

# مبادئ التصميم الهندسي

## المرحلة الثالثة

---

د. ايمان خالد ابراهيم

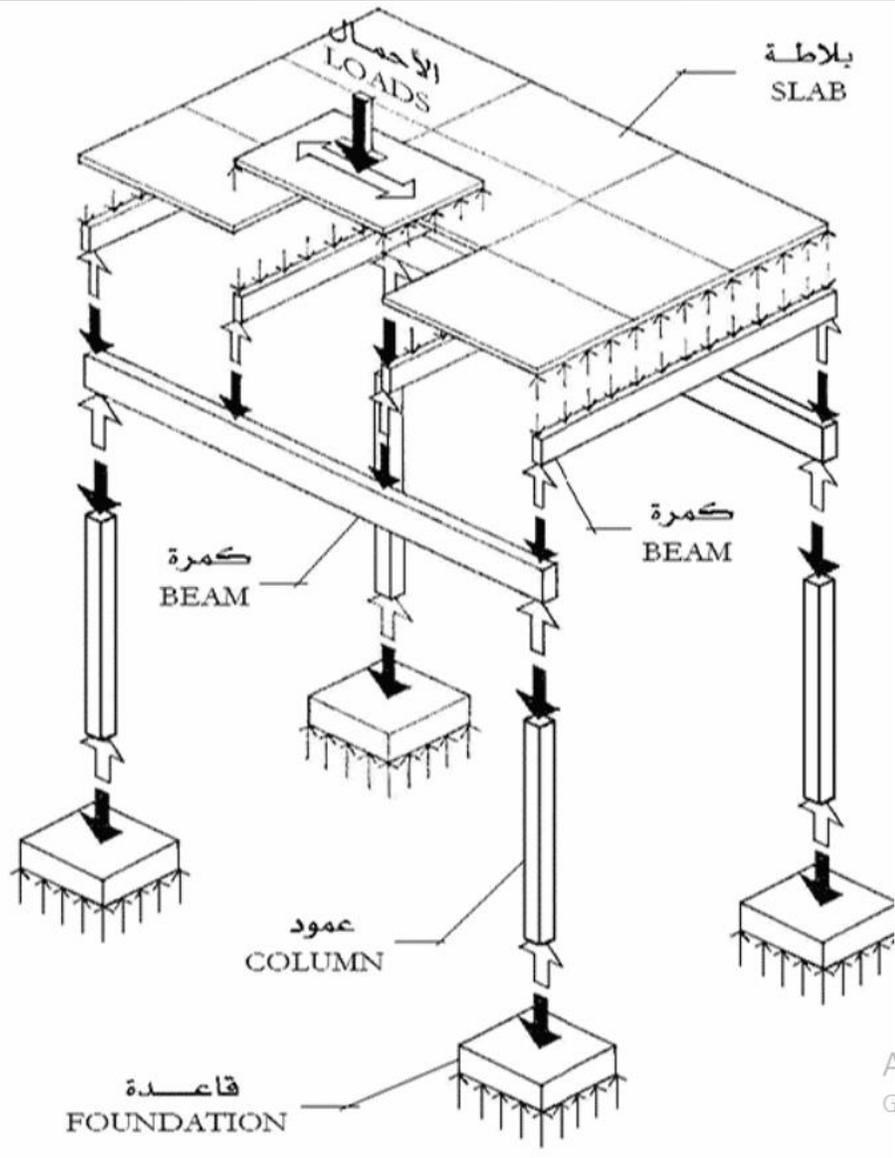
# الأنظمة الإنشائية

---



# الأنظمة الإنشائية

تُعرف الأنظمة الإنشائية على أنها الجملة الإنشائية التي تنقل الأحمال المعرضة لها إلى أساسات المنشأ ثم إلى التربة. أي أنها عبارة عن كافة التجهيزات التي يضعها المصمم، والتي ترتبط بنقل أحمال المبنى إلى الأساسات ثم إلى التربة من خلال العناصر الإنشائية مثل: [البلاطات، الأعمدة، والعتبات]، وذلك لضمان توازن واستقرار المبنى.



## تتكون الانظمة الانشائية من العناصر الاساسية التالية:

1. **انظمة الارضيات (البلاطات):** وتشمل البلاطات والعتبات بجميع طوابق المبنى ويوجد العديد من البلاطات المستخدمة في مختلف المنشآت مثل البلاطة المصمتة والمسطحة والبلاطة ذات الاعمدة في الاتجاه والاتجاهين، البلاطات ذات العتبات المتقاطعة وغيرها.
2. **العناصر الرأسية الحاملة:** وهي العناصر التي تدعم الاسقف وتقوم بنقل الاحمال الرأسية الى الاساسات وغالبا ما تكون الاعمدة هي العناصر الرأسية اضافة لجدران القص
3. **الاساسات:** وهي العناصر التي تقوم بنقل الاحمال الى التربة ولها عدة انواع مثل القواعد المنفصلة والمشاركة والحصيرية حسب نوع المنشأ
4. **عناصر مقاومة الاحمال الجانبية:** وتشمل الجملة الانشائية المقاومة لأحمال الرياح والزلازل وتتكون من جدران القص المصممة لهذا الغرض.
5. **العناصر الاخرى:** وتشتمل بقية العناصر الانشائية مثل السلالم.

# ما هي أنواع الأنظمة الإنشائية؟!

تختلف الأنظمة الإنشائية من مبنى لآخر وذلك على حسب الغرض من استخدام المبنى، حجمه، وأيضًا وفقًا لقوانين البناء.

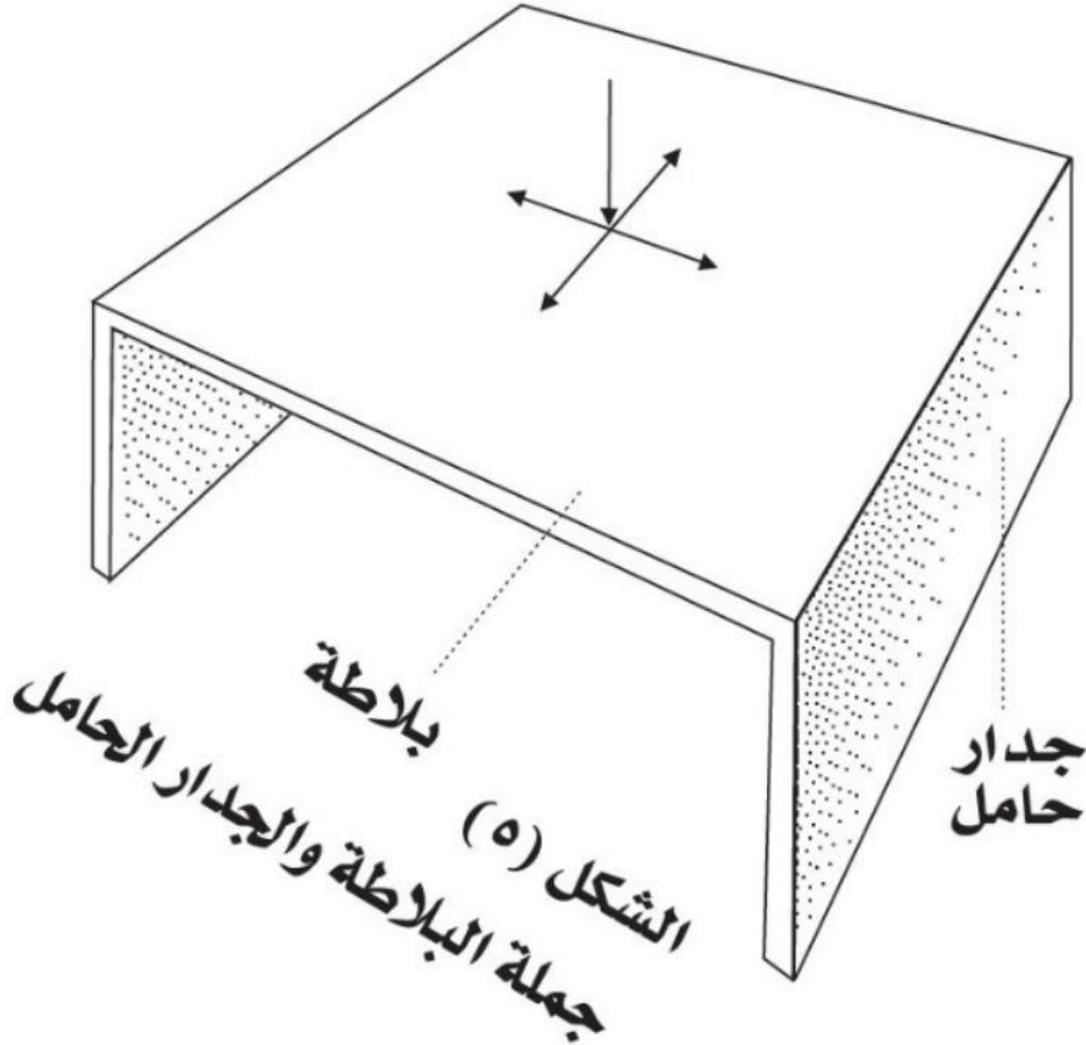
## أولاً: الأنظمة الإنشائية للفضاءات الصغيرة

---

يمكن تطبيق الأنظمة الإنشائية للفضاءات الصغيرة في المباني التي تكون فضاءاتها الإنشائية بين [3 إلى 10 متر]، وتشمل الأنظمة التالية:

## ❖ نظام الجدران الحاملة

يقوم نظام الجدران الحاملة على نقل الأحمال من خلال الجدران فقط أي لا يوجد أي أعمدة أو كمرات خرسانية. حيث أن هذا النظام يقوم على حذف الهيكل الخرساني للمبنى وتحويل الجدران إلى عناصر إنشائية لحمل المبنى. وبالتالي يتم نقل الأحمال الأسقف إلى الجدران الحاملة ومنها إلى أساسات المبنى ومن ثم إلى التربة. لذلك سوف تجد أن جدران الدور الأرضي سمكها كبير حيث تقوم بحمل أحمال المبنى جميعا و يقل السمك في الأدوار الأعلى.



نظام الحوائط الحاملة

## ❖ ويتميز نظام الجدران الحاملة بما يلي:

• أنه قليل التكلفة حيث يستخدم مواد تكلفتها منخفضة، ولا يحتاج إلى تقنية عالية ومعقدة.

• سهولة وسرعة انشاؤه.

• هذا النظام يتحمل المناخ و الحرارة .

---

• على الرغم من عدم وجود أعمدة إلا أنه يتميز بقدرته على تحمل الأحمال الواقعة عليه .

• جيد في العزل الحراري، والصوتي.

## ❖ لكن تتمثل عيوب نظام الجدران الحاملة فيما يلي:

- يُستخدم هذا النظام في المباني التي لا تزيد عن 5 طوابق.
- التقيد بنظام معماري ثابت في كل الأدوار، وبالتالي لا يمكن التعديل في الجدران بعد إنشائها حيث أنها تكون هي الحامل الأساسي للمبنى.
- الجدران تأخذ مساحة كبيرة في الأدوار السفلية، حيث يجب أن تكون سميكة لتتحمل المبنى.
- فتحات التهوية تكون صغيرة، وذلك لأن مساحة الشبايبك تكون صغيرة حتى لا تخل بمتانة المنشأ حيث أنها تنقص من مساحة الجدار.

## 2 - الأنظمة الإنشائية الهيكلية



على عكس النظام السابق [نظام الجدران الحاملة]، فإن الأنظمة الإنشائية الهيكلية تعتمد على العمود والعتبات ولا يكون للجدران أي دور غير في التقسيم الداخلي للمبنى.

الأنظمة الإنشائية الهيكلية

يشمل هذا النظام عدة أنظمة فرعية، مثل:

## 1- الأنظمة الإنشائية الهيكلية بنظام العمود والعتبة Column and Beam

ينتشر استخدام هذا النظام في المباني السكنية؛ نظرًا لتكلفته المنخفضة، وسهولة تنفيذه.

يتكون النظام الإنشائي بنظام العمود والعتبة من أعمدة، وعتبات خرسانية متعامدة، ومن ثم يتم صب السقف الخرساني عليهم، حيث تحمل العتبات البلاطات وترتكز ارتكازًا ثابتًا على الأعمدة.

---

تنتقل الأحمال من الأسقف إلى العتبات، ومن ثم تنتقل إلى الأعمدة التي ترتكز عليها، ثم تنتقل الأحمال من خلال الأعمدة حتى تصل إلى القاعدة الخرسانية المسلحة، وأخيرًا تقوم القاعدة الخرسانية المسلحة بنقل الأحمال إلى التربة.

## 2- نظام البلاطات المُسطحة

في هذا النظام تكون البلاطات لها سُمْك ثابت، تكون البلاطات مرتكزة مباشرةً على الأعمدة بدون عتبات؛ وفي هذا النظام يتم انتقال الأحمال من البلاطة إلى الأعمدة مباشرةً.

### من أهم مزايا نظام البلاطات المسطحة :-

- المرونة في تنفيذه نتيجة عدم وجود عتبات، خاصةً في حالة تغيير التقسيم الداخلي للوحدات في الأدوار.
- أيضاً عدم وجود عتبات يُسهل جداً تنفيذ أعمال الكهرباء والصرف الصحي، وكذلك التكييف، مقارنةً بالبلاطات ذو العتبات.
- يعطي منظراً معمارياً حسناً حيث استواء السطح يعطي مستوى إضاءة أفضل.
- يغطي هذا النظام فضاءات أكبر من الأعمدة والعتبات.
- تقليل زمن تركيب القالب، توفير في أعمال القوالب الخشبية.
- يمكن أن يعمل هذا النظام على تقليل الارتفاع الكلي للمبنى.



البلاطات المسطحة في العمارة

## 2- نظام البلاطات المُسطحة

### من أهم عيوب نظام البلاطات المسطحة :-

– نسب الحديد فيه تكون مرتفعة جدًا للمتر المكعب من الخرسانة مما يسبب زيادة وزن البلاطة على الأساسات.

– الوزن الذاتي لهذه البلاطة وكلفتها عالية لكن عمقها الكلي أقل وبالتالي تحقق أقل عمق كلي للإنشاء في المباني متعددة الطوابق.

– وتكون البلاطة ذات سُمك متساوي لكل مساحتها وبدون عتبات ساقطة لكن تكون قضبان التسليح متقاربة أكثر على إمتداد الخطوط بين الاعمدة الساندة من أجل مقاومة ضغوط القص؛ مما يؤدي إلى زيادة نسبة الحديد في هذا النوع.

### 3- نظام البلاطات سابقة الإجهاد Post tension slabs



## ثانيًا: الأنظمة الإنشائية للبحور المتوسطة

هي الأنظمة التي تغطي فضاءات انشائية تتراوح بين [10 إلى 16 متر]، وتشمل الأنظمة التالية:

### 1- نظام البلاطات ذات الأعصاب Waffle slabs



# 1- نظام البلاطات ذات الأعصاب Waffle slabs

يتم استخدام هذا النظام بشكل عام في قاعات السينما ومحطة السكك الحديدية والقاعة والمطارات وفي الهياكل التي لا يمكن استيعاب عدد كبير من الأعمدة فيها.

في هذا النظام يتم توزيع أشكال كروية أو مستطيلة للسقف، ويتم صب الخرسانة فوقها، ثم بعد ذلك يتم إزالة هذه الأشكال، وتبقى الأعصاب المكونة لتلك الأشكال، والتي تقوم بدور العتبات.

يُعتبر نظام البلاطات ذات الأعصاب Waffle slabs هو الخيار الأفضل الذي يتم استخدامه عندما تكون الهياكل مطلوبة مع فضاءات أطول. يُعرف هذا النظام أيضًا بالبلاط المضلع.

ألواح الواجهات هي نوع خاص من الألواح التي يتم إنشاؤها بشكل أساسي لفترة أطول ولديها مقاومة للتصدع والارتخاء، كما تتميز بمقاومة جيدة للانكماش. يُفضل بشكل عام إنشاء لوح الواجهات في المساحات التي تزيد عن 12 مترًا. يتطلب بنائها حوالي 30% أقل من الخرسانة و 20% أقل من التعزيز. أي أن حجم الخرسانة المستخدمة في بلاطة الواجهات أقل مقارنة بأنواع الألواح الأخرى.

كما تتطلب لوح الواجهات كمية أقل من الفولاذ والخرسانة مقارنة بأنواع الألواح الأخرى.

## 1- نظام البلاطات ذات الأعصاب Waffle slabs

تتمثل مميزات هذا النظام في:

- 1- الحصول على مسطحات كبيرة بدون أعمده مع تخفيض وزن السقف وكمية صلب التسليح.
- 2- الحصول على تقسيم شبكى منتظم ومميز مع استخدام الفراغات في تركيبات الكهرباء والتكيف والصوت.

لكن تتمثل عيوب هذا النظام في:

- 1- حدوث تصدعات به، وذلك بسبب الشروخ الذي يحدث في البلاطة عند جوانب الأعصاب نتيجة التغير الكبير في العمق بين البلاطات الرفيعة والأعصاب العميقة.
- 2- صعوبة معالجة اي تضرر بالسقف نتيجة رفع القوالب.

## 2- نظام العتبات المتقاطعة Paneled Beams

يشبه هذا النظام السابق [نظام البلاطات ذات الأعصاب [Waffle slabs، ويتكون من عتبات متعامدة مع بعضها البعض في الإتجاهين؛ حتى تُكون أعصاب خرسانية تقوم بدور العتبات.

**المميزات الخاصة بهذا النظام:**

تغطي مساحات كبيرة نسبياً بشرط أن يكون نسبة طول هذه المساحة إلى عرضها لا يزيد عن 2 بدون استخدام أعمدة في المنتصف.

يُعطي هذا النظام حرية كبيرة في توزيع الأعمدة.

**العيوب الخاصة بهذا النظام:**

– الشكل السيئ بسبب ظهور سقوف الكمرات.

.



## ثالثاً: الأنظمة الإنشائية للفضاءات الكبيرة

هي الأنظمة التي تُغطي فضاءات إنشائية تزيد عن 16 متر.

وتتمثل الأنظمة الإنشائية للفضاءات الكبيرة في:

### 1- الجمالونات

تُستخدم في مجموعة واسعة من المباني، خاصةً عندما تكون هناك حاجة إلى مسافات طويلة جدًا، كما يوجد في محطات المطارات وأسطح الملاعب الرياضية والقاعات والمباني الترفيهية الأخرى. تستخدم أيضًا لحمل الأحمال الثقيلة وتستخدم أحيانًا كتركيبات نقل. الاستخدام الأكثر انتشارًا للجمالونات في المباني حيث توفر الدعم للأسطح والأرضيات والتحميل الداخلي مثل: الخدمات والأسقف المعلقة بسهولة.



# تتنوع الجمالونات ما بين:

## 1- الجمالونات العادية أو التقليدية

تُستخدم لتغطية مساحات كبيرة بأقل عدد من الأعمدة الداخلية.

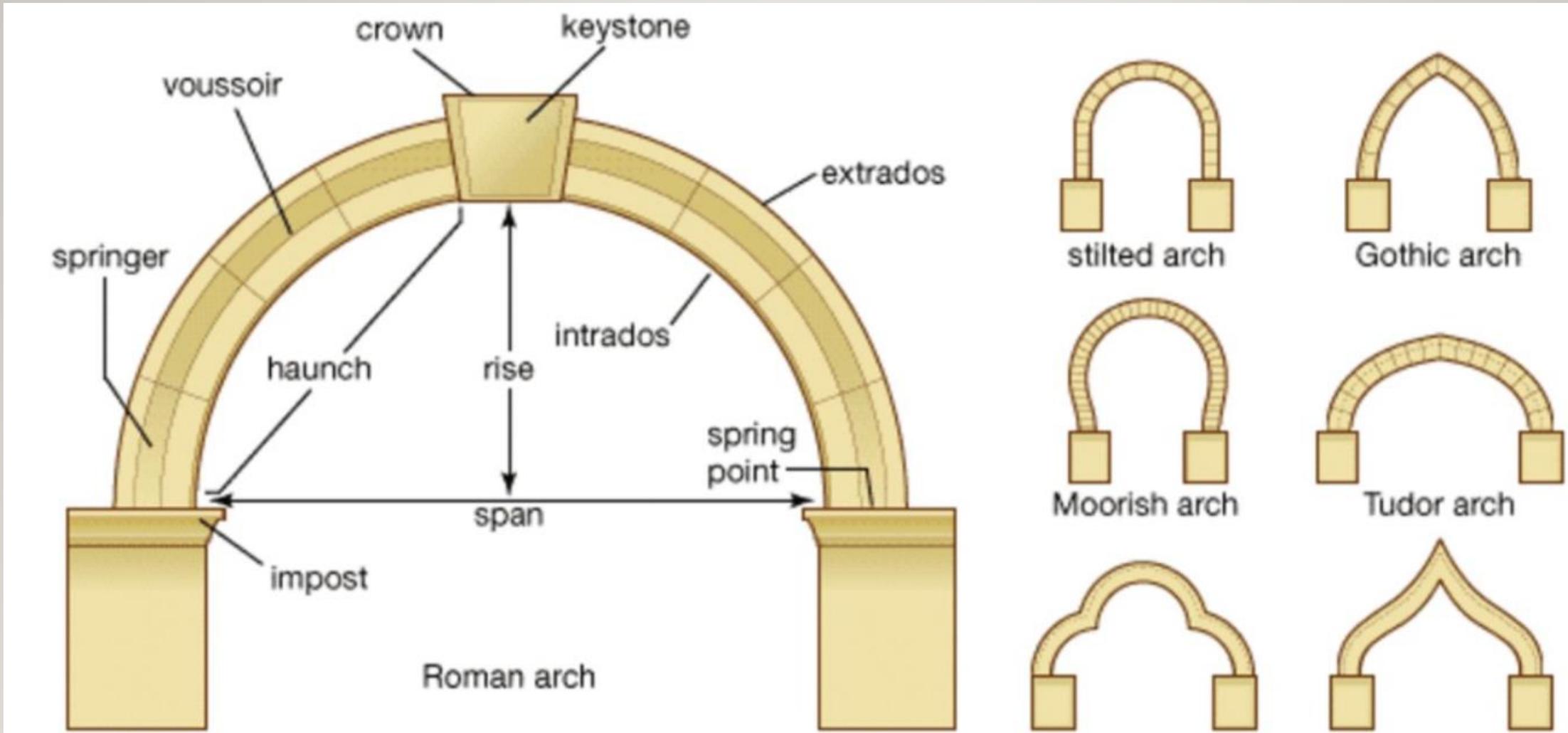
## 2- الجمالونات الفراغية Space truss

يُعتبر من أهم أنواع الجمالونات، وأقوى الطرق الإنشائية؛ لأن الأجزاء المكونة للهيكل تعمل على تقليل سقوط العتبة في المنتصف، وتعمل على ربط الهيكل كله.

توفر حلاً إقتصادياً للفضاءات الكبيرة التي تتراوح من 20 إلى 80 متر، كما تتعدد وتنوع أشكالها ما بين المائل، المنحني، والمستوي.



## 2- نظام الإطارات المنحنية [العقود] Arches



## 2- نظام الإطارات المنحنية [العقود] Arches

يُغطي هذا النظام فضاءات إنشائية تتراوح من 20 إلى 35 متر، وقد تصل إلى 70 متر في حالة زيادة الإنحناء.

– هو عبارة عن إطارات خرسانية منحنية ومتصلة بدون أي فواصل.

العقود هي بمثابة عنصر معماري ناتج من الاستخدام الإنشائي للخصائص الطبيعية للمواد، وقد استخدم العقد في البلاد التي تفتقر لمواد البناء الأخرى كالأخشاب والأعشاب.

---

– يعتمد هذا النظام على نقل الأحمال من النقطة الأعلى إلى النقطة الأسفل وهكذا حتى تصل إلى مستوى الأرض وهو إنشائياً يعمل بإجهاد الضغط.

# كيفية اختيار النظام الانشائي:

تُعتبر الخطوة الأولى والأهم في التصميم الإنشائي هي اختيار النظام الإنشائي المناسب والامتثال للمنشأ بحيث يضمن أقل تكاليف إنشاء ممكنة وأفضل أداء للمنشأ تحت ظروف التحميل المختلفة

كيف تختار النظام الإنشائي المناسب لمشروعك؟!

لكي تتمكن من اختيار النظام الإنشائي المناسب لمشروعك، إذاً هناك بعض الخطوات المهمة التي لا يجب إغفالها، وتتمثل فيما يلي:

## 1- قم باختيار النظام الهندسي المناسب (Module)

قبل أن تبدأ في التقسيم الداخلي للفراغات، يجب أن تستخدم نظام هندسي لتوزيع الأعمدة، والفراغات. كما أنه من الممكن أن تستخدم أكثر من module أو نظام هندسي في المشروع الواحد، وهذا يتوقف على حسب فكرتك التصميمية، وتوزيع الفراغات، والمساحات.

# كيفية اختيار النظام الإنشائي:

**2- قم بتقسيم الفراغات حسب النظام الهندسي المُختار**  
وهناك تبدأ في تقسيم الفراغات على حسب النظام الإنشائي المستخدم وبطبيعة الحال تكون الأعمدة على خطوط النظام الإنشائي.

---

كما أنه من المهم أن تراعي النظام الإنشائي الذي قمت باستخدامه عند تقسيم الفراغات وأن تحاول قدر المستطاع أن تجمع الفراغات المتشابهة في المساحة مع بعضها أو فوق بعضها قدر الإمكان بدون التأثير على الوظيفة بحيث تساعدك في استخدام النظام الإنشائي أو module.

**3- قم بتحديد المقاسات للعناصر الإنشائية**  
وفي هذه الخطوة سوف تقوم بتحديد النظام الإنشائي المستخدم مع الفراغات الكبيرة والفراغات الصغيرة لكي تحدد بالطبع [سمك البلاطات، عمق الكمرات، ومقاسات الأعمدة].

**4- اظهر النظام الإنشائي**  
هنا يجب أن تهتم بإظهار الأعمدة في المساقط الأفقية بشكل واضح وتفرق بينها وبين الجدران العادية وتوضح العناصر التي قطعت فيها في القطاع سواء عتبات أو بلاطات بحيث تكون واضحة عند عرض المشروع.

# ما هي معايير اختيار النظام الإنشائي المناسب لمشروعك؟!!

1- أن يكون النظام الإنشائي المُختار ملائم لفكرتك التصميمية، ووظيفة المشروع.

---

2- يجب أن تُراعي عند اختيار النظام الإنشائي للمشروع الميزانية المخصصة للمشروع، بحيث لا تقوم باختيار نظام إنشائي تكاليف انشاؤه تكون مُبالغ فيها.

3- أن يكون النظام الإنشائي المُختار قابل للتنفيذ [ أي توجد إمكانية لذلك ]

4- معرفة الظروف البيئية المحيطة بموقع المشروع عامل مهم جدًا عند اختيار النظام الإنشائي المناسب

## تتعرض العناصر الانشائية لأحمال في اتجاهات مختلفة وقد تكون هذه الاحمال ثابتة او متغيرة ويمكن تقسيمها الى ثلاثة أقسام:



1. **احمال ساكنة :** وتشمل الوزن الذاتي للمبنى وكذلك وزن التشطيبات المعمارية والاثاث واوزان المستخدمين للمنشأ واحمال الثلوج والمياه والتربة وغيرها من الاحمال الثابتة مع الزمن.
2. **احمال ديناميكية :** وهي الاحمال الناتجة عن قوى الطبيعة مثل الرياح والزلازل وهي احمال متغيره ويمكن حسابها تقديريا بما يضمن سلامة المنشأ تحت ظروف التحميل الصعبة.
3. **احمال الحرارة :** وهي احمال يتعرض لها المنشأ نتيجة اختلاف درجات الحرارة على مدى العام وكذلك فروق درجات الحرارة بين داخل وخارج المنشأ.