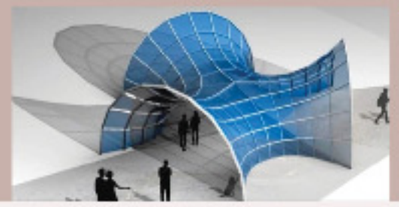
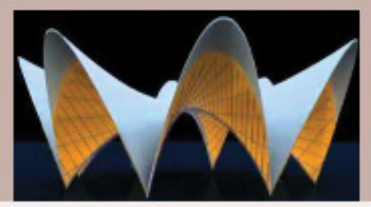
الإنشاء و العمارة

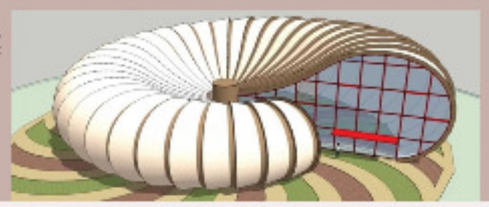
رؤى معمارية 2

الشكل المعمارى إنعكاس لنظام
إنشائى أو نتاج إبداع معمارى

أ.د محمد محمود عويضة







الإنشاء و العمارة
رؤى معمارية 2
أ.د محمد محمود عويضة

التعريف بالمؤلف
أ.د محمد محمود عبدالمجيد عويضة
استاذ العمارة وتكنولوجيا البناءبكلية الهندسة جامعة القاهرة

المؤلفات(كتب)

1- اجزاء المبنى (Building paris)

2- تكنولوجيا البناء الحديث

3- تطور الفكر المعمارى فى القرن العشرين

4- الأساسيات الإقتصادية لتخفيض تكلفة تصميم و تنفيذ المبانى

5- صناعة المبانى الموقع ميكنة أعمال البناءوالتجهيز

6- صناعة المبانى فى المصنع المبانى سابقة التجهيز

7- أساسيات إدارة وتنفيذ مشروعات التشييدوالبناء

8- الشكل و العمارة

9- الانشاء و العمارة

الابحاث:
اثنان و خمسون بحث علمى منشور

الاشراف على الرسائل العلمية:
ما يزيد عن 80 رسالة علمية
ما بين رسائل ماجستير و دكتوراه

المشروعات:
عده مشاريع فى مجال الامبانى السكنية و المبانى الجامعية و المستشفيات و المصانع

الإنشاء والعمارة

الشكل المعمارى إنعكاس لنظام

إنشائى أو نتاج إبداع معماري

أ.د. محمد محمود عويضة

الى والدي ووالدتي(رحمهم الله)

اللذين أدين لهم بكل حياتي فبرضائهم ودعواتهم لي كانت سببا في ان رزقني الله الرضى في هذه الدنيا

الى زوجتي ا.د ليلى محرم (رحمها الله)

وقفنا معا جنبا الى جنب ورزقنا الله البركة والنجاحات الكثيرة والحمد لله ..... والى لقاء بإرادة الله

المحتـويـات

كلمة المؤلف 5
أهمية الأنشاء فى العماره 7
الشكل المعمارى والأنشاء 19
خصائص العمارة الفائقة 34
* مركز جورج بومبدو 36
* برج هيرست 38
* برج بنك الصين 40

الفكرة الأنشائية 48
الفكرة التنفيذية 49

الأنظمة الأنشائية من حيث نقل الآحمال.....52

الكتل الفعالة Bulk Active.....59
* الكمرات Beams.....61
* الكمرات المتقاطعة Beam gril.....64

البلاطات المسطحة Flat slab.....71
* بلاطات مفرغة Hollow Block slab.....72
* البلاطات المسطحه 74
* الاطارات Frames.....81
* المتجهات الفعالة 85

الجمالونات الفراغية Space Frame.....86
التكوينات الفعالة Form Active.....89
* الكيابل Cable.....90
- الجسور المعلقة 95
- الخيام والمنشآت النسيجية 111
- المنشآت المنفوخة 125
-العقود - القباب القبوات 135

الأسطح الفعالة Surface Active.....145
* الأسطح المنطبقة.. Folded plates.....147
* القشريات shells.....151

الانظمة الإنشائية الرأسية.....157
* أنظمه النوا.....165
* الأنظمة الأمبوبية.....171
* الأنظمة الإطارية.....177
* نظام الإطارات المدعمه.....179

كلمة المؤلف

يتعرض الكتاب الثانى من مجموعة رؤى معمارية للعلاقه بين الإنشاء والعمارة فيما يرتبط بالشكل والإنشاء والجدل الحادث على مر التاريخ بين المعمارى والإنشائى عن الشكل المعمارى للمبانى.

هل الشكل انعكاس للمتطلبات المعماريه أو أن الشكل إنعكاس للنظام الإنشائى المستخدم، وبالرغم من ان مهنتى الإنشائى والمعمارى بدأت كمهنه واحدة "البناء" ثم بعد ذلك أصبح معروفاً بمهندس المبانى، واستمر هذا المفهوم لمدة طويلة الى ان تنوعت وتعددت المبانى واختلفت المتطلبات والإحتياجات و تنوعت طرق الإنشاء، ومع ظهور مواد جديدة لم تكن مستخدمة من قبل فى العمارة اصبح من الصعوبة مع تلك الظروف و التطورات أن يتم الجمع بين التخصصين و بات من الضرورة الفصل بينهم.

مع هذا إستمر المعمارى والإنشائى يعملان سوياً جنباً الى جنب يساعد كل منهم الآخر فى اخراج وانتاج المبانى وذلك للأهميه التى يلعبها الانشاء من دوره فى تكوين هذا المبنى، حيث لا يتواجد أى فراغ معمارى دون جسم إنشائى يحتوية ويغلفه وبدون هذا الغلاف أو الغطاء الإنشائى لا يكتمل أو يتكون الفراغ و بالتالى لا يتواحد الشكل.

ومع استمرار هذا الجدل بين المعمارى والإنشائى، افترض بعض الإنشائيين من وجهة نظرهم أن الشكل المعمارى هو انعكاس للنظام الإنشائى، وإذا كان كذلك فإن، الإنشاء فى هذة الحاله يصبح هو المسيطر على العمل المعمارى والمكون للشكل الخارجى، حين ذلك يكون للإنشاء دوراً كبيراً ومؤثرا

على تكوين وولادة الشكل المعمارى بداية من استخدام النظام الهيكلى حتى استخدام النظم الإنشائيه الجديده و المعاصرة.

على الجانب الآخر من وجهة نظر بعض المعماريين أنه لا يوجد دور للإنشاء لأن المعمارى هو مبدع الشكل وصانعه وعلية لا يوجد دوراً للإنشاء ولا يوجد ضروره من إظهارة، بل وصل الى الحد التعمد فى إخفاء الإنشاء ودفنه فى ثنايا و طيات العمل المعمارى مؤكدين بذلك على إنفراد المعمارى و حدة بتكوين و صناعة الشكل دون سواه.

بينما ظهرت مجموعة أخرى من المعمارين رأت غير ذلك، حينما أكدت على ضرورة إظهار الإنشاء فى أعمالهم رغبة منهم فى إنعكاس ذلك على هيئه عماره المبنى كنوع من الصدق و الصراحه و تعمدوا أن يكون الإنشاء ظاهرا و واضحاً فى أعمالهم كنوع من الصراحة و الأمانه و الصدق.

هذا ما سوف يتم عرضه فى هذا الجزء من المجموعة مع عرض للطرق الإنشائية المستخدمه.

أ. د محمد محمود عويضه

أستاذ العماره وتكنولوجيا البناء

جامعه القاهره

أهمية الانشاء فى العمارة

تعتبر وظيفة المبنى والمادة المستخدمة فى البناء هما المحددان الرئسيان لاختيار نوع الإنشاء وأحيانا تقنية التنفيذ.

وقد لعب الانشاء دورا إيجابيا فى تطور العمارة منذ بداية أنشاء أول مبنى أقامه الانسان لنفسه كمأوى يحميه من العوامل الجوية والآخطار من حوله وكان أول منشأ أقامة الانسان على وجه الارض هو بيته.

فالانشاء يمثل فى العمارة الجانب المادى الذى يمثلة الهيكل العظمى للحيوانات ، فهو يشكل هويته فى المظهر العام ، كأن يمشى على قدمين واقفا أو على أربع مثل معظم الحيوانات ، كذلك يمثل الهيكل الانشائى للمبنى أو الهيكل العظمى للمبنى الذى يميز شكله وهويتة أيضا ، فالانشاء هو الذى يساعد فى ظهور المحدد الرئيسى المبنى من حالة الخيال فى عقل المعمارى إلى حالة التحقيق والحقيقة كهيكل مبنى قائم يحتوى على الفراغات المعمارية فقد يتشكل المبنى فى معظم الأحوال طبقا للنظام الانشائى الذى يحتويه فحينما أستخدمت الحجارة والطين كمادة بناء ، أنعكس ذلك فى التعبير عن الشكل المعمارى لهذه المادة و استمرت لعصور طويلة، إلا أنها أيضا أختلفت من حيث الصيغة والتعبير المعمارى من مكان لآخر فى هذا العالم وذلك لإختلاف أسلوب وتقنيات التنفيذ وإختلاف

الأسلوب الانشائى المستخدم أيضا فى كل حضارة وطبقًا للظروف البيئية المحيطة.

ففى العمارة المصرية على سبيل المثال أستخدم الطين كمادة بناء فى أنشاء مسكن الانسان المصرى فى الحضارة الفرعونية كما أستخدم الحجر كمادة بناء أساسية فى المعابد و قد تميزت الحضارة المصرية بالأتى :

- ضخامه حجم العامود المصرى لإستخدام الاحجار الجيرية فى أنشاؤه وبالرغم من تجاوز هذا الحجم الكبير الدور الانشائى له ألا أنه أصبح عنصر معمارى له مدلول مميز خاص فى هذه الحظارة.
- كثرة الاعمده الضخمة فى المعابد الفرعونية خلفت فراغات صغيرة تكرر هذا فى معظم المعابد الفرعونية.

وفى العمارة الاغريقية والرومانية، أستخدمت أحجار أكثر صلابة من الحجر الجيرى فى العمارة المصرية وهي الأحجار الرخامية فأعطى ذلك عمارة أكثر خفه وجمالا، ساعد على ذلك

معبد فرعونى

الأعمدة الفرعونية

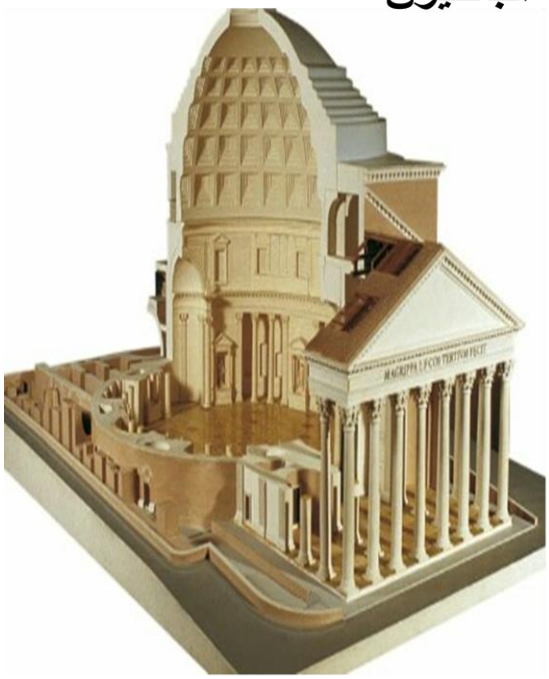
أيضا إستخدام النسب الرياضيه فى الانشاء، والتى نسبت فى الاساس إلى قطر العامود وأستناداً على نصف قطر قاعدة العامود كوحدة مناسبة تنظم كافة النسب والتناسب فى جميع عناصر المعبد الاغريقى والرومانى ، اضافه الى ظهور الخرسانة المصنوعة من مادة اليوزلانة ، اعطت إمكانيات جديدة أدت إلى زيادة البحور الداخلية الواسعة للفراغات كما فى معبد البانثيون حيث أمتد الفراغ حتى وصل إلى أربعة وثلاثون مترًا (34م)، والذى كان من الصعب تواجدة مع أستخدام نظام البناء بالأحجار فى العمارات السابقة، فقد تم أنشاء القبه والحوائط فى معبد البانثيون بإستخدام مادة خرسانه اليوزلانة كطريقة أنشاء جديدة ومبتكره.

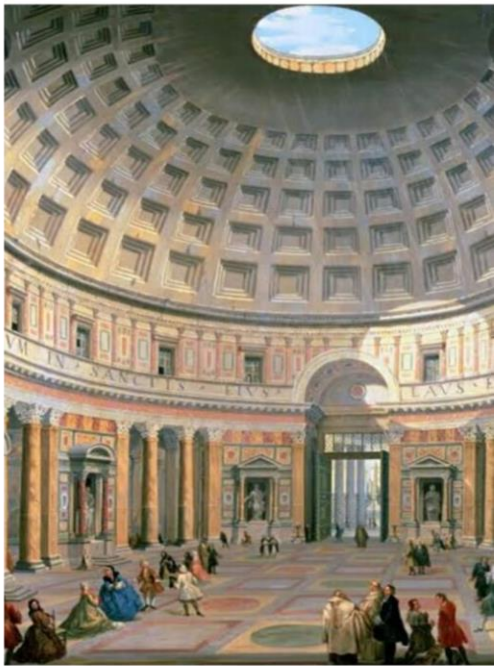
كما يعتبر الأسلوب الانشائى فى العمارة الغوطيه نقلة إنشائية كبيرة لأسلوب البناء بالاحجار ، حينما تم الوصول إلى أقصى ما يمكن الوصول اليه من إرتفاع شاهق مع أستخدام حوائط غير سميكه مع البناء بالحجر و تدعيمها بأستخدام الاكتاف الطائرة فقد إعتمدت العمارة الغوطية على فكرة إنشائية جديده لنقل الاحمال عن طريق الاكتاف الطائرة و الساندة للحوائط شاهقة الارتفاع ،

معبد اغريقى

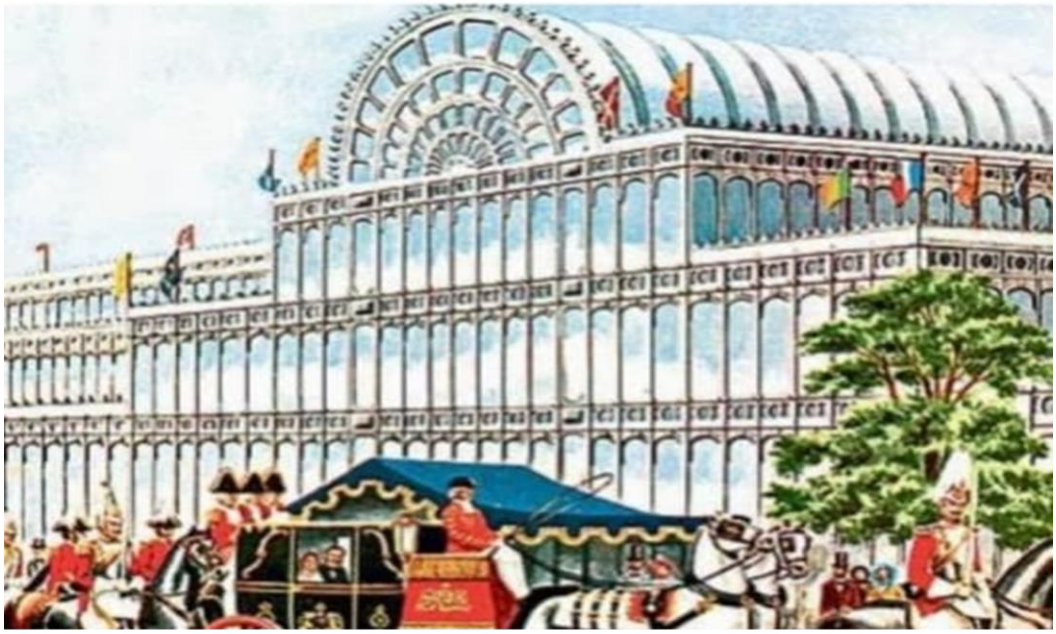
أنماط الأعمدة اليونانية

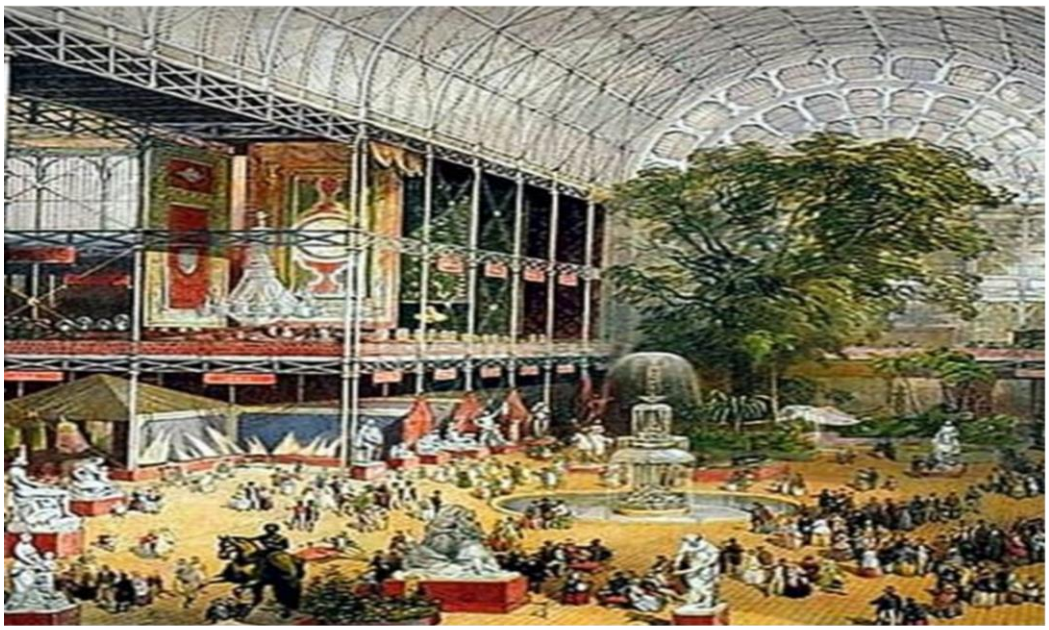
معبد البانثيون





معبد البانثيون من الداخل





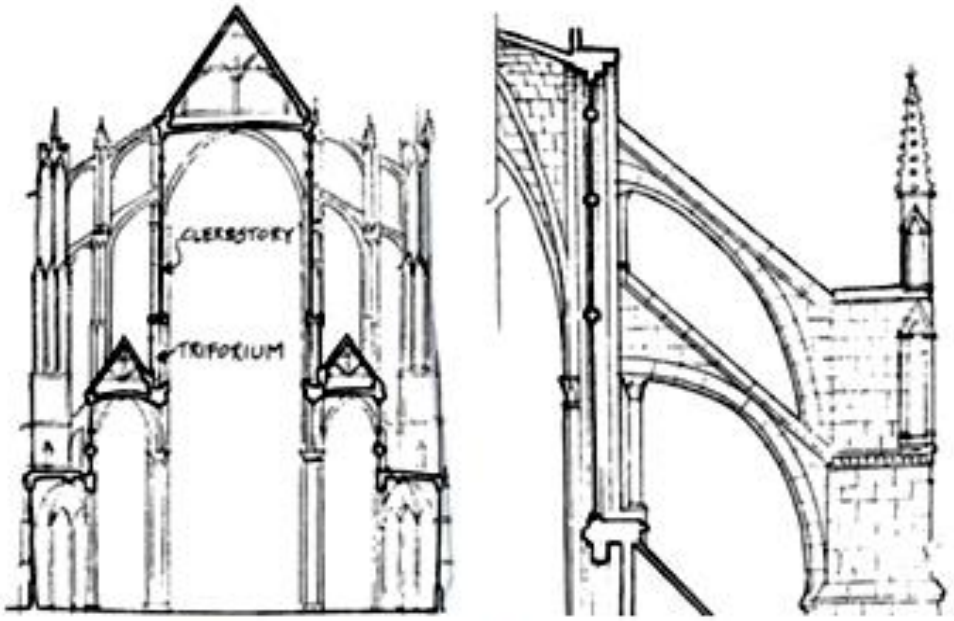
قطاعات حديد يمكن اعاده أستخدامها مره آخرى و غلاف زجاجى شفاف يسمح بنفاذ الضوء الطبيعى للداخل

والتى مكنت من الارتفاع الشاهق أيضا للفراغ الداخلى للكنائس بإستخدام الحجر كمادة بناء حيث تم بناء هذه الكنائس بأرتفاغات عالية وبأسماك قليلة للحوائط، وعن طريق أستخدام الاكتاف الطائرة من خلال تشكيلة من القوائم الرأسية لنقل الاحمال الناتجة من تلك الحوائط الرأسية و مقاومة قوى الرفص الجانبية، وبهذا وصلت العمارة الغوطية إلى قمة الابداع الانشائى من ارتفاعات شاهقه وحوائط غير سميكة ومع وجود هذه الاكتاف الطائرة السائدة أمكن الوصول إلى تلك الارتفاعات والتى كان من الصعب الوصول أليها من قبل بإستخدام الحجر كمادة بناء و بالأسلوب التقليدى.

ومع ظهور الحديد والصلب كمادة إنشائيه جديدة لم تتعود عليها العين من قبل حيث أدى ذلك إلى استنباط أشكال جديدة بعيدة عن الاشكال الدارجة فى العمارة، ظهر ذلك فى المعرض الصناعى الذى أستخدم فى تشييده الحديد والزجاج كنظام أنشائى أقيم فى زمن قياسى تمثل هذا فى مبنى القصر البللورى Crystal Palac كمثال واضح وهام فى تقديم أشكال لعمارة جديدة أستندت على نظام إنشائى من قطاعات من الحديد والزجاج.

العماره الغوطية و
الأكتاف الطائره

كنيسة نوتردام _ باريس



كنيسة نوتردام باريس وتبين الأكتاف الطائرة و القبوات الداخليه

ومن هنا ظهرت عمارة جديدة أصبح فيها النظام الانشائى هو المسيطر، وأصبحت العمارة رهينة النظام الانشائى وظهرت مبانى سيطر عليها الانشاء بنظامة وبموادة الجديده من الحديد والزجاج بعيداً عما تعودت العين المعمارية على روئيته لمبانى يغلب عليها الزخرفة وأستخدام النظم الكلاسيكية المعروفة بإستخدام الحجارة كمادة بناء تقليديه منذ آلاف السنين.

وكان لتطور استخدام قطاعات الحديد فى بناء القبة الجودسية كما رأينا ذلك فى معرض مونتريال الدولى 1967 مما كان لهأكبر الأثر فى تقبل أستخدام وتطبيق المنشأت المعدنية فى العمارة كرؤية جديدة، وأصبح الانشاء مسيطر، بل يلعب دوراً فى أظهار هوية المبنى وشكلة الخارجى.

وأدى ذلك لأن يكون الانشاء structurs دورا إيجابيا فى تطور العمارة المعاصرة من خلال التأكيد على أهمية التوصل إلى نظام أنشائى واضح كشرط أساسى من شروط التصميم المعمارى وأصبح الشكل المعمارى يرتبط أيضا بشكل الهيكل الانشائى فى المبنى، وبهذا أصبح الشكل الانشائى هو المؤثر والمتحكم الاكبر فى تكوين الشكل (Form) المعمارى النهائى للمبنى. حتى فى العصر الحالى نرى ذلك فى المبانى شاهقه الارتفاع وما يمثله من وضوح الانشاء ظاهراً فى تشكيل الهيئة الخارجية للمبنى حينما نرى التغير فى حجم المبنى كلما

ذاد المبنى فى الارتفاع والتدرج الحجمى طبقا للاوزان الواقعة على المبنى حينما يأخذ شكل المبنى فى صغر حجمه فى المسقط الأفقى كلما أرتفع البناء نجد خير مثال لذلك مبنى سيرس searus فى شيكاغو وكذلك أيضا فى برج دبى حيث التدرج الحجمى طبقًا للاوزان واضحا ومسيطر على شكل وهيئة المبنى.

برج دبى

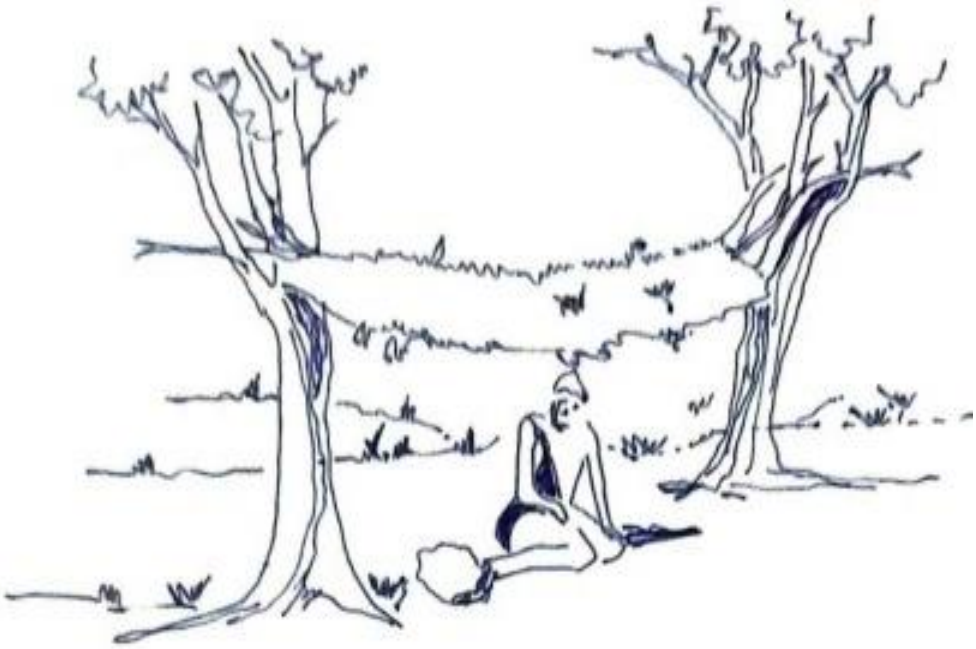
برج سيرس تور (شيكاغو)

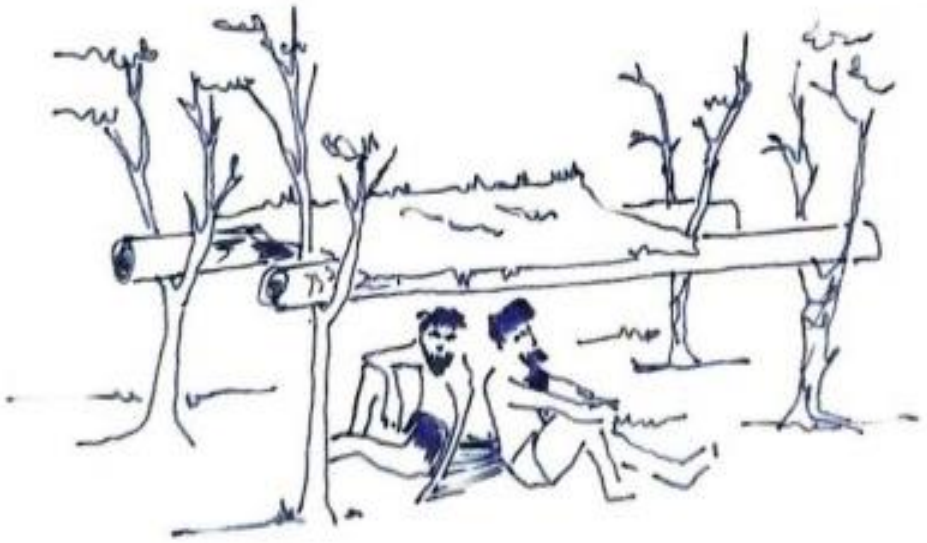
الشــكل المعمــارى

والانشـــاء

الشكل المعمارى والانشاء

فى البداية كان هناك أنسان يحتاج إلى مأوى يعيش فيه ويحميه من الحيوانات والعوامل الجوية من حوله، فقام الانسان فى البدايه بسكن الكهوف فى الجبال. ثم أقام المأوى الخاص بسكنه والذى بناة أولا من جلود الحيوانات وأفرع الاشجار فى هذا الوقت، كان هذا المأوى صغيراً وبمتطلبات محدودة، ثم بدا يتطور ويتنوع فى شكلة وحجمه إلى أن وصل إلى مرحلة متطورة حينما وصل الى مرحلة إبداع هذا الإنسان فى تصميم مسكنة، وعندما كثرت المتطلبات وتعددت وتنوعت الانشاءات للمبانى الجديده ظهر ان هناك ضرورة لوجود مهنى متخصص فى مهنة البناء، فظهر مهندس البناء حيث مارس مهنة المعمارى والانشائى فى آن واحد فكان يقوم بتصميم المبنى معماريا وإنشائيا كمهندس بناء، ولم يظهر الفارق بين مهنة المعمارى والانشائى الابعد أن تنوعت وتعددت الاجتياجات وتعقدت المتطلبات، كما تعددت أنواع المبانى من الناحية الوظيفية وأختلفت وتعقدت المتطلبات الانشائية لتغطية وأحتواء المتطلبات المعمارية، خاصة مع تعدد نوعيات المبانى ووظيفتها، والتى تتطلب نظم إنشائية وتغطيات مختلفه لإحتواء تلك المتطلبات المعمارية، لكل مبنى طبقا لنوعه.





فاختلاف التصميم و النظام الانشائى للمبانى السكنية ذات البحور الصغيرة عن التصميم والنظام الانشائى فى البحور الكبيره كما فى المبانى الرياضية ـ المعارض ـ المولات التجارية، المبانى ذات البحور الكبيرة الواسعة بصورة عامة من حيث نوع النظام والتصميم الانشائى المطلوب، و حيث فرضت الضرورة أن يتم الفصل بين المهن مهنة المعمارى عن مهنه الإنشائى وأن يكون هناك نظام إختصاص، فيقوم المعمارى بتصميم المبنى معماريا من خلال تحديد المسطحات المطلوبة وتوزيعها، بالاضافة إلى وضع الفكرة العامة للمشروع بالطريقة التى يمكن أن تعطى أفضل شكل وأفضل أداء معمارى.

ويقوم الانشائى بتحديد أفضل النظم الانشائية المناسبة لهذا النشاط وبما يعطى أفضل أداء أنشائى ومن جهه آخرى قد يتم التعاون بين المعمارى والانشائى فى تحديد النظام الانشائى المناسب للمشروع المعمارى ومن خلال ذلك يمكن إخراج المبنى بالشكل الذي تخيلة المعمارى، ثم يلي ذلك أشراك باقى التخصصات الآخرى فى أستكمال الآعمال الكهروميكانيكية والآعمال الاخرى المكملة.

ومن ذلك يتضح أن المعمارى والانشائى يلعبان دورا مهما فى تصميم المبنى للوصول بالمبنى ككيان مرئى، كما يؤكد أن العمارة والانشاء جناحان

مهمان لاخراج المبنى بالشكل والهيئة المطلوبة، فكلاهما يساهمان ويساعد كل منهما الاخر فى أنتاج المبنى، بالشكل الذي يختلف طبقا لنوع المنشأ والنشاط أو الوظيفة المناط القيام بها لهذا المبنى، وبالدرجة التى يمكن أستنتاج أن الشكل والانشاء هما عنصران متلاحمان يساهمان فى صياغة عمارة ككيان مرئى ومقروء.

ومن خلال ذلك يبرز عدة اسئلة:

* هل شكل المبنى ناتج عن المطلبات والاحتياجات المعمارية؟
* أو أن شكل المبنى هو إنعكاس للنظام الانشائى المستخدم؟
* أو أنه إندماج بين المطلبات المعمارية والانشائية للنظام الانشائى الذي يحتوي الفراغات المعمارية.

فأحيانا نرى أن الشكل الانشائى هو المسيطر على هيئة المبنى ومظهره الخارجى نرى ذلك كثيرا فى المنشأت ذات البحور الكبيرة أو الواسعة حيث يسيطر الانشائى على المظهر والهيئة الخارجية للمبنى.

والانشاء فى هذة الحالة يبدو كأنه يحتوي الفراغ المعمارى الذي يغطيه، ويظهر هذا واضحاً فى معظم المبانى ذات البحور الواسعة من سيطرة النظام الإنشائى وأحتواء الفراغ المعمارى لتكوين الشكل النهائى لهذه المنشأت

وعلى أعتبار أن الشكل وهيئة المبنى ناتج فى الاساس عن أختيار وأبداع المعمارى فى معظم الاحيان ويصل هذا الابداع إلى قمته حينما يقوم المعمارى بالاشتراك مع الانشائى فى إختيار وتحديد نوع الانشاء المناسب، كما يتخيلة المعمارى لهذة الفراغات الواسعه والكبيرة كجزء من هذا الابداع.

حينما يتلاحم ويتحدد عنصر الشكل المعمارى والانشائى لإنتاج هذا المبنى خاصة فى هذا النوع من الانشاءات ذات البحور الواسعه، حيث يكون الإنشاء هو المسيطر على هيئة وشكل المبنى، فى هذه الحاله يكون الشكل المعمارى خاضعًا لتحكم هذا النظام الانشائى، وعندما يكون نوع النشاط والوظيفة مرتبط بنوع الانشاء أيضا ومحدد لهوية المبنى بحيث يتشكل معمارياً طبقا للنظام الانشائى المستخدم وأنعكاس للناحيه الوظيفية للمبنى.

ومع الاخذ فى الاعتبار النقاط الاتية: -

- لا يمكن أن يتواجد أى مبنى معمارى دون جسم أنشائى يحتويه ويغلفة
- الانشاء هو المغلف الاساسى للفراغات المعمارية التى يحتاجها الانسان لممارسة أنشطه المختلفة وبدون هذا الغطاء الانشائى لا يكون ولا يكتمل هذا الفراغ.

- فى معظم الأحوال نجد أن الشكل الانشائى إنعكاس للوظيفة الخاصة التي يشغلها المبنى.
- الشكل الانشائى يمكن أن يكون أيضًا ناتج عن فكر المعمارى وأبداعه خاصة إذا تعاون المعمارى والانشائى فى تشكيل الهيئة العامة للمبنى.
- الشكل الانشائى أحيانا ما يكون تقليدا أو محاكاه أو أنعكاس للآتى: -
  - محاكاه لمخلوفات الله من الطبيعة التى حولنا.
  - محاكاه لآشكال لمبانى قديمة أو مقتبسة من مبانى ذات طابع تاريخى

ومن الامثلة التى تؤكد أو تعكس ذلك أقامه الهرم الزجاجى فى متحف اللوفر، فهو يعتبر صياغة جديدة لفكرة الهرم الاكبر فى الحضارة المصرية القديمة، تم تصميمه برؤية جديدة وبإستخدام مواد جديدة من الحديد والزجاج تماثل لغة العصر، فهو بذلك يكون أنعكاس لشكل قديم ذو طابع تاريخى تم وضعه بصيغة ورؤية جديدة مقتبسة من مبانى الحضارات السابقة.

فدائما ما نرى أن الشكل والانشاء عناصر ملموسة فى العمل المعمارى يمكن قراءة ذلك عندما يتم ترجمة المتطلبات المعمارية فى خيال المعمارى وفكره إلى متطلبات مادية ومعنوية، فالشكل والانشاء تعتبر من أداوت التصميم المعمارى وحيث يكون العامل البصري والمرئى فى العمارة يعتمد على أبجدية

ومفرادات الشكل والانشاء، وبالرغم من أن الانشاء بمفرده كان مثار للجدل منذ منتصف القرن التاسع عشر حيث برز السؤال عن أهمية ظهور أو إخفاء الانشاء فى هيئة العمل المعمارى.

وفى هذه النقطة كان هناك إتجاهين يمكن أيجازهم فى الاتي: -

- **الاتجاه الاول**

يرى بعض المعماريين أن هناك ضرورة لابراز الإنشاء فى العمل المعمارى بحيث يكون الانشاء ظاهرا بصراحة ووضوح كمؤشر للنزاهة والصراحة والوضوح وأن التمسك بذلك من قبل المعمارى هو نوع من الصدق والصراحة فى التعبير.

- **الاتجاه الثانى**

يرى بعض المعماريين أن هناك ضرورة لتعمد أخفاء الإنشاء ودفنه فى ثنايا العمل المعمارى بهدف التركيز على إظهار العمل المعمارى فقط، ورغبة منهم فى تحرير هذا التكوين المعمارى من كافة القيود التى قد يفرضها الانشاء.

الهرم الزجاجى _ اللوفر

فالإتجاه الثانى الذى يدعو إلى ضرورة إخفاء الانشاء فى العمل المعمارى أصبح أتجاه وغاية فى حد ذاته، وقد ظهر من ينادى بوجوب تحرير التكوين والشكل المعمارى من كافة القيود الانشائية ودأب بعض المعماريين فى أعمالهم إلى أسقاط الاعتبارات الانشائية من حساباتهم، على أعتبار أن الانشاء يعيق مسار تصميم المبنى، ويحد من حرية المصمم المعمارى وأبتكاراته ، وفى منتصف القرن العشرين تلاشى هذا الجدل الخاص بوضوح الانشاء أو إخفائه فى العمل المعمارى خاصة بعد التطور فى تقنيات البناء وظهور مواد جديدة لم تكن مستخدمه معماريا من قبل وأصبح الانشاء يفرض نفسه وحضوره على المبنى بل فى بعض الاحيان وصل إلى الحد أن أصبح مسيطراً على العمل المعمارى.

وأصبح التطور التقنى فى المنظومات الانشائية وتطور مواد البناء، بألاضافة إلى ذلك تطور فى بعض تقنيات التنفيذ أدى إلى تغيير واضح فى هيئة المبانى المعمارية، وكتأثير، واضح وملموس.

ومع الاخذ فى الاعتبار أن المنظومة الانشائية يحب أن تتلائم وتتوافق مع متطلبات التصميم المعمارى بما يخدم فى النهاية التكوين المعمارى وهيئة وشكل المبنى المنشود، فالعمارة المطلوبة يتسنى تحقيقها حين يدرك الجميع العلاقة الوطيدة بين الانشاء والعمارة، أو الانشاء والشكل المعماري.

ومن ناحية أخرى فإن سيطرت الانشاء على العمل المعمارى كما سمى عند بعض الإنشائين بالشكلية الانشائية كإنطباع على شكل المبنى و الذى تبناه بعض الانشائيين حينما إدعو أن هذه الشكلية الانشائية تلعب دورً إيجابيا فى تطور العمارة منذ بدأ الخليقة حتى اليوم، و ذهب بعض الانشائيين فى مغالاتهم هذه على الايمان بان الشكلية الانشائية تلعب دورا فى تطور العمارة و دوراً كبيرا فى ولادة الشكل و التكوين المعمارى وفى هذا الاتجاه نجد أن سيطره الانشاء على العمل المعمارى سلاح ذو حدين كما يتضح فى الآتي: ـ

أولا: قد يكون الانشاء فى المقام الاول يحقق ويساعد على فرصة للتعبير المعمارى الخلاق عندما يساعد الشكل الانشائى على ذلك.

ثانياً: قد يشكل النظام الانشائى عائقا أو يمثل ثقلا على التعبير المعمارى، خاصة عندما يكون النموذج الانشائى متكررا فى أستخدامه مما يولد تعبير معمارى متكرر يدعو إلى الملل الذي يمكن معه القول أن الشكل المعمارى تحكمه ضوابط تحول دون تحرر العمل المعماري.

فقد يسيطر النظام الانشائى على العمل المعمارى، مما يترتب على ذلك من إسقاط للانشاء والعناصر الانشائية على طابع العمل المعمارى، ومن هنا يركز

الاتجاه الانشائى على أهمية دور الانشاء ويمكن بإختصار من خلال تحديد النقاط التى ترتبط بالتصميم الانشائى وارتباطه بالعمل المعمارى كالاتي: -

- القرار المعمارى والانشائى الذي يتعلق وينشأ بين التصميم المعمارى والتصميم الانشائي.
- القرار الذي يرتبط بإختيار النموذج الملائم من المنظومات الإنشائية للعمل المعمارى المقترح.
- أختيار المواد الإنشائية الملائمه للنظام الانشائى كما يجب أن تكون أيضا ملائماً ومناسباً للعمل المعمارى
- التفاصيل الانشائية المطلوبة لاظهار العمل فى أفضل صورة.

ويترتب على ذلك أن يكون العمل المعمارى هو خلاصة ما توصل اليه النظام الانشائى وما يترتب على ذلك من ضرورة توظيف المواد ونظم الانشاء وتقنية التنفيذ لانتاج هذا العمل المعمارى، كما أن الرابط الكبير الذي يربط الانشاء بالبيئة المحيطة والذي تتنوع فيها الافكار الانشائية طبقا لاختلاف الظروف البيئية المحيطة.

فقد حاكت بعض النظم الانشائية ما يوجد بالبيئة المحيطة من مخلوقات مثل الحيوانات والأشكال البيئية الأخرى، فقد أقتبس بعض الانشائيون ذلك من خلال

التقليد والاقتباس لأشكال المنشأت التى قاموا بتصميمها. وما تحتويه هذه الاشكال من ثبات مادي وقوة خلقها الله، كما أنها تنوعت طيقا للبيئة المحيطة بيئة (حارة ـ باردة ـ معتدلة ..... الخ) وكان لتأثير إستخدام المادة من البيئه المحيطه وأستخدام مواد البناء السائده أكبر الأثر فى تشكيل الفكر ووجدان المهندس الانشائي.

وفى بداية النصف الثانى من القرن العشرين عندما تم توظيف الحديد والصلب والزجاج كأشكال أنشائية جديدة على سبيل المثال أدى إلى ظهور أشكال لمبانى جديدة لم تتعود العين عليها من قبل الأمر والذي أدى إلى انتشار تلك الاشكال الجديدة للمبانى، والتى تعتبر بعيدة تماما عما تعودت عليه العين من أشكال تقليديه فى العمارة، وما ينتج عن ذلك من أن العماره أصبحت رهينه للمواد الجديدة والنظام الانشائى ثم بدا التقارب مجددا خاصة بعد النصف الثانى من القرن العشرين والذي نتج عنه النقاط التاليه: ـ

- أن التعبير عن العمارة يتطلب حضور الشكل والتشكيل كما يتطلب حضور الانشاء أيضا.
- أصبحت العمارة تشهد حالة من التلاحم بين الشكل والانشاء مجددا.
- الشكل والانشاء مجتمعين كان دائما وراء التكوين المعمارى لتلك المبانى الجديدة.

كما ان لظهور اتجاه ما بعد الحداثة بعد عام 1960 الذي أدى الى تبنى عدد من المعماريين له، حينما نادى هذا الاتجاه الى عمارة ما بعد الحداثه كثوره ضد صرامة الإتجاة نحو الحداثه، وصرامة وجمود الاتجاة المتمثل فى عدم التنوع والذي ساد عمارة بعد الحرب العالمية الثانيه حيث اعيد بناء هذة المبانى بطرز حديثة والتى لا يوجد لها تاريخ حتى وصل الى الحد من اهمال هذه الاتجاهات للتاريخ الموروث.

وقد آمن بعض المعماريين بهذا الإتجاه وطبقوها في تصميم مبانيهم ويمكن بأختصار توضيح النقاط التى امنوا بها فى الآتي:

- محاوله البعد عن أفكارالطراز الدولى الذي ظهر بعد الحرب العالمية الثانيه من تكرار وتماثل وتشابة فى اشكال المبانى.
- محاوله التخلص من رتابة المبانى السائدة والتى لا ترتبط بالماضى والحاضر والمستقبل حتى تتواصل الأجيال.
- ساعد على ذلك مؤتمر سيام Ciam الذي نادى بنبذ العمارة الوظيفيه

ومن هنا ظهر عدة اتجاهات منها اتجاه ما بعد الحداثه والتفكيكيه واتجاه التقنيه المتقدمه وعمارة التقنيه الحديثه.

وعندما جاءت افكار واتجاهات التفكيكيه فى العمارة رفضت الإنشاء والوظيفه كمحدد من مراحل فكرة العمل المعمارى ليتجدد مرة أخرى حالة الإنفصام بين الشكل والإنشاء وأصبحت العمارة عبارة تكوينات وأشكال مجردة.

وساعد على ذلك ظهور وتطبيق التقنيات الجديده سواء بأستخدام الكمبيوتر وتطبيق العمارة الذكيه .Digital Arch فى تصميم وانتاج المبانى مما أدى الى أن تلعب التكنولوجيا دورا فى ظهور عمارة ذات تقنيه عاليه وأدرك كل من المعماريين والإنشائيين بأن خواص التقنيه المتطوره فى عملية التصميم يجب ان لا تأخذ أولويه كا انها يجب ان لا تسقط كليا من الحسابات.

وتعتبر عمارة التقنيه High- Technologyكتيار معماري ظهر بعد إتجاه ما بعد الحداثه فى سبعينيات القرن العشرين والذي إعتمد على آخر المستجدات التكنولوجيه والتطور التقنى. ومن خلال تطبيق التكنولوجيا والتقنيه الجديده ظهرت أبنية جديدة وفكر جديد يمكن بإختصار تحديد تلك الأفكار فى النقاط التاليه: -

- اعطاء المبنى بشكل عام مظهر صناعى عن طريق إظهار عناصر الصناعة والتكنولوجيا فى تصميم المبنى.

- تحقيق الثورة الصناعيه الجديدة مع التطور التكنولوجى وإنطبع ذلك على معظم ما تم انتاجه من مبانى.
- اسهمت الإنجازات التكنولوجيه وتقدمها لتكون جسر بين الحداثه وما بعد الحداثه.

وعندما جاءت الثمانيات من القرن الماضى أصبحت العمارة الفائقه High-Technology أكثر صعوبة فى تميزها عن عمارة ما بعد الحداثه وذلك لتضمنها العديد من الأفكار من عمارة التقنية المتقدمة التى ضمت افكار ما بعد الحداثه فى معظم الأعمال المعمارية التى ظهرت فى تلك الفتره.

يمكن باختصار تحديد الخصائص التى تميزت بها عمارة التقنية المتقدمة High-Tec فى الآتى:

- إبراز جميع التقنيه المستخدمة فى المبنى وذلك من خلال إظهار جميع التركيبات الفنيه واظهار ما كان يتم إخفاؤه من أنابيب التهويه والتكييف والكهرباء والتى تركت ظاهرة ومكشوفه فى المبنى من الداخل كما فى الخارج ايضاً.
- استخدام العناصر الجاهزة أو سابقة التجهيز فى الجدران الداخليه والخارجية أيضاً.

- استخدام الحيد في العناصرالإنشائية مما اعطى خفه في المنشأ والزجاج للإسفادة من الاضاءة الطبيعيه.
- إبراز العناصر الإنشائية للمبنى حتى يمكن رؤيتها بوضوح على الواجهه ظاهرة ومرئية.
- استخدام الحديد والزجاج فى عمليات الإنشاء للاستفادة من الحديد وإمكانياتة ومن خلال ذلك ظهر كثير من المعماريين الذين آمنو بهذا الإتجاه High- Technology وطبقوها فى أعمالهم ومن الأمثله البارزة التى تؤكد ذلك مبنى مركز جورج بمييدو فى باريس عام 1977 من تصميم المهندس ريتشارد روجرز والمهندس ربنزو بيانو وقد تميز هذا الإتجاه بالآتى: -
- تزوع المصممين المعماريين الذين اتجهوا لهذا النظام الى تعقيد فى الأشكال المعمارية والمظهر الخارجى والداخلى للمبنى وذلك من خلال اظهار ما يجب أن يخفى داخل المبنى من أنابيب التهوية والتكييف ووصلات الكهرباء كما تعمدو الى أظهار المصاعد والسلالم الآلية ظاهرة على واجهه المبنى كما نرى فى مركز يوميدو فى باريس حيث ظهر السلالم الكهربائيه التي تصل بين الأدوار على واجهه المبنى.

- إتجه المصممين المعماريين ايضاً الى تكريس واضح للعناصر الإنشائيه الخاصة بالمبنى حيث أثرت المنظومة الإنشائيه على عمارة المبنى وظهر ذلك فى الواجهات كما ظهر فى داخل المبنى أيضاً بوضوح

ومن أفضل الأمثله التى طبقت التقنية الحديثه .High Tec أو العمارة الفائقة الآتى: -

1- مركز جورج بومبدو فى باريس (1977).

2- برج هيرست فى أمريكا (2006).

3- برج ينك الصين (هونج كونج) (1985).

1- مركز جورج بومبدو فى باريس (1977)

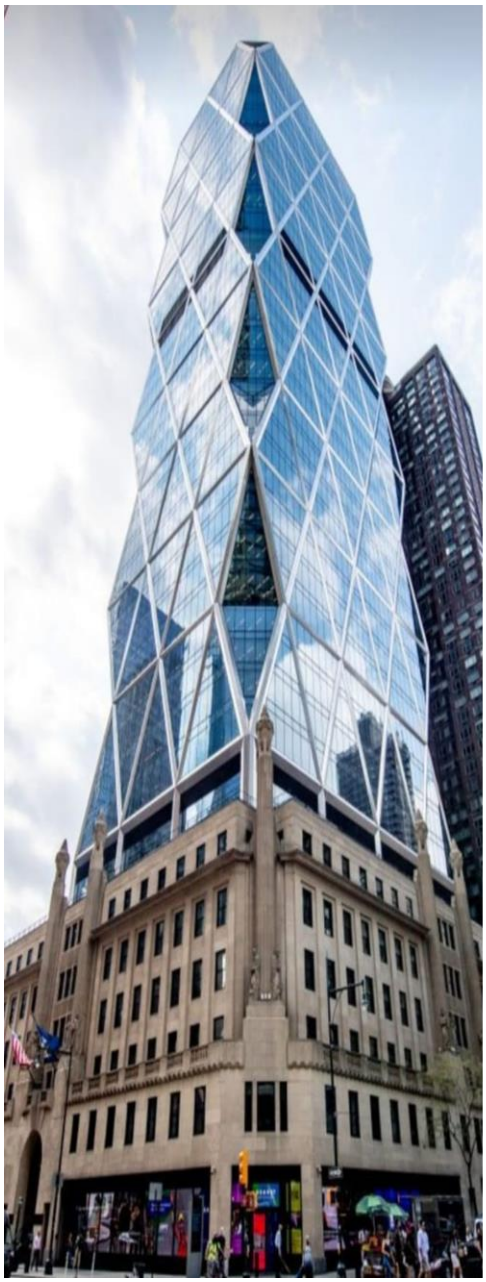
من تصميم المهندس ريتشارد روجرز والمهندس رينزو بيانو كعمارة قائمة على التكنولوجيا العاليه أو الفائقة ويعتبر هذا المبنى خير مثال لذلك حيث تم إظهار جميع أنابيب التهوية والتكييف مرئية للعين فى داخل المبنى وخارجه.

كما تم إظهار وسائل الوصول خارج المبنى على الحوائط الخارجيه عن طريق أنابيب زجاجيه تحتوي على السلالم المتحركه كأمبوب صاعد يسمح للزوار للدخول الى أدوار المبنى المختلفه. وتركت المساحة الداخلية حره سمح بتقسيم المساحات الخاصة بالمعارض وبأستخدام القواطيع السابقة التجهيز.

مركز بومبدو باريس

2- برج هيرست

صمم هذا المبنى نورمان فوستر المعمارى الإنجليزى بجزيرة مانهاتن نيويورك امريكا (2006) و يعتبر من أحد رواد العمارة الفائقة High Tech و قد حصل هذا المبنى على جائزة (LEED) الجائزة الذهبية لبرنامج الريادة وتصميمات الطاقه و البيئه و يقع هذا البرج وسط منهاتن فى نيويورك و يتميز بالاستدامه حيث يستهلك طاقه أقل بنسبه 25% مع إستخدام نسبه 85% من الفولاز المعاد تدويرة حيث صمم بمواصفات لها ديمومة طويله كأول مبنى مكاتب تم أستخدام فيه الحديد الصلب و الزجاج المقوى للسماح بالضوء الطبيعى فى اضاءة الفراغ الداخلى و يتكون البرج من 46 طابق بإرتفاع 182 م مع الإحتفاظ بواجهات المبنى القديم المكون من ستة أدوار كقاعده للمبنى و أساس لبرج هيرست القديم و الذى بنى فى ثلاثنيات القرن العشرين.



برج هيرست
المعمارى نورمان فوستر

3- برج بنك الصين (هونج كونج) (1985).

تصميم المعمارى نورمان فوستر Norman Foster و يعتبر مبنى برج بنك الصين ناطحه سحاب تقع وسط هونج كونج كمقر رئيسى لبنك الصين (HSBC) و يعتبر اكثر المعالم شهرة فى هونج كونج و البرج مملوك الى مجموعة HSBC كشركه مقرها لندن و صمم المبنى على مبدأ عمارة التكنولوجيا الفائقة High Technology Arch حيث طبق فى إنشاؤة و تميز هذا البرج بإبراز الهيكل الإنشائى من الخارج كتعبير انشائى ظاهر Structural Expression و استخدم الحديد و الزجاج فى عملية الإنشاء حيث يسمح هذا الزجاج بالضوء الطبيعى للمرور الى داخل المبنى من خلال واجهات زجاجيه صريحه و إنشاء واضح على الواجهه.

وبإستخدام الكمبيوتر كوسيلة للرسم ساعد على إنتاج أشكال معمارية وإنشائية كان من الصعب انتاجها بالطرق التقليدية معمارياً أو أنشائياً وبالطرق الانشائيه المعروفه.

ومن أفضل المعماريين اللذين طبقوا ذلك فى أعمالهم المعماريه زها حديد والمعمارى فرانك جيرى وغيرهم من اللذين

برج بنك H S B C الصين "هونج كونج" معمارى نورمان فوستر

يعتنقون مبادىء العمارة التفككية كأمثلة تؤكد أنه قد يكون لكل معمارى رؤية خاصة من أستعمال أشكال عضوية للحوائط والأسقف، يصعب إنتاجها باستعمال طرق انشائية تقليدية وبمساعدة الكمبيوتر أمكن أنتاج أشكال كان من الصعب إنتاجها باستخدام طرق الرسم التقليدية والحسابات الأنشائية المعتادة أو المعروفة.

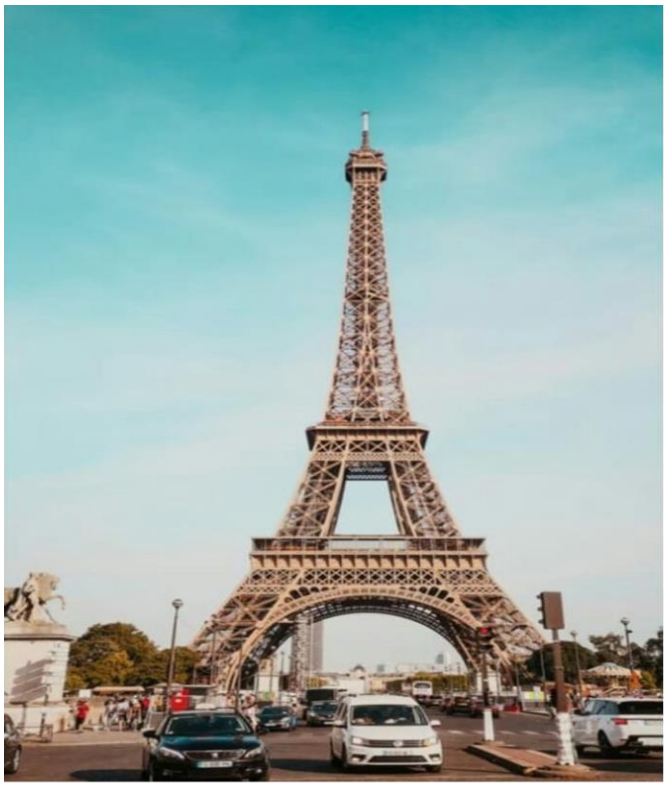
ونفس الشىء فى الأشكال المعمارية غير التقليدية وقد نرى كمثال مؤثر فى هذا الإتجاه أعمال المعمارية زاها حديد الأنجليزية والعراقية الأصل، التى بدأت بدراستها الأولى فى الرياضيات فى الجامعة الأمريكية فى بيروت قبل أن تلحتق بالجمعية المعمارية وتنال أجازة ماجستير العمارة عام 1977 ثم قامت بالتدريس فى هذه الجمعية وقد أنطبعت الخلفية الرياضية التى درستها على جميع الأشكال المعمارية الجديدة على العين المعمارية والمعقدة فى تصميمها فى جميع أعمالها المنفذه.

ومع الرغبة فى الأتجاه الى الرأسية والأرتفاعات العالية لمنشاءات إنشائية ذات طبيعة خاصة تراها فى عمارة اليوم حيث تتنافس الدول فى أقامة المبنى الأطول والأعلى فى العالم.

مجمع سكنى متعدد الأغراض بلجراد _المعماريه زها حديد

المعماريه زها حديد _مبنى متحف حيدر عليف

قاعه والت ديزنى للحفلات الموسيقية _المعمارى فرانك جيرى



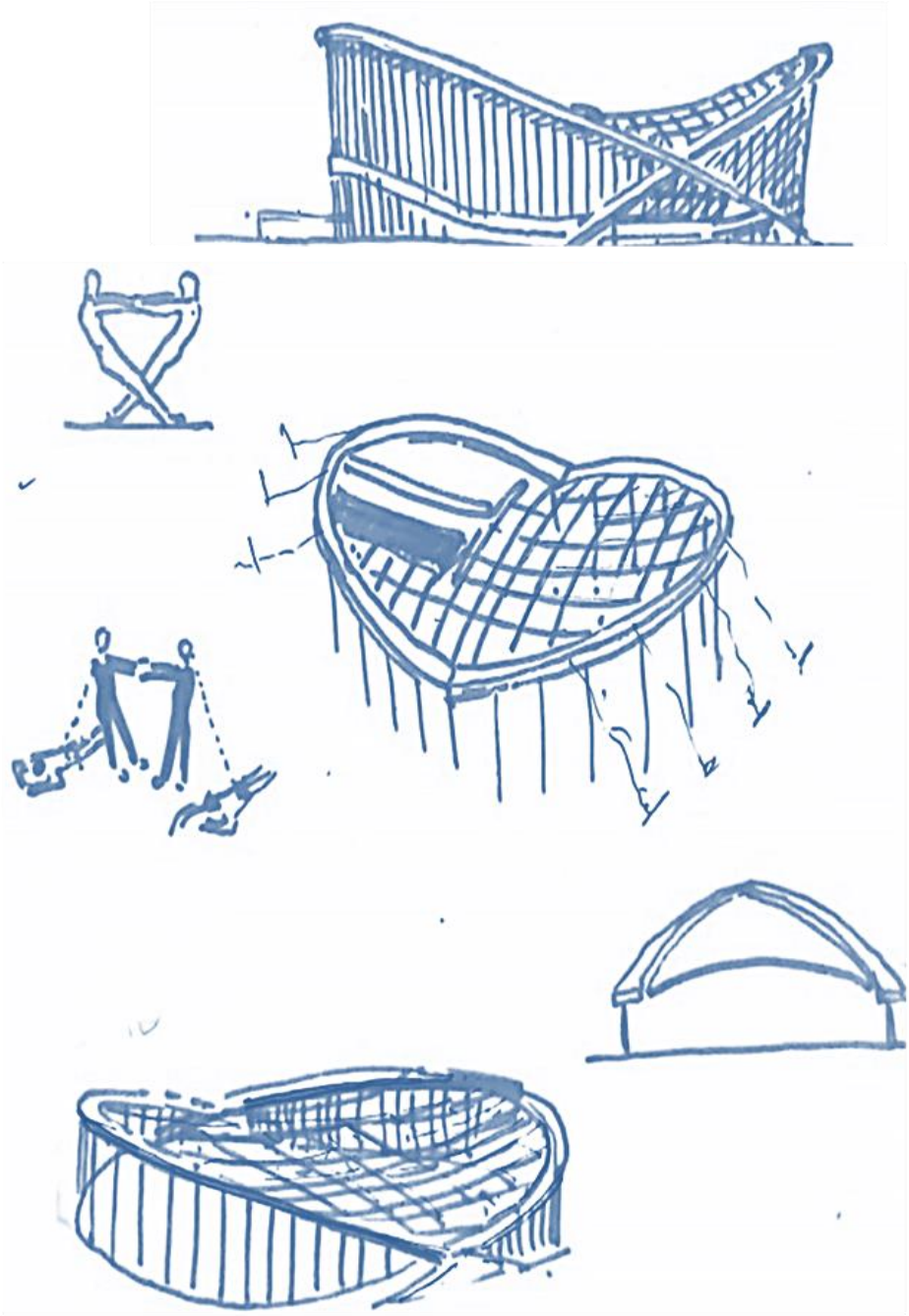
برج أيفل
الاتزان الأنشائى

هونكوك
بشيكاغو

بدأ ذلك فى أمريكا مع بداية القرن العشرين حيث كان سائداً الإتجاه إلى إقامة مبانى شاهقة الإرتفاع أوناطحات سحاب فى مدينة نيورك ومدينة وشيكاغو رغبه فى إظهار القوة والعظمه والإبهار حيث نفذ عدد كبير من المبانى العالية شاهقة الأرتفاع للدولة الجديدة إعلانا عن قوة وعظمة تلك الدولة الجديدة كقوة كبرى (51 ولايه).

وتبعتها دول كثيرة فى هذا الإتجاه فكان التسايق فى اقامة المبنى الأعلى والوصول بهذه المبانى بارتفاعاتها الضخمة الشاهقة الإرتفاع ووالتى اعتمدت فى المقام الأول على الإستقرار الإنشائى كنوع من التحدى الأول والمؤثر فى هذه المبانى شاهقة الإرتفاع.

وطبق ذلك فى أنشاء جميع المبانى التى تأخذ صفة الرأسية بداية من بناء الأهرامات بإرتفاعاتها الشاهقة فى الحضارية المصرية القديمة وقوة الإستقرار الإنشائى فى شكلها. ورأينا ذلك أيضا فى برج أيفل فى باريس حيث الإستقرار الأنشائى واضحا ومسيطرا على الشكل العام للمبني.



الاتزان و الإستقرار الانشائى فى المنشأت الافقيه ذات البحور الواسعه

نجد ذلك أيضا فى مبنى سيرس فى شيكاغو Sears tower مبنى شاهق الإرتفاع حيث يتغير فى الحجم كلما ذاد فى الأرتفاع كما نراه أيضا فى برج دبي كأعلى برج شاهق الإرتفاع حتى اليوم فى العالم وكمثال الإنتقال الأحمال وتغير المسقط الأفقى فى الحجم كلما ارتفع بصغر حجم المسقط كلما ارتفعنا الى أعلى.

الفكرة الإنشائية Structural Concept

تربط الفكرة الإنشائية بوظيفه المبنى في الأساس والبحور التي تغطي الفراغات فهي في الأساس ترتبط بالفكرة التصميمية المعمارية للمشروع حيث يشكل الإنشاء تبعاً لنوع النشاط في المباني ذات البحور الصغيرة والذي يختلف فى الفكرة الإنشائية عن المبانى ذات البحور الكبيره.

العناصر التى تحكم الفكرة الإنشائيه: -

- تحقيق الإتزان والأمان الإنشائى للمنشأ (المبنى)
- وظيفة الفراغ أو المبنى والنشاط المخصص له كل فراغ وعليها يتحدد نوع الإنشاء المناسب.
- ابراز قوة المبنى والمظهر الخارجى له.

- محاولة تحقيق الوفر فى التكاليف الخاصه بالمنشأعن طريق المقارنة بين الأوفر تكلفة فى نوع الماده المستخدمة (حديد – خرسانه)

الفكرة التنفيذية Construction Concept

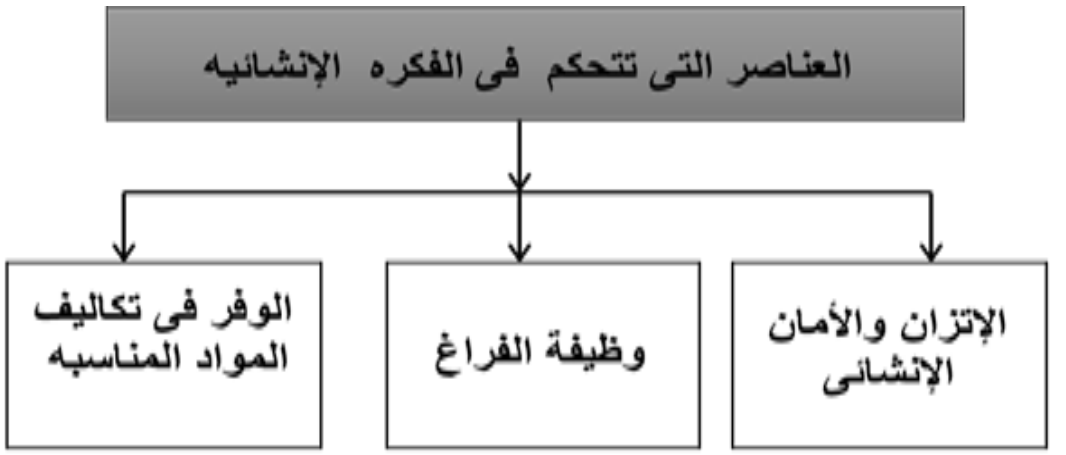
وهي تعتمد على فكرة تنفيذ المشروع والنظام أو الطريقه المتبعة فى تنفيذ المشروع طبقاً للطرق الآتية: -

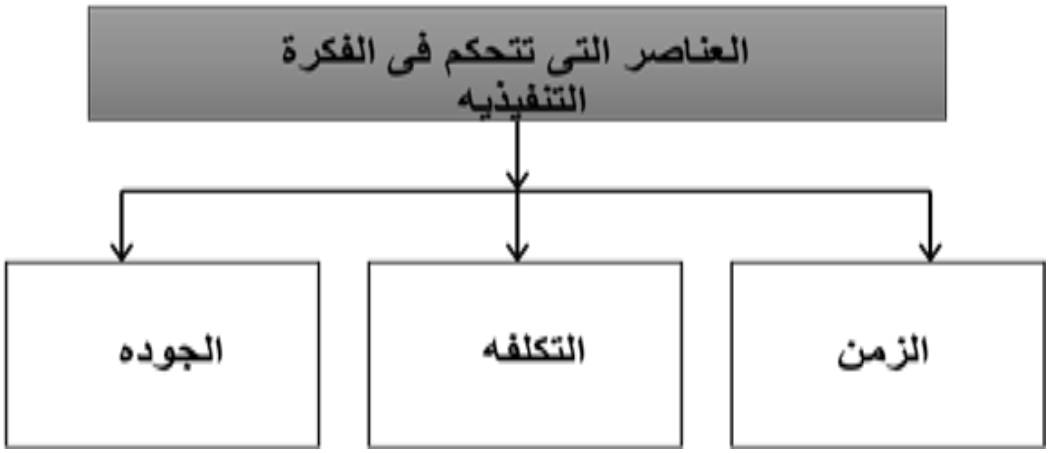
- طرق تقليدية.
- طرق مميكنه فى الموقع.
- طرق سبق التحيز.
- طرق تعتمد على الحاسوب(الكمبيوتر) والروبوت Robot.

وتستند فكرة تنفيذالمشروع على الفكرة الخاصه بأسلوب التنفيذ المتبع فى كل مبنى مع الأخذ فى الإعتبار العناصر التى تتحكم فى أعمال التنفيذ وهي.

- الزمن (وقت التنفيذ).
- التكلفة (مدى الوفر فى التكلفه).
- الجودة (جود التنفيذ لبنود الاعمال).

وهي العناصر الأساسيه التى تتحكم فى أعمال التنفيذ وتختلف درجة كل عنصر على مدى الرغبه والوفر فى زمن التنفيذ، ومدى الوفر فى التكلفه مع ثبات عنصر الجودة فى جميع الأحوال فقد يمثل عامل السرعة (الزمن) فى تنفيذ المشروع الحاكم الرئيسى أو أن يكون عامل التكلفة الحاكم الرئيسى وفى كلتا الحالتين فإن عامل الجودة ثابت ولا يجب المساس به.





النظم الإنشائية

Structural Systems

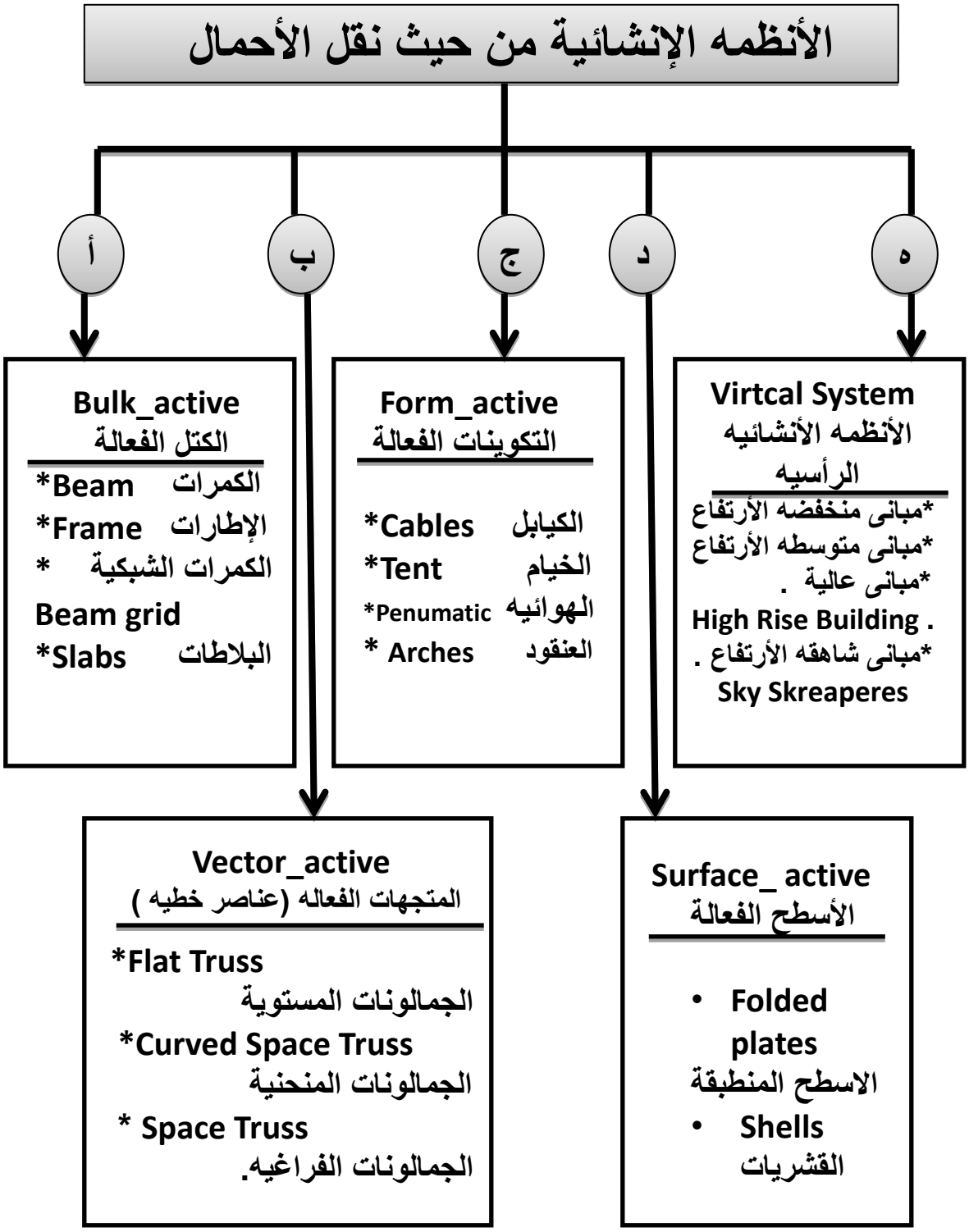
1- الكتل الفعالة Bulk-activ

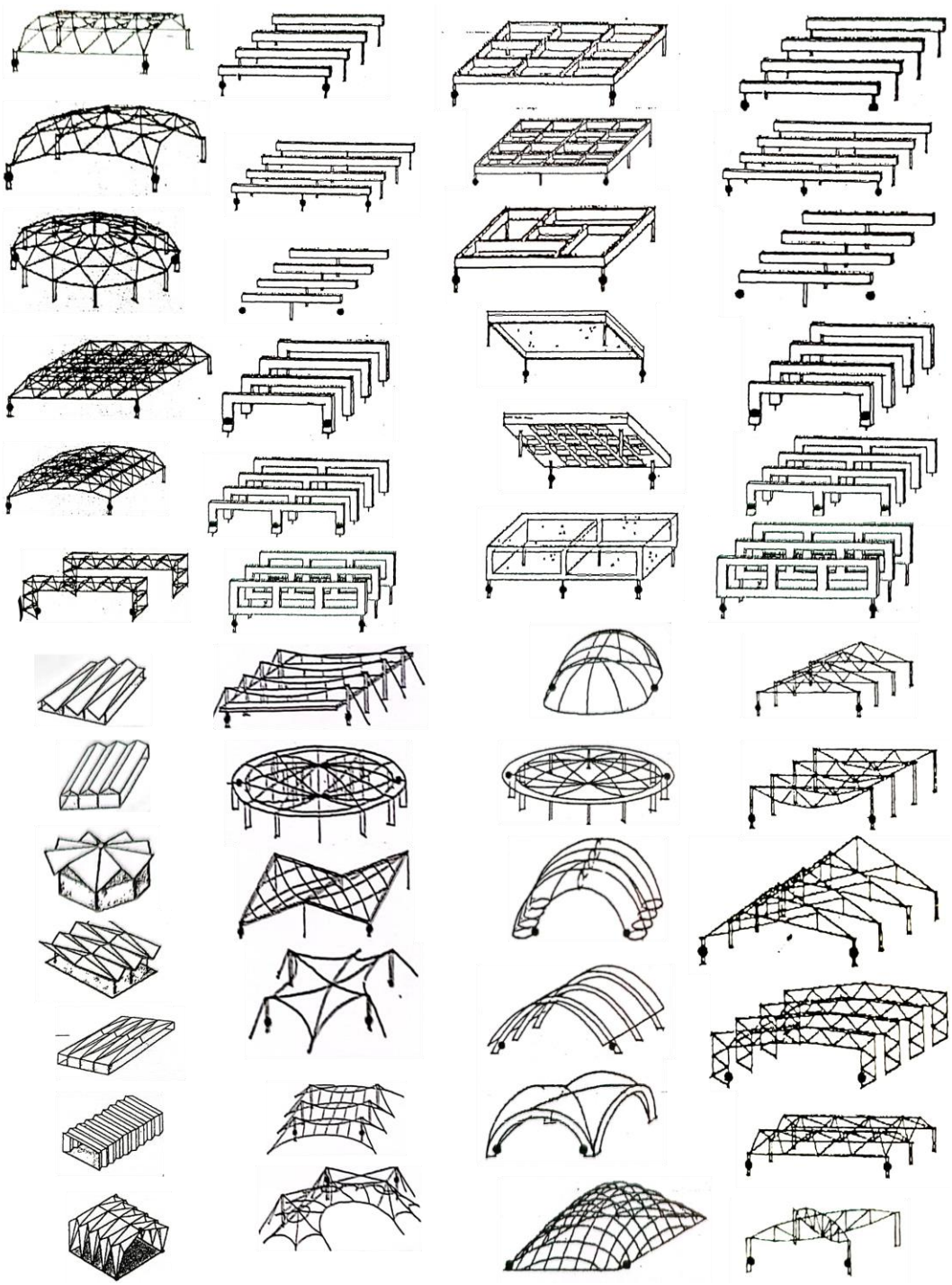
2المتجهات الفعالة Vector-active

3- التكوينات الفعالة Form-active

4- الأسطح الفعالة Surface-active

5- الأنظمة الإنشائية الرأسية Vertical Systems


الأنظمه الإنشائية من حيث نقل الأحمال
أ
ب
ج
د
ه
Bulk_active
الكتل الفعالة
*Beam الكمرات
*Frame الإطارات
* الكمرات الشبكية
Beam grid
*Slabs البلاطات
Form_active
التكوينات الفعالة
*Cables الكيابل
*Tent الخيام
*Penumatic الهوائيه
* Arches العنقود
Virtcal System
الأنظمه الأنشائيه
الرأسيه
*مبانى منخفضه الأرتفاع
*مبانى متوسطه الأرتفاع
*مبانى عالية .
High Rise Building .
*مبانى شاهقه الأرتفاع .
Sky Skreaperes
Vector_active
المتجهات الفعاله (عناصر خطيه)
*Flat Truss
الجمالونات المستوية
*Curved Space Truss
الجمالونات المنحنية
* Space Truss
الجمالونات الفراغيه.
Surface_ active
الأسطح الفعالة
• Folded plates
الاسطح المنطبقة
• Shells
القشريات



أشكال الانواع الانشائية

النظم الإنشائية Structural Systems

يتحدد الأساليب الإنشائيه لتغطيه الفراغات المعماريه ونقل الاحمال تبعاً للنظام الأنشائى المتبع الذي يختلف طبقا لطريقه توزيع الاحمال كاحمال عمودية على المنشأ أو ان تكون الأحمال داخل جسم المنشأ نفسه كقوى محوريه و يمكن تصنيف النظم الإنشائيه طبقاً للآتى: -

ا- أحمال عمودية على المنشأ

فيها يتم نقل الحمل طبقاً لمقدار سماكه الوحدات الإنشائية فكلما زادت الأحمال زاد سماكه وعمق الوحدات الإنشائية.

1- أحمال محورية

تعتمد هذة الطريقة على تحويل القوى الى قوى محوريه داخل الجسم الإنشائى وكلما زادت القوى كلما زادت قوى الشد داخل الجسم الإنشائى.

2- الكتل الفعاله

أ- تشكيل إنشائى يعتمد على الكتلة (الكتل الفعالة) وأبعاد العنصر الانشائى

Bulk active form

- الكمراتBeams
- الاطارات Frames
- الكمرات المتقاطعة الشبكية Beam grid
- البلاطات Slabs

ب- تشكيل إنشائى بفاعلية المتجهات Vector Active

- الجمالونات المستوية Space Truss
- الجمالونات (المقوسة) Curved Truss
- الجمالونات (الفراغية) Space Truss

ج-التكوينات الفعالة Form-activeبفاعليه التكوين

يعتمد على تحويل القوى من قوى متعامدة على الوحدة الى قوى تمر داخل هيكل الانشاء نفسه أى تحويل القوى الى قوى محورية Axial Force وتنقسم الى نوعين: -

1- تشكيل انشائى بتأثير وبنشاط التكوين الشكلى للمنشأ.

2- تشكيل انشائى ناتج عن الأسطح الفعاله.

1- تشكيل انشائى بتأثير ونشاط التكوين الشكلى

وفيه يتم تحويل القوى الى قوى محورية داخل المنشأ.

- الكابلات (الكيابل) Cables

تعمل الأسطح تحت تأثير اجهاد الشد و من عيوب تلك الكيابل أنها غير ثابته و يتغير شكلها طبقاً للقوى المئثره: -

- الكيابل المشدودة Tension Cables
- الكيابل المعلقة Suspension Cables

ويتغير الشكل طبقاً لتغيير القوى الواقعه عليه.

- الخيام Tent

تعمل المنشآت الخيامية أو النسجية Fabric تحت اجهاد الشد مما ينتج عنه تحويل القوى المؤثرة على المنشأ الى قوى محورية وتنقسم الى: -

- تكوين نسيجى Fabric Structure

من الأقمشه والخيام أو الأقمشه النسجيه

- تكوين من اسياخ الصلب تنتقل القوى المحورية كقوى شد من داخل أسياخ الصلب المتقاطعه الذي يمكن تغطيته باقمشه نسجيه.
- المنشآت المنفوخة Penuematic

والتى تعمل أيضاً تحت إجهاد الشد وتنقسم الى الآتى: -

- منشآت مؤقته أو منشأه مساعد لإنشاء منشأ آخر كمثال لإنشاء قبة خرسانيه قشريةحيث يقوم المنشأ المنفوخ بدورة كشدة مؤقته يصب عليها الخرسانه للمنشأ القشرى.

- منشآت منتهية: -

- منشآت مفردة
- منشآ مزدوجه

2- التشكيل الإنشائى الناتج عن الأسطح الفعالة

Surface- Active Form

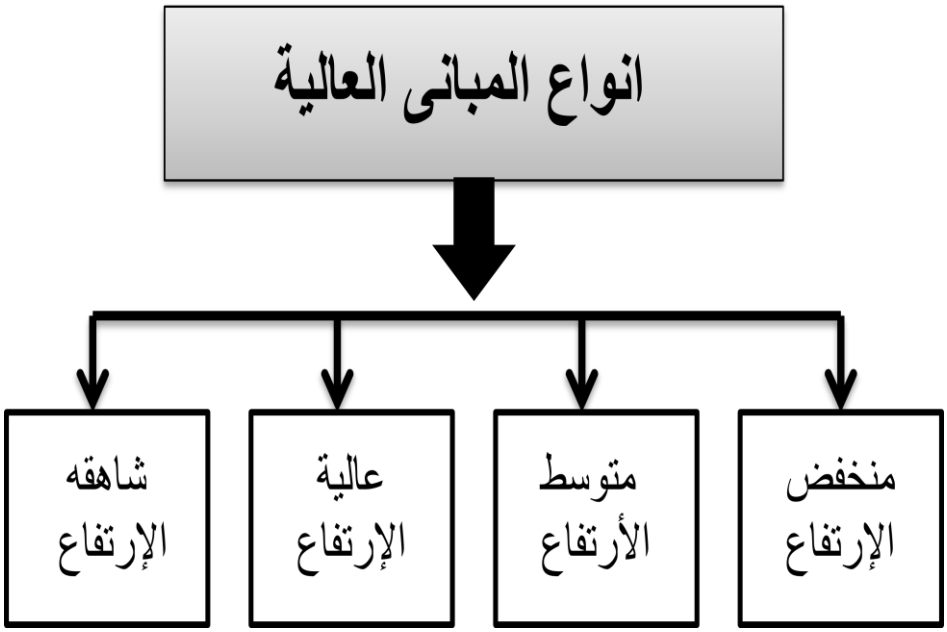
وتعتمد الأسطح الفعالة على تحويل القوى من قوى عمودية على المنشأ الى قوى محورية داخل الجسم الإنشائى Axial Force وتنقسم الى: -

- الأسطح المتطبقه Folded Plate
- القشريات Shell
- أسطح منطبقة القباب القشرية Dome Vault Shellتعمل بإجهاد مع تحويل القوى الى قوى ضغط

هـ-الأنظمه الإنشائه الرأسيه

تشكيل للنظام انشائى الناتج عن الأوزان والإرتفاع

- مبانى منخفضه الإرتفاع Low Rise Building
- مبانى متوسطة الإرتفاع Medium- Rise Buildings
- المبانى عاليهHigh Rise Building
- مبانى شاهقة الإرتفاع Sky skreapers



الكتل الفعالة

Bulk- Active

- الكمرات Beams
- الإطارات Frames
- الكمرات الشبكية Beams Grid
- البلاطات Slabs

الأنظمه الإنشائيه Structral Systems

من حيث نقل الأحمال

- نقل الحمل بفاعلية الكتلة عن طريق كتلة العنصر الإنشائي Bulk-Active
- نقل الحمل عن طريق الكتله الإنشائية (كتله العناصر الإنشائيه)

أ- الكمرات Beams نقل الأحمال الواقعه عليها ومنها الى الأعمدة ثم تنقلها الأعمدة بدورها للأساس

ب_ الكمرات المتقاطعة Beams Grid

ج- البلاطات Slabs

د- الإطارات Frames

الكمرات Beams

تتكون من أعضاء طولية مستقيمه من الخرسانة المسلحه تقاوم الأحمال من خلال تعرضها لإجهاد قوى شد فى الجزء السفلى للكمر، وقوى ضغط فى الجزء الأعلى من الكمره ونظراً إلى محدودية البحور الإنشائية لهذا النوع المستخدم كنظام الكمرات فى المبانى ذات البحور الصغيره والمتكررة، مثل مبانى المكاتب والمبانى السكنيه والفنادق والمباني ذات الأدوار المتكررة ويتميز هذا النوع بسهولة. التصميم وبساطة التنفيذ وتنقسم انواع الكمرات للآتى: -

- كمرات غير مستمره وهي كمرات ترتكز على دعامتين ويتم حساب عمق الكمره طبقاً للأحمال الواقعه عليها أو التى تتعرض لها.
- كمرات مستمرة تحتوي على بحور متكررة وترتكز على عدة ركائز (أعمده) ويتميز هذا النوع من الكمرات ببحور متكررة مما ينتج عنها تقليل فى عمق الكمره ويقل العمق أيضا كلما كان هناك استمراريه للكمره وكلما تكررت البحور مع استمرارية الكمره فى باكيات متكرره.

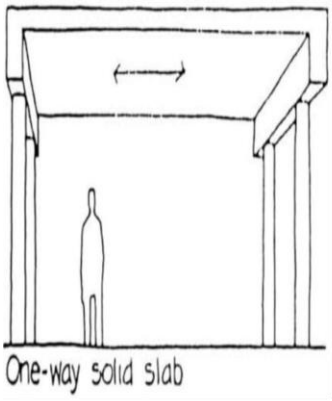
انواع البحور ذات الكمرات

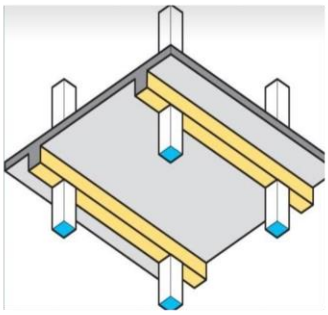
1- كمرات رئيسيه فى اتجاة واحد One Way Slab

تكون محمولة على مجموعة من الكمرات فى الاتجاة الطولى الذي ينتج عنه أن ينتقل كل الحمل الى الكمرات على البحر الاصفر للبلاطه ويتم تسليح الحديد الرئيسى للبلاطه فى إتجاة البحر الاصفر و الحديد الثانوى فى الاتجاة الطولى من البلاطه.

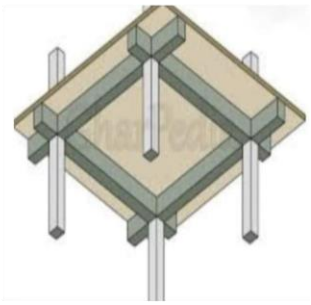
2- كمرات فى الأتجاهين Two Way Slab

- تكون محمولة على فراغ مربع أو أقرب ما يكون للمربع ويتكون من كمرات طولية وعرضية.
- يوزع الحمل على البلاطه فى اتجاهين.
- وتتساوى عملية التسليح للأسقف فى الإتجاهين.

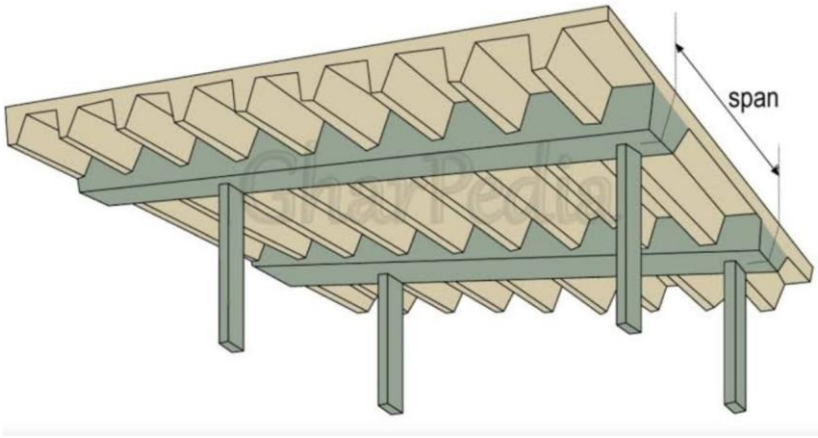




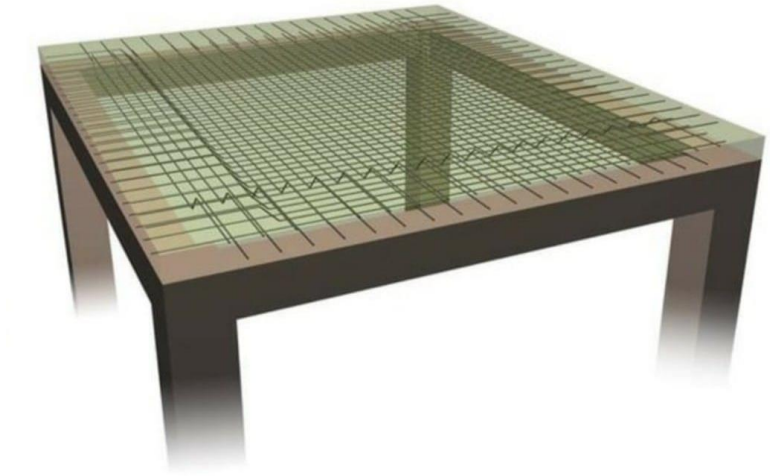
One way slab



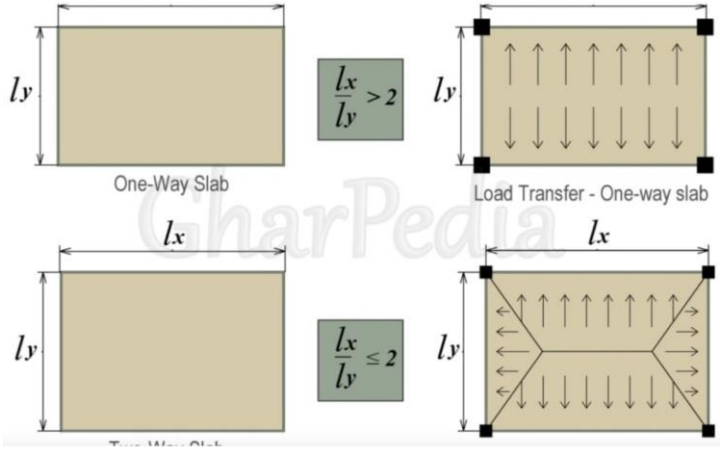
Two way slab



One way Slab



Two Way Slab



الكمـرات الشـبكية

(المتقـاطعه)

Grid Beam

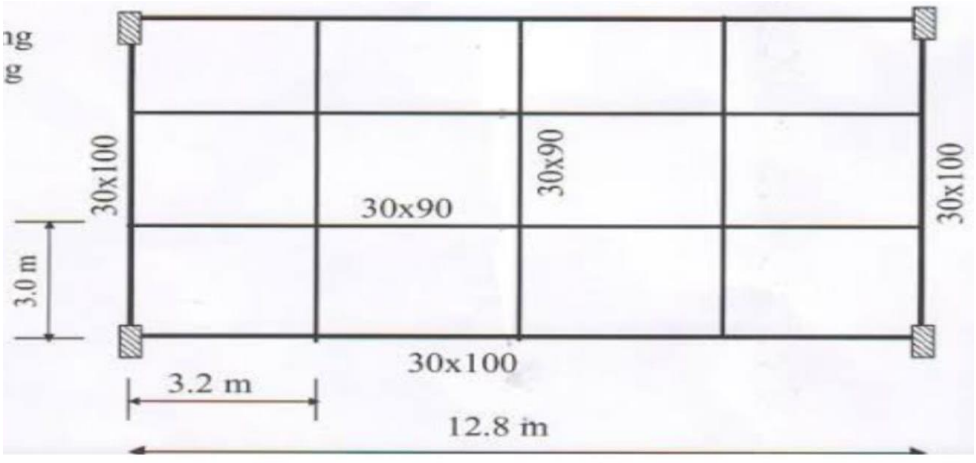
الكمرات الشبكية المتقاطعة

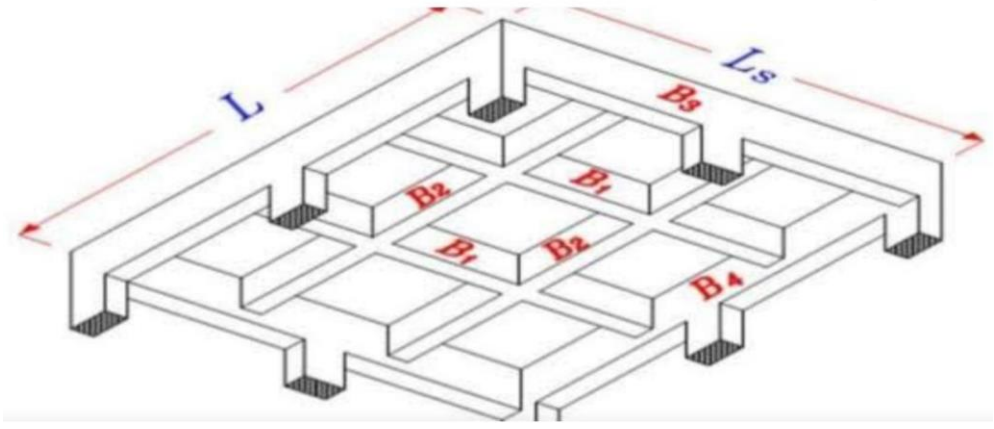
Panel Beams

الكمرات المتقاطعه من الخرسانه المسلحة عبارة عن عناصر خطية مرتبطة بنظام شبكى تتقاطع فيه الكمرات مع بعضها فينشأ مقاومه للأحمال مما يؤدى الى تقليل العمق الإنشائى لهذا النوع من الأسقف.

وتعمل هذه الكمرات المتقاطعة المتساويه فى العمق على مقاومة الأحمال الواقعة عليها فيزداد مقاومة الإنحناء مما يؤدى الى ثقليل العمق للكمرات كما تم ذكره من قبل.

ويستخدم هذا النوع من الإنشاء لتغطية البحور المتوسطه والتى تصلح لتغطية صالات المحاضرات – الإستديوهات – الصالات الدراسية حيث يمكنها تغطية البحور من 12م – 20م وقد يكثر استخدام هذا النوع من الإنشاء نظراً لشكله الجمالى حيث إنه يترك على تشكيلتة كما هى دون تغطيه ككمرات متقاطعه تحتوي على بلاطــات صغيــرة فيما بينها على شكل بانوهات.


30x100
30x90
30x90
30x100
3.0 m
30x100
3.2 m
12.8 m


L
Ls
B3
B2
B1
B1
B2
B1

Panel Beams

يتحدد أبعادها طبقاً لنوع النظام المستخدم طبقاً للآتى: -

*بانوهات متعامده

*بانوهات قطرية على 45 درجه.

ومن عيوب هذة النظم أنها تحتاج الى شدات من نوع خاص و خاصة نوع الكمرات المتعامدة Waffle Slab أو القطريه Diagonal Beamنظراً لتكوين تقاطعات كثيرة و صغيرة بما يفرض استخدام فورم خاصة باحجام صغيرة يصعب تشكيلها بالطرق التقليدية مما قد يزيد تكلفة الإنشاء بالإضافه الى الإحتياج الى فورم Form خاصة يمكن استخدامها بطريقه متكرره و متعدده عند عمليات صب الخرسانه للأسقف و التى يمكن تخفيض تكلفتها عن طريق تكرار عمل هذه الفورم Formوالتى غالباً ما تكون من الفيبرجلاس حتى يمكن توفير فى الكلفة.

- تكرار افقى للكمرات المتقاطعة لتغطيه الفراغات المتشابة إنشائياً
- تكرارأسى للكمرات المتقاطعة لتغطية الفراغات في عدد الأدوار المتشابة إنشائياً

على مبدأ التكرار فمن خلال تكرار (النموذج) الفورم Form ورأسيا يحدث تخفيض في التكلفه في عملية الإنشاء.

Waffle Slab أسقف منحنية ومسطحه

Waffle Slab أسقف مسطحة

أنواع الكمرات المتقاطعه

Panel Beam -1

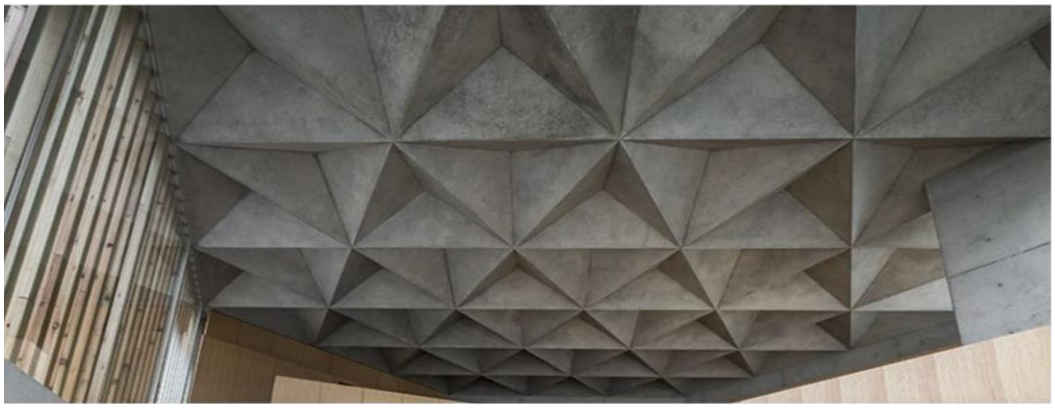
كمرات متقاطعة متعامدة متساوية العمق بشكل مربع منتظم وعلى ابعاد تتراوح ما بين 1.5م – 2.5م.

Waffle Slab -2

كمرات متقاطعة متساويه العمق متعامدة تشكل فيما بينها بلاطه مربعه صغيرة أو أقرب للمربع بالمقارنه بالنظام السابق Panel Beam وتترك ظاهرة كما هي معمارياً حيث تشكل شكل جمالى للفراغ الداخلى.

Diagonal Beam -3

نظام كمرات متقاطعة على المائل بدرجه 45 حيث تتعامد الكمرات مع بعضها يشكل قطرى. وبشكل مربع أو أقرب ما يكون للمربع. وتترك معمارياً كما هي مكشوفة نظراً لشكلها الجمالى أيضاً في الفراغ الداخلى.



Waffle slab & Diagonal

أساسيات إنشاء الكمرات المتقاطعة

- يتم حساب عمق متوسط للكمرات طبقاً للبحور بين الأعمده.
- يجب أن تكون البحور بين الكمرات أو البلاطات أقرب ما يمكن للمربع لتحقيق الحد الأعلى من الكفاءة.
- التجاويف بين الكمرات تترك كما هي لأنها تشكل شكلاً جمالياً للفراغ الداخلى.
- يمكن عمل بروز Cantileverفي الإتجاهين 3/1 البحر الرئيسى أو المسافة بين الأعمدة.
- يتم ملئ الفراغ المربع عند الأعمدة لزيادة كفاءه السقف بحيث يكون سميكاً عند نقط الإرتكاز (الأعمدة) لمقاومة قوى الإختراق للسقف.

البلاطات المسطحة

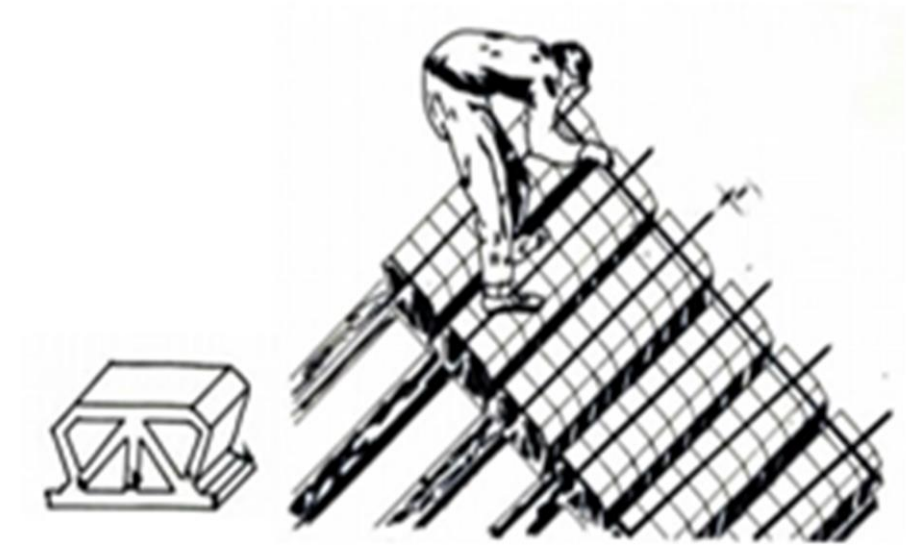
Flat Slabs

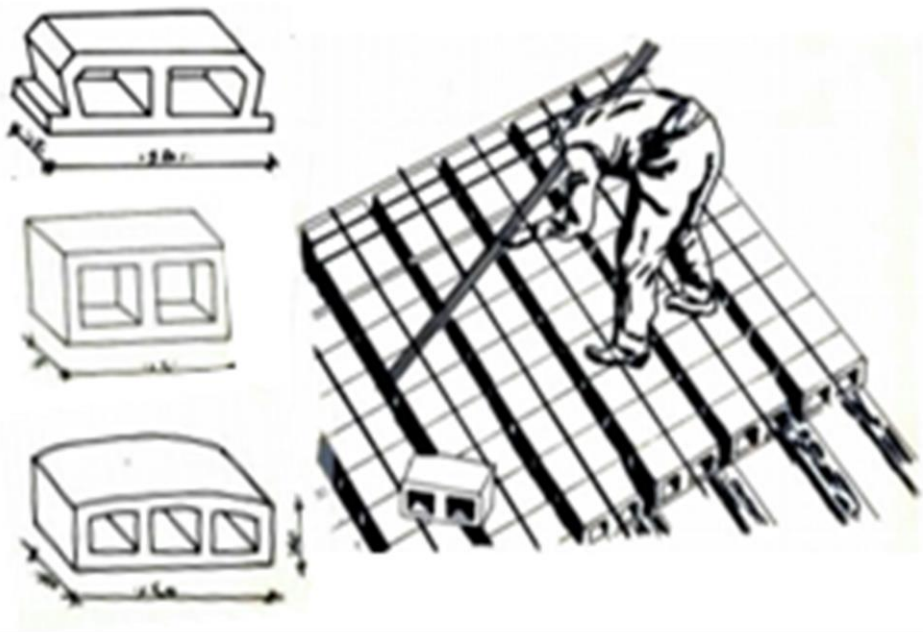
- بلاطات مسطحة
- بلاطات مسطحه ذات تاج فوق الأعمده
- بلاطات مسطحة ذات بانوهات فوق الأعمده

• بلاطات مفرغه

نظام البلاطات المفرغه عبارة عن بلاطات لا كمرية تعتمد على نقل الأحمال عن طريق سماكه كتلتها أو عمقها، حيث تشكل على هيئه بلاطات من الخرسانة المسلحة بسماكه واحدة و تحمل على أعمدة مباشرة بدون كمرات، و لأنها بدون سقوط كمرات ممكن أن تعطى الحرية للمعمارى في توزيع الفراغات الداخليه دون التحكم في توزيع الفراغات لوجود كمرات ، وعليها يمكن زيادة ارتفاع المباني لعدم وجود كمرات تعيق ذلك كما أن ما يميزها أيضاً إعطاء اسقف مسطحه نظيفه و يتم تدعيم البلاطات عند نقط الإرتكاز (الاعمدة) إما بزيادة التسليح أو اضافه سمك للسقف الخرسانى فوق الاعمده لمقاومة قوى الإختراق للبلاطات، وتعد هذه الأنواع من البلاطات مناسبة للأحمال المختلفه الخفيفة و الثقيلة و البحور المتوسطه.

وفى أغلب الأحوال تكون هذه الأنواع إنشائياً من النوع ذات الإتجاهين Two Way Flat slab أو أقرب ما يكون للمربع.





استخدام بلوكات مفرغة بأشكال مختلفة

البلاطات المسطحة

بلاطات خرسانية مسطحة بسمك واحد في الإتجاهين و ترتكز على أعمده مباشرة و يكون الحد الأدنى لعمق أو سمك البلاطه 0.25 الى 0.33 بما يساوى البحر مقسوماً على 33 (البحر/33) و لمقاومه قوى القص أو الإختراق للأعمدة للسقف يتم تدعيم نقطه الإتصال السقف و العمود بالآتى:-

- زيادة التسليح في منطقة الإرتكازعند الأعمده.
- اضافه تاج للأعمدة لزيادة مساحةالإتصال بين العمود والكمرة مثل اضافه (برنيطه) او(تاج).
- إضافه بانوه فوق العمود يعمل على زيادة سمك البلاطه فوق العامود ويمكن من خلال النوع الثانى والثالث استخدمها في جراجات متعدده الأدوار والمخازن ذات الأحمال العاليه خاصة للمخازن متعددة الأدوار.

مميزات البلاطات المستوية (اللامركزية)

- تعطى مرونة معمارية بسبب عدم وجود الكمرات.
- سهولة أعمال التنفيذ عند صب الخرسانه حيث يمكن عمل شدة سهله نظرا لعدم وجود كمرات ساقطه.

- يمكن أن يعمل على توفير في الإرتفاع الكلى للمبنى وبناء أدوار اكثرلعدم وجود كمرات.
- يعتبر نظام إقتصادى (توفير الوقت).
- نسبه الحديد فيه تكون عاليه وخاصة عند التقاء الأعمدة مع البلاطه (يكثف الحديد حول الجزء الخاص بالعامود) من أجل مقاومة ضغوط القص Shear Stressess اواقوى الإختراق.

أنواع البلاطات المستوية

1- البلاطات المسطحه العادية Normal Flat Stabs

ترتكز مباشرة على الاعمدة في اغلب الأحيان تستخدم هذه الطريقة عندما يكون الحمل الحى اقل من 500kg/Cm2 و لا يقل سماكه البلاطه عن 15 سم و يكون أقصى مسافه(بحر) بين الاعمدة 5م الى 6م و يتم زيادة التسليح للبلاطه فوق الاعمده لمقاومه قوى القص .

2- بلاطات مسطحة ذات تاج فوق الأعمده

ترتكزالبلاطه على أعمدة التى تحمل تاج لتخفيف الأحمال عن الأسقف في أغلب الأحيان تستخدم هذه الطريقة عندما يزيد الحمل عن 500kgCm حتى 1000kg/Cm و يكون البحر في كلا الاتجاهين في حدود 6 متر.

2- بلاطه مسطحه ذات بانوهات ساقطه فوق الأعمده

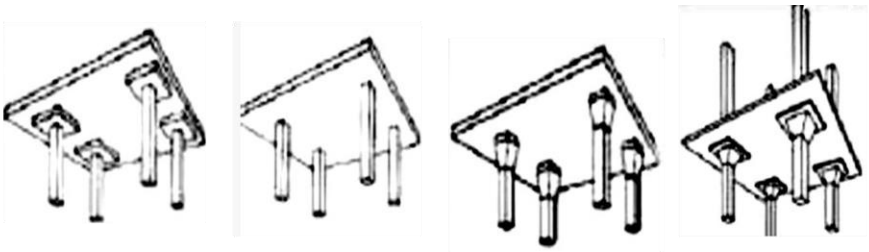
Flat Slab with Drop Panel

- إذا زاد الحمل عن 1000kg/Cm2 يتم عمل drop panel لمقاومة العزم السالب المتولد نتيجة الأحمال الحية ومقاومة قوى القص الثاقب للبلاطه.
- إذا زاد الأحمال عن 1000 kg/Cm2 أو 500kg/Cm2.

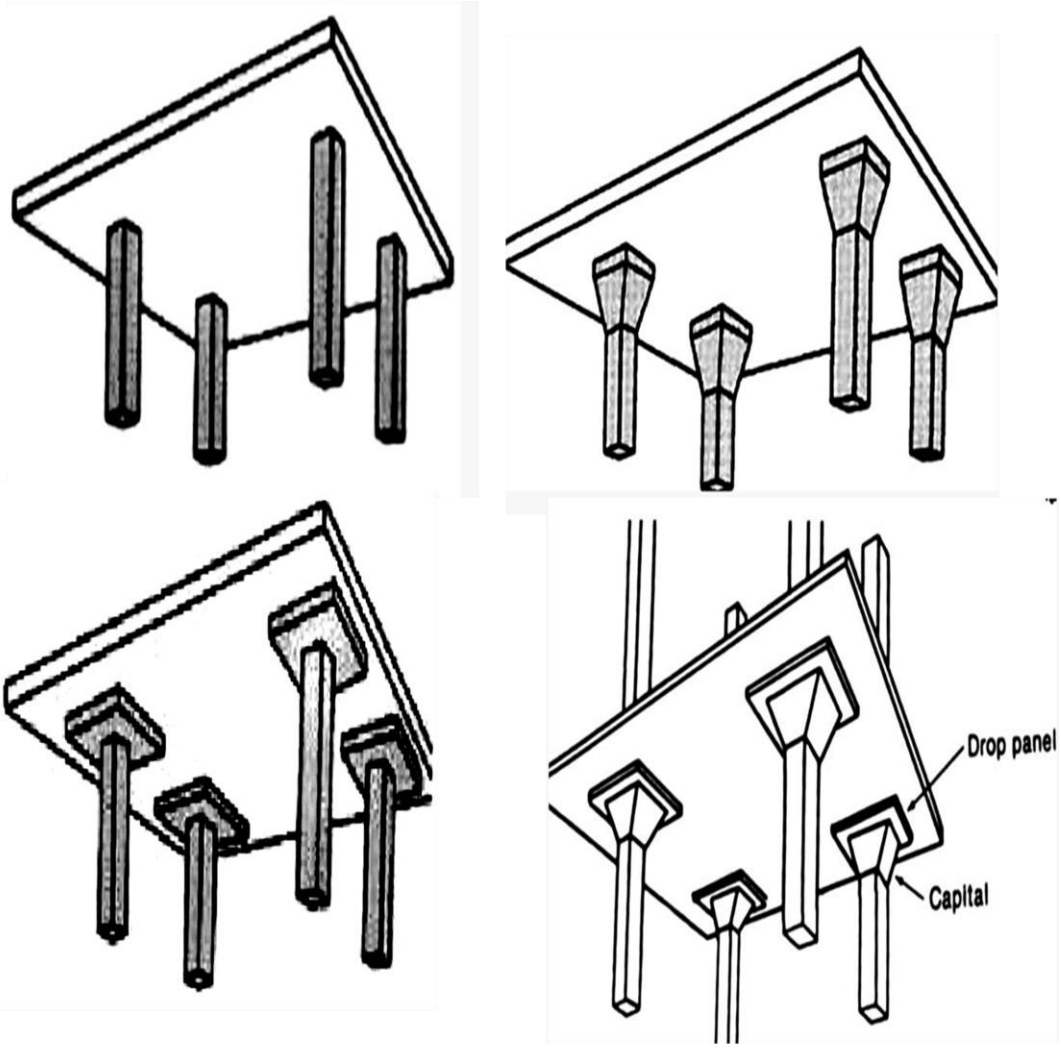
تتطلب هذا النوع يتطلب فى بعض الحالات زيادة سمك البلاطه فوق رأسى العمود وذلك لمقاومه حمل إجهادات القص الثاقب (إختراق السقف).

- يمكن زيادة البحر من 6m الى 8m في الإتجاهين.

- يقل عن 1/6 البحر ولا يزيد عن1/4 البحر



الاسقف المسطحة



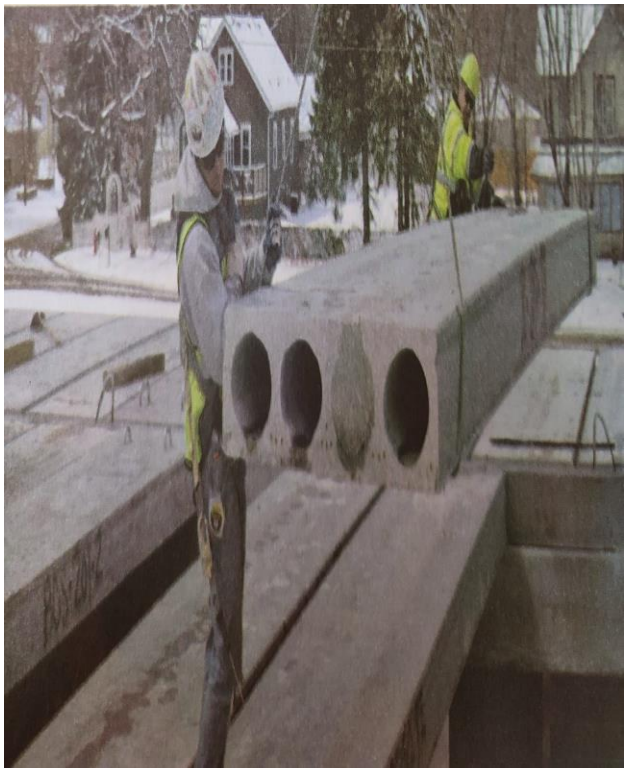
أسقف مسطحة Flat Slap

البلاطات المفرغة سابقه التجهيز precast Hollow Block Slab

سقف من البلاطات المدفون داخلها الكمرات ويغطى العمق الخاص بالكمره للبلاطات المفرغه فيبدو السقف مسطح او بدون كمرات غالبا ما يكون من بلاطات سابقه التجهيز ومن مميزات البلاطات المفرغه الآتى: -

- نسب الحديد فيها أقل من الحديد المستخدم في البلاطات المستوية العادية.
- يسمح بوجود فراغات للتمديدات الكهربائية أو مسارات التكييف.
- يعمل كعازل صوتى للأسقف بصورة جيده نتيجه لوجود البلاطات المفرغه.
- الأسقف نظيفة مستويه من الداخل بدون سقوط كمرات مما يعطى حريه في استخدام القواطيع الداخليه لتقسيم الفراغات طبقاً لما هو مطلوب.

بلاطات مفرغه
سابقه التجهيز



أسقف مفرغة سابقة التجهيز

الإطارات Frames

- اطارات ثنائيه المفاصل
- اطارات ثلاثيه المفاصل
- اطارات فرنديل

الإطارات Frame

يعتمد نظام الإطارات على دمج الكمرات والأعمدة في وحدة إنشائية واحدة، بحيث تكون الأعمدة والكمرات تعمل كوحدة واحدة، ونتيجة للإستمرارية الإنشائية بين الأعمدة الرأسية والكمرات الأفقية كنظام واحد لمقاومة عزوم الإنحناء.

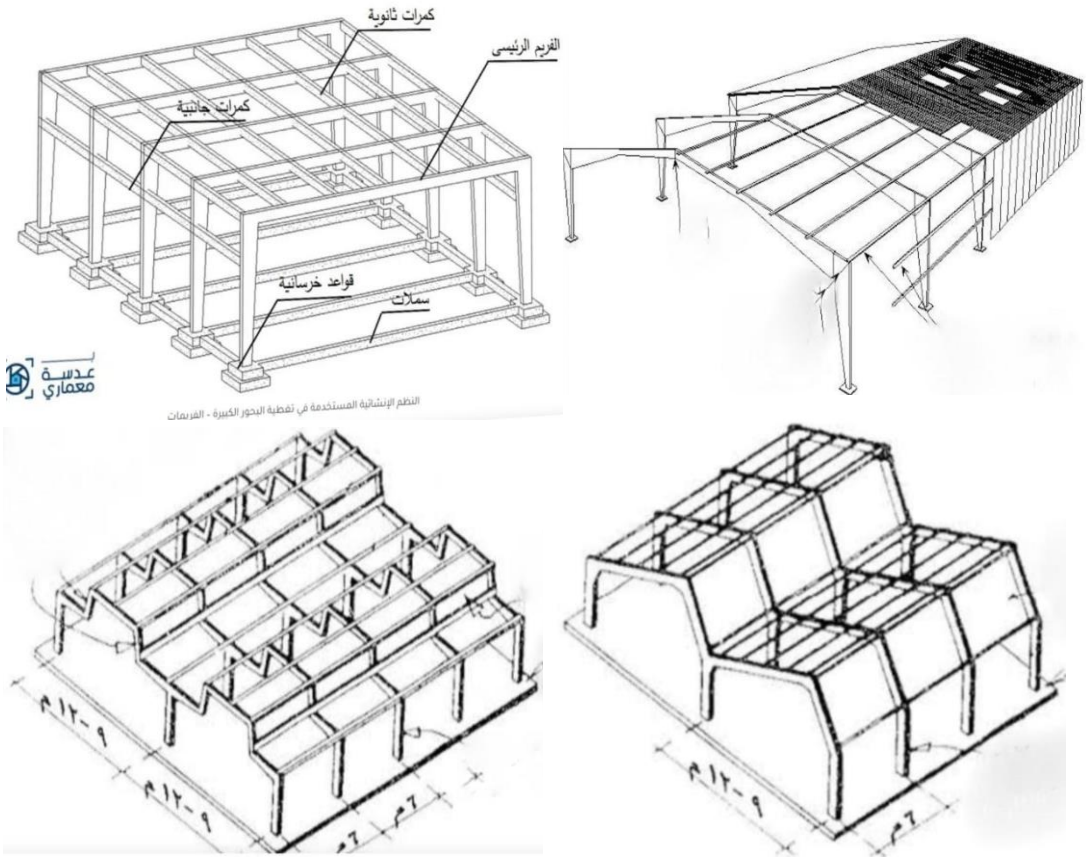
ونتيجه للإستمرار المادي بين الكمرات والأعمدة عن طريق إتصال نهاية الكمرة برأس العمود ان يجعلها تعمل كوحده واحده ويتولد عن ذلك إجهادات إنحناء عالية عند العمود والكمرة مما يتطلب بالضرورة زيادة سمك قطاع الكمرة والعامود عند الإلتقاء بين العمود والكمرة، وينتج أيضاً عن الإستمرارية المادية على المستوى الخطي بين الكمرات والأعمدة تقليل سمك الكمرات أي أن قطاع الكمرة في الإطارات عمقه أقل من مثيله في نظام الكمرات العادية.

وتستخدم الإطارات في الإنشاءات ذات البحور الواسعة حيث تستخدم بكثرة في إنشاء البحور الواسعه مثل المدرجات والصالات المتعددة الإستعمال للبحور التي تصل إلى 20m.

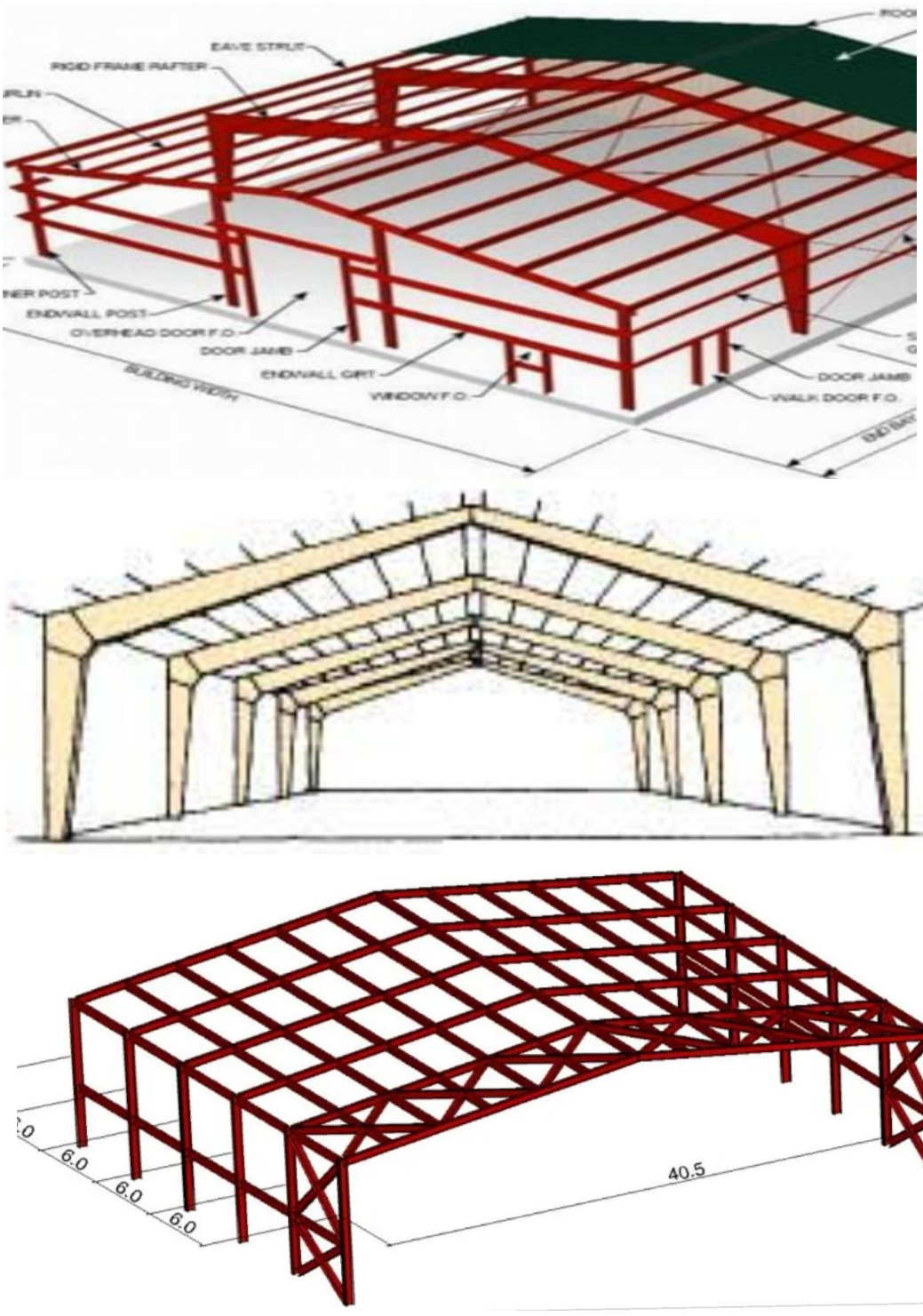
كما يمكن عن طريق التكرار رأسياً للإطارعند إنشاء المباني المتعددة الأدوار ذات البحور الواسعة إعطاء منشأ متماسك رأسياً وعند زيادة الأحمال يمكن إستخدام إطارات الفاراندیل Vierendeel.

أنواع الإطارات

- إطارات ثنائية المفاصل
- إطارات ثلاثية المفاصل
- إطارات فراندیل



بعض أنواع الإطارات



أشكال الإطارات الخرسانية والحديدية

المتجهات الفعالة

- الجمالونات الفراغية المستوية

Flat Space Truss

- الجمالونات الفراغية المنحنية

Curved Space Truss

- الجمالونات الفراغية

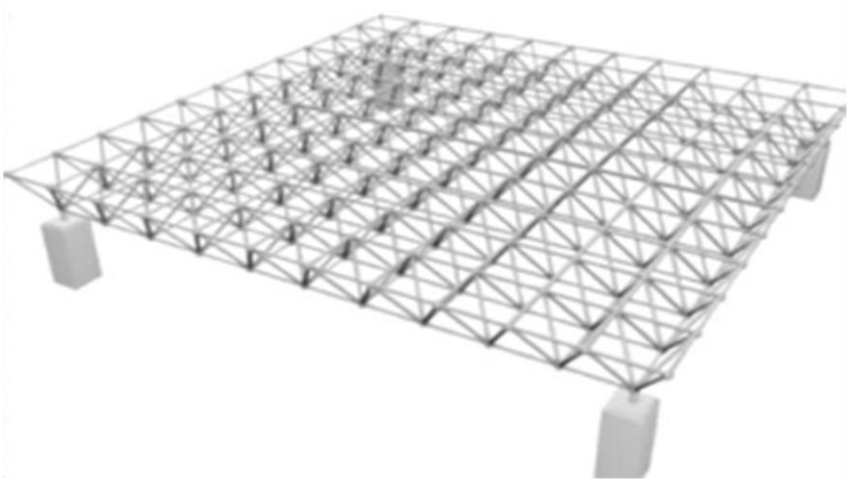
Space Truss

الجمالونات الفراغية Space Frame

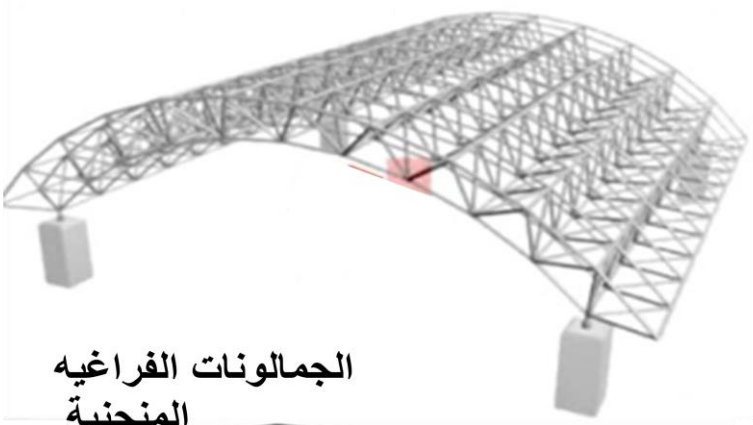
تعتبر الجمالونات الفراغية من المنشاءات الخفيفة نتيجه لإستخدام قطاعات من الحديد في تشكيلها، بالمقارنة بالجمالونات الحديد أو الإطارات الخرسانية، وتتعرض هذه الجمالونات إلى قوى شد في الوتر السفلي وقوى ضغط في الوتر العلوي، والذراع المائل الواصل ما بين الوتر العلوي والسفلي يمثل قوى عزم كما يمثل أيضاً عمق الجمالون ونتيجة لإستخدام قطاعات من الحديد المتصلة عن طريق اللحام أو الربط كنقط إتصال، تعتبر هذه الجمالونات ذات أوزان خفيفة (خفة الوزن)، ويتطلب هذا النوع من الإنشاء دقة ومهارة في تنفيذ الوصلات المكونة لأعضاء الجمالون ويمكن إستخدامه لتغطية فراغات كبيرة أو واسعة بأسطح أفقية أو مقوسة طبقاً لنوع الإنشاء ونوع المبنى و الغرض المطلوب لهذا الفراغ طبقا للآتى.

1. الجمالونات الفراغية المستوية Flat Space Truss

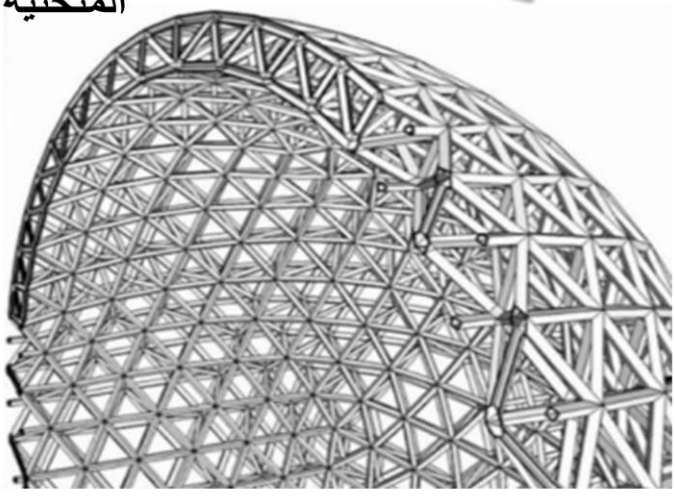
ويعتمد هذا النوع من الإنشاء على نقل الأحمال عن طريق عناصر خطية Victor-Active، حيث تتعرض الجمالونات الفراغية المستوية إلى إجهادات شد وضغط.



الأنظمه الجمالونية الفراغيه _ الجمالونات المستويه



الجمالونات الفراغيه المنحنية



الجمالونات الفراغيه الكرويه

ويقوم الجمالون الفراغي بمقاومة عزوم الإنحناء عن طريق تولد عزم معاكس حيث يتكون من قوى شد في الوتر السفلي للجمالون وقوى ضغط فى الوتر العلوي وبينها ذراع العزم المائل الذي يمثل عمق الجمالون

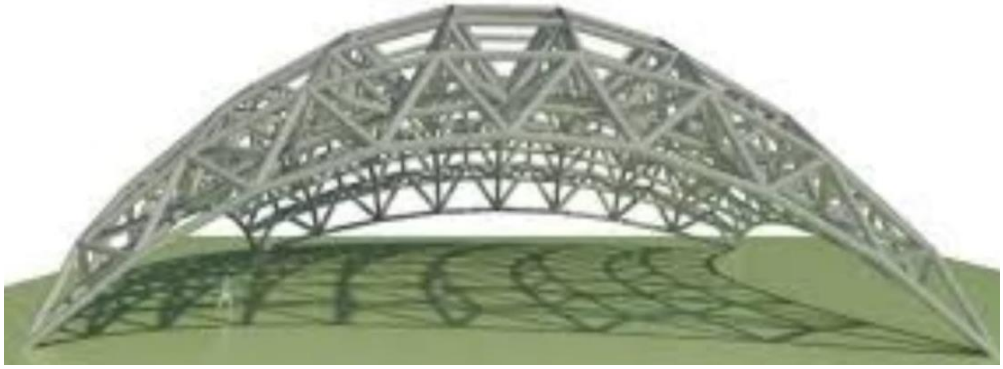
2. الجمالونات الفراغية المقوسة Curved Truss

وهي جمالونات مقوسة تأخذ شكل العقود ولا تختلف عن الجمالونات الفراغية المستوية إلا أنها قد تأخذ الشكل المنحنى أو القوس لتعطي إمكانية أكبر في تغطية مساحات البحور الكبيره نسبياً وتعتمد على نقل الأحمال عن طريق العناصر الخطية المكونة للجمالون للفراغ المطلوب.

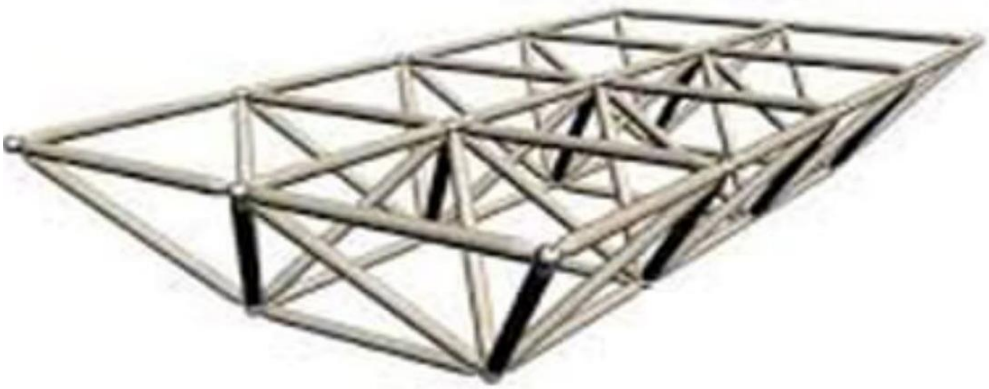
3. الجمالونات الفراغية الكروية Spherical Truss

هذا النوع من الجمالونات الفراغية يأخذ الشكل الكروي للتكوين الفراغي كما في القبة الجيوديسية للمهندس فولر Geodesic domeوعلى نفس الشكل وتعتمد على نقل الأحمال عن طريق العناصر الخطية المكونة للجمالونات فيتعرض الجمالون لقوى إجهاد شد فى الوتر السفلي والوتر العلوي إجهاد ضغط ومن أشهر الامثله قبه فولرفى معرض منتريال (1967)

قبة فولر - 1967



استخدامات مختلفة _ الاسقف الفراغية Space truss



الاسقف الفراغية Space truss

التكوينـــات الفعـــالة

Form – Active

- **الكيـــابل**

Cables

- **الخيام والأسقف النسجية**

Tent & Fabric

- **المنشآت الهوائية**

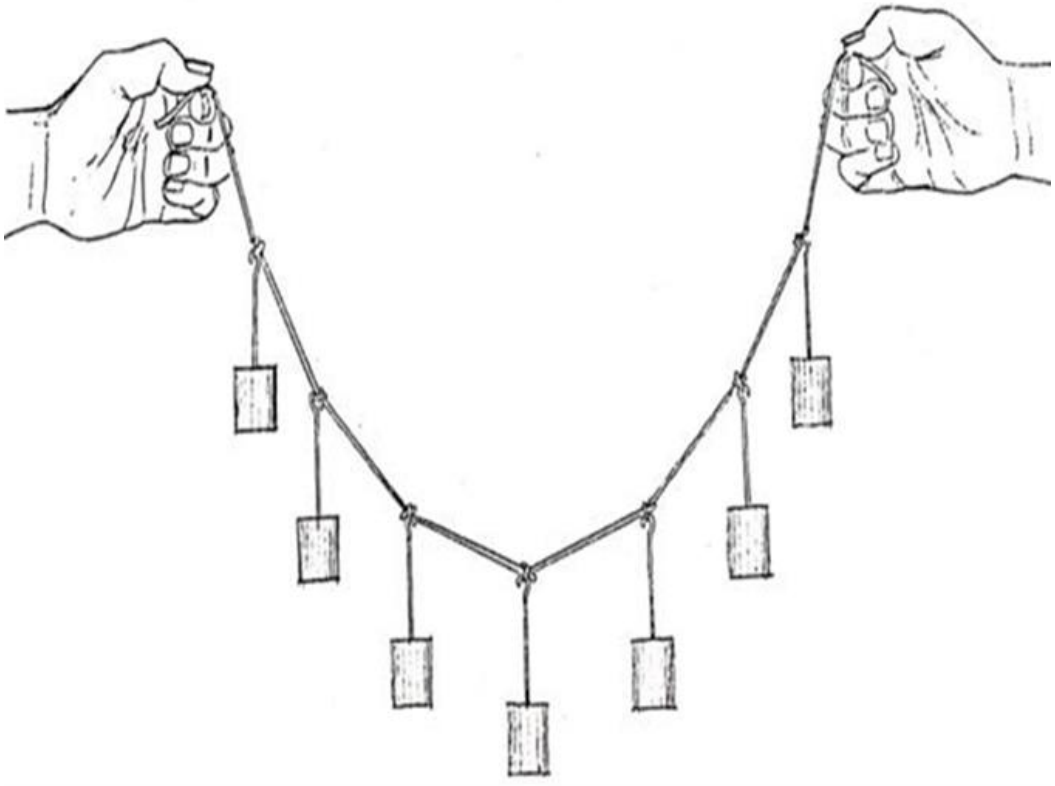
Penumatic Structure

العقود والقبوات والقباب

Arches Vault Dome

الكيابل cables(التشكيل بالكابلات)

يعتبر نظام الكيابل او (الكبلات) من أقدم الطرق المستخدمة في الإنشاءات فقد إستخدمت في الحضارات القديمة كما في حضارة الأنكا للهنود الحمر منذ أكثر من 500 عام، حينما إستخدمت على نطاق واسع للحركة كجسور معلقة للإتصال عبر الجبال والمناطق الجبلية ، كما أوضح ذلك أحد المستكشفون الأسيان، بأن إستخدام هذه الجسور المعلقة إمتدت لمسافات تزيد عن 45 متر أعلى المناطق الجبلية في بيرو بداية من القرن السادس عشر، وإستخدمت الحبال من المواد النباتية كمادة إنشائية للجسر المعلق في حينها، ثم تطورت إلى إستخدام الحديد والصلب في إنشاء الجسور لتقوم بنقل الأحمال إلى القوائم أو الأعمدة أو إلى كبلات رئيسية أخرى، والتي بدورها تنقل الأحمال إلى القوائم ثم إلى الأساس ، وفي العصور المختلفة إستخدمت الكيابل بكثرة في إنشاء الجسور المعلقة وذلك لإمكانياتها في إنشاء الجسور ذات البحور الواسعة حتى تسمح للسفن بالمرور أسفلها فأقيمت الجسور المعلقة بكبلات مثبتة على برجين مرتفعين لنقل قوى الضغط الآتية من الكيابل رأسياً إلى الأساس.



ومثال ذلك جسر بروكلين بنيويورك 1883 وكانت أطول فتحة بين الأبراج 486.3م لجسر طوله 1825م فى ذلك الوقت وبإرتفاع عن سطح البحر 84 متر كما إستخدمت الكيابل أيضاً في تغطية الأسقف للمباني ذات البحور الكبيرة بإستخدام كبلات، يتم توزيع إجهادات الشد بالتساوي لتغطيته بحور ما بين 20 متر إلى 100 متر وطبق هذا النوع فى العماره فى انشاء وتغطية الصالات الرياضية والمعارض والمطارات وغيرها من الفراغات ذات البحور الواسعة.

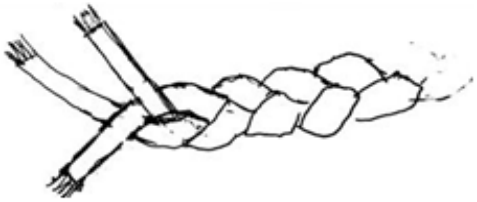
أنواع الكيابل

يعتمد نظام الكيابل في الأساس على تحويل القوى إلى قوى شد محورية داخل جسم الكابل كنظام مقاوم للإجهادات الخارجية بواسطة الشكل الثابت للكيابل والذي يتغير إذا تغيرت الأحمال الواقعة عليه.

وتنقسم أنواع الكيابل إلى الآتي: -

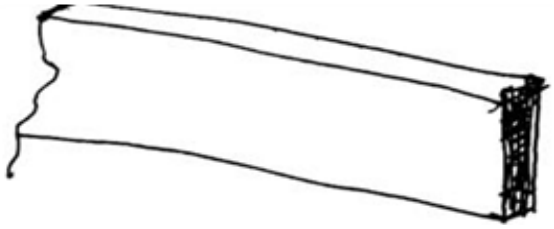
- أسلاك مرنة يتم تشكيلها عن طريق إستخدام كيابل تجدل مع بعضها على شكل حبال من الصلب المرن.
- أسياخ من الحديد أو مواسير من الحديد.
- خوص من الحديد.

جسر سان فرانسيسكو



١ _ أسلاك مرنه تجدل مع بعضها على شكل حبال من الصلب .

٢ _أسياخ أو مواسير من الحديد تحدد قطرها طبقا للأوزان التى تحملها .



٣ _ خوص من الحديد تحدد الأقطار طبقا للأوزان التى تحملها .

إستخدامات الكيابل

- تستخدم الكيابل للمنشاءات المشدودة في الكباري المعلقة نظراً لإمكانياتها في الوصول إلى مسافات كبيره بين نقط الإرتكاز فقد تصل الى 500 متر او أكثر بين نقتطي الإرتكازاو الى 478 كما في كبري بروكلين في نيويورك على سبيل المثال.
- تستخدم في تغطية صالات الألعاب الرياضية – المعارض – مظلات الطائرات حيث تستخدم لتغطية الفراغات ذات البحور الواسعة في المباني والمنشاءات المعمارية
- يمكن إستخدامها في بعض المنشاءات الرئسية المباني المرتفعة ويتم هذا عن طريق إستخدام كمرات فراندیل بين نقتطي إرتكاز تتدلى منها كيابل الشد لتحمل جميع الأدوار وناقلة الأحمال إلى الكمرة الرئيسية (فرنديل) والتي تنقلها إلى نقط الإرتكازبدورها.

- **عيوب نظام الكيابل**

- نظام ضعيف لمقاومة القوى الجانيه مثل قوى الزلازل أو قوى الرياح الجانبيه latteral force لذلك يلزم وجود كيابل أخرى لمنع الحركة الأفقيه وتثبيت المنشأ نظراً لخفة وزن هذا النوع من الإنشاءات.
- تتعرض أسلاك الكيابل الحديد أو الصلب الى التمدد خاصة فى المناطق شديدة الحرارة او درجة الحرارة العالية التى تؤدى الى تمدد الكيابل.

وهذا يفسر عدم انتشار هذا النوع من الإنشاءات فى المناطق الحارة حيث درجة الحرارة العالية التى تؤدى الى تمدد هذه الكابلات مما يعوق انتشار إستخدام الكيابل فى هذه المناطق.

- يتغير أشكال الكيابل والمنشأ مع تغير الأحمال.

الجسور المعلقة

تعتبر الجسور المعلقة منشآت هام من منجزات العصر الحديث و التى تقام فوق المجارى المائيه ذات البحور الواسعة أو المجارى المائية شديدة العمق والتى يصعب فيها إقامة قواعد للأعمدة أو نقط الإرتكاز فى تلك المجارى العميقه، لذلك يتم اللجوء الى إقامة الاعمدة بالقرب من الشواطئ و يترك المجرى المائى

حرا، و يتم الإتصال بين الضفتين عن طريق جسر معلق و هذه إحدى المميزات لهذا النوع من الإنشاءات.

فالجسر المعلق عبارة عن كيابل يتم شدها بين نقطتى الإرتكاز أو الأبراج وتكون مهمة الأبراج هى تحمل الاوزان كقوى ضغط التى تأتى من الكيابل المشدودة، ثم تنقل هذة القوى إلى الأساس وتكون مهمة الكيابل المشدودة هى حمل الكوبري كطريق خاص يسمح بمرور السيارات والاشخاص بين ضفتى النهر ومرور السفن أسفله.

انواع الجسور المعلقة

تتنوع الجسور المعلقة طبقاً لطريقة الشد وتنقسم الى نوعين الأول عن طريق حمل الاحمال من الكـوبرى الى الاعمـدة مباشرة والثانى عن طريق حمـل الاحمـال من كـابل

رئيسى معلق بين الاعمدة يتدلى منه كيابل تحمل جسم الكوبري كما فى التقسيم الآتى: -

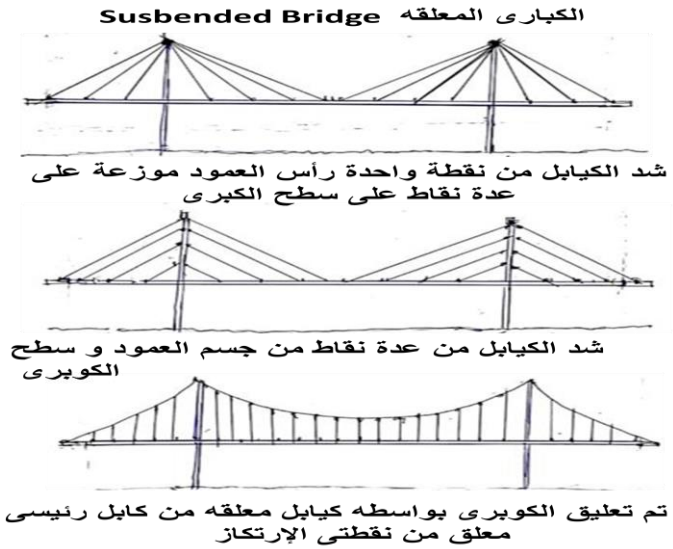
1- جسر معلق بأسلاك وكيابل مشدودة يتم حمل جسم الكوبري عن طريق كيابل تعلق بشكل مباشر من جسم الكوبري الى الأعمدة الحاملة مباشره او نقط الارتكاز.

وتنقسم تلك الطريقة الى نوعين كالآتى: -

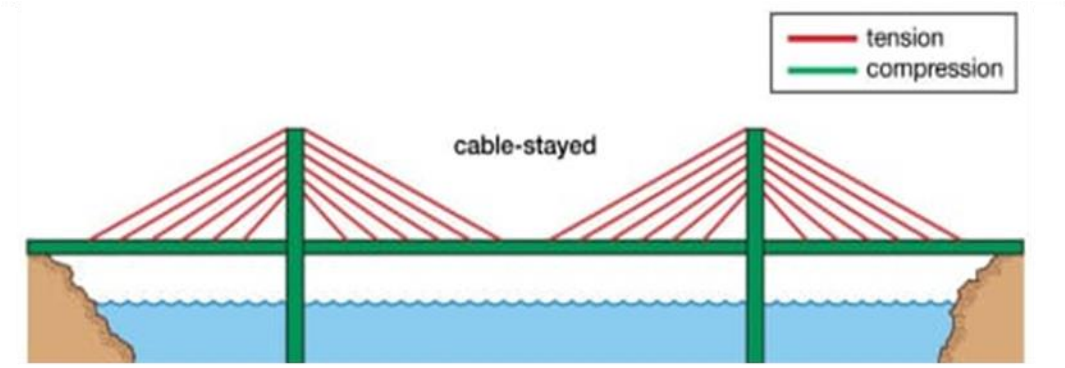
أ- يعلق الجسر مباشر من خلال كيابل من قمة نقطة الإرتكاز لجميع الكيابل وتوزع على جسم الكوبري فى نقاط يتم تحديدها طبقاً للمتطلبات.

ب- يعلق الجسر من أكثر من نقطه على القائم أو نقط الإرتكاز بواسطة كابلات. مشدودة من جسم الكوبري وموزعه طبقاً للمتطلبات الإنشائية على القائم الرأسى.

2 - جسور معلقة على كابل رئيسى ويعتمد هذا النوع من الكبارى على استخدام كيابل رئيسية تعلق بين نقطتى الإرتكاز وتتدلى منها كيابل أخرى او اسلاك ثانوية لحمل جسم الكوبري الى الكيابل الرئيسية ومنها الى نقطة الإرتكازالتى بدورها تنقلها الى الاساس.



جسور معلقة مدعومة بالكوابل



كوبري روض الفرج – القاهرة الجسور المدعومة بالكيابل

ويصلح هذا النوع للإستخدام فى الكبارى ذات البحور الواسعة والتى قد تصل الى 500م أو أكثر بين نقطتى الإرتكاز.

1- بروكلين بردج Brooklyn Bridge

بروكلين جسر معلق افتتح عام (1883) فى ذلك الوقت أعتمد كأقدم جسر معلق فى العالم ليربط بين حى بروكلين وحي منهاتن فى نيويورك لنقل حركة السيارات بإلاضافة الى معابر المشاه بطول اجمالى 1825م مع استمرار حركه السفن أسفله.

قام بتصميم الكوبري جون روبلينج John Augustos Roebling (1806-1869) بدأ فى تصميم الكوبري بإستخدام الكيابل الحديديه إلا أنه توفى أثناء تنفيذ الكوبرى و قام إبنة واشنطن Washington Roebling بإستكماله حيث عمل مع والدة كمهندس مساعد فى مشروع تصميم و تنفيذ الكبرى ثم كبير المهندسين إلا انه توفى ايضا عام (1857) نتيجه لمرض ثم قامت زوجتة المهندسه بالإشراف على تنفيذ الكوبرى حتى تم إفتتاحه عام 1883.

کوبری بروکلین

تم تصميم الابراج على نظام العمارة الغوطيه الجديده كنقط إرتكاز وإستخدم مادة الصلب فى الكيابل المشدودة بين الابراج والكيابل الفرعية التى تحمل جسم الكوبري الذي يرتفع فوق سطح المياه بإرتفاع 84.3م وبفتحه لمرور السفن كأول فتحه بين نقط الارتكاز و هى مسافة تقدر 486.3م و هى تعتبر اكبر فتحه فى ذلك الوقت بين نقتى الارتكاز.

2- تاور بريدج - لندن Tawar Bridge

تعتمد فكرة التصميم الاساسية على فكرة الجسر المتحرك ليقام على نهر التايمز بالقرب من برج الساعة الشهير فى العالم وافتتح للإستخدام عام 1894.

ويعتبر البرج أحد المعالم الرئيسية لمدينه لندن واعلى الجسور إرتفاعاً بإرتفاع 65م من سطح الأرض.

وقد صمم الجسر بناء على مسابقة لتصميم كوبري لندن وحصل التصميم المقدم على أفضل تصميم من المهندس جون ولغي بارى

برج لندن

ويتكونالكوبرى من طابقين الطابق العلوي للمشاه والأسفل لمرور الحافلات والسيارات بطول 244 م والجسر العلوي يتم الوصول الى الجسر العلوي عن طريق مصاعد فى الأبراج.

وقد تم تصميم برجى الكوبري على نمط العمارة الغوطية.

وتم طلاء الجسر على شكل العلم البريطانى 1977 احتفالاً باليوبيل الفضى للملكة الإنجليزية.

3- **جولدن جيت بريدج Golden Cate Bridge**

يمثل جسر البوابة الذهبية شعار لمدينة سان فرانسسكو واستغرق انشاء الكوبري أربعه سنوات وتم افتتاحة 1937 واقيم ليصل بين ضفتى خليج سان فرانسسكو بطول 2.7 كيلو متر حيث تم إنشاء الدعامات بالقرب من الشاطئ لصعوبة اقامه الدعامات فى الخليج نظراً للعمق الكبير للمياه فى هذه المنطقة.

وقد تم إختيار اللون الأحمر لطلاء الجسر من أجل توضيح الرؤية خاصة ان الضباب فى خليج سان فرنسسكو يغطى منطقة الخليج بما فيها الجسر وذلك لأن اللون الأحمر يساعد على رؤية السفن والطائرات لتحديد مكان الكوبري وسط هذا الضباب الكثيف.

جولدن جيت (سان فرنسيسكو)

4- صالة حمام السباحة المغطى أولمبيات 1964

- صمم الصالة المعمارى Kenzo Tange
- برجين من الخرسانة تتدلى مجموعتان من الكابلات الرئيسية المنسوجة بالإتجاة الطولى للمبنى ومثبتة فى النهايات فى أساسات الأرضية والكابلات العرضية تتفرع من الكابلات الرئيسية لتكوين الشكل المميز للمبنى.
- ابعاد الفراغ المغطى 126م فى 120م بإرتفاع اقصاة 40م.
- مادة السقف من الواح الحديد المثبتة باللحام بالكابلات.

5- مطار جون فوستر دلاس TWA

انتهى بناؤه فى عام 1962 وقد تم إختيار الموقع عام 1958 و قام بتصميمه المهندس إيرو سارنين.

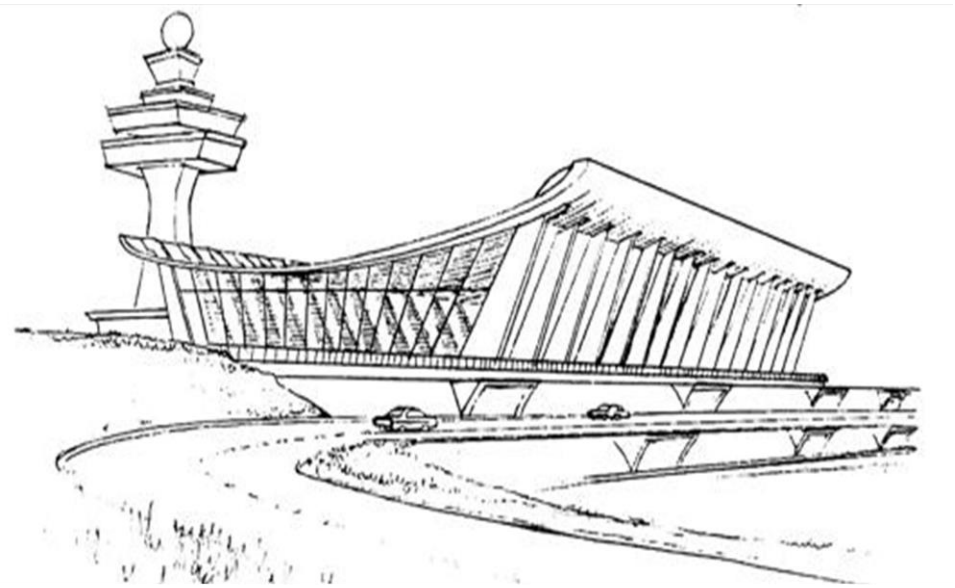
- سمى المطار باسم جون فوستر دالاس الذي كان وزيراً للخارجية فى عهد الرئيس ايزانهور.

صاله حمام سباحه الاولیمبیة 1964_ المعمارى Kenzo Tange

صاله حمام سباحه الاوليمبية 1964
المعمارى Kenzo Tange

"مطار دالس " معماری ایری سرنین

- تم التعاقد مع المهندس Eero Sarinen وكان المهندس المعمارى المعروف (كيفن روش) يعمل فى مكتب سارتين خلال فترة هذا المشروع.
- السقف عبارة عن أسلاك مشدوده كيابل صبت بينها بلاطات خرسانية مقعرة محمولة على أعمدة مائله الى الخارج مما اكسب شكل المطار شكلا مميزا.



مطار دالاس

الخيـــام والمنشآت

النســـجية

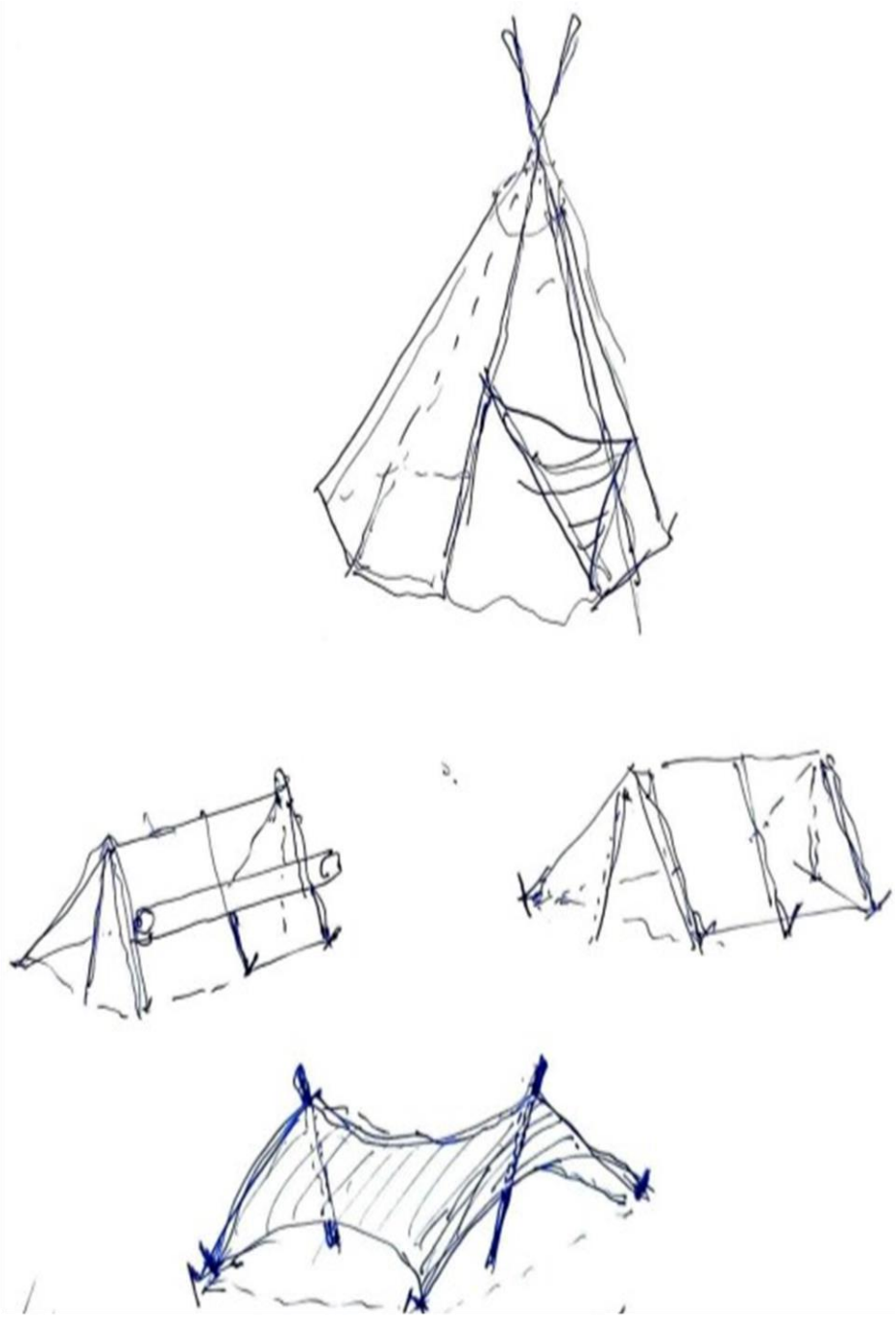
Tent & Fabric Structure

- الخيام التقليديه
- الخيام المشدوده
- الخيام المختلطه

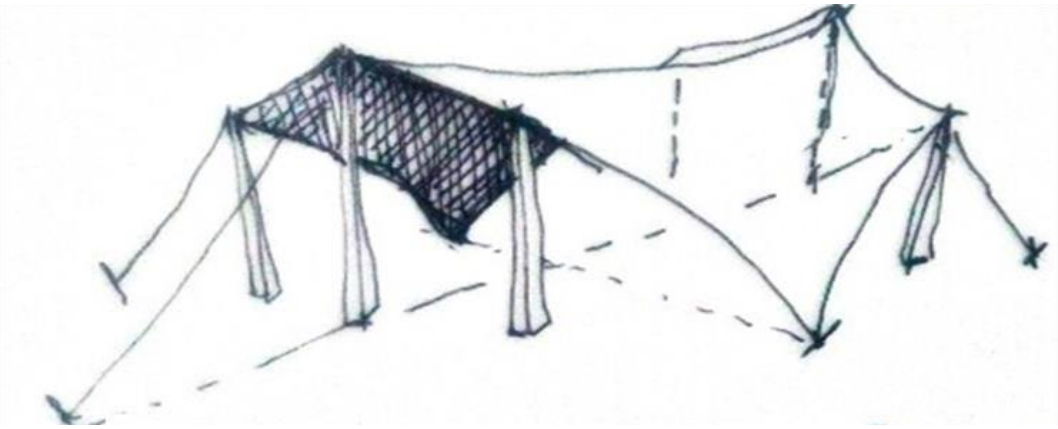
أنظمه الخيام Tent & Fabric Structure

المنشآت النسجيه المشدودة Tension Fabric Structure

إستخدم هذا الاسلوب الرحالة العرب و بدو الصحراء الكبرى فى المملكه العربية السعودية و إيران بالإضافة لقبائل الهنود الحمر فى أمريكل، و ذلك نظراً لسهولة إقامتها و نقلها و بساطه الفكرة الإنشائية فى إقامتها بلإضافه الى خفه وزنها و ذلك لتعودهم على الإنتقال من مكان إلى آخر بحثاً عن المياه – أو الصيد أو المكان الأفضل و فى البداية كان يستخدم الإنسان جلد الابل فى إقامة هذه المنشآت ثم تطورت الى استخدام منشآت منسوجه، حيث تعتمد هذه المنشآت على عملية الشد الموزعة بإنتظام على جميع نقاط السطح بواسطه الدعامات الرأسية الناقله لأحمال الضغط للأساس. ثم تطورت أيضا الى استخدام مادة الفيبر جلاس المغطى بطبقه من التيفلون لإطالة عمر هذه المنشآت، كما نراها فى المنشآت الخيامية المنتشره فى الجزيرة العربيه.



بدأ الانسان فى التفكير فى تصميم مأوى يتوافق مع احتياجاته و رغباته .
فبدأ بأستخدام افرع الأشجار و جلود الحيوانات .



منشأت خيامية – قبة الألفية لندن

لتغطية الملاعب الرياضية أو إقامة المظلات كما فى مطار جده، حيث يتمتع هذا النوع من الاغشيه المتكونة من الألياف الزجاجية المطلية مادة التيفلون الى متانه فائقه كما أن عمرها الإفتراضى بهذه الطريقه يصل الى حوالى 30 عام بالإضافة الى مقاومتها للشمس و المطر و قوى الرياح.

وقد استخدمت ببراعة بواسطة المهندس الالمانى فراى أوتو Fri Otto حينما إستخدم المنشآت الخيامية لتغطية صالات الألعاب الرياضية وحمامات السباحة بإستخدام الأسلاك الحديديه المتقاطعه والمشدوده للمنشآت الخفيفه Light Weight Tensil Structure مطبقاً لفكرة تحويل القوى الى قوى شد وضغط و بالتالى الغاء قوى عزوم الإنحناء عن طريق تشكيل المنشأ الخيامى المقام بالأسلاك المتقاطعه والمغطى بمادة نسجيه أو بلاستيكية شفافة، و تستخدم الخيام أو المنشآت النسجية المشدوده فى المنشآت ذات البحور الواسعة مثل الآتى: -

- المبانى والمنشآت الرياضية
- المراكز التجارية والمعارض

المعمارى الألمانى
فراى أوتو
Fri_otto
استاد ميونخ
الأولمبى 1972

- الحدائق العامة واماكن الترفيه
- مظلات انتظار السيارات

أنواع الخيام

1- الخيام التقليدية

يتكون من اعمدة رأسية أو مائله موجودة داخل الفراغ الداخلى ويكون دورها هو رفع الخيمة ثم يتم شد الأطراف الخارجية للخيمة وتثبيتها فى نقاط خارجية بالأرض ومنها يتم تركيب الكسوة النسجية المشدودة مباشرة على الهيكل

2- الخيام المشدوده

في هذا النوع من الخيام المشدوده تكون نقاط الإرتكاز موزعه على جسم الخيمة خارج الخيمة ويتم تعليق النسيج الخاص بها بواسطة أسلاك للشد بين هذه النقاط ومنها يتم تركيب الغطاء أو الكساء المشدود مباشرة على نقاط مرتفعة و على الصارى لتغطيه الفراغ المطلوب.

خيام نسيجية و خيام بلاستيكية تستخدم فى الرحلات

3- الخيام المختلطه

الفكرة فى هذا النوع هو دمج النوعين السابقين حيث تكون نقاط الإرتكاز أو الأعمده الرأسية فى الحيز(الفراغ) ونخترق الخيمة ومنها يتم الشد من خلالها.

المنشآت الخيمية أو النسجية Fabric structure

تصلح المنشأت الخيمية كمأوى للسكن مع إمكانية نقلة من مكان الى آخر نظراً لخفة وزنة وسهولة الفك والتركيب وقد بدأأولاً باستخدام جلود الحيوانات فى انشاؤه ثم تطور إلى استخدام الأقمشه النسجيه واليوم تقام المنشآت الغشائية ذات أسقف معلقة والتى تعتمد على قوى الشد.

- الغشاء Fabric
- هيكل أعمدة Columm
- كابلات الشد أو أغشية نسجية

ومن الأمثله المعروفه من المنشآت الخيميه مطار جدة والذي يغطى مساحات كبيره وتستخدم تلك المنشآت الخيمية أيضا فى تغطية الصالات الرياضية المغلقة أوالمفتوحه كما فى ملعب الملك فهد او صالات المعارض.

مطار جده

استاد الملك فهد الدولى _
بالرياض

مميزات المنشآت الخيمية أو النسجية

- قلة التكاليف فهى أرخص انواع المنشآت بالمقارنه بالمنشآت الاخرى.
- سهولة وسرعة التنفيذ.
- تغطى مساحات واسعة بإضافه الى أن نقط الارتكاز أو الاعمده قليلة نسبياُ.
- يمكن الإضاءة من خلال الغشاء نفسه كمنشآت نسجية طبقاً لنوع الغشاء أو اللون الذي يتم اختيارة
- خفيفة الوزن لاستخدام مواد خفيفه كمادة نسجيه للمنشآت لتغطية فراغات واسعه.
- امكانيه التنقل من مكان لأخر بسهوله نظراً لسهوله فكها واعادة انشائها مرة أخرى فى مكان آخر.

عيوب المنشآت الخيمية (النسجية المشدودة)

- تتذبذب تحت ضغط الرياح.
- تأخذ شكل القوى المؤثرة عليها بعد التحميل.
- تحتاج الى صيانة دورية وعمرها الإفتراضى أقل إذا ما قورنت بالمنشآت الخرسانيه مثلا.
- لا تتحمل إلا وزنها ولا يمكن إضافة أى أوزان عليها.
- فى حالة استخدام الأسلاك الصلب فى المنشآت الخيامية بإستخدام الاسلاك المتقاطعة كما فى منشآت ميونخ للألعاب الرياضية يمكن أن تتعرض للتمدد خاصة فى الأماكن شديدة الحرارة.
- نظراً لقابليتها للحريق تحتاج إلى إحتياطات عالية للحمايه ولمنع ذلك.
- عدم كفائتها للعزل الحراري أو العزل الصوتى.
- قصر عمرها الإفتراضى نتيجة عملية التمزق أو الإهتراء من تأثير العوامل الجوية أو انتهاء العمر الإفتراضى لها.

المنشــآت المنفـوخـة

Pneumatic Structures

المنشآت الهوائية Pneumatic Structure

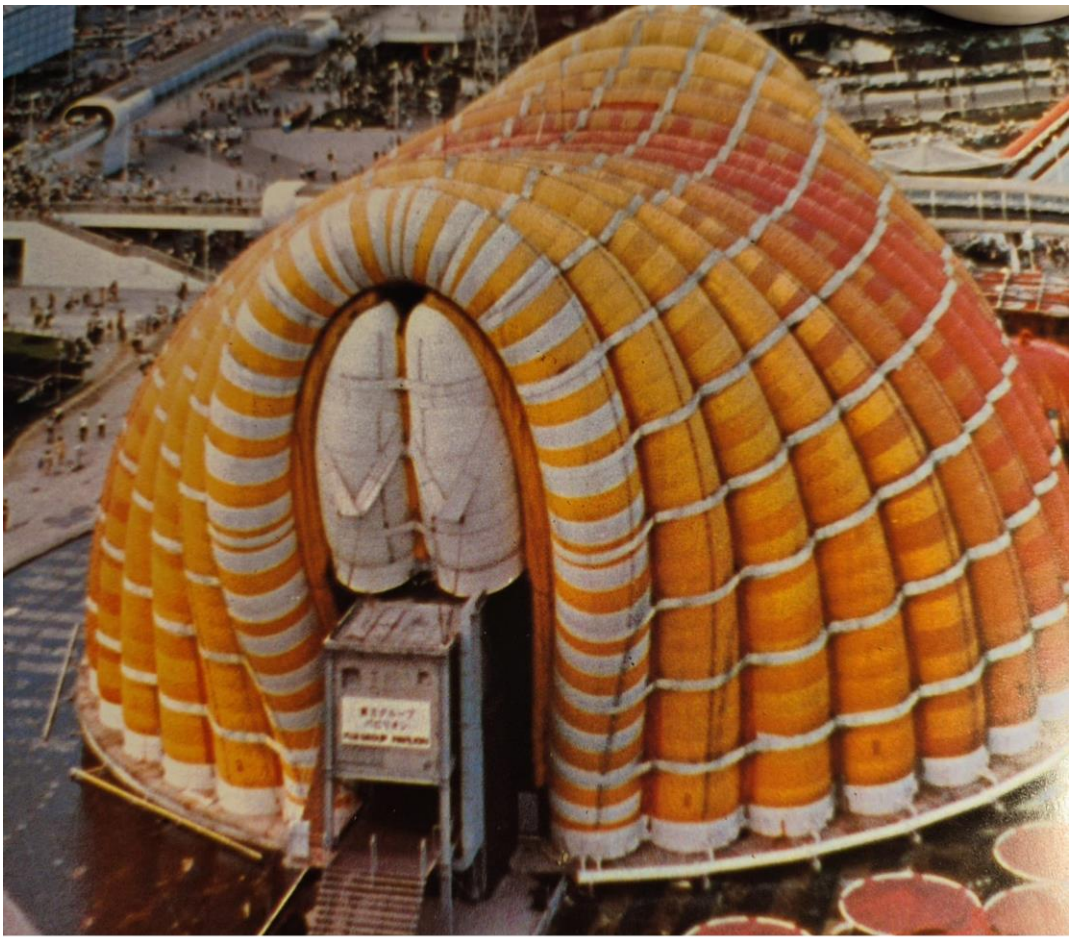
تعتمد المنشآت الهوائية على إجهادات الشد السطحية القائمة على ضغط الهواء الداخلى حيث يتساوى اجهادات الشد على جميع نقاط الغشاء حينما تكون تحت ضغط الهواء الداعم الاساسى للحفاظ على الغشاء الخارجى و شكل المنشأ و التشكيل الاساسى لهذه المنشآت، و فى اغلب الاحيان نأخذ أشكال منحنيه أو كرويه أو قبوات أو أشكال أجزاء من الدائرة أو الكرة و يمثل البالون أبسط انواع المنشآت الهوائيه كما تمثل المنشآت الهوائية قمه التطور فى النظم الإنشائيه و تعتبر أقل المنشآت كلفه بالمقارنه بالنظم الأخرى للمنشآت ذات البحور الواسعه و تنقسم المنشآت الهوائيه الى نوعين رئيسين :-

1- منشآت مؤقته

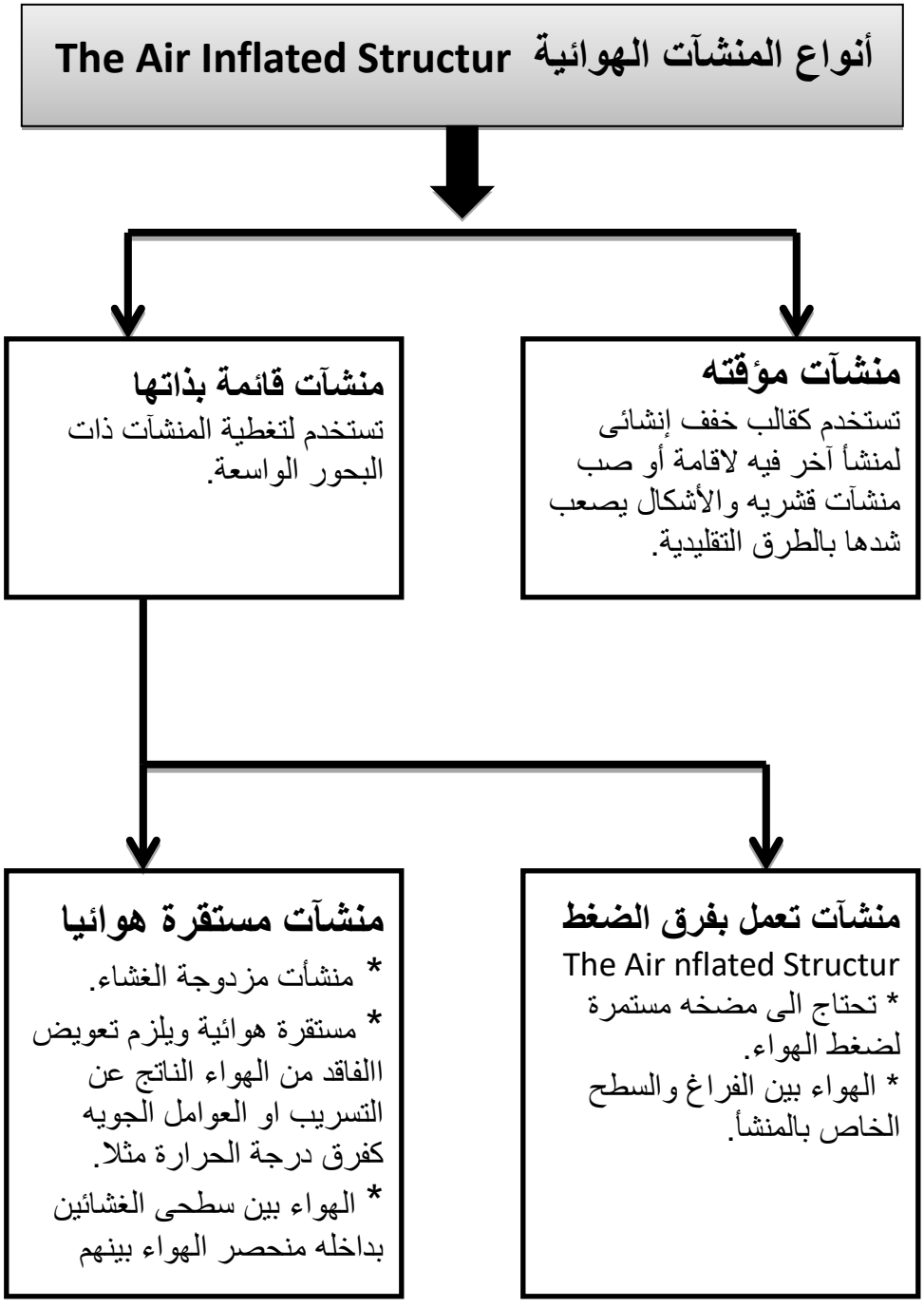
- للاستخدام الطارئ فى المناطق المختلفه
- منشآت مساعدة لإقامة منشأ آخر كقالب إنشائى خفيف لصب إنشاء آخر من الخرسانه كقالب لصب الخرسانه لعمل القشريات كإستخدام قبة فشريه مثلاً حيث يقوم المنشأ المنفوخ بالعمل كشدة مؤقته لهذه القبة الخرسانيه اثناء صبها ثم يتم اذالتها بعد ذلك بتفريغ الهواء اسفلها.

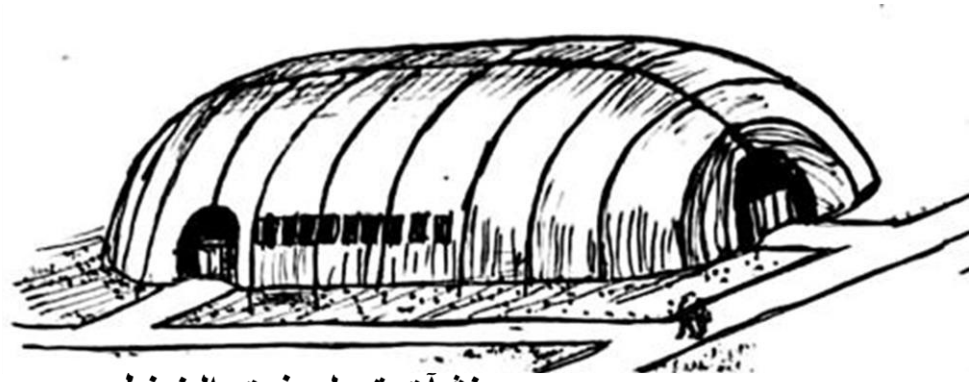
2- منشآت قائمه بذاتها

- لتغطية المنشآت وتنقسم الى نوعين: -
- منشآت تعمل بفرق الضغط بين الداخل والخارج
- منشآت مزدوجة السطح تحتوي الهواء بينها.



منشأت منفوخة


أنواع المنشآت الهوائية The Air Inflated Structur
منشآت مؤقته
تستخدم كقالب خفف إنشائى لمنشأ آخر فيه لاقامة أو صب منشآت قشريه والأشكال يصعب شدها بالطرق التقليدية.
منشآت قائمة بذاتها
تستخدم لتغطية المنشآت ذات البحور الواسعة.
منشآت تعمل بفرق الضغط
The Air nflated Structur
* تحتاج الى مضخه مستمرة لضغط الهواء.
* الهواء بين الفراغ والسطح الخاص بالمنشأ.
منشآت مستقرة هوائيا
* منشأت مزدوجة الغشاء.
* مستقرة هوائية ويلزم تعويض االفاقد من الهواء الناتج عن التسريب او العوامل الجويه كفرق درجة الحرارة مثلا.
* الهواء بين سطحى الغشائين بداخله منحصر الهواء بينهم



منشآت تعمل بفرق الضغط

Pneumatic Tennis Court Cover

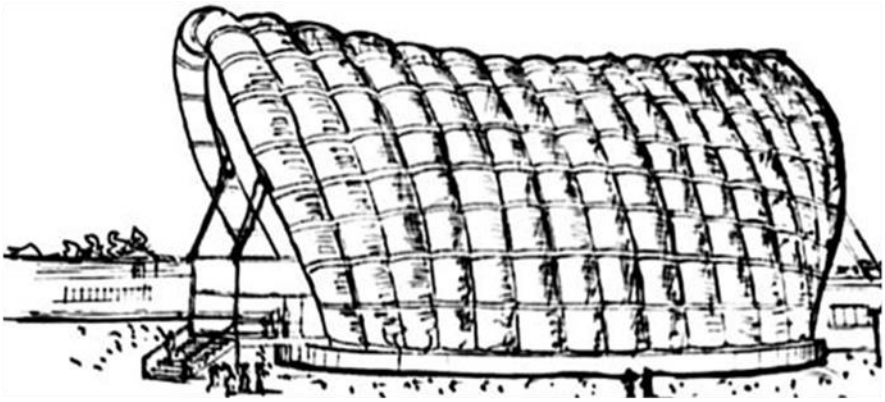
ماكينة لضخ الهواء

منشآت تعمل بفرق الضغط

Air inflated Structures

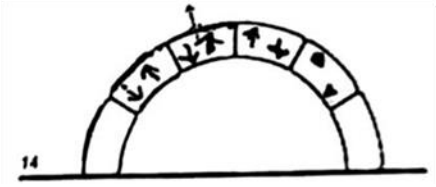
منشأت منفوخة

جناح منطقة أونتاريو للاحتفال



The fuji pavilion at expo in osaka JAPAN

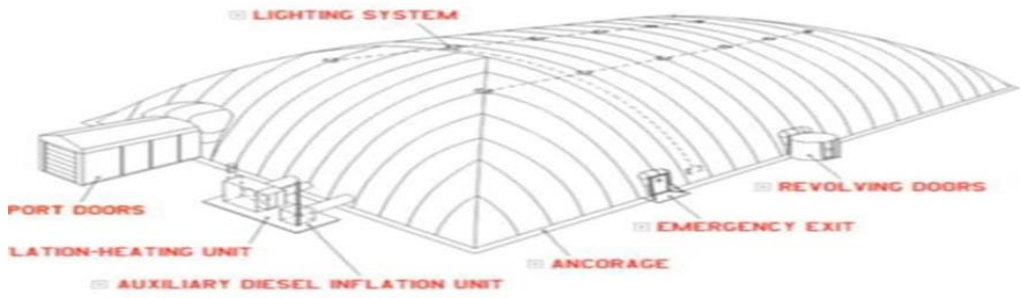
منشأت مستقره هوائيا مزدوجه الغشاء (لتعويض الفاقد على مر الزمن)

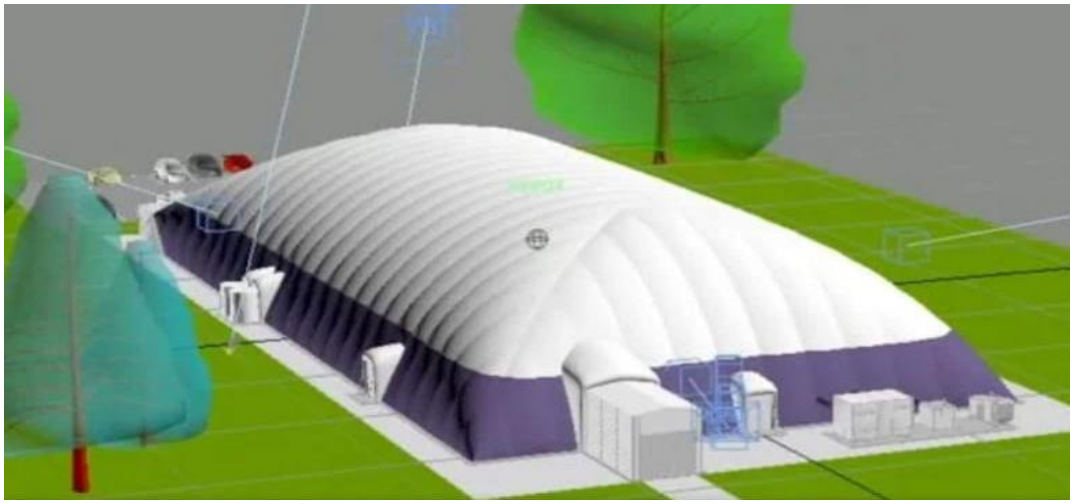


منشآت مزدوجة السطح تحتوى الهواء داخلها

مميزات المنشآت الهوائيه

- تستخدم فى تغطية المنشآت ذات البحور الواسعه.
- تستخدم كمشآت خفيفة لتغطية الفراغات ذات البحور الكبيره كصالات الالعاب – المعارض- المنشآت العسكرية المتنقلة –منشآت مؤقته تستخدم بكثرة كمنشآت مؤقته زمانياً ومكانياً.
- تمتاز بخفة الوزن وسهولة الفك وإعادة التشكيل مرة أخرى عن طريق تفريغ الهواء بداخلها والذي يقوم على تشكيلها وتكوينها.
- تمتاز بسهولة التنقل والشحن من مكان لآخر.
- تمتاز بقلة التكلفة بالمقارنة للمنشآت الأخرى كأقل المنشآت تكلفه للمنشآت ذات البحور الواسعة.
- سرعة الإنشاء حيث لا تحتاج إلا لماكينه لنفخ الهواء لإقامة المنشأ إما بالنفخ المستمر لتعويض الفاقد عن التسرب أو النفخ عند الحاجة حينما يقل الضغط ويكون هناك حاجه لتعويض الهواء المفقود.





منشأت منفوخة

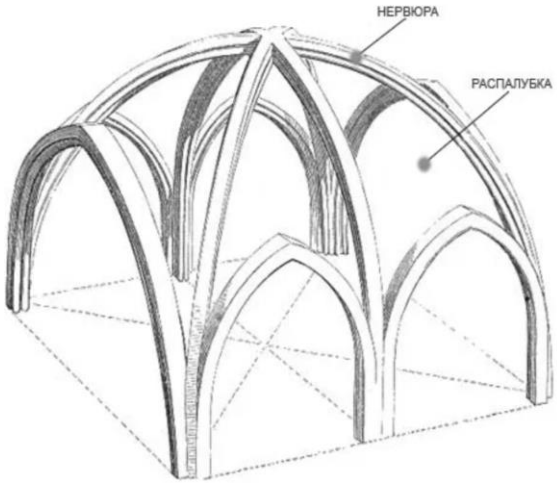
عيوب المنشآت الهوائيه

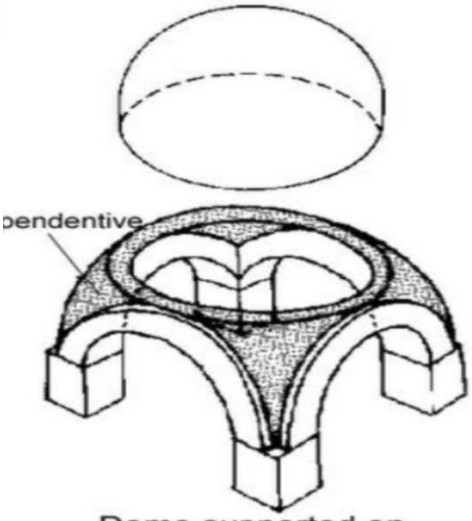
- عدم كفائتها للعزل الحراري أو العزل الصوتى.
- قصر عمرها الافتراضى لتعرض الأغشية النسجيه أو المطاطية للتمزق أو الاهتراء الناتج من تأثير العوامل الجوية أو إنتهاء عمرها الإفتراضى.
- تكلفة تشغيلها عالية نسبيا بالمقارنة بالانظمه الأخرى وذلك لتشغيل ماكينه النفخ المستمر لتعويض الفاقد من الهواء الناتج عن التسرب وذلك لإختلاف درجات الحرارة أو التسرب الناتج عن وجود فتحات الأبواب وتكرار فتحها.
- درجة ضوضاء عالية ناتجة عن استخدام ماكينه النفخ لتعويض الفاقد أو للتشغيل المستمر طبقاً لنوع المنشأ.
- تكلفه الصيانه العاليه الناتج عن عمل الإحتياطات اللازمه لعدم التسرب للهواء إضافة الى تكلفة صيانة الأقمشه النسجيه أو المطاطيه أو صيانة الآلات وماكينات النفخ.
- قابلية هذة المنشآت للتأثر بسرعة الرياح أو خفض درجات الحرارة خاصة فى المناطق الحاره.

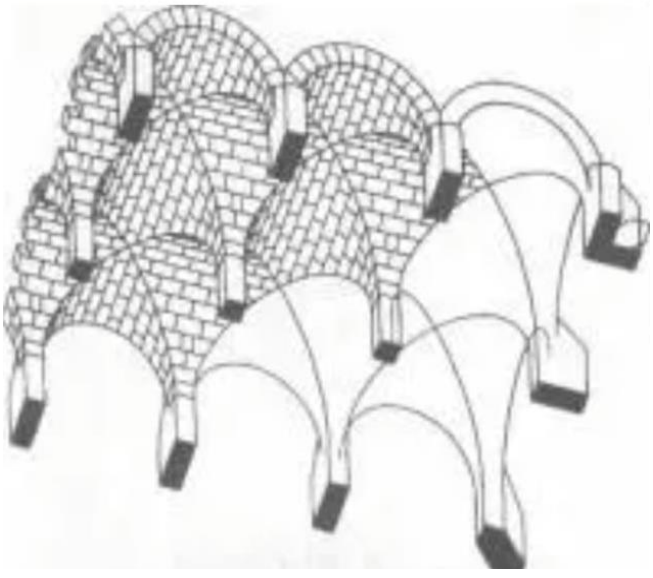
العقود Arches

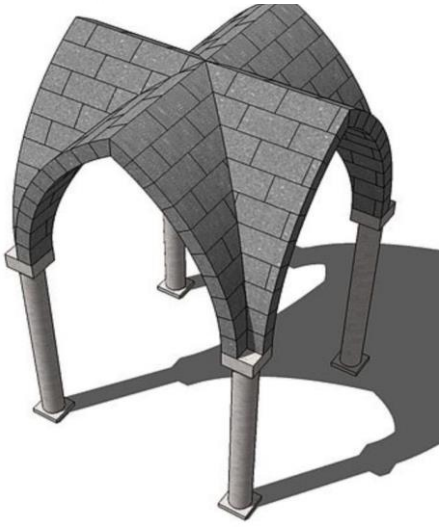
القباب Domes

القبوات Vaults









القباب والقبوات

العقود والقباب والقبوات

تعتبر العقود و القباب و القبوات منشأت ذات أسقف منحنيه تستخدم لتغطية المساحات الكبيره للفراغات المعماريه .

وتعتمد على إنتقال الاحمال من النقطه الأعلى الى النقطه الأسفل ثم الى الحوائط والأعمدة الى الأساس.

وتتكون القباب عن طريق استخدام العقد بصورة متكررة بجوار بعضه البعض لتكوين القبو Vault وقد استخدم هذا الأسلوب بكثره فى العمارة الساسانيه ومنها انتشرت فى البلاد الإسلاميه كما استخدمت القبوات أيضاً فى الحضارة المصرية القديمة كما فى معبد الرمسيوم.

والفكرة الأساسية فى القبو هو أنه يعمل كوحده واحدة لنقل الأحمال من هيكل السقف الى الحوائط والجدران أو الأعمدة والجسور طبقاً لنوع وشكل المنشأ.

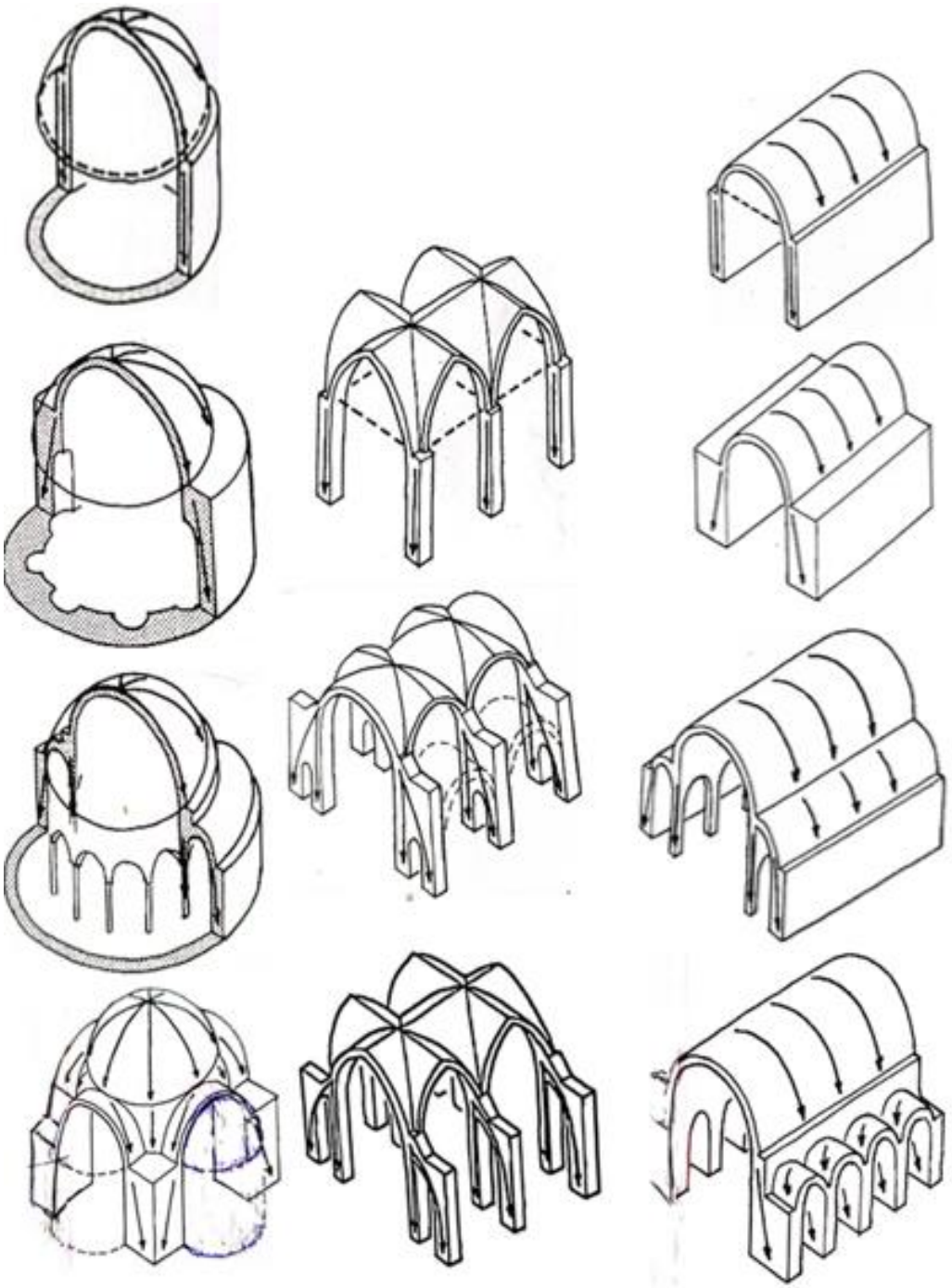
وقد استخدم الرومان القبة خاصة بعد اختراع مادة البوتوزلانه المستخدمه فى تكوين الخرسانة العادية لتخفيف الأحمال الناتجه عن ألقبه الضخمه كما فى مبنى البارثنون فى روما.

واستخدمت القبوات المتقاطعه فى العمارة الغوطية بكثره داخل الكنائس والكاتدرائيات كقبوات متقاطعة وفى خارج تلك الكنائس فى الأكتاف الطائرة لمقاومة قوى الرفص الناتجه عن الإرتفاعات العالية للحوائط الحجرية ذات الأسماك القليله.

العقود Arches

تعتمد طريقة انشاء العقود على تحويل القوى للمنشأ الى قوى ضغط (إجهاد الضغط (Compression ويتم نقل وتوزيع الحمل من النقطة الأعلى الى النقطه السفلى للقاعده وتتقسم أشكال العقود الى الآتى :

- العقد الدائرى .
- العقد المدبب.
- العقد المفصص.



أشكال مختلفة للقبو لمقاومة قوى الرفص الجانبية طبقا لحجم القبو

أشكال للأقبية المتقاطعة و طرق معالجة قوى الرفص طبقا لحجم القبو

معالجات مختلفة للقباب لمواجهة قوى الرفص الجانبية

القبو Vault

يعمل بنفس نظرية العقد فى نقل الأحمال من النقطة الأعلى الى النقطه الأسفل ومنه الى الحائط أو الكمره الى العامور ثم الى الأساس وبتكرار العقد الواحد تلو الآخر بجوار بعضهم البعض يتكون القبو المعروف.

ويعتمد شكل القبو على مقدار القوى المعرض لها ومقدار توزيعها والمسافة بين نقط الإرتكاز السفلية بالإضافة الى مقاومة القوى الجانبية.

القبة Dome

تعتبر القبة من المنشآت الأقوى بالمقارنة بسمكها القليل وإمكانياتها لتغطية المسطحات الكبيرة، معتمدة على شكلها المقوس.

وعادة تقام القياب على مساقط دائرية أو مربعه وفى حالة المربع يلزم تحويلة الى شكل دائرى عن طريق مثلثات ركنية فى الأركان، أو منحنيات كمنطقة أنتقال من المربع الى الدائرة وعادة تبنى القبة فى الحضارات السابقة من الطوب أو الحجارة والخشب فى المنشآت ذات البحور المتوسطة حتى تم أستخدام مادة البوذلانة فى العصر الرومانى فى عمل قبة معبد الباثنيون، فأعطى أبعاد أكبر كما استخدمت القبة فى الحضارة البيزنطية فى كنيسة أيا صوفيا فى أسطنبول فى تركيا.

مبنى البانثيون

ايا صوفيا

قباب المسجد النبوي

وقد تطور هندسة القباب فى الحضارات العربية فتعددت أشكالها وطرق أنشاءها وذلك للتأكيد على الرمزية وجمالية النسب والحجم رأينا ذلك فى قباب كثيره فى المناطق العربية كما رأينا فى قباب المسجد النبوى (27 قبه متحركة بمتورات هيدروكلية) كما ان من أهم التطبيقات المميزة للقياب قبة مبنى الكونجرس حيث تعتبر أعلى قبة واجملها وأغلاها فى العالم.

القبة الرئيسية لمبنى الكابيتول United States Capitol

تعد مبنى قبة الكونجرس من أهم الأمثلة ومن أجملها كقبة مقامة للمقر الرئيسى للسلطة التشريعية الفيدرالية (الكونجرس) من تصميم المهندس وليم نورتنون ، وقد تم إختيار مكان بناء الكونجرس من الرئيس جورج وشنطن حيث حدد مكان البناء فى مكان مرتفع فوق تلة تسمى كابتول Capitol Hill فى عام 1880 م نظراً لإنتقال العاصمة الى هذا المكان الجديد من أول عاصمة فى ولاية ينسلفانيا فى مدينه فيلادلفيا لإعتراض الولايات الاخرى على وجود العاصمة فى ولاية ينسلفانيا، مما يعطيها ميزة عن باقى الولايات ، حينها تم التبرع من ثلاث ولايات كل ولاية بمساحة من الأرض لتكون أرض محايدة تقام عليها العاصمة الجديدة والتى سميت بعد ذلك بواشنطن .

مبنى الكابيتول

واشنطن

Capitol Hill

وكان أول بناء فى العاصمة الجديدة هو مبنى الكابتول حيث بنى من الطوب والحجر الرملى فى عام 1807 ثم تم أستكمال الجناح الجنوبى "مجلس النواب" ثم المبنى المركزي الدائرى عام 1826 حيث بنيت علية القبة وكانت قبة منخفضة فى ذلك الوقت مطعمة بالخشب والنحاس.

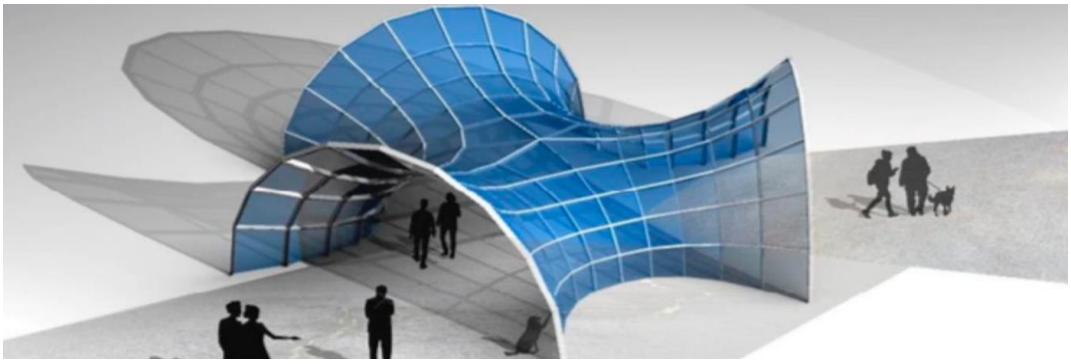
وبحلول عام 1850 تم أضافة الجناح الخاص بمجلس الشيوخ الأمريكى.

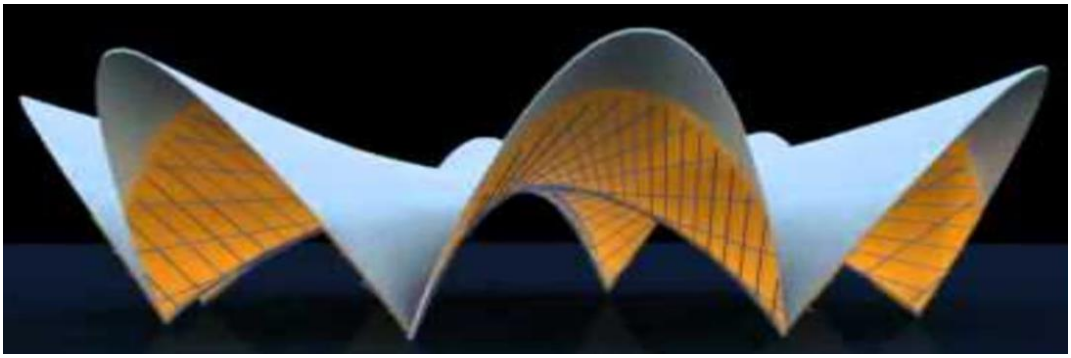
واعيد بناء القبة عام 1863 من قبل المهندس شارلز بعد تشقق جدران المبنى نتيجة لأحمال القبة القديمة، وقد بنيت القبة الجديدة بطريقة مزدوجة قبة من الداخل وقبة من الخارج بأستعمال الأعصاب الحديدية وتمثل هذه القبة المصنوعه من الحديد الزهر من تصميم الفنان توماس بورلتر أعلى قبة فى العالم تعلو القاعة المستديرة أعلى جزء من مبنى الكابتول وقلب المبنى بقطر يصل الى 29 متر وبأرتفاع يصل الى 54.44 متر وهى تعتبر أعلى قبة مبنيه فى العالم كما تعتبر من أجمل القباب نظرا لتفصيلها.

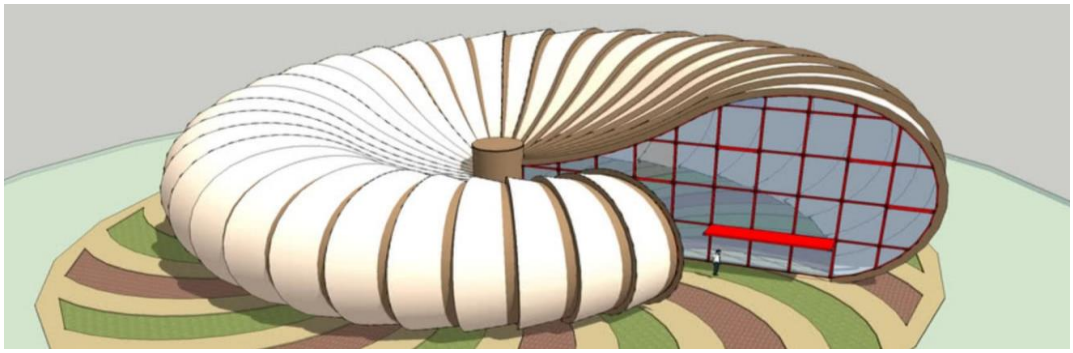
الأسطح الفعالة

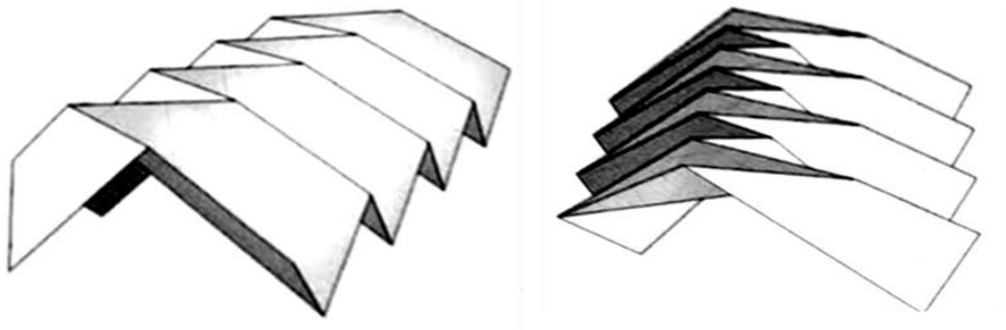
Surface Active

- الأسطح المنطبقة Folded Plates
- القشريات Shells









القشريات والاسقف المنطبقة

الأسطح المنطبقة

Folded plates

- منطبقه منشورية
- منطبقه هرمية
- منطبقه إطارات
- منطبقه أقواس

الأسقف المنطبقة هى أحد أنواع الأسقف التى يتم فيها نقل الأحمال عن طريق الأسطح الفعاله، والتى تعتمد على تحويل القوى العمودية على المنشأ الى قوى محورية داخل الجسم الإنشائى للأسطح المنطبقة Axial **force** ثم نقل هذه القوى الى نقط الإرتكاز (الأعمدة) ومنها الى الأساس، كما يمكن أيضا تحميل تلك الأسطح المنطبقه على كمرات رئيسية عرضيه تحمل الأسطح المنطبقة الطولية ثم تنقل هذه الكمرات الأحمال بدورها الى الأعمدة ثم الى الأساس ويمكن تشكيلها بعدة طرق واشكال معمارية مختلفه.

تقوم فكرة البلاطات المنطبقة على أعتبار أنها كمره تحمل السقف كما أنها انشقت نصفين، ومن خلال تشكيل هذه الأسطح المنطبقة يتم تحديد سمك البلاطات المنطبقة لمقاومه عزوم الانحناء على البلاطة، وتعد البلاطات المنطبقة أكثر اقتصاداً من البلاطات المنحنية والقشرية.

- البحور: بتتراوح البحور فى حالة استخدام البلاطات المنطقية بين 15م – 40م ونسبة السمك 1:12
- تكوينات متعددة للبلاطات المنطبقة مما يحقق الإثراء التشكيلى فى العمارة .

تطبيقات لبعض مشاريع الأسطح المنطبقة folded

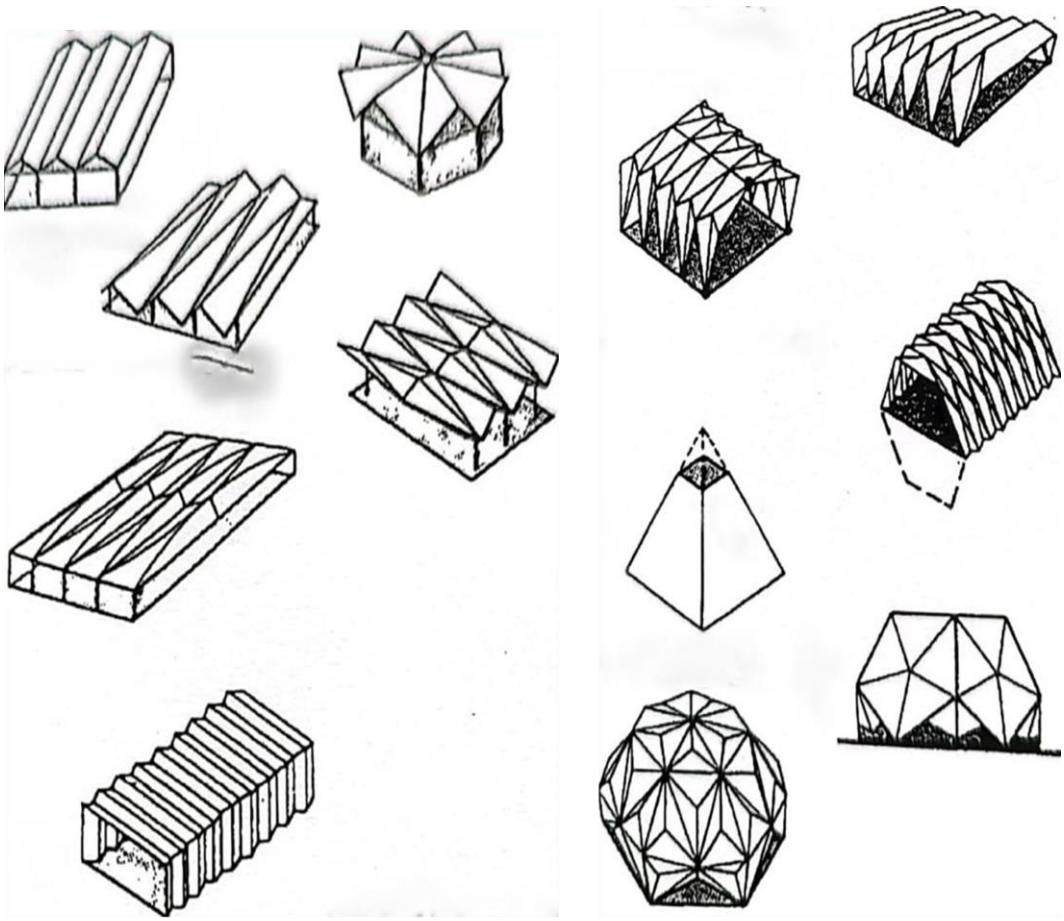
و تنقسم انواع الأسقف المتطبقة الى:-

اسطح متطبقة منشوريه **Prismatic Folded**

اسطح متطبقة هرميه **Pyramid Folded**

اطارات متطبقة **Folded Plate Frame**

اقواس متطبقة **Folded Plate Arch.**



أسطح منطبقة

القشريات

Shells

- قشرية أحاديه الإنحناء
- قشرية ثنائية الانحناء
- قشرية مخروطية
- القشريات الكتفية
- القشريات الفراشية
- قشريات دورانيه (القبة القشريه)

المنشأت القشرية

المنشآت القشرية تعتمد فى الأساس على مقاومه القوى الواقعه عليها عن طريق قشرياتها الخارجية من خلال تحويل القوى الى قوى محورية داخل جسم القشرة الإنشائية.

والمنشآت القشرية عبارة عن قشره مصمتة رقيقة من الخرسانه المسلحة تم تشكيلها لتكسب هذة القشرة الرقيقة عزم قص ذاتى ويتميز هذا النوع بسمك صغير جدا بالمقارنه بالأبعاد والأسماك الطبيعية للخرسانه وعادة تكون من أسطح منحية ويمكن بإستخدام هذا النوع فى تغطية فراغات واسعة مثل (الصلات الرياضية – المعارض – محطات السكة الحديدية – قباب المساجد والكنائس).

أنواع المنشأت القشرية

- منشأت قشرية أحادية الإنحناء.
- منشأت قشرية ثنائية الإنحناءات.
- منشأت قشرية دورانية.
- منشأت قشرية مخروطية.

1- قشريات مقوسة أحادية الإنحناء اتجاه واحد.

Shell cutved in one direction

- تعمل بنفس مبدا عمل الأقواس والعقود و لها اشكال متعدده.

2- قشريات مقوسة فى الإتجاهين (ثنائيه الإنحناء)

Shell curved in two directions.

أ- القشريات البرميلية

- برميلية قصيره

طول القشرة اقل من 3/5 نصف قطر قوسها

- برميلية طويله

طول القشرة اكبر من 3/5 نصف قطر قوسها و يجب تقويتها برابط

ب-القبو القشرى **Vault shell**

قطاعات تشبه اشكال العقود ترتكز على دعامتين لا يقل سمك القشره عن 6.5سم.

3-المخروط القشرى Cone shell

4-القشريات الكتفيه Sell abutments

- تستخدم لتغطية منصه المشاهدين فى ملاعب كرة القدم والاستادات.

5- القشريات الفراشيه Butterfly shell

- تتكون من كابولين بتفرعات من عامود أو حائط بشكل قشرية ذات كابولى (مستخدم فى مظلات الاتوبيسات والقطارات.

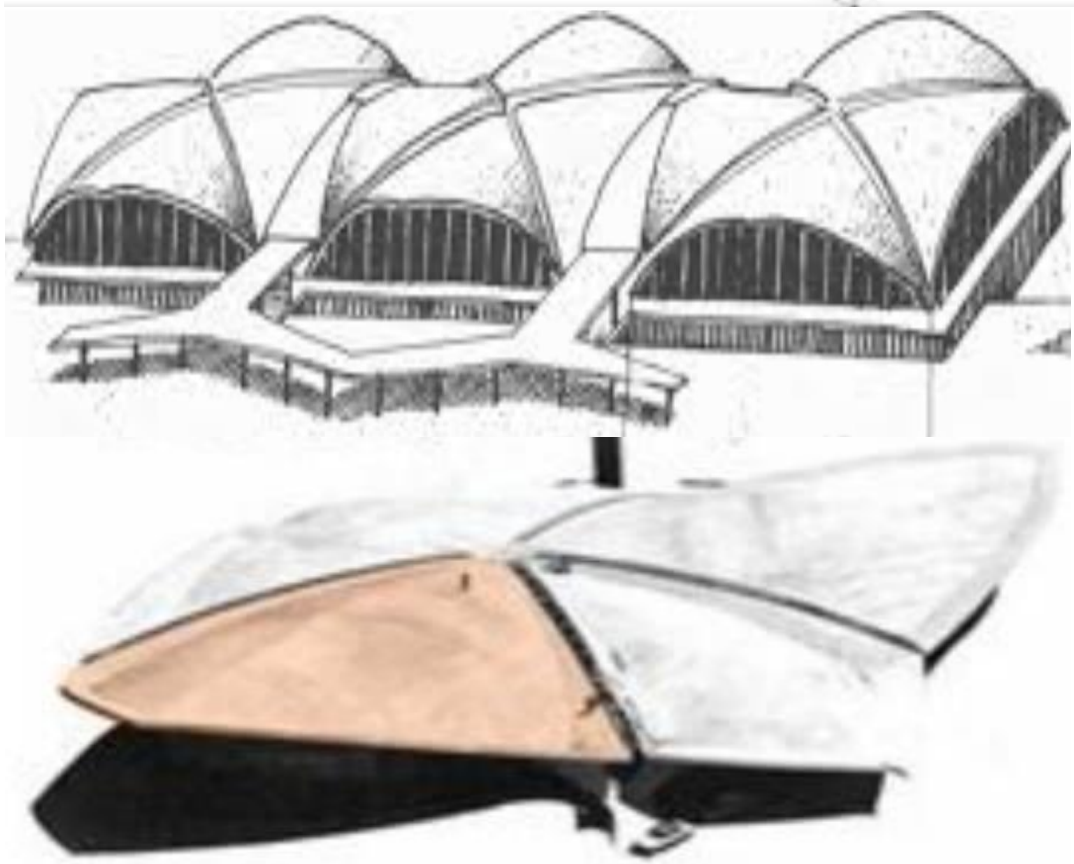
6- قشريات دورانيه

- **القبه** القشرية Dom shell

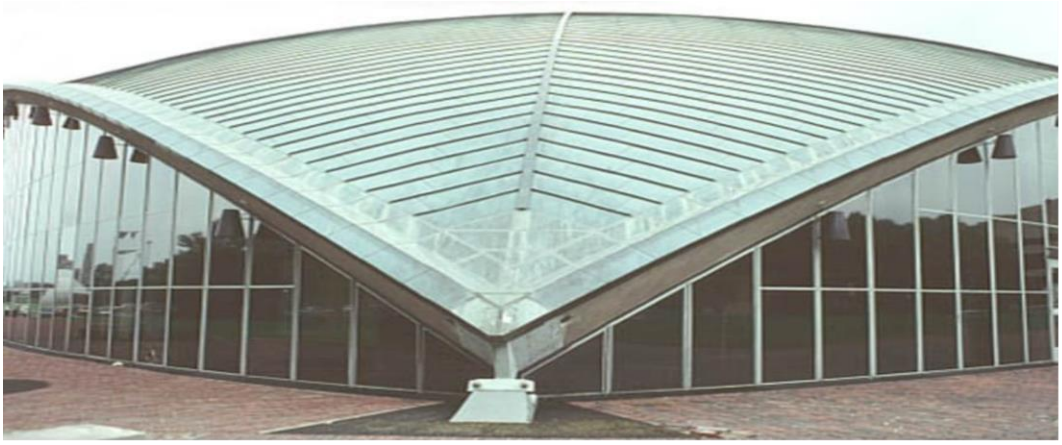
مميزات المنشآت القشرية

- توفير فى التكاليف بالمقارنة بالأنظمة التقليدية من خلال الإقتصاد في كمية المواد المستعملة عن طريق السمك الصغير للمنشأ بالمقارنة بالمساحة أو الفراغات التي تغطيها.
- تستطيع المنشآت القشرية أن تتحمل الأحمال عن طريق تحويل القوى الواقعة عليها إلى قوى ضغط وشد وقص حيث إنها تقاوم جميع هذه القوى بتشكيلها.
- خفة الوزن طبقاً لمكوناتها كقشرة رقيقة من الخرسانة.
- تغطيه لفراغات والتى تعطى مساحة مفتوحة مما يوفر حرية للمعمارى عند تصميم الفراغات المعمارية التي تغطيها نظراً لتغطيتها مساحات كبيرة.

- الشكل المنحني من الخرسانة يعطيها إمكانية تغطية المسطحات الواسعة وكبيرة ويعطيها قوة أكبر.
- القدرة على تحمل أحمال غير متوازنة لجميع القوى التى تتعرض لها.
- تتميز بشكل معمار مميز.



نماذج أسقف قشريات



قشريات

الأنظمة الإنشائي الرأســية

- مبانى متوسطة الإرتفاع
- مبانى عاليه
- مبانى شاهقه الإرتفاع

نقل الأحمال بفاعليه الوزن

المبانى العالية

أنبهر الإنسان على مر التاريخ بالمنشآت العالية كرمز للقوه والعظمة والسيطرة نجد ذلك في الحضارات المتعاقبه كما نراه في حاضرنا.

فبنى الإنسان هذه المنشآت الضخمة والعالية بداية من الأهرامات المصرية والمعابد المصرية والأغريقية والرومانية بإرتفاعاتها العالية والضخمه كما نراها أيضا فى الكاتدرئيات والكنائس ممثله فى كنائس العصر الغوطى بأبراجها العالية والأكتاف الطائرة لتلقى قوى الرفص الجانبية من الحوائط شاهقة الإرتفاع فى وقتها والتى فرضت سيطرة وعظمة تلك الكنائس على هذا العصر وكما فى كل حضارة حيث كانت تلك المبانى تترك إرثا حضاريا للتاريخ عباره عن تسجيل لمدى عظمة وقوة كل حضارة.

وفى النصف الثانى من القرن العشرين ومع تطور المواد و ظهور مواد جديده لم تكن مستخدمه انشائيا من قبل، خاصة عند أستخدام الحديد كمادة إنشائية جديده ،أمكن الوصول الى الإرتفاعات شاهقه من مبانى عاليه مثل ناطحات السحاب وساعد أيضا على الوصول الى هذه الإرتفاعات ظهور المصعد كوسيلة انتقال رأسى لتسهيل انتقال الأشخاص للوصول الى الأدوار المختلفة بسهولة منذ

استخدامة وظهوره فى أول مرة فى القصر البلورى 1950- 1951 كما أن للتطور الذى حدث فى صناعة المصاعد فى النوع والسرعة للوصول الى تلك الأدوار العالية فى زمن سريع و مقبول أدى الى زياده الإرتفاعات و الوصول الى مبانى شاهقه الإرتفاع و ناطحات سحاب.

وكان لرغبة أمريكا (الولايات المتحدة الأمريكية) كدولة جديدة فى فرض قوتها وتعبيرا عن الغنى والقوه الإقتصادية والتباهى بالقوة والعظمة حينما انتشر استخدام المبانى العالية الشـاهقة الإرتفاع (ناطحات سحاب) فى مدينة نيويورك ومدينة شيكاغو فى تنافس بين المدينتين حول الذى يبنى أعلى مبنى ساعد على ذلك الأتى :

- استخدام الحديد كمادة بناء رئيسية خفيفة مما يمكن من خلالها الأرتفاع الى عدد كبير من الأدوار.
- تطور فى سرعات المصاعد للوصول الى الأدوار العليا والشاهقة الإرتفاع وفى زمن مقبول.
- استخدام مواد جديدة خفيفة فى تنفيذ الحوائط الداخليه والخارجيه مما أدى الى خفة الأوزان للمبنى.

- تطور النظم الإنشائية لتوفير المتانة لمقابله قوى الأحمال الجانبية (أحمال الرياح – الزلازل) حيث أصبح توفير المتانه مطلباً هاماً وأساسيا فى تصميم وإنشاء تلك المبانى شاهقة الإرتفاع .
- تطور نظم التشغيل الميكانيكية وتطور فى سرعات المصاعد للوصول الى الأدوار العاليه.
- تطور أنظمة الإنشاء والتأسيس المستخدمة.

ومن ذلك الحين تسابقت الدول فى أنشاء تلك المبانى العالية واصبح من الندرة أن تكون هناك أى مدينة كبيرة دون انشاءات ومبانى عالية وتغير فى خط السماء فى المدينة من خط يقرب الى الافقية الى خطوط رأسية ، حيث أعطت المبانى العالية والشاهقة الإرتفاع يعدا جديدا، وفى البداية كان تصميم تلك المبانى بأشكالها التقليدية عبارة عن تكرار للأدوار بالأساليب التقليديه المعروفه ، أما الآن فإن هناك حرية للمعمارى فى أخراج و انتاج أشكال جديدة غير تقليدية ، بمعنى أن أصبح التصميم والرغبة بل والجرأة والخيال هو السائد فى تلك النظم ، مما مكن المعمارى والإنشائى من تصميم مبانى بأشكال جديدة تتسم بالجرأه والإبتكار، كما ظهرت طرق إنشائية جديدة مكنت من الثبات والقوة الأكبر فى هذه المبانى وهذا التطور الذى حدث أمكن من خلال الآتى :

- تطور فى المواد وتقنيات البناء.
- ظهور أنظمة إنشائية خاصة لهذا النوع من المبانى أنظمة انشائية جديدة تتناسب مع انشاء هذه الأنواع من المبانى.
- تطور الأنظمة الميكانيكية وانظمة السرعات للمصاعد وانواعها.
- أرتفاع اتمان الأراضى فى المناطق التجارية فى المدن الكبيرة والعواصم أدى الى محاولة الأستغلال الأمثل للأراضى ببناء أدوار متكررة رأسيا على قطعة الأرض والإرتفاع رأسيا.
- زيادة أعداد السكان فى المدن والمناطق الحضريه بطريقة كبيرة وزيادة وارتفاع تكاليف وأسعار الأراضى أو عدم كفايتها أدى ذلك الى الرغبة فى إستغلال الأراضى عن طريق تعدد الأدوار والإتجاه الى الرأسية فى البناء خاصة داخل المدن الكبرى والعواصم فى كل انحاء العالم.

تصنيف الأبنية العاليه

- مبانى متوسطه الإرتفاع.
- مبانى عالية من 14 طابق حتى 50 طابق.

- مبانى شاهقة الإرتفاع بدايه من 51 طابق الى اعلى حوالي 300 م – 600م فأكثر مبانى شاهقة الأرتفاع.

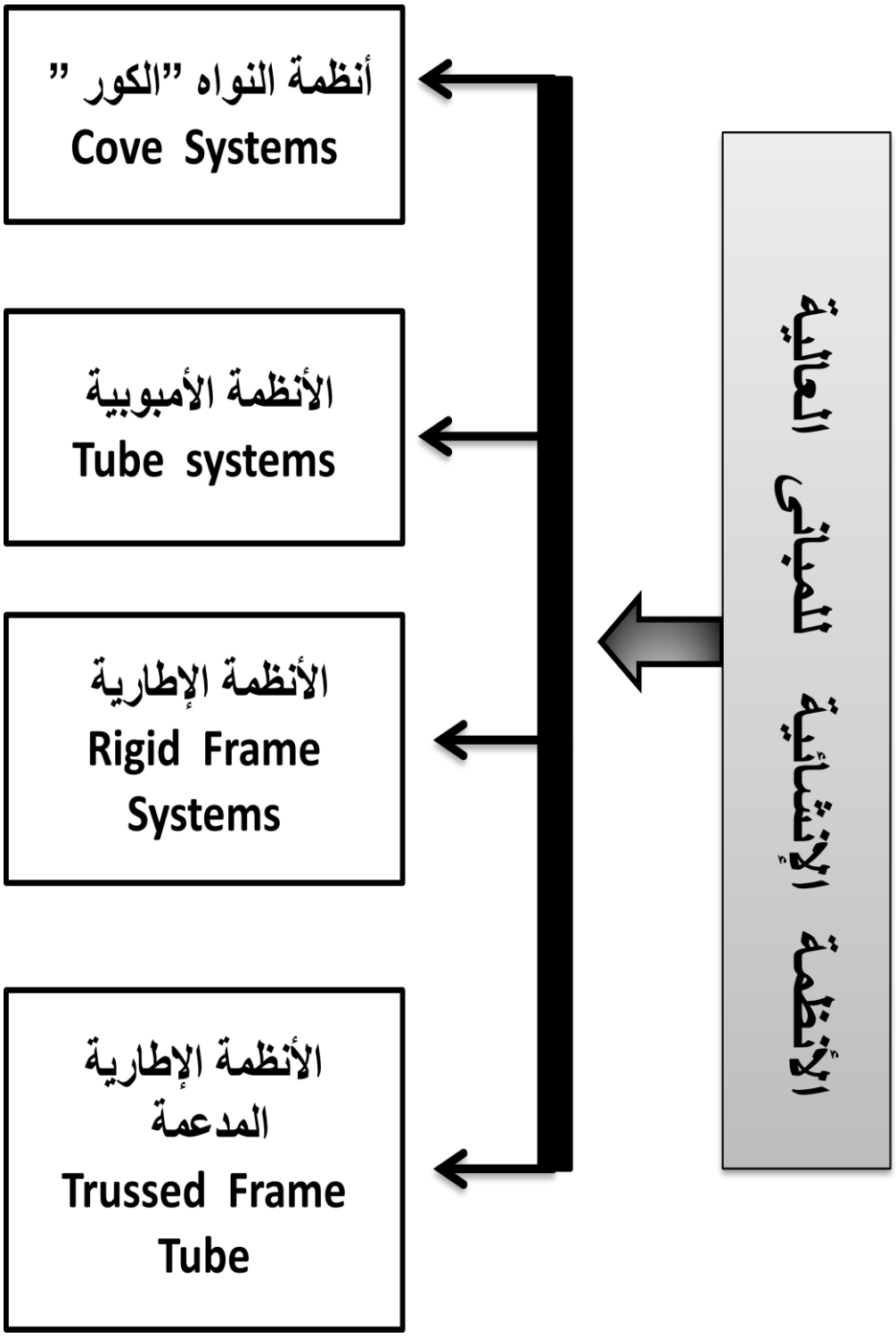
وهناك عدة عوامل أساسية تؤثر على أختيار النظام الإنشائى للمبنى سواء أكان عاليا أو شاهق الإرتفاع يمكن إجمالها فى الآتى:

- الوظيفه التى يحتويها المبنى (سكنى – تجارى ..... ألخ)
- الناحية الإقتصادية والميزانية المحددة لكل مبنى.
- الأحمال والقوى الجانبية التى يتعرض لها المبنى فى الموقع المحدد من قوى الرياح أو الزلازل.
- عدد الأدوار المطلوبة وإرتفاع المبنى لكل منطقه.
- شكل المبنى فى المسقط الأفقى.
- شكل المبنى رأسيا كواجهة المبنى.
- الموقع العام المقام عليه المبنى.
- نوع ومقدار الأحمال المؤثرة على المبنى
- طبيعة التربه ونوعها ومدى تحملها للأوزان.

و تعدد الطرق الإنشائية الدارجة الإستعمال فى المبانى العالية حيث تتعدد فيها طرق الإنشاء طبقاً للوظيفة أو التكلفة الإقتصادية بالإضافة للأحمال والقوى

المؤثرة الجانبية وإرتفاع المبنى وعدد الأدوار طبقاً للعناصر التى تم ذكرها وهناك خمسه أنواع رئيسية دارجة للأستعمال للفكرة الإنشائية للمبانى العالية كالاتى:-

- **أنظمة النواه " الكور " Core Systems**
- **الأنظمة الأمبوبيه Tube Systems**
- **الأنظمة الإطارية Rigid Frame Systems**
- **الأنظمة الإطارية المدعمة Trussed Frame Tube**
- **الإطارات المكتفه Breced Frame**


الأنظمة الإنشائية للمباني العالية
أنظمة النواه "الكور "
Cove Systems
الأنظمة الأمبوبية
Tube systems
الأنظمة الإطارية
Rigid Frame
Systems
الأنظمة الإطارية
المدعمة
Trussed Frame
Tube

1- أنظمة النواه " الكور "

يتكون نظام النواة Core System من نواة Core رأسيه من الخرسانة المسلحه وأحياناً تكون النواة من الحديد الصلب بعد عمل التدعيم اللازم بواسطة Bracing او إطارات مدعمه أو مكثفة لتدعيم بالأعمدة الرأسية لمقاومة قوى الأحمال الجانبية (زلازل – رياح) وتستخدم النواة معمارياً فى احتواء الخدمات المعمارية من سلالم ومصاعد كعناصر اتصال راسى اضافة الى الخدمات وتنقسم أنظمة النواه الى الأنواع الآتية: -

أ- نظام النواة والأسقف الكابولية

Core and Cantilevered Slab

ب- نظام النواة والأدوار المعلقه

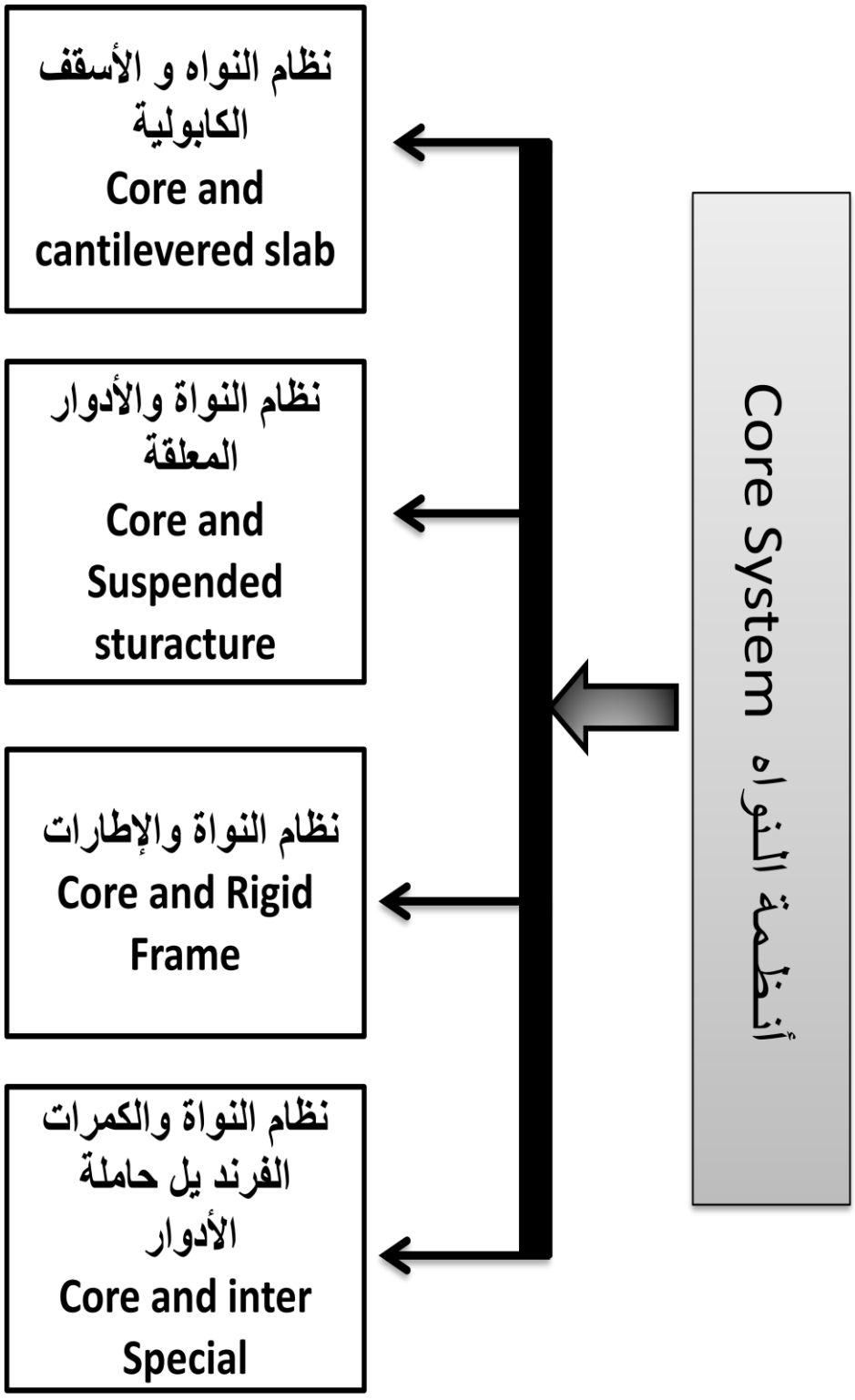
Core and Suspended Stracture

ج- نظام النواة والإطارات

Core and Rigid Frame

د- نظام النواة والكمرات الفرنديل حاملة الادوار

Core and Inter Special


أنظمة النواه Core System
نظام النواه و الأسقف الكابولية
Core and cantilevered slab
نظام النواة والأدوار المعلقة
Core and Suspended sturacture
نظام النواة والإطارات
Core and Rigid Frame
نظام النواة والكمرات الفرند يل حاملة الأدوار
Core and inter Special

أـ نظام النواة الأسقف الكابولية

Core and Cantilevered Slab

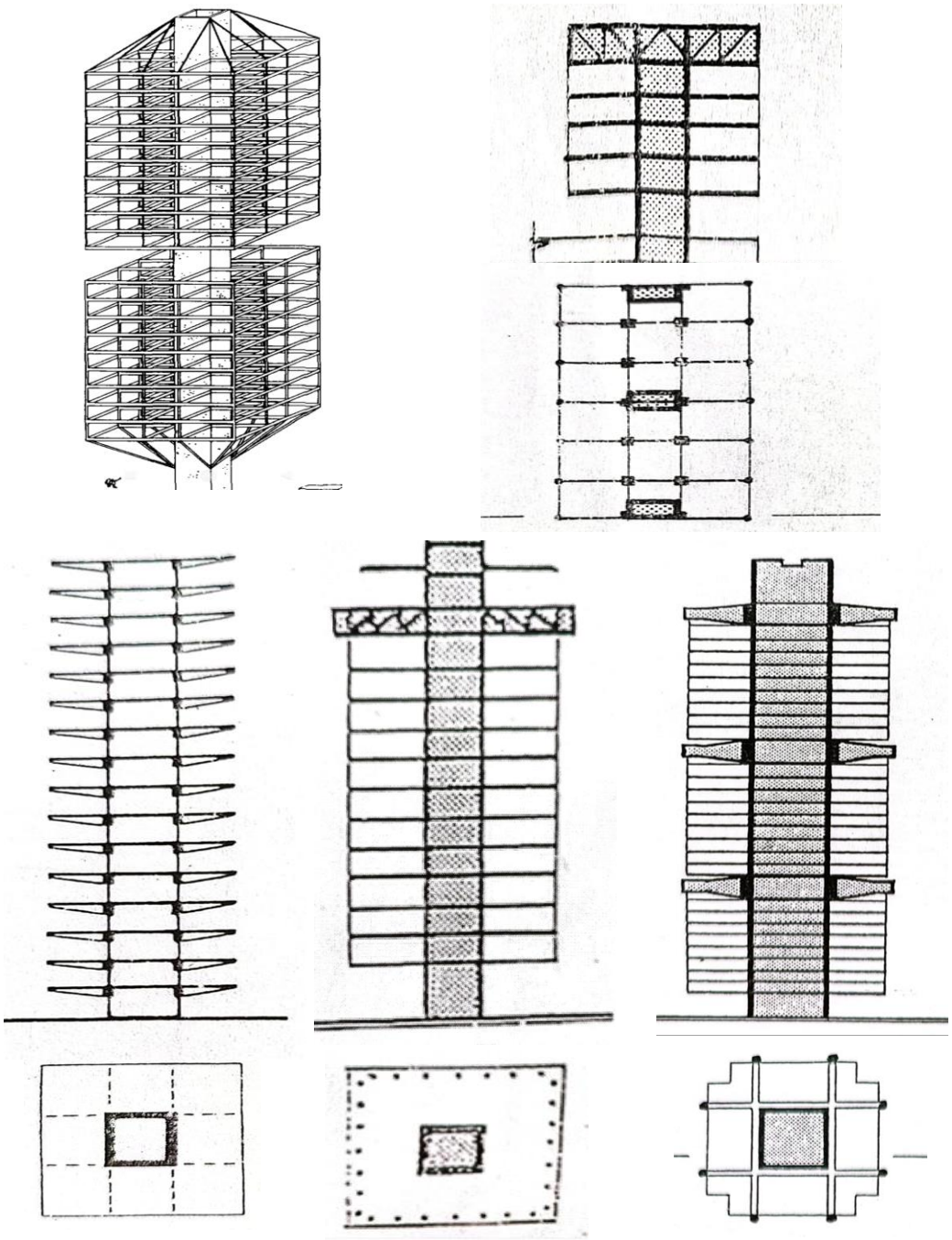
نظام يعتمد على منشأ خرسانى من نواة خرسانية رأسية وأسقف كابولية من النواة او الكور الرئيسى أى أن تكون البلاطات محمولة كابولياً من النواة الرأسية أو الكور الخرسانى.

وتستخدم النواة فى احتواء الخدمات المعمارية (سلالم- مصاعد – خدمات معمارية) وهو نظام غير اقتصادى نظرا لكميات الخرسانة وكميات الحديد المستخدمة فى انشاء المبنى و يتم انشاؤه من الحديد او الخرسانه المسلحه.

بـ نظام النواة والأدوار المعلقة

Core and Suspended Stracture

ويعتمد هذا النظام على إستخدام نواة رأسيه غالباً ما تكون من الخرسانة وكمرة رئيسية تحمل من أعلى النواة الرأسية ثم تعلق جميع الأدوار من هذة الكمره الرأسية بواسطة كيابل مثبتة على الكمره أعلى النواة (الكور) حيث يتم تحميل الاحمال الخاصة بالادوار على الشدادات "الكيابل" ومنها الى مركز



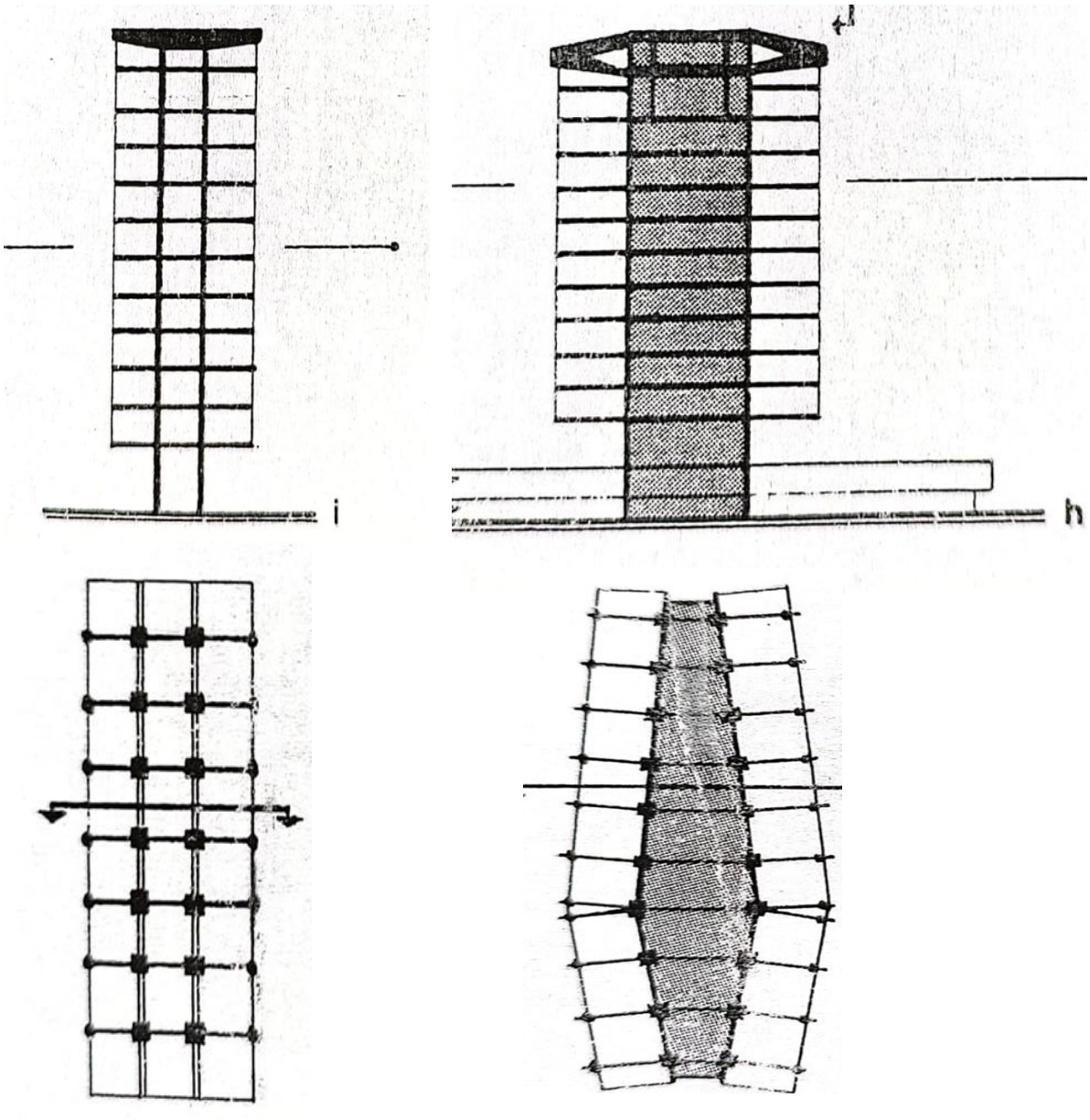
نظام الكور (النواه والأسقف الكابوليه—النواه والأسقف المعلقه)

المبنى (Core) ثم الى الأرض والأساس و يترك الدور الأرضى حراً الا من مسطح الكور الذى يحتوى على الخدمات و عناصر الاتصال الرأسى و يمكن تقسيم الأدوار رأسيا لكل مجموعه أدوار من خلال إستخدام الكمرات الرئيسية كاملة و معلقة على الكور الرئيسى لكل مجموعة أدوار.

ج- نظام النواة والإطارات

Core and Rigid Frame

يعتمد هذه الأبنيه الرأسية على نواة مركزية تحتوي على الخدمات وعناصر الأتصال الرأسيه وإطارات **Frame** محمله على أعمدة من الخرسانة أو الحديد مع التثبيت الجيد بين الأعمدة والكمرات لإستمرارية انتقال الأحمال والعمل كإطار Frame.



نظام النواه والإطارات

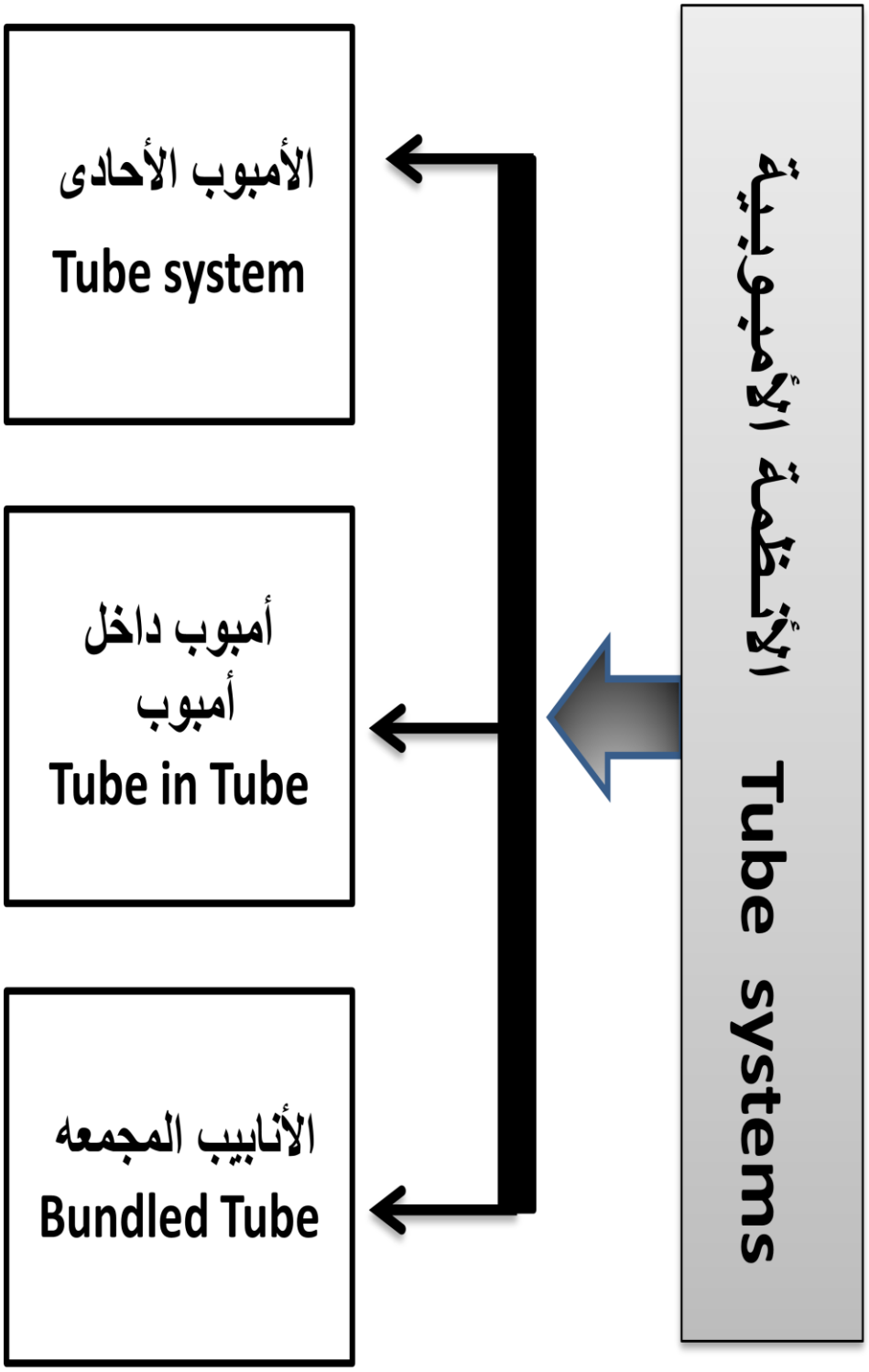
د- نظام النواة والكمرات الفرنديل حاملة الادوار

Core and Inter Special

و يتكون المبنى من نواة رئيسية رأسية تحمل كمرة رئيسية كابولية تحمل بدورها أدوار المبنى المعلقة كابولياً من النواة الرأسية أو عدد 2 نواة فى نهاية المبنى فى حالة المبانى المستطيله و كمرة رأسية محمله على النواتين ثم تحمل جميع الأدوار عليها و يترك الدور الأرضى حرا إلا من النواتين التى تحتوى كل منهم على عناصر الإتصال الرأسى و الخدمات.

2- الأنظمة الأمبوبيه Tube Systems

يتكون هذا النظام الامبوبى من أعمدة موزعة على محيط المبنى بحيث تكون متقاربة عادة ما تكون ما بين 1.50م – 3.0م والأعمدة مستمره رأسيا بكامل إرتفاع المبنى و يتم ربطها أفقياً بكمره على محيط المبنى عادة ما تكون على مستوى أرضية الأدوار و تقوم هذه الكمرات الرابطة بتحمل قوى العزوم


الأنظمة الأنبوبية Tube systems
الأمبوب الأحادى
Tube system
أمبوب داخل أمبوب
Tube in Tube
الأنابيب المجمعه
Bundled Tube

وكل القوى الجانبية و يوفر هذا النظام الإنشائى كفاءه اقتصادية للمبانى على ان يأخذ فى الأعتبار الآتى:-

- تقريب المسافة بين الاعمدة الخارجيه المحيطه بالمبنى.
- اضافة دعامات القص و يمكن ان تكون على مستوى الأدوار و يكون هذا النظام كالآتى:-

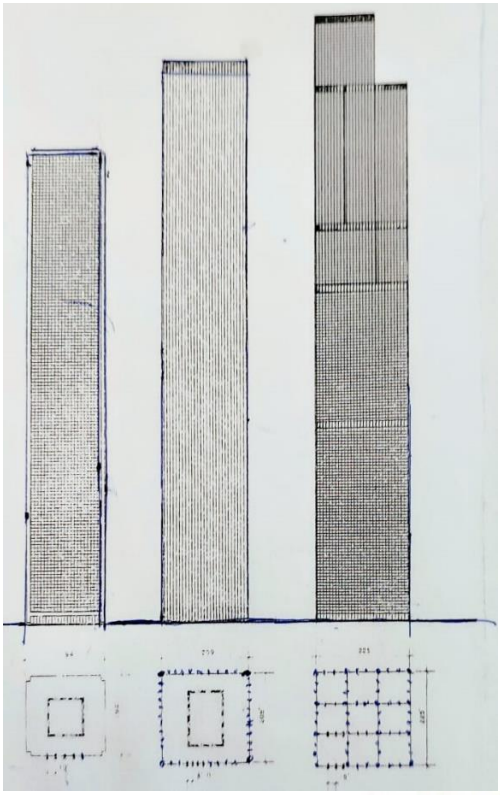
أ- امبوب أحادى

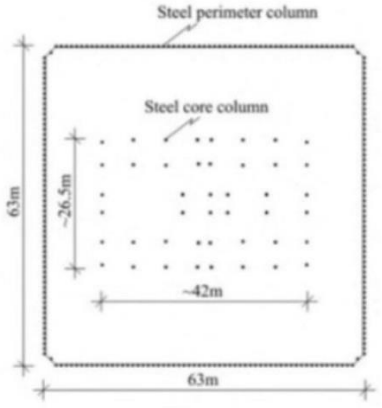
ب-امبوب داخل أمبوب

ج- أنابيب مجمعة أو متعدده

أ-الأمبوب الأحادى Tube System

عبارة عن مجموعه متقاربة بين الأعمدة محيطه بكامل ارتفاع هيكل المبنى وبكمرات رابطة على مستوى الأدوار لمقاومة القوى الجانبية ويصلح للإرتفاعات المنخفضه للمبانى ويتم تجمع عناصر الإتصال الرأسى فى موقع محدد داخل المبنى وملحقاته حيث يعتبر المبنى انشائياً كالأنبوب.





مركز التجاره العالمي البرجين التوأمين، الولايات المتحده الأمريكية، نيويورك، 1972

(امبوب احادى-امبوب داخل امبوب-امبوبيه مجمعه او متعدده)

ناطحة سحاب سيرس _ شيكاغو

مبنى التجارة العالمى القديم قبل تفجيره واقامه مبنى جديد

ب -نظام أمبوب داخل امبوب Tube in Tube

يعمل هذا النظام كأنبوب ثنائى امبوب داخل انبوب ويعمل النظام الإنشائى بإستخدام أعمدة متقاربة حول المبنى بكامل ارتفاع المبنى فى محيط المبنى الخارجى او الامبوب الخارجى وكذلك الامبوب الداخلى الذي يعمل أشبه بالنواه المربوطه بكمرات عميقه واعمدة وعادةً ما يستخدم الأمبوب الداخلى لتوزيع الخدمات من عناصر اتصال رأسى سلالم ومصاعد بالإضافة للخدمات و من الامثله لهذا النوع مبنى التجارة العالمى فى نيويورك فى أمريكا و الذى تم تجديده و هدمه.

ج - نظام الانابيب المجمعة Bund led Tube

يتكون المنشأ من مجموعة أنابيب مربوطه سويا بالكمرات الرابطه على مستوى الأدوار لمقاومة القوى الجانبيه و هى المنشآت التى تصلح للمبانى شاهقة الإرتفاع التى قد تصل الى اكثر من 100 دور كمبنى سيرس فى شيكاغو بأمريكاو يتكون المبنى من أعمدة متقاربة خارجية على المحيط الخارجى المبنى بكامل ارتفاع المبنى مع كمرات عميقة على مستوى الأدوار و هذا يعتبر إنشائياً من أفضل الانواع خاصة إذا تم عمل فرق فى الإرتفاعات فى مجموعات الأنابيب

الرأسية كما فى مبنى سيرس فى شيكاغو و من خلال ذلك يمكن الحصول على تنوع فى الشكل المعمارى للمبنى.

3-الانظمة الإطارية

Rigid Frame Structure

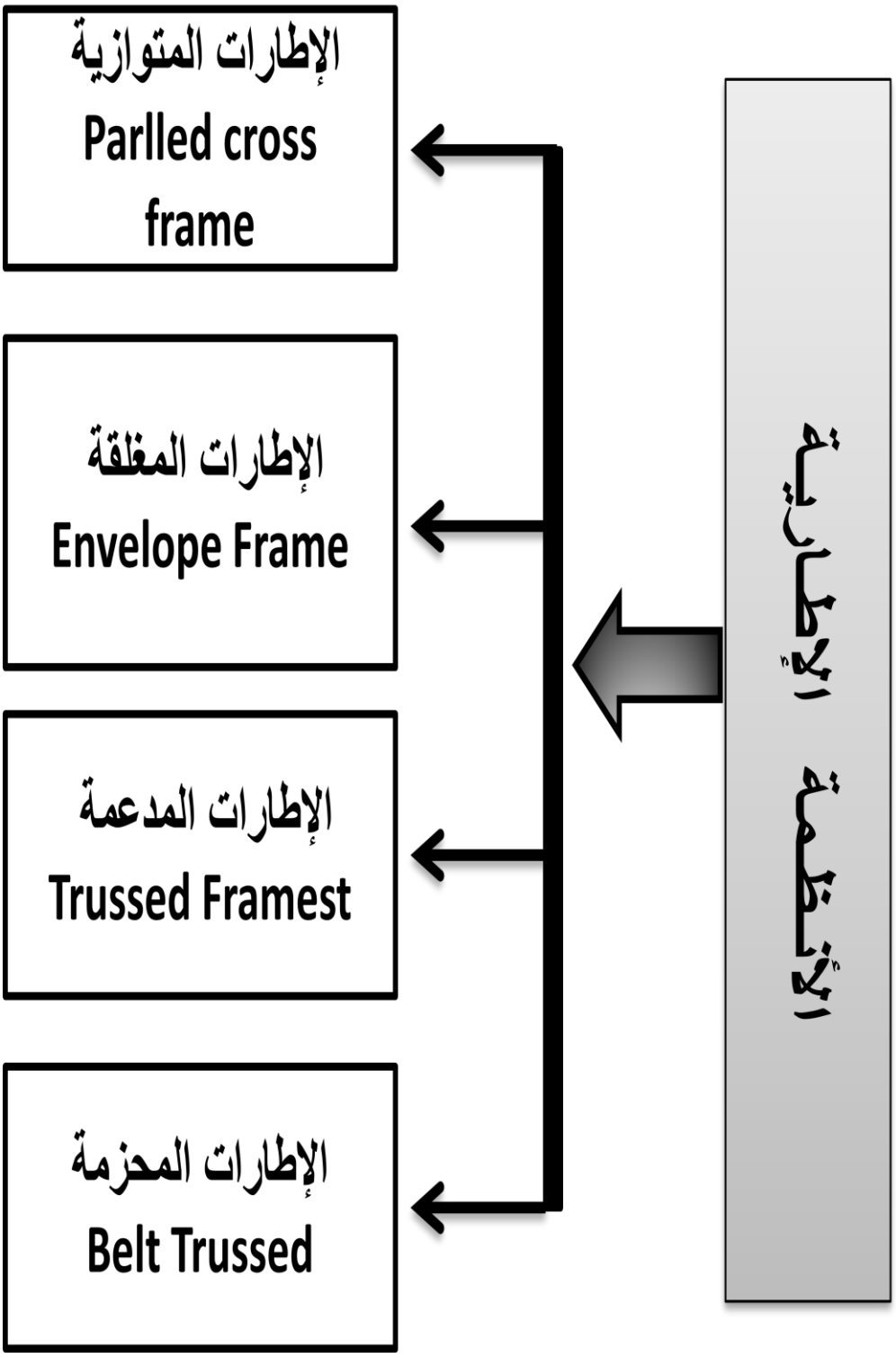
تعتمد الانظمة الاطارية الجامدة (Rigid) على إطار من الخرسانه او من الحديد بعد التثبيت الجيد للكمرات والاعمدة الحديدية ليعمل كإطار ويكون قادراً على مقاومة الأحمال الرأسية والجانبية وضمان الاستمرارية بين الكمرات والاعمدة فى جميع الادوار حيث يعمل كإطارات متعددة ومتكررة للأدوارالمختلفه للمبنى.

أ- الاطارات المتوازيه Paralled Cross- Frame

ب- الاطارات المغلفه Envelope Frame

1-اطارات مغلفة رئيسية مع استخدام الجزء الداخلى لمركز الخدمات (السلالم والمصاعد .... الخ

2-إطار متقاطعة مكونة غلاف خارجى وغلاف داخلى مستطيل او دائرى لكلا الغلافين.


الأنظمة الإطارية
الإطارات المتوازية
Parlled cross frame
الإطارات المغلقة
Envelope Frame
الإطارات المدعمة
Trussed Framest
الإطارات المحزمة
Belt Trussed

ج- نظام الاطارات المدعمة Trussed Frame Tube

الاطارات المكتفة Breced Frame Structure

ويعتمد هذا النظام على اطارات مدعمة كجدار قص لمقاومة القوى الجانبية من رياح وزلازل ويكون ذلك من خلال انشاء اطارات تعمل كحزام لكل مجموعة ادوار او ان تستغل الواجه لعمل إطار القص والاطارات المدعمة او المكتفة.

د- نظام الاطارات المُحزمة Belt Trussed

استخدام الحزام "الإطار" خاصة فى المبانى شاهقة الارتفاع لمقاومة قوى القص. كل عدة ادوار لمقاومة القوى الجانبية التى تتعرض لها المبانى شاهقة الارتفاع من زلازل أو رياح، وتعمل كحزام رابط للمبنى ويمكن اضافة إطار مدعم او مُحزم فى منطقة الكور المركزية على ارتفاع المبنى.

4- نظام الواجهات المُحزمة (المُكَتفة)

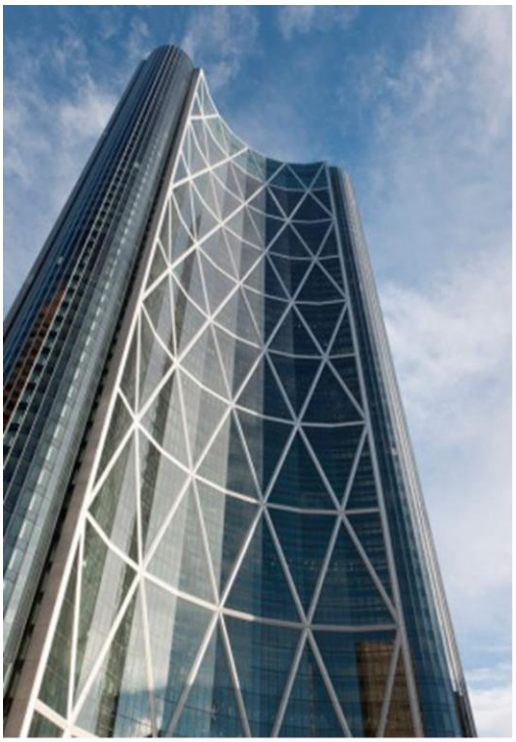
Braced Façade

يعتمد هذا النظام على مقاومة قوى القص او القوى الجانبيه عن طريق عمل كمرات او هياكل على واجهة المبنى وغالباً ما يكثر استخدام هذا النوع فى المبانى

للمنشآت الحديدية بحيث تعمل الاطارات المكتفة كعمود مائل لمقاومة قوى الجذب الارضية Gravity Loads ويعطى تأثير خاص للواجهة المعمارية ويجعل المبانى العالية أكثر قوة ومن الامثله الجيدة لذلك مبنى جون هان كوك فى شيكاغو. John hancock tower

ومما يعيب هذا الاتجاة ان الأعمدة المائله قد تتسبب فى الغاء الشبابيك المار أمامها الهيكل المائل.

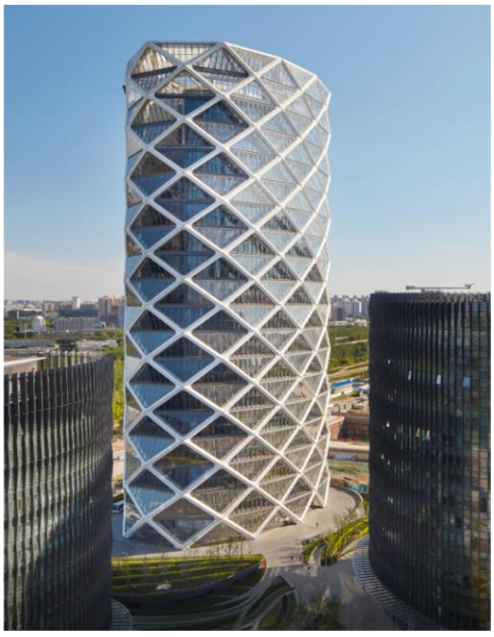
مبنى سان فرانسسكو واجهه محزمه



The Bow, Calgary, Canada

30St Mary Axe, London, UK

Tower D2, Paris, France



Poly International Plaza, China

نماذج لمبانى واجهات محزمه

john hancock tower **مبنى جون هانكوك – شيكاغو**

المـراجع

1- Safdie, M. (1974). For everyone a garden. Cambridge, Mass.: MIT Press.
2- Salvadori, M. (1990). Why buildings stand up: The strength of architecture. WW Norton & Company.
3- Hart, F., Henn, W., Sontag, H., & Godfrey, G. B. (1978). Multi-storey buildings in steel. Crosby Lockwood Staples.
4- Hodgkinson, A. (Ed.). (1980). AJ Handbook of Building Structure. Butterworth-Heinemann.
5- Frampton, K. (2020). Modern Architecture: A Critical History (World of Art). Thames & Hudson.
6- Schueller, W. (1977). High-rise building structures. John Wiley & Sons.
7- Jencks, C., & Chaitkin, W. (1982). Architecture today. New York: HN Abrams.

8- جورج مانسل. ترجمة د. محمد بن حسين البراهيم (2003.) تشريح العمارة. النشر العلمي والمطابع- جامعة الملك سعود.

9- د.محمد محمود عويضه "تطور الفكر المعمارى في القرن العشرين" دار النهضه العربيه بيروت 1984