطبقة الداخلية والخارجية مما يخفض استهلاك الطاقة في المبنى عن طريق تدوير الهواء المستخدم.		
الجهة الدارسة	شركة Robert Matthew Johnson Marshall		
الجهة المنفذة	شركة الحبتور للمقاولات		
مخططات و صور توضيحية			

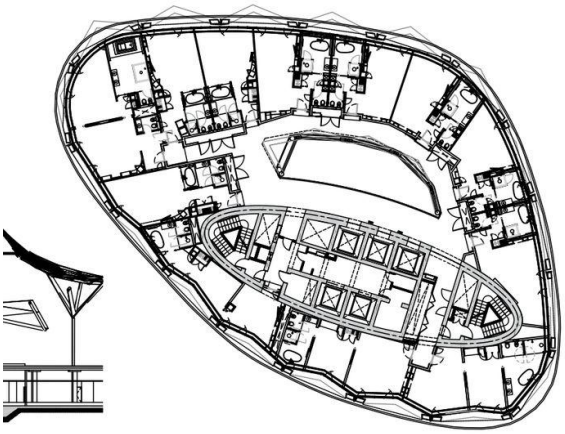
شكل (٤-٣٢) يوضح نواة البيتونية و الجملة الانشائية
المصدر www.ctbuh.org

شكل (٤-٣٣) يوضح الواجهة الرئيسية
المصدر www.3rbfox.com

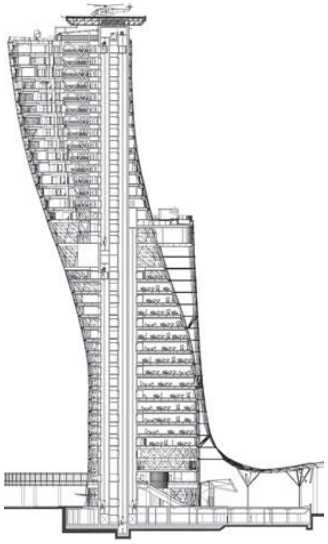
شكل (٤-٣٤) تركيب الواجهة
المصدر www.3rbfox.com



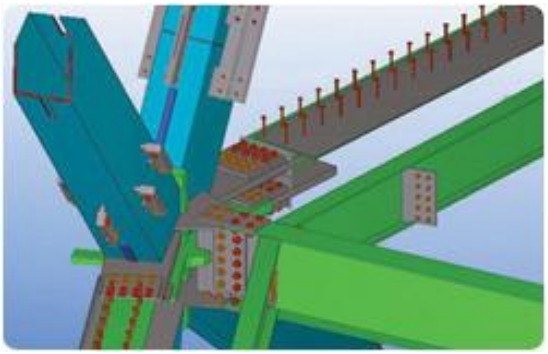
شكل (٤-٣٥)الشرفة المعدنية
المصدر www.3rbfox.com



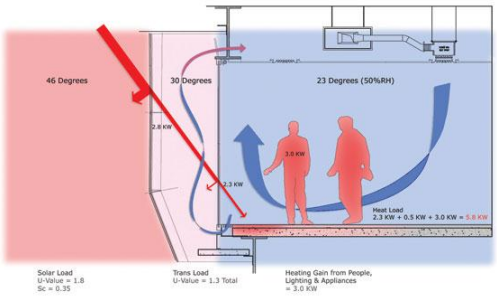
شكل (٤-٣٦) مسقط افقي يوضح الانشاء
المصدر www.ctbuh.org



شكل (٤-٣٧) مقطع طولي
المصدر www.ctbuh.org



شكل (٤-٣٨) بعض الوصلات و المفاصل
المصدر http://ddimitrov.weebly.com/

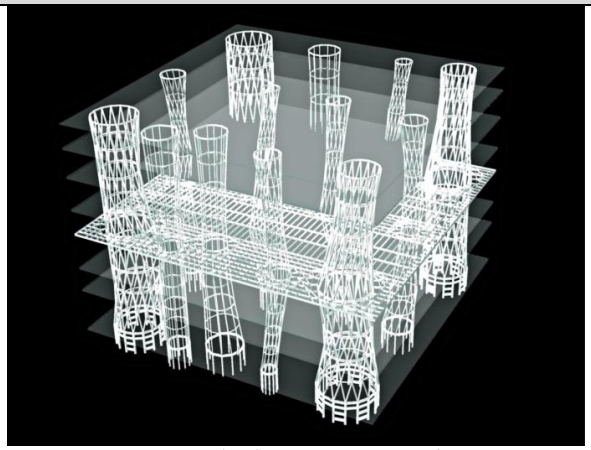


شكل (٤-٣٩) التشميس و التهوية
المصدر www.ctbuh.org

ملاحظات :

جدول (٤-٦) أمثلة عالمية –برج Capital Gate -

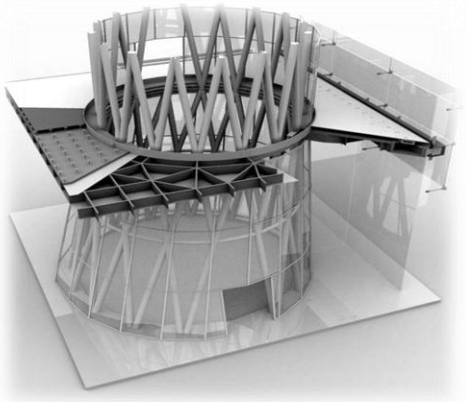
٥	مبنى Sendai Mediatheque		٢٠٠١ م
الموقع	سينداي - اليابان	**وظيفة المبنى**	مكتبة
عدد الطوابق	٧ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	مبنى منخفض
الجملة الإنشائية	جملة أعمدة وبلاطات شبكية من الفولاذ - أعمدة شبكية على شكل أنوية تحوي عناصر الانتقال الشاقولي . - تحمل الأعمدة الشبكية المعدنية بلاطات الطوابق المعدنية التي بدورها تربط هذه الأعمدة مع بعضها البعض و تعطي المبنى متانته .		
مادة الإنشاء	الفولاذ	**الإكساء**	الزجاج و الألمنيوم
طبيعة الوصلات	وصلات براغي – وصلات لحام .		
النواحي التصميمية	- يتألف المبنى من سبع طوابق مرفوعة ١٣ نواة معدنية ٤ منها على الزوايا لإعطاء المبنى المتانة اللازمة ، ٩ أعمدة شبكية على شكل أنوية للاستفادة منها في وضع عناصر الانتقال الشاقولية (أدراج + مصاعد) . - وضع تصميم لتعطي شفافية كبيرة بين الفراغ الداخلي و الفراغ الخارجي. - اعتمد المصمم على التقليل قدر الإمكان من سماكة البلاطات ليجعل المبنى اكثر رشاقة وشفافية ؛ و ربما ذلك ما قلل من مقامته للزلازل. - إبراز جمالية الإنشاء بالمعدن من خلال استخدام العناصر الإنشائية ظاهرة و بارزة .		
خصائص بيئية	- صمم المبنى كمبنى محافظ على الطاقة فالواجهات من الزجاج المضاعف مما يقلل استهلاك الطاقة. - وضع كاسرات للشمس على الواجهة الجنوبية للتحكم بساعات التشميس . - التهوية الطبيعة حيث يتم سحب الهواء من السطح الأخير الى الطوابق السفلية من خلال الأعمدة الشبكية.		
الجهة الدارسة	Toyo Ito & Associates		
الجهة المنفذة	Sasaki and Partners		
مخططات و صور توضيحية			



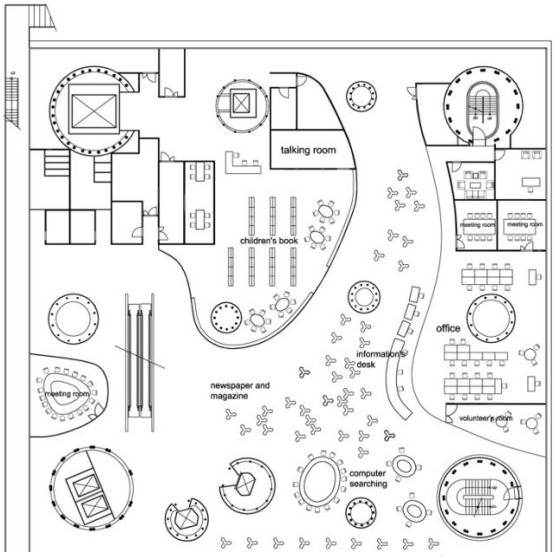
شكل (٤-٤٠) يوضح الجملة الانشائية
المصدر www.ctbuh.org

شكل (٤-٤١) يوضح الواجهة الرئيسية
المصدر www.jmhdezhdez.com

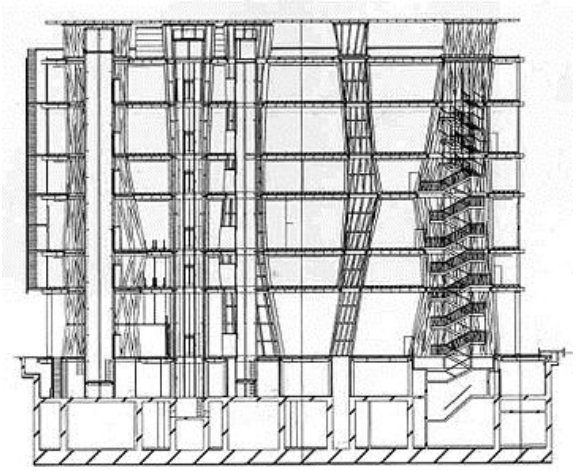
شكل (٤-٤٢) تركيب الواجهة وإعطاء شفافية بين الداخل والخارج
المصدر www.jmhdezhdez.com



شكل (٤-٤٣) علاقة الأعمدة الشبكية مع بلاطة السقف
المصدر www.kristinmueller.net

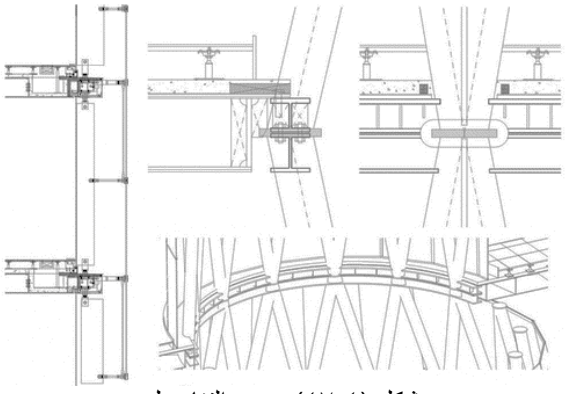


شكل (٤-٤٤) مسقط افقي يوضح الانشاء
المصدر www.ad.ntust.edu.tw



شكل (٤-٤٥) مقطع طولي
المصدر www.ad.ntust.edu.tw

شكل (٤-٤٦) انهيار المبنى بسبب زلزال عام ٢٠١١م
المصدر http:// victortsu.tumblr.com/



شكل (٤-٤٧) بعض التفاصيل
المصدر www.jmhdezhdez.com

ملاحظات: انهار المبنى بسبب زلزال عام ٢٠١١ حيث أنّ المبنى ركز على النواحي التصميمية وجعل الواجهات ذات شفافية عالية تصل الخارج مع الداخل، وجعل البلاطات أقل سماكة ، وتم اغفال بعض النواحي الانشائية بما يخص العناصر التي تقاوم القوى الأفقية التي يتعرّض لها المبنى.

جدول (٤-٧) أمثلة عالمية - مبنى Sendai Mediatheque -

٤-٢- دراسة تحليلية لبعض المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا وتقييمها :

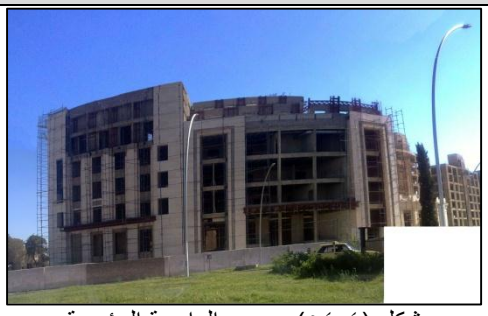
٤-٢-٢ أمثلة على استخدام المعدن في الأبنية متعددة الطوابق في سوريا:

يتميز المهندسون وكذلك الحرفيون في سوريا بخبرة جيدة في مجال دراسة و إنشاء مبان معدنية مفردة الطابق -حتى أنه يتم التركيز على المباني مفردة الطابق خلال الفترة الأكاديمية للمهندس- ويتجلى ذلك من خلال ما تم انجازه من منشآت صناعية و رياضية محلياً...

إلا أنّه في المباني متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية بقي الأمر مقتصراً على بعض الأبنية القليلة جدا و التي كانت نتاج جرأة و حماس بعض الأشخاص إما من الجهة المالكة للمشروع أو الجهة المنفذة و نفذت بخبرات محلية وهذه نقطة تحتسب في صالح الإنشاء بالمعدن في سوريا .

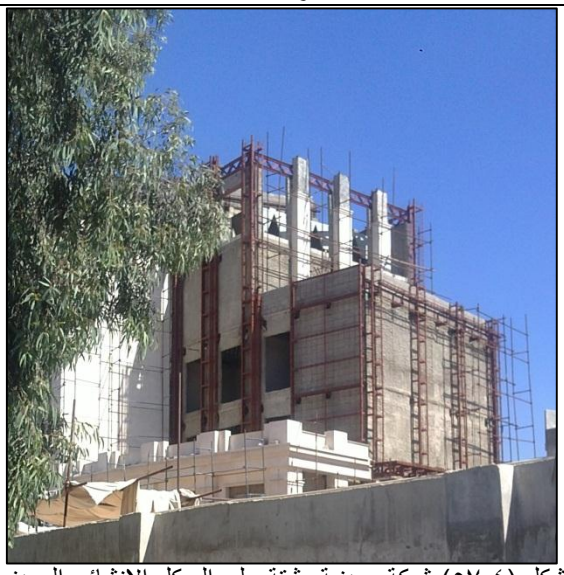
	أمثلة محلية	الصور
١	مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية في دمشق	شكل (٤-٥٠)مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية المصدر معد البحث
٢	مبنى الاتحاد الرياضي العام	شكل (٤-٥١)مبنى الاتحاد الرياضي العام المصدر معد البحث
٣	بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة) من هياكل معدنية متعددة الطوابق	شكل (٤-٥٢)بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة) المصدر معد البحث

جدول (٤-٨) الأمثلة المحلية المدروسة – معد البحث

١	مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية في دمشق		قيد الانجاز
الموقع	دمشق - سوريا	**وظيفة المبنى الحالية**	مكاتب
عدد الطوابق	٦ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	متعدد الطوابق منخفض
الجملة الإنشائية	جملة نواة حاملة و جوائز عرضية . - أنوية بيتونية + جملة إطارات بسيطة و جوائز فولاذية . - مقاومة القوى الأفقية تكمن في الأنوية البيتونية تحوي عناصر الانتقال الشاقولي - تم صناعة العناصر الإنشائية خارج الموقع و تجميعها في الموقع .		
مادة الإنشاء	مختلطة الفولاذ + بيتون مسلح	**الإكساء**	الرخام
طبيعة الوصلات	وصلات لحام– وصلات براغي .		
الحماية من الحريق		**الحماية من الصدأ**	
النواحي التصميمية	- مبنى مكتبي تقليدي نسبياً والاكساء الخارجي من الرخام للضرورة الأمنية - لا تعطي الواجهات بشكل عام مادة الانشاء المستخدمة او الجملة الانشائية.		
خصائص بيئية	الجسور الثانوية عبارة جسور مصنعة مسبقاً تتضمن فتحات تساعد تمرير التمديدات المختلفة للمبنى وبالتالي اختصار في سماكة البلاطة وطبقات التكسية و بالتالي الكلفة الإجمالية .		
الجهة الدارسة	-		
الجهة المنفذة	-		
مخططات و صور توضيحية			
 شكل (٤-٥٣) موقع المبنى المصدر www.maps.google.com		 شكل (٤-٥٤) يوضح الواجهة الرئيسية المصدر معد البحث	

شكل (٤-٥٥) الاكساء الخارجي
المصدر معد البحث

شكل (٤-٥٦)يوضح الأعمدة و عقد الإنشاء
المصدر www.maps.google.com



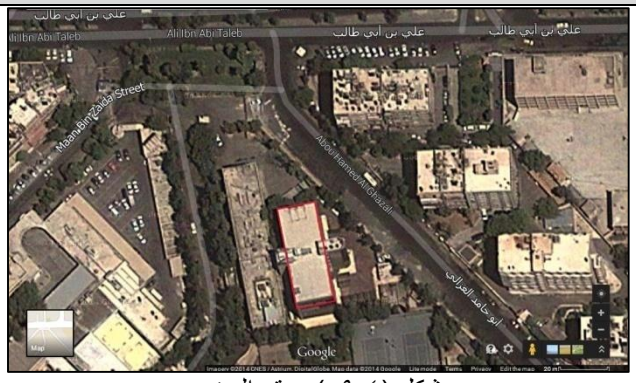
شكل (٤-٥٧) شبكة معدنية مثبتة على الهيكل الإنشائي المعدني لتثبيت واجهات الرخام
المصدر معد البحث

شكل (٤-٥٨) نموذج الجسور الثانوية وشكل الفتحات
المصدر معد البحث

ملاحظات: توقفت الأعمال في المبنى

جدول (٤-٩) أمثلة محلية– مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية –

٢	مبنى الاتحاد الرياضي العام		٢٠٠٦
الموقع	دمشق - سوريا	**وظيفة المبنى الحالية**	مكاتب
عدد الطوابق	٥ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	متعدد الطوابق منخفض
الجملة الإنشائية	جملة نواة حاملة و جوائز عرضية . - نواة بيتونية + جملة إطارات بسيطة و جوائز فولاذية . - مقاومة القوى الأفقية تكمن فيالنواة البيتونية تحوي عناصر الانتقال الشاقولي		
مادة الإنشاء	مختلطة الفولاذ + بيتون مسلح	**الإكساء**	الرخام
طبيعة الوصلات	وصلات لحام – وصلات براغي (تم تصنيعها في الموقع) .		
الحماية من الحريق	-	**الحماية من الصدأ**	عمليات الدهان العادية
النواحي التصميمية	- مبنى مكاتب تقليدي عبارة عن مسقط مستطيل الشكل تتوضع عناصر الانتقال الشاقولي في منتصف الضلع الطويل ، يؤدي الى بهو و منه الى ممرات تتوزع الغرف الإدارية على جانبي الممر ، هذه الغرف الإدارية يفصل بين بعضها جدران من البلوك الاسمنتي .		
خصائص بيئية	المبنى مزود بتجهيزات التدفئة و التكييف المركزي و الاكساءات الخارجية من صفائح الالكابوند و الزجاج و درجة عزل جيدة نسبياً .		
الجهة الدارسة	مؤسسة الإسكان العسكرية .		
الجهة المنفذة	مؤسسة الإسكان العسكرية .		
مخططات و صور توضيحية			

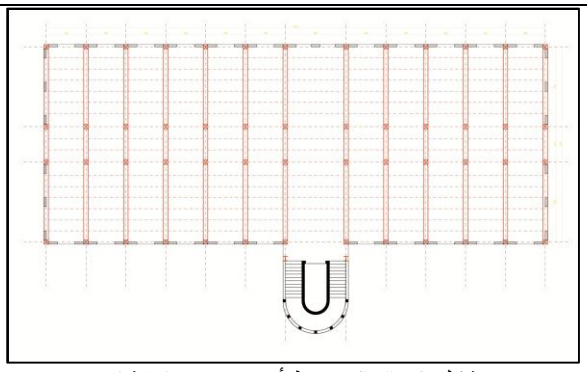


شكل (٤-٥٩) موقع المبنى
المصدر www.maps.google.com

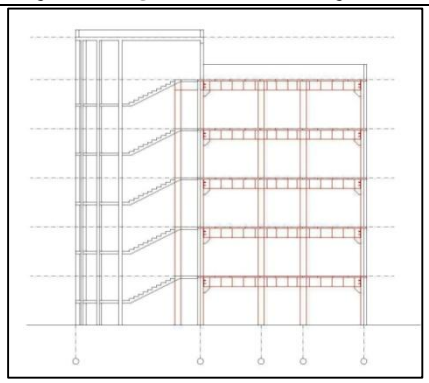
شكل (٤-٦٠) يوضح الواجهة
المصدر معد البحث

شكل (٤-٦١) يوضح الجسور الرئيسة و الثانوية و السقف المعدني
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

شكل (٤-٦٢)نواة بيتونية تتضمن عناصر الانتقال الشاقولية
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة



شكل (٤-٦٣) مسقط أفقي يوضح الإنشاء
المصدر معد البحث



شكل (٤-٦٤) مقطع طولي
المصدر معد البحث

شكل (٤-٦٥) بعض الوصلات و المفاصل
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

شكل (٤-٦٦) اتصال العناصر المعدنية بالعناصر البيتونية
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

ملاحظات :

جدول (٤-١٠) أمثلة محلية– مبنى الاتحاد الرياضي العام –

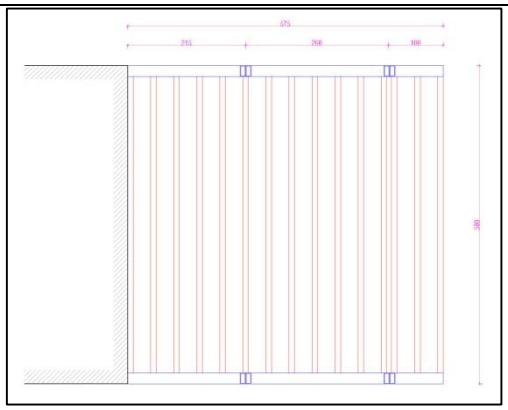
٣	**بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة) من هياكل معدنية متعددة الطوابق**		**٢٠١٤**
الموقع	دمشق - سوريا	**وظيفة المبنى الحالية**	سكني
عدد الطوابق	٣ طوابق	**التصنيف حسب عدد الطوابق**	متعدد الطوابق منخفض
الجملة الإنشائية	جملة عمود و جائز.		
مادة الإنشاء	الفولاذ	**الإكساء**	طينة اسمنتية
طبيعة الوصلات	وصلات لحام تثبيت بالبراغي عند الاتصال بالبيتون .		
الحماية من الحريق	لا يوجد	**الحماية من الصدأ**	أعمال الدهان العادية
النواحي التصميمية	توسيع المبنى السكني و الاستفادة من الحديقة المحيطة .		
خصائص بيئية	-		
الجهة الدارسة	-		
الجهة المنفذة	حرفيون في أعمال الحدادة .		
مخططات و صور توضيحية			

شكل (٤-٦٧) موقع المبنى
المصدر www.maps.google.com

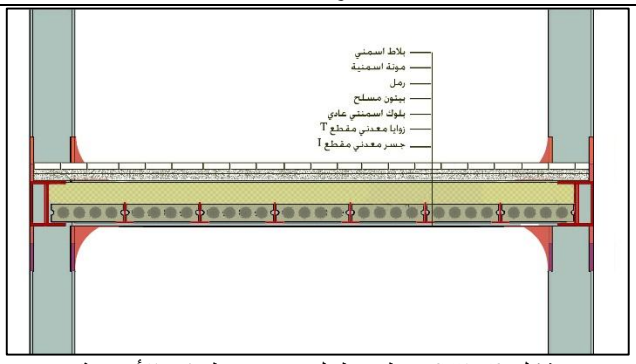
شكل (٤-٦٨) يوضح الواجهة
المصدر معد البحث

شكل (٤-٦٩) الجوائز الثانوية و اكساءات بلاطة السقف
المصدر معد البحث

شكل (٤-٧٠)الأعمدة المعدنية و أسلوب الإنشاء
المصدر معد البحث



شكل (٤-٧١) مسقط أفقي يوضح الإنشاء
المصدر معد البحث



شكل (٤-٧٢) مقطع طولي يوضح طبقات الأرضية
المصدر معد البحث

شكل (٤-٧٣) بعض الوصلات و المفاصل
المصدر معد البحث

شكل (٤-٧٤) اتصال العناصر المعدنية بالعناصر البيتونية
المصدر معد البحث

ملاحظات :

جدول (٤-١١) أمثلة محلية– بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة) من هياكل معدنية متعددة الطوابق –

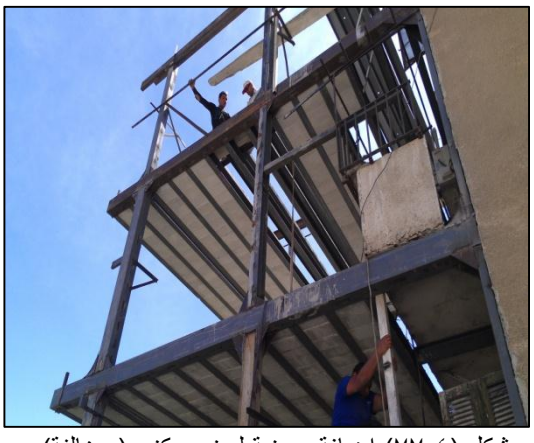
٤-٢-١- مقارنة تحليلية بين المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية و المحلية في سوريا :

- **الجملة الانشائية :**

تمتاز الجمل الإنشائية في المباني متعددة الطوابق المعدنية في سوريا بانها تتشكل من البيتون و المعدن وهي بالغالب من جملة إنشائية هيكلية خطية (جملة عمود – جائز) تتوسطها نواة بيتونية لمقاومة القوى الافقية هو حل يعتبر أكثر اقتصادياً حيث نرى ذلك في الأمثلة المدروسة الثلاثة (الاتحاد الرياضي العام – الملحقية الثقافية – إضافة توسع لمبنى سكني) .

شكل (٤-٧٥) مبنى الاتحاد الرياضي العام أثناء الإنشاء
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

شكل (٤-٧٦) جملة عمود و جائز و استناد بسيط- مبنى الاتحاد الرياضي العام
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

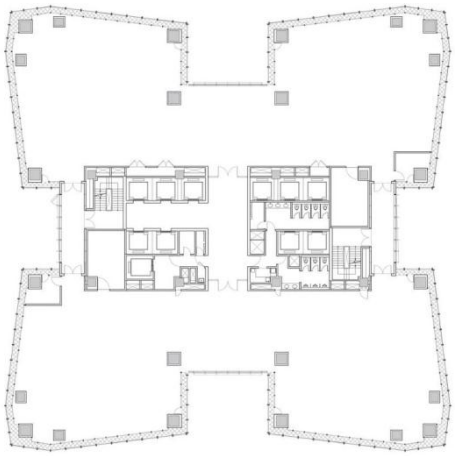


شكل (٤-٧٧) إضافة معدنية لمبنى سكني (مخالفة)
المصدر معد البحث

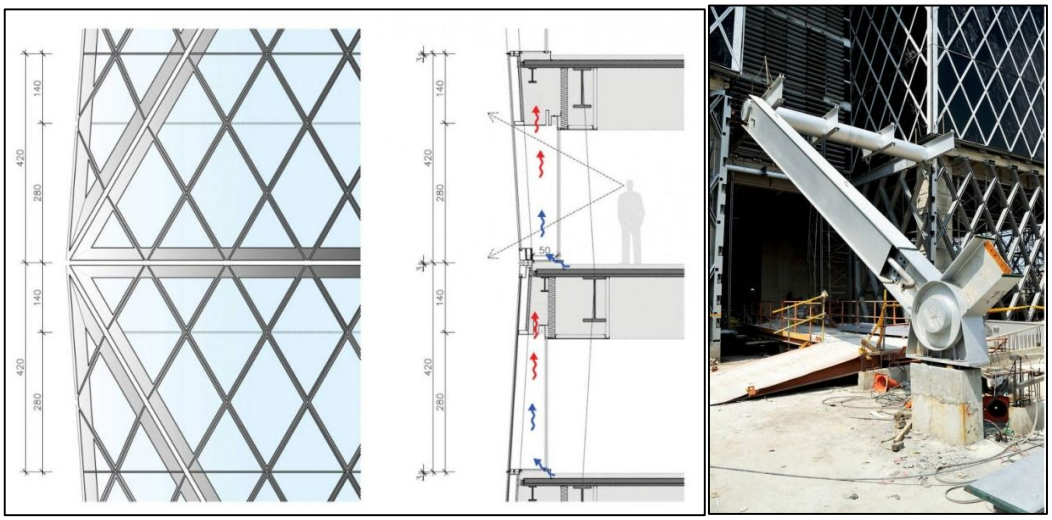
شكل (٤-٧٨) مبنى الملحقية الثقافية أثناء الإنشاء
المصدر www.maps.google.com

بينما عالمياً كانت الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني متعددة الطوابق المعدنية أكثر تنويعاً وتعقيدا و تداخلاً و قد تجد في المبنى الواحد أكثر من جملة إنشائية متراكبة مع بعضها لتحقيق النواحي الإنشائية و النواحي التصميمية الجمالية .

شكل (٤-٧٩) مقر شركة فولاذ الصين - تايوان – ٢٠١٢م
المصدر www.archdaily.com



شكل (٤-٨٠) مسقط مقر شركة فولاذ الصين - تايوان – نواة مركزية +أجنحة محيطية كل منها جملة شبكية محيطية
المصدر www.archdaily.com



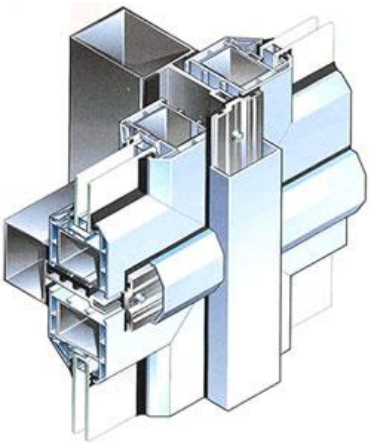
شكل (٤-٨١) تفاصيل في واجهات مقر شركة فولاذ الصين - تايوان – ٢٠١٢م
يوضح الشبكة المعدنية الرئيسية الحاملة و الشبكة الثانوية التي تحمل قطع الزجاج
المصدر www.archdaily.com

- **<u>مواد الاكساء :</u>**

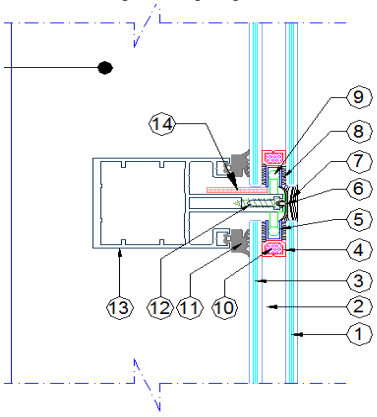
يتم اكساء واجهات المباني في سوريا بعدة طرق منها التقليدية (الرخام – المونة الاسمنتية ..) منها الحديثة (الزجاج و الالكابوند) وذلك حسب طبيعة كل مبنى ووظيفته وذلك أيضا ينطبق على المباني متعددة الطوابق المعدنية فمثلاً واجهات مبنى الاتحاد الرياضي كانت من الزجاج و

صفائح الالكابوند ALUCOBOND وهذا يلائم نسبياً المباني ذات الهياكل المعدنية ، أما في مبنى الملحقية الثقافية تم الاكساء بالرخام و التقليل من حجم الفتحات و ذلك لأسباب تتعلق بوظيفة المبنى و تم تثبيت هياكل الحاملة لبلاطات الرخام على الهيكل المعدني باللحام و في المخالفة للبناء السكني بالطينة الإسمنتية .

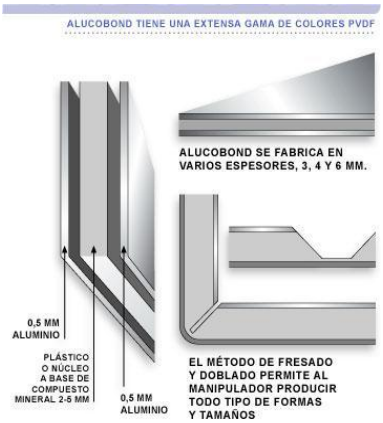
شكل (٤-٨٢)مبنى الاتحاد الرياضي العام
المصدر معد البحث



شكل (٤-٨٣)تفصيلة الزجاج المضاعف المستخدم محليا
المصدر شركة مدار



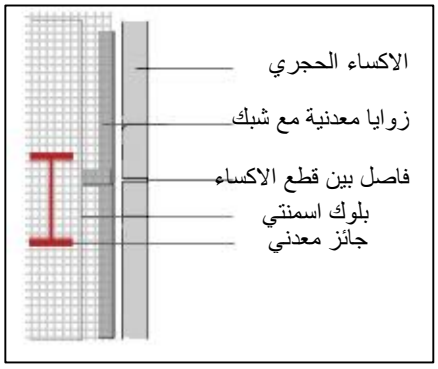
شكل (٤-٨٥)تفصيلة الزجاج المضاعف المستخدم محليا
المصدر



شكل (٤-٨٤) تفاصيل اللكابوند المستخدمة في سوريا
المصدر

في الملحقية الثقافية تم تثبيت شبكة معدنية من زوايا و شبك معدني لتثبيت قطع الاكساء :

شكل (٤-٨٦)تثبيت الحجر على واجهات الملحقية الثقافية
المصدر معد البحث



شكل (٤-٨٧) طريقة تثبيت الاكساء الحجري على
واجهات الملحقية الثقافية
المصدر معد البحث

بالنسبة للواجهات الحديثة من الزجاج و صفائح الألكابوند المستخدمة في سورية استخدمت طريقتين اساسيتين [1]:

١- طريقة الإكساء باستعمال جملة مقاطع معدنية أفقية وشاقولية أو أفقية فقط (مباني متعددة الطوابق غالبا)
٢- طريقة الإكساء باستعمال عناصر تربيط خاصة (نظام سبايدر) مستندة على شبكة معدنية (واجهات المحلات و الصالات في الغالب)

الطريقة الأولى :

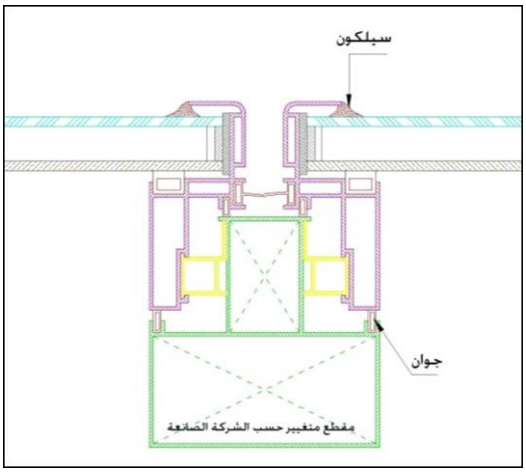
يتم تثبيت الزجاج على مقاطع من الألمنيوم فقط أو مقاطع من الألمنيوم والحديد معا .

يتم استعمال المقاطع من الألمنيوم فقط عندما يكون التباعد بين الألواح الزجاجية قليل والزجاج يحتوي عدد كبير من التقسيمات كما في حال المقاطع العرضية المنحنية للأبنية .

وهذه المقاطع تكون موصفة من الشركة الصانعة وهي بعدة مقاطع ومواصفات حسب المجازات ولكنها قد تكون غير اقتصادية أحيانا لأن المقاطع محدودة وتؤدي لحدوث بعض الهدر إن لم يكون المقطع المزود قريب من المواصفات القياسية الأساسية له .

أما المقاطع من الألمنيوم والحديد معا (تكون أكثر اقتصادية في بعض الأحيان) فيستعمل عندما تكون الألواح الزجاجية كبيرة وعندما يكون الهيكل المعدني الفولاذي هيكل حامل لأحمال غير أحمال زجاج الواجهات .

وفي كلتا الطريقتين يتم التثبيت أما باستعمال مقطع الألمنيوم مباشرة حيث يكون المقطع مزود بثلم يحيط بحواف الزجاج من أربع جهات أو في الأنظمة الحديثة من جهتين علوية وسفلية فقط ويتم وضع فواصل شاقولية من الإيبوكسي الخاص لسد الفراغات وتشكيل الرابط وللسماح بالتمدد والتقلص .



شكل (٤-٨٨) مقطع ألكابوند

المصدر شركة مدار - سوريا

الطريقة الثانية :

يتم تثبيت الزجاج المقسى باستعمال عناصر التربيط سبايدر وهي عناصر مصنعة من الكروم تحتوي على قطع من ال PVC للسماح لها بالحركة لمقاومة التمدد والتقلص وهي عناصر موجودة في السوق المحلية مستوردة .

ويمكن تصنيعها محليا تعطي اقتصادية عالية وجيدة وهي مختبرة ومنفذه في عدة مشاريع .

[1] م. ماهر الحموي ، شركة مدار للألمنيوم ، دمشق .

يتم تركيب السبايدر على هيكل من الفولاذ ومن ثم يتم تثبيت الزجاج على السبايدر من خلال ثقوب في الزجاج

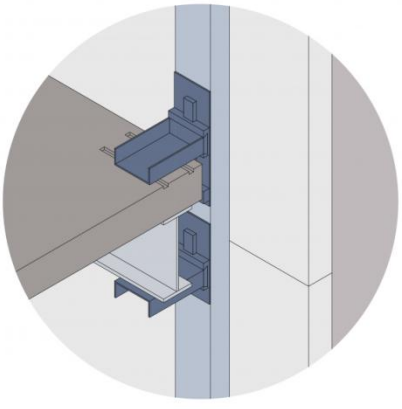
شكل (٤-٨٩) استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة
معرض سيارات بيجو - دمشق

شكل (٤-٩٠) استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة
مبنى شركة مدار - دمشق

بينما كانت الواجهات في المباني المعدنية العالمية ذات تقنية عالية جدا و تتمتع بالتفاصيل المركبة حيث استخدم نظام العنكبوتي والكابلات في تثبيت الواجهات

شكل (٤-٩١) استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة – مبنى سينداي – اليابان
المصدر www. Mediatheque.com

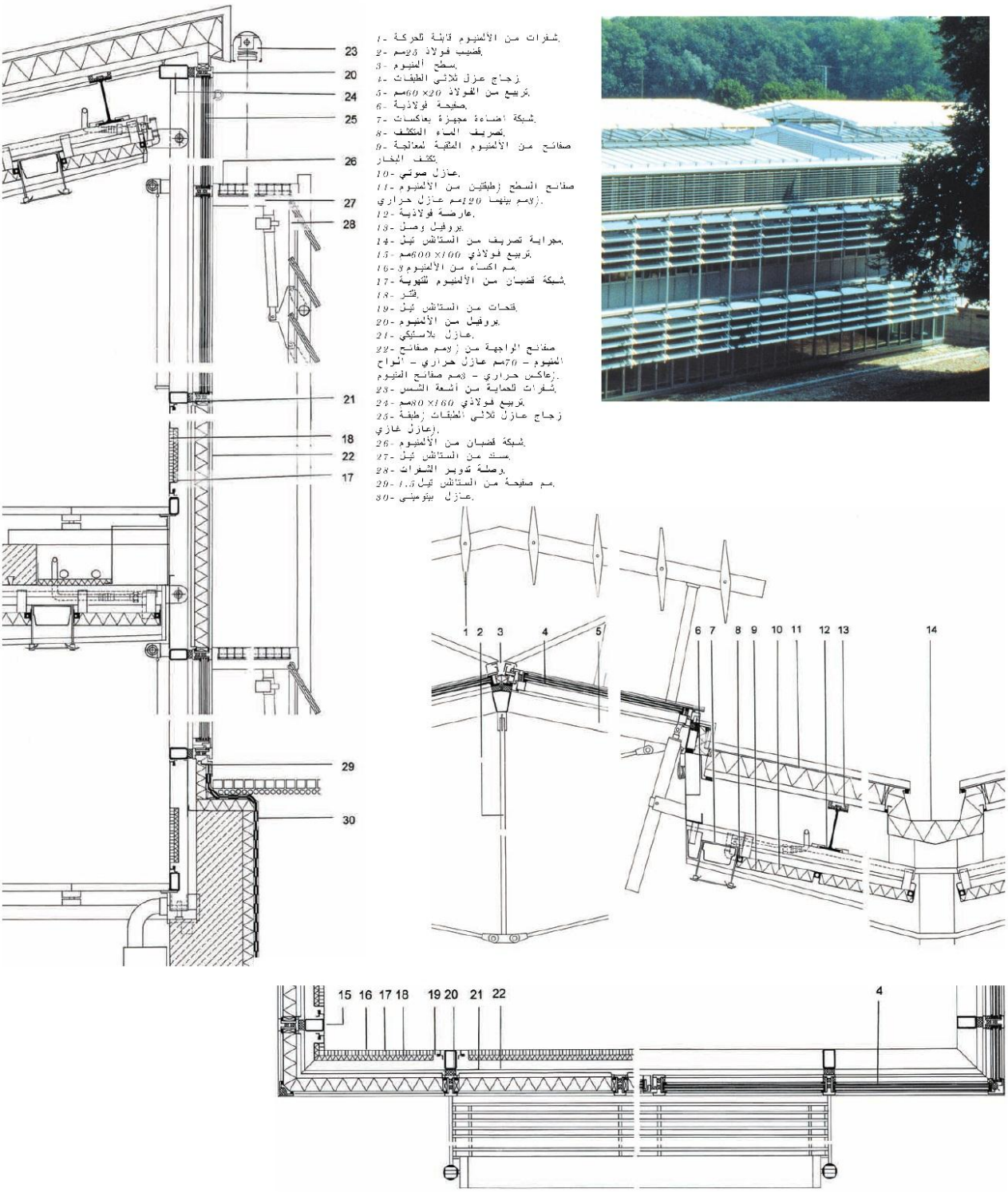
شكل (٤-٩٢) استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة – مبنى BMW – ايطاليا
المصدر www. archinect.com



شكل (٤-٩٣) طريقة تثبيت الواجهات للمنشآت المعدنية

شكل (٤-٩٤) استخدام السبايدرات مع كابلات معدنية

كما أن الواجهات امتازت بالتفاصيل المركبة و طبقات العزل و عناصر جمالية للواجهات كالكاسرات و غيرها و حلول لتصريف مياه الأمطار و غيرها من التجهيزات .



شكل (٤-٩٥) تفاصيل واجهة مبنى Gartner Design Office - المانيا

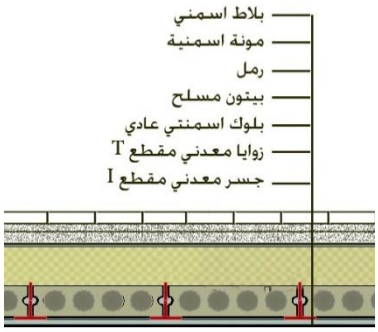
المصدر [٢]

[٢] **ECCS Publications** : Multi-Storey Buildings in Steel (Thermal and Acoustic Insulation) , 2002 .

- اكساء الأرضيات :

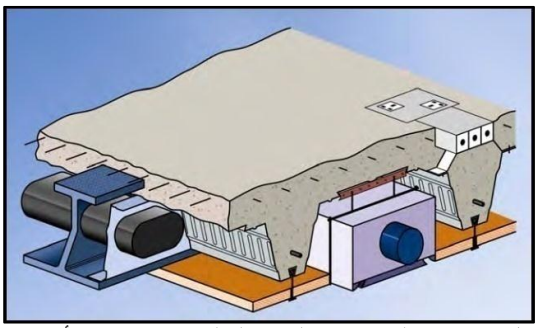
اختلفت طبقات اكساء الأرضيات الوسطية من مبنى لآخر ففي مبنى الاتحاد الرياضي كانت عبارة عن ألواح معدنية تمتد فوق الجسور المعدنية تغطيها طبقة من البيتون خفيف التسليح ثم طبقات البلاط أما في مبنى المخالفة كانت بسيطة و أقل جودة حيث يشكل العامل الاقتصادي السبب الأول لهذه الطريقة .

شكل (٤-٩٦)الجسور في مبنى الاتحاد الرياضي
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

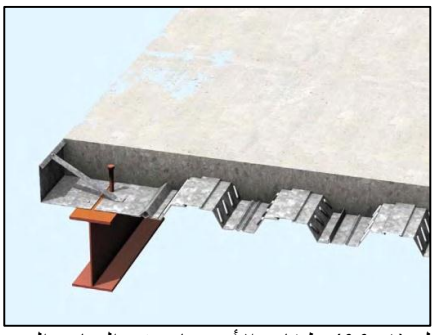


شكل (٤-٩٧)طبقات الأرضيات في مبنى المخالفة
المصدر معد البحث

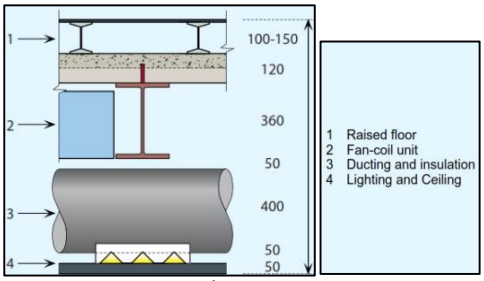
بينما في المباني المعدنية العالمية تميزت الأرضيات بتكامل في جميع النواحي الإنشائية و التقنية من حيث التجهيزات و غيرها و تداخلها مع العناصر الانشائية في بعض الأحيان مما يجعلها .



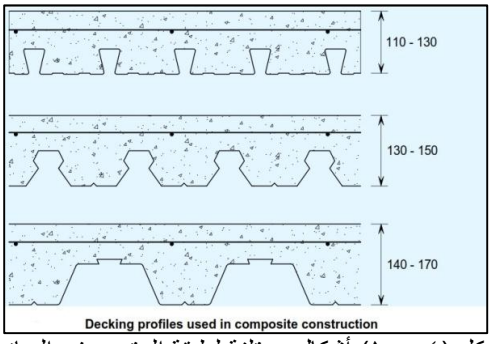
شكل (٤-٩٨) التجهيزات التقنية العالية في طبقات الأرضيات
المصدر[16]



شكل (٤-٩٩) طبقات الأرضيات في المباني المعدنية
المصدر[16]



شكل (٤-١٠١) طبقات الأرضيات في المباني
المعدنية
المصدر[16]



شكل (٤-١٠٠) أشكال مختلفة لطبقة البيتون في المباني
المعدنية المصدر[16]

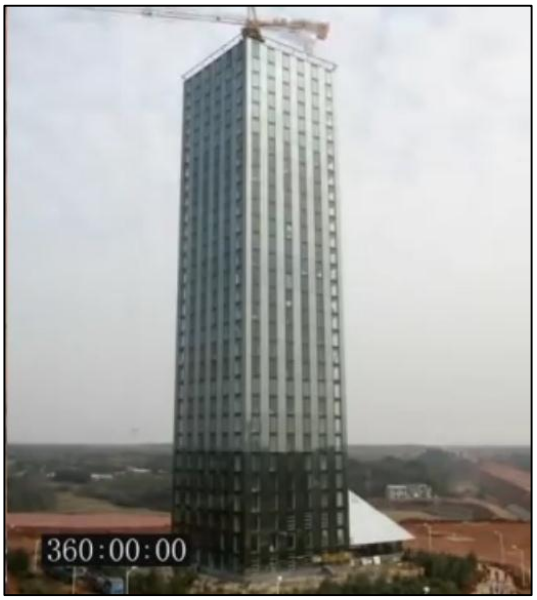
- **السرعة في تشييد المبنى** :

كانت المنشآت المعدنية في سوريا بشكل عام نتيجة الضرورة الملحة لاستخدام المعدن وظيفيا و إنشائياً (معامل - هنغارات التخزين – تغطيات ملاعب - ..) ، إلا أنه في المباني متعددة الطوابق المعدنية كان المعدن هو الخيار بسبب الحاجة لـ **السرعة في تشييد المبنى** ويظهر هذا واضحاً في إضافة توسع لمبنى سكني في دمشق - المزة كمخالفة بناء تتطلب السرعة .

شكل (٤-١٠٢)مبنى الاتحاد الرياضي العام أثناء التشييد
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

شكل (٤-١٠٣)مخالفة متعددة الطوابق من هيكل معدني في المزة
المصدر معد البحث

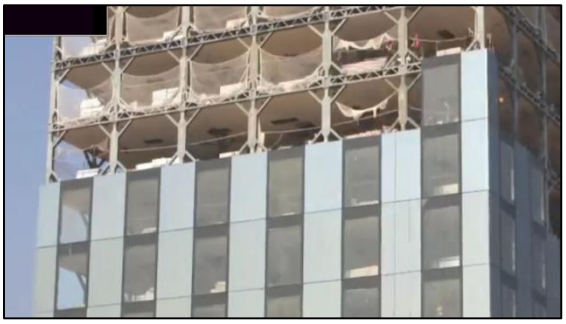
الا أنه عالميا أعطت المكننة للسرعة في التشييد مفهوماً مختلفاً حيث الدقة في العمل و تكامل في التجهيزات و خواص بيئية عالية و هذا ما نجده في مبنى في الصين (مؤلف من ٣٠ طابق تم تشييده في ١٥ يوماً بعد انتهاء عمليات التصنيع في المصنع) يتحمل زلزال ٩ درجات و ذو كفاءة بالطاقة أعلى ٥ مرات و هواء أنقى بمرتين من المباني التقليدية .



شكل (٤-١٠٤) فندق في الصين،مقاطعة هونان ٣٦٠ساعة المصدر www.youtube.com

شكل (٤-١٠٥) عملية التصنيع الكاملة حتى التجهيزات و الاكساء المصدر www.youtube.com

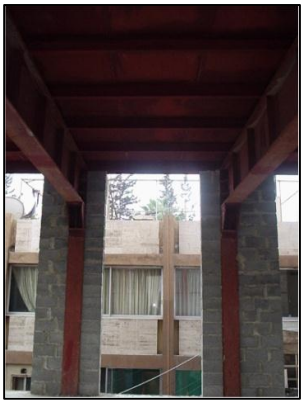
شكل (٤-١٠٦) رفع البلاطات الجاهزة في الموقع
المصدر www.youtube.com



شكل (٤-١٠٧) تركيب الواجهات من مديول معين
المصدر www.youtube.com

- **العناصر الإنشائية :**

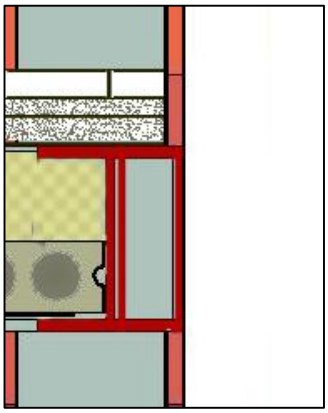
إن **العناصر الإنشائية** المستخدمة في المباني متعددة الطوابق في سوريا تنوعت بشكل محدود حيث استخدمت جوائز ثانوية مفرغة مستوردة من الخارج في مبنى الملحقية الثقافية و معزولة بشكل جيد بينما كانت الجسور في مبنى الاتحاد الرياضي عبارة عن صفائح معدنية ملحومة مع بعضها (قص + لحام) لتشكل مقطع I ألا أنها اقتصرت في مبنى المخالفة البناء على تجميع عنصرين معدنيين لتشكيل الجوائز الأساسية .



شكل (٤-١٠٨)الجسور في مبنى الاتحاد الرياضي
المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة

شكل (٤-١٠٩)الجسور في الملحقية الثقافية
المصدر معد البحث

شكل (٤-١١٠)تجميع عنصرين معدنيين في المخالفة
المصدر معد البحث



شكل (٤-١١١)تجميع عنصرين معدنيين في المخالفة
المصدر معد البحث

- **الوصلات :**

أما بالنسبة لـ **طرق الوصل** في المباني متعددة الطوابق المحلية اقتصرت على طريقتين أساسيتين هما الوصل باللحام و الوصل بالبراغي حيث كانت الملحقية الثقافية الإيرانية أكثرها تميزا بوصلات البراغي و طريقة التركيب بينما كانت الوصلات في مبنى المخالفة عبارة عن وصلات صلدة منفذة بطريقة اللحام كونها أسرع و تعطي صلادة للمبنى تغطي على ضعف الدراسة و كون أن الوصل باللحام يوفر بالوزن الإجمالي و بالتالي بالكلفة الاقتصادية ، بينما كان الوصل بالبراغي عند نقاط تثبيت المعدن بالبيتون .

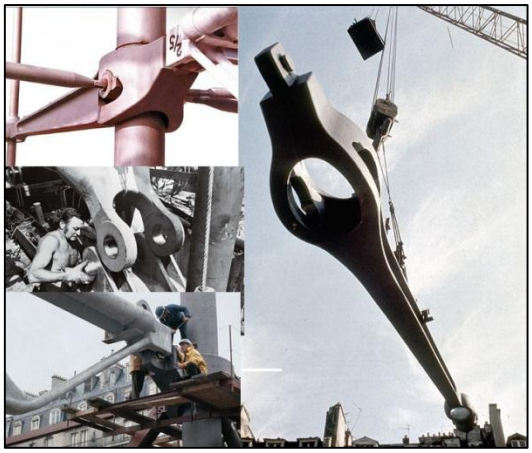
شكل (٤-١١٢)تثبيت الجسور في مبنى الملحقية الثقافية
المصدر www.maps.google.com

شكل (٤-١١٣)الوصلات في مبنى المخالفة
المصدر معد البحث

شكل(٤-١١٤)نقاط التقاء المعدن مع العناصر البيتونية - مخالفة
المصدر معد البحث

شكل(٤-١١٥) صناعة المفاصل المعدنية
الصالة الرياضية بدوما
المصدر معد البحث

أما عالمياً فكانت الوصلات تصمم بعناية لكل مبنى وذلك حسب خصوصية المبنى و الجملة الانشائية المستخدمة والفكرة التصميمية له ، لذلك نجد تنوع كبير في أنواع واشكال هذه المفاصل و الوصلات في المباني متعددة الطوابق المعدنية .



شكل (٤-١١٦)المفاصل الضخمة المبتكرة في مبنى بومبيدو - باريس
المصدر www.mediation.centrepompidou.fr

شكل (٤-١١٧)الوصلات في مبنى Ludwig – Erhard – Haus
المصدر [نوبي،٢٠٠٧]

- **السلامة المهنية :**

تعتبر معايير السلامة المهنية في أغلب المشاريع الهندسية المعدنية في سوريا مهملة جدا حيث تتطلب في مثل هذه المنشآت احتياطات و أساليب تختلف قليلا عن المشاريع المنفذة من الخرسانة و ذلك بسبب طرق و أساليب الإنشاء الخاصة بالمعدن المستخدم، وكذلك وجود عناصر و اكسسوارات كثيرة و عدد خاصة بالإنشاء بالمعدن .

شكل (٤-١١٨) عمال التنفيذ في مبنى المخالفة و غياب أسس السلامة المهنية بشكل كامل
المصدر معد البحث

- **الكود المستخدم في الابنية متعددة الطوابق المعدنية :**

الكود الأميركي : (ASTM-LRFD)

- هو نتاج الشركات المصنعة للمقاطع و المنتجات المعدنية حيث قامت بوضع شروط ومواصفات استخدام هذه المنتجات ، وبالتالي نجد أنه يتميز بسهولة استخدامه و استقراءه .
- يشمل تصميم وتحليل جميع اجزاء و تفاصيل المنشآت المعدنية .

الكود الأوروبي : (EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures)

- هو نتاج بحث أكاديمي بحت متكامل لذلك يتميز بدقة علمية كبيرة و يغطي جميع شروط ومواصفات المنشآت المعدنية المختلفة .
- عدم اعطاء الشروط الخاصة بمقاومة الزلازل أهمية كبيرة على خلاف ماتم في غيرها من الكودات الأخرى .

الكود العربي الموحد : (AR : 01-01)

- انتج بموجب قرار مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب التابع لجامعة الدول العربية * اشتركت به العديد من الدول العربية .
- زيادة الحدود الدنيا للقياسات و المواصفات وذلك ليتلائم مع واقع الدول العربية و شروط التنفيذ الخاصة بكل دولة .

الكود العربي السوري :

ورد في الكود العربي السوري لعام ٢٠١٢م اشارة الى الاشتراطات الخاصة بالمنشآت المعدنية كملحق في الكود ولكنه لم يصدر بعد، وقد اقتصر الكود على ذكر بعض الشروط والاشتراطات الخاصة بأعمال الحدادة والمنجور المعدني.

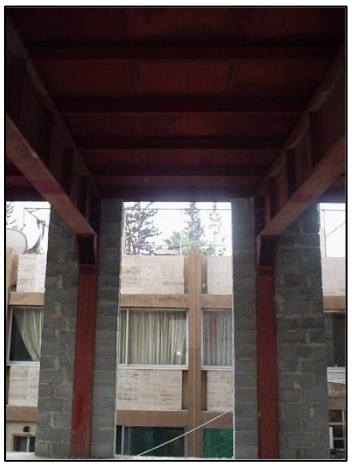
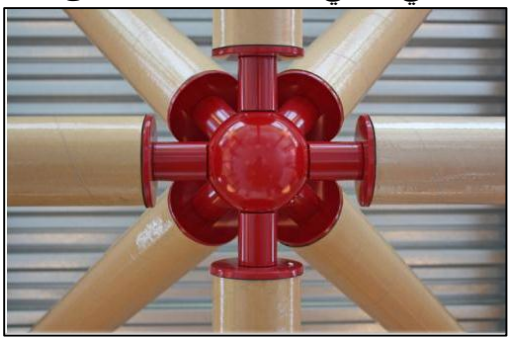
ونتيجة لذلك :

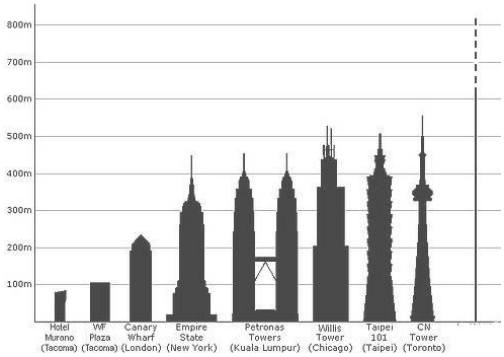
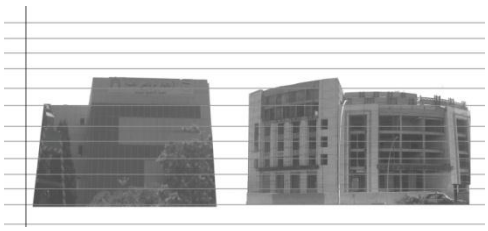
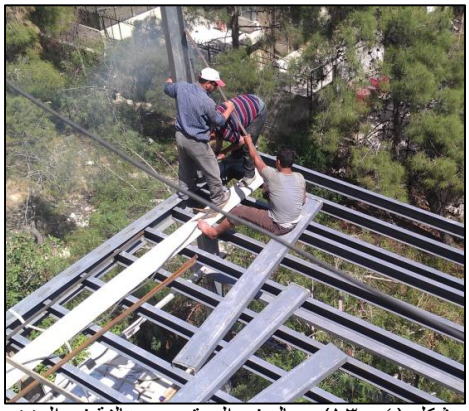
استخدم المعدن في الانشاءات المعدنية المحلية وفق معاملات تجريبية و قياسية اختبارية لخصائصه التصميمية قبل استخدامه في المنشأ وليس وفق كود محدد ، انما يتم الاستعانة بـ (كود عالمي معين) في الغالب من خلال الطرق الحسابية .

اي يمكننا القول انها عملية عكسية عن ما يتم عادة عند العمل وفق كود يعتمد نورمات ومواصفات محددة من المعادن .

* تشكلت لجنة الكودات العربية الموحدة للبناء بموجب قرار مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب ق١/د.ع-٢١-٢٠٠٤/١٢/٢٣ في دورته ال(٢٤) كأحد اللجان الفنية المرتبطة بالأمانة الفنية للمجلس . تتضمن لائحة عمل اللجنة ان عليها اقتراح الآليات لتوحيد الكودات العربية الاسترشادية ووضع برنامج لإعداد الكودات الجديدة ومراجعة وتحديث الكودات التي تم توحيدها واعتمادها وتوزيع المهام بين الدول العربية حول ذلك.
المصدر: (تقويم تجربة اعداد و تطبيق الكودات العربية الموحدة للبناء ، د. علي عبد الحسين مجبل التميمي نائب رئيس لجنة الكودات العربية الموحدة للبناء)

نتيجة لما سبق نلخص ما يلي:

	العالمية	المحلية
الاستخدام	استخدام الإنشاء بالمعدن وظيفياً وإنشائياً وجمالياً شكل(٤-١١٩) Citic Bank HQ –China – 2009 المصدر www.fosterandpartners.com	اقتصر الإنشاء بالمعدن وظيفياً وإنشائياً وليس جمالياً شكل(٤-١٢٠)مبنى الاتحاد الرياضي في دمشق المصدر:حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة
الجمل الإنشائية	استخدام جمل إنشائية متعددة و مركبة شكل(٤-١٢١) مبنى برجي مقترح المصدر www.systemx.fr	جمل إنشائية بسيطة  شكل(٤-١٢٢) مبنى الاتحاد الرياضي في دمشق المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة
الربط والوصلات	تطور كبير في تصميم الوصلات و المفاصل التي تعطي جمالية خاصة للمبنى  شكل(٤-١٢٣)مفصل لولبي يجمع أكثرمن عنصر إنشائي المصدر www.archello.com	استخدام وصلات بسيطة و مصنعة محليا عن طريق القص و اللحام شكل(٤-١٢٤) الصالة الرياضية بدوما المصدر معد البحث

آلية التركيب	استخدام المكننة و خطوط الإنتاج لصناعة العناصر الإنشائية المعدنية شكل (٤-١٢٥) تصنيع العناصر الإنشائية في المصنع المصدر CMgt2325 Estimating	التصنيع و التركيب غالبا بالموقع شكل(٤-١٢٦)تصنيع في موقع مبنى الاتحاد الرياضي المصدر حلقة بحث طلاب س ثالثة عمارة
التصنيف	منشآت معدنية منخفضة و عالية وعالية جدا  شكل (٤-١٢٧)مقارنة مباني معدنية متعددة الطوابق عالمية المصدر http://i.feedtacoma.com	اقتصرت على المباني المنخفضة فقط  شكل (٤-١٢٨) مقارنة مباني معدنية متعددة الطوابق محلية المصدر معد البحث
الأمان	معايير السلامة المهنية عالية شكل (٤-١٢٩) عمال في الموقع المصدر [16]	معايير السلامة المهنية تكاد تكون مهملة  شكل (٤-١٣٠) عمال في الموقع – مخالفة في المزة المصدر معد البحث
الكود	تتم عملية التصميم من خلال معايير و كود معدني محدد يتوافق مع الظروف التي تميّز كل بلد من البلدان.	لا وجود لكود منشآت معدنية محلي إنما اعتمدت عمليات التصميم على معاملات تجريبية قبل البدء بالتنفيذ.

جدول (٤-١٢) مقارنة تحليلية بين المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية و المحلية في سوريا[٤]

[٤] معد البحث

٤-٣- تحديد المشاكل التي تواجه تنفيذ المنشآت المعدنية متعددة الطوابق في سوريا .

أهم المشاكل التي تواجه استخدام المعدن في سوريا:

- قلة الشركات المتخصصة .
- اعتماد أشكال ونماذج محددة .
- التفكير بالمعدن فقط من الناحية الوظيفية .
- غياب المرونة في التعامل مع الأشكال الجديدة .
- عدم توافر المفاصل و المقاطع المختلفة في السوق المحلية .
- استيراد انواع ومقاطع معدنية غير قياسية أدى الى الاعتماد على معاملات تجريبية تخص المهندس المصمم و سلوك المادة المستوردة .
- استخدام طرق و أساليب غير تقنية و غير دقيقة في عملية التنفيذ.
- عدم الوعي الكامل لأسس السلامة المهنية لتنفيذ الأبنية المعدنية بشكل عام .
- عدم اعتماد نماذج و نورمات محددة في استيراد المقاطع المعدنية أدى الى صعوبة في تصميم العناصر الانشائية (حسب كود معين) و بالتالي ابتعاد المهندس المحلي عن هذه تصميم تنفيذ مثل هذه المنشآت .

النتيجة :

- الاستعانة بالشركات الخارجية أو التصنيع بالموقع (قص + لحام...)
- زيادة في الكلفة و زيادة في زمن الانجاز.
- عدم توفر الدقة في العمل يؤثر سلبا على المبنى.
- ابتعاد المهندسين عن تصميم و تنفيذ مثل هذه المنشآت للأسباب التي سبق ذكرها.

٤-٤- تحليل الواقع المحلي و البيئي و الاقتصادي و أثره على مثل هذه المنشآت في سوريا:

محلياً :

لم تأخذ المنشآت متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية مجالاً واسعاً و انتشاراً كبيراً في سوريا كما هو الحال في الكثير من الدول العالمية بل اقتصرت على قلة قليلة من الأبنية ذات إنشاء بسيط و من وجهة نظر تقنية في الغالب .

بالإضافة إلى تخوف المهندسين الإنشائيين و المعماريين من مثل هذه المنشآت لما تحمله من صعوبات في العمل و قلة الخبرة والكوادر اللازمة.

بيئياً :

اقتصرت النواحي البيئية في المباني متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية في سوريا على حدها الأدنى و كانت ضمن إطار تقني بحت و ليس انطلاقاً من مفهوم بيئي (تدفئة مركزية – تكييف عازل رطوبة – عازل حرارة) و لكن بالواجهات كانت المواد المستخدمة أفضل بقليل و لكن من وجهة نظر جمالية وليست بيئية بحت.

اقتصادياً :

إن قلة المنتجات الإنشائية المعدنية وعدم التنوع بالإكسسوارات اللازمة لمثل هذه المنشآت في السوق المحلية جعل من المهندسين طلب هذه المنتجات من السوق العالمية واستيرادها والعمل على نورمات و كودات عالمية قد لا تلائم الواقع المحلي الذي يزيد من كلفة التنفيذ ومدة الانجاز و بالتالي جعل هذه المنشآت مكلفة بالظروف الراهنة.

٤-٥- تحديد بعض المعايير والاسس لواقع ومستقبل البناء متعدد الطوابق ذو الهياكل المعدنية في سوريا:

نضع بعض **الاشتراطات والاعتبارات الهندسية** وبعض التوصيات والحدود الدنيا التي يجب مراعاتها في تصميم وتنفيذ المنشآت متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية وتحقيقها وذلك بالاعتماد على الكود الأوروبي (EN 1993 Eurocode 3: Design of steel structures) ومنشورات شركة SUSCOS العالمية التي تعتمد الكود الأوروبي في تصميم منتجاتها لتكون **نواة لكود** * محلي نعرض فيها:

١- حدود التصميم (مقاطع وأبعاد).
٢- حدود ومتطلبات التنفيذ.
٣- اشتراطات سلامة مهنية.
٤- اشتراطات مقاومة الزلازل.
٥- اشتراطات فواصل التمدد .
٦- اشتراطات الحماية من الصدأ و التآكل

أولاً : حدود التصميم (مقاطع و أبعاد):

تعتمد المعادلات الرياضية المختصة في حساب و تصميم المنشآت المعدنية في سوريا على :

- **سلوك المادة** (خواص المعدن المستخدم الفيزيائية و الكيميائية) .
- **طبيعة وطريقة التنفيذ** (قص ولحام و نقل وشروط تركيب) .

و بالتالي المعاملات المستخدمة في تصميم العناصر الانشائية (معامل الاجهاد – القص – الخضوع – الطرق - ...) هي **معاملات تجريبية** تخص المعدن المستورد المستخدم ، لذلك يجب العمل على اعتماد **نورمات** معينة قياسية للمعدن المستورد .

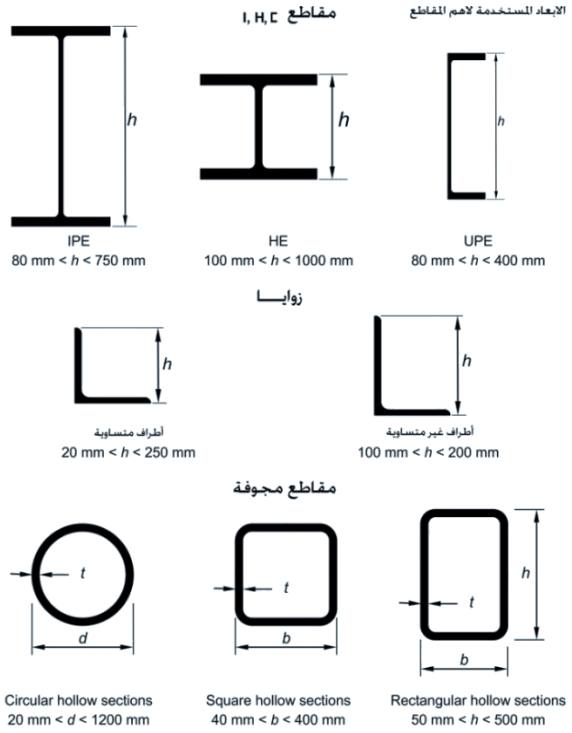
المقاطع المستخدمة:

يشترط في المقاطع المعدنية أن تكون ذات سطوح منتظمة وخالية من العروق و الحبيبات و الشروخ و الفراغات الهوائية و القشر و الصدأ و أن تعطي عند قطعها على البارد مقاطع متجانسة دون تمزق المعدن أو انكساره أو عند عمل ثقوب في المعدن .

- تستخدم المقاطع الرئيسية التالية حسب الكود الأوروبي (EN 1993 1-1):

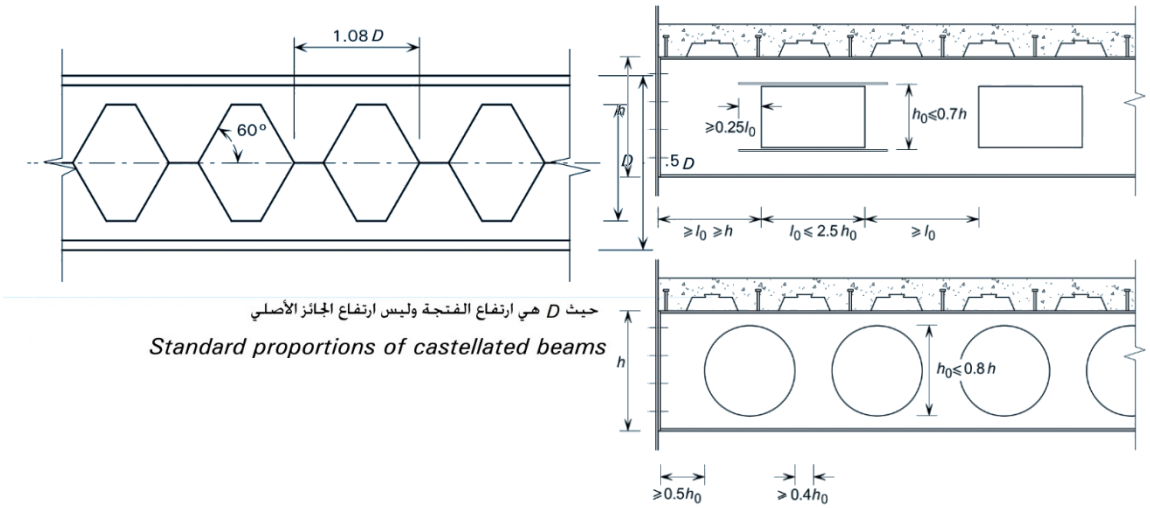
ضمن حدود أبعاد قياسية نوضحها بالشكل التالي :

* نسلط الضوء على أهم الشروط و الأحكام التي تلامس اهتمام المهندس المعماري في دراسة و تصميم وتنفيذ المباني متعددة الطوابق ذات الهياكل المعدنية .



شكل (٤-١٣١) الأبعاد القياسية للمقاطع المعدنية. المصدر[15]

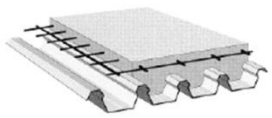
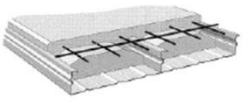
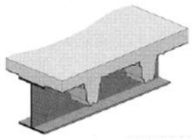
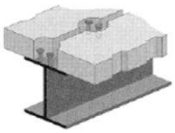
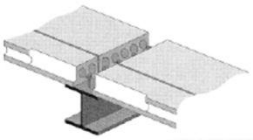
الأبعاد القياسية للجوائز المعدنية المفرغة (ذات فتحات في جسم الجائز) :



شكل (٤-١٣٢) الأبعاد القياسية للجوائز المعدنية المفرغة. المصدر[21]

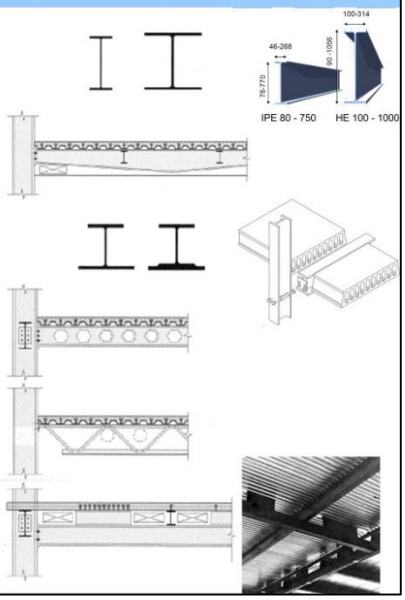
المجازات المسموحة :

** المجاز حسب نوع البلاطات المستخدمة:

نوع البلاطات	المجاز الأعظمي	الصور
بلاطات مختلطة	10cm≤ d ≤ 30cm 2kN/m² ≤ q ≤ 6kN/m² تحقق مجاز **2m ≤ L ≤ 6m**	
بلاطات مختلطة مصنعة	صفائح / صوف صخري عازل / بيتون for d = 20cm ⇒ q = 2kN/m² تحقق مجاز **4m ≤ L ≤ 7m**	
بلاطات بصفائح ذات بروزات عميقة	h = ca. 200mm, d = ca. 25cm تحقق مجاز **L ≤ 6m**	
بلاطات بيتونية	مصبوبة بالموقع أو مسبق الصنع d = ca. 20cm ⇒ q = 5kN/m² تحقق مجاز **L ≤ 6m**	
بلاطات بيتونية مسبقة الصنع مفرغة من الداخل	16cm≤ d ≤ 40cm (بعرض 1.20m) 2.5kN/m² ≤ q ≤ 6kN/m² تحقق مجاز **8m ≤ L ≤ 14m**	
حيث (L) هو المجاز الموافق ضمن حدود سماكة البلاطة (d) و حمولات وسطية (q)		

جدول (٤-١٣) المجاز حسب نوع البلاطات المستخدمة المصدر[21]

** المجاز حسب نوع الجائز المستخدم :

نوع الجائز	المجاز الأعظمي	الصور
جوائز مسحوبة IPE, HEA, HEB, HEM	تحقق مجاز **≤ 18m**	
جوائز مصنعة من صفائح ملحومة	تحقق مجاز **≤ 30m**	
جوائز معدلة لحمل بلاطات مسبقة الصنع	المجاز الاقتصادي **≤ 7m**	
جوائز ذات فتحات	تحقق مجاز **≤ 24m**	
جوائز جملونية	المجاز الاقتصادي **≥ 30m**	
شبكة جوائز متقطعة	تحقق مجاز **≤ 20m**	

جدول (٤-١٤) المجاز حسب نوع الجائز المستخدم المصدر[21]

**المجازات الأعظمية في الجوائز المفرغة :

الجوائز المفرغة المسامية	المجازات الأعظمية للجوائز المفرغة المسامية (م)				
	12 m	13,5 m	15 m	16,5 m	18 m
قطر الفتحة (م)	300	350	400	450	500
سقوط الجائز (م)	460	525	570	630	675
نوع المقطع للحافة العليا	IPE 360	IPE 400	IPE 400	IPE 450	IPE 500
نوع المقطع للحافة السفلى	HE 260A	HE 300A	HE 340B	HE 360B	HE 400M

ملاحظة : هذه القياسات ضمن حدود تأثير قوى 1-3 kN/m^2 لكل قاطع و عمق بلاطة بحدود 130م و بتباعد بين الجوائز 3م
مقاطع الجوائز الثانوية IPE/HE من الصنف S355

جدول (٤-١٥) المجازات الأعظمية في الجوائز المفرغة المصدر[21]

** المجازات باستخدام بلاطات مسبقة الصنع وجواز معدنية نوع HE/IPE

المجازات باستخدام بلاطات مسبقة الصنع مفرغة و جوائز معدنية من نوع HE مع صفيحة سفلية ملحومة

مجاز البلاطة (m)	قياسات الجسور المستخدمة			
	5 m	6 m	7 m	8 m
5	HE 200A	HE 240A	HE 280A	HE 300A
6	HE 240A	HE 280A	HE 300A	HE 280A
7	HE 280A	HE 300A	HE 280B	HE 300B
8	HE 280A	HE 280B	HE 300B	HE 320B

ملاحظة : ضمن حدود أن يكون عمق الجائز مساويا الى سماكة البلاطة مسبقة الصنع بسماحية 50م
عرض لحام الصفيحة السفلية 150 م

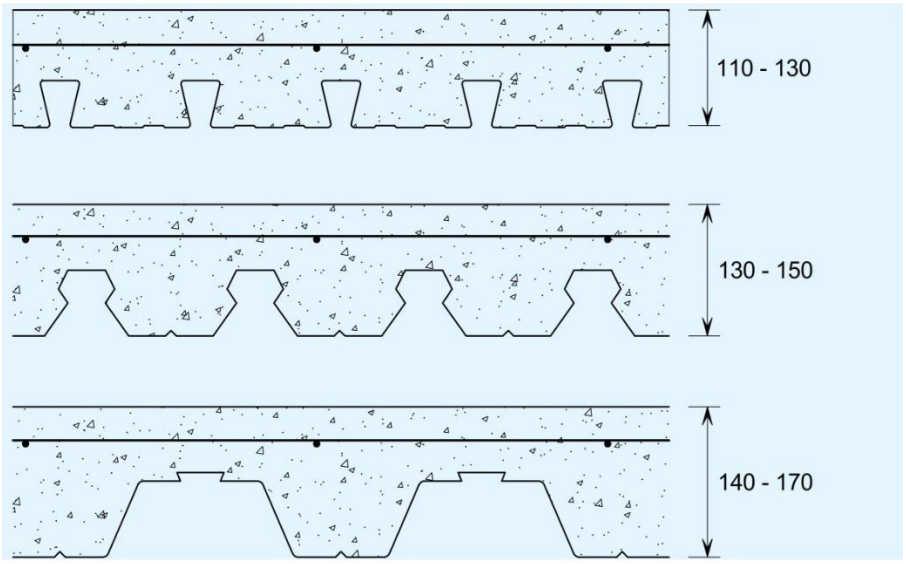
المجازات باستخدام جوائز معدنية مختلطة من نوع IPE مع صفيحة سفلية ملحومة

مجاز البلاطة (m)	المجازات القياسية للجسور المختلطة			
	5 m	6 m	7 m	8 m
5	IPE 400	IPE 500	IPE 550	IPE 600
6	IPE 500	IPE 550	IPE 600	HE 500A
7	IPE 550	IPE 600	HE 500A	HE 600A
8	IPE 600	HE 500A	HE 600A	HE 600B

ملاحظة : ضمن حدود أن يكون سماكة الحافة السفلى للجائز 20م

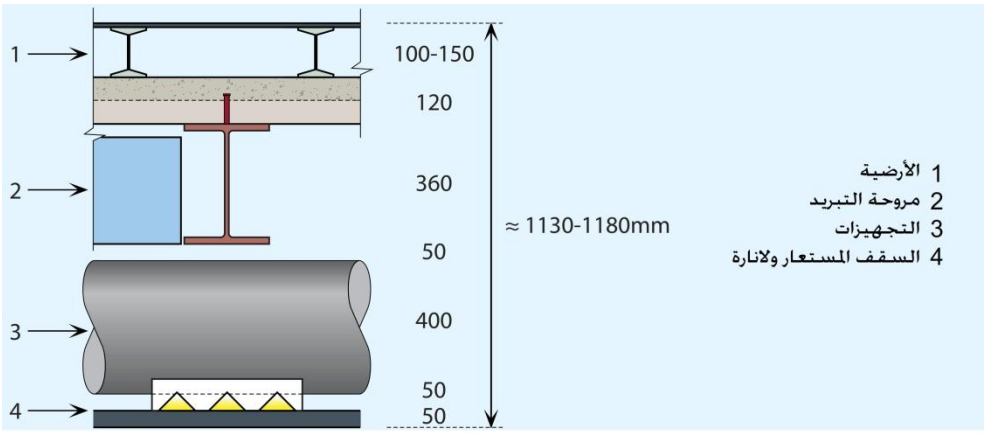
جدول (٤-١٦) المجازات باستخدام بلاطات مسبقة الصنع وجواز معدنية نوع HE/IPE. المصدر[21]

السماكات الدنيا للبلاطات البيتونية :

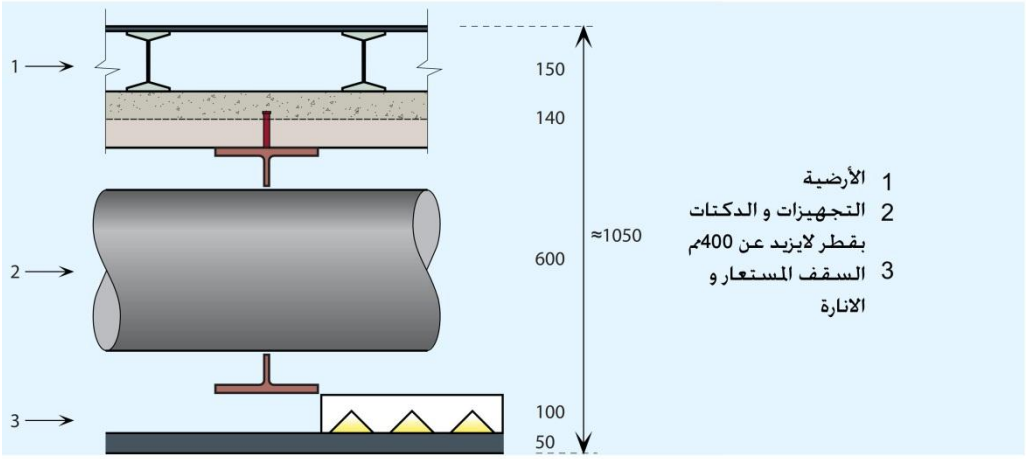


شكل (٤-١٣٣) السماكات الدنيا للبلاطات البيتونية. المصدر[16]

الأبعاد القياسية للبلاطات مع الخدمات وحسب نوع وشكل الجسور المستخدمة :



شكل (٤-١٣٤)الأبعاد القياسية للبلاطات مع الخدمات في حال كانت التجهيزات تحت الجوائز. المصدر[16]



Cellular beam – Typical cross-section showing services

شكل (٤-١٣٥)الأبعاد القياسية للبلاطات مع الخدمات في حال كانت التجهيزات تمر عبر الجوائز. المصدر[16]

الحمولات المؤثرة على المبنى :

كميات الفولاذ التقريبية المستخدمة في الأبنية متعددة الطوابق وحسب عدد الطوابق مقدرة بالـ **كغ** لكل **متر مربع** من مساحة الطابق :

شكل و انشائية المبنى	كميات الفولاذ التقريبية مقدرة بـ kg/m^2 من مساحة الطابق			
	الأعمدة	الجوائز	عناصر تربيط	المجموع
3 - 4 طوابق (لبناء مستطيل الشكل)	8–10	25–30	2–3	35–40
6 - 8 طوابق (لبناء مستطيل الشكل)	12–15	25–30	3–5	40–50
8 - 10 طوابق (لبناء بمجازات كبيرة)	12–15	35–40	3–5	50–60
20 طابق (لبناء بنواة بيتونية)	10–13	25–30	1–2	40–50
20 طابق (لبناء بنواة معدنية وعناصر تربيط)	20–25	25–30	8–10	55–70

جدول (٤-١٧) كميات الفولاذ التقريبية في المباني متعددة الطوابق المعدنية . المصدر[21]

الأوزان القياسية لعناصر المباني المختلفة

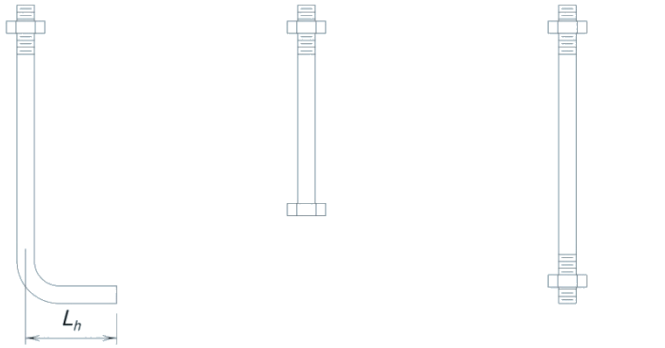
العناصر	الوزن القياسي
وحدات مسبقة الصنع مصممة لتحمل حمولات بقوة 5 kN/m^2	3,5 to 4,5 kN/m^2
بلاطات مختلطة (بيتون عادي بسماكة 140م)	2,8 to 3,5 kN/m^2
بلاطات مختلطة (بيتون خفيف بسماكة 130م)	2,1 to 2,5 kN/m^2
أجهزة الانارة	0,25 kN/m^2
الأسقف المستعارة	0,1 kN/m^2
انشاءات معدنية (مباني من 2-6 طوابق)	35 to 50 kg/m^2
انشاءات معدنية (مباني من 2-6 طوابق)	40 to 70 kg/m^2

جدول (٤-١٨) الأوزان القياسية لعناصر المباني المختلفة. المصدر[21]

ثانياً : حدود التنفيذ (كودات التنفيذ):

- **الاساسات :**

- يعد الأساس في المباني المعدنية عنصرا أساسيا في تكامل عناصر المبنى يشترط به أن يكون مثبتا إلى برغي تثبيت ذو شنكل anchor bolt مصبوب داخل اساس اسمنتي ، وذلك تبعا لطبيعة الأرض و طبيعة الحمولات المطبقة ، وقد يكون مصمماً لتحمل قوى محورية فقط (يعمل عمل مفصل) أو لتحمل جميع القوى (وثاقة) .



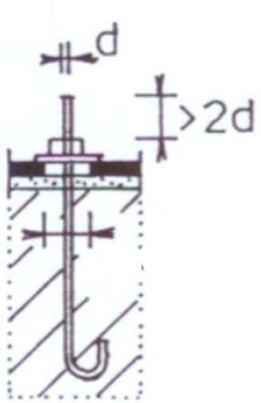
شكل (٤-١٣٦) أشكال البراغي المثبتة الى الأساسات. المصدر[21]

- يجب تكون سماكة المونة بين الصفيحة و الأساس البيتوني (b×٠.٢-٠.١) حيث b هي عرض الصفيحة على ألا تقل عن ٧٠مم كحد أدنى ، ويمكن ملئ المونة عن طريق فتح فتحة في أعلى الصفيحة .

شكل (٤-١٣٧) الأبعاد الدنيا للصفيحة والمونة الاسمنتية تحتها. المصدر[21]

- يجب أن يقل الجزء البارز من برغي التثبيت فوق الصفيحة و العزقة عن ضعفي قطر البرغي على الأقل ، و طول الجزء المغمور بالبيتون المسلح ٨٠٠مم ضمن حمولات وسطية .

- يجب الأخذ بعين الاعتبار وجود صفيحة معدنية في قاعدة الأعمدة تقابلها صفيحة معدنية مثبتة إلى الأساس و براغي الثبيت ومراعاة لامركزية الحمولات في تصميم الأساس (في حال وجود صفيحتين متقابلتين) .



شكل (٤-١٣٨) الأبعاد الدنيا لبرغي الأساس (شنكل). المصدر[]

- **الأعمدة :**

- يجب ألا تزيد نسبة النحافة للعنصر المضغوط (المكون من زاوية واحدة غير مستمرة مربوطة من طرفيها إلى عنصر آخر بواسطة صف واحد من البراغي (برغيين على الأقل) أو ما يعادلها من طول اللحام) عن طول مكافئ للتحنيب ٠.٨ من الطول الأصلي للعنصر .
- الحدود القياسية لأبعاد مقطع الأعمدة تبعا لعدد الطوابق للمبنى (ضمن حدود مجازات متوسطة) :

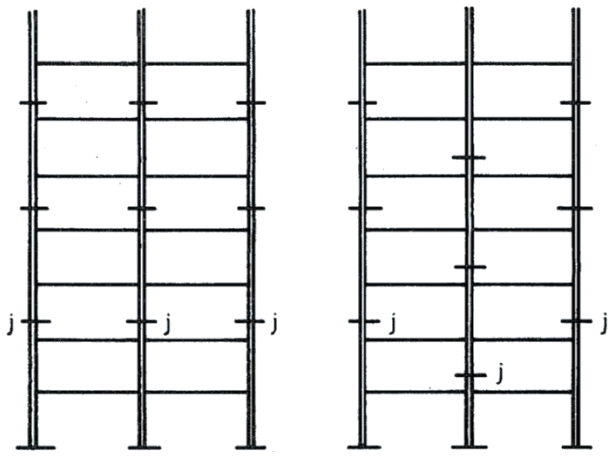
قياس الأعمدة القياسي (ضمن حدود مجازات متوسطة و أرضيات مختلطة)

عدد الطوابق	قياس الأعمدة الأدنى (h)
1	150
2 – 4	200
3 – 8	250
5 – 12	300
10 – 40	350

جدول (٤-١٩) مقاطع الأعمدة المعدنية التقريبية حسب عدد الطوابق. المصدر[21]

وصلات الأعمدة :

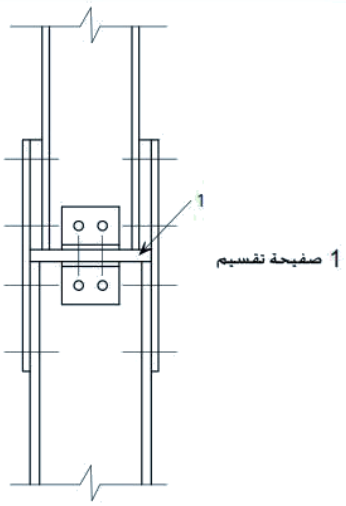
- يجب ألا يزيد طول العنصر الانشائي المستخدم كعمود (١٢-١٨ م) .
- يفضل أن تنفذ الوصلات بين الأعمدة على مسافة ٦٠٠مم فوق منسوب الجسور للأعمدة الداخلية و ١٢٠٠مم للأعمدة الخارجية لسهولة العمل على تركيبها وتحقيقها.
- يمكن أن تكون الوصلات في الأعمدة بنفس المنسوب أو بشكل شطرنجي و هو الأفضل، كما يوضح الشكل التالي :



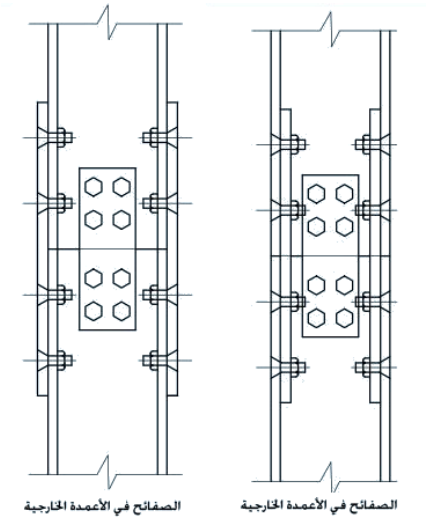
(a) وصلات في منسوب واحد (b) وصلات أعمدة بشكل شطرنجي

شكل (٤-١٣٩) أماكن الوصلات في المباني متعددة الطوابق المعدنية. المصدر[21]

- عند تغيير مقطع العمود يفضل الفصل بين المقطعين بصفيحة تسمى صفيحة فصل على أن تكون سماكة الصفيحة أكبر من سماكة الشفة السفلى للعمود.
- يفضل تغيير مقاطع الأعمدة في الطوابق العليا عند الوصلات بين الأعمدة للتقليل من عدد الوصلات.
- يوصى بجعل الوصلات داخلية في الأعمدة الداخلية و خارجية في الأعمدة الخارجية أوحسب متطلبات التصميم.

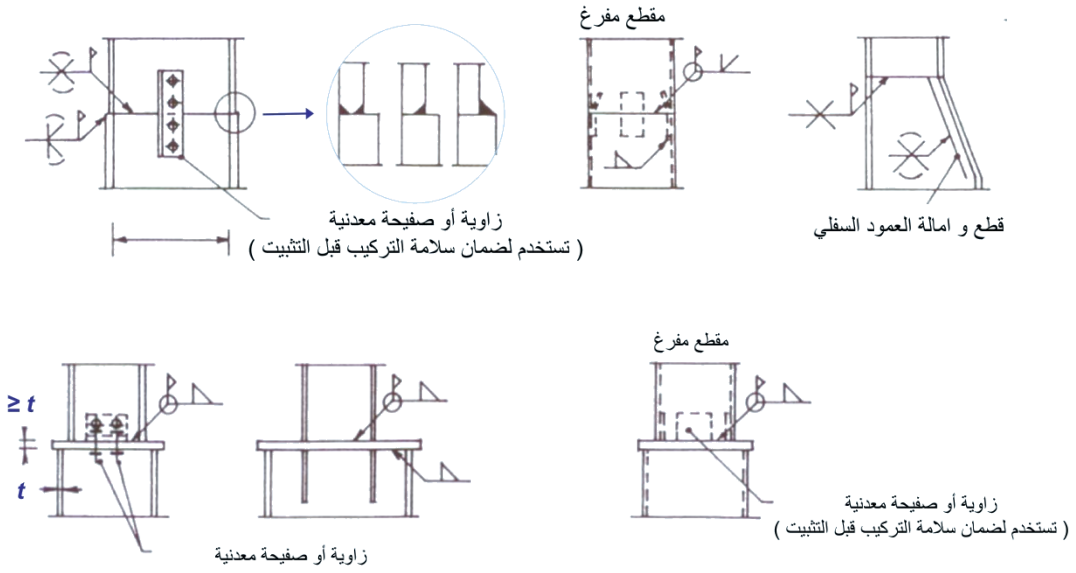


شكل (٤-١٤٠) صفيحة التقسيم عند التقاء عمودين معدنيين . المصدر[21]



شكل (٤-١٤١) مكان توضع الصفائح عند وصل الأعمدة. المصدر[21]

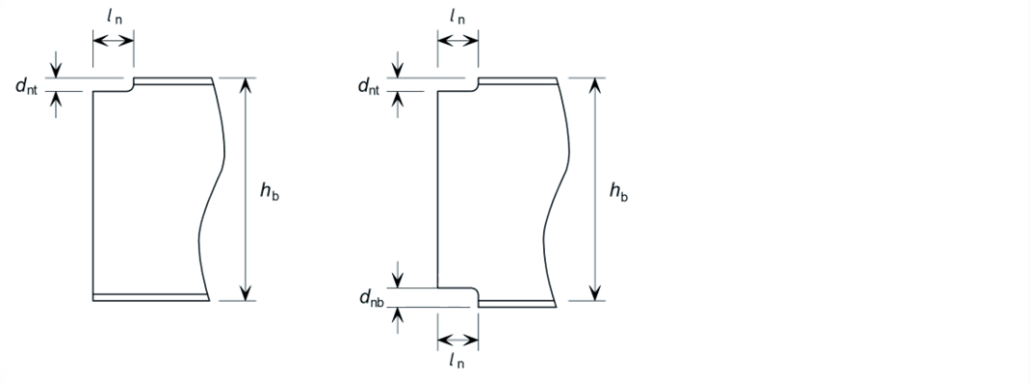
- يفضل تغيير مقاطع الأعمدة في الطوابق العليا عند الوصلات بين الأعمدة للتقليل من عدد الوصلات .
- استخدام زوايا أو صفائح (مبسطة) معدنية للربط بين العمودين على امتدادا واحد وذلك أثناء التشييد بشكل مؤقت و ذلك لضمان دقة و سلامة الوصلات و يجب أن لا يقل عدد البراغي عن ٤ براغي على الأقل .



شكل (٤-١٤٢) طرق اتصال الأعمدة. المصدر[21]

- **الجسور :**

Local stability of notched beam



في حال كان تفريغ الجسر من جهة واحدة : نورد القواعد التالية

$d_{nt} \le h_b / 2$ and:

$l_n \le h_b$ for $h_b / t_w \le 54,3$ نستخدم فولاذ من الصنف (S275 steel)

$l_n \le \dfrac{160000\, h_b}{(h_b / t_w)^3}$ for $h_b / t_w > 54,3$ نستخدم فولاذ من الصنف (S275 steel)

$l_n \le h_b$ for $h_b / t_w \le 48,0$ نستخدم فولاذ من الصنف (S355 steel)

$l_n \le \dfrac{110000\, h_b}{(h_b / t_w)^3}$ for $h_b / t_w > 48,0$ نستخدم فولاذ من الصنف (S355 steel)

في حال كان تفريغ الجسر من جهتين : نورد القواعد التالية

$\max(d_{nt}, d_{nb}) \le h_b / 5$ and:

$l_n \le h_b$ for $h_b / t_w \le 54,3$ نستخدم فولاذ من الصنف (S275 steel)

$l_n \le \dfrac{160000\, h_b}{(h_b / t_w)^3}$ for $h_b / t_w > 54,3$ نستخدم فولاذ من الصنف (S275 steel)

$l_n \le h_b$ for $h_b / t_w \le 48,0$ نستخدم فولاذ من الصنف (S355 steel)

$l_n \le \dfrac{110000\, h_b}{(h_b / t_w)^3}$ for $h_b / t_w > 48,0$ نستخدم فولاذ من الصنف (S355 steel)

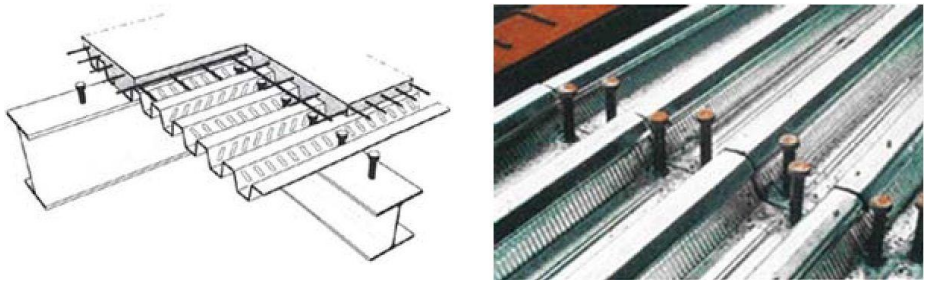
شكل (٤-١٤٣) المواصفات القياسية للجسور. المصدر[21]

- **البلاطات :**

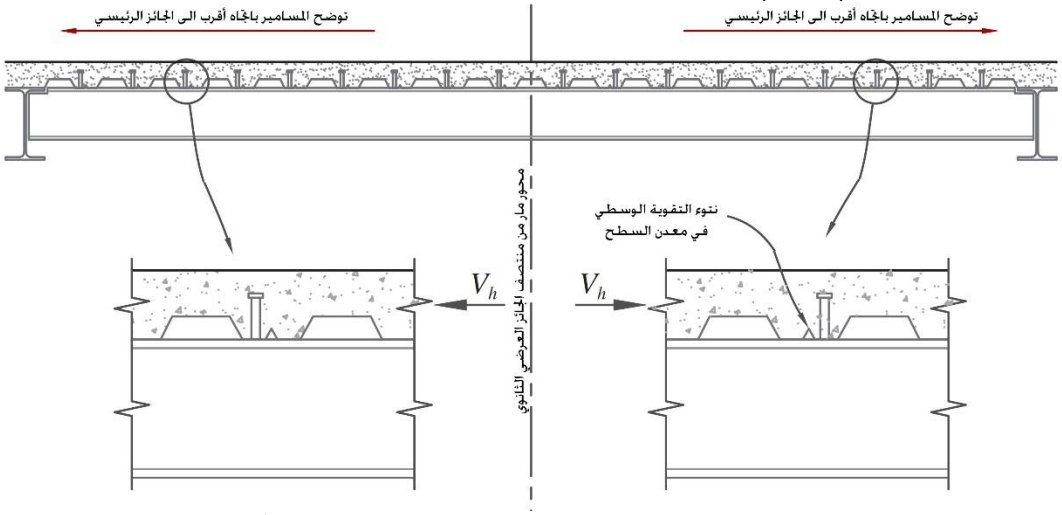
في البلاطات المختلطة :

- ضرورة وجود مسامير ملحومة إلى الجسور Headed Studs تزيد من تماسك البيتون المصبوب مع طبقات التكسية .

على أن لايزيد قطر هذه المسامير ($D \leq 2.5\ t_f$) أو ($D \leq ¾"$) حيث t_f هو سماكة الجناح العلوي للجائز، وبتباعدات بالاتجاه الطولي لا تزيد عن ٨٠سم، وان لا تقل سماكة طبقة البيتون فوق هذه المسامير عن ٢سم.

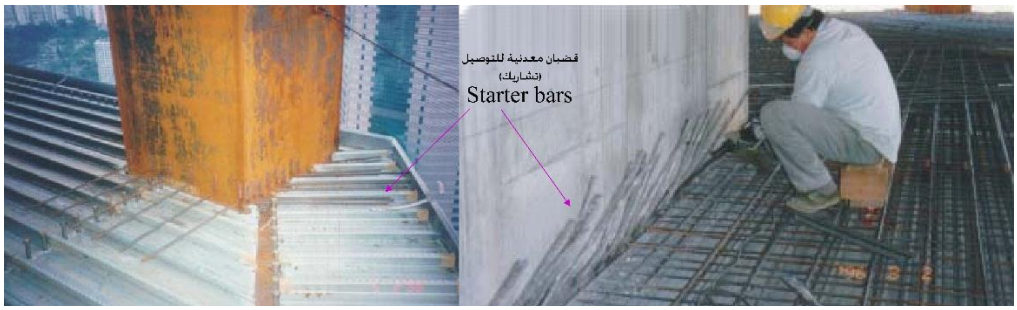


شكل (٤-١٤٤)المسامير الملحومة إلى الجسور قبل صب البيتون. المصدر[15]



شكل (٤-١٤٥) مكان توضع المسامير حسب توزيع القوى على الجائز.[٦] المصدر[1]

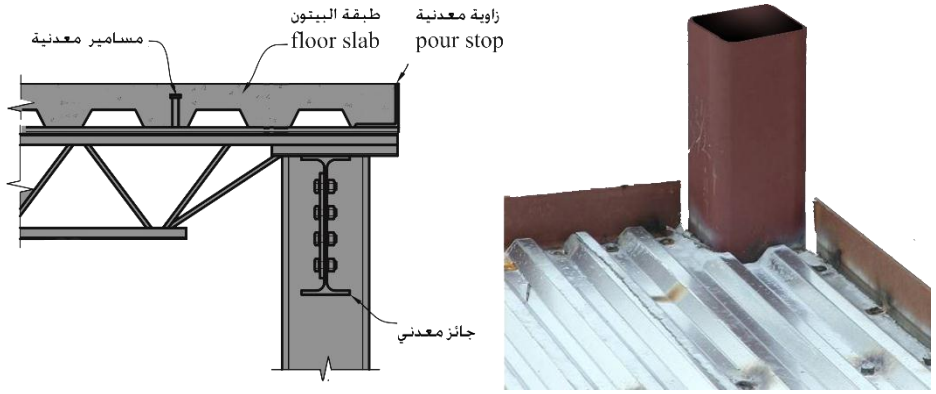
- ترك قضبان حديد بارزة (تشاريك) Starter Bars عند نقاط التقاء البلاطات مع الأعمدة البيتونية أو النواة البيتونية لإعطاء تماسك أكبر و صلادة للمبنى .



شكل (٤-١٤٦) ترك قضبان حديد بارزة (تشاريك) لوصل البيتون بالمعدن. المصدر[AISC 2002]

[٦] Agjayere, Abi & Vigil, Jason: *Structural Steel Design* , a Practice-oriented Approach, 2009. P272.

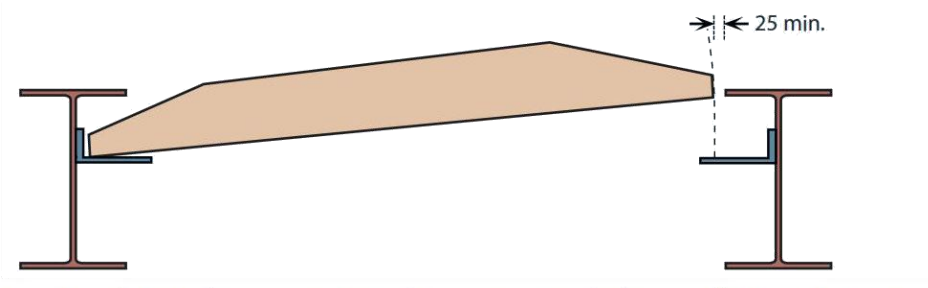
- ضرورة وضع زوايا على الحواف Edge Angle (Pour Stop) قبل صب طبقة البيتون لمنع انزلاق البيتون وتحديد الحدود الخارجية بدقة، وأن يكون عرضها بنفس سماكة الطبقة وأن تكون مضبوطة مع جميع الطوابق ومنسوب كل طابق.



شكل (٤-١٤٧) وضع زوايا على الحواف لمنع انزلاق طبقة البيتون. المصدر[AISC 2002]

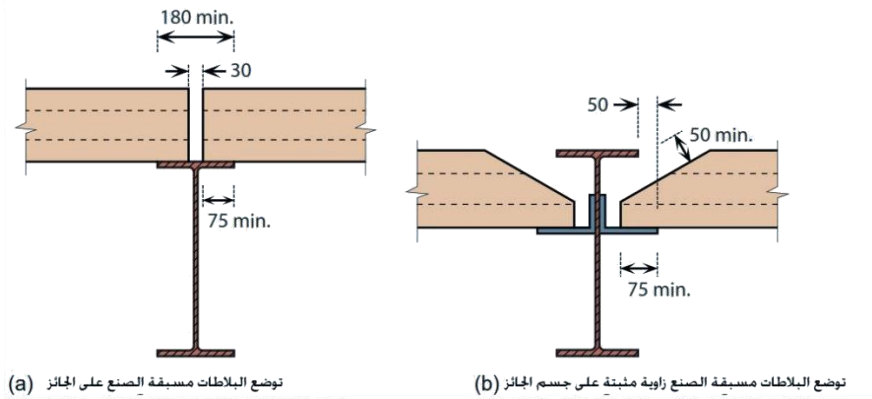
البلاطات مسبقة الصنع من البيتون المسلح Precast Concrete :

- المحافظة على مسافة لا تقل عن ٢٥ مم كمسافة صافية لتركيب البلاطات مسبقة الصنع على الهيكل المعدني الحامل .



شكل (٤-١٤٨)البلاطات مسبقة الصنع من البيتون المسلح. المصدر[21]

- الأخذ بعين الاعتبار مسافة استناد البلاطات مسبقة الصنع على الزوايا لاتقل عن ٧٥ مم وبتباعد عن الجسر الحامل لا تقل عن ٥٠ مم لإمكانية صب البيتون بكفاءة جيدة ولتجنب تعشيش البيتون .



شكل (٤-١٤٩)البلاطات مسبقة الصنع من البيتون المسلح. المصدر[21]

- **الوصلات :**

تشكل الوصلات في مبنى متعدد الطوابق مثالي ذو عناصر تربيط (٥%) من اجمالي وزن الاطارات الانشائية إلا أنها تشكل (٣٠%) تقريباً من اجمالي الكلفة الإجمالية للمبنى ومن هنا تبرز أهمية تصميم الوصلات .

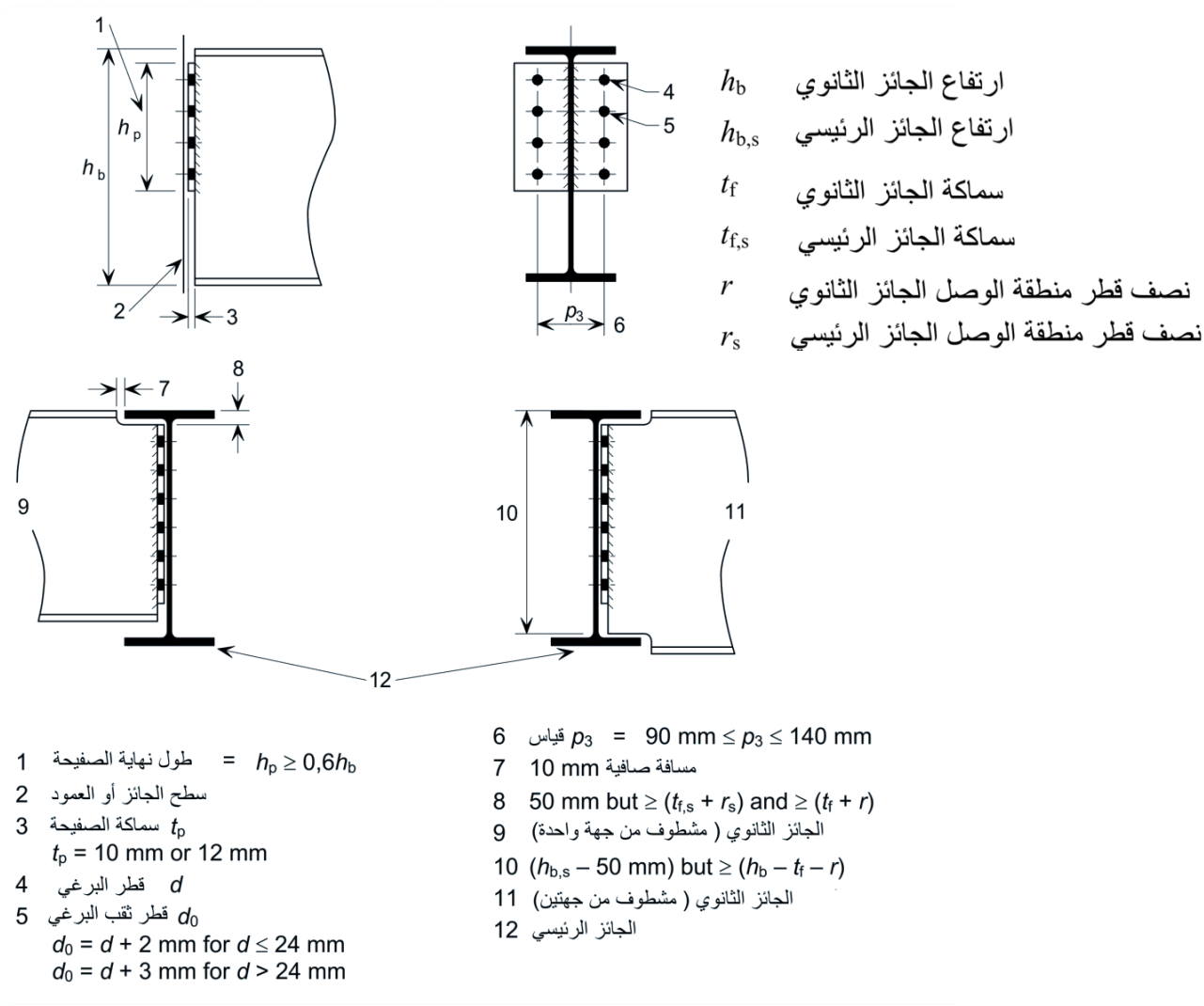
أن استخدام مفاصل ووصلات قياسية من اللحام والبراغي يعطي العديد من الفوائد :

- توفير في قيم الشراء و التخزين و النقل و التالي تخفيض الكلفة .
- توفير في وقت الصناعة و بالتالي سرعة بالتنفيذ .
- فهم أعمق لأداء الوصلات .
- تقلل من نسب الخطأ .

و من هنا **يوصى** بمواصفات قياسية للوصلات لتحقق الفوائد السابق ذكرها :

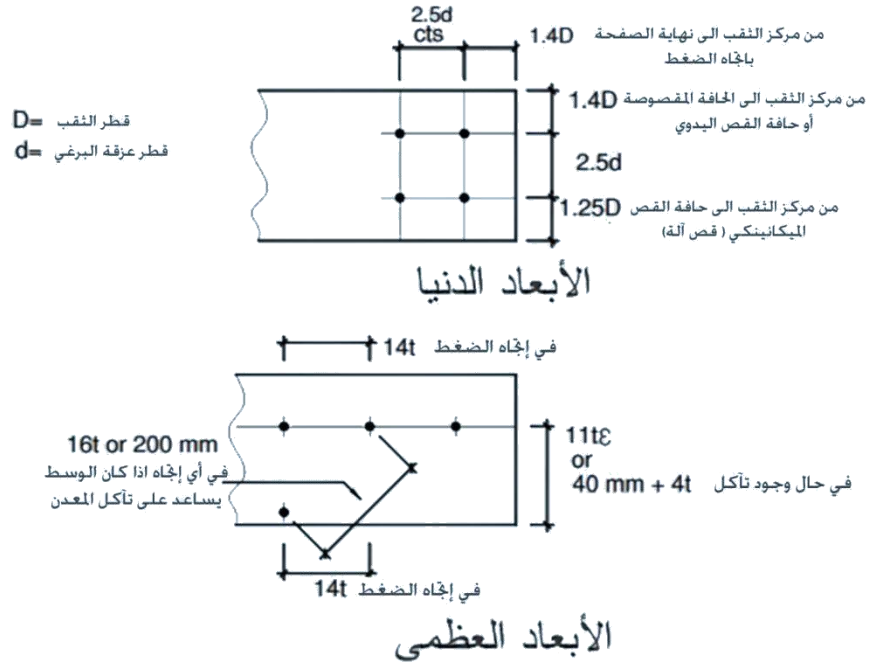
- تستخدم الأصناف S275 للصفائح و زوايا الوصلات بسماكة ٨-١٠ مم .
- تستخدم براغي بسن كامل من نوع (M20 8.8) بطول ٦٠ مم في حدود متطلبات التصميم المتوسطة .
- ثقوب البراغي ٢٢مم .
- نصف قطر اللحام المطبق على الوصلات الملحومة ٦- ٨ مم .
- المسافة بين نهاية الجائز وأول صف من البراغي لاتقل عن ٩٠مم .
- المسافات الشاقولية للبراغي Pitch لا تقل عن ٧٠مم .
- المسافات الأفقية للبراغي Gauge من ٩٠ -١٤٠مم .

الوصل بالبراغي



شكل (٤-١٥٠) المواصفات القياسية للوصلات بالبراغي. المصدر[21]

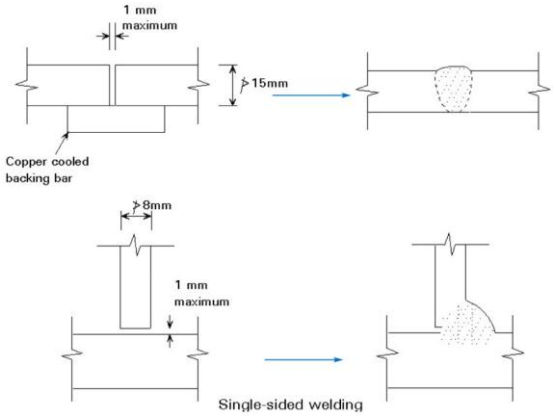
- يجب أن تكون نهاية الصفيحة ملاصقة للجزء العلوي من الجسر لزيادة في ثبات و صلابة الوصلة ،
- يجب أن طول الصفيحة ≤ ٠.٦ من عرض الجسر المثبتة عليه ، لمقاومة قوى الفتل .
- يوصى عملياً بسماكة أكبر من ٨ مم لطرفي الجسر و ان كانت هذه السماكة تحقق الغاية التصميمية وذلك بسبب امكانية حدوث تشوهات أثناء الصناعة والنقل
- ينفذ قطر الثقب المعد في الوصلة أكبر قليلاً من قطر البراغي بتسامح قدره ٢مم للبراغي ذات الأقطار حتى ٢٤مم و بتسامح قدره ٣مم للبراغي ذات الأقطار الأكبر.
- يجب أن لا تقل المسافة بين البراغي عن 2.5d حيث d قطر ساق البرغي
- عندما تكون العناصر معرضة للصدأ يجب أن لا تزيد المسافة بين مراكز البراغي في أي اتجاه عن 16t أو 200mm حيث t سماكة أرق العناصر الخارجية .
- يجب أن لا تقل المسافة بين مركز ثقب البرغي و طرف العنصر عمودياً على اتجاه الاجهادات و كذلك بين مركز الثقب و نهاية العنصر عن 1.25D للمدرفل و 1.4D للقص اليدوي حيث D قطر الثقب.



شكل(٤-١٥١) الأبعاد الدنيا و العظمى للتباعد بين البراغي في الوصلات [35]

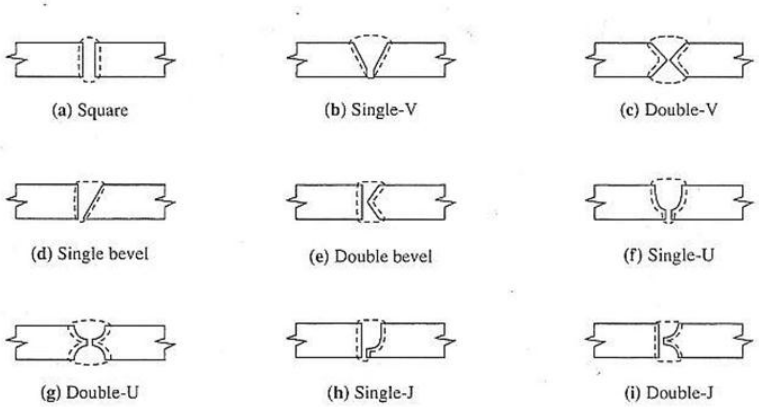
الوصل باللحام :

- يجب أن تكون جوانب القطع المطلوب لحامها مقطوعة ومسواة بعناية ،سطوحها نظيفة و خالية من الأجسام الغريبة أو الصدأ أو برادة حديد .
- يجب أن يكون اللحام متسقا و بدون نتوءات أو تجاويف تضعف من الوصلة و بالتالي تصبح نقطة ضعف في العنصر الإنشائي.
- يجب أن يكون قضيب اللحام من معدن جيد مقاوم للصدأ و يعطي قوساً كهربائياً ثابتا، و أن يكون غير رطباً وألا تمارس أعمال اللحام في المطر و الرياح والصقيع.
- أن يؤدي اللحام ترابطاً تاماً بين القطع الملحومة بحيث تؤدي وظيفتها و كأنها قطعة واحدة .
- يجب المحافظة على مسافة صغيرة بين العناصر الموصلة تعتمد هذه المسافة على سماكة العناصر الموصولة .



شكل (٤-١٥٢) ترك مسافة صغيرة عند نقط الوصل. المصدر[26]

- عمل تجويف (شنفرة) بعمق لا يقل عن ٤مم بمكان الوصل باللحام لزيادة متانة الالتحام بين العناصر الملحومة و التركيز على الوصلات التي تتعرض لعزوم كبيرة .



شكل (٤-١٥٣) عمل شنفة للحام بعمق لا يقل عن ٤٠مم. المصدر[26]

ثالثاً: اشتراطات السلامة المهنية:[٧]

تختلف شروط السلامة المهنية الواجب أخذها بعين الاعتبار في تنفيذ المنشآت الخراسانية عن شروط السلامة في المنشآت المعدنيّة ؛ وذلك لاختلاف أسلوب التنفيذ و كثرة المعدات والعدد المستخدمة في تلك المنشآت ؛ لذلك أورد مركز إدارة السلامة والصحة الوظيفية (OSHA)* عدة قواعد وارشادات يتوجب اخذها بعين الاعتبار أثناء تنفيذ و تشييد المنشآت المعدنية متعددة الطوابق نورد أهمها :

- استخدام الخوذ و القفازات والنظارات والكمامات وسماعات حماية و الملابس اللامعة الخاصة لكل العمال .

شكل (٤-١٥٤) أدوات الحماية الشخصية. المصدر[19]

- استخدام أحزمة الأمان Safety belts للحماية من السقوط وبشكل ملح في حال زاد ارتفاع الهياكل المعدنية عن (٤٥٠سم) او أكثر من طابقين .

شكل (٤-١٥٥) أحزمة الأمان الشخصية. المصدر[19]

---

* **OSHA**(Occupational Safety & Health Administration): مركز إدارة السلامة و الصحة الوظيفية تأسست في عام ١٩٧٠م، وهو تابع لوزارة العمل الأمريكية ، تقرر انشاء هذا المركز بعد تزايد عدد الوفيات السنوية للعمال أثناء ممارسة مهنهم ، يقوم المركز بالتأكيد على شروط العمل الآمنة و ضمان صحة العمال في جميع المجالات، و فرض معايير و تدابير تحقق السلامة المهنية ، وكذلك وضع برامج تدريب و تعليم و مساعدة للعمال.

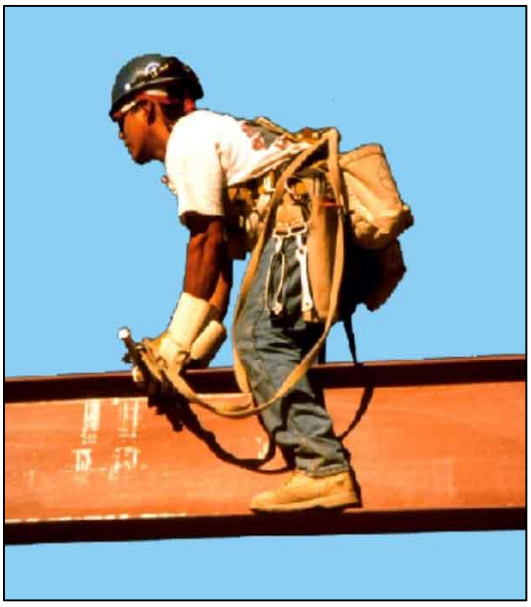
[٧] Steel Erection, OSHA's First Negotiated Rule (Occupational Safety & Health Administration), 2001

- استخدام شبكات حماية Safety nets في حال سقوط أحد العمال أثناء تشييد الهياكل المعدنية :

شكل (٤-١٥٦) وضع شبكات حماية. المصدر[19]

- استخدام مرابط حماية خاصة أثناء التنقل فوق الجسور المعدنية :
Beamer, Glyder and Girder Grip

شكل (٤-١٥٧) اشكال مختلفة لمرابط الحماية والتنقل المصدر[19]

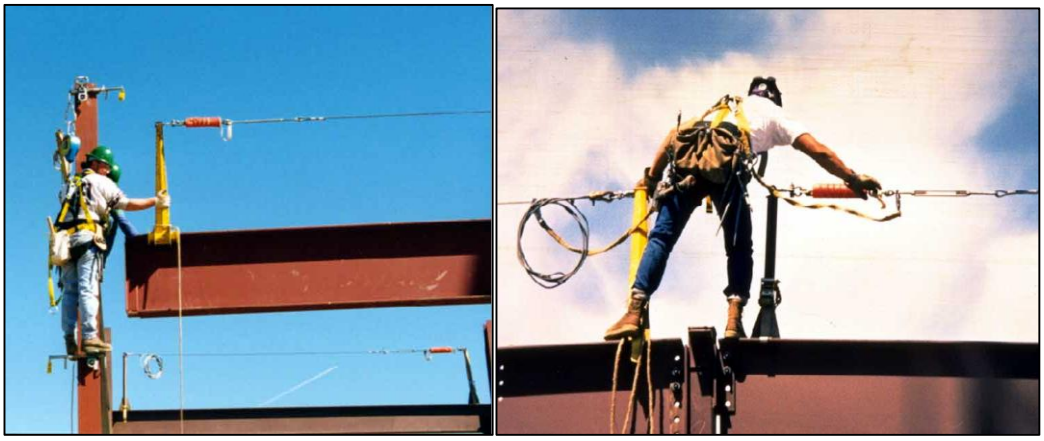


شكل (٤-١٥٨) طريقة التنقل على الجسور المعدنية باستخدام المرابط. المصدر[19]

- استخدام (كلبسات)Roof Eye ذات مربط للتثبيت على جسم الجائز وحلقة لتثبيت أحزمة الأمان ،وكذلك استخدام حبال قصيرة قابلة للسحب و التراجع بشكل ذاتي Retractable Lanyards.

شكل (٤-١٥٩) اشكال كلبسات خاصة للربط. المصدر[19]

- استخدام حبال وأحزمة عرضية وطولية تساعد العمال في التنقل فوق الهياكل الإنشائية المعدنية.



شكل (٤-١٦٠) طريقة وضع حبال الأمان العرضية و الطولية. المصدر[19]

شكل (٤-١٦١) طريقة التنقل باستخدام حبال الأمان. المصدر[19]

- استخدام الروافع ذات السلة في عمليات تشييد العناصر الإنشائية المعدنية :

شكل (٤-١٦٢) استخدام الروافع ذات السلة. المصدر[19]

- عند تنفيذ الأسطح المعدنية ينصح بوضع أشرطة تحدد حدود المبنى وحدود الجزء القادر على تحمل وزن العمال فوقه ، واستخدام الأعمدة الطرفية في وضع حبال لنفس الغاية .

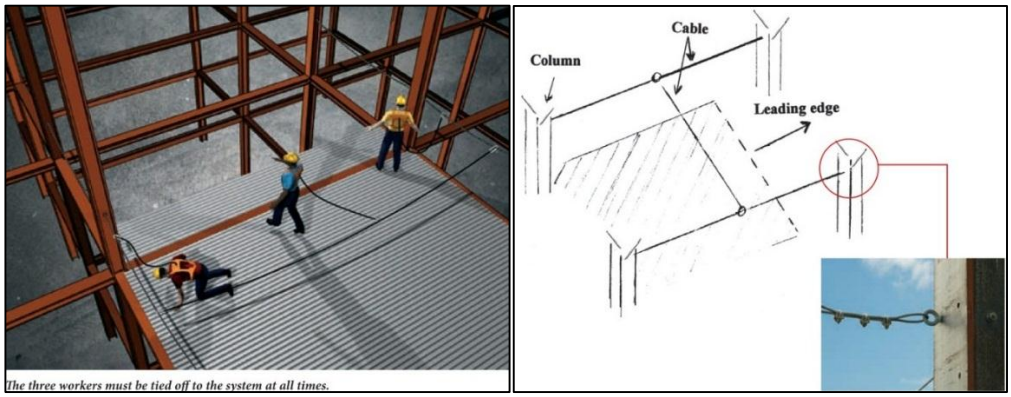
شكل (٤-١٦٣) طريقة وضع أشرطة الأمان عند الحواف. المصدر[19]

شكل (٤-١٦٤)طريقة وضع أشرطة الأمان و علاقتها بالأعمدة . المصدر[19]

- تغطية الفتحات بالسقف المعدني التي يزيد اصغر ابعادها عن ٣٠ سم أو عدم تركها بدون وسائل تنبيه أو حماية .

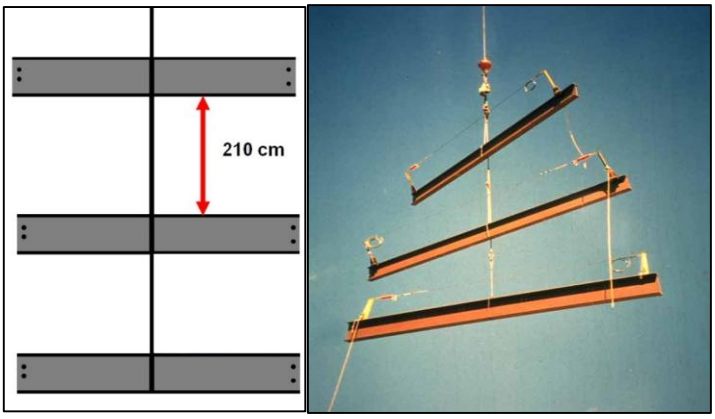
شكل (٤-١٦٥) حماية الفتحات في الأسقف المعدنية. المصدر[19]

- الحفاظ على اتجاه معين عند تثبيت ألواح الأرضيات والأسطح و وضع أحزمة أمان أفقية على طول المجاز المراد تغطيته .



شكل (٤-١٦٦) طريقة وضع أحزمة الأمان الأفقية. المصدر[19]

- عند رفع العناصر الإنشائية بالروافع لابد من مراعاة عدة أمور منها :
  - تناسب الأوزان المرفوعة مع استطاعة الرافعة .
  - يجب الحفاظ على تباعد (٢١٠ سم)على الأقل بين العناصر المرفوعة معا .
  - عدم تجاوز عدد العناصر الإنشائية المرفوعة معاً (٥ عناصر)على الأكثر .



شكل (٤-١٦٧) طريقة رفع أكثر من عنصر انشائي المصدر[19]

- إجراء تدريبات للكادر الفني على أساليب السلامة المهنية وتطويره ليصبح قادر على العمل في تشييد المنشآت المعدنية على ارتفاعات عالية.

شكل (٤-١٦٨) تدريبات الكادر الفني. المصدر[19]

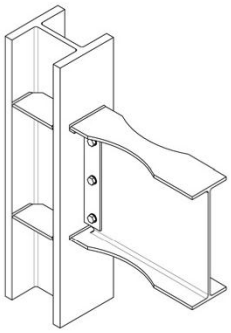
- عند تنفيذ عمليات اللحام يجب مراعاة التدابير التالية:
  - تأمين ألبسة خاصة تقي العامل من حرارة اللحام والشرارات الناتجة (سترة مصنوعة من التاربولين و الجيوب مغلقة بأزرار وبنطال سميك و طويل يغطي الحذاء وارتداء حذاء خاص)
  - العمل في ظروف إنارة جيدة و تهوية جيدة للحد من تأثير الغازات و الدخان الناتج عن عمليات اللحام .
  - تجنب حدوث الحرائق بسبب عمليات اللحام عن طريق إبعاد المواد القابلة للاشتعال وإزالة الأقمشة الملوثة بالزيوت و الشحوم وغيرها عن مكان العمل و تحضير خزان مياه و صندوق من الرمل في حال نشوب حريق .
  - استخدام أقنعة واقية خاصة بعمليات اللحام و متناسبة مع كل نوع من أنواع اللحام.
- قيام الجهاز الفني الإداري في المشروع بمراقبة قواعد السلامة المهنية بشكل دوري .

رابعاً: اشتراطات مقاومة الزلازل:

الأداء الزلزالي للهياكل المعدنية هو أداءٌ جيدٌ نسبياً لعدة أسباب منها مرونة الفولاذ وخفة وزن المبنى المنشأ من الفولاذ مقارنة مع البيتون، الذي يصل الى خمس مرات تقريباً؛ مما يقلل من الاجهادات الناتجة عن الزلازل والرياح التي يتعرّض لها، وبالنظر الى الخارطة الزلزالية المحلية؛ فقد تمَّ تقسيم سوريا إلى سبع مناطق زلزاليّة [وفقاً للخارطة الزلزالية الواردة في الملحق (٢) للكود العربي السوري منشآت خرسانية مسلحة ، طبعة ثانية، ٢٠١٢، ص٣٨]

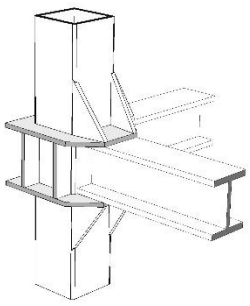
في تصميم الهياكل المعدنية متعدّدة الطوابق يُفضّل توزيع العزوم الناتجة عن أحمال الزلازل والرياح على مفاصل ووصلات منتقاة من الهيكل الانشائي؛ حيث تُعدُّ الوصلات هي من أهمّ العناصر الانشائية في مقاومة الاجهادات الناتجة عن الزلازل، وغالباً ما تحدث الانهيارات عند هذه المفاصل والوصلات لذا يجب ان يتوافر فيها عدة شروط:

- أن تكون قادرة على مقاومة العزوم الناتجة عن الزلازل والرياح. (ولها العديد من الأشكال وذلك حسب المصمم وحسب الاجهادات التي تتعرّض لها)
- أن تكون للوصلات قدرة كاملة للدوران غير المرن لتجنب زيادة الاجهادات. (كما هو الحال في الوصلات ذات النوع Reduced Beam Section)



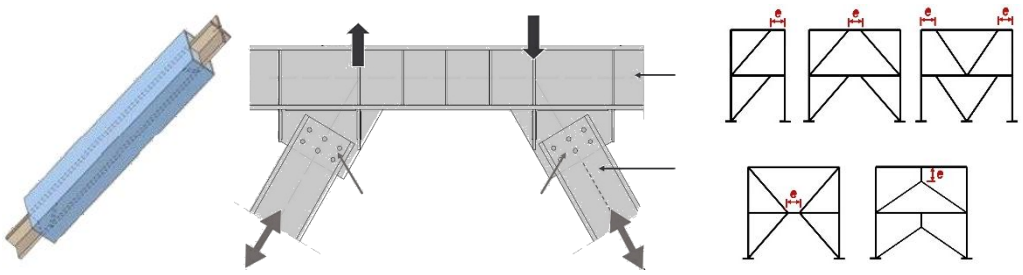
شكل (٤-١٦٩) وصلة Reduced Beam Section تسمح بالدوران غير المرن المصدر[1]

في حال كانت الأعمدة عبارة عن ترابيع مفرغة يتوجب تقويتها بصفائح معدنية Stiffeners من كامل الأطراف لتجنب حدوث تشوهات في جسم العمود عند تعرضه للعزوم الناتجة عن الزلازل.



شكل (٤-١٧٠) تقوية الاعمدة المفرغة بصفائح عرضية. المصدر[معد البحث]

وكذلك في الجمل التي يستخدم فيها التربيط Bracing بشكل أساسي يتوجب تقوية الجسور بصفائح معدنية Stiffener عند نقاط التقاء عناصر التربيط المعدنية بالجسور، ولا يفضل التربيط بشكل X لتجنب حدوث تشوهات عند نقطة التصالب، كما يجب تقوية عناصر التربيط الطويلة من المنتصف لتجنب حدوث تحنيب فيها.

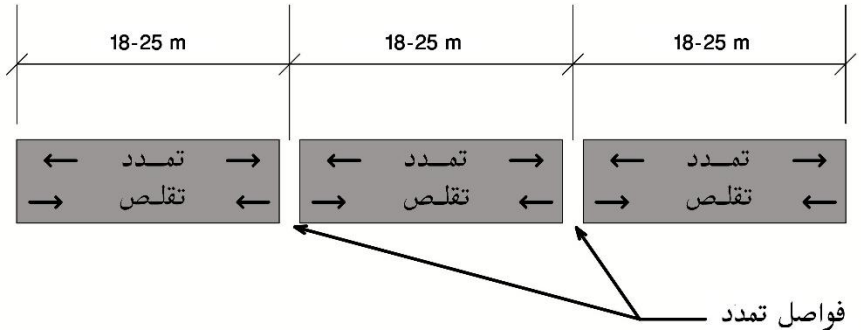


شكل (٤-١٧١) أماكن توضع صفائح التقوية عند استخدام عناصر تربيط انشائية . المصدر[1]

خامساً: فواصل التمدد

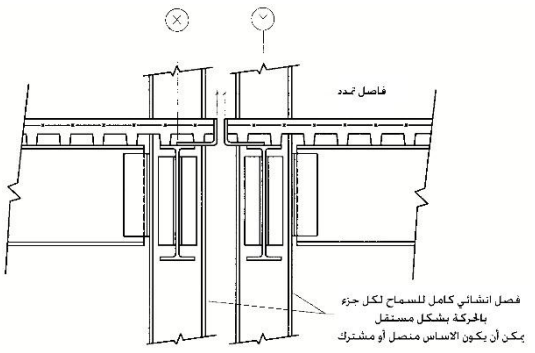
يعتبر المناخ المحلي في سوريا مناخا معتدلا إلى الجاف وبالتالي يؤثر ذلك على المنشآت ذات الهياكل المعدنية من حيث التمدد و التقلص – واحد من أهم الصعوبات التي تواجه المبنى طوال فترة بقاءه و خصوصاً خلال عمليات الإنشاء و التشييد - لذا ينصح بالتركيز على **فواصل التمدد** فيها و حماية أو عزل العناصر الإنشائية المعدنية للتقليل من أثر عمليات التمدد و التقلص على المبنى :

- وضع فاصل تمدد كل (١٨- ٢٥ م) كحد أقصى في الامتدادات الأفقية للأبنية المعدنية وبعرض ٦سم .

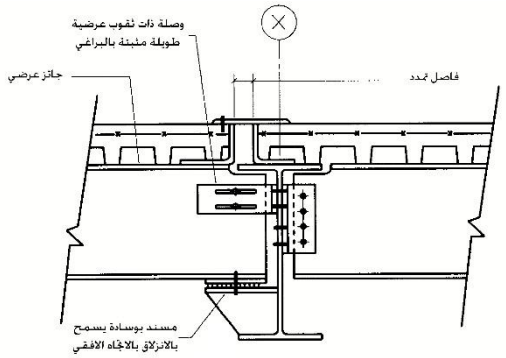


شكل (٤-١٧٢) تباعدات فواصل التمدد في المنشآت المعدنية الافقية . المصدر معد البحث

- هناك طريقتان لعمل فواصل التمدد في المباني المعدنية متعددة الطوابق:[٨]



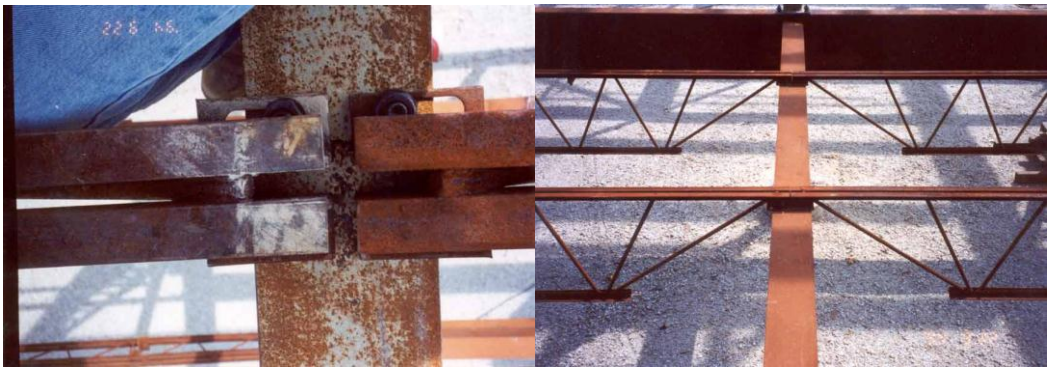
شكل (٤-١٧٣) طريقة أولى. المصدر[AISC,2002] فصل المبنى إلى جزئين منفصلين من الاساس إلى الأعمدة إلى البلاطات (وهو الأصل في فواصل التمدد)



شكل (٤-١٧٤) طريقة ثانية. المصدر[AISC,2002] عمل تركيب يسمح بانزلاق العناصر الأفقية بالاتجاه الأفقي وحيث يكون الاستناد على العناصر الشاقولية مشترك ، يستخدم هذه الطريقة في حال عدم إمكانية مضاعفة الأعمدة أو في حال تأثير ذلك على الشكل الخارجي للواجهات بشكل كبير .

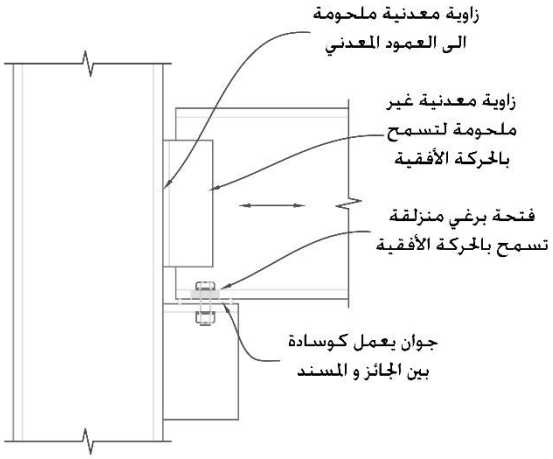
[٨] AISC, American Institute of Steel Construction: *Designing with Structural Steel (a Gide for Architects)* Second Editiong,2002.

- وضع فواصل تمدد في اكساء الواجهات في كل طابق بسب تعرضها للعوامل الخارجية بشكل أكبر.
- ضرورة الأخذ بعين الاعتبار طبيعة المبنى ووظيفته و تأثيرها على درجة الحرارة الداخلية (درجة الحرارة الناتجة عن تشغيل الحيز الداخلي)
- عمل فتحات تثبيت منزلقة Slotted Holes عند ارتكاز الجسور الثانوية مع الجسور الرئيسية .



شكل (٤-١٧٥) الفتحات المنزلقة عند ارتكاز الجوائز الثانوية. المصدر[]

- مراعاة ترك مسافة فاصلة لا تقل عن (٢سم) بين الجوائز والأعمدة في نقطة الاتصال مع السماح للجائز بالتمدد والتقلص دون حدوث تشوهات في الجائز أو العمود، وذلك عن طريق ثقوب للبراغي مشقوقة باتجاه الحركة، مع تأمين وسادة من تفلون خاص (كاوشوك) بين الجائز والمسند.



شكل (٤-١٧٦) التقاء الجائز مع العمود المعدني مع الأخذ بعين الاعتبار عمليات التمدد و التقلص . المصدر[1]

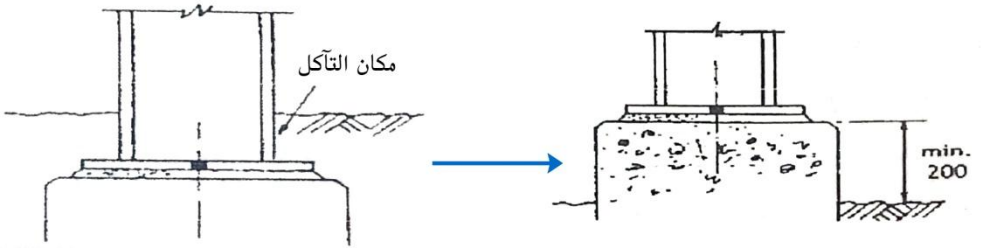
- يجب أن لا ننسى أيضا الحماية من الصواعق الذي يشكل أهمية كبيرة في المنشآت المعدنية وكذلك عمل فتحات لتصريف المياه .

شكل (٤-١٧٧) الحماية من الصواعق.

المصدر www.systemx.fr

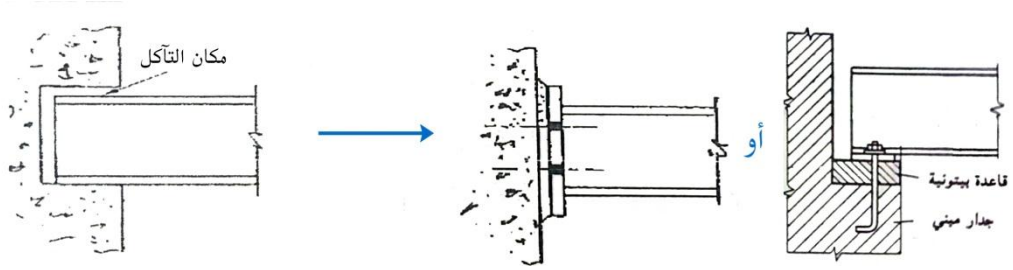
سادساً: الحماية من التآكل والصدأ:

- الابتعاد عن طمر قاعدة الأعمدة المعدنية تحت منسوب الأرض ويفضل رفع رقبات الأساسات البيتونية فوق منسوب الأرض بمقدار ٢٠ سم على الأقل .



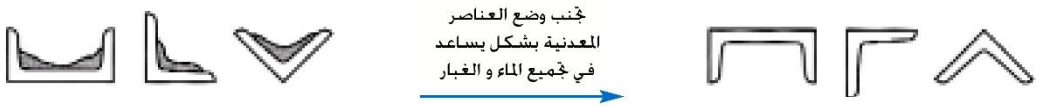
شكل (٤-١٧٨) الحفاظ على ٢٠سم من القواعد على الأقل فوق منسوب الأرض. المصدرwww.corusgroup.com

- عند استناد الجسور إلى جدار أو أعمدة بيتونية يفضل عدم غمس الجسر داخل البيتون إن أمكن و تركه مكشوفا .

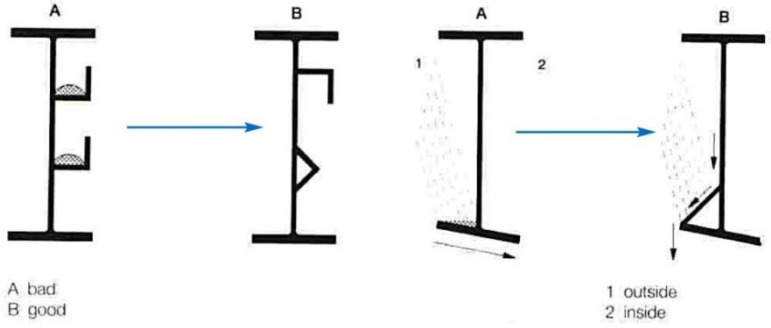


شكل (٤-١٧٩) التقاء الجسور مع البيتون الأمثل . المصدرwww.corusgroup.com

- أن يكون للعملية التصميمية دور فعال من خلال وضع العناصر المعدنية بطريقة لا تسمح بتجميع الغبار و الماء الراكد .



شكل (٤-١٨٠)توضع الزوايا المعدنية الأمثل. المصدرwww.corusgroup.com



شكل (٤-١٨١) توضع العناصر المعدنية الأمثل. المصدرwww.corusgroup.com

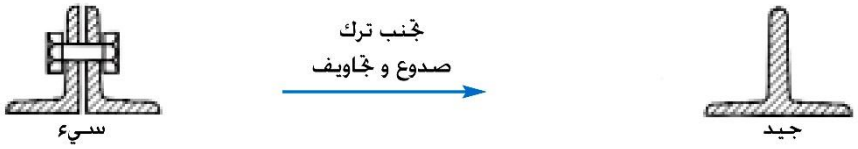
- مراعاة الحفاظ على حواف مشطوفة عند مناطق اتصال الأعمدة مع القواعد والابتعاد عن تشكيل تجاويف أو خنادق في هذه المناطق .

شكل (٤-١٨٢) ترك الحواف مشطوفة عند القواعد والأساسات. المصدرwww.corusgroup.com

- ترك فتحات صغيرة تسمح بحركة و مرور الهواء الجاري عند الزوايا المتشكلة من التقاء الصفائح المعدنية (مثل صفائح تدعيم المقاطع I أو المستخدمة لتقوية الزوايا) إن أمكن.

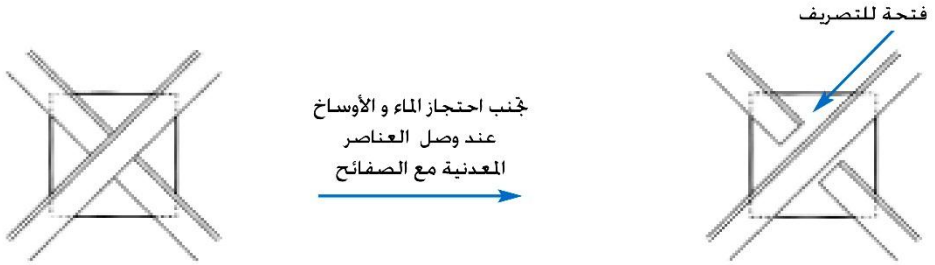
شكل (١-١٨٣) ترك فتحات صغيرة تسمح بحركة ومرور الهواء الجاري عند الزوايا
المصدرwww.corusgroup.com

- عدم ترك تجاويف أو شقوق مفتوحة ناتجة عند التقاء أو جمع عنصرين إنشائيين والافضل استخدام عنصر إنشائي واحد مكافئ .



شكل (٤-١٨٤) استخدام عنصر واحد مكافئ بدل تجميع أكثر من عنصر. المصدرwww.corusgroup.com

- منع احتجاز الماء و الأوساخ و الأتربة عند صفائح الوصل عن طريق ترك انقطاعات بسيطة (فتحات تصريف) إن امكن .

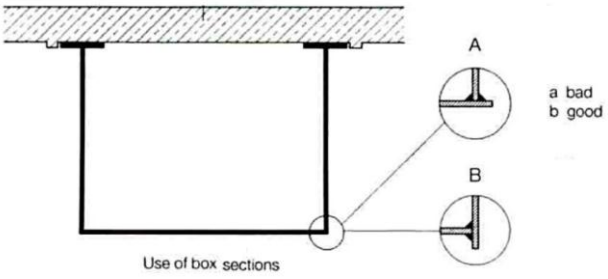


شكل (٤-١٨٥) ترك انقطاعات بسيطة (فتحات تصريف). المصدرwww.corusgroup.com

- من المعروف أن مناطق اللحام من أكثر المناطق المعرضة للصدأ و التآكل لذا يجب تجنب ترك بروزات او نتوءات تسمح بتجمع الغبار و الماء .

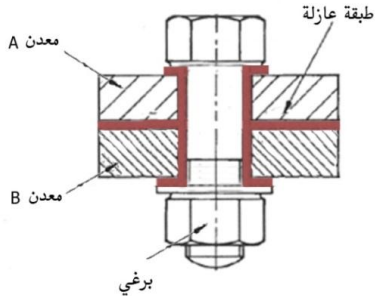
شكل (٤-١٨٦) عدم ترك بوزات أو نتوءات تسمح بتجميع الغبار أو الماء. المصدرwww.corusgroup.com

- في حال تجميع العناصر المعدنية من عدة صفائح يراعى جعل الحواف و مناطق الوصل غير قابلة لتجميع الغبار و المياه .



شكل (٤-١٨٧) جعل الحواف و مناطق الوصل غير قابلة لتجميع الغبار و المياه. المصدرwww.corusgroup.com

- تجنب الوصلات المتراكبة و الابتعاد عن حالات عدم الانتظام في الشكل (تداخل السطوح ، زوايا ، حواف ، ...) و اختيار الوصلات الأبسط .
- إحكام إغلاق المقاطع الصندوقية إن لم تكن سطوحها معالجة حراريا .
- تجنب اتصال أنواع مختلفة من المعادن بدون وجود طبقات عازلة عند نقاط التماس.
- استخدام رنديلات معينة عند الوصل بالبراغي للحد من احتكاك البرغي بالمعدن وكشف طبقات الدهان.



شكل (٤-١٨٨) طبقات عازلة عند وصل نوعين مختلفين. المصدر[27]

شكل (٤-١٨٩) رنديلات خاصة لمنع كشف طبقات الدهان. المصدر[17]

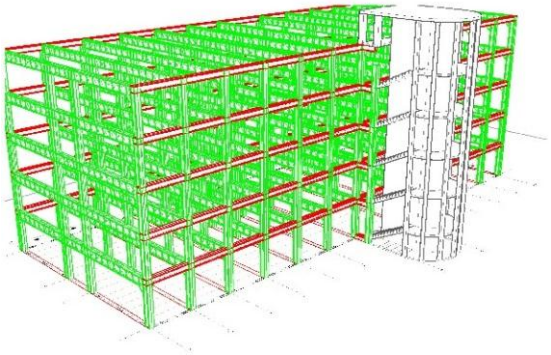
- يجب أن تعطى العناصر المعرضة للضغط المحوري أهمية خاصة في تأمين نظام عزل و حماية من التآكل و الصدأ .
- حماية العناصر الإنشائية المعدنية بالطرق المشار إليها في الفصل الثالث .
- التفتيش الدوري للعناصر الإنشائية المعدنية للوقوف عند التغيرات التي تطرأ عليها نتيجة العوامل الخارجية .

٤-٦- حالة دراسيّة:

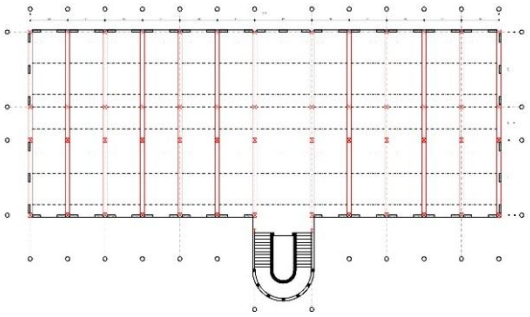
في الحالة الدراسية نختار أحد أهم الأمثلة على استخدام الهياكل المعدنية في المباني متعددة الطوابق في سوريا (لمبنى الاتحاد الرياضي العام)، ثم دراسة اقتراح انشائية جديدة لهذا المبنى استناداً لما تم بحثه في فصول هذا البحث.

يقع مبنى الاتحاد الرياضي العام ضمن مدينة تشرين الرياضية في دمشق بمنطقة البرامكة بمساحة مبنية ما يقارب (٧٢٠ م^2) مؤلف من خمس طوابق ذات هياكل معدنية بواجهات من الالكابوند و الزجاج .

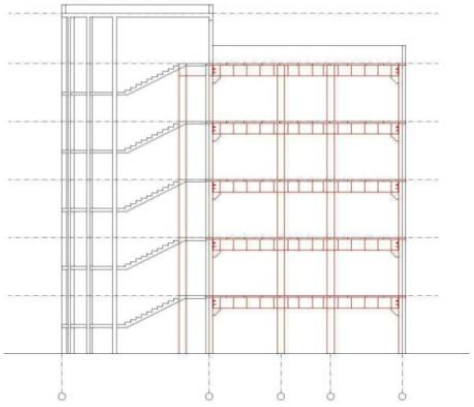
شكل (٤-١٩٠) مبنى الاتحاد الرياضي – الوضع الراهن
المصدر : معد البحث



شكل (٤-١٩١) انشائية مبنى الاتحاد الرياضي العام – الوضع الراهن
المصدر : معد البحث



شكل (٤-١٩٢) مسقط افقي لمبنى الاتحاد الرياضي العام – الوضع الراهن-
المصدر : معد البحث



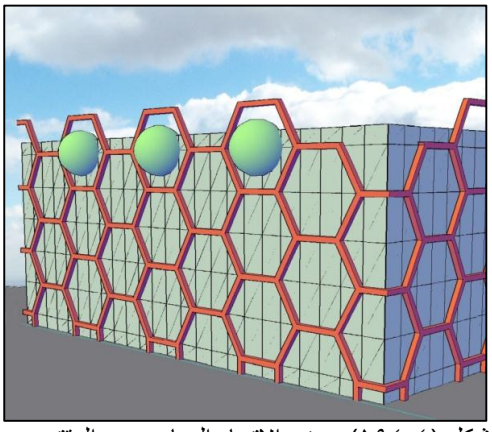
شكل (٤-١٩٣) مقطع طولي في مبنى الاتحاد الرياضي – الوضع الراهن-
المصدر : معد البحث

- <u>الجملة الانشائية الحالية</u> (الوضع الراهن) عبارة عن جملة نواة حاملة و جوائز عرضية :

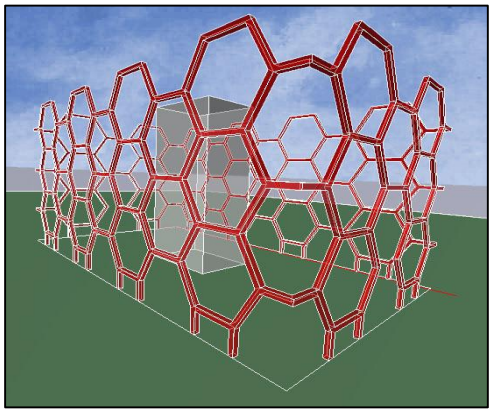
نواة بيتونية + جملة إطارات بسيطة و جوائز فولاذية .
مقاومة القوى الأفقية تكمن في النواة البيتونية تحوي عناصر الانتقال الشاقولي

- الجملة الانشائية المقترحة: عبارة عن نظام محيطي شبكي Diagrid مع نواة بيتونية داخلية حيث تحقق هذه الجملة الانشائية المعايير التالية:

- تحقق **تقوية** داخل المبنى و خارجه معاً .
- دلالة إلى **وظيفة المبنى** الأساسية و مستمدة من **الزخرفة العربية** (المضلع السداسي) .
- جملة انشائية تناسب المباني **متعددة الطوابق المنخفضة** (تناسب الواقع المحلي).
- **مقاومة جيدة للقوى الافقية** حيث يعمل المبنى كعنصر انشائي واحد.
- النواة البيتونية تساهم في مقاومة القوى الافقية بشكل أساسي و بالتالي تقليل من مساحة المقاطع المعدنية مما يساهم في تخفيض **الكلفة الاقتصادية.**
- الجملة الانشائية الخارجية والنواة البيتونية تساهمان في **الحد من اخطار الحريق.**
- إمكانية الاستفادة من السطح **كمساحات خضراء** يزيد من فعالية المبنى البيئية والاقتصادية و يتلائم مع وظيفته.
- خلق **فراغات داخلية واسعة** تعطي مرونة جيدة في توزيع الفعاليات و المكاتب.
- تساهم الواجهات المقترحة (عازلة للحرارة و الصوت) في **توفير الطاقة.**



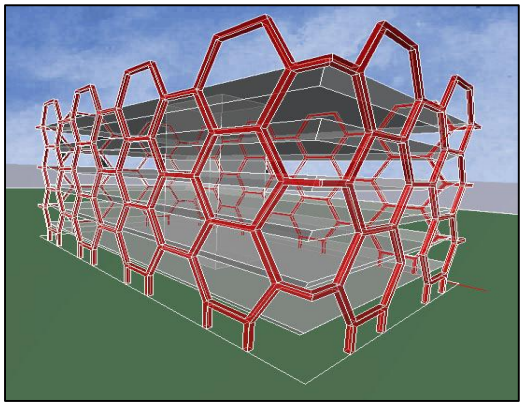
شكل (٤-١٩٤) مبنى الاتحاد الرياضي – المقترح –
المصدر : معد البحث



شكل (٤-١٩٥) الانشائية المقترحة للمبنى
المصدر : معد البحث

- العناصر الإنشائية المقترحة:

نقترح شكل العناصر الانشائية المحيطية من مقاطع مجوفة على شكل □ (٥٠×٥٠سم) كحد أدنى تشكل شبكة محيطية على واجهات المبنى ، (أو من مقاطع I مغلفة بطبقة من صفائح الألكابوند) تتصل في ما بينها بواسطة اللحام لتعطي صلادة كبيرة للمبنى ويقاوم القوى الأفقية، وتستند على العقد **جوائز شبكية جملونية** متقاطعة بالاتجاهين و تستند إلى النواة البيتونية في مركز البناء .



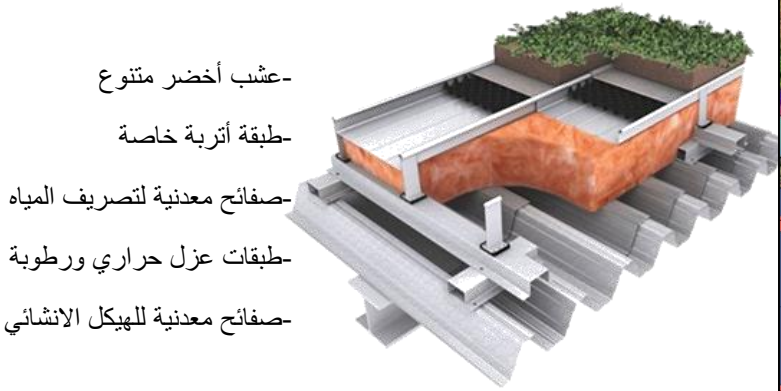
شكل (٤-١٩٦) البلاطات في الانشائية المقترحة للمبنى
المصدر : معد البحث

هذه الجوائز تنقل الحمولات إلى العقد بواسطة البراغي لإعطاء مرونة للمبنى، و استخدام مقطع I داخل المقطع المجوف عند الأساسات لزيادة في التثبيت وسهولة التركيب .

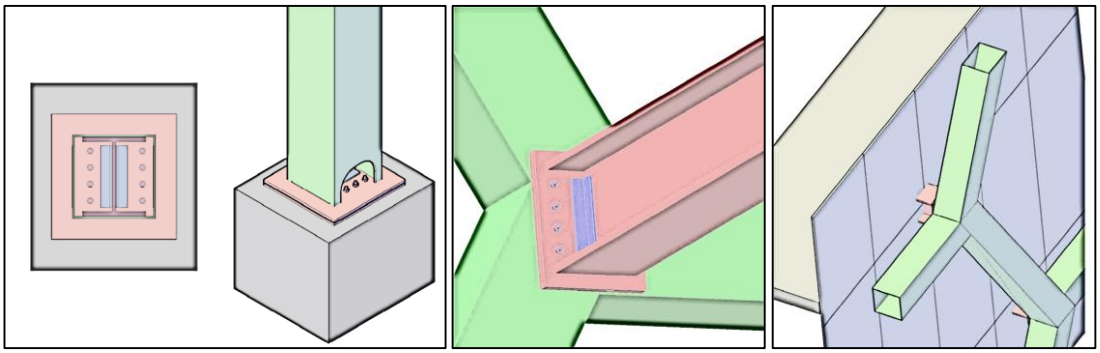
بلاطات مختلطة من صفائح معدنية وطبقة ١٥-٢٠سم طبقة بيتونية مع تسليح خفيف أما السطح الأخير تم معالجته ليكون عبارة عن **أسطح خضراء** و تلائم فعاليات المبنى كاتحاد رياضي يصب بالمفهوم البيئي للأبنية الحديثة .

أما **الواجهات** غُلّفت بستارة زجاجية من الزجاج المضاعف ذو عازلية حرارية جيدة - وهو متوفر محلياً - محملاً على سكك معدنية تستند الى البلاطات ليعطي للمبنى شفافية ويحقق اتصال مع المحيط الخارجي.

شكل (٤-١٩٧) السطوح الخضراء لمبنى الاتحاد الرياضي
المصدر : معد البحث



شكل (٤-١٩٨) طبقات السطح الأخير المقترح
المصدر : معد البحث



شكل (٤-١٩٩) بعض المفاصل المقترحة المصدر : معد البحث

النتـائـج والتوصيات

النتـائـج : Results :

١. أُسْتخدم المعدن في إنشاء الأبنية ذات الهياكل المعدنيّة محلياً بشكل محدود وغالباً في الأبنية المنخفضة ومفردة الطابق (حسب طبيعة المنشأ).

٢. لم يُستخدم المعدن على أسسٍ دقيقةٍ وظروفٍ قياسيةٍ في أغلب المنشآت متعدّدة الطوابق المعدنيّة المنفّذة في سوريا. (تم الإشارة لذلك في الفصل الرابع).

٣. اعتُمدت الجمل الإنشائيّة البسيطة (عمود – جائز) في أغلب الأحيان محلياً.

٤. الصفة العامة للأبنية متعدّدة الطوابق ذات الهياكل المعدنيّة في سوريا أنها من النظام المختلط (بيتون + معدن) وليست أبنية معدنيّة بالكامل.

٥. الصفة العامة للأبنية متعدّدة الطوابق ذات الهياكل المعدنيّة في سوريا أنها أبنية منخفضة.

٦. استخدام النواة البيتونية في الأبنية متعدّدة الطوابق ذات الهياكل المعدنيّة بشكل في سوريا أساسي وذلك لعدة أسباب منها:

- عزم عطالة الأبنية الطابقية العالية أكبر من الأبنية المنخفضة.
- الاستغناء عن عناصر التربيط المؤقتة (أثناء عمليات التشييد) والدائمة (التي تعتبر من عناصر الجملة الإنشائية).
- أقل كلفة وأسهل في عمليات التشييد.

٧. انتشر استخدام المعدن عالمياً بسبب توافره كمادة، (عامل اقتصادي)، ومرونة المعدن (ميزات إنشائية)، والظروف المناخية التي تجعل وسائل حماية المعدن أقل مستوى (عامل تقني).

٨. للحرفيين دور كبير في تنفيذ المنشآت المعدنيّة في سوريا بسبب خبرتهم العملية.

٩. توافر العناصر الإنشائية للهياكل المعدنيّة ومستلزماتها في السوق المحلية محدوداً جداً.

١٠. استخدام طرق وأساليب غير تقنيةٍ وغير دقيقةٍ (قص شيلمو) عند استخدام مقاطع إنشائية كبيرة (تزيد عن ١٦-٢٠سم).

١١. تفتقر المنشآت المعدنية المحلية –بشكل عام-للمعالجة ضد الحريق والصدأ والاكتفاء بعمليات الدهان العادية في الغالب.

١٢. بالمقارنة بين المنشآت المحلية والعالمية نجد ضعف الخبرة الإنشائية وبساطة في الجمل المستخدمة في الهياكل المعدنية متعدّدة الطوابق محلياً.

١٣. عدم الوعي الكامل لأسس السلامة المهنية لتنفيذ الأبنية ذات الهياكل المعدنية.

١٤. لا يوجد كود مكتمل للمباني متعددة الطوابق المعدنية إنما اقتصرت على التغطيات الخاصة والمجازات ذات الطابق الواحد وبعض أعمال الحدادة

التوصيات : Recommendations :

١. ضرورة توجيه البحث العلمي إلى عمل دراسات لاختيار وتوظيف التقنيات الحديثة للمواد المعدنية في إنشاء وتشييد المباني متعدّدة الطوابق ذات الهياكل المعدنية وذلك بما يلائم الظروف المحلية والحاجات الاجتماعية وضمن المعايير البيئية.

٢. إتباع الطرق العملية والصحيحة في بناء وتشييد المباني متعدّدة الطوابق المعدنية واختيار الجمل الإنشائية الصحيحة من خلال:

- الاستعانة بالشركات المختصة لتطوير الكوادر المصمّمة والمنفّذة للمنشآت المعدنية.
- تطوير ورشات ماهرة للعمل على المعادن المستخدمة في مجال البناء.
- تطوير كادر فني مختص قادر على استنباط الحلول بما يناسب الواقع المحلي.
- إيجاد مخابر خاصة للعناصر المعدنية للتحقق من تحملها للإجهادات المختلفة.
- توفير المعدات الخاصة بتنفيذ المنشآت المعدنية.
- إظهار مزايا الإنشاء بالمعدن الجمالية والتشكيلية والاقتصادية.

٣. يُوصى باستخدام جُمل إنشائية غير مركبة وذات مفاصل غير معقدة ويفضّل استخدام وصلات مختلطة (براغي + لحام) لتحقيق صلادة وثبات المبنى ومرونته.

٤. يعتبر المناخ المحلي في سوريا مناخاً معتدلاً إلى الجاف؛ مما يؤثر ذلك على المنشآت ذات الهياكل المعدنيّة من حيث التمدد والتقلص -أحد أهمّ الصعوبات التي تواجه المبنى طوال فترة بقاءه وخاصةً خلال عمليات الإنشاء والتشييد -لذا ينصح بالتركيز على **فواصل ومفاصل التمدد** فيها، وحماية أو عزل العناصر الإنشائية المعدنية للتقليل من أثر عمليات التمدد والتقلص على المبنى.

٥. إتباع الطرق العلميّة السليمة في حماية العناصر الإنشائيّة المعدنيّة من الحريق بما يتوافق مع المواد المستخدمة محلياً والسوق المحلية؛ والتأكيد على حماية العناصر الإنشائية المعدنية ضد التآكل والصدأ.

٦. **الاستخدام الفعال للمعادن**، باختيار المقاطع والعناصر المعدنيّة التي تحقق قوة ومتانة وصلابة في الجملة الإنشائية ومرونة في التصميم وإمكانية إعادة التدوير وفق **الكود المحلي**.(تم الإشارة إليه في الفصل الرابع).

٧. دراسة **نورمات** محددة يتم استيراد المواد المعدنيّة من خلالها لتمكين وضع محددات كود محلي خاص بالمنشآت المعدنيّة.

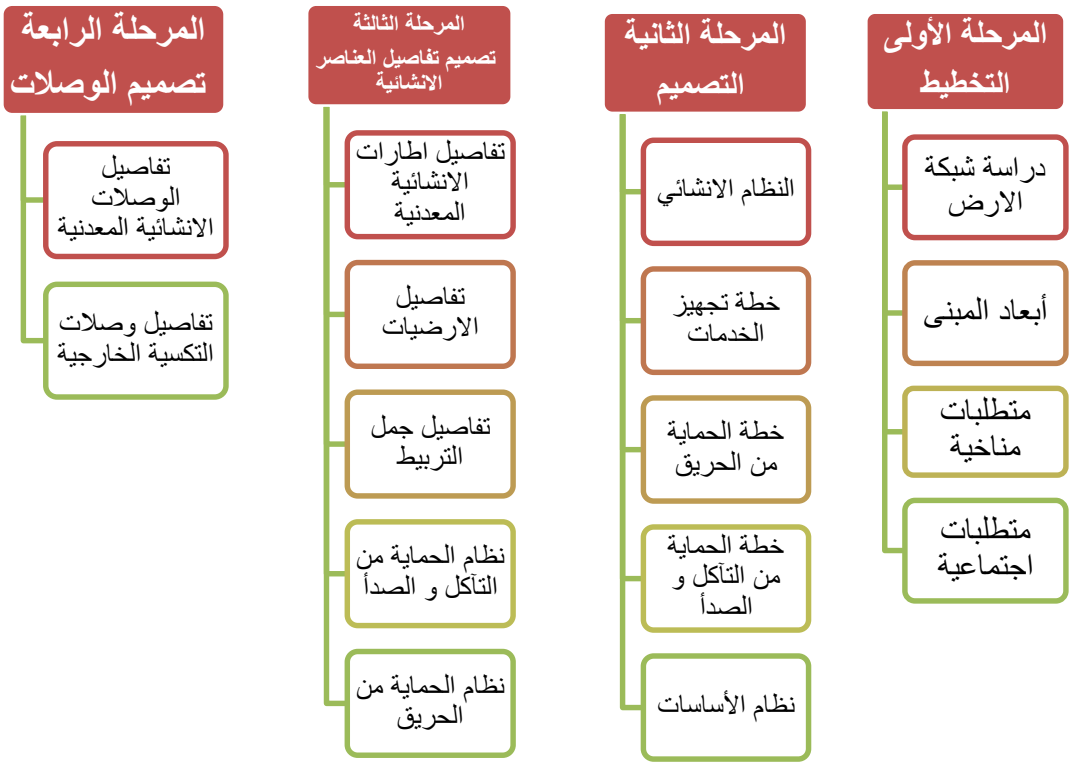
٨. ينصح في إنشاء وتشييد المنشآت متعددة الطوابق المعدنية بالاتجاه إلى **مكننة** الأعمال وإتباع خطوط إنتاج معيّنة وفق كود معين؛ بما يتناسب مع الواقع المحلي والاجتماعي مما يحقق:

- سرعة في التنفيذ.
- زيادة في الخبرات.
- دقة في العمل.
- رفع مستوى السلامة المهنية.
- حياة اجتماعيّة مستقرّة للعاملين الذي يحققه الموقع الثابت للعمل.

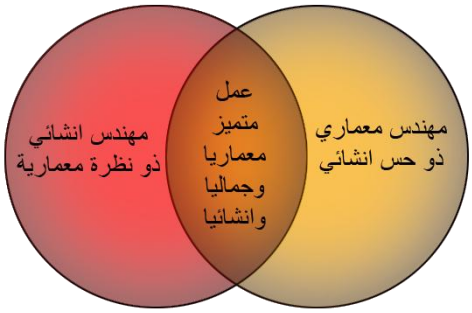
٩. العمل على تعميق أسس **السلامة المهنيّة** الخاصة بتشييد المنشآت ذات الهياكل المعدنيّة متعدّدة الطوابق والتعريف بأساليب الأمان الخاصّة. (المشار اليها في الفصل الرابع).

١٠. استخدام **البرمجيات الحاسوبية** في عمليّات التصميم والإنشاء بالمعدن ضرورة تقنيّة ملحّة.

ونقترح عملية تنظيم وجدْوَلة الأعمال في تصميم المنشآت متعدّدة الطوابق المعدنيّة:



١١. **التكامل الفكري والعلمي والتقني** بين المهندس المعماري والمهندس الإنشائي هو ما يخلق تطوراً ملحوظاً في الأبنية متعدّدة الطوابق ذات الهياكل المعدنيّة مما يؤثر في تشكيل الطابع المعماري للمدن.



١٢. استخدام المعدن في المباني متعدّدة الطوابق هو **أسلوب مدن الغد**، لذا يوصى بمواكبة التطورات الحديثة في هذا المجال.

١٣. توجيه البحث العلمي إلى دراسة **كود للمنشآت المعدنية** وفق مناخات تشبه المناخ في سوريا لما يحمل الموضوع من أهمية؛ فالكود يتشابه في المضمون العلمي ولكن يختلف في الحدود الدنيا والعليا للأبعاد حسب الظروف المحلية.

ملحق رقم (١)

نبذة تاريخية عن اكتشاف المعادن

تشكل عملية استخراج المعادن عصب التطور البشري منذ أقدم العصور، فبنظرة الى الحضارات الغابرة نلاحظ أن المعادن هي السجل الحافل لمعرفة تاريخ البشرية على سطح الأرض منذ أقدم العصور، حيث أن المعادن هي أساس الموارد التي تتكون منها صخور القشرة الأرضية بصورة طبيعية أولية، ونظراً لأهمية المعادن وما لها من دور فعال على تطور حياة الشعوب، ارتبط تاريخ الانسان بأسماء المعادن التي تم اكتشافها في تلك العصور.

و يرجع استغلال الثروات المعدنية الى آلاف السنين التي مضت ، و منذ ذلك التاريخ و المعادن تسهم بنصيب وافر في بناء الحضارات ، ففي العصر الحجري استخدم الانسان موارد أولية غير فلزية في صنع ما احتاج إليه من أسلحة و أدوات وأغراض أخرى ، ويؤكد حلمي (١٩٦١م) استغلال الانسان للطين بدرجة كبيرة في صناعة الفخار ، ثم صنع الطوب ، حيث تعتبر صناعة **الطوب** أول صناعة قام بها الانسان فاستخدمت ألواح الطين و القار و الطوب عند البابليين و قدماء المصريين في بناء منشآتهم ومدنهم ، و من ثم استخدمت **الحجارة** في البناء، و كانت الأهرامات (٢٩٢٥ ق.م) أكبر شاهد على هذه الحقبة .

وقد أجمع المؤرخون أن اكتشاف أول فلز منذ (٣٠٠٠ ق.م) كان في الحضارة المصرية القديمة حيث تم اكتشاف الذهب، فكان بداية لانفتاح عصر المعادن، وعندما استخدم النحاس في استخلاص اللون الأخضر لاستخدامه في طلاء الذهب، حيث تمكن قدماء المصريين من التعرف على النحاس من خلال خاماته وهي الملاخيت، والكريزوكولا والأزوريت وهي التي يطلق عليها معادن النحاس الأخضر والأزرق المستخدمة لأغراض الطلاء والزينة، ثم صنع من النحاس الأدوات متعددة الأغراض ومن هنا عرف ذلك العصر الذي أكتشف فيه النحاس ***بالعصر النحاسي***.

وعند اكتشاف القصدير في الصين تم صهره مع النحاس لتحسين خواصه حيث نتج عنه سبائك البرونز، ومن ثم تمكنوا من سبك عناصر معدنية أخرى مع النحاس وأصبحت الأدوات البرونزية أفضل من الأدوات النحاسية وأكثرها فعالية، كما أن درجة انصهار البرونز أقل منها في النحاس، وبذلك سمي هذا العصر ***بالعصر البرونزي***.

وعندما زادت معرفة الانسان بالمعادن والصخور وكيفية استخراجها واستغلالها، فقد أشارت الدراسات أنه حوالي عام (١٥٠٠ ق.م) بدأ الانسان يستخرج الحديد من الطبيعة مشيرا الى بداية عصر جديد أحدث تحولا كبيرا في مسار التطور البشري سمي ***بالعصر الحديدي***.

فكان لاكتشاف الحديد الفضل الأكبر في توسيع سلطة الانسان على قوى الطبيعة، وخاصة النحاس مع الحديد، فكلما توسع انتاج النحاس ازداد معه انتاج الحديد، اضافة الى أن التطور في استخراج المعادن وكيفية استعمالها عامل هام في رفع المستوى الاقتصادي والمعيشي وبالتالي التطور العمراني مع تزايد متطلبات الانسان وتنوع حاجاته.

وقد أصبحت المعادن اليوم من أكثر الموارد الأوليةاستعمالاً في شتى مجالات الحياة، وخاصة في الصناعة وبناء المنشآت، ووسائل المواصلات، وصناعة العدد والأدوات المختلفة.

المراجع:

١- حلمي، محمد عز الدين: *علم المعادن*، القاهرة، ١٩٦١م.
٢- دكروب، عبد الأمير: *المعادن وأهميتها الاستراتيجية في العالم*، مجلة الفكر الاستراتيجي العربي عدد٩، لبنان، بيروت، ١٩٨٣م.

ملحق رقم (٢)

طرق صناعة الحديد و الفولاذ

أولاً : صناعة الحديد :

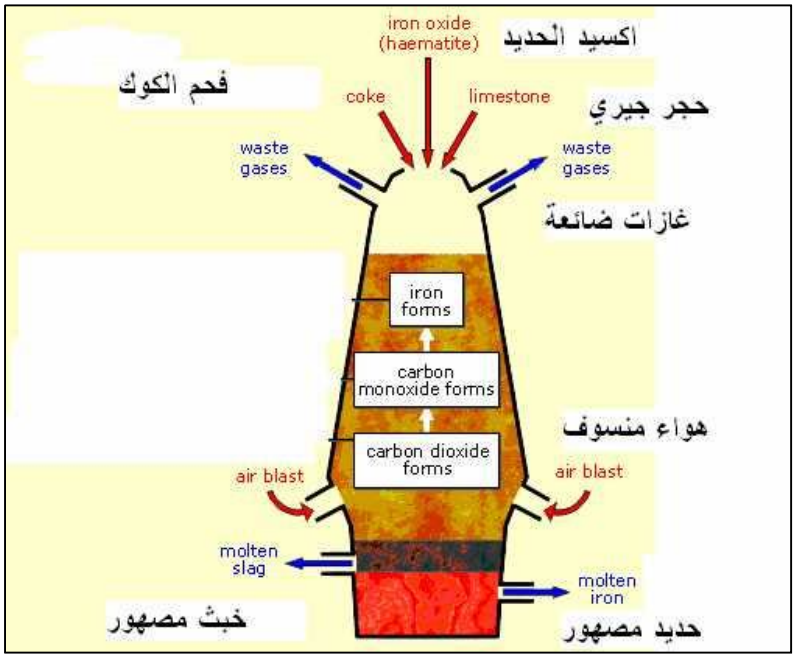
أهم طرق صناعة الحديد: بالفرن العالي وبالاختزال المباشر وبالصهر وغيرها ...

- *طريقة الفرن العالي :*

- يدخل تيار من الهواء الساخن عبر أنابيب النفخ الواقعة أسفله حيث يتفاعل الأكسجين مع الكوك مكونا CO
- صعود غاز ساخن عبر شقوق الكوك فيتم اختزال أكاسيد الحديد.
- يغادر الغاز قمة الفرن من المنافذ المتواجدة أعلاه.
- يسيل الحديد المصهور والخبث عبر طبقة الكوك نحو الموقد.

وينتج عن الفرن الآلي:

- الخبث: يحتوي الخبث على كميات قليلة من أكاسيد الحديد، رماد الفحم حيث يستعمل في رصف الطرق وفي صناعة الاسمنت.
- الغازات: تنتج هذه الغازات بمعدل ٤٠٠٠م/طن.
- حديد التمساح: يحتوي على ٥% من الكربون وعلى ٩٣% من الحديد، ولكن بإعادة صهره حيث يتم صناعة ***حديد الزهر***.



شكل (٥-١) الفرن العالي المستخدم في صناعة الحديد وأنواعه

- *طريقة الاختزال المباشر :*

لقد حدد تعبير "الاختزال المباشر "في الوقت الحالي بأنه أسلوب اختزال اكاسيد الحديد لإنتاج الحديد منها باستعمال الغازات المختلفة كوسط مختزل وتتم هذه العملية عند درجة حرارة اقل من درجة حرارة

الانصهار اي من مواد الشحنة حيث تكون درجة حرارة الاختزال فيما بين c°800 إلى c°900 . وكان يعرف الحديد الناتج من هذه العملية باسم الحديد الإسفنجي ومع نهاية الثمانينات من القرن العشرين وصل إنتاج حديد الاختزال المباشر إلى حوالي ٥٠مليون طن/سنة، ويمكن القول بان العوامل المساعدة على زيادة إنتاج حديد الاختزال ترجع إلى مميزات هذا الأسلوب .

تمتاز هذه الطريقة في إنتاج الحديد بمزايا عديدة ومن هذه المزايا التي ساعدت على ازدهار ونمو هذه الطريقة وخاصة في الدول النامية ما يأتي:

- لا تحتاج هذه الطريقة إلى الكوك وهذا بدوره أدى إلى كثير من المزايا هي:
  ١- تقليل مخاطر اعتماد الصناعة على مادة خام غالية الثمن وغير متوافرة.
  ٢- عدم توافر الفحم الحجري المناسب لصناعة الكوك في الدول العربية.
  ٣- ترتبط بصناعة الكوك مشكلات عديدة وخاصة ما يتصل بتلوث البيئة.
- إمكانية إنشاء وحدات ذات طاقة إنتاجية صغيرة تكون تكلفة إنشائها اقل بكثير من الأفران العالية.
- هذه التقنية بسيطة وحديثة الدول النامية يسهل استيعابها واستخدامها.
- تتوافر في كثير من الدول مصادر الطاقة المطلوبة وعلى وجه التحديد الغاز الطبيعي.
- لا تحتاج إلى فترة طويلة لإنشاء الفرن العالي.

الحديد المنتج من هذه العملية خال من الكربون بينما حديد التمساح الناتج من الفرن العالي يحوي تقريبا٤% كربون.

ثلياً : طرق تصنيع الفولاذ:

الفولاذ هو سبيكة من عنصري الحديد والكربون ولا تزيد نسبة الكربون فيها عن ٢% ومن أهم طرق صناعة الفولاذ:

- فرن القوس الكهربائية.
- فرن المجمرة المكشوفة.

- <u>بأسلوب فرن القوس الكهربائي</u>:

تعتبر صناعة الفولاذ في فرن القوس الكهربائي، من أكثر أساليب الأفران الكهربائية استخدامًا لإنتاج الفولاذ، ويوجد بسقف فرن القوس الكهربائي ثقوب يتم فيها وضع ثلاثة قضبان من الكربون معروفة باسم الأقطاب توضع في الشحنة لتوصيل التيار الكهربائي إليها.

المرحلة الأولى الفرن، وسقفه محرك جانبً ، أثناء شحنه بالخردة. ونادرًا ما يستخدم صناع الفولاذ حديد التمساح في الفرن الكهربائي، لكن يمكنهم استخدام حديد الاختزال المباشر إذا توفر بتكلفة مقبولة ورخيصة.

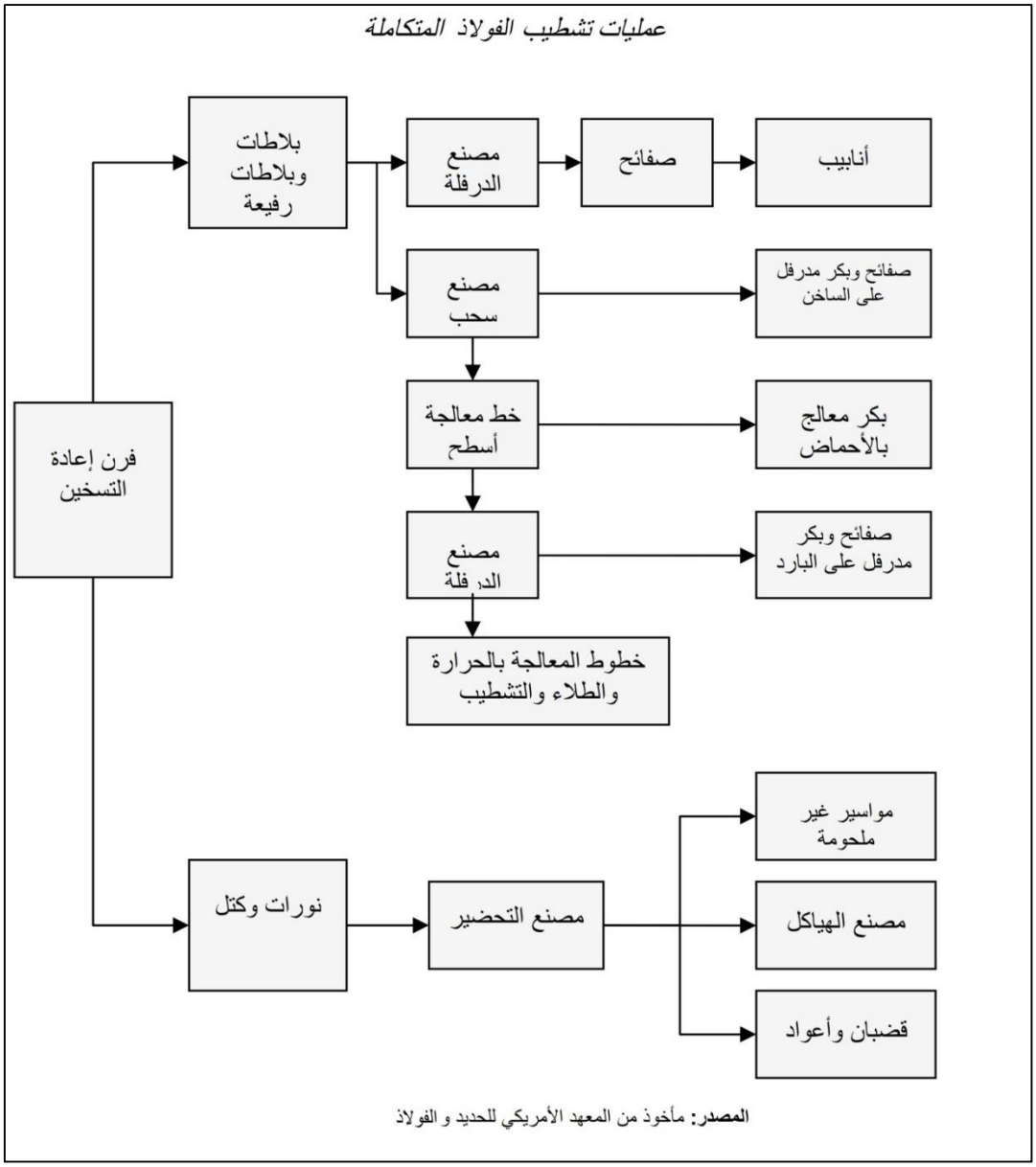
المرحلة الثانية: يتقوس (يقفز) تيار كهربائي قوسي قوي بين الأقطاب والشحنة. وهذه الحركة تنتج كميات هائلة من الحرارة تصهر الشحنة وتحفز التفاعلات الكيميائية التي تنتج الفولاذ.

المرحلة الثالثة: يفصل العمال التيار الكهربائي عن الأقطاب عند الانتهاء من عملية التنقية، ثم يقومون بإمالة الفرن الذي يكون مثبتًا على قاعدة متحركة لصب الخبث.

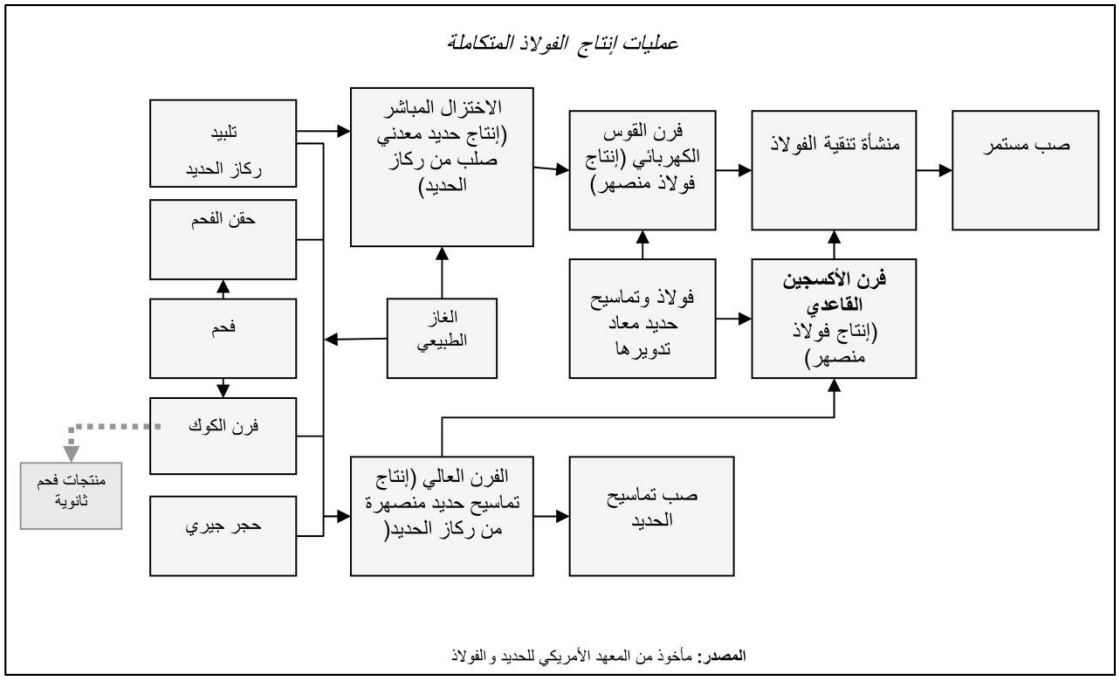
المرحلة الرابعة: بعد الانتهاء من صب الخبث يمال فرن القوس الكهربائي في الاتجاه المعاكس وينساب الفولاذ المنصهر من خلال فتحة في الفرن ويجمع في إناء.

- أسلوب فرن المجمرة المكشوفة:

اكتسبت هذه الطريقة اسم المجمرة المكشوفة لأن مجمرة هذا الفرن مفتوحة ومُعرَّضة مباشرة للّهب الذي يصهر الشحنة ويُبطن الفرن بالطوب الحراري وتغطى المجمرة بسقف منخفض في صورة قبو. ويبلغ طول فرن المجمرة المكشوفة حوالي ٢٧م بينما يبلغ عرضه تسعة أمتار.



شكل (٥-٢) عمليات تشطيب الفولاذ المتكاملة



شكل (٥-٣) عمليات انتاج الفولاذ المتكاملة

خامات الحديد:

- الهيماتيت hematite:
- وهو عبارة عن اكسيديك الحديديك Fe2O3 الذي يحتوي على نسبة ٧٠% من الحديد ويوجد في ألوان متعددة تتراوح مابين الأحمر إلى اللون الرمادي أو الأسود ويوجد في أحجام مختلفة ما بين كتل ضخمة إلى مسحوق.
- الماجينيت: magenite
- رمزه الكيميائي Fe3o4و يحتوي على نسبة ٧٢،٤%من الحديد ولونه اسود ذو بريق ولمعان كما يعد من أنقى خامات الحديد وهو ذو مغناطيسية عالية .
- الليمونيت :
- رمزه الكيميائي Fe3O3H2O2 حيث يحتوي على نسبة تتراوح بين ٤٠% إلى ٥٠% من الحديد ونسبة ١٠% من الماء يميل لونه إلى الأصفر البني أو يكون مخططا باللون الأحمر .

المراجع :

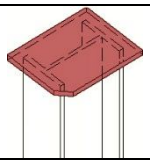
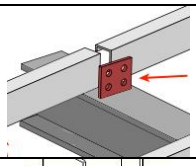
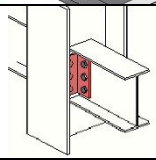
١- الإدارة العامة لتصميم و تطوير المناهج – تخصص التقنية المدنية - *إنشاءات معدنية* ، مدن ٢١٩ ، المملكة العربية السعودية ، ١٤٢٩ هـ / ٢٠٠٩م .

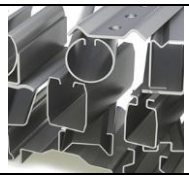
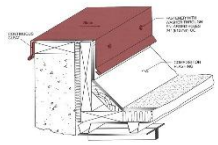
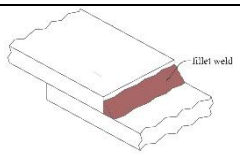
ملحق رقم (٣)

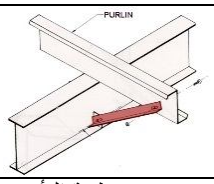
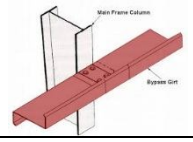
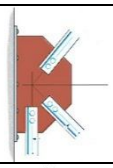
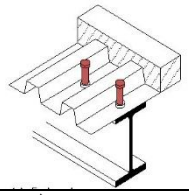
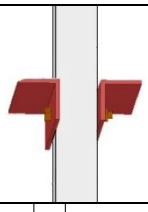
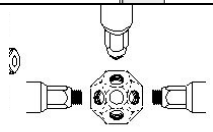
بعض المصطلحات الخاصة بالمنشآت المعدنية

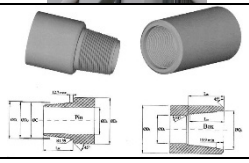
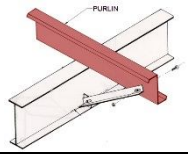
بعض المصطلحات والمفردات الإنكليزية المستخدمة في المراجع فيما يخص الانشاء بالعموم والمنشآت المعدنية بشكل خاص لتساعد أي باحث في العمل على أبحاث مشابهة وتكون أساساً ينطلق منه في بحثه.

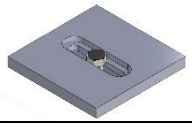
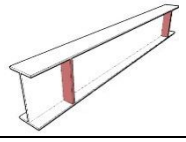
المراجع: معد البحث (من خلال اعداد البحث) بالاستعانة بموقع شركة (MEMI Steel buildings) للإنشاءات المعدنية وبعض مواقع الانترنيت وخصوصاً في الصور والأشكال.

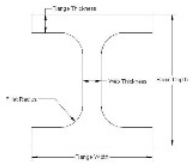
المفردات	الأشكال والمعاني	
Aesthetical Elements	عناصر جمالية	
Aluminized	تغطية المعدن بالالمنيوم	
Anchor angel	زاوية تثبيت	
Anchor Bolts	براغي تثبيت	
Anodyzing	عملية الأنودة (أكسدة سطح المعدن)	
Arc Welding	اللحام الكهربائي	
Base Angle	زاوية أساس	
Base Plate	صفيحة أساس	
Beam	جائز - جسر	
Beamer	أداة تستخدم للتنقل عل الجوائز أثناء التشيد للحماية من السقوط	
Bolts and Nuts	براغي مع عزقات	
Boriding	عملية إضافة عنصر البورون لأسطح الفولاذ للتقسية	
Braced frames	إطارات مربطة	
Braced Hinged Frames	اطارت متفصلة ذات تربيط	
Brass	النحاس الأصفر	
Buckling	التحنيب	
But Weld	لحام الاملاء	
Cap Plate	صفيحة لتغطية نهاية عنصر	
Cellular beams	جسور مفرغة	
Cest Iron	حديد الزهر	
Cladding	التغليف الخارجي (الاكساء)	
Clear Span	المجاز الصافي	
Cleat	مربط تثبيت (مانع انزلاق)	
Clip-Angle	زاوية تثبيت	

Cold-Formed	مشغول على البارد	
Commissioning	التسليم	
Concentric Bracing	تربيط مركزي	
Coping	صفيحة معدنية توضع لنهاية التصوينة	
Copper	النحاس الأحمر	
Corrosion	صدأ - تآكل	
Dead Load	حمولات ميتة	
Deck	السقف	
Diagonal Bracing	تربيط قطري	
Diagrid System	نظام شبكي محيطي	
Drawing	عملية سحب المعادن	
Drift-pin	سنبك (خوابير مسمارية)	
Eccentric Bracing	تربيط لا مركزي	
Embedded Structure	المنشآت المغلفة بالخراسانة	
Erection	تشييد	
Etching	عملية معالجة السطح ليكون خشناً	
Exo-skeleton system	النظام الهيكلي الخارجي	
Expansion Joint	فاصل تمدد	
Extrusion	عملية البثق	
Fastener	مربط (أداة للتثبيت)	
Fillet Weld	لحام زاوي	
Finshes & Fitments	الانهاءات	
Flange	جناح المقطع (العنصر العلوي أو السفلي من المقطع I)	

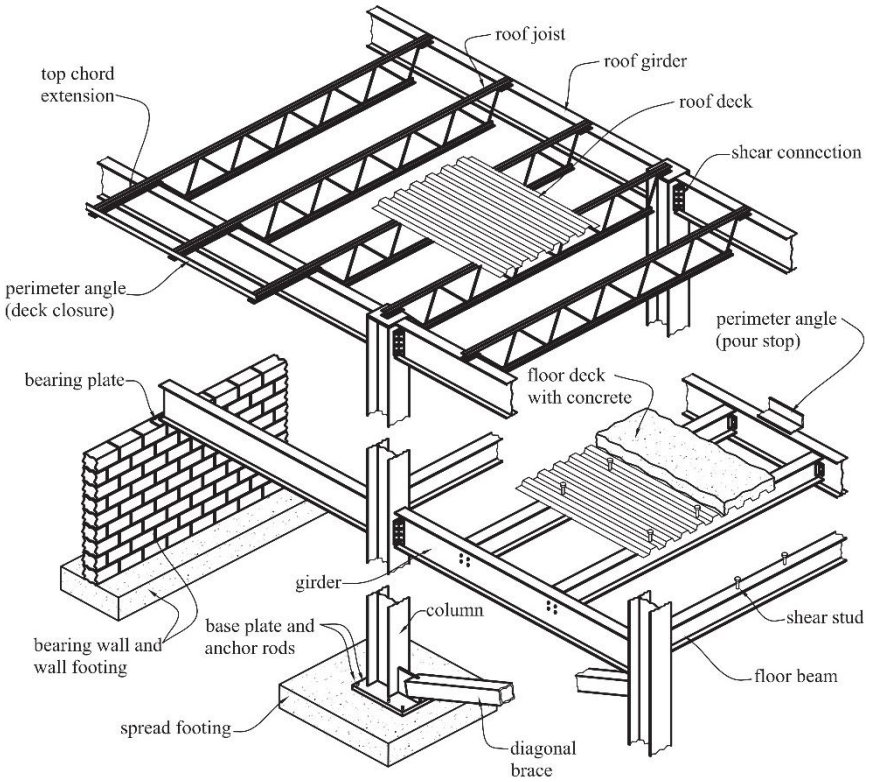
Flange Brace	عنصر داعم للمدادات السقفية	
Footing	طبقة التأسيس تحت العنصر الانشائي	
Forging	عملية الحدادة (التشكيل)	
Foundation	أساس	
Galvanized Steel	فولاذ مغلفن	
Galvanizing	عملية الغلفنة	
Gas-metal Arc Welding	اللحام بالقوس المعدني الغازي	
Girder steel	عارضة معدنية	
Girts	مدادات افقية	
Grade of Steel	ماركة الفولاذ	
Groove	ثلم - أخدود (فرزة)	
Gusset Plate	صفيحة تجميع	
Headed Studs	مسامير ملحومة على الجسور لزيادة في تثبيت طيقة البيتون ومنعها من الانزلاق	
Header	العنصر فوق الفتحات الجدارية	
Hot-rolled	مسحوب على الساخن	
Insulation	عازل	
Integrated beams	جسور مختلطة (معدن+بيتون)	
Intermediate Bay	المسافة بين جائزين رئيسيين	
Intumescent Coating	طلاء ينتفخ بالحرارة	
Joist open web	جائز مفرغ الجزء الشاقولي منه بمناطق الاجهادات المهملة	
Joist steel	جائز معدني	
Lead	الرصاص	
Live Load	حمولات حية	
Long-Span Steel Structures	المنشآت الفولاذية ذات المجازات الطويلة	
Lug Angle	زاوية مساعدة تستخدم عند وصل الجوائز الى الاعمدة	
Mero Connections	وصلات بواسطة اللولب	

Metal Arc Welding	اللحام بالقوس المعدني	
Molten State	درجة الانصهار	
Moment Forces	قوى العزم	
Moment Connection	وصلة مقاومة للعزم	
moment forces	قوى العزم	
Monel	المونيل	
Nitriding	عملية التنردة ذوبان ذرات الآزوت النشطة في الطبقة السطحية للفولاذ	
Non-alloy	غير مسبوك	
Outrigger	ركيزة (مسند بذراع)	
Outrigger Structures	هياكل بارزة	
Oxyacetylene	شيلمو(يستخدم لقص الحديد يدوياً)	
Parapet	تصوينة	
Peg Iron	حديد تماسيح	
Pin Connections	وصلات مفصلية مسمارية	
Pin-Box Connections	وصلات المسنن الداخلي و الخارجي	
Plate Girders	جوائز الصفائحية	
Precast Concrete Slab	بلاطات بيتونية مسبقة الصنع	
Purlin	جائز ثانوي مسحوب على البارد تثبت صفائح السقف عليه	
Rafter	عارضة	
Recycling	إعادة التدوير	
Resistance Welding	اللحام بطريقة المقاومة (لحام التماس)	
Retractable Lanyards	حبال قابلة للانسحاب	
Rigid frames	إطارات ذات وصلات صلبة	
Rivets	البراشيم	
Rollform	عمليات السحب للمعدن	
Rolling	عملية الدرفلة (الدلفنة)	
Roof Eye	كلبسات على شكل حلقة ذات مربط للتثبيت	
Scaffold	سقالة	

Sealant	مانع تسرب	
Seismic Forces	القوى الزلزالية	
Semi-rigid frames	إطارات ذات وصلات نصف صلبة	
Shear forces	قوى القص	
Shear trusses	جملونات قص	
shear walls	جدران قص	
Slotted Holes	ثقوب مشقوقة	
Space Truss	جملونات فراغية	
Steel yield stress	اجهاد سيلان الفولاذ	
Stiffener	صفيحة تقوية	
Stitch Screw	برغي برأس ريشة مثقب	
Structural Elements	عناصر إنشائية	

Stud	عنصر شاقولي	
Threaded Connections	وصلات ذات اللولب	
Titanium	التيتانيوم	
Torsion forces	قوى الفتل	
Uniform Load	حمولات منتظمة	
Washer	رنديلة	
Web part	الجزء الأوسط الشاقولي من الجائز بمقطع I	
Welding	اللحام	
Wrought Iron	حديد مطاوع	
X-Bracing	تربيط على شكل X	
Z-Section - C-Section ...	مقطع مشغول على البارد بشكل حرف Z أو حرف C	

جدول (٥-١) بعض المصطلحات و لمفردات الخاصة بالمنشآت المعدنية (معد البحث)



شكل (٥-٤) العناصر الانشائية القياسية في مبنى متعدد الطوابق ذو هيكل معدني (تسميات ومفردات)[١]

[١] Agjayere, Abi & Vigil, Jason: *Structural Steel Design* , a Practice-oriented Approach, 2009

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
	أشكال الفصل الأول :	
شكل (١-١)	أثر الثورة الصناعية في تطور العمارة والانشاء	٢
شكل (١-٢)	أول مصعد كهربائي – المهندس الأميركي اليشوتوس	٣
شكل (١-٣)	أدوات الطعام والحلي والأسلحة البسيطة ألمعنية	٤
شكل (١-٤)	أسقف بسيطة بمجاز ١٢ م مصنع نيفيا نسك - روسيا	٥
شكل (١-٥)	جسر Coalbrookdale نهر السيفرن –بريطانيا	٥
شكل (١-٦)	جسرSouthwark - لندن – بريطانيا	٥
شكل (١-٧)	جسر Eads Bridge - أميركا	٦
شكل (١-٨)	فراغات انتفاعية - Victor Louis	٦
شكل (١-٩)	كنيسة سانت جورج – ليفربول بريطانيا	٦
شكل (١-١٠)	مطحنة لبزر الكتان Shrewsbury بريطانيا	٧
شكل (١-١١)	صالة الآلات -باريس	٧
شكل (١-١٢)	مصنع التوربينات لشركة - روسيا	٧
شكل (١-١٣)	القصر البلوري - لندن	٨
شكل (١-١٤)	Tacoma building شيكاغو	٨
شكل (١-١٥)	برج إيفل – باريس	٨
شكل (١-١٦)	بنك هونغ كونغ بشنغهاي	٩
شكل (١-١٧)	مركز بومبيدو- باريس	٩
شكل (١-١٨)	أمثلة لمباني متعددة الطوابق من هياكل معدنية في الوقت الراهن	٩
شكل (١-١٩)	إضافة طابق أخير لمرآب النعنع – دمشق الحلبوني	١٢
شكل (١-٢٠)	درج نجاة معدني - مبنى الهلال الأحمر - دمشق - الميدان	١٢
شكل (١-٢١)	جسر معدني متعدد الطوابق يصل بين كلية العلوم و المعلوماتية	١٢
شكل (١-٢٢)	استخدام عناصر معدنية للواجهات تزيينية لإخفاء بعض التمديدات الفنية - مشفى الشفاء	١٢
شكل (١-٢٣)	تدعيم و تقوية الأقواس و العمدة الحجرية	١٣
شكل (١-٢٤)	جوائز معدنية مقطع I في إنشاء الأسقف	١٣
شكل (١-٢٥)	القشلة الحميدية ١٨٩٥م	١٣
شكل (١-٢٦)	سوق الحميدية – دمشق - سوريا	١٤
شكل (١-٢٧)	محطة الحجاز – دمشق - سوريا	١٤
شكل (١-٢٨)	الجسر المعلق – دير الزور -سوريا	١٤
شكل (١-٢٩)	معمل الاسمنت دمر الشرقية دمشق - سوريا	١٥
شكل (١-٣٠)	صالة الأسد حلب - سوريا	١٥
شكل (١-٣١)	صالة تشرين الرياضية – دمشق – سوريا	١٥
شكل (١-٣٢)	مدينة الأسد الرياضية اللاذقية - سوريا	١٦
شكل (١-٣٣)	الاتحاد العام الرياضي دمشق-سوريا	١٦
شكل (١-٣٤)	الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية دمشق -سوريا	١٦
	أشكال الفصل الثاني :	
شكل (٢-١)	المعادن الحديدية	١٩
شكل (٢-٢)	الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في البناء في عام ٢٠١٠م	٢٦
شكل (٢-٣)	السلوك و الخواص الميكانيكية لمختلف أنواع الفولاذ المستعمل في المنشآت المعدنية	٢٩
شكل (٢-٤)	استخدام الألمنيوم في الإنشاء	٣٠
شكل (٢-٥)	متحف جيغنهام – اسبانيا – فرانك لويد رايت ١٩٩٧م	٣٠
شكل (٢-٦)	Cloud Gate in millennium park 2006	٣٠
شكل (٢-٧)	أهم عمليات تشكيل المعادن	٣٢
شكل (٢-٨)	منتجات المعادن المسحوبة على الساخن و البارد	٣٣

	أشكال الفصل الثالث :	
شكل (٣-١)	برج جون هانكوك ١٩٦٨م	٤٠
شكل (٣-٢)	برج امباير ستيت ١٩٣١م	٤٠
شكل (٣-٣)	برج سيرز في شيكاغو ١٩٧٣م	٤٠
شكل (٣-٤)	تصنيف النظم الإنشائية في المباني متعددة الطوابق حسب (ليشاك دروسدوف ١٩٧٨م)	٤١
شكل (٣-٥)	برج التأمين لرجال الأعمال USA - Kansas City	٤٣
شكل (٣-٦)	برج Ingalls Building Cincinnati - USA	٤٣
شكل (٣-٧)	مباني معدنية منخفضة	٤٣
شكل (٣-٨)	77 West Wacker Chicago -USA	٤٤
شكل (٣-٩)	برج امباير ستيت -- New York-USA	٤٤
شكل (٣-١٠)	برج سيغرام بعد الطابق ١٧	٤٤
شكل (٣-١١)	311 South Wacker Drive (Chicago-USA)	٤٥
شكل (٣-١٢)	برج تايبي - تايوان	٤٥
شكل (٣-١٣)	تقوية الداخل من خلال النظم الانشائية الداخلية	٤٥
شكل (٣-١٤)	برج Aon Center- Chicago - USA	٤٦
شكل (٣-١٥)	برج Chicago - USA - water Tower place	٤٦
شكل (٣-١٦)	برج جون هانكوك ١٩٦٨م	٤٦
شكل (٣-١٧)	برج مركز اورينت	٤٧
شكل (٣-١٨)	برج سيرز في شيكاغو ١٩٧٣م	٤٧
شكل (٣-١٩)	برج كارنيغي	٤٧
شكل (٣-٢٠)	برج 181 West Madison Street (Chicago, USA)	٤٨
شكل (٣-٢١)	برج هيرست ٢٠٠٤-٢٠٠٦م	٤٨
شكل (٣-٢٢)	برج O-14 أبو ظبي	٤٨
شكل (٣-٢٣)	برج بنك الصين – هونغ كونغ	٤٨
شكل (٣-٢٤)	برج تجارة شيغاغو العالمي	٤٩
شكل (٣-٢٥)	برج Parque Central (Caracas, Venezuela)	٤٩
شكل (٣-٢٦)	فندق دي لاس آرتيز- برشلونة -١٩٩٢م	٤٩
شكل (٣-٢٧)	تقوية الخارج من خلال النظم الانشائية الخارجية	٥٠
شكل (٣-٢٨)	يوضح طريقة تقوية المبنى من المركز أو محيطي	٥٠
شكل (٣-٢٩)	مبنى Lake Store Drive Apartment 1951	٥١
شكل (٣-٣٠)	برج ناكاجن – كيشوكوروكاوا – ١٩٧٢م	٥١
شكل (٣-٣١)	مبنى Knight Columbus Building	٥٢
شكل (٣-٣٢)	برج التجارة العالمي سابقا - ١٩٧٣م	٥٢
شكل (٣-٣٣)	برج سيرز في شيكاغو ١٩٧٣م	٥٢
شكل (٣-٣٤)	مبنى من إطارات صلبة	٥٤
شكل (٣-٣٥)	يوضح جوائز قص شبكية	٥٤
شكل (٣-٣٦)	بناية سيغرام – نيويورك - اميركا	٥٤
شكل (٣-٣٧)	مواقع جمل التربيط في البناء	٥٥
شكل (٣-٣٨)	أشكال عناصر التربيط	٥٦
شكل (٣-٣٩)	قواعد الأعمدة المفصلية والثابتة النموذجية	٥٩
شكل (٣-٤٠)	وصلات الأعمدة المعدنية	٥٩
شكل (٣-٤١)	وصلات الأعمدة بالجسور المعدنية	٦٠
شكل (٣-٤٢)	وصلات الجسور مع الجسور	٦٠
شكل (٣-٤٣)	وصلات القواعد	٦٠
شكل (٣-٤٤)	وصلات التربيط	٦٠
شكل (٣-٤٥)	أنواع رؤوس مسامير البراشيم المختلفة	٦١
شكل (٣-٤٦)	بعض أنواع البراغي حسب المواصفات الأمريكية ASTM	٦٢
شكل (٣-٤٧)	أنواع اللحام بالقوس المعدني Metal Arc Welding	٦٣

شكل (٣-٤٨)	بعض وصلات الفصلية المسمارية Pin Connections	٦٤
شكل (٣-٤٩)	بعض وصلات اللولبية Threaded Connections	٦٥
شكل (٣-٥٠)	وصلات المسنن الداخلي والمسنن الخارجي Pin-Box Connections	٦٥
شكل (٣-٥١)	لاصق خاص للوصل بين الوصلات المعدنية	٦٥
شكل (٣-٥٢)	مكننة مراحل الانشاء – على اليسار في مكان التصنيع – على اليمين في الموقع	٦٦
شكل (٣-٥٣)	استخدام الروافع في تجميع العناصر	٦٦
شكل (٣-٥٤)	استخدام الروافع المتنقلة ذات سكك للتسريع في تجميع العناصر وزيادة في الأمان	٦٧
شكل (٣-٥٥)	عمل تحدبات طفيفة ومدروسة على الجسور	٦٧
شكل (٣-٥٦)	تطوير بعض المفاصل	٦٨
شكل (٣-٥٧)	بعض أشكال الفتحات التي قد تتوضع في جائز فولاذي	٦٨
شكل (٣-٥٨)	تمديد التجهيزات المختلفة من خلال الفتحات في جسم الجوائز الفولاذية	٦٩
شكل (٣-٥٩)	عملية تفريغ الجسور آلياً	٦٩
شكل (٣-٦٠)	تفريغ الجسور آلياً بأشكال متنوعة	٦٩
شكل (٣-٦١)	قص وتثقيب القطع والوصلات والإكسسوار المختلفة آلياً	٦٩
شكل (٣-٦٢)	تشكيل الأعمدة المفرغة	٦٩
شكل (٣-٦٣)	عمليات اللحام تتم بواسطة الآلات	٦٩
شكل (٣-٦٤)	أشكال جديدة للجسور المعدنية	٦٩
شكل (٣-٦٥)	عمل انحناءات وتموجات جسم الجسور الفولاذية	٧٠
شكل (٣-٦٦)	عمل انحناءات وتموجات للأرضيات المعدنية	٧٠
شكل (٣-٦٧)	مخطط لنسب التنفيذ بالفولاذ الخفيف في العالم	٧١
شكل (٣-٦٨)	نظام البناء بالفولاذ الخفيف الحديث light steel	٧١
شكل (٣-٦٩)	مقاطع مسحوبة على البارد من الفولاذ الخفيف	٧١
شكل (٣-٧٠)	سحب العناصر على البارد وتقويتها عن طريق أظفار وثنيات تزيد من تحملها للقوى	٧١
شكل (٣-٧١)	اكساء الجدران والأرضيات في البناء بالفولاذ الخفيف الحديث	٧٢
شكل (٣-٧٢)	تركيب العناصر مع بعضها في البناء بالفولاذ الخفيف الحديث	٧٢
شكل (٣-٧٣)	يوضح أثر الجدولة والتنسيق على تنفيذ مبنى معدني مؤلف من ٤-٦ طوابق	٧٢
شكل (٣-٧٤)	دورة اعادة استخدام الفولاذ	٧٣
شكل (٣-٧٥)	مقارنة بين انواع مواد الانشاء من حيث قابليتها للتدوير	٧٤
شكل (٣-٧٦)	مرونة في تمديد الخدمات والانارة عبر الانشاء المعدني	٧٤
شكل (٣-٧٧)	استهلاك الطاقة في المباني المعدنية	٧٥
شكل (٣-٧٨)	علاقة الإنشاء المعدني و الزجاج Glass-and-steel	٧٦
شكل (٣-٧٩)	مبنى مكتبي في لندن منشأ من المعدن – الأسقف الخضراء	٧٦
شكل (٣-٨٠)	طبقات الأسطح الخضراء لسقف معدني	٧٦
شكل (٣-٨١)	طرائق الحماية من الحريق	٧٧
شكل (٣-٨٢)	تغليف الأعمدة الفولاذية بالبيتون المسلح	٧٧
شكل (٣-٨٣)	تغليف العناصر الإنشائية المعدنية بألواح القرميد وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل نيران الحرائق.	٧٨
شكل (٣-٨٤)	بخ العناصر الإنشائية المعدنية بطبقة من الاسمنت وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل نيران الحرائق.	٧٩
شكل (٣-٨٥)	تغليف العناصر الإنشائية المعدنية بطبقة تنتفخ بالحرارة وعلاقة السماكة مع المدة الزمنية لتحمل نيران الحرائق .	٧٩
شكل (٣-٨٦)	أجهزة الإنذار المبكر ومرشات الحريق	٨٠
شكل (٣-٨٧)	استخدام عناصر انشائية خارجية ظاهرة	٨٠
شكل (٣-٨٨)	فتح الواجهات في مواقف السيارات الطابقية	٨٠
شكل (٣-٨٩)	استخدام البيتون في الحماية من الحريق	٨٠
شكل (٣-٩٠)	يوضح مراحل عملية الغلفنة	٨١
شكل (٣-٩١)	يوضح أحد مراحل عملية الغلفنة غمس المعدن بالزنك	٨٢
شكل (٣-٩٢)	يوضح مراحل عملية الأنودة	٨٢
شكل (٣-٩٣)	يوضح بعض المقاطع المعدنية بعد عملية الأنودة وتبين الألوان المختلفة	٨٢

	أشكال الفصل الرابع :	
شكل (٤-١)	في مركز بومبيدو	٨٥
شكل (٤-٢)	مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٥
شكل (٤-٣)	المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٨٥
شكل (٤-٤)	برج Capital Gate	٨٥
شكل (٤-٥)	مبنى مكتبة Sendai Mediatheque	٨٥
شكل (٤-٦)	يوضح الأعمدة و عناصر التربيط في مركز بومبيدو	٨٦
شكل (٤-٧)	يوضح الواجهة الرئيسية في مركز بومبيدو	٨٦
شكل (٤-٨)	التجهيزات المختلفة ودلالاتها في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-٩)	التجهيزات التقنية على الواجهة الخلفية في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-١٠)	مسقط افقي يوضح الانشاء في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-١١)	مقطع يوضح الملونات الفولاذية في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-١٢)	بعض الوصلات و المفاصل في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-١٣)	يوضح طبيعة الوصلات في مركز بومبيدو	٨٧
شكل (٤-١٤)	الأعمدة و عقد الانشاء في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٨
شكل (٤-١٥)	يوضح الواجهة الرئيسية في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٨
شكل (٤-١٦)	الفراغ الداخلي في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-١٧)	تجهيزات التقنية للتنظيف و طريقة فتح النوافذ في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-١٨)	مسقط افقي يوضح الانشاء في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-١٩)	مقطع يوضح الجملونات الفولاذية في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-٢٠)	بعض الوصلات و المفاصل في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-٢١)	يوضح إنشاء القوس بمجاز اقصى ٦١ م في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	٨٩
شكل (٤-٢٢)	يوضح نواة المعدنية والجملة الانشائية في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩٠
شكل (٤-٢٣)	يوضح الواجهة الرئيسية في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩٠
شكل (٤-٢٤)	تركيب الواجهة في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٢٥)	طريقة فتح النوافذ في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٢٦)	مسقط افقي يوضح الانشاء في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٢٧)	مقطع طولي في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٢٨)	بعض الوصلات و المفاصل في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٢٩)	يوضح مراحل الإنشاء في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٣٠)	يوضح التهوية داخل المبنى في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٣١)	التشميس و التهوية في المبنى المكتبي 30 St Mary Axe	٩١
شكل (٤-٣٢)	يوضح نواة البيتونية والجملة الانشائية في برج Capital Gate	٩٢
شكل (٤-٣٣)	يوضح الواجهة الرئيسية في برج Capital Gate	٩٢
شكل (٤-٣٤)	تركيب الواجهة في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٣٥)	الشرفة المعدنية في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٣٦)	مسقط افقي يوضح الانشاء في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٣٧)	مقطع طولي في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٣٨)	بعض الوصلات والمفاصل في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٣٩)	التشميس و التهوية في برج Capital Gate	٩٣
شكل (٤-٤٠)	يوضح الجملة الانشائية في مبنى Sendai Mediatheque	٩٤
شكل (٤-٤١)	يوضح الواجهة الرئيسية في مبنى Sendai Mediatheque	٩٤
شكل (٤-٤٢)	تركيب الواجهة وإعطاء شفافية بين الداخل والخارج في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٣)	علاقة الأعمدة الشبكية مع بلاطة السقف في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٤)	مسقط افقي يوضح الانشاء في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٥)	مقطع طولي في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٦)	انهيار المبنى بسبب زلزال عام ٢٠١١م في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٧)	بعض التفاصيل في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥

شكل (٤-٤٨)	التشميس و التهوية في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٤٩)	الواجهة الجنوبية في مبنى Sendai Mediatheque	٩٥
شكل (٤-٥٠)	مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٦
شكل (٤-٥١)	مبنى الاتحاد الرياضي العام	٩٦
شكل (٤-٥٢)	بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة)	٩٦
شكل (٤-٥٣)	موقع مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٧
شكل (٤-٥٤)	يوضح الواجهة الرئيسية في مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٧
شكل (٤-٥٥)	الاكساء الخارجي في مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٨
شكل (٤-٥٦)	يوضح الأعمدة و عقد الإنشاء في مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٨
شكل (٤-٥٧)	شبكة معدنية مثبتة على الهيكل الإنشائي المعدني لتثبيت واجهات الرخام	٩٨
شكل (٤-٥٨)	نموذج الجسور الثانوية وشكل الفتحات في مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية	٩٨
شكل (٤-٥٩)	موقع مبنى الاتحاد الرياضي العام	٩٩
شكل (٤-٦٠)	يوضح الواجهة في مبنى الاتحاد الرياضي العام	٩٩
شكل (٤-٦١)	يوضح الجسور الرئيسة و الثانوية و السقف المعدني في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٢)	نواة بيتونية تتضمن عناصر الانتقال الشاقولية في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٣)	مسقط أفقي يوضح الإنشاء في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٤)	مقطع طولي في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٥)	بعض الوصلات و المفاصل في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٦)	اتصال العناصر المعدنية بالعناصر البيتونية في مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٠
شكل (٤-٦٧)	موقع مبنى المخالفة (توسع لبناء سكني)	١٠١
شكل (٤-٦٨)	يوضح الواجهة في مبنى المخالفة	١٠١
شكل (٤-٦٩)	الجوائز الثانوية و اكساءات بلاطة السقف في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧٠)	الأعمدة المعدنية و أسلوب الإنشاء في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧١)	مسقط أفقي يوضح الإنشاء في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧٢)	مقطع طولي في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧٣)	بعض الوصلات و المفاصل في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧٤)	اتصال العناصر المعدنية بالعناصر البيتونية في مبنى المخالفة	١٠٢
شكل (٤-٧٥)	مبنى الاتحاد الرياضي العام أثناء الإنشاء	١٠٣
شكل (٤-٧٦)	جملة عمود و جائز و استناد بسيط- مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٣
شكل (٤-٧٧)	إضافة معدنية لمبنى سكني (مخالفة)	١٠٣
شكل (٤-٧٨)	مبنى الملحقية الثقافية أثناء الإنشاء	١٠٣
شكل (٤-٧٩)	مقر شركة فولاذ الصين - تايوان – ٢٠١٢م	١٠٤
شكل (٤-٨٠)	مسقط مقر شركة فولاذ الصين - تايوان	١٠٤
شكل (٤-٨١)	تفاصيل في واجهات مقر شركة فولاذ الصين - تايوان – ٢٠١٢م	١٠٤
شكل (٤-٨٢)	مبنى الاتحاد الرياضي العام	١٠٥
شكل (٤-٨٣)	تفصيلة الزجاج المضاعف المستخدم محليا	١٠٥
شكل (٤-٨٤)	تفاصيل اللكابوند المستخدمة في سوريا	١٠٥
شكل (٤-٨٥)	تفصيلة الزجاج المضاعف المستخدم محليا	١٠٥
شكل (٤-٨٦)	تثبيت الرخام على واجهات الملحقية الثقافية	١٠٥
شكل (٤-٨٧)	طريقة تثبيت الرخام على واجهات الملحقية الثقافية	١٠٥
شكل (٤-٨٨)	مقطع ألكابوند (شركة مدار – سوريا)	١٠٦
شكل (٤-٨٩)	استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة معرض سيارات بيجو - دمشق	١٠٧
شكل (٤-٩٠)	استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة مبنى شركة مدار - دمشق	١٠٧
شكل (٤-٩١)	استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة – مبنى سيندي – اليابان	١٠٧
شكل (٤-٩٢)	استخدام السبايدرات في تثبيت الواجهة – مبنى BMW – ايطاليا	١٠٧
شكل (٤-٩٣)	طريقة تثبيت الواجهات للمنشآت المعدنية	١٠٧
شكل (٤-٩٤)	استخدام السبايدرات مع كابلات معدنية	١٠٧
شكل (٤-٩٥)	تفاصيل واجهة مبنى Gartner Design Office - المانيا	١٠٨

شكل (٤-٩٦)	الجسور في مبنى الاتحاد الرياضي	١٠٩
شكل (٤-٩٧)	طبقات الأرضيات في مبنى المخالفة	١٠٩
شكل (٤-٩٨)	التجهيزات التقنية العالية في طبقات الأرضيات	١٠٩
شكل (٤-٩٩)	طبقات الأرضيات في المباني المعدنية	١٠٩
شكل (٤-١٠٠)	أشكال مختلفة لطبقة البيتون في المباني المعدنية	١١٠
شكل (٤-١٠١)	طبقات الأرضيات في المباني المعدنية	١١٠
شكل (٤-١٠٢)	مبنى الاتحاد الرياضي العام أثناء التشييد	١١٠
شكل (٤-١٠٣)	مخالفة متعددة الطوابق من هيكل معدني في المزة	١١٠
شكل (٤-١٠٤)	فندق في الصين،مقاطعة هونان ٣٦٠ساعة	١١٠
شكل (٤-١٠٥)	عملية التصنيع الكاملة حتى التجهيزات و الاكساء	١١٠
شكل (٤-١٠٦)	رفع البلاطات الجاهزة في الموقع	١١١
شكل (٤-١٠٧)	تركيب الواجهات من مديول معين	١١١
شكل (٤-١٠٨)	الجسور في مبنى الاتحاد الرياضي	١١١
شكل (٤-١٠٩)	الجسور في الملحقية الثقافية	١١١
شكل (٤-١١٠)	تجميع عنصرين معدنيين في المخالفة	١١١
شكل (٤-١١١)	تجميع عنصرين معدنيين في المخالفة (مقطع)	١١١
شكل (٤-١١٢)	تثبيت الجسور في مبنى الملحقية الثقافية	١١٢
شكل (٤-١١٣)	الوصلات في مبنى المخالفة	١١٢
شكل (٤-١١٤)	نقاط التقاء المعدن مع العناصر البيتونية - مخالفة	١١٢
شكل (٤-١١٥)	صناعة المفاصل المعدنية الصالة الرياضية بدوما	١١٢
شكل (٤-١١٦)	المفاصل الضخمة المبتكرة في مبنى بومبيدو - باريس	١١٣
شكل (٤-١١٧)	الوصلات في مبنى Ludwig – Erhard – Haus	١١٣
شكل (٤-١١٨)	عمال التنفيذ في مبنى المخالفة و غياب أسس السلامة المهنية بشكل كامل	١١٣
شكل (٤-١١٩)	Citic Bank HQ –China – 2009	١١٥
شكل (٤-١٢٠)	مبنى الاتحاد الرياضي في دمشق	١١٥
شكل (٤-١٢١)	مبنى برجي مقترح	١١٥
شكل (٤-١٢٢)	مبنى الاتحاد الرياضي في دمشق (السقف)	١١٥
شكل (٤-١٢٣)	مفصل لولبي يجمع أكثرمن عنصر إنشائي	١١٥
شكل (٤-١٢٤)	مفاصل للصالة الرياضية بدوما	١١٥
شكل (٤-١٢٥)	تصنيع العناصر الإنشائية في المصنع	١١٦
شكل (٤-١٢٦)	تصنيع في موقع مبنى الاتحاد الرياضي	١١٦
شكل (٤-١٢٧)	مقارنة مباني معدنية متعددة الطوابق عالمية	١١٦
شكل (٤-١٢٨)	مقارنة مباني معدنية متعددة الطوابق محلية	١١٦
شكل (٤-١٢٩)	عمال في الموقع	١١٦
شكل (٤-١٣٠)	عمال في الموقع – مخالفة في المزة	١١٦
شكل (٤-١٣١)	الأبعاد القياسية للمقاطع المعدنية	١٢٠
شكل (٤-١٣٢)	الأبعاد القياسية للجوائز المعدنية المفرغة	١٢٠
شكل (٤-١٣٣)	السماكات الدنيا للبلاطات البيتونية	١٢٣
شكل (٤-١٣٤)	الأبعاد القياسية للبلاطات مع الخدمات في حال كانت التجهيزات تحت الجوائز.	١٢٣
شكل (٤-١٣٥)	الأبعاد القياسية للبلاطات مع الخدمات في حال كانت التجهيزات تمر عبر الجوائز	١٢٤
شكل (٤-١٣٦)	أشكال البراغي المثبتة الى الأساسات	١٢٥
شكل (٤-١٣٧)	الأبعاد الدنيا للصفيحة والمونة الاسمنتية تحتها	١٢٥
شكل (٤-١٣٨)	الأبعاد الدنيا لبرغي الأساس (شنكل).	١٢٥
شكل (٤-١٣٩)	أماكن الوصلات في المباني متعددة الطوابق المعدنية	١٢٦
شكل (٤-١٤٠)	صفيحة التقسيم عند التقاء عمودين معدنيين	١٢٧
شكل (٤-١٤١)	مكان توضع الصفائح عند وصل الأعمدة	١٢٧
شكل (٤-١٤٢)	طرق اتصال الأعمدة	١٢٧
شكل (٤-١٤٣)	المواصفات القياسية للجسور	١٢٨

شكل (٤-١٤٤)	المسامير الملحومة إلى الجسور قبل صب البيتون	١٢٩
شكل (٤-١٤٥)	مكان توضع المسامير حسب توزيع القوى على الجائز	١٢٩
شكل (٤-١٤٦)	ترك قضبان حديد بارزة (تشاريك) لوصل البيتون بالمعدن	١٢٩
شكل (٤-١٤٧)	وضع زوايا على الحواف لمنع انزلاق طبقة البيتون	١٣٠
شكل (٤-١٤٨)	البلاطات مسبقة الصنع من البيتون المسلح	١٣٠
شكل (٤-١٤٩)	البلاطات مسبقة الصنع من البيتون المسلح	١٣٠
شكل (٤-١٥٠)	المواصفات القياسية للوصلات بالبراغي	١٣٢
شكل (٤-١٥١)	الأبعاد الدنيا و العظمى للتباعد بين البراغي في الوصلات	١٣٣
شكل (٤-١٥٢)	ترك مسافة صغيرة عند نقط الوصل	١٣٤
شكل (٤-١٥٣)	عمل شنفة للحام بعمق لا يقل عن ٤٠مم	١٣٤
شكل (٤-١٥٤)	أدوات الحماية الشخصية	١٣٥
شكل (٤-١٥٥)	أحزمة الأمان الشخصية	١٣٦
شكل (٤-١٥٦)	وضع شبكات حماية	١٣٦
شكل (٤-١٥٧)	اشكال مختلفة لمرابط الحماية	١٣٦
شكل (٤-١٥٨)	طريقة التنقل على الجسور المعدنية باستخدام المرابط	١٣٦
شكل (٤-١٥٩)	اشكال كلبسات خاصة للربط	١٣٧
شكل (٤-١٦٠)	طريقة وضع حبال الأمان العرضية و الطولية	١٣٧
شكل (٤-١٦١)	طريقة التنقل باستخدام حبال الأمان	١٣٧
شكل (٤-١٦٢)	استخدام الروافع ذات السلة	١٣٨
شكل (٤-١٦٣)	طريقة وضع أشرطة الأمان عند الحواف	١٣٨
شكل (٤-١٦٤)	طريقة وضع أشرطة الأمان و علاقتها بالأعمدة	١٣٨
شكل (٤-١٦٥)	حماية الفتحات في الأسقف المعدنية	١٣٩
شكل (٤-١٦٦)	طريقة وضع أحزمة الأمان الأفقية	١٣٩
شكل (٤-١٦٧)	طريقة رفع أكثر من عنصر انشائي	١٣٩
شكل (٤-١٦٨)	تدريبات الكادر الفني	١٣٩
شكل (٤-١٦٩)	وصلة Reduced Beam Section تسمح بالدوران غير المرن	١٤١
شكل (٤-١٧٠)	تقوية الاعمدة المفرغة بصفائح عرضية.	١٤١
شكل (٤-١٧١)	أماكن توضع صفائح التقوية عند استخدام عناصر تربيط انشائية	١٤١
شكل (٤-١٧٢)	تباعدات فواصل التمدد في المنشآت المعدنية الافقية	١٤٢
شكل (٤-١٧٣)	فصل المبنى إلى جزئين منفصلين من الاساس إلى الأعمدة إلى البلاطات	١٤٢
شكل (٤-١٧٤)	عمل تركيب يسمح بانزلاق العناصر الأفقية بالاتجاه الأفقي	١٤٢
شكل (٤-١٧٥)	الفتحات المنزلقة عند ارتكاز الجوائز الثانوية	١٤٣
شكل (٤-١٧٦)	التقاء الجائز مع العمود المعدني مع الأخذ بعين الاعتبار عمليات التمدد و التقلص	١٤٣
شكل (٤-١٧٧)	الحماية من الصواعق	١٤٣
شكل (٤-١٧٨)	الحفاظ على ٢٠سم من القواعد على الأقل فوق منسوب الأرض	١٤٤
شكل (٤-١٧٩)	التقاء الجسور مع البيتون الأمثل	١٤٤
شكل (٤-١٨٠)	توضع الزوايا المعدنية الأمثل	١٤٤
شكل (٤-١٨١)	توضع العناصر المعدنية الأمثل	١٤٤
شكل (٤-١٨٢)	ترك الحواف مشطوفة عند القواعد والأساسات	١٤٥
شكل (٤-١٨٣)	ترك فتحات صغيرة تسمح بحركة و مرور الهواء الجاري عند الزوايا	١٤٥
شكل (٤-١٨٤)	استخدام عنصر واحد مكافئ بدل تجميع أكثر من عنصر	١٤٥
شكل (٤-١٨٥)	ترك انقطاعات بسيطة (فتحات تصريف).	١٤٦
شكل (٤-١٨٦)	عدم ترك بوزات أو نتوءات تسمح بتجميع الغبار أو الماء	١٤٦
شكل (٤-١٨٧)	جعل الحواف و مناطق الوصل غير قابلة لتجميع الغبار و المياه	١٤٦
شكل (٤-١٨٨)	طبقات عازلة عند وصل نوعين مختلفين	١٤٦
شكل (٤-١٨٩)	رنديلات خاصة لمنع كشف طبقات الدهان	١٤٦
شكل (٤-١٩٠)	مبنى الاتحاد الرياضي – الوضع الراهن	١٤٦
شكل (٤-١٩١)	انشائية مبنى الاتحاد الرياضي العام – الوضع الراهن-	١٤٧

شكل (٤-١٩٢)	مسقط افقي لمبنى الاتحاد الرياضي العام – الوضع الراهن-	١٤٧
شكل (٤-١٩٣)	مقطع طولي لمبنى الاتحاد الرياضي العام – الوضع الراهن-	١٤٧
شكل (٤-١٩٤)	مبنى الاتحاد الرياضي – الوضع المقترح-	١٤٨
شكل (٤-١٩٥)	الإنشائية المقترحة لمبنى الاتحاد الرياضي	١٤٨
شكل (٤-١٩٦)	البلاطات في الانشائية المقترحة للمبنى	١٤٨
شكل (٤-١٩٧)	السطوح الخضراء لمبنى الاتحاد الرياضي	١٤٩
شكل (٤-١٩٨)	طبقات السطح الأخير المقترح	١٤٩
شكل (٤-١٩٩)	بعض المفاصل المقترحة	١٤٩

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
	جداول الفصل الأول :	
جدول (١-١)	استخدام المعادن في الأبنية عالمياً	٤
جدول (١-٢)	استخدام المعادن في الأبنية محلياً	١٣
جدول (١-٣)	مقارنة ما بين تاريخ استخدام المعادن عالميا و محليا	١٧
	جداول الفصل الثاني :	
جدول (٢-١)	تصنيف المعادن المستخدمة في البناء	١٩
جدول (٢-٢)	نسبة الكربون في كل نوع من أنواع الحديد	٢١
جدول (٢-٣)	تأثير إضافة بعض العناصر الكيميائية إلي الحديد	٢٤
جدول (٢-٤)	أنواع خلائط الفولاذ	٢٤
جدول (٢-٥)	أنواع خلائط الألمنيوم	٢٥
جدول (٢-٦)	أنواع خلائط الفولاذ و الألمنيوم	٢٥
جدول (٢-٧)	مقارنة بعض الخواص الميكانيكية لبعض المواد المعدنية	٣١
جدول (٢-٨)	مقارنة بين بعض المعادن في قابليتها للتشكيل والتشغيل	٣٢
جدول (٢-٩)	بعض أنواع الفولاذ و نسب المواد المضافة	٣٥
جدول (٢-١٠)	طرق تقسية المعادن	٣٦
	جداول الفصل الثالث :	
جدول (٣-١)	تقوية الداخل من خلال النظم الانشائية الداخلية	٤٣
جدول (٣-٢)	تقوية الخارج من خلال النظم الانشائية الخارجية	٤٦
جدول (٣-٣)	الخصائص التصميمية لأهم الجمل الإنشائية المستخدمة في المباني المتعددة الطوابق	٥١
جدول (٣-٤)	جمل إنشائية خاصة مستخدمة في المباني متعددة الطوابق المعدنية	٥٤
جدول (٣-٥)	أنواع الوصلات	٥٩
جدول (٣-٦)	أنواع البراغي حسب المواصفات الأمريكية ASTM	٦١
جدول (٣-٧)	مزايا و عيوب طريقة اللحام في ربط الوصلات	٦٣
جدول (٣-٨)	بعض الأمثلة على استخدام الآلات(المكننة) في تصميم و تشكيل العناصر المعدنية	٦٩
جدول (٣-٩)	نظام الإنشاء بالفولاذ الخفيف	٧١
جدول (٣-١٠)	بعض التوصيات لحماية المنشآت المعدنية من الحريق	٨٠
	جداول الفصل الرابع :	
جدول (٤-١)	ورقة عمل لدراسة الأمثلة العالمية والمحلية	٨٤
جدول (٤-٢)	الأمثلة العالمية المدروسة	٨٥
جدول (٤-٣)	أمثلة عالمية - مركز بومبيدو-	٨٧
جدول (٤-٤)	أمثلة عالمية - Ludwig – Erhard – Haus-	٨٩
جدول (٤-٥)	أمثلة عالمية - المبنى المكتبي 30 St Mary Axe -	٩١
جدول (٤-٦)	أمثلة عالمية –برج Capital Gate -	٩٣
جدول (٤-٧)	أمثلة عالمية - مبنى مكتبة Sendai Mediatheque -	٩٥

جدول (٤-٨)	الأمثلة المحلية المدروسة	٩٦
جدول (٤-٩)	أمثلة محلية– مبنى الملحقية الثقافية للسفارة الإيرانية –	٩٨
جدول (٤-١٠)	أمثلة محلية– مبنى الاتحاد الرياضي العام –	١٠٠
جدول (٤-١١)	أمثلة محلية– بناء توسع لمبنى سكني (مخالفة) من هياكل معدنية متعددة الطوابق –	١٠٢
جدول (٤-١٢)	مقارنة تحليلية بين المنشآت المعدنية متعددة الطوابق العالمية و المحلية في سوريا	١١٧
جدول (٤-١٣)	المجاز حسب نوع البلاطات المستخدمة	١٢١
جدول (٤-١٤)	المجاز حسب نوع الجائز المستخدم	١٢١
جدول (٤-١٥)	المجازات الأعظمية في الجوائز المفرغة	١٢٢
جدول (٤-١٦)	المجازات باستخدام بلاطات مسبقة الصنع وجواز معدنية نوع HE/IPE.	١٢٢
جدول (٤-١٧)	كميات الفولاذ التقريبية في المباني متعددة الطوابق المعدنية	١٢٤
جدول (٤-١٨)	الأوزان القياسية لعناصر المباني المختلفة	١٢٤
جدول (٤-١٩)	مقاطع الأعمدة المعدنية التقريبية حسب عدد الطوابق	١٢٦

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Architecture
Department of Building
Science and Construction

The Use of Metal Skelton in the Multi-story Building Constructions (Analytical Study of the Current Situation and the Future of the Buildings in Syria)

Thesis prepared to acquire the Master Degree of Architecture

Department of Building Science and Construction

Prepared by : Engineer Ahmad Al-manoufi

Supervised by : Dr. Eng. Samir Salloum

2016

Showing the content of the master degree (research):

It is entitled "**The Use of Metal Skelton in the Multi-story Building Constructions (Analytical Study of the Current Situation and the Future of the Buildings in Syria)**" the idea of the research came from the importance in multi stories buildings as it the case in the most countries, making the research to be a reference to help the architecture to understand the structuring with melts.

The includes four main four chapters where the first includes a historical study for using metals in buildings, it shows a historical survey about melts worldly peaking beginning from (1725 AD) and locally peaking (since the half of the nineteenth century) depending on many references.

The second chapter includes theoretical study for the most important physical, chemical, structural and formation properties.

The third chapter includes the most important structures used in the buildings with the metal frames, ways of erection that are used, as well as the methods of caring and protection in keeping these buildings; inducting the most important building structures that suit the local reality.

In the fourth chapter it shows analytical study for multi-story buildings that have metal skeleton and comparing them with local buildings; explaining the most important problems that force the structuring with metal locally, snd analyzing the local reality, the environment, economy for these buildings and their future.

It is recommended to enlarge the research to include all the metal structures generally and directing the scientific research to study the codes of the single-story metal building besides the multi-story building to extract a code that suits the local demands.

Introduction

Mental structure are considered widespread structures around the world since the middle of the nineteenth century after the industrial revolution due to technical, professional, structural and designing reasons because of the special nature of metal and its use flexibility and the quickness of working with it , and the physical and structure properties that the metal has.

However, these structures haven't had widespread range in Syria only through some structures that have special nature; this is due to lack of enough knowledge of the structural, formational, designing and constructional capabilities of the metal as well as the degree of convenience of the metal buildings with the reality of the climate, environment, function and economy in Syria.

The importance of the Research:

The modern technology has introduced lots of buildings and outer-cladding materials that have played a role with modern ways in constructing the buildings and in the flexibility of the space formation and in the easiness of constructing and outer-cladding in modern materials.

From this point stems the important of this research in catching the attention of the architects to break the traditional barrier in choosing construction materials according to the physical and constructional properties of these materials.

The Problem of the research:

It had represented in the lack of the intellectual, applied comprehensive studies that deal with constructing multi-story buildings that have metal skeletons in current conditions especially in the light of great development in the technology of construction multi-story buildings that the world is witnessing and the consistency between constructing with metal and the modern materials of outer cladding.

The problem lies in the architect's leaving thinking in constructing such buildings due to the differenties.

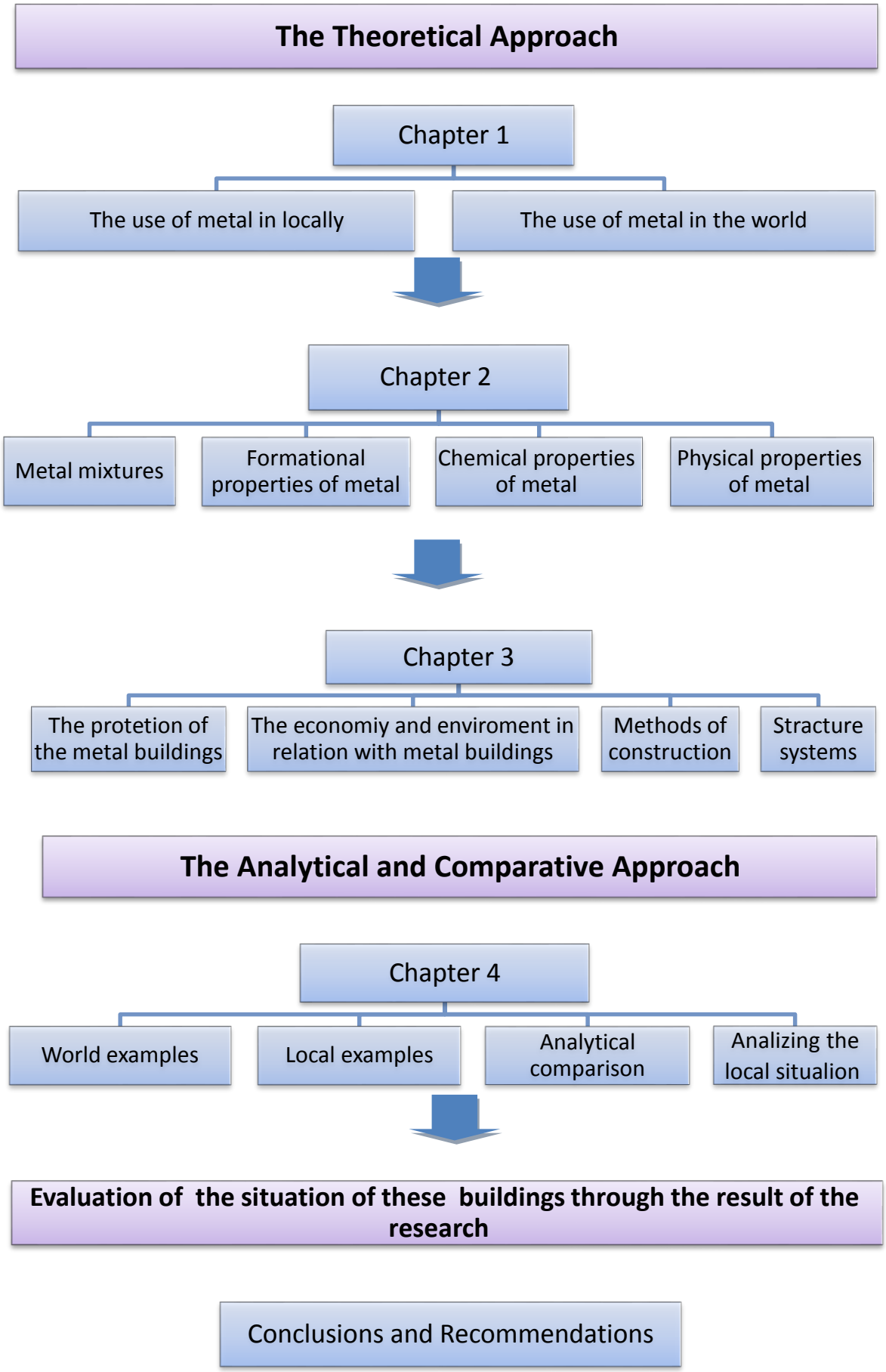
Research Methodology:

The research is of two main approaches:

1. The theoretical approach.
2. The analytical and comparative approach.

1- <u>The theoretical approach:</u>
   - Knowing the properties of the metal materials concerning structure and formation and the quickness and easiness of use.
   - Knowing the most important compositional structure systems such buildings and the companies that carry out them.
   - The range of convenience of the metal buildings with the demands of environment, climate and economy.

2- <u>The analytical and comparative approach:</u>
   - Analyzing some multi-story metal buildings present or up-site in Syria.
   - Analytical study to the most important metal buildings in the world.
   - The compare the metal buildings carried out in Syria with others in the world to infer the basics and standards for carrying out such kind of buildings in Syria.
   - To evaluate the real situation of the metal buildings and to state the problems that face carrying out them in Syria.


The Theoretical Approach
Chapter 1
The use of metal in locally
The use of metal in the world
Chapter 2
Metal mixtures
Formational properties of metal
Chemical properties of metal
Physical properties of metal
Chapter 3
The protetion of the metal buildings
The economiy and enviroment in relation with metal buildings
Methods of construction
Stracture systems
The Analytical and Comparative Approach
Chapter 4
World examples
Local examples
Analytical comparison
Analizing the local situalion
Evaluation of the situation of these buildings through the result of the research
Conclusions and Recommendations

Index

	Content	Page
	• Introduction	I
	• The importance of the Research	I
	• The Problem of the research	I
	• The purposeof the research	II
	• Research Methodology	II
Chapter One		
1	**Using the metals in buildings**	**1**
1-1	Introduction	**2**
2-1	Using the metals in buildings in the world	**3**
3-1	Using the metals in buildings in locally	**11**
Second Chapter		
2	**Metals and it's mixtures properties**	**18**
2-1	**Physical and Chemical properties of metal**	**19**
	Introduction	**19**
2-1-1	Metals used in construction	**19**
2-1-2	Iron metals	**19**
2-1-2-1	Iron	**20**
2-1-2-2	Kinds of Ferrous Metallic Materials by carbon ratio	**21**
2-1-3	Non-Ferrous Metallic Materials	**22**
2-1-4	Metal mixtures	**25**
2-1-4-1	The effect of the addition of some chemical elements to iron	**25**
2-1-4-2	steel mixtures	**25**
2-1-4-3	Aluminum mixtures	**26**
2-1-4-4	Steel and Aluminum mixtures	**26**
2-2	**Structural properties of metal**	**27**
2-2-1	Advantages of ferrous Metallic Materials	**27**
2-2-1-1	Iron and the structuring	**27**
2-2-1-2	Some types of Iron used in construction	**29**
2-2-1-3	Behavior and mechanical properties of steel used in metal structures	**30**
2-2-2	Advantages of non-ferrous Metallic Materials	**30**
2-2-3	Compared to some of the mechanical properties of some metallic materials	**32**
2-3	**Formational properties of metal**	**33**
2-4	Properties of Metal mixtures to serve the construction of buildings	**33**
2-4-1	Metal mixtures	**33**
2-4-2	Steel Mining	**34**
2-4-3	Tempering metals	**35**

Third Chapter

3	**The structural forming and design for metal possibilities**		**37**
3-1	**Architectural study the construction of the most important systems used in the metal construction**		**38**
	3-1-1	An overview of bases the selection of construction material	**38**
	3-1-2	An overview of bases the selection method of construction	**38**
	3-1-3	Classification of multi-storey buildings	**38**
	3-1-4	Features steel structures	**38**
	3-1-5	Disadvantages of steel structures	**39**
	3-1-6	The development of a system of tall metal buildings	**40**
	3-1-7	The most important structural systems used in multi-storey buildings	**42**
	3-1-8	An overview of the most important systems used in the construction of multi-storey buildings	**42**
	3-1-9	The most important design properties structural systems in multi-storey buildings	**48**
	3-1-10	The most important structural systems used in metal multi-storey buildings	**50**
	3-1-11	Bracing Systems	**52**
	3-1-12	System structure elements in multi-story buildings	**54**
3-2	**The study of metal construction and methods of erectionmethods:**		**63**
3-3	**Economic and environmental aspects of metal buildings**		**72**
	3-3-1	Recycling	**72**
	3-3-2	Technical and economic integration	**73**
	3-3-3	Energy consumption	**73**
	3-3-4	Steel and glass	**74**
	3-3-5	Using the green roof	**75**
3-4	**Methods to protect metal buildings**		**76**
	3-4-1	Fire protection	**76**
	3-4-1-1	Methods ofprotection from fire	**76**
	3-4-1-2	Some recommendations for fire protection in the metal buildings	**78**
	3-4-2	**CorrosionProtection**	**79**

Forth Chapter

4	**Analysis of the reality of multi-storey steel structures in the world and the reality of these installations in Syria and evaluate it**		**81**
4-1	Analysis of the reality of multi-storey steel structures in the world		**82**
4-2	Analysis of the reality of multi-storey steel structures in Syria		**97**
	4-2-1	Analytical comparison between the multi-storey steel structures in the world and local	**104**
4-3	Identify problems facing the implementation of the multi-storey		**117**

	steel structures in Syria	
4-4	analysis ofLocal realities, environmental and economic impact of such facilities in Syria	**118**
4-5	Suggest some terms of the reality and the future of a multi-storey building with a metal structures in Syria.	**120**
4-6	Case Study	**147**

Results **150**

Recommendations **151**

References **153**

Supplement

Figures and tables index