3

الفصـل الثالث

الوصف الإنشائي

3-1 مقدمة .

3-2 الهدف من التصميم الإنشائي.

3-3 مراحل التصميم الإنشائي.

3-4 الأحمال.

3-5 الاختبارات العملية.

3-6 العناصر الإنشائية المكونة للمشروع.

3-7 فواصل التمدد.

3-8 برامج الحاسوب.

3-1 | مقدمة

بعد دراسة المشروع من الناحية المعمارية في الفصل السابق لابد من الإنتقال لدراسة المشروع من الناحية الإنشائية و ذلك بدراسة العناصر الإنشائية ووصفها وصفاً دقيقاً حيث يتم دراسة طبيعة الأحمال المسلطة على المبنى بمختلف أنواعها وكيفية التعامل معها للخروج بتصميم إنشائي يلبي جميع المتطلبات الوظيفية و التشغيلية للمبنى ويحقق عامل الأمان المطلوب ضمن محددات التكلفة الإقتصادية للمشروع .

كما يتطلب التصميم الإنشائي اختيار العناصر الإنشائية المناسبة للمشروع المراد بما يتناسب مع الوظيفة المعمارية التي صمم لأجلها مع مراعاة عدم التضارب مع المخططات المعمارية الموضوعة ومراعاة قابلية تنفيذها على أرض الواقع بحيث يكون المبنى آمناً, ويحافظ على التصاميم المعمارية.

3-2 | الهدف من التصميم الانشائي

يعتبر التصميم الإنشائي عملية متكاملة تلبي مجموعة من الأهداف والعوامل التي من شأنها الخروج بمنشأ يحقق الأهداف الوظيفية المرجو منه, و تتلخص هذه الأهداف:-

- عامل الأمان (Factor of Safety): يتم تحقيقه عبر اختيار مقاطع للعناصر الإنشائية قادرة على تحمل القوى المسلطة على المبنى و الإجهادات الناتجة عنها.
- التكلفة الاقتصادية (Economical) :- يتم تحقيقها عن طريق اختيار مواد البناء والمقاطع الإنشائية المناسبة في مرحلة التصميم تضمن متطلبات الأمان وبأقل تكلفة اقتصادية و كافية للغرض الذي ستستخدم من أجله.
- ضمان كفاءة الاستخدام (Serviceability):- تجنب أي خلل في المنشأ مثل الهبوط الزائد (Deflection) و ظهور التشققات (Cracks) التي تؤثر سلباً على المنظر المعماري وتبعد ظروف الراحة المطلوبة في المبنى.
- الحفاظ على التصميم المعماري للمنشأ.

ولهذا فأن التصميم الإنشائي الذي يراد القيام به في مشروعنا هو تصميم المقاطع الإنشائية للعناصر الحاملة وفقاً للكود الأمريكي (ACI318-11) (American Concrete Institute), ولتحديد أحمال الزلازل فسيتم استخدام الكود(UBC97) واستخدام الكود الأردني لتحديد الأحمال الحية.

3-3 | مراحل التصميم الانشائي

يمكن تقسيم مراحل التصميم الإنشائي إلى مرحلتين رئيسيتين:-

1. المرحلة الأولى :

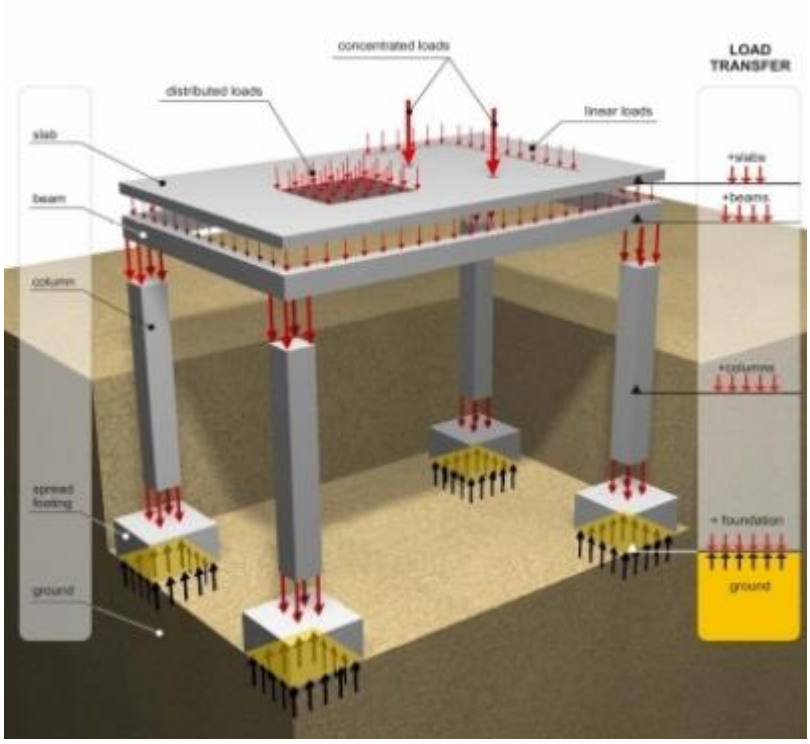
وتشمل الدراسة الأولية للمشروع من حيث طبيعة المشروع وحجمه, وتحديد مواد البناء التي سوف يتم اعتمادها للمشروع, و اختيار النظام الإنشائي المناسب للمشروع من توزيع للأعمدة والجسور واختيار انواع العقدات المناسبة وتوزيع جدران القص واختيار الأبعاد الاولية للمقاطع تمهيداً لدراستها وتصميمها بشكل دقيق في المرحلة الثانية في التصميم الإنشائي.

2. المرحلة الثانية:

تتمثل في التصميم الإنشائي لكل جزء من أجزاء المنشأ , بشكل دقيق وفقاً للنظام الإنشائي الذي تمّ إختياره ودراسة المشروع باستخدام البرامج الهندسية ونمذجة العناصر ونقل الأحمال إليها ودراسة سلوكها وتصميمها ضمن محددات الكود المستخدم واستخراج المخططات الإنشائية اللازمة لها من حيث رسم المساقط الأفقية والقطاعات الرأسية وتفاصيل تفريد حديد التسليح في كل عنصر من هذه العناصر , تمهيداً لتنفيذها على أرض الواقع ضمن حدود الجدول الزمني للمشروع بشكل عام.

4-3 الأحمال

هي مجموعة القوى المؤثرة على المبنى وتقسم لعدة أنواع من الأحمال لابد من حسابها بشكل دقيق من أجل دراسة وتصميم العناصر الإنشائية تحت تأثير هذه الأحمال وتكون وظيفة النظام الإنشائي الذي تم اختياره , نقل جميع الأحمال الرأسية أو الأفقية التي يمكن أن يتعرض لها المنشأ إلى الأرض بأمان وفق مسار الأحمال حيث يتم نقل الأحمال من العقدات إلى الجسور ومن الجسور إلى الأعمدة ومن الاعمدة إلى الأساسات بمختلف انواعاها والتي بدورها تنقل الأحمال إلى الأرض , والشكل التالي يوضح مسار نقل الأحمال:



الشكل (3-1) : مسار نقل الأحمال Load path from structure to the ground

تقسم الأحمال التي يتعرض لها المبنى إلى أنواع مختلفة وهي كما يلي:-

3-4-1 الأحمال الميتة:

وتشمل الأحمال الناتجة عن الوزن الذاتي للعناصر الرئيسة التي يتكون منها المنشأ, بصورة دائمة وثابتة, من حيث المقدار والموقع , بالإضافة لأجزاء إضافية كالقواطع الداخلية باختلافها وأي أعمال ميكانيكية أو إضافات تنفذ بشكل دائم وثابت في المبنى, ويمكن حسابها من خلال تحديد أبعاد العنصر الإنشائي, وكثافات المواد المكونة له , والجدول (3-1) يبين الكثافات النوعية للمواد المستخدمة في المشروع .

الرقم	المادة المستخدمة	الكثافة (KN/m^3)
1	البلاط	23
2	الخرسانة المسلحة	25
3	الطوب	10
4	القصارة والمونة الإسمنتية	22
5	الرمل	17

جدول (3-1) : الكثافة النوعية للمواد المستخدمة.

(Partition load) =1 kN/m²

3-4-2 الأحمال الحية:-

وهي الأحمال التي تتغير من حيث القيمة والموقع بصورة مستمرة كالأشخاص، الأثاث، الأجهزة ، والمعدات واحمال التنفيذ كالخشب والمعدات وتعتمد قيمة هذه الأحمال على طبيعة الاستخدام للمنشأ و تحددها كودات البناء المعمول بها في كل بلد والجدول (3-2) يبين الأحمال الحية في المشروع والمحددة بالرجوع إلى الكود الأردني.

الرقم	الاستخدام	الحمل الحي(KN/m^2)
1	المباني السكنية	2
2	الدكاكين والمحلات التجارية	2.4
3	الكراجات (سكني)	2.5
4	الممرات و المادخل و الأدراج و الشرفات	3

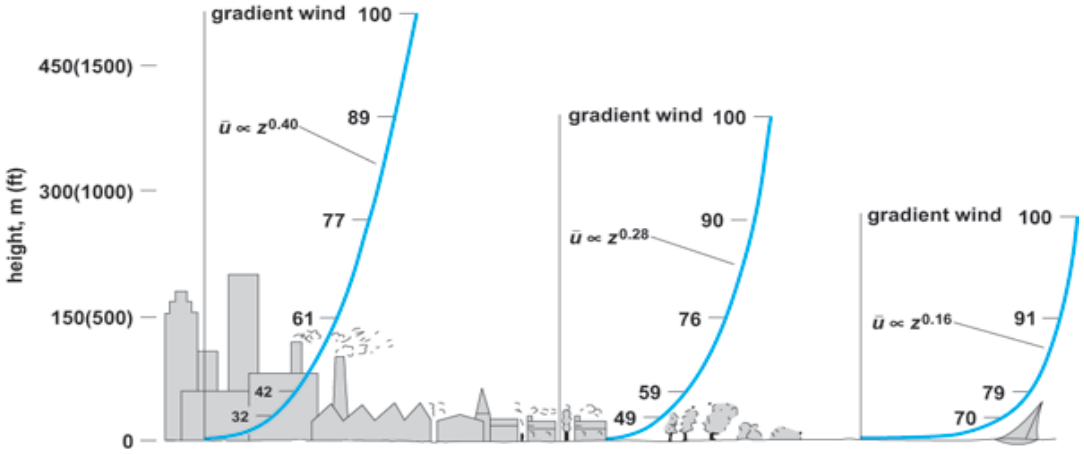
جدول (3-2) : الأحمال الحية لعناصر المبنى وفقاً للكود الأردني .

3-4-3 الأحمال البيئية :-

وتشمل الأحمال التي تنتج بسبب التغيرات في الظروف الطبيعية التي تمر على المنشأ كالثلوج والرياح وأحمال الهزات الأرضية والأحمال الناتجة عن ضغط التربة، وهي تختلف من حيث القيمة والاتجاه من منطقة لأخرى, و يمكن إعتبارها جزءاً من الأحمال الحية وهي كما يلي:-

1-3-4-3 أحمال الرياح :

أحمال الرياح تؤثر بقوى أفقية على المبنى، ولتحديد أحمال الرياح تم الاعتماد على سرعة الرياح القصوى التي تتغير بتغير ارتفاع المنشأ عن سطح البحر وموقعه من حيث إحاطته بمباني مرتفعة أو وجود المنشأ نفسه في موقع مرتفع أو منخفض و العديد من المتغيرات الأخرى و الشكل التالي يوضح تباين سرعة الرياح بالنسبة للإرتفاع :



الشكل (3-2) : تباين سرعة الرياح بالنسبة للإرتفاع variation of wind velocity with height

ولتحديد حمل الرياح سوف يتم استخدام (UBC-97) وذلك وفق هذه المعادلة:

$$p = c_e . c_q . q_s . l_w$$

Where:

p: design wind pressure (psf or **kN/m2**)

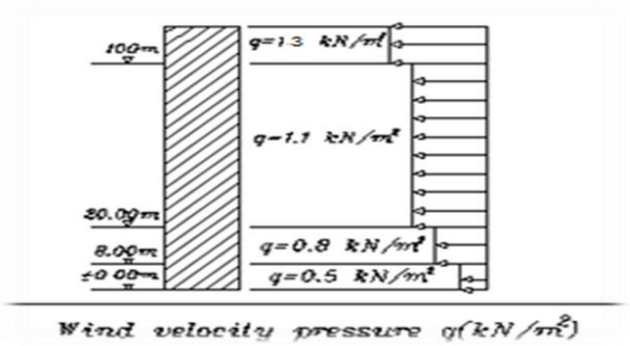
c_e: combined height (ft or m)

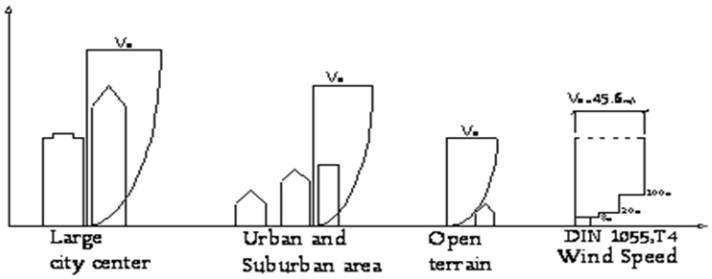
c_q: pressure coefficient of structure.

q_s: The pressure manifesting on the surface of a building due to a mass of air with density , moving at a velocity is given by Bernoulli's equation $q_s = \frac{1}{2}\rho v^2$ …… $(\frac{kN}{m2})$

l_w: Importance Factor.

ويبين **الشكل (3-3) تأثير سرعة الرياح على قيمة الضغط الواقع على المبنى.**





الشكل (3-4) : تأثير الرياح على المباني من حيث ارتفاع المبنى والبيئة المحيطة به.

3-4-3-2أحمال الثلوج :

تعتمد أحمال الثلوج على ارتفاع المنطقة عن سطح البحر، وعلى شكل السقف , ويتم تحديدها باستخدام كودات البناء المختلفة , من خلال جداول تأخذ ارتفاع المُنشأ عن سطح البحر و زاوية ميل السقف كأساس لتحديد قيمة القوى التي تؤثر بها على المنشأ.

و الجدول التالي يبين قيم أحمال الثلوج حسب الارتفاع عن سطح البحر وفقاً للكود الأردني .

الارتفاع عن سطح "h"(المتر)	احمال الثلوج(KN/m^2)
h < 250	0
500 > h > 250	(h-250)/1000
1500 > h > 500	(h-400) / 400
2500 > h > 1500	(h – 812.5)/ 250

جدول (3-3) : أحمال الثلوج حسب الارتفاع عن سطح البحر.

3-4-3-3أحمال الزلازل :

تنشأ الزلازل بسبب الحركة النسبية لطبقات الأرض المختلفة في الظروف الجيلوجية وينتج عن هذه الحركة اهتزازات أفقية ورأسية ,تسبب قوى قص و عزوم واجهادات تؤثر على المنشأة، ويجب أن تؤخذ هذه الأحمال بعين الاعتبار عند تصميم العناصر الإنشائية وذلك لضمان مقاومة المبنى للزلازل في حال حدثت وبالتالي التقليل من الأضرار المحتملة نتيجة حدوثها .

وسيتم مقاومتها في هذا المشروع عن طريق جدران القص الموزعة في المبنى بحيث لا تقل عن 3 جدران و تماشياً مع الظروف المعمارية الموجودة ومطابقة مركز كتلة المبنى مع مركز الصلابة قدر الإمكان أثناء عملية التصميم.

4-3-4-3 أحمال التمدد و الإنكماش:

وهي أحمال ناتجة عن تمدد وانكماش العناصر الخرسانية للمبنى نتيجة اختلاف درجات الحرارة خلال فصول السنة، ويتم اخذ هذه الأحمال بعين الاعتبار من خلال توفير فواصل التمدد الحراري داخل المبنى بالرجوع على الكود المستخدم في التصميم.

5-3 الاختبارات العملية

قبل البدء بالدراسة الإنشائية للمبنى , لا بد من عمل الدراسات الجيو تقنية للموقع وتشمل استكشاف الموقع ودراسة التربة والصخور والمياه الجوفية و إجراء فحوصات للتربة لمعرفة قوة تحملها ومواصفاتها ونوعها , ومعرفة منسوب المياه الجوفية وعمق الطبقة التأسيسية المناسبة لوضع الأساسات , ويتم ذلك بعمل ثقوب استكشاف في التربة بأعداد وأعماق مدروسة , وأخذ العينات المستخرجة من أرض الموقع لعمل فحوصات التربة اللازمة عليها , ومن هذه الفحوصات:

- Unconfined Compression test
- Triaxial test .
- Unconfined Shear test.

لإستخراج نتائج وقيم قوة تحمل التربة للأعمال الواقعة عليها من المبنى ومقدار الضغط الجانبي المؤثر على الجدران الجانبية الإستنادية و الذي يعتمد على نوع التربة وذلك لإختيار أنواع الأساسات وطريقة تنفيذها التي تحقق المطلوب في عملية نقل الأحمال.

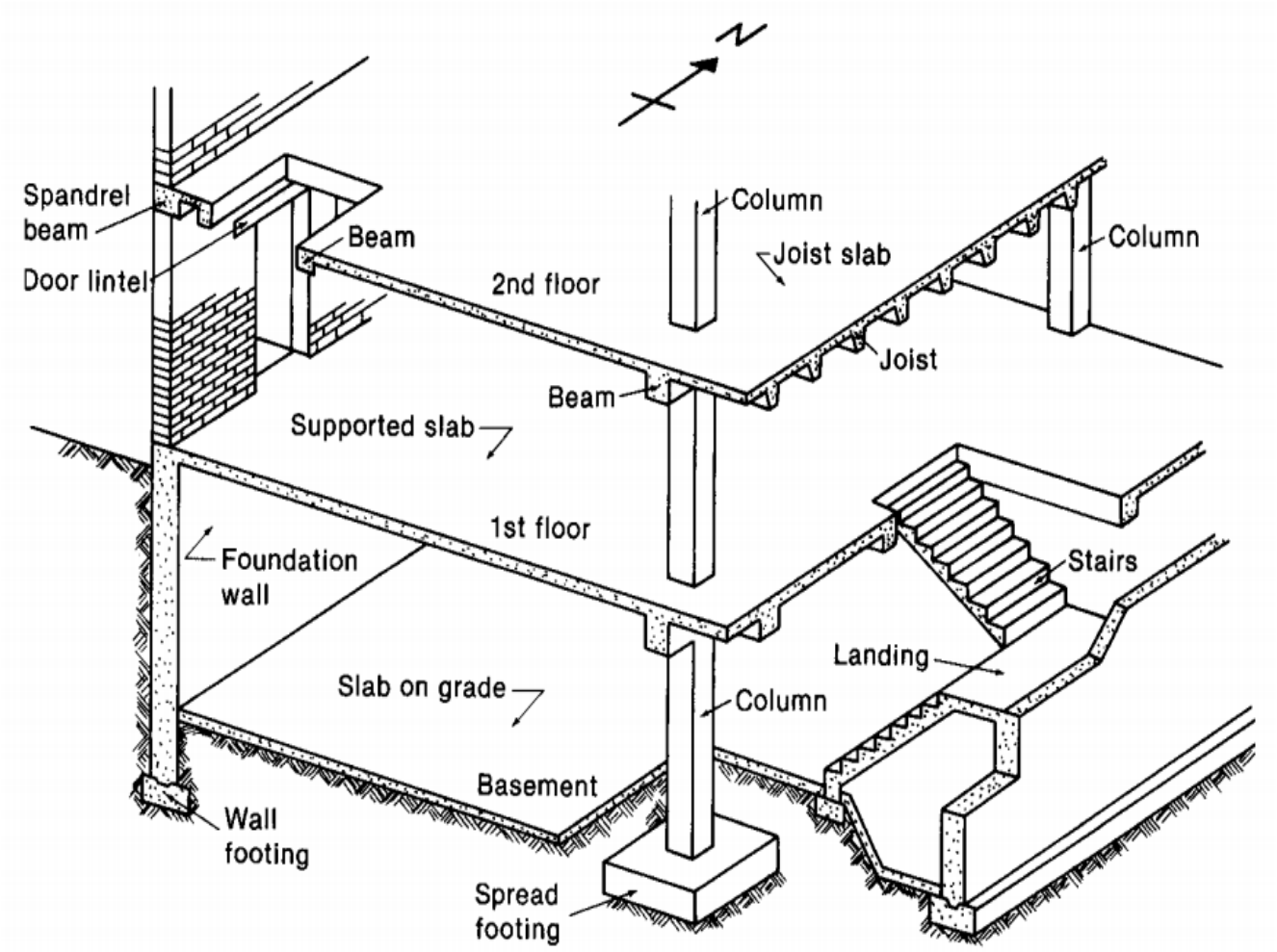
6-3العناصر الإنشائية

تتكون المباني من مجموعة عناصر إنشائية التي تعمل معاً بشكل متكامل لتقاوم الأحمال الواقعة على البناء وتجعل منه منبى قائماً يؤدي وظيفته التي صمم من اجلها وتشمل:-

1) الأساسات Foundation .
2) الأعمدة Columns .
3) الجسور Beams .

4) العقدات Slabs .
5) جدران القص Shear walls .
6) الأدراج Stairs .
7) جدران استنادية Retaining Walls .
8) جدران حاملة Bearing Walls .
9) فواصل إنشائية Joint System.

يوضح هذا المخطط بعض العناصر الإنشائية الموجودة في المبنى :



الشكل (5-3): توضيح لبعض العناصر الإنشائية للمبنى.

ويحتوي المشروع العناصر التالية:-

3-6-1العقدات :-

هي عبارة عن العناصر الإنشائية القادرة على نقل القوى الرأسية بسبب الأحمال المؤثرة عليها إلى العناصر الإنشائية الحاملة في المبنى مثل الجسور و الأعمدة و الجدران و الدراج و الأساسات, دون تعرضها إلى تشوهات.

ونظراً لوجود العديد من الفعاليات المختلفة في المبنى ومراعاة للمتطلبات المعمارية فإنه سيتم استخدام أنواع العقدات التالية في المشروع:-

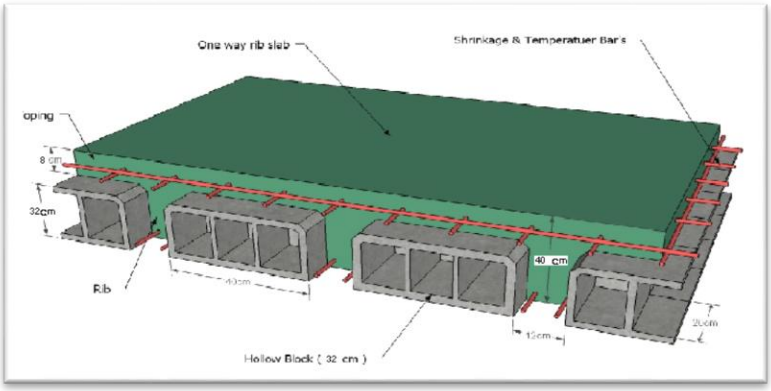
1. البلاطات المصمتة (Solid Slabs) المستخدمة في مكرر بيت الدرج وتقسم إلى :-
   - العقدات المصمتة ذات الاتجاه الواحد (One way solid slab).

2. البلاطات المفرغة (Ribbed Slabs) وتقسم إلى :-
   - عقدات العصب ذات الاتجاه الواحد (One way ribbed slab).
   - عقدات العصب ذات الاتجاهين (Two way ribbed slab).

هذا وتستخدم عقدات الأعصاب ذات الاتجاه الواحد في تغطية المساحات التي تتراوح فيها الأبعاد بين الأعمدة من 5 الى 6 متر , أما عقدات العصب ذات الاتجاهين فتستخدم في حالة المساحات الكبيرة نسبياً, و في التصميم الانشائي لهذا المشروع سنستخدم كلا النوعين.

3-6-1-1عقدات العصب ذات الاتجاه الواحد (One way ribbed slabs) :

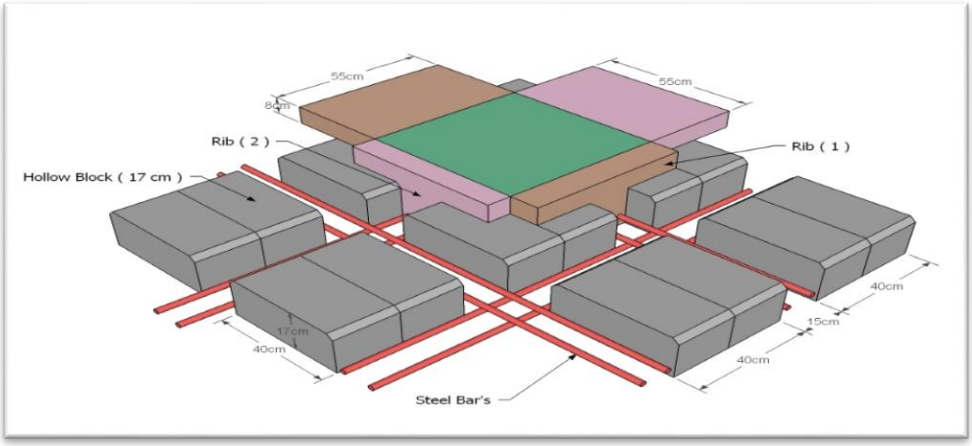
إحدى أشهر الطرق المستخدمة في تصميم العقدات في هذه البلاد وتتكون من صف من الطوب يليها العصب, ويكون التسليح باتجاه واحد كما هو مبين في الشكل (3-6).



الشكل(3-6) : عقدات العصب ذات الاتجاه الواحد.

3-1-6-2عقدات العصب ذات الاتجاهين (Two way ribbed slabs) :

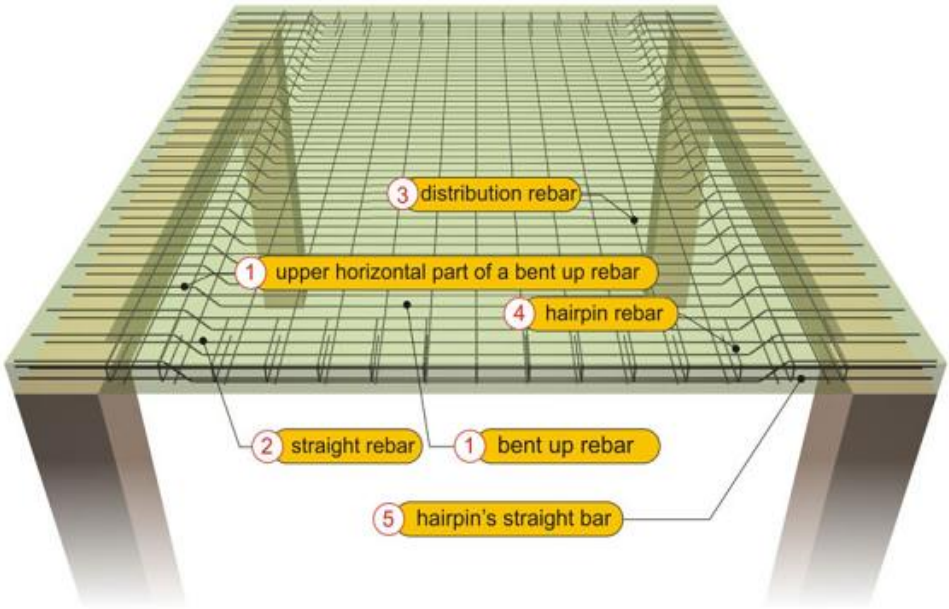
تشبه السابقة من حيث المكونات ولكن تختلف من حيث تقاطع الأعصاب في الإتجاهين و كون التسليح باتجاهين, ويتم توزيع الحمل في جميع الاتجاهات ويراعى عند حساب وزنها طوبتين و عصب في الاتجاهين, كما يظهر في الشكل (3-7).



الشكل(3-7) : عقدات العصب ذات الاتجاهين.

3-1-6-3 العقدات المصمتة ذات الإتجاه الواحد (One way solid slabs) :

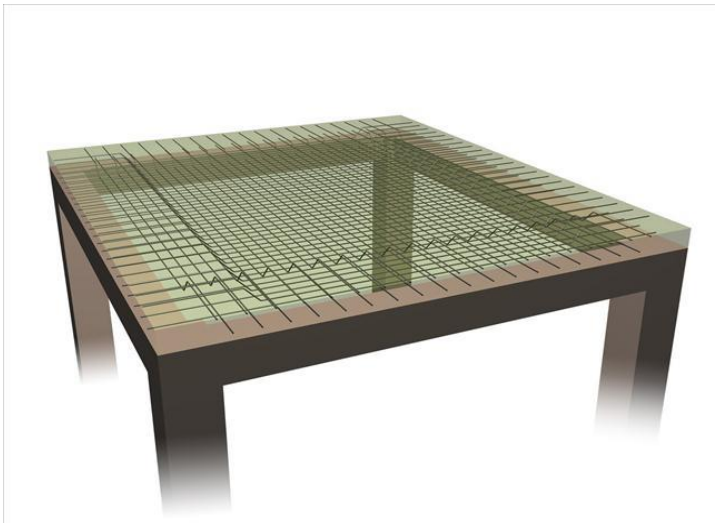
تستخدم في المناطق التي تتعرض كثيرا للأحمال الحية، وذلك تجنباً لحدوث اهتزاز نظراً للسماكة المنخفضة وتستخدم عادة في عقدات الكراجات والأدراج ويلعب شكل توزيع الجسور في العقدات المصمتة و النسبة بين ابعادها الدور الأساسي في تحديد ما إذا كانت العقدة المصمته في اتحاه واحد أو اتجاهين ، و الشكل (3-8) يوضح One way solid slab.



الشكل (3-8) : العقدات المصمتة ذات الإتجاه الواحد One way solid slab.

4-1-6-3 العقدات المصمتة ذات الاتجاهين (Two way solid slabs) :

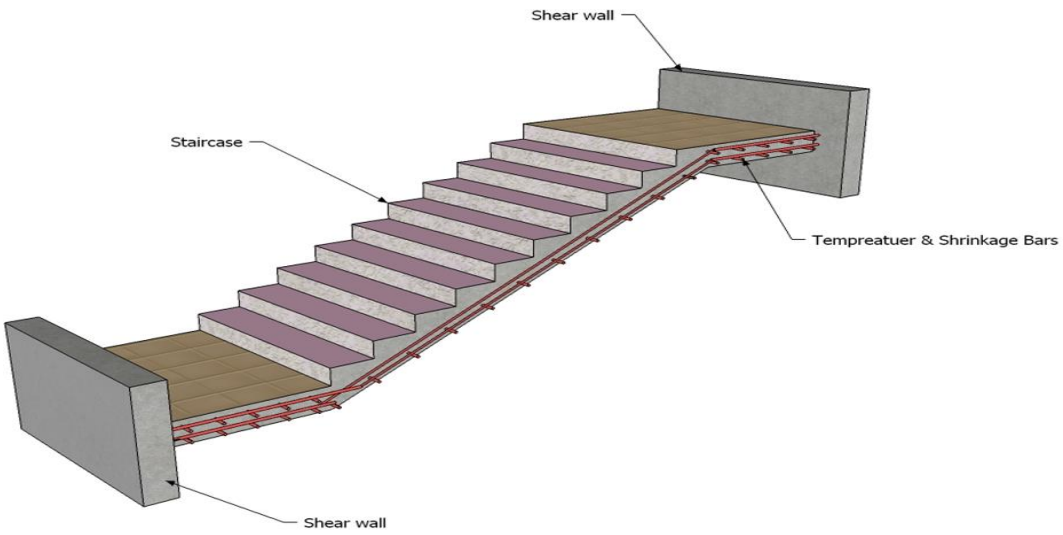
تستخدم في حال النسبة ما بين الإتجاه الطويل إلى الإتجاه القصير للعقدة أقل من 2 ويتم هنا نقل الحمل الواقع عليها في الإتجاهاين وتستخدم في الفضاءات الكبيرة نسبياً ويكون التسليح الرئيسي فيها flexural reinforcement بالإتجاهين كما هو موضح في الشكل (3-9).



الشكل (3-9) : العقدات المصمتة ذات الاتجاهين.

2-6-3 الأدراج :-

الأدراج عنصر معماري يوجد في المباني للانتقال بين مستويين في نفس الطابق أو بين عدد من الطوابق عبر المبنى، ويتم تصميم الدرج إنشائيا باعتباره عقدة مصمتة في اتجاه واحد كما في الشكل (3-7).

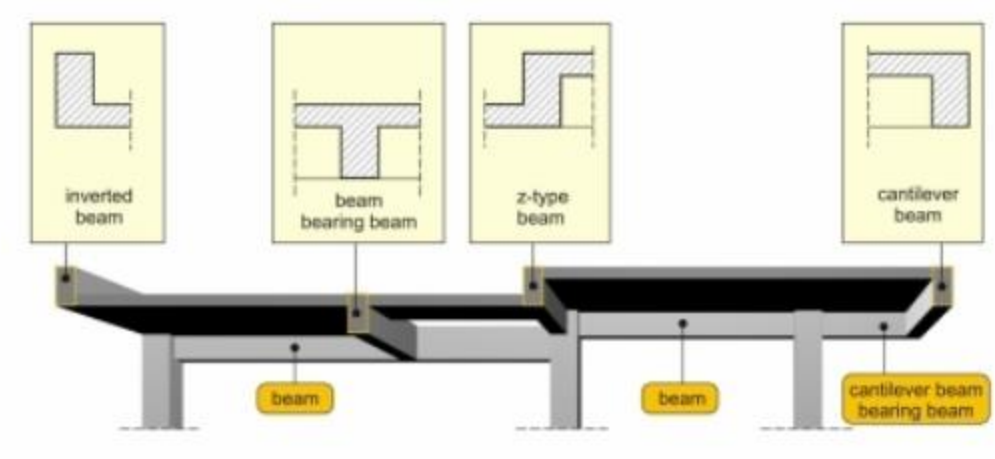


الشكل (3-10): الدرج.

3-6-3الجسور :-

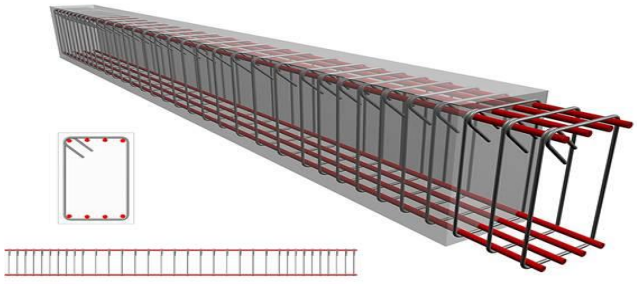
وهي العناصر الإنشائية في البناء الهيكلي التي تقوم بنقل الأحمال الواقعة عليها من مختلف الأنواع من العقدات إلى الأعمدة, حيث تقسم الى:-

1- جسور مسحورة (Hidden Beam): وهي الجسور التي يكون ارتفاعها مساوي لارتفاع العقدة.
2- جسور بارزة (Dropped Bea).: وهي التي يكون ارتفاعها اكبر من ارتفاع العقدة, ويتم إبراز الجزء الزائد من الجسر في أحد الاتجاهين السفلي أو العلوي وتسمىL-sectionأوT-section. و الشكل (3-11) يوضح عدة أنواع منها مع مقاطعها المختلفة في العقدات.



الشكل (3-11) المقاطع المختلفة للجسور في العقدات .

يتم تسليح الجسور وفقاً لمتطلبات flexural reinforcement لمقاومة العزم الواقع على الجسر, وبالكانات لمقاومة قوى القص كما هو موضح **بالشكل(3-12)** .

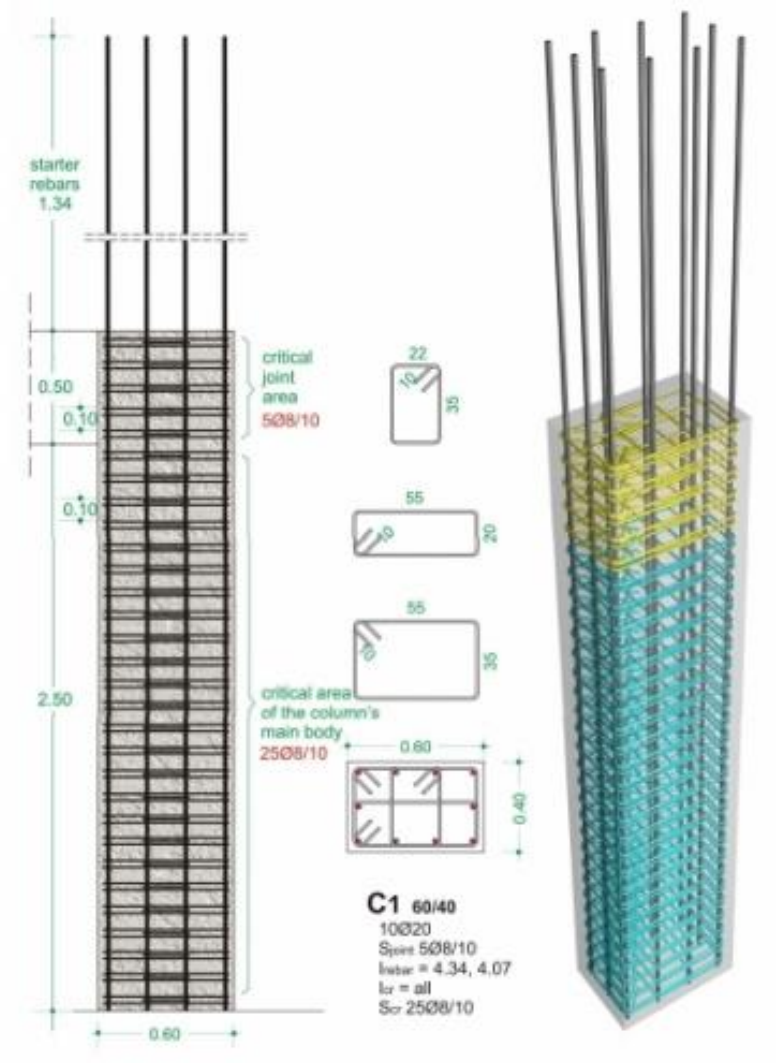


الشكل (3-12) التسليح في الجسور.

3-6-4الأعمدة:-

هي العناصر الإنشائية في البناء الهيكلي التي تقوم بنقل الأحمال الواقعة عليها من الجسور إلى الأساسات لذلك لابد من تصميمها بشكل دقيق لتكون قادرة على نقل وتوزيع الأحمال الواقعة عليها والأعمدة من ناحية انشائية نوعين الأعمدة القصيرة (short column) و الأعمدة الطويلة (long column).

أما من حيث الشكل ,لمقاطع الأعمدة أشكال عديدة، منها المستطيل و الدائري و المضلع و المربع و المركب، وهناك تصنيف آخر للأعمدة من حيث طبيعة المادة المستخدمة، فمنها الخرسانية والمعدنية والخشبية والشكل (3-13) يوضح غالبية الأعمدة المستخدمة في المشروع وهي الأعمدة المستطيلة .



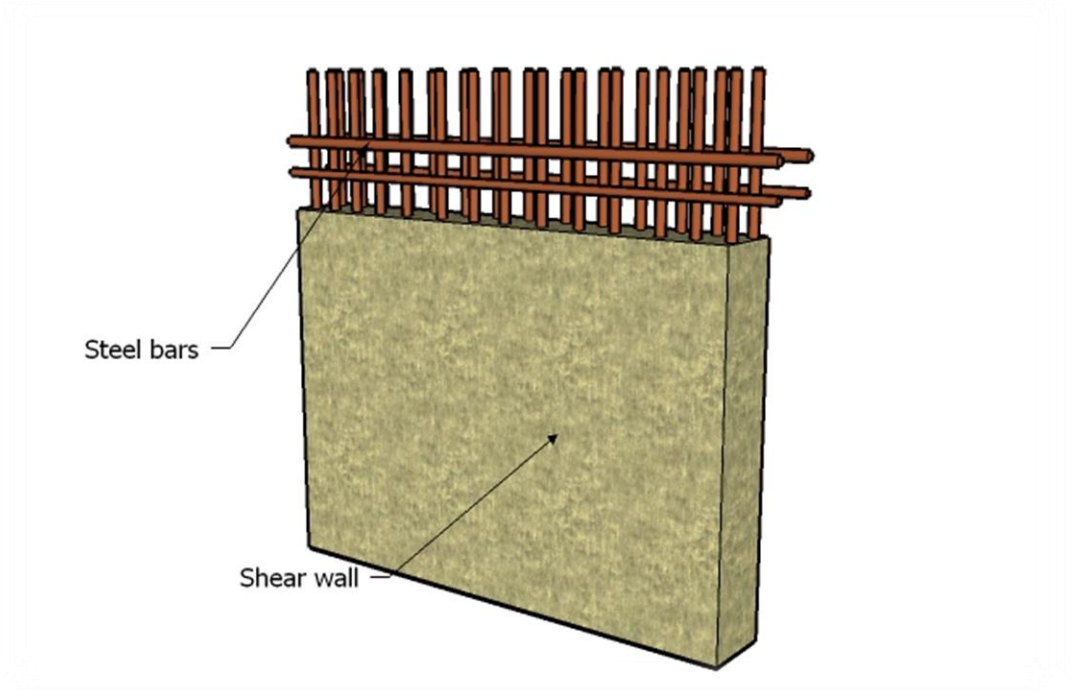
الشكل (3-13) : أنواع الأعمدة المستخدمة في المشروع.

3-6-5جدران القص:-

وهي عناصر إنشائية حاملة تقاوم القوى العمودية والأفقية الواقعة عليها وتستخدم بشكل أساسي لمقاومة الأحمال الأفقية مثل قوى الرياح والزلازل وتسمى جدران القص (shear wall) ، وهذه الجدران تسلح بطبقتين من الحديد حتى تزيد من كفاءتها على مقاومة القوى الأفقية .

وتعمل هذه الجدران على تحمل الأوزان الرأسية المنقولة إليها كما تعمل على مقاومة القوى الأفقية التي يتعرض لها المنشأ, ويجب توفرها في الاتجاهين مع مراعاة أن تكون المسافة بين مركز المقاومة (center of rigidity) الذي تشكله جدران القص في كل اتجاه ومركز الثقل للمبنى (center of mass) أقل ما يمكن .

وأن تكون هذه الجدران بالأبعاد التصميمية المطلوبة لمنع أو تقليل تولد العزوم وآثارها على جدران المبنى المقاومة للقوى الأفقية, والشكل (3-14) يوضح جدار قص وشكل التسليح فيه.



الشكل (3-14) : جدار قص.

3-6-6الأساسات:-

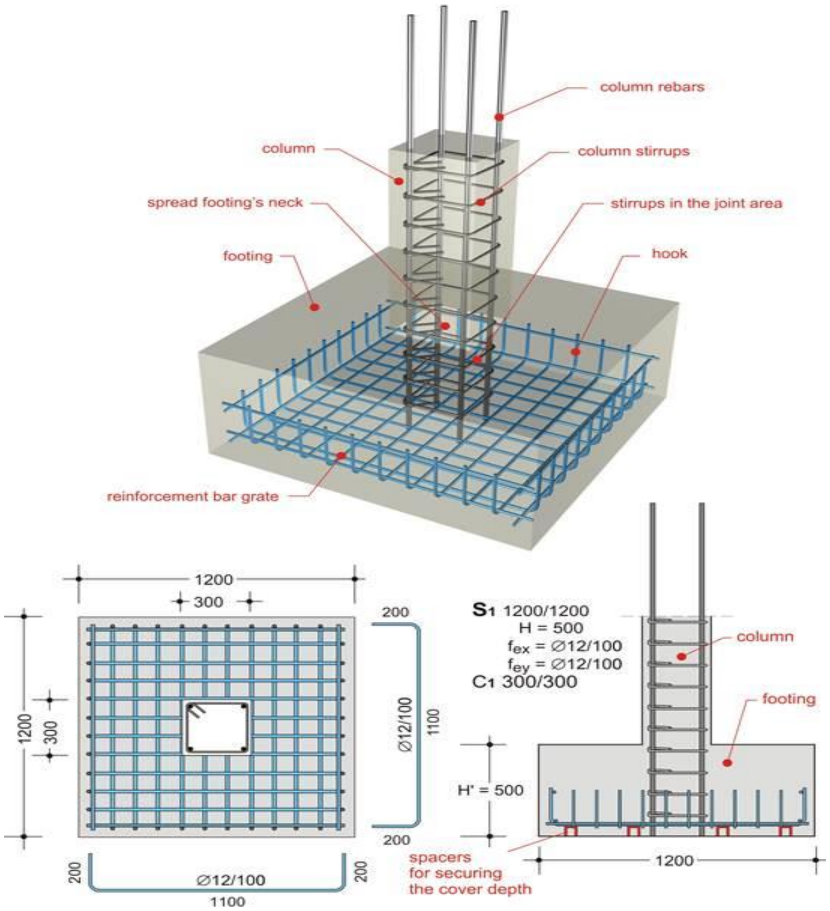
الأساسات هي أول ما يبدأ بتنفيذها عند بناء المنشأ، إلا أن تصميمها يتم بعد الانتهاء من تصميم كافة العناصر الإنشائية في المبنى، حيث تقوم الأساسات بنقل الأحمال من الأعمدة والجدران الحاملة إلى التربة على شكل قوة ضغط, والأساس قد يكون قريبا من سطح الأرض ويسمى بالأساس السطحي (Shallow Foundation) وهذا النوع يكون بعدة أشكال كأن يكون أساسات لقواعد شريطية(strip footing) ,أو أساسات لقواعد منفصلة (isolated footing), أو أساسات حصيرة (mat foundation).

وقد يكون عميقا داخل التربة لنقل أحمال المنشأ إلى طبقات التربة العميقة الأقوى, أو توزيعها على الطبقات بطريقة تدريجية ويسمى هذا النوع بالأساس العميق(Deep Foundation) حيث يتم اللجوء إليها عندما يتعذر الحصول على طبقة صالحة للتأسيس بالقرب من سطح الأرض لذلك يتم اللجوء إلى اختراق التربة إلى أعماق كبيرة للحصول على السطح الصالح للتأسيس مثل الأوتاد الخرسانية (piles foundation).

وفيما يلي بعض انواع الأساسات :

1- أساسات منفردة (Isolated Foundation).
2- أساسات مزدوجة(Combined Foundation).
3- أساسات شريطية(Strip Foundation).
4- أساسات حصيرة (Mat Foundation).

وسوف يتم استخدام أساسات من أنواع مختلفة وذلك تبعا لنوع التربة وقوة تحملها والأحمال الواقعة عليها , الشكل (3-15) يوضح شكل الأساس المنفصل وتفاصيل التسليح فيه.



الشكل (3-15): أساسات منفردة (Isolated Foundation).

3-7 فواصل التمدد

تنفذ في كتل المباني ذات الأبعاد الأفقية الكبيرة أو ذات الأشكال والأوضاع الخاصة فواصل تمدد حراري أو فواصل هبوط، وقد تكون الفواصل للغرضين معاً, وعند تحليل المنشآت لدراستها كمقاوم لأفعال الزلازل تدعى هذه الفواصل بالفواصل الزلزالية، ولهذه الفواصل بعض الاشتراطات والتوصيات الخاصة بها, وينبغي استخدام فواصل تمدد حراري في كتلة المنشأ حسب الكود المعتمد، على أن تصل هذه الفواصل إلى وجه الأساسات العلوي دون اختراقها, وتعتبر المسافات العظمى لأبعاد كتلة المبنى كما يلي:-

1) (40m)في المناطق ذات الرطوبة العالية.
2) (36m)في المناطق ذات الرطوبة العادية.
3) (32m)في المناطق ذات الرطوبة المتوسطة.
4) (28m)في المناطق الجافة.

كما يجب أن لا يقل عرض الفاصل عن (3 سم)

3- 8 برامج الحاسوب التي تم استخدامها

1. AutoCAD (2014) for Drawings Structural and Architectural.
2. Microsoft Office (2016) For Text Editing.
3. Microsoft Excel 2016.
4. Atir 12.
5. Etabs 2016 .
6. Safe 2016 .