

حماية المنشآت المعدنية

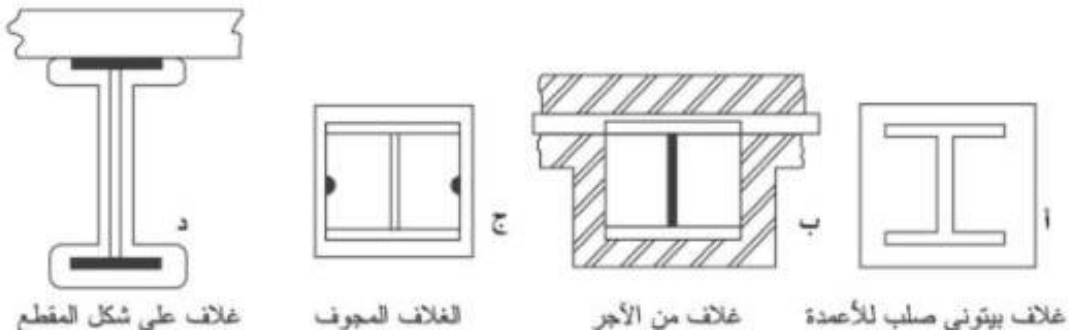
مفردات المحاضرة:

1. طرق العناية و الحماية للمنشآت المعدنية
2. الهياكل الانشائية المركبة المؤلفة من العناصر الإنشائية المركبة
3. لمحة تاريخية عن استخدام المنشآت المركبة
4. الميزات العامة للعناصر المركبة
5. بعض استخدامات المقاطع المركبة
6. أنواع الصفائح الفولاذية المستخدمة
7. المنشآت القشرية
8. تصنيف المنشآت القشرية
9. الشبكات الاطارية الفراغية (Space Frame Grid)

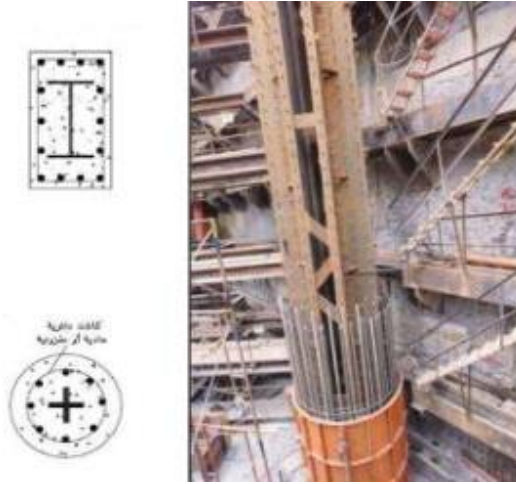
طرق العناية و الحماية للمنشآت المعدنية

الحماية من الحريق (Fire Protection):

- تتعرض المنشآت الفولاذية لاجهادات كبيرة في اثناء الحريق حيث تصل درجة الحرارة الى نحو 1200 درجة مئوية في حين ان درجة الحرارة الحرجة للفولاذ هي نحو 550 درجة مئوية، عندها ينخفض اجهاد سيلان الفولاذ yield stress الى 70% من قيمته عند درجة حرارة 20 درجة مئوية، و تعرف إمكانية تحمل العناصر الفولاذية للاحمال المطبقة عليها لدى تعرضها للحريق بمقاومة الحريق، و يعبر عن ذلك بدلالة الفترة الزمنية التي تستطيع الصمود طول (1/2 ، 1 ، 2، 4 ساعات)
- 1- اهم طرق الحماية من الحريق:



1- غلاف خرساني صلب للاعمدة (Solid Concrete Protection): يساعد أيضا على تحمل احمال العمود، و يمكن استعمال نفسها لتغليف الجسور.



و اثبتت التجارب ان سماكة 50 سم من الخرسانة توفر حماية ضد الحريق مدة ساعتين الا ان هذه الطريقة مكلفة و تحتاج الى صب الخرسانة في قالب حول العنصر الفولاذي.

2- غلاف من الاجر (Brickwork encasement): حول أعمدة البناء حيث يستعمل الاجر في بناء الجدران، و حماية الاعمدة من الحريق و يعد هذا النظام من اكثر الأنظمة شيوعا. حيث ان تنفذ بسماكة 15-50 ملم و بعرض حسب عرض العناصر الانشائية المواد تغليفها.



3- الغلاف المجوف (Hollow Casing): ينفذ على شكل وحدات من الواح الجبصين مسبق الصنع تتركب على شكل معدني، فتشكل صندوقا حول المقطع الفولاذي كغلاف على شكل Profile Casing.

4- بخ العناصر الانشائية: حيث يتم بخ المونة الاسمنتية على سطوح العنصر الفولاذي فتضمن طبقة من المونة الاسمنتية سماكتها 10-35 ملم حماية مدة من 30-120 دقيقة. و يعد هذا النوع من الحماية من ارضخ أنواع الحماية و اكثرها فعالية فيغلف اكثر الاشكال تعقيدا إضافة الى الوصلات، الا انه غير جميل المنظر، و بالتالي يستخدم للعناصر المخفية خاصة فوق الاسقف المستعارة.



5- طلاء ينتفخ بالحرارة مقاوم للحريق (In tumescent Coating): تنفذ طبقة بسماكة 1 ملم تقريبا تحتوي مركبا يطلق غازات عند تعرضه للحرارة فينتفخ الطلاء متحولا الى رغوة كربونية سميكة عازلة للحرارة.



2- بعض التوصيات للحماية من الحريق في المباني المعدنية:

1- على الصعيد التقني:

- استخدام أجهزة الإنذار المبكر و حساسات.
- استخدام مرشات اخمد الحريق في حال حدوثه.



Fire detector and alarm device

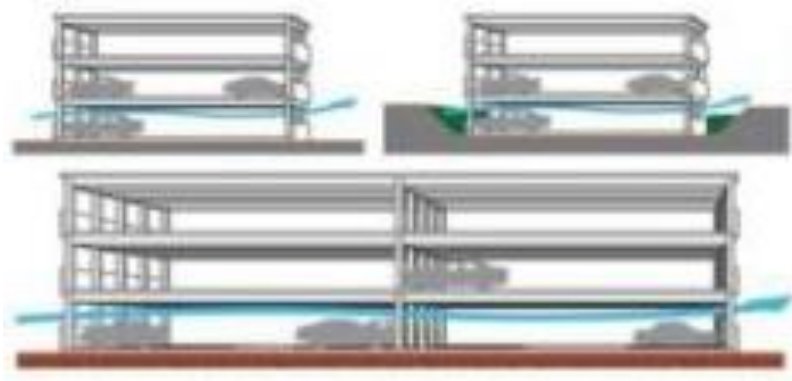


2- على الصعيد الانشائي و المعماري:

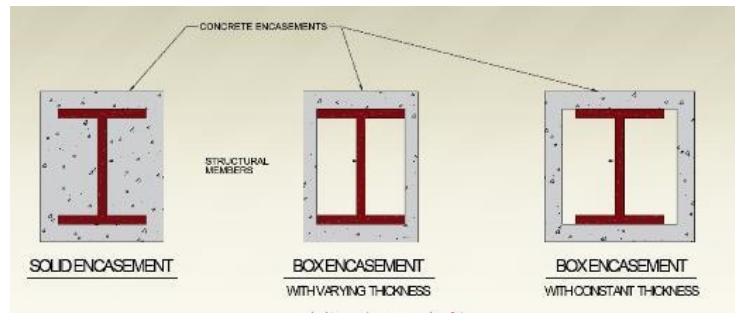
- استخدام العناصر الانشائية الظاهرة خارج المبنى يقلل من اخطار الحريق على النظام الانشائي.



- استخدام الانشاء المختلط و اكساءات الارضيات من المعدن و الخرسانة المسلح و حماية الجسور و الاعمدة بالخرسانة تساعد في مقاومة الحرائق.
- استخدام النواة الخرسانية في المباني المعدنية يساعد في الحد من انتقال الحريق من طابق الى اخر.
- في حال كان المبنى يحتوي على مواقف سيارات طابقية يفضل فتح الواجهات في هذه الطوابق.



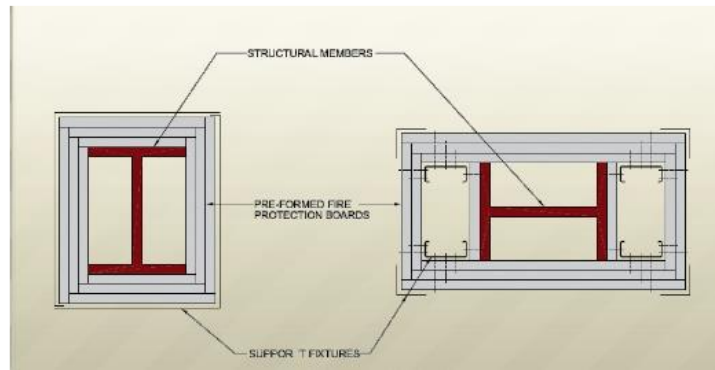
- توضيح لبعض الطرق المستخدمة لحماية الاعمدة من الحرائق تغلف و تغطي ما بالحجارة او الطابوق او الجص او قيام بتلييسها من خلال وضع شبك حديدي حول العمود ثم يتم تلييسه اما بمونة اسمنتية او بالجص لحمايتها من الحريق و درجات الحرارة العالية.



الحماية عن طريق التلييس



الحماية باستخدام الجص



الحماية باستخدام الطابوق

الحماية من الصدأ (Corrosion Protection):

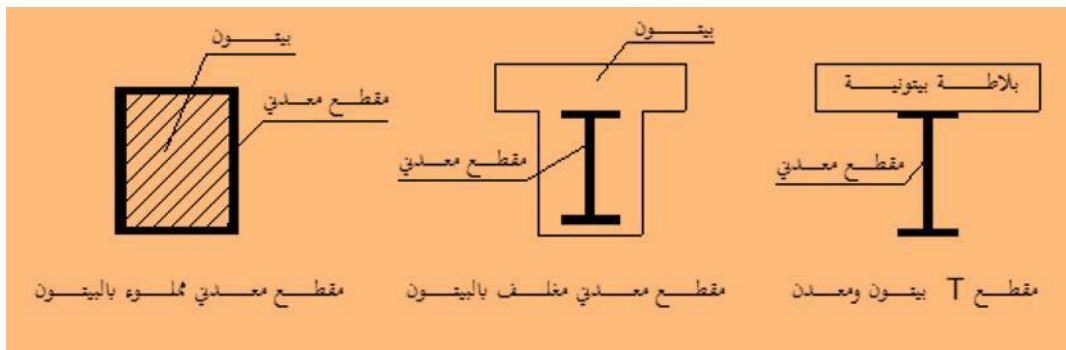
- يتعرض الفولاذ للصدأ على نحو خاص، فيتأكسد الحديد بوجود الهواء و الماء و الملوثات الأخرى و لهذا من الضروري تنفيذ طبقة حماية للمنشآت الفولاذية ضد الصدأ. و اختيار نظام الحماية يعتمد على نوع التلوث و درجته و العمر المطلوب للمنشأ الفولاذي. فاختيار نظام الحماية و تنفيذه تنفيذاً صحيحاً يمنح المنشأ عمراً أطول من دون صيانة.
- من أهم العوامل التي تؤدي الى نجاح نظام الحماية هو تحضير سطح الفولاذ جيداً، لان كل المنتجات الفولاذية المسحوبة على الحامي تكون مكسوة بطبقة رقيقة من أكسيد الحديد، فاذا لم تزال هذه الطبقة فانها تقشر نتيجة تعرض العناصر الفولاذية للتشوهات تحت تأثير الاحمال فيصبح الفولاذ عرضه للصدأ. و لهذا يجب إزالة هذه الطبقة قبل دهان العناصر الفولاذية. و تحضر السطوح الفولاذية بإحدى الطرق الآتية:

- 1- التنظيف اليدوي باستخدام الفرشي الفولاذية.
- 2- التنظيف باللهب لإزالة الطبقة المتأكسدة السطحية.
- 3- التغطيس بحوض من الاسيد فتتحل الاكاسيد و الصدأ من دون مهاجمة الفولاذ.
- 4- التنظيف بصفح سطوح الفولاذ بالرمل.

- بعد تحضير السطوح تظلى بإحدى طبقتي الحماية الاتيتين:
1- طلاء معدني (Metallic) من الالمنيوم بيخ مصهورا على سطوح الأجزاء الفولاذية او ينفذ بتغطيس العناصر الفولاذية يحمام ساخن الالمنيوم المصهور. تسمى هذه الطريقة بالغلفنة (galvanization) و تعتمد سماكة طبقة الغلفنة على مدة التغطيس و على سرعة سحب القطع الفولاذية من الالمنيوم المصهور.
2- طلاء غير معدني (Non-Metallic) يتالف من طبقة أساس من كرومات الفوسفات و من ثم طبقة نهائية من اكاسيد الحديد او الالبيوكسي او غيرها.

الهياكل الانشائية المركبة المؤلفة من العناصر الإنشائية المركبة

- ظهرت فكرة العناصر الانشائية المركبة كمحاولة للاستفادة القصوى من قدرات تحمل مواد البناء المختلفة كالخرسانة مع الفولاذ.
- الخرسانة المستخدمة تكون مقاومتها للضغط عالية و منخفضة للشد بينما الفولاذ مقاومته عالية للشد و الضغط على حد سواء، فيتم دمج المادتين في عنصر انشائي واحد مقاوم للضغط و الشد معا
- يطلق تعبير العنصر الانشائي المركب على العنصر الانشائي المؤلف من جسمين مصنوعين من مادة واحدة او مادتين مختلفتين (خرسانة مسبقة الصنع مع خرسانة مصبوبة بالموقع، خرسانة مع خشب، خشب مع صفائح معدنية، خرسانة مع حديد) العنصر المركب يجب ان يؤمن قابلية عمل المادتين كعنصر انشائي متكامل (أي كعنصر واحد) من خلال تأمين اتصال مادتي العنصر بشكل صلب يمنع حدوث حركة نسبية بينهما او اكثر العناصر المركبة شيوعا هي قاطع الخرسانة او الخرسانة مع المعدن.



لمحة تاريخية عن استخدام المنشآت المركبة

- تطور المنشآت و العناصر المركبة يعود بشكل رئيسي الى تطور صناعة الخرسانة و الفولاذ و انتشار استخدام الإطارات و الهياكل المعدنية في الجسور و المباني و الانتباه لضعف مقاومة هذه الهياكل المعدنية عند تعرضها للحرارة فظهر مقترح تغليف هذه العناصر بـ (الخرسانة) و بالتالي حمايتها بغض النظر عن مشاركة خرسانة التغليف في مقاومة الاجهادات. مع بداية القرن العشرين ظهرت فكرة الاستفادة انشائيا من عنصر التغليف الخرساني عن طريق تأمين الترابط الكافي بين المادتين لتأمين العمل المشترك و تحقيق الوفرة في كمية الفولاذ المستخدم.

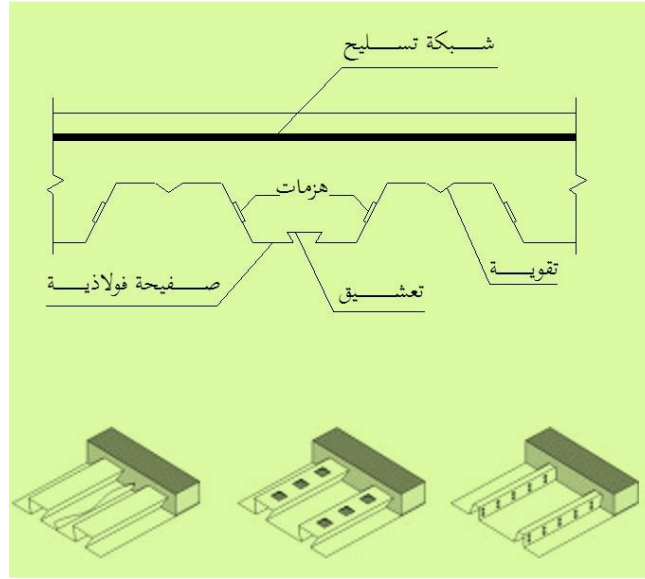
الميزات العامة للعناصر المركبة

- 1- تحقيق تكامل بين عمل الخرسانة ذات قدرة تحمل الضغط العالية و عمل الفولاذ ذو قدرة تحمل الشد العالية.
- 2- تقوم الخرسانة بتغليف الفولاذ و بالتالي تقويته ضد التحنيب (التشوه العمودي على محور العنصر) كما يحميه من التخریب الكيمايى.
- 3- يضيف الفولاذ سلوكا مطوعا للمنشأ المركب.
- 4- تعطي المنشأ قدره تحمل اعلى و صلادة اكبر و قدرة على إعادة توزيع المفاصل اللدنة المتشكلة فيه.
- 5- المنشأ المركب اكثر مقاومة للحريق من الانشاء المعدني (نظرا لكون الخرسانة تعمل على تغطية الفولاذ الضعيف ضد الحرارة و تحميه) و اكثر عزلا للحرارة و الصوت.
- 6- تخفيض اوزان الفولاذ المستخدمة عنها في المنشآت الفولاذية بما يصل الى (20-30%) حسب المقطع.
- 7- تخفيض الزمن اللازم للتشييد و الدخول في الاستثمار بالمقارنة مع المنشأ الخرساني.
- 8- حل مثالي للاستخدام في الجسور و الأبنية العالية.

بعض استخدامات المقاطع المركبة

أولا: البلاطات المركبة:

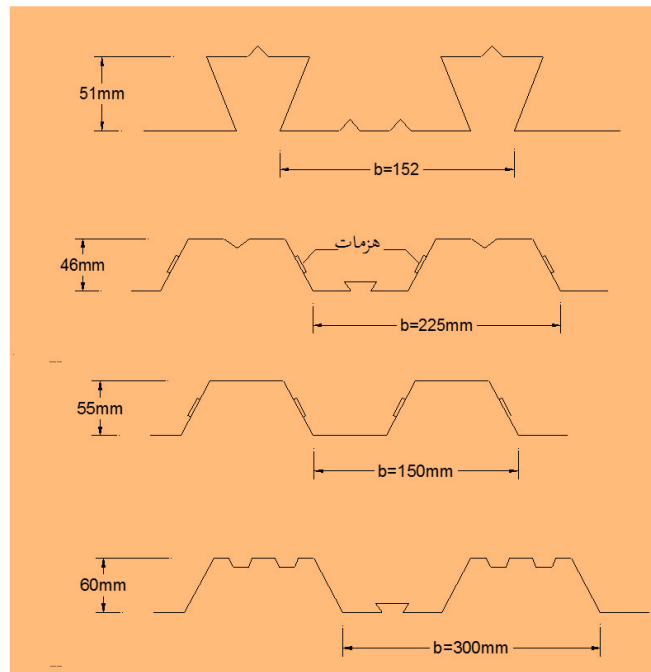
- تتضمن صفائح فولاذية محددة تستخدم كقوالب دائمة للبلاطة الخرسانية، يتم صب الخرسانة على الصفائح الفولاذية ذات المقاطع الجاهزة، حيث تتحمل هذه الصفائح عند عدم استخدام الدعم اثناء التنفيذ وزن الخرسانة غير المتصلب و وزن التسليح و وزنها الذاتي و الحمولات الانشائية الأخرى، اما بعد تصلب الخرسانة تعمل الارضيات الفولاذية بشكل مشترك مع الخرسانة من اجل تحمل كافة الحمولات المطبقة، و غالبا ما تكون الحمولات اثناء التنفيذ هي الحاكمة في اختيار مقطع البلاطة المركبة في حالة البلاطة غير المدعمة.
- تفيد البلاطة المركبة في تقييد الجسور و بالتالي زيادة مقاومة انحناء الفتل الجانبي كما تؤدي دور المستوي الرابط الذي ينقل الحمولات الافقية الجانبية (الرياح او الزلازل) الى الاعمدة و جدران القص او الإطارات.
- يوضح الشكل التالي مقطع عرضي في بلاطة خرسانية مركبة.



(يلاحظ وجود أنواع و اخاديد في الصفحة الفولاذية وظيفتها زيادة الترابط بين الصفحة و الخرسانة و بالتالي تأمين العمل المشترك)

أنواع الصفائح الفولاذية المستخدمة

- تصنع الصفائح الفولاذية للارضيات بسمك صغير يتراوح ضمن المجال (0.8 – 1.5 ملم) و تتم غلفتها كي تقاوم الصدأ مما يزيد قليلا من السماكة. و يكون ارتفاع جوانب الأرضية الفولاذية ضمن المجال (38-75 ملم) و تتراوح المسافات بين القنوات (150-300 ملم). و يبين الشكل التالي مقاطع الصفائح الفولاذية الأكثر شيوعا.

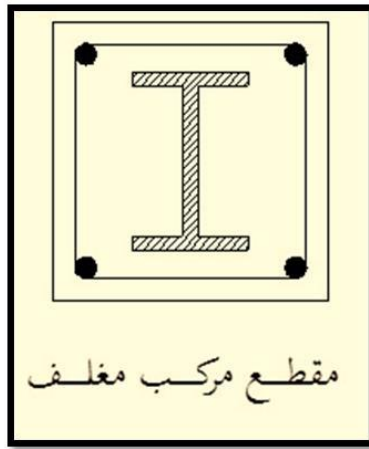


ثانيا: الأعمدة المركبة:

- يوجد شكلين اساسين للاعمدة المركبة و هما الاعمدة المغلفة بالخرسانة و الانابيب المملوءة بالخرسانة.

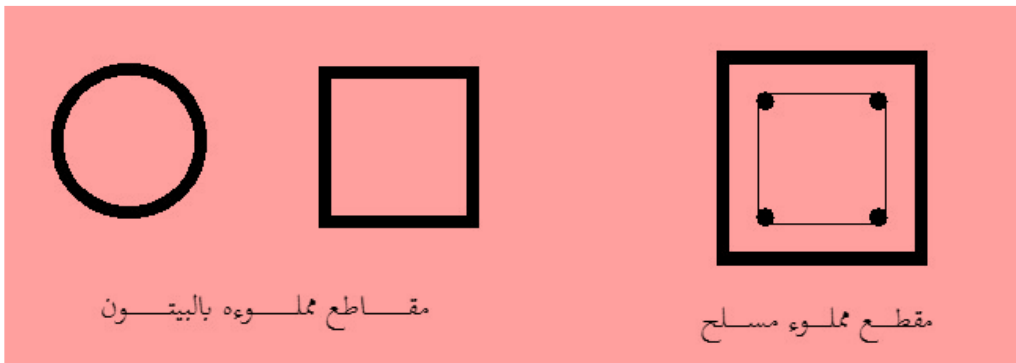
1- الأعمدة المغلفة بالخرسانة (Concrete cased columns):

وهي عبارة عن جانز قياسي او مقاطع أعمدة H مع مقطع خرساني مربع او مستطيل حولها بحيث يتشكل مقطع مركب، و يوضع حديد تسليح إضافي في طبقة التغطية الخرسانية حول المقطع الفولاذي لمنع لتشقق تحت تأثير الاجهاد المحوري.



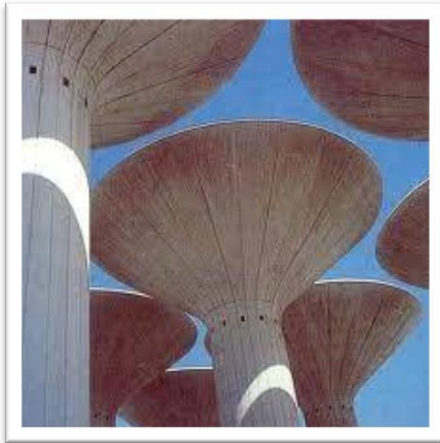
2- الأنابيب المملوءة بالخرسانة (Concrete-filled steel tubes):

- وتتألف هذه الأعمدة من مقاطع معدنية مجوفة مربعة أو مستطيلة أو دائرية مملوءة بالخرسانة، ولا تحتاج عادة إلى تسليح طولي إضافي باستثناء الأعمدة ذات المقاطع الكبيرة.
- تستخدم هذه الأعمدة عادة في المنشآت التي يكون فيها خطر الحريق محدود كما في الجسور حيث تستخدم كركائز للجسور. غالبا ما تكون كلفة الأنابيب المملوءة بالخرسانة أقل من كلفة المقطع المغلف بالخرسانة بالإضافة إلى أن مقاومة الشكل الأنبوبي للعزم والانحناء الأكبر، كما انه لا حاجة للقالب لتنفيذ الخرسانة أو أي نوع من فولاذ التسليح.



المنشآت القشرية

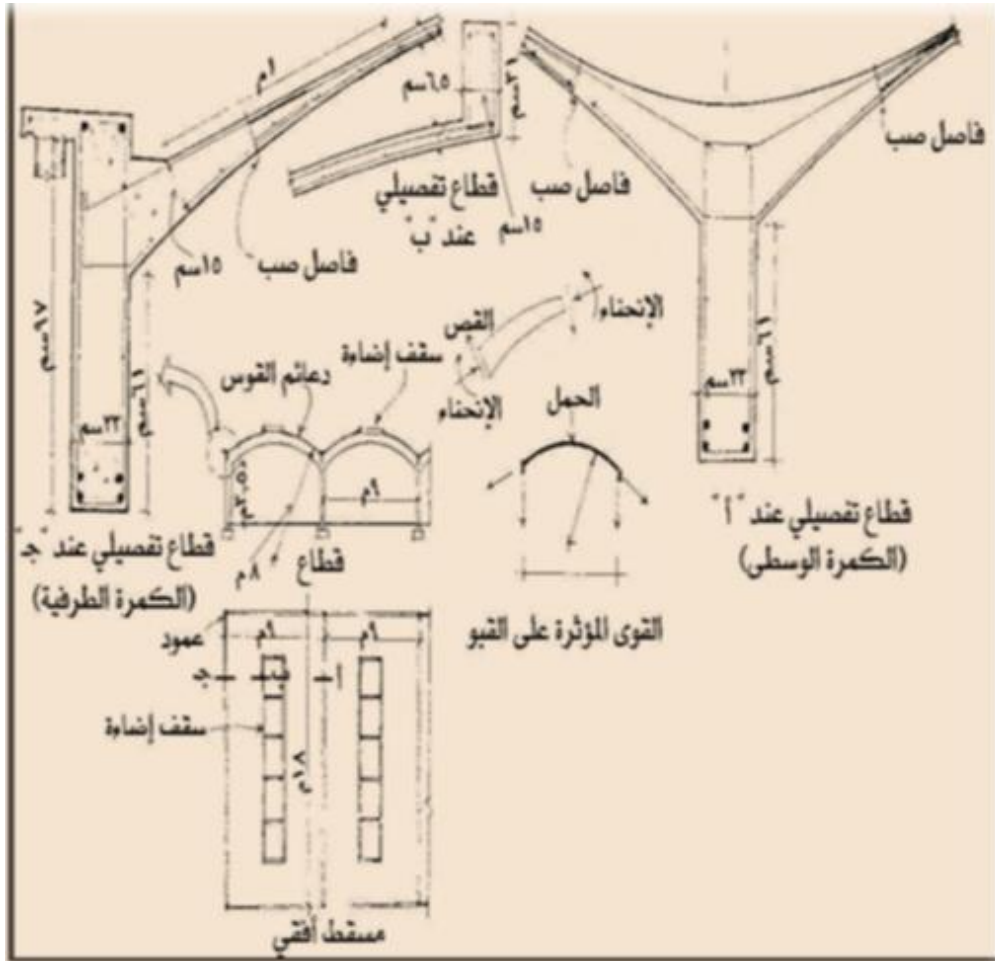
- تصنف تحت نوع المنشآت التي تقاوم القوى بقشرتها الخارجية. وهي عبارة عن اسطح هندسية تحدد الفراغ داخليا و خارجيا حسنت خواصها بحيث تستطيع تحمل الاحمال محللة للقوى الواقعة عليها الى قوى الضغط و الشد و القص.
- وهي عبارة عن قشرة رقيقة (من الخرسانة المسلحة في معظم الأحيان) ثم تشكيلها بحيث تكتسب هذه القشرة الرقيقة عزم قص ذاتي و ذلك سواء بتطبيقها في صورة منشورية او هرمية او سواء بحديثها في اتجاه واحد او بتشكيلها استعمال راسم يدور حول محور دوران او غيره من الاشكال التي لا يمكن تصنيفها تحت مسمى واحد.
- و تعد المنشآت القشرية من احسن المنشآت الثابتة الدائمة الخرسانية، خفة في الوزن و تعبيرها عن المنشأ سواء من الداخل و من الخارج.



تصنيف المنشآت القشرية

القبو القشري (Shell Vault):

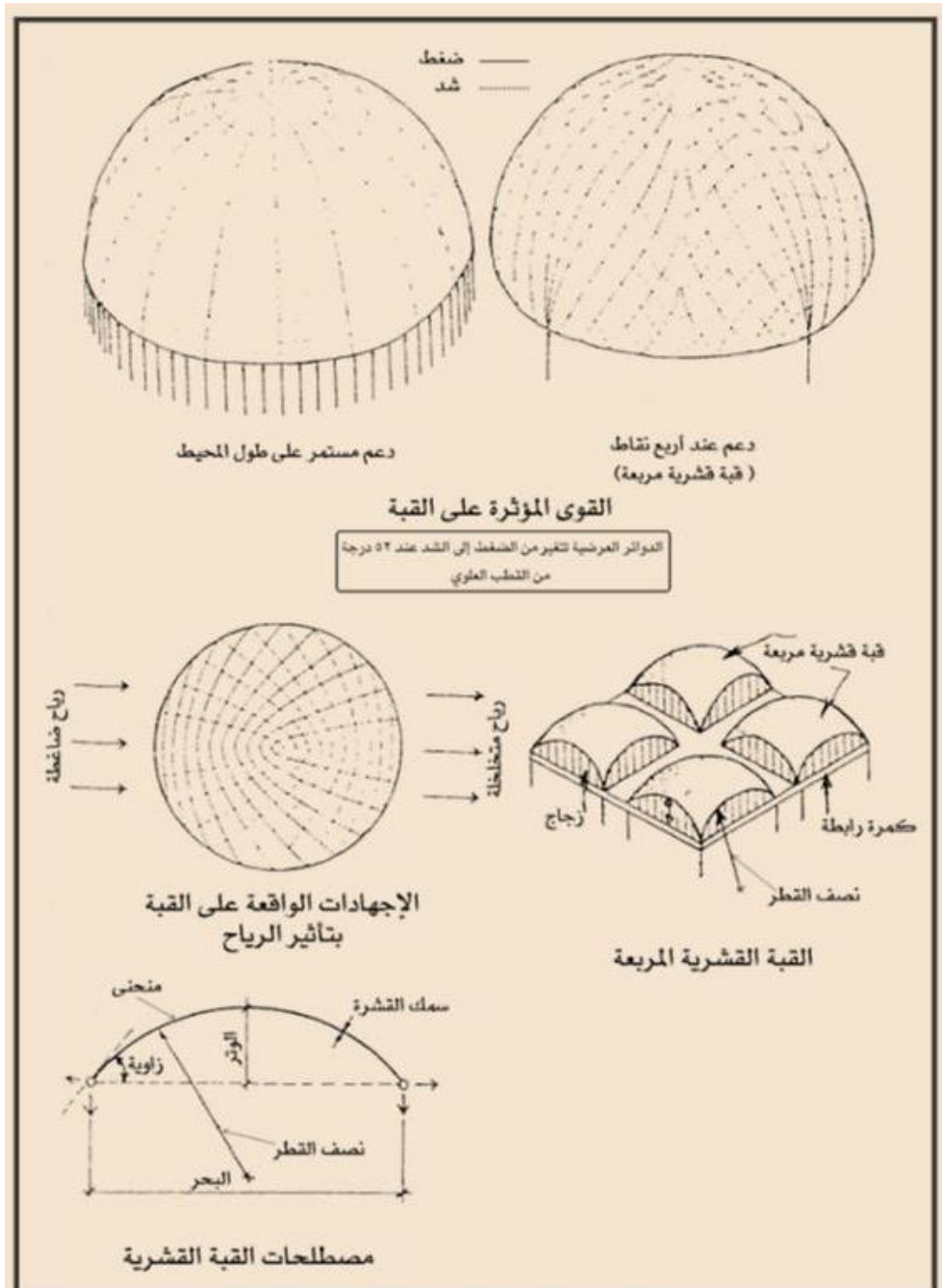
- عبارة عن قطاعات تشبه اشكال العقود التي تركز على دعامتين و لتدعيمه يجب وضع الكمرتين عند حافتي القبو لتحمل قوة الرفس، ولا يقل سمك القشرة الخرسانية المسلحة عن 6.5 سم، و لتدعيم القبو القشري يلزم عمل التالي:
- 1- ان تنتهي كلا حافتي القبو بكرتين لتقاوم قوى الرفس (Lateral Force) الناتجة بالإضافة الى عمل سمك مناسب للاعمدة الخارجية لمقاومة نفس القوى.
- 2- في حالة تشييد القبو من الخرسانة المسلحة فانه يلزم ان لا تقل قشرية الخرسانة المسلحة عن 6.5 سم مع زيادة سماكتها عند الحواف.



القبة القشرية (Dome Shell):

- تستخدم القبة القشرية لتغطية البحور الواسعة دون الحاجة لوجود أعمدة داخلها (مثل المساجد و صالات المعارض الخ).
- القبة يمكن ان تكون من الخرسانة او المعدن او الخشب.
- القبة الخرسانية يجب ان لا يقل سمك القشرة بها عن 6.5 سم.
- يمكن دراسة سطح القبة (Dome Surface) كسطح غشائي (Membrane) عندما لا يزيد سمكه عن 2% من نصف قطره بمعنى ان القوى المؤثرة على ستكون قوى الشد (Tension) وقوى الضغط (Compression) الموحد خلال سمك سطح القبة. و على ذلك لا يوجد قوى للعزوم فيها. اما في حالة دعم هذه القبة غير المستمر على حوافها فانه قد يحدث بعض العزوم (Bending) في هذه المناطق.
- قوى الرياح التي تتعرض لها القبة الخرسانية لا تمثل خطورة لها و لكن قد يظهر تأثيرها عند تعرض القبة ذات الإطارات المعدنية او الخشبية لها، ذلك بسبب وجود فرق بين السلوك الانشائي للمواد المشيدة منها هذه القباب.

- الكمرة الدائرية (Ring Beam) تقع عند حافة القبة و تقوم بمهمة مقاومة قوى الريفس الافقية حيث ان اكبر قوى شد تقع دائما عند حافة القبة، لذا لابد من ان يكون سمك الكمرة الدائرية مناسباً لمقاومة هذه القوى.
- ومن اهم دعائم القبة القشرية هو:

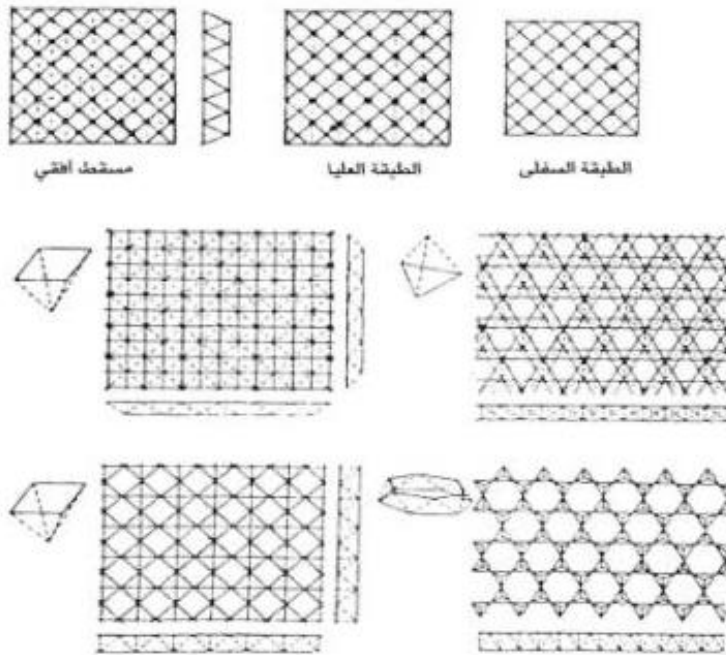


انتقال الاحمال في القبة القشرية:

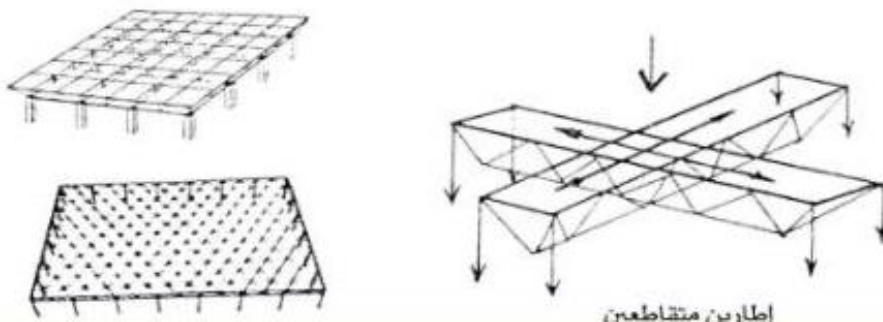
- تنتقل الاحمال مركز القبة الى محيطها في اتجاه انصاف الاقطار الكروية، و لذا توضع كمرات محيطية تنتقل اليها الاحمال من سطح القبة و تنقلها بدورها الى الاعمدة، و تكون وظيفة الكمرات المحيطية ايضا مقاومة احمال (الضغط الداخلي) و التي تحاول فتح الكمرة للخارج.

الشبكات الاطارية الفراغية (Space Frame Grid)

- يستعمل هذا النظام لتغطية اسقف الفراغات ذات البحور الواسعة.
- الاطارات الهرمية (Pyramid Frames) هي الوحدة النموذجية المكونة لهذا النظام حيث انها ذات قطاعات معدنية خفيفة.
- لهذا النظام عدة اشكال تتضح برسم البعد الثالث للوحدة المكونة لها و يطلق عليها الأسماء الآتية:



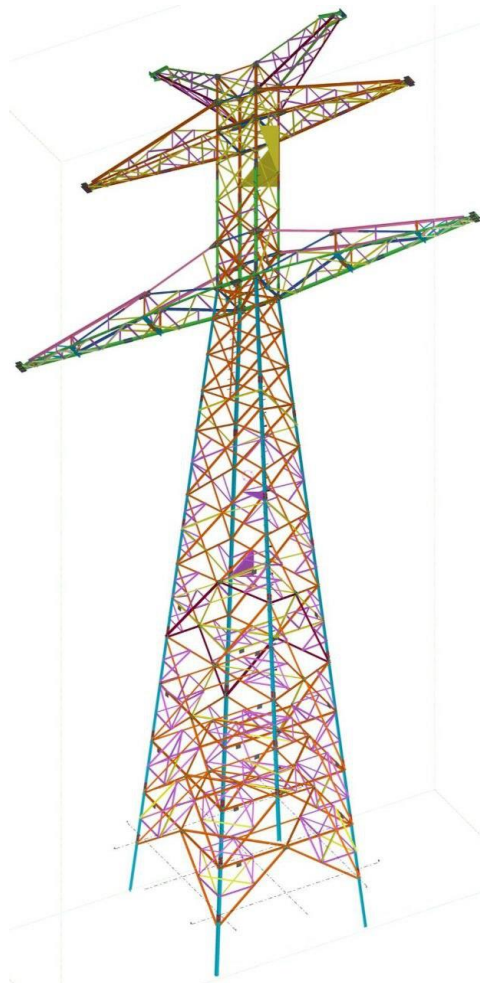
أنواع وأشكال الإطارات الفراغية



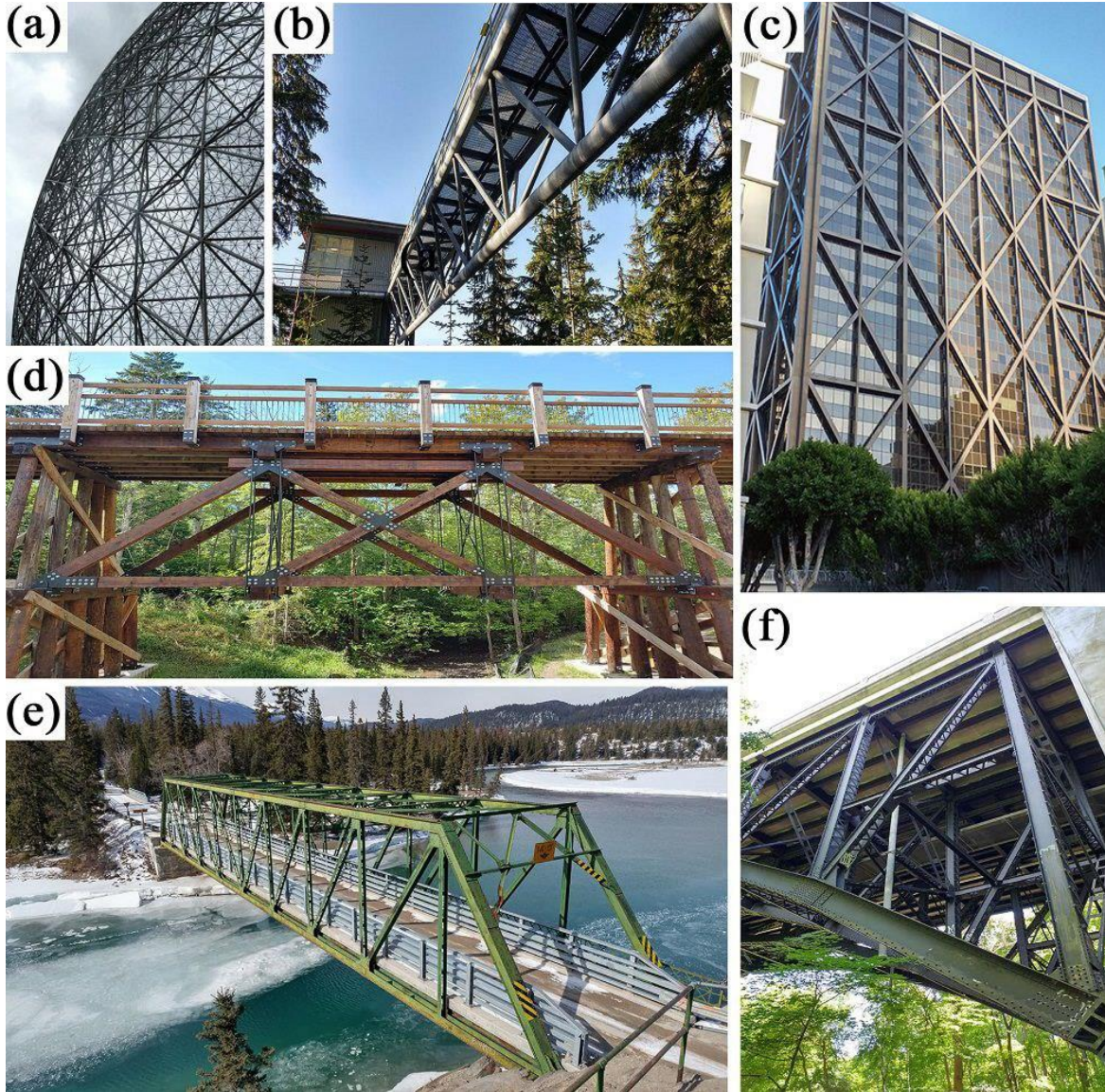
- مالونات فراغية (Space trusses).



- منشآت اللاتس (Lattice Structure).



- الجمالونات ذات الابعاد الثلاثية (Three Dimensional Trusses) كل عضو في الوحدة المكونة للاطار الفراغي تؤثر عليه قوتان اما بالشد (Tension) او بالضغط (Compression) و ذلك عند وجود قوى الاجهادات (Stresses) المؤثرة على سطح الجمالون المستوي (Plane Truss) الى وصلاته (Joints).



- تشييد هذه الإطارات الفراغية من الخرسانة المسلحة او الحديد او الالمنيوم. و الأعضاء الموجودة بكل وحدة يتم تحديد قطرها الخارجي و سمك جدارها بالاعتماد على معرفة القوى المؤثرة عليها.
- يتم تحديد و حساب القوى المؤثرة على مثل هذه الإطارات الفراغية بطريقة التحليل الاستاتيكي او بطريقة الرسم البياني.
- من أنواع الإطارات الفراغية إطارات الأبراج الفراغية او الجمالونات المعزولة. و إطارات الأبراج الفراغية يمكن تكوينها من وحدة المثلث او المربع او السداسي.