تصميم مبنى إداري متعدد الطوابق لجامعة الشيخ عبد الله البدري

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف في الهندسة المدنية

إعداد:

إبراهيم السمؤال إبراهيم عزالدين

أبوبكر عبد الوهاب عوض الله محمد

الناجي علي محمد أحمد

معاذ سيف الدين محمد بابا

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدري

نوفمبر – 2018

تصميم مبنى إداري متعدد الطوابق لجامعة الشيخ عبد الله البدري

بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس مرتبة الشرف في الهندسة المدنية

إعداد:

إبراهيم السمؤال إبراهيم عزالدين 1311009

أبوبكر عبد الوهاب عوض الله محمد 284593

الناجي علي محمد أحمد 134395

معاذ سيف الدين محمد بابا 13218195

كلية الهندسة

جامعة الشيخ عبد الله البدري

نوفمبر – 2018

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الآيـــــــــــة

قال تعالى:

(وَاذْكُرُوا إِذْ جَعَلَكُمْ خُلَفَاءَ مِنْ بَعْدِ عَادٍ وَبَوَّأَكُمْ فِي الْأَرْضِ تَتَّخِذُونَ مِنْ سُهُولِهَا قُصُورًا وَتَنْحِتُونَ الْجِبَالَ بُيُوتًا فَاذْكُرُوا آلَاءَ اللَّهِ وَلَا تَعْثَوْا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ).

سورة الأعراف الآية (74)

الأهـــــــــداء

إلى من جرع الكأس فارغاً ليسقينى قطره حب

إلى من كلت أنامله ليقدم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم

إلى القلب الكبير (والدي العزيز)

إلى من أرضعتني الحب والحنان

إلى رمز الحب وبلسم الشفاء

إلى القلب الناصع بالبياض (والدتي الحبيبة)

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي (إخوتي)

الآن تفتح الأشرعة وترفع المرساة لتنطلق السفينة في عرض بحر واسع مظلم هو بحر الحياة وفي هذه الظلمة لا يضئ إلا قنديل الذكريات

ذكريات الأخوة البعيدة إلى الذين أحببتهم وأحبوني (أصدقائي).

شكر وعرفان

هل يستطيع أحد أن يشكر الشمس لأنها أضاءت الدنيا !

لكننا سنحاول رد جزء من جميلكم بأن نكون كما أريتمونا إنسانيون قبل ان نكون مهنيون نشكركم جميعكم على جهودكم معنا، ونخص بالشكر جامعة الشيخ عبد الله البدري وكل الكادر أساتذة وعاملين وشكر خاص للشيخ الجليل عبد الله البدري مؤسس هذه القلعة العلمية التي نفخر بالإنتماء إليها طلاباً و خريجين.

ونخص بالشكر مشرف البحث

د / عبد القادر الزين عبد القادر

الذى تابع صوب بحسن توجيهه فى كل مراحل البحث فلهُ منا خالص الشكر والتقدير وفقه الله تبارك وتعالى.

وختاماً ونحن على أبواب التخرج لابد لنا أن نقف لحظة لنتقدم بجزيل الشكر والعرفان إلى أسرة كلية الهندسة المدنية بجامعة الشيخ عبد الله البدري ونخص ذكراً رسل العلم الذين لم يبخلوا علينا من بحر علمهم، اعضاء هيئة التدريس بقسم الهندسة المدنية:

د. الرشيد علي أحمد

د. محمد يسري مصطفى

أ. أبوبكر أحمد

أ. سيد أحمد

أ. محمد قمر الدين

أ. ممدوح جعفر حبيب

كما نتوجه بجزيل الشكر والعرفان للباش مهندس سارية عثمان الذى منحنا الكثير من الجهد والوقت الثمين، والشكر موصول للمهندس هشام مكاوي.

فهرس المحتويات

الترقيم	الموضوع	رقم الصفحة
	الإفتتاحية	I
	الإهداء	II
	الشكر والعرفان	III
	فهرس المحتويات	IV
	فهرس الجداول	VIII
	فهرس الأشكال	IX
	المستخلص	XI
الفصل الأول المقدمة		
1-1	المقدمة	1
2-1	أهداف البحث	2
3-1	مشكلة البحث	2
4-1	منهجية البحث	2
5-1	هيكلية البحث	3
الفصل الثاني الخلفية العلمية		
1-2	الخرسانة المسلحة	4
1-1-2	تصنيف الخرسانة المسلحة	5
1-1-1-2	الخرسانة الإعتيادية	5
2-1-1-2	الخرسانة خفيفة الوزن	5
3-1-1-2	الخرسانة ثقيلة الوزن	6
2-1-2	مميزات الخرسانة المسلحة	6
3-1-2	عيوب الخرسانة المسلحة	6
4-1-2	خواص الخرسانة المسلحة	7
1-4-1-2	خواص الخرسانة الطازجة	7
2-4-1-2	خواص الخرسانة المتصلبة	8
3-4-1-2	خواص الخرسانة الميكانيكية	10

2-2	الأعضاء الإنشائية	13
1-2-2	البلاطات الخرسانية المسلحة	13
1-1-2-2	أنواع البلاطات	13
2-2-2	الأعمدة	18
1-2-2-2	أنواع الأعمدة	18
3-2-2	السلالم الخرسانية المسلحة	21
4-2-2	العارضات الأرضية	22
5-2-2	الأساسات	22
3-2	التحليل الإنشائي	30
1-3-2	الطرق التقليدية	30
2-3-2	الطرق الحديثة	31
4-2	التصميم الإنشائي	32
1-4-2	طريقة إجهادات التشغيل	32
2-4-2	طريقة المقاومة القصوى (الحالة الحدية القصوى)	33
5-2	الأحمال	33
1-5-2	الأحمال المميزة	33
1-1-5-2	الأحمال الميتة المميزة	33
2-1-5-2	الأحمال الحية المميزة	34
2-5-2	أحمال الرياح	34
3-5-2	أحمال الزلازل	34
4-5-2	أحمال أخرى	35
6-2	شروط الأمان	35
7-2	تراكيب الأحمال	36
8-2	الحالات الحدية	37
1-8-2	الحالة الحدية القصوى	37
2-8-2	الحالة الحدية للإستخدام	37
9-2	متطلبات قابلية الإستخدام	38
1-9-2	الإنحراف	38
1-1-9-2	الإنحراف اللحظي	38

2-1-9-2	الإنحراف الزمني (طويل المدى)	39
3-1-9-2	الإنحراف الكلي	39
2-9-2	التشققات	39
10-2	الأنظمة الإنشائية	40
1-10-2	تصنيف الأنظمة الإنشائية	40
2-10-2	إختيار النظام الإنشائي	41
1-2-10-2	العوامل المؤثرة في إختيار النظام الإنشائي	42
11-2	نبذة عن البرامج الهندسية المستخدمة	42
1-11-2	برنامج الإيتابس ETABS	42
2-11-2	برنامج السيف SAFE	43
3-11-2	برنامج الإكسل Excel	43
الفصل الثالث التحليل الإنشائي		
1-3	موقع المشروع	44
2-3	طبيعة المشروع	44
3-3	فرضيات التحليل	45
1-3-3	النظام الإنشائي	45
1-1-3-3	البلاطات	45
2-1-3-3	العارضات	45
3-1-3-3	الأعمدة	45
4-1-3-3	السلالم	46
2-3-3	الإعتبارات الأخرى	46
4-3	حساب الأحمال	47
1-4-3	الأحمال الميتة	47
2-4-3	الأحمال الحية	48
3-4-3	أحمال الرياح	48
5-3	حالات التحميل	50
6-3	تراكيب الأحمال	50
7-3	الوحدات المستخدمة	51
8-3	تحليل المشروع	51

1-8-3	تحليل البلاطة	52
1-1-8-3	الإنحراف	53
2-1-8-3	القص الثاقب	54
3-1-8-3	العزوم على البلاطة	57
2-8-3	تحليل الأعمدة	58
8-3-3	تحليل العارضات	59
4-8-3	أقصى إزاحة جانبية للطوابق	60
5-8-3	أقصى إزاحة للمبنى	61
الفصل الرابع التصميم		
1-4	تصميم البلاطة	62
1-1-4	التسليح السفلي للبلاطة	62
2-1-4	التسليح العلوي للبلاطة	66
2-4	تصميم الأعمدة	70
1-2-4	تفصيل حديد تسليح الأعمدة	70
3-4	تصميم العارضات	71
1-3-4	تفصيل حديد تسليح العارضات	71
4-4	تصميم السلم	71
1-4-4	تفصيل حديد تسليح السلم	73
الفصل الخامس الخلاصة و التوصيات		
1-5	الخلاصة	74
2-5	التوصيات	75

فهرس الجداول

رقم الجدول	الجدول	رقم الصفحة
1-2	يوضح مقارنة بين خصائص الخرسانة وحديد التسليح	5
2-2	يوضح شروط إختيار أبعاد السلم	21
3-2	يوضح تراكيب الأحمال بناء للكود البريطاني(BS 8110)	36
4-2	عدد الطوابق المناسب حسب نوع النظام الإنشائي	42
1-3	الأبعاد المبدئية للأعمدة	46
2-3	أحمال التشطيبات	47
3-3	ملخص لمعاملات الرياح وهي تمثل مدخلات برنامج (ETABS)	49
4-3	يوضح حالات التحميل	50
5-3	يوضح تراكيب الأحمال	50
6-3	نموذج نتائج تحليل لعمود	58
7-3	نموذج نتائج تحليل لعارضة	59
1-4	تفاصيل حديد التسليح في مقاطع الأعمدة	70
2-4	تفاصيل حديد التسليح في السلم	73

فهرس الأشكال والرسومات

رقم الشكل	الشكل	رقم الصفحة
1-2	يوضح إتجاه توزيع الأحمال في البلاطات ذات الإتجاه الواحد	14
2-2	يوضح إتجاه توزيع الأحمال في البلاطات ذات الاتجاهين	14
3-2	يوضح بلاطة مسطحة	15
4-2	يوضح بلاطة مسطحة ذات Drop Panel	16
5-2	يوضح البلاطات المعصبة المفرغة	17
6-2	يوضح الأعمدة المربعة والدائرية	19
7-2	يوضح مقطع لسلم خرساني	21
8-2	يوضح الأساسات السطحية	23
9-2	يوضح الأساسات الشريطية	24
10-2	يوضح الأساسات المنفصلة	25
11-2	يوضح الأساسات المشتركة	25
12-2	يوضح أساسات الحصيرة	27
13-2	يوضح الأساسات العميقة	28
1-3	يوضح موقع المبنى الإداري لجامعة الشيخ عبد الله البدري	44
2-3	نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى في برنامج الإيتابس	51
3-3	تشوهات المبنى في برنامج ETABS بعد التحليل	52
4-3	مسقط رأسي لبلاطة المبنى	53
5-3	نتائج الإنحراف في البلاطة	54
6-3	نتائج القص الثاقب في البلاطة	55
7-3	نتائج تحليل عمود للقص الثاقب	56
8-3	نتائج تحليل العزوم في إتجاه المحور (x-x)	57
9-3	نتائج تحليل العزوم في إتجاه (y-y)	58
10-3	نتائج تحليل الإزاحة الجانبية للطوابق	61
11-3	نتائج تحليل الإزاحة للمبنى	61
1-4	التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (x-x)	62
2-4	يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (x-x) مع الحديد الإضافي	63

3-4	التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y)	64
4-4	التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y) مع الحديد الإضافي	65
5-4	التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (x-x)	66
6-4	التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (x-x) مع الحديد الإضافي	67
7-4	التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y)	68
8-4	التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (y-y) مع الحديد الإضافي	69
9-4	نموذج تصميم العمود	70
10-4	نموذج تصميم عارضة	71

المستخلص

يهدف هذا البحث إلى تحليل وتصميم مبنى إداري متعدد الطوابق في جامعة الشيخ عبد الله البدري وذلك وفقاً لإشتراطات المدونة البريطانية والإستعانة ببرنامج ETABS في تحليل وتصميم الأعمدة والعارضات، وبرنامج SAFE في تحليل وتصميم البلاطات، وتم تصميم السلم يدوياً.

تم وضع المخططات الإنشائية للمبنى المقترح بما يحقق متطلبات المتانة والإقتصادية والأمان وكذالك التسليح الملائم لها.

Abstract

This research aims to analyze and design the proposed administrative multistory building for University of ELSHAIKH ABDALLAH ELBADRI in accordance with the requirements of the British code and use of ETABS in analysis and design of columns and beams, and SAFE in analysis and design of slabs, and stairs were designed manually.

This building designed to meet the requirements of durability, economy and safety, as well as appropriate reinforcing.

الفصل الأول

المقدمة

الفصل الأول

1- المقدمة

1-1 المقدمة Introduction:

التصميم الإنشائي من أهم مراحل التصميم حيث يقوم بتحويل الأفكار المعمارية لمجسمات خرسانية مع المحافظة على الخطوط المعمارية للتصميم وتحقيق الأمان مع مراعاة الجانب الإقتصادي مع تحقيق الغرض الإنشائي لإستخدامه بإتباع المواصفات العالمية والمحلية الخاصة بالتصميم الإنشائي والإلمام بطرق التحليل الإنشائي مع دراية كافية بخواص المواد الإنشائية والهندسية إضافة إلى سلوك المنشأ تحت تأثير الأحمال المطبقة ، ويتم ترجمة نتائج التصميم الإنشائي إلى تفصيلات إنشائية يسهل قراءتها وبالتالي تشييد المنشأ حسب نتائج وحسابات التصميم.

تتبع الدول العريقة في مجالات التصميم الإنشائي مواصفات قياسية تم تطويرها مع تطور الخبرة المتراكمة في هذا المجال ، وتشمل هذه المواصفات تحديد الأحمال الحية والميتة وكيفية إختبارها وتطبيقها وتوزيعها على أجزاء المنشأ، ومن ثم حساب أثرها على أعضاء المنشأ، كما تشمل أيضا طرق التصميم والموجهات اللازمة للتصميم والتشييد وذلك لضمان الحصول على منشأة بأعلى درجة أمان وأقل تكلفة اقتصادية ومن أشهر هذه المواصفات القياسية هي المواصفات البريطانية والمواصفات الأمريكية.

ومواكبة للتقدم الكبير الذي طرأ بسبب الطفرة التكنولوجية على نواحي الحياة المختلفة بجميع مجالاتها ومنها مجال الهندسة المدنية حيث أنتجت هذه الثورة التكنولوجية برامج تقوم بعمليات التحليل والتصميم الإنشائي للمباني الخرسانية والمعدنية بدقة وسرعة عالية ويتم في هذا البحث استخدام برامج هندسية في التحليل والتصميم الإنشائي سعياً للوصول للتصميم الأمثل والملائم للمبنى بما يحقق متطلبات المتانة والديمومة والاقتصادية والأمان.

نظراً للتوسع الكبير الذي تشهده جامعة الشيخ عبد الله البدري في كلياتها وأقسامها والمراكز والوحدات المختلفة الأخرى التابعة لها وكذلك الزيادة السنوية لأعداد الطلاب المقبولين بالجامعة فمن الأفضل الحد من التوسع الأفقي للجامعة و أن يكون التوسع رأسياً.

2-1 أهداف البحث Aims of Research:

- تحليل و تصميم مبنى إداري متعدد الطوابق لجامعة الشيخ عبد الله البدري.
- الإلمام بتوجيهات المدونة البريطانية الخاصة بالخرسانة BS 8110 .
- استخدام التكنولوجيا الحديثة في تحليل و تصميم المباني الخرسانية متعددة الطوابق.

3-1 مشكلة البحث Research Problems:

التوسع الأفقي في أراضي جامعة الشيخ عبد الله البدري يتطلب عمل منشأ يمتد رأسياً لتوفير فضاءات من أراضي الجامعة و الإستفادة منها مستقبلياً، كذلك التعقيد في المنشآءات الخرسانية العالية يتطلب استخدام التكلنولوجيا الحديثة.

4-1 منهجية البحث Research Plan:

تتكون من جزئيتين هما :

الإطار النظري : (مجموعة البيانات الخاصة التي تم جمعها و مجموعة البحوث و الكتب و النظريات التي ساعدت على فهم و تعليم البرنامج و طريقة التحليل و التصميم).

الإطار العملي : رسم نموذج ثلاثي الأبعاد لمبنى خرساني متعدد الطوابق وتحليله وتصميمه .

5-1 هيكلية البحث Structure of Research:

تم تقسيم هذا البحث إلى خمسة فصول حيث إحتوى الفصل الأول على المقدمة العامة إضافة إلى مشكلة البحث ، أهداف البحث ، و منهجية البحث و في الفصل الثاني الخلفية العلمية تضمنت نبذة عن الخرسانة كما يتضمن طرق تحليل وتصميم الأعضاء الخرسانية المختلفة كذلك يحتوي على نبذة مختصرة عن البرامج الهندسية المستخدمة في التحليل والتصميم ، و الفصل الثالث التحليل الإنشائي للمبنى و الفصل الرابع التصميم الإنشائي و الفصل الخامس الخلاصة و التوصيات.

الفصل الثاني

الخلفية العلمية

الفصل الثاني

2- الخلفية العلمية

2-1 الخرسانة المسلحة Reinforcement Concrete:

الخرسانة عبارة عن خليط غير متجانس تصنع من خلط الأسمنت مع الماء والركام ويعمل الأسمنت كمادة فعالة في الخلط إذ يتفاعل فيزيائياً وكيميائياً مع المواد المخلوطة معا مكوناً كتلة صلبة لتبدو الخرسانة في حالتها المتصلبة ذات مقاومة عالية للضغط أما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي تسمح بتشكلها في اي قالب معماري مطلوب حيث تتصلب معطية بنياناً كثيفاً له قابلية مقيدة لنقل الإجهادات المختلفة مثل الضغط والشد والقص وهي مادة بناء عالية المقاومة ويمكن تشكلها لأشكال متعددة ومختلفة الأحجام (حوائط – أعمدة – بلاطات) والخرسانة تتمتع بديمومة جيدة ومقاومة عالية للحريق والضغط أما مقاومتها للشد فتساوي 10 % من مقاومة للضغط لذلك كل التصاميم تقوم على إفتراض أن الخرسانة لا تتحمل أي قوه شد وأن كل قوة الشد يتحملها حديد التسليح والتي تنقل إليه من الخرسانة بواسطة قوة التماسك.

وتعتبر الخرسانة مع الصُلب أكثر المواد الإنشائية شيوعاً وإستعمالاً في عصرنا الحديث وذلك لتوفر المواد المكونة لها ورخصها ، وسهولة تشكيلها ورخص تصنيعها ، ومقاومتها العالية للحريق والتغييرات الجوية بعد تصلبها ، ويمكن استعمال الخرسانة بالإشتراك مع مواد أخرى لتكوين قطاعات مركبة كما في حالة إستخدام قطاعات الصُلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف الي الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص ويتضح ذلك فى جدول (2-1).

جدول (2-1) يوضح مقارنة بين خصائص الخرسانة وحديد التسليح

الخاصية	الخرسانة	حديد التسليح
مقاومة الشد	ضعيفة جداً	جيد جداً
مقاومة الضغط	جيدة جداً	جيد لكن يحدث انبعاج للقطاعات النحيفة
مقاومة القص	متوسطة	جيد
مقاومة الحريق	جيدة	ضعيف ويفقد مقاومته سريعاً في درجات الحرارة العالية

ويفضل عنصر الحديد إستخدامه ضمن مكونات الخرسانة للأسباب التالية:

A) الترابط الجيد بين قضبان التسليح والخرسانة الصلبة المحيطة بالقضبان حيث يمنع ذلك من حدوث إنزلاق بين المادتين.

B) الخلطة الخرسانية بعد تصلبها تكون ذات نفاذية قليلة وهي بذلك تمنع تآكل حديد التسليح.

C) تقارب معاملات التمدد الحراري لكل من الخرسانة والحديد إذ تتراوح في الخرسانة (0.00001− 0.000013) وفي الحديد (0.000012) لكل درجة مئوية ($(C^{O})^{-1}$) واحدة وذلك بجعل الإجهادات الناتجة للتغير في درجات الحرارة قليلة جداً بحيث يمكن إهمالها.

2-1-1 تصنيف الخرسانة المسلحة:

تصنف الخرسانة إعتماداً على وحدة الوزن إلى:

2-1-1-1 الخرسانة الإعتيادية:

وهي خرسانة تحتوي على ركام طبيعي كثافة هذا النوع حوالي $2400\ kg/m^3$ وهي الأكثر استعمالاً.

2-1-1-2 الخرسانة خفيفة الوزن:

تستخدم في مجالات معينة وتصنع بإستعمال أنواع معينة من الركام الطبيعي أو المصنع ويقل وزن الخرسانة في هذه الحالة ليصل إلى($1800\ kg/m^3$).

2-1-1-3 الخرسانة ثقيلة الوزن:

ويستعمل هذا النوع كعازل ضد الإشعاعات في المفاعلات النووية حيث تسحق بعض الخامات الحديدية الطبيعية إلى حجوم مناسبة لإستعمالها كركام وتتراوح كثافتها بين $(3200 - 4000\ kg/m^3)$.

2-1-2 مميزات الخرسانة المسلحة Reinforcement Concrete Advantages:

- ذات مقاومة عالية لكل من الأحمال الديناميكية والإستاتيكية.
- ذات مقاومة عالية مع الزمن للظروف الجوية والمناخية التي تتعرض لها.
- مقاومة عالية ضد تأثير الحرائق والرطوبة.
- قلة تكاليف صناعتها وصيانتها.
- يكون عمرها الخدمي طويلاً مقارنة مع المواد الإنشائية الأخرى.
- يمكن صبها في أشكال وقوالب مختلفة.
- تتطلب مهارات أقل مقارنة بإستخدام مواد إنشائية أخرى كالفولاذ.

3-1-2 عيوب الخرسانة المسلحة Reinforcement Concrete Disadvantages:

- ذات مقاومة شد قليلة مما يتطلب إستعمال حديد التسليح.
- تحتاج الي قوالب إسناد لحين تصلبها بدرجة كافية.
- مادة ثقيلة الوزن لذلك فإن الوزن الذاتي لها يشكل نسبة كبيرة من الحمل الكلي الذي يتعرض له المنشأ.
- خواصها تختلف بإختلاف نسب وطريقة الخلط كما أن عمليات الوضع والمعالجة لا يتم السيطرة عليها بعناية كما في المواد الإنشائية الأخرى كالحديد.
- ظاهرتي الزحف والإنكماش في الخرسانة تسببان بعض المشاكل للمنشأ الخرساني المسلحة.

2-1-4 خواص الخرسانة المسلحة Reinforcement Properties:

2-1-4-1 خواص الخرسانة الطازجة Fresh Concrete Properties:

الخرسانة الطازجة هي الخرسانة من لحظة إضافة الماء الي مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة زمن الشك الإبتدائي وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والصب.

ومن خواصها الرئيسية ما يلي:

A. قوام الخلطة الخرسانية Consistency:

يعتبر قوام الخرسانة الطازجة من درجة بلل الخرسانة فيقال خرسانة جافة القوام أو مبتلة القوام أو لدنة القوام أو صلبة القوام أو رخوة القوام ، ويمكن القول بأن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة أي أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

B. قابلية التشغيل Workability:

عندما تكون الخرسانة الطازجة ذات قوام مناسب بحيث يمكن نقلها وصبها ورصها بجهد معقول وبدون حدوث إنفصال حبيبي يمكن القول أن الخرسانة قابلة للتشغيل من خلال إختبار عامل الدمك.

C. الإنفصال الحبيبي Segregation:

هو إنفصال مكونات الخرسانة بحيث يصبح توزيعها غير منتظم.

D. النضح Bleeding:

هو تكون طبقة من الماء على سطح الخرسانة المصبوبة حديثاً بعد دمكها وتسويتها ، ويحدث النضح نتيجة لكثرة الدمك الذي يؤدي إلى هبوط المكونات الثقيلة(الركام) إلى أسفل وصعود العجينة الأسمنتية إلى أعلى وكذلك زيادة ماء الخلط .

2-4-1-2 خواص الخرسانة المتصلبة Properties of Hardened Concrete:

A. مقاومة الضغط Compression Strength:

هي أهم خواص الخرسانة المتصلبة وهي تعبر عن درجة جودة وصلاحية الخرسانة ومقاومة الضغط بمثابة المقاومة الأم للخرسانة المتصلبة حيث أن معظم الخواص الأخرى تتحسن وتزداد بزيادة مقاومة الضغط.

B. مقاومة الشد Tensile Strength:

إجهادات الشد في الأعضاء الخرسانية تتولد نتيجة وجود قوى قص وعزم إنحناء وعزم لي ، ومقاومة الشد للخرسانة قليلة ، تؤخذ مقاومة الشد في الخرسانة كنسبة ما بين 7% الى 14% من مقاومتها للضغط أي بنسبة متوسطة قدرها 10% وتختلف هذه النسبة تبعاً لعمر الخرسانة.

C. مقاومة الانحناء Flexure Strength:

عندما تتعرض عارضة خرسانية للإنحناء فإنه يمكن حساب مقاومة الإنحناء التي تعتبر أيضاً مقياس لمقاومة الشد غير المباشر وتسمى معاير الكسر للإنحناء.

D. مقاومة القص Shear Strength:

لا يمكن تعيين مقاومة القص في حالة الخرسانة بقيمة صحيحة تماماً نظراً لأن قوى القص المباشرة (قوتين متساويتين ومتوازيتين تؤثران على مستويين على مسافة صغيرة جداً من بعضهما) تكون دائماً مصحوبة بعزم إنحناء أي بإجهادات شد وضغط.

E. قوى التماسك Bond Strength:

هي مقاومة الخرسانة لإنزلاق أسياخ التسليح الموجودة بداخلها ويعتبر تماسك أسياخ الحديد مع الخرسانة هو أساس فكرة التصميم الإنشائي للأعضاء الإنشائية من الخرسانة المسلحة ويتم هذا التماسك بواسطة:

- الإلتصاق مع الخرسانة.
- قوى الإحتكاك بين الأسياخ والخرسانة.
- النتوءات البارزة في الأسياخ.

F. معاير المرونة Modulus of Elasticity:

هو التغير في الإجهاد بالنسبة إلى التغير في الإنفعال المرن ويعبر عن صلابة المادة أي مقاومتها للتشكل ومعاير المرونة دالة في مقاومة الخرسانة للضغط ونظراً لأن الخرسانة المتصلدة مادة ليست مرنة تماماً فإن العلاقة بين الإجهاد والإنفعال تكون غالباً منحنى.

ويمكن التعبير عن معاير المرونة بإحدى الصور التالية:

بعد رسم منحنى الإجهاد والإنفعال للحديد مثلاً أو أي مادة يمكن تعيين معاير المرونة من الرسم البياني وذلك بثلاث طرق مختلفة ذو نواتج قريبة وهي:

- **ميل المماس الإبتدائي:** هو المماس الذي يمر بنقطة الصفر مماساً للمنحنى وفي هذه الحالة نستخدمه عندما نريد معاير المرونة في المرحلة الأولى من التحميل حيث تكون العلاقة بين الإجهاد والإنفعال خطية.
- **ميل المماس عند أي نقطة محددة على المنحنى:** وفي هذه الحالة نستخدمه عندما نريد معاير المرونة في أثناء حدوث شروخ.

- **ميل الخط القاطع:** هو خط من نقطة الصفر على المنحنى وهي تمثل من ربع إلى نصف المقاومة المميزة وفي هذه الحالة نستخدمه عنما نريد معاير المرونة بعد حدوث شروخ.

وقيمة معاير المرونة للخرسانة تحسب بالمعادلة:

$$5.5 * \sqrt{\frac{fcu}{\gamma_m}}$$

$\gamma_m \equiv$ قيمة معاير المرونة للحديد $(200\ kN/m^2)$.

3-4-1-2 خواص الخرسانة الميكانيكية Mechanical Properties Concrete:

هو زيادة الإنفعالات أو التشوهات بمرور الزمن عند وجود إجهاد أو حمل ثابت ، هذه الإنفعالات أو التشوهات غير المرنة تزيد عادة بمعدل يقل بمرور الزمن حتى يصبح ضئيلاً يمكن إهماله ، وبالتقريب فإنه يمكن القول بأن ربع قيمة الزحف الكلية تحدث في أول شهر ونصف قيمة الزحف الكلية تحدث في أول السنة وتجدر الإشارة أن قيمة الزحف النهائي في الشد تساوي تقريبا القيمة في الضغط إلا أن معدل حدوث الزحف في الشد يكون أسرع نسبياً من معدل حدوثه في الضغط.

ومن العوامل التي تزيد من زحف الخرسانة:

- زيادة نسبة الماء للأسمنت.
- زيادة درجة الحرارة وقلة الرطوبة.
- تحميل المنشأ بعمر مبكر قبل وصول الخرسانة إلى مقاومتها.
- زيادة فترة بقاء الأثقال الخارجية.
- قلة نسبة الحجم إلى المساحة السطحية للعضو الإنشائي.
- نوعية الأسمنت والركام المستخدم.

والزحف عادة لا يقلل من مقاومة الأعضاء الخرسانية المسلحة في ظروف التشغيل إلا أنه يسبب إعادة توزيع في إجهاد الخرسانة والتسليح. ويؤثر الزحف على الأعضاء الإنشائية بالآتي:

- الإزاحة النهائية في الجسور والبلاطات قد تصل إلي بضع مرات القيمة الإبتدائية ولهذا السبب يجب معرفة أو تقدير قيم هذه الإزاحات ومقارنتها مع الحدود المسموح بها.
- في الأعمدة الخرسانية المعرضة لأحمال ساكنة أو ثابتة يسبب الزحف إنتقال الإجهادات من الخرسانة في منطقة الضغط إلى قضبان التسليح.
- في الخرسانة مسبقة الإجهاد يسبب الزحف عادة فقدان في القوى المسبقة الجهد مؤدياً زيادة التشقق والإزاحة في ظروف التشغيل.
- للزحف فوائد في بعض الحالات خاصة عندما يكون هنالك إجهادات ضغط كبيرة في بعض المناطق عند حصول هبوط غير متجانس في بعض المنشآت مثلاً فإن هذه الإجهادات تبدأ بالتناقص مع مرور الزمن.

وللتقليل من الزحف وتأثيراته يمكن إتباع التالي:

- تأجيل تسليط الأثقال على العضو الخرساني أو المنشأ لحين وصول الخرسانة للمقاومة الكافية.
- إستعمال خرسانة ذات مقاومة عالية.
- جعل حجم عينة الأسمنت أقل ما يمكن بالنسبة لحجم الركام.
- إضافة تسليح إضافي خاصة في منطقة الضغط.
- إستعمال ركام الحجر الجيري إن أمكن.

B. انكماش الخرسانة Shrinkage of Concrete:

للحصول علي خرسانة ذات قابلية تشغيل ملائمة يجب أن يكون مقدار الماء أكثر مما هو لازم لإتمام عملية الإماهة وبعد صب الخرسانة يبدأ الماء الزائد غير المتفاعل مع الأسمنت بالتبخر ونتيجة لذلك يحدث الإنكماش، أي أن الأنكماش هو عبارة عن التغير الحجمي الذي يحدث نتيجة تبخر الماء من

كتلة الخرسانة ويسمى النقصان في الطول لكل وحدة طول في إتجاه معين نتيجة النقصان في الحجم بإنفعال الإنكماش ويزيد مقدار إنفعال الإنكماش النهائي في الحالات التالية:

- زيادة نسبة الماء للأسمنت.
- زيادة كمية الأسمنت في الخلطة الخرسانية.
- زيادة درجة الحرارة ونقصان الرطوبة.
- زيادة نسبة المساحة السطحية للحجم.
- زيادة مسامية الركام.

وللتقليل من الآثار الضارة للإنكماش يمكن عمل الاتي:

- المعالجة الصحيحة والمبكرة للخرسانة.
- عمل وصلات حركة.
- وضع أسياخ تسليح لمقاومة الإنكماش.

C. متانة الخرسانة Concrete Durability:

المتانة هي تحمل الخرسانة للظروف التي صممت من أجلها وتعمل في محيطها فترة طويلة من الزمن (العمر الإفتراضي) دون حدوث تلف أو تفتت بها وبمعنى آخر فإن المتانة هي مقاومة الخرسانة للتدهور ويوجد أسباب متعددة تؤدي لتلف الخرسانة يمكن تصنيفها إلى المجموعات التالية:

- **أسباب داخلية:** وهي المتعلقة بمكونات الخرسانة أو وجود مواد ملوثة بها مثل الطين أو الطفل أو السليكا النشطة (في بعض أنواع الركام) أو وجود أملاح ضارة بهذه المكونات كل ذلك يؤدي إلى تفاعلات ضارة تعمل على تلف الخرسانة.
- **أسباب خارجية:** وتتعلق بمهاجمة الكيماويات مثل الكبريتات والكلوريدات للخرسانة والتي يكون مصدرها ماء البحر، مياه الصرف الصحي، المخلفات الصناعية ... الخ.

- **أسباب آخري مثل:** تأثيرات المياه الجوفية والكربنة والتأكسد وأسباب بيولوجية.

2-2 الأعضاء الإنشائية Structural Elements:

تتكون المباني الهيكلية للخرسانة المسلحة من مجموعة من أعضاء انشائية مختلفة تتقاطع مع بعضها لتقاوم الأحمال الموضوعة على المنشأ وتضم عادة الأعضاء الإنشائية الآتية:

1-2-2 البلاطات الخرسانية المسلحة Reinforced Concrete Slabs:

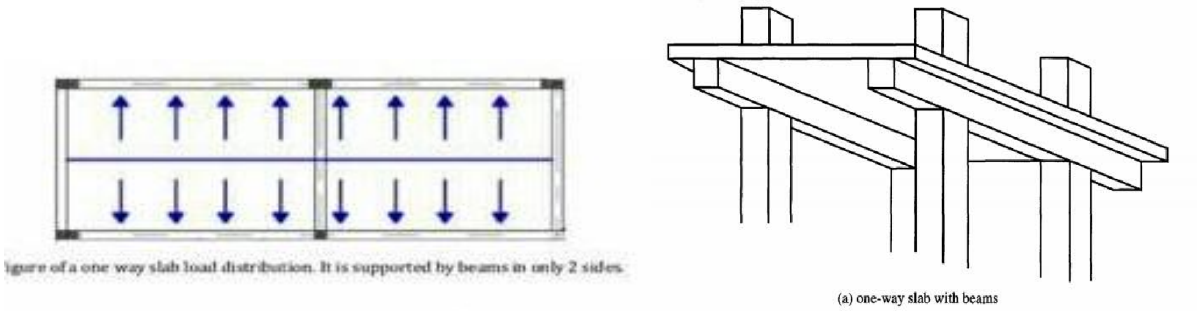
هي من أكثر العناصر الإنشائية شيوعاً لتحمل الأحمال العمودية التي تقع على سطحها وترتكز البلاطات إما على حوائط مباشرة أو على عارضات أو مباشرة على الأعمدة فإن البلاطات عادة ما تكون مستطيلة أو مربعة الشكل ولكن يمكن أن تأخذ أي شكل آخر كالمثلث أو شبة المنحرف أو الدائري.
البلاطات أيضاً لها دور في مقاومة أحمال الزلازل والرياح بالإضافة لمقاومتها للأحمال التي تقع على سطحها وذلك في المباني العالية أو متعددة الطوابق وذلك بفضل عملها كعارضة أفقية عميقة وفي هذه الحالة تعمل كحاجز إطاري جانبي ذو صلابة عالية يعمل على تقليل التشكيلات العرضية للإطارات متعددة الطوابق.

1-1-2-2 أنواع البلاطات Types of Slabs:

تصنف البلاطات وفقا لإتجاه توزيع الأحمال عليها إلى:

A. بلاطة ذات إتجاه واحد One-way Slab:

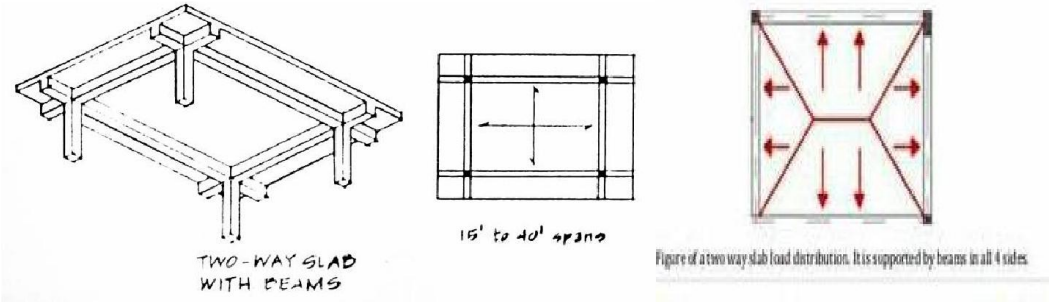
وهي التي تحقق لشرط $(L/W \geq 2)$ وتقاوم الأحمال الواقعة عليها بالإنحناء في إتجاه عمودي على الركائز ويكون التشوه في الإتجاه القصير بحيث يكون حديد التسليح الرئيسي موازي لإتجاه نقل الأحمال أي في الإتجاه القصير ويجب أن تحقق السماكة لهذا النوع من البلاطات إشتراطات الكود لمقاومة الإنحراف.



شكل (2-1) يوضح إتجاه توزيع الأحمال في البلاطات ذات الإتجاه الواحد

B. بلاطة في اتجاهين Two Wa y Slab:

وهي التي تحقق الشرط $(L/W < 2)$ وفيها تنتقل الأحمال إلى السواند الجانبية في الإتجاهين على شكل شبه منحرف إلى الإتجاه الطويل ومثلث إلى الإتجاه القصير وأقل سماكة لهذا النوع من البلاطات يجب أن يحقق متطلبات الكود لمقاومة الإنحراف وتكون البلاطات إما مستطيلة ذات طول غير كبير نسبيا بالمقارنة بعرضها أو مربعة مرتكزة على أربعة جوانب وتقاوم الأحمال الواقعة عليها عن طريق الإنحناء في إتجاهين متعامدين.



شكل (2-2) يوضح إتجاه توزيع الأحمال في البلاطات ذات الاتجاهين

وتصنيف البلاطات وفقا للمقطع العرضي أو الطولي لها:

- البلاطات المسطحة (Flat Slabs).
- البلاطات المصمتة (Solid Slabs).
- البلاطات المفرغة (Hollow Block Slabs).
- البلاطات المصمتة ذات الاعصاب (Waffle Slabs).

A. البلاطات المسطحة Flat Slabs:

هي بلاطات خرسانية مسطحة بدون أي كمرات ومرتكزة مباشرة على الأعمدة الخرسانية ويمكن لهذا النوع أن يكون به (drop panel) أو يمكن أن يكون بدونه، وهي التي تم استخدامها في هذا البحث.

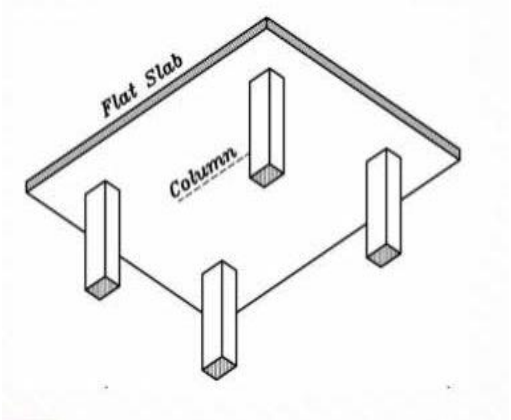
ومن مميزات البلاطات المسطحة:

- لها نظام شدات مبسط.
- توزيع الضوء يكون أفضل.
- ارتفاع الطوابق عن بعضها يكون أقل مما يجعلها إقتصادية.

ومن أنواع البلاطات المسطحة:

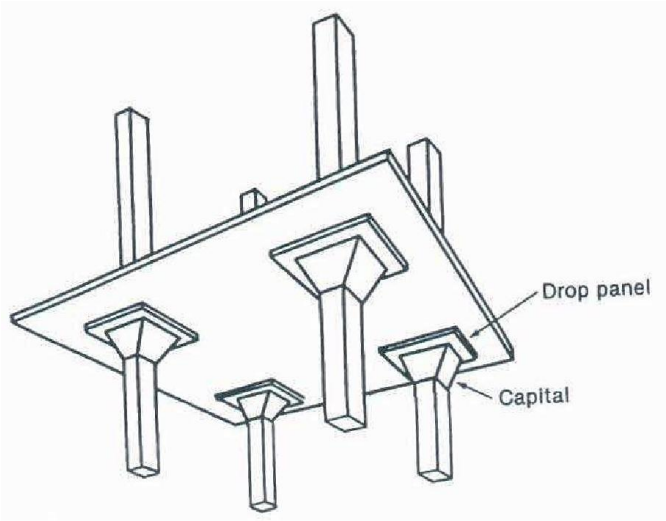
❖ بلاطة مسطحة عادية ترتكز على أعمدة مباشرة بدون تيجان وبدون تأثير هابط وتستخدم عندما يكون الحمل الحي من $(3-5) kN/m^2$.

- اقصى مسافة بين الأعمدة من (6 - 3) متر.
- سمك البلاطة أكبر من 150 ملم ويعتمد على مقدار مقاومة البلاطة لإجهادات الإختراق الناتجة من إستنادها مباشرة على الأعمدة.



شكل (2-3) يوضح بلاطة مسطحة

❖ بلاطة مسطحة ذات Drop Panel : تستخدم عندما يكون من الضروري زيادة سمك البلاطة أعلى رأس العمود لمقاومة كل من إجهاد الإختراق وكذلك العزوم السالبة ولتقليل حديد التسليح وهذا يحدث عندما يكون الحمل الحي أكبر من $10\ \mathrm{kN/m^2}$ وأقصى بعد أكبر 6 متر.



شكل (2-4) يوضح بلاطة مسطحة ذات Drop Panel

❖ البلاطة المسطحة برؤوس الأعمدة (التيجان) وتستخدم عندما يكون:

- الحمل الحي فيها أكبر من $6\ kN/m^2$ والبحر أكبر من 6 متر.
- زاوية أكبر ميل للتاج يجب الا تزيد عن 45 درجة على الإتجاه الرأسي.
- القطر المؤثر (D) الداخل في الحسابات يجب الا يزيد عن 0.24 البحر.

B. بلاطة مصمتة Solid Slab:

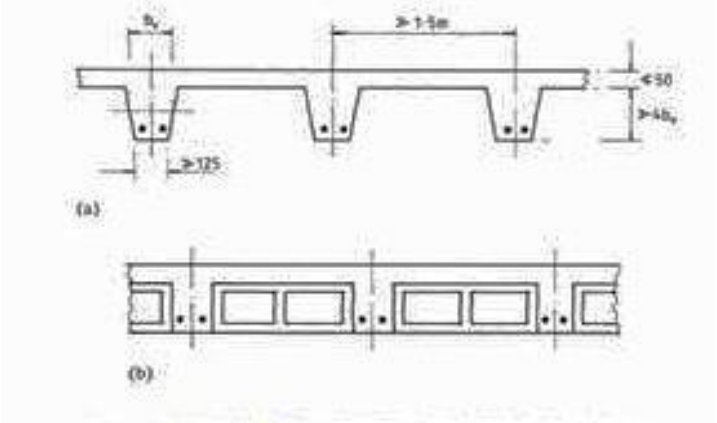
وهي عبارة عن بلاطة خرسانية سمكها يتراوح بين (10–16) سم تحاط بكمرات ساقطة من جميع الجوانب التي بدورها تنقل الأحمال للأعمدة تستخدم للمساحات حوالي 20 متر مربع بحيث لا يزيد البعد عن 5.5 متر للنواحي الإقتصادية والترخيم وهي أكثر أماناً واقتصادية من أنواع الأسقف الأخرى.

C. البلاطات المفرغة Hollow Block Slabs:

عبارة عن بلاطات سمكها صغير يتراوح بين (5–7) سم ترتكز على أعصاب عرضها في حدود 10 سم حسب عمق البلوك المستخدم وترتكز الأعصاب على كمرات أما مدفونة أو ساقطة تغطي بحر كبيرة نسبياً تصل لـ 7 متر يتم حشوها ببلوكات خرسانية مجوفة (طوب أحمر مجوف – فلين ... الخ) وفي هذه الحالة يكون السقف خفيفا مما يؤدي إلى التقليل من وزن المنشأ وتعتبر عازل جيد للصوت والحرارة إلا أن هذا النظام ضعيف جداً بالنسبة للأمطار والأحمال الديناميكية.

D. البلاطة المعصبة المفرغة Ribbed Slab:

تشبه إلى حد كبير البلاطات المفرغة غير أنها تبقى بدون حشوات مجوفة ويستخدم هذا النوع من البلاطات عندما يراد تغطية مجازات طويلة تصل الى 7 أمتار وعندما يراد التخفيف من الأحمال على المبنى ويتم إستخدامها في المباني التي تتضمن أحمال حية في حدود 5 كيلو باسكال.



شكل (2-5) يوضح البلاطات المعصبة المفرغة.

E. البلاطات المصمتة ذات الاعصاب (الصندوقية) Waffle Slabs:

يستخدم هذا النوع من البلاطات لتغطية المسطحات الواسعة والبحور الكبيرة بإنشاء بلاطات خرسانية مفرغة ذات قباب سفلية فارغة وأعصاب متقاطعة تعطي تقسيماً منتظماً ذات شكل معماري مميز وتستخدم هذه الفراغات في إحتواء وحدات الإضاءة والتكييف والصوت وتنفذ هذه البلاطات باستخدام قوالب غالباً ما تكون من البلاستيك المقوى.

2-2-2 الأعمدة Columns:

تعتبر من العناصر الإنشائية التي تستعمل أساساً في مقاومة أحمال الضغط والأعمدة هي أعضاء الضغط التي يزيد إرتفاعها في إتجاه قوة الضغط عن أمثال البعد الأصغر ويشمل ذلك القطاعات الدائرية أو المربعة أو المضلعة أو الاعمدة المركبة.

في نظم المنشآت الهيكلية تنتقل الأحمال من طابق لآخر عبر الأعمدة ومن ثم الى الأساسات هذا يعني أن أعمدة الطابق السفلي تكون أكبر حملاً وأبعاداً وكمية تسليح من نظيراتها في الطوابق العليا ولكن لأغراض تسهيل عملية التنفيذ قد تكون الأعمدة ذات أبعاد ثابتة لكل الطوابق.

1-2-2-2 أنواع الأعمدة Types of Columns:

- من حيث تثبيتها في المبنى، أعمدة مقيدة وغير مقيدة (braced and un braced columns).
- من حيث طريقة الإنهيار، أعمدة قصيرة ونحيلة (short and cylinder columns).
- من حيث وقوع الحمل عليها أعمدة محملة مركزياً ولامركزياً (concentrically or eccentrically lode columns).

وتصنف الأعمدة وفقاً لقطاعها الافقي إلى:

A. الأعمدة المربعة أو المستطيلة Rectangular Columns:

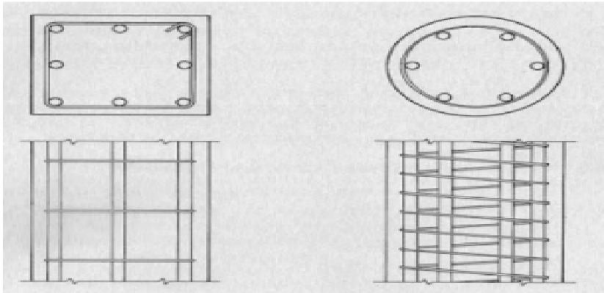
يستخدم هذا النوع من الأعمدة عندما يكون العمود معرض لعزم في إتجاهين أحدهما كبير والآخر أقل وهذا النوع من الأعمدة الأسهل في التصميم والتنفيذ.

B. الأعمدة الدائرية Circular Columns:

وتستخدم عندما تكون الأعمدة معرضة لعزوم متغيرة في جميع الإتجاهات حيث تكون ذات كفاءة واحدة في جميع الإتجاهات ولكن ما يعيبها هو صعوبة التصميم والتنفيذ.

C.الأعمدة المضلعة Polygonal Columns:

أعمدة تكون خماسية أو سداسية بما يلبي المتطلبات المعمارية.



شكل (2-6) يوضح الأعمدة المربعة والدائرية

وتصنف الأعمدة حسب التسليح العرضي لها الى:

- أعمدة مطوقة (Tied columns).
- أعمدة حلزونية (Spiral columns).

وتصنف حسب النحافة إلى:

A. الأعمدة القصيرة Short columns:

هي أعمدة يحدث لها إنهيار عندما يصل إجهاد الخرسانة وإجهاد حديد التسليح إلى الخضوع أي أن قدرة تحمل العمود تعتمد هنا على أبعاد المقطع وخواص المواد المستخدمة وكمية الحديد المستخدم.

B. الأعمدة النحيلة Cylinder Columns:

هي الأعمدة ذات النحافة العالية والتي يكون فيها أبعاد مقطعة صغيرة بالنسبة لطوله ويكون فشل هذا النوع من الأعمدة بالإنبعاج.

وتصنف حسب مركزية الحمل وحدوث الفشل إلى:

I. الأعمدة المعرضة لقوة ضغط محورية: يكون العمود في هذه الحالة معرضا لقوة ضغط محورية فقط ويكون التحميل في مركز العمود تماما وتكون العزوم مساوية للصفر نتيجة عدم وجود اللامركزية ويحدث

الفشل في هذه الحالة بتهشيم الخرسانة وبخضوع الحديد من منطقة الشد والضغط وبالتالي تعتمد مقاومة المقطع للإجهادات المسلطة عليه على مقاومة المقطع الخرساني إضافة إلى مقاومة حديد التسليح حيث يفيد حديد التسليح في تخفيف أبعاد المقطع من الناحية الإقتصادية نظراً لمقاومته العالية لما له دور كبير في مقاومة إجهادات الشد التي قد تتولد في العمود.

II. الأعمدة المعرضة لقوى ضغط محورية وعزوم يكون الضغط هو المتحكم: يكون الفشل المتحكم هنا هو الضغط ويحدث هذا عندما تكون اللامركزية صغيرة أي أن القوى المحورية كبيرة مقارنة مع العزوم الناتجة من اللامركزية وبالتالي سيكون معظم المقطع الخرسانة معرض لإجهاد ضغط ولذا يصل الإنفعال في الألياف الخارجية للخرسانة في منطقة الضغط إلى أقصى قيمة 0.003 بالتزامن مع وصول الحديد في منطقة الضغط الى إجهاد الخضوع في حين أن الحديد في منطقة الشد لم يصل إلى إجهاد الخضوع بعد، ويحدث الفشل في هذه الحالة بتهشم الخرسانة يسمى بفشل الضغط.

III. حالة التحميل المتوازن: يحدث الفشل في هذه الحالة بوصول إنفعال الخرسانة في منطقة الضغط أي 0.003 بالتزامن مع وصول الحديد في منطقة الشد الى إجهاد الخضوع في حين أن حديد التسليح في منطقة الضغط قد يكون وصل أو لم يصل الى إجهاد الخضوع وبالتالي يحدث الفشل في الخرسانة وحديد التسليح بنفس الوقت ويسمى الفشل في هذه الحالة بفشل التوازن.

IV. الأعمدة المعرضة لقوى محورية وعزوم ويكون الشد هو المتحكم: يكون ذلك عندما تكون قيمة اللامركزية كبيرة وقيمة العزم المطبق على العمود كبيرة مقارنة بالقوة المحورية وبالتالي يكون معظم المقطع الخرساني معرض لإجهادات شد مما يؤدي إلى أن يحدث الفشل بخضوع الحديد في منطقة الشد قبل أن يصل الإنفعال في الخرسانة في منطقة الضغط إلى 0.003 ويسمى الفشل في هذه الحالة بفشل الشد.

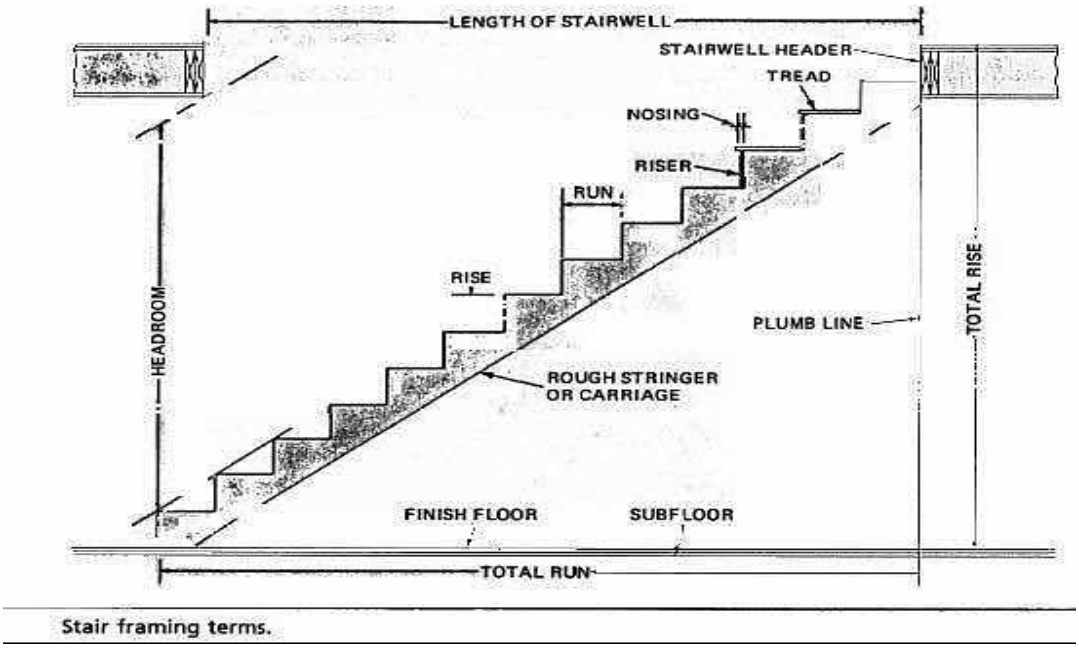
3-2-2 السلالم الخرسانية المسلحة:

هي مجموعة من الدرجات وضعت بترتيب للوصول إلى الأدوار المختلفة في المبنى فهي تعمل على ربط أدوار المبنى ببعضها رأسيا وتتكون بصفة عامة من بلاطة مائلة (درج) وبلاطة افقية (بسطة) وترتكز على العارضات أو على الأعمدة مباشرة.

في السلالم التقليدية يوصى بعدم السماح بتنفيذ أكثر من 15 درجة في القلبة الواحدة للحصول على سلم مريح كما يوصي بالإلتزام بالأبعاد الآتية:

جدول (2-2) يوضح شروط إختيار أبعاد السلم

	مباني خاصة ومنازل	مباني عامة
Tread النائم	220 – 300 ملم	لا يقل عن 320 ملم
Riser القائم	لا يزيد عن 200 ملم	لا يزيد عن 160 ملم
عرض السلم	لا يزيد عن 900 ملم	لا يزيد عن 1200 ملم



شكل (2-7) يوضح مقطع لسلم خرساني

4-2-2 العارضات الأرضية Grade beams:

هي أعضاء إنشائية يتم إنشائها لعدة أغراض:

- توضع تحت الحائط لتحمل الحائط عليها تجنباً لتحميله مباشرة على البلاطة الخرسانية الضعيفة .
- ربط الأعمدة للحصول على توزيع أفضل لعزوم الإنحناء في العارضات وتقليل قوى الإنبعاج في الأعمدة.
- العارضات التي تربط الأعمدة يجب الا يزيد طولها عن 8 متر وعرضها يتناسب مع عرض الحائط وإرتفاع العارضة لا يقل عن (1/8) طول العارضة.

5-2-2 الأساسات Foundations:

هو الجزء السفلي المتصل بالأرض وهو العضو الإنشائي الذي ينقل الأحمال سواء كانت حية أو ميتة أو غيرها بطريقة آمنة إلى التربة وتنفذ الأساسات أسفل مستوى الأرض وإن كانت في بعض الأحيان قد تمتد أعلى سطح الأرض.

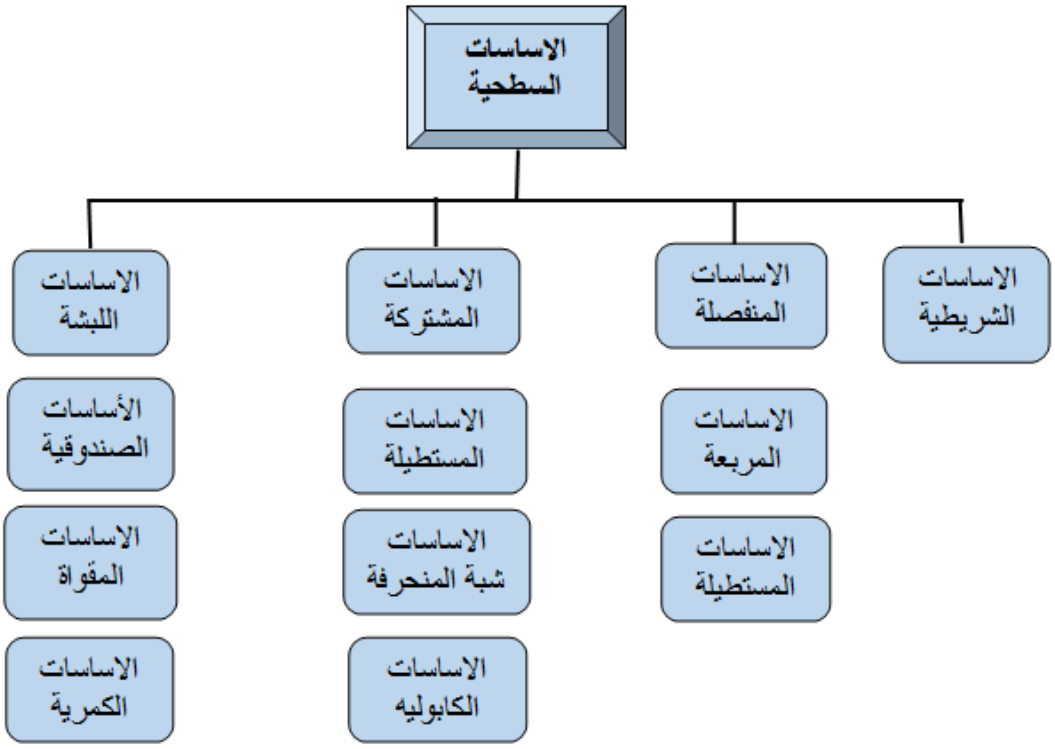
وأقسام الأساسات بصورة عامة هي:

A. أساسات سطحية Shallow foundations:

وتنفذ على أعماق قريبة من سطح الأرض والتي لا يزيد فيها عمق التأسيس عن عرض الأساس ويمثل العرض هنا أصغر ضلع في القاعدة المربعة وهذا النوع من الأساسات يمثل الجزء الأكثر إستخداماً والأسهل تنفيذاً والأكثر إقتصادية وفي أغلب الأحوال ينصح بإستخدام الأساسات السطحية إلا إذا تعذر ذلك بسبب طبيعة التربة ونوع المنشأ وأحماله فيضطر إلى إستخدام الأساسات العميقة الأكثر تكلفة والأصعب تنفيذاً ويمكن إستخدام الأساسات السطحية عند وجود طبقة من التربة ذات قدرة تحمل مناسبة وقريبة من سطح الأرض مع عدم وجود طبقات عالية الإنضغاط على أعماق قريبة من منسوب التأسيس

حتى يكون الهبوط المحسوب للأساس في حدود القيم المسموح بها وهنالك عدة أنواع من الأساسات السطحية يمكن توضيحها كالآتي :

- منفصلة (Bad Foundation).
- مشتركة (Combined Foundation).
- شريطية (Strip Foundation).
- حصيرة (Raft Foundation) .

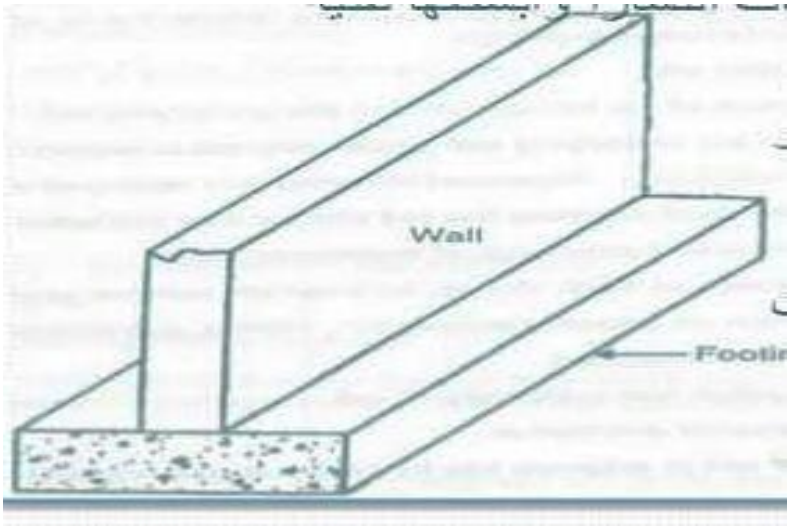


شكل (2-8) يوضح الأساسات السطحية

B. الأساسات الشريطية Strip Foundation:

تعرف بالأساسات الحاملة للحوائط وقد تكون الحوائط من الخرسانة أو البلك أو الأحجار وهي عبارة عن بلاطة مستمرة من الخرسانة المسلحة أسفل الحوائط أو الأعمدة الواقعة على صف واحد خاصة إذا كانت الأحمال للأعمدة متقاربة والبحور فيما بينها متقاربة وتعتمد نظرية هذا النوع من التأسيس على

إنتقال أحمال المبنى إلى التربة عن طريق الحوائط وبالتالي يلزم إستمرار الأساس تحت أسفل الحوائط بالكامل بحيث يحقق إنتشار الأحمال على أكبر مساحة ممكنة من الأرض ويستخدم في المباني السكنية الصغيرة لأنه يتيح إمكانيات محدودة وخاصة عندما يراد الإرتفاع بالمبنى أو عند إستخدام بحور طويلة إلا أنه غير إقتصادي في معظم الأحيان.

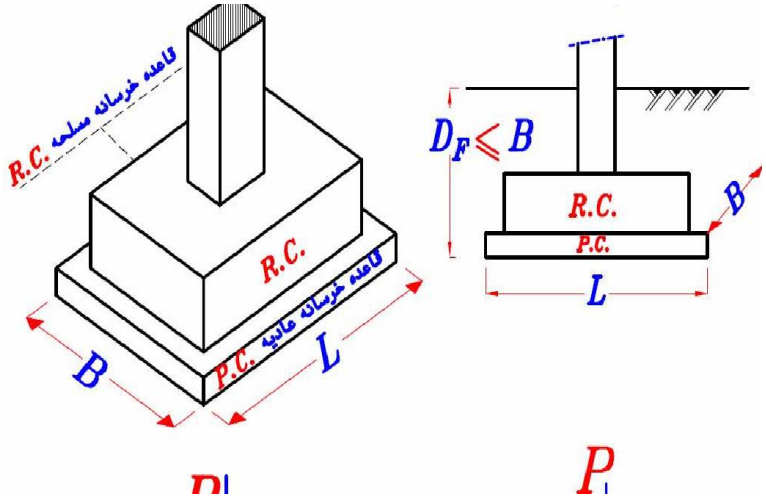


شكل (2-9) يوضح الأساسات الشريطية

C. الاساسات المنفصلة Single Footings:

تستخدم كأساس للأعمدة الخرسانية والمعدنية عندما يراد تنفيذ قاعدة مستقلة واحدة لكل عمود وغالباً ما تكون مربعة أو مستطيلة الشكل في المسقط الأفقي وتستخدم في الحالات الآتية:

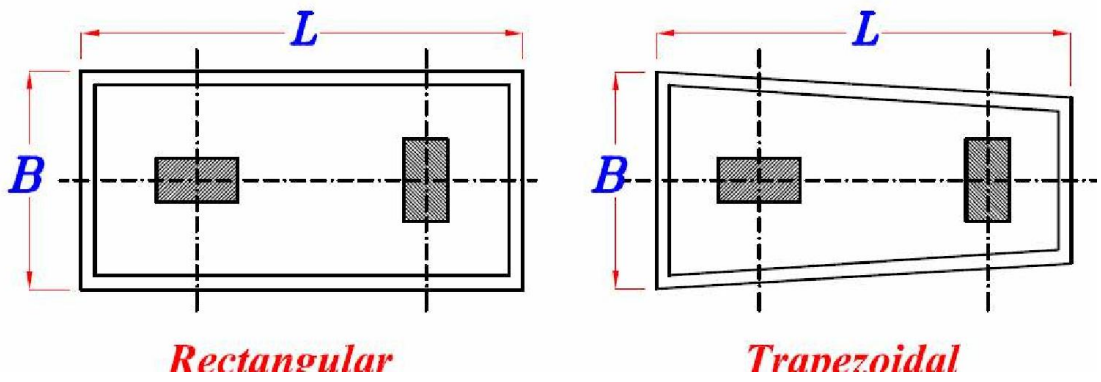
- عندما تكون الأحمال على الأعمدة قليلة بحيث لا تطلب الأساسات المنفصلة مساحة كبيرة.
- عندما تكون قدرة تحمل التربة كبيرة ومتجانسة على كامل مساحة المبنى.
- عنما تكون المسافات بين الأعمدة كافية لعمل أساسات منفصلة دون حدوث تداخل في الإجهادات على التربة أسفل الأساسات.



شكل (2-10) يوضح الأساسات المنفصلة

D. الاساسات المشتركة Combined Footing:

هي عباره عن أساس واحد يحمل أكثر من عمود وتستخدم في حالة وجود مشاكل تحول دون إستخدام أساس منفصل كتداخل قاعدتين معاً أو تقارب قاعدتين من بعضها أو قواعد في منطقة الجوار وهنالك ثلاث أنواع من الأساسات المشتركة:



شكل (2-11) يوضح الأساسات المشتركة

❖ **أساس مشترك مستطيلي:** ويستخدم في الحالات الآتية:

- عندما يحد العمود الخارجي حد ملكية أو جار أو وجود خطوط مياه أو صرف أو أي عمل هندسي آخر يعيق إمتداد الأساس المنفصل ويشترط أن يكون حمل العمود الخارجي أقل من حمل العمود الداخلي.

- عندما تكون المسافة بين عموديين داخليين لا تسمح بتنفيذ أساس منفصل لكل منهما.

❖ **أساس مشترك شبة منحرف:**يستخدم مثل الأساس المستطيل إلا أن حمل العمود الخارجي أكبر من العمود الداخلي.

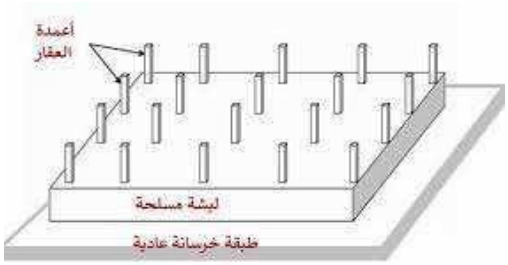
❖ **أساس مشترك كابولي:** إذا كانت المسافة بين العموديين كبيرة وقدرة تحمل التربة عالية فإننا لا نحتاج لمساحة كبيرة للأساس ويفضل عندئذ إستخدام الأساسات الكابوليه لأنها أكثر إقتصادية من الأخريات والفكرة في هذه الأساسات هو ربط القاعدة الخارجية (حد الجار) مع قاعدة داخلية بكمرة عالية الجساءة حيث تعمل على نقل العزم الناتج عن عدم محورية الحمل للقاعدة الخارجية إلى القاعدة الداخلية وحتى تكون إجهادات التربة تحت الأساس منتظمة التوزيع.

E. الأساسات الحصيرية Raft Foundation:

عبارة عن كتلة خرسانيه تمثل بلاطة بكمرات أو بدون تستخدم لتأسيس عدد من الأعمدة في إتجاهين مختلفين وتستخدم في الحالات الآتية:

- عندما تكون المساحة المطلوبة لعمل أساسات منفصلة أكبر من نصف المساحة الكلية للمبنى.
- عندما تكون المسافات بين الأعمدة قليلة ما يسبب تداخل للإجهادات على التربة إذا استخدمت أساسات منفصلة.
- عندما تكون قدرة تحمل التربة قليلة.
- عندما تكون التربة غير متجانسة على كامل مساحة المبنى مما يسبب هبوط متباين.
- حالة التربة ذات إنضغاطية عالية.

ومن أنواعها: لبشة مسطحة ، لبشة مسطحة مقواه تحت الأعمدة ، لبشة كمرية ولبشة صندوقية.

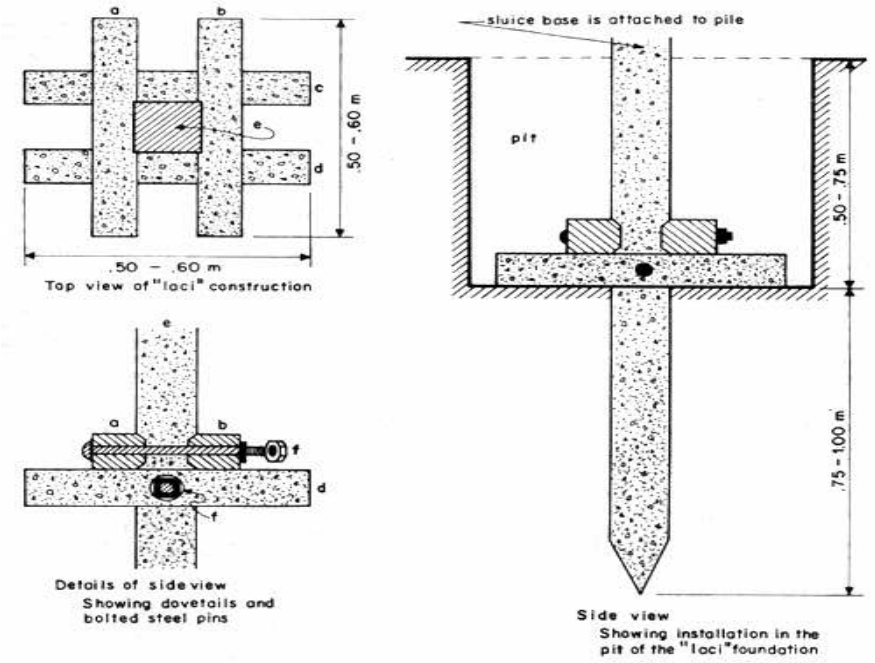


شكل (2-12) يوضح أساسات الحصيرة

F. الأساسات العميقة Deep Foundation:

عندما يتعذر الحصول على طبيعة صالحة للتأسيس بالقرب من سطح الأرض لتنفيذ أساسات سطحية يتم اللجوء إضطراراً إلى إختراق التربة إلى أعماق كبيرة للحصول على عمق صالح للتأسيس ويتم ذلك بتنفيذ أساسات عميقة ويستخدم هذا النوع في الحالات الآتية:

- عندما تكون الطبقات السطحية من التربة ضعيفة لدرجة لا تسمح لها بتحمل الإجهادات المنقولة إليها من الأساسات.
- عندما يكون تنفيذ الأساسات السطحية صعباً.
- عندما تكون أحمال المنشأ كبيرة بحيث لا يمكن إستخدام الأساسات السطحية.
- عند تواجد أحمال جانبية كبيرة مؤثرة على المنشأ مما يلزم تنفيذ نظام إنشائي للأساسات يتحمل المركبات الأفقية المنقولة للأساسات.



شكل (2-13) يوضح الأساسات العميقة

ويتم إختيار نوع الأساس المناسب حسب العوامل التالية:

- المتطلبات الإنشائية للمنشآت.
- أحمال الأساس وأنواع وقيمة الأحمال الأخرى وكيفية توزيع هذه الأحمال وإنتقالها إلى التربة.
- حالة التربة وتشمل مقاومتها وإنضغاطها وخواصها الإنتفاخيه وكيفية إنتقال الأحمال فيها.
- طبقات الردم وحجمها وتأثير وجود الكيماويات في التربة.
- المياه الجوفية وتأثيرها على خواص التربة والأساسات.
- الموقع وحالته المناخية وتأثره بها.
- متطلبات التنفيذ وأساليبه في الحفر وسند جوانبه وتصريف المياه والتأثيرات الناتجة عن تنفيذ الأساسات.
- الناحية الإقتصادية والتكاليف المقدرة لتنفيذ المنشا وكذلك تكلفة المواد والمعدات الداخلة في تنفيذ الأساسات.

وعند تصميم الأساسات وتنفيذها يجب أن تحقق الأغراض الآتية:

- تتحمل وزن المنشأ والأحمال الأخرى المعرضة لها بأمان.
- توزيع ونقل جميع الأحمال الواصلة للأساس لمساح أكبر تحت الأساس وبما لا يسبب إجهادات على التربة أكبر من قدرة تحمل هذه التربة.
- مقاومة الهبوط النسبي المتفاوت لأجزاء المنشأ ومقاومة إنتفاخ التربة.
- تحقيق الإتزان والإستقرار ضد أي تأثير خارجي.
- مقاومة تأثير المياه الجوفية أو التأثيرات البيئية المحيطة بالأساسات.

ويتم إختيار نوع الأساس طبقا للعوامل الآتية:

- المتطلبات الإنشائية (نوع المنشأ ووظيفته والأبعاد).
- أحمال الأساس (قيمة الاحمال الحية والميتة وأنواع وقيمة الأحمال الخارجية).

- تتحمل وزن المنشأ والأحمال الأخرى المعرضة لها بأمان.
- توزيع ونقل جميع الأحمال الواصلة للأساس لمساح أكبر تحت الأساس وبما لا يسبب إجهادات على التربة أكبر من قدرة تحمل هذه التربة.
- مقاومة الهبوط النسبي المتفاوت لأجزاء المنشأ ومقاومة إنتفاخ التربة.
- تحقيق الإتزان والإستقرار ضد أي تأثير خارجي.
- مقاومة تأثير المياه الجوفية أو التأثيرات البيئية المحيطة بالأساسات.

ويتم إختيار نوع الأساس طبقا للعوامل الآتية:

- المتطلبات الإنشائية (نوع المنشأ ووظيفته والأبعاد).
- أحمال الأساس (قيمة الاحمال الحية والميتة وأنواع وقيمة الأحمال الخارجية).

- حالة التربة (مقاومة الإنضغاط وخواص الإنتفاخية وكيفية إنتقال الأحمال).

3-2 التحليل الإنشائي Structural Analysis:

هو الحصول على قوى قص وعزوم إنحناء من الأعضاء المعرضة للأحمال، وتحليل الإنشاءات كان من أكثر المشاكل التي تواجه المهندسين قديما في تحليل المنشآت العالية بسبب استخدام التحليل اليدوي ومن طرق التحليل اليدوي طريقة توزيع العزوم والجساءة و الميل–إنحراف.

وفي الآونة الأخيرة تم التوصل لبرامج حاسوب لتحليل كل أعضاء المنشأ في أسرع وقت ممكن وإعطاء النتائج بصورة تفصيلية في شكل تقرير أو شكل بياني.

ومن المعلوم أن هنالك نوعان من المنشآت ، منشآت محددة إستاتيكياً يتم تحليلها بإستخدام معادلات التوازن فقط، ومن منشآت غير محددة إستاتيكياً تحتاج إلى معادلات توافق بالإضافة إلي معادلات التوازن لأجل تحليلها ومعظم المنشآت تكون غير محددة إستاتيكيا وتوجد عدة طرق لتحليلها ولكل من هذه الطرق خصائصها ومزاياها الخاصة نذكر من هذه الطرق ما يلي:

2-3-1 الطرق التقليدية Classical Method:

ومن أمثلة هذه الطرق طريقة الميل إنحراف ، طريقة الشغل الإفتراضي وطريقة التشوهات المتناسقة وكل هذه الطرق تؤدي إلى نتائج صحيحة ودقيقة إلا أن هناك طرق أخرى تقريبية مثل طريقة توزيع العزوم وقد كانت هذه الطريقة قبل عصر الحاسبات الآلية من الطرق المهمة جداً لأنها لا تحتاج إلى حل معادلات آنية حيث تحتاج الطرق الدقيقة أعلاه إلى حل عدد كبير من المعادلات الآنية وهنالك طرق خاصة بالأحمال الجانبية مثل أحمال الرياح وأحمال الزلازل منها الطريقة البائية والطرق الحديدية.

2-3-2 الطرق الحديثة Advanced Methods:

في هذه الطرق يتم تحليل المنشآت بإستخدام المصفوفات ومن هذه الطرق ما يلي:

A. طرق التحليل المرن للمنشآت Elastic Analysis Methods:

وتعتمد هذه الطرق في التحليل الإنشائي على سلوك المنشأ المرن والخطي وتوجد طريقتين رئيستين هما:

- طريقة القوة (المرونة المباشرة) (Force or Flexibility Method).
- طريقة الإزاحة (الجساءة المباشرة) (Displacement or Stiffness Method).

ولقد تطورت الطريقتان بعد عصر الحاسبات الإلكترونية فيما يسمي بطريقة العناصر المحددة وذلك لأن طريقتا المرونة والجساءة تؤديان إلى عدد كبير من المعادلات الآنية والتي لا يمكن حلها إلا بإستخدام الحاسبات وقد تم بإستخدام هذه الطرق تطوير العديد من البرامج الهندسية المستخدمة في تحليل المنشآت منها برنامج ETABS وغيرها من البرامج التي تعتبر أدوات مهمة للتحليل والتصميم ، لكنها أبداً لا تغني عن خبرة المهندس لأن استخدامها بدون خبرة قد يكون ضارا بدلاً من أن يكون نافعاً .

B. طرق التحليل اللدن للمنشآت Plastic Analysis Methods:

تعتمد هذه الطرق في التحليل الإنشائي على السلوك اللدن للمنشأ حيث أن أي منشأ عنما يكون تحت تأثير الزيادة التدريجية من الأحمال فإن شكله يتغير كدالة للحمل وعند الحمل المسمى بحدود الحمل المرن فإن تغير الشكل يدخل حالة التغير في الشكل غير المرن وإعادة توزيع الإجهادات المتوافقة مع علاقة الإجهاد والإنفعال غير المرن سوف تأخذ موقعها ولذلك وبزيادة الحمل تكون المادة واقعة ضمن التغير في الشكل اللدن وبالتالي فإن المنشأ يكون تحت تأثير الحمل اللدن وسوف يتغير شكله حتى مع عدم الزيادة في الحمل ويسمى الحمل اللدن بحمل السقوط اللدن.

2-4 التصميم الإنشائي Structural Design:

هو الأعمال التي تتطلب خبرة عملية طويلة حيث أن إختيار شكل المقطع المناسب ليس بسهل للمصممين حديثي العهد والتصميم الجيد يوازي ما بين المتانة والناحية الإقتصادية وذلك بإعداد عدة تصاميم آمنة يتم المفاضلة بينها من حيث التكلفة.

بناءً على معرفة السلوك الإنشائي للعناصر المختلفة للخرسانة المسلحة فإن هنالك طريقتان معروفتان عالمياً لتحليل وتصميم المنشآت الخرسانية وعناصرها المختلفة ، هما طريقة إجهادات التشغيل وطريقة المقاومة القصوى ولكل طريقة منهما الإيجابية والسلبية ومجالات وحدود لإستخدامها وتطبيقها الا أن الطريقة الأولى لم تعد تستخدم بكثرة حيث أثبتت الطريقة الثانية أنها الأفضل في تحقيق معاملات أمان واقعية وإمتازت بنتائجها المعقولة ، وتوجد عدة طرق لتصميمها ولكل من هذه الطرق خصائصها ومزاياها الخاصة نذكر من هذه الطرق ما يلي:

2-4-1 طريقة إجهادات التشغيل Working Stress Method:

وتسمى أيضا طريقة التحليل والتصميم المرن أو طريقة الإجهاد المسموح وفي هذه الطريقة تعتمد فرضية السلوك الخطي المرن في تحليل المنشآت وفرضية التناسب الخطي بين الإنفعالات والإجهادات ويتم التصميم بحيث لا تتعدى الإجهادات التي تحدثها الأحمال الخدمية والإجهادات المسموح بها.

في هذه الطريقة يكتفى بتقليل إجهادات التشغيل لكل من الخرسانة والحديد وذلك لضمان عدم وصول تلك المواد لحالتها القصوى من التحميل، مثلا خرسانة مقاومتها $250\ kg/cm^2$ يتم تخفيض هذه المقاومة إلى $95\ kg/cm^2$ (أي بمعامل أمان 2.6) وبالتالي يتم إستغلال 38% فقط من مقاومة الخرسانة وكذلك حديد التسليح إذا كانت له مقاومة $3600kg/cm^2$ تخفض الى $2000kg/cm^2$ (أي بمعامل أمان 1.8) وبالتالي يتم إستغلال 55% من مقاومة الحديد فقط.

ثم يتم التصميم بهذه الإجهادات لمقاومة الأحمال الفعلية المؤثرة على المنشأ. إلا أنه بمرور الوقت وإرتفاع أسعار مواد البناء وخامات التصنيع وجد أن هذه الطريقة مكلفة وغير مجدية ولا تقوم بالإستغلال الأمثل للمادة.

2-4-2 طريقة المقاومة القصوى (الحالة الحدية القصوى) Ultimate Limit State:

هذه الطريقة تعتمد على التنبؤ بالحمل الذي سوف يحدث إنهيار العضو الإنشائي حيث يتم تضخيم الحمولات بمعاملات أمان جزئية تعتمد على نوع الحمل وتواجده ودقة حسابه فيتم زيادة الحمل الميت بنسبة 40% عن قيمته الحقيقية وزيادة الحمل الحي بنسبة 60% حيث يتم تصميم المقطع لتحمل هذه الحمولات المصعدة وذلك لضمان عدم وصول الأحمال التشغيلية الى الحمولة التصميمية وفي نفس الوقت يتم تخفيض إجهادات الخرسانة والحديد أيضا بمعاملات أمان جزئية 1.5 في حالة الخرسانة و1.05 في حالة الحديد.

2-5 الأحمال Loads:

2-5-1 الأحمال المميزة:

هي الأحمال الحقيقية والتي يصمم المنشأ لحملها وتعتبر هذه الأحمال هي أقصى قيمة للأحمال ولا تزيد عن هذه القيمة مدة بقاء المنشأ وتقدر الأحمال المميزة بالتحليل الإحصائي.

2-5-1-1 الأحمال الميتة المميزة:

وهي أحمال ثابتة القيم خلال عمر المنشأ مثال لها الأوزان الذاتية للمواد (وزن الخرسانة ، وزن الطوب...) وهي الأحمال الناتجة من:

- الحمل الذاتي للمنشأ.
- حمل التشطيبات.
- حمل التركيبات.

- حمل الفواصل.

2-5-1-2 الأحمال الحية المميزة:

وهي الأحمال التي تتعرض لها الأبنية والمنشآت بحكم إستعمالاتها المختلفة أو إستعمالات أي جزء منها بما في ذلك الأحمال الموزعة والمركزة وأحمال الصدم والإهتزاز وأحمال القصور الذاتي وهي تشمل:

- أثقال الأشخاص مستعملي المنشأ.
- الأحمال الديناميكية كالأجهزة التي ينشأ عنها إهتزازات تؤثر على المنشأ.
- الأحمال الساكنة والتي يمكن تغيير أماكنها من وقت إلى آخر كالأثاث والأجهزة.
- جدران التقسيم غير محددة المواقع.

2-5-2 أحمال الرياح:

هي القوى التي تؤثر بها الرياح في إتجاه متعامد على الأسطح الرأسية أو الأفقية أو المائلة في المباني والمنشآت وتكون موجبة (ضغط) إذا كانت في اتجاه السطح وسالبة إذا كانت للخارج بعيد عن السطح (سحب).

والتصميم لمثل هذه الأحمال له أهمية كبيرة عندما يؤخذ في الإعتبار العلو أو الإرتفاع النسبي للمنشأ عن السطح كما في منشآت الصوامع والأبراج والمباني المتعددة الأدوار ومن تأثيرات الرياح التأثير الديناميكي على المنشأ حيث أن الإزاحات الجانبية التي تسببها الرياح تؤدي إلى تكرار حدوث إهتزاز المنشأ حتى ولو عند السرعات المنخفضة للرياح مما يتولد عن ذلك تزايد أو إنقلاب قيمة الإجهادات عن القيمة التصميمية في حالة إستخدام الحساب الإستاتيكي في معظم الأحيان.

3-5-2 أحمال الزلازل:

الزلازل عبارة عن حركة أفقية لطبقات الأرض، أحمال الزلازل لا تنطبق مباشرة على المنشآت وإنما تكون لمقاومة المنشآت لحركة الأرض أفقيا والتي ينتج عنها قوة أفقية عالية قد تصل في بعض

الأحيان الى (1/10) من وزن المنشأ وتنتج قوى قص وعزم إنحناء في المنشآت نتيجة التشكلات التي تنتج عن حركة المنشآت.

4-5-2 أحمال أخرى:

- الإجهادات الحرارية.
- الضغط الناتج من التربة (الضغط الجانبي).
- أحمال وزن وضغط السوائل والغازات.
- أحمال وزن مياه الأمطار والثلوج.

6-2 شروط الأمان:

إن توفير قابلية التحمل الإضافية المأخوذة بعين الإعتبار من قبل المصمم توفر الحماية اللازمة للمنشأ في حالة تسليط أحمال أكبر من تلك المأخوذة في التصميم ، وعلى سبيل المثال أثناء الإنشاء فإن بعض الأحمال الناتجة من التخزين الدائم من مواد الإنشاء قد تؤثر سلباً على بعض الأعضاء الإنشائية والتي بدورها تكون من الأحمال المسلطة عن أشغال المبنى أو قد يتم إستخدام بعض الآلات الثقيلة داخل المبنى والتي لم تؤخذ بعين الإعتبار أثناء التصميم وتتسبب في فرط التحميل لبعض الأعضاء الإنشائية ومن الجدير بالذكر أن المقاومة الإضافية توفر حماية للمنشأ في حالة ضعف السيطرة على مواد الإنشاء أثناء البناء مما يسبب أن تكون الأعضاء الإنشائية بمقاومة أقل من المقاومة التصميمية ، لذلك فإن كل الأعضاء الإنشائية أو المنشآت يجب أن تصمم لتتحمل أحمالاً أكثر مما يتوقع في الحالة الإعتيادية والسبب أن هناك العديد من العوامل تجعل المصمم يأخذ بعين الإعتبار الزيادة التي يمكن أن تحدث في الأحمال المفروضة في التصميم ويمكن تلخيص العوامل في الآتي:

- الأحمال الحقيقية ممكن أن تختلف عما أعتمد في التصميم.
- الأحمال الحقيقية ممكن أن تكون موزعة بطريقة تختلف عما أفترض في التصميم.

- الأحمال التي تسلط على المنشأ أثناء فترة إنشائه ، كمواد بناء أو قوالب الطوابق العلوية لا يمكن تقدير قيمتها أو أماكن تأثيرها بدقة.
- تغيير وظيفة جزء من أو كل المنشأ قد يغير تماماً مقدار الأحمال المفروضة في التصميم.
- الفرضيات والتبسيطات التي لابد من إتباعها عند تحليل المنشأ ممكن أن تعطي تأثيراً للأحمال الحقيقية يختلف تماماً عن التأثيرات الحقيقية.
- السلوك الإنشائي الحقيقي يمكن أن يختلف تماماً عما هو مفروض أثناء التحليل أو التصميم.

وعلى هذا الأساس أعتمدت كل بلدان العالم في مدونتها ما يسمى بمعامل الأمان للحمل والذي يكون عادة أكبر من (1.0) ، ويمثل نسبة الحمل الأقصى الى الحمل التشغيلي ويختلف هذا المعامل بإختلاف نوع الحمل (حياً أوميتاً) وقيمة هذه المعاملات تعتمد عادة على معلومات إحصائية وإلى حد كبير على الخبرة.

7-2 تراكيب الأحمال:

تصمم المباني والمنشآت أو أي جزء منها لمقاومة أكثر الحالات خطورة والناتجة عن تجميع الأحمال والقوى وتوزيعها وتأثيرها الفوري المشترك على كل مقطع في العناصر الإنشائية بما في ذلك الأحمال الميتة والأحمال الحية وقوى الزلازل ومدى وجود هذه الأحمال (جزئياً أو كلياً) ويؤخذ بالإعتبار عند التصميم عوامل الأمان الجزئية للأحمال والقوى ولجميع حالات الحدود بما في ذلك متطلبات الاستقرار.

جدول (2-3) يوضح تراكيب الأحمال بناء للكود البريطاني (BS 8110)

Number	Load Combination
1	U=1.4DL+1.6LL
2	U=1.4DL+1.4W
3	U=1.2DL+1.2LL+1.2W

- ✓ تستخدم المعادلة (1) في حالة تجاهل أحمال الرياح كذلك تستخدم لإيجاد أقصى ضغط محوري مسلط على الأعضاء الرأسية أيضا لإيجاد أقصى عزم موجب في وسط الأعضاء الأفقية.
- ✓ – تستخدم المعادلات (2) و (3) في حالة العناصر المعرضة لضغط الرياح وتستخدم هذه المعادلات لإيجاد أقصى عزم موجب وأقصى عزم سالب في الأعضاء الأفقية عند العقد وكذلك لإيجاد أقصى عزم في الأعضاء الرأسية.

حيث:

(DL): الأحمال الميتة للمنشأ.

(LL): الأحمال الحية للمنشأ.

(WL): أحمال الرياح المؤثرة على المنشأ.

8-2 الحالات الحدية:

1-8-2 الحالة الحدية القصوى Ultimate Limit State:

تتطلب أن تكون المنشأة قادرة على المقاومة بعامل كافي من الأمان ضد الإنهيار وذلك للأحمال التصميمية المطلوبة كما يجب أن تؤخذ إمكانية التحدب أو الإنقلاب في الإعتبار.

2-8-2 الحالة الحدية للإستخدام Serviceability Limit State:

كفاءة الجزء في المنشأ يجب الا تتأثر بالآتي:

A. الإنحراف (Deflection) .

B. التشقق (Cracking): الضرر المحلي الناتج من التشقق والتكسير يجب الا يؤثر على المظهر وكذلك كفاءة ومتانه المنشأ.

C. المتانة (Durability): يجب الأخذ في الإعتبار المتانة من حيث العمر الافتراضي للمنشأ.

D. حالات أخرى:

- الإهتزاز المفرط (Excessive Vibration).
- الإعياء والكلل (Fatigue).
- مقاومة الحريق (Fire Resistance).
- الظروف الخاصة (Special Circumstances).

9-2 متطلبات قابلية الإستخدام Serviceability Requirements:

هي العوامل التي تحدد صلاحية الإستخدام وتتضمن ما يتعلق بالإنحراف الزائد والذي يضر الأجزاء غير الحاملة للأحمال كالجدار أو القواطع أو ما يتعلق بالتشقق والذي يسمح للماء بالنفاذ لداخل الخرسانة مسبباً تأكسد الحديد وتلف الخرسانة مما يسبب في التأثير على تحمل العضو الانشائي بسبب ضعف الحديد على تحمل إجهاد الشد ولابد من الإشارة إلى أن حسابات الإنحراف والتشققات تتم على أساس الأحمال التشغيلية أي بدون إستخدام معاملات أمان.

2-9-1 الإنحراف Deflections:

هو التشوهات المرنة التي تحدث للعضو الإنشائي بإنزياح نقاط بإتجاه الأحمال المسلطة وبإزدياد هذا الإنحراف يؤدي إلى حدوث تشققات للعضو الإنشائي في جانب الشد مما يؤثر سلباً على خدمة المنشأ وهنالك ثلاث أنواع من الإنحرافات:

2-9-1-1 الإنحراف اللحظي Immediate Deflection:

هو الإنحراف الذي يتولد بعد تسليط الأحمال مباشرة وتعتمد قيمته على عده عوامل من أهمها:

- نوع ومقدار الأحمال التشغيلية.
- نوع مادة المقطع وخواصها الميكانيكية.
- خواص المقطع (أبعاد الشكل – عزم القصور الذاتي).
- طول البحر.
- نوع الإسناد.

ويمكن حساب هذا الإنحراف بإستخدام طرق التحليل المرن وذلك تحت تأثير الأحمال التشغيلية بإستخدام أحد الطرق المعروفة كالتكامل المزدوج ، عزوم المساحة الأولى، الشغل الإفتراضي.

2-9-1-2 الإنحراف الزمني (طويل المدى) Long Term Deflection:

يزيد الإنحراف في العناصر الخرسانية مع الزمن تحت تأثير الإنكماش والزحف الناتج بفعل الأحمال الدائمة والثابتة المؤثرة على المنشأ إلا أن معدل الزيادة يقل مع الزمن.

2-9-1-3 الإنحراف الكلي Total Deflection:

هو مجوع الإنحراف اللحظي وطويل المدى وللتحكم في الإنحراف فإننا نسعى دائما لتقليله بزيادة العمق وتحدد مواصفات أقل سماكة للأعضاء الإنشائية المختلفة للتحكم في الإنحراف والحصول على قيم الإنحراف في المدى المسموح به.

2-9-2 التشققات Cracks:

هي ظاهرة تمزق الخرسانة في الألياف المعرضة للشد وتكون هذه التشققات رأسية أو مائلة وتحدث نتيجة عن عزوم الإنحناءأو قوى القص أوالإلتواءأو أي قوة شد أخرى (إنكماش – تغيرات حرارية – الهبوط) ويكون التحكم في التشققات مهماً عند إستخدام حديد عالي المقاومة أكثر من $280\ Mpa$ في الأعضاء الخرسانية وذلك بسبب تكون تشققات كبيرة لأن الإجهادات المسموح بها تكون عالية أيضا ويكون التحكم إعتماداً على عرض التشققات المسموح بها فعندما تكون تشققات كثيرة وبعرض صغير

وناعم يكون أفضل من تكون تشققات عريضة حتى لو كانت قليلة ومن الممكن تصغير التشققات الثانوية وذلك عن طريق التحكم بما يلي:

- كمية عجينة الأسمنت الكلية.
- نسبة الماء الى الأسمنت.
- نفاذية الركام والخرسانة.
- معدل المعالجة.
- التماسك بين الحديد والخرسانة.
- توزيع حديد التسليح في المقطع.
- قطر حديد التسليح المستخدم.
- نسبة حديد التسليح.
- خواص مكونات الخرسانة.

10-2 الأنظمة الإنشائية Structural Systems:

في بداية القرن العشرين كانت الأنظمة الإنشائية للمباني تصمم بشكل أساسي لمقاومة القوى الرأسية (Gravity Loads)، ونظراً للقفزة الكبيرة بعد ذلك ، و التطور الذي شهده هذا المجال بإنتاج مواد إنشاء ذات مقاومات عالية ؛ إلى جانب إستخدام التقنيات الحاسوبية في النمذجة (Modeling) و تطور علم ديناميكا المنشآت و الطرق العددية ؛ والتحسن المستمر في طرق التصميم الإنشائي بالتزامن مع الحدث الأهم بإبتكار المصاعد الحديثة ، إضافة لتطور أساليب الإنشاء و إمكانية ضخ الخرسانة إلى إرتفاعات شاهقة كل ذلك مهد للتطور الذي حدث في مجال المباني العالية.

1-10-2 تصنيف الأنظمة الإنشائية Structural Systems Classification:

تطورت الأنظمة الإنشائية بشكل مستمر مع الزمن ، إبتداءً بنظام الإطار الصلب (Rigid Frame System) ، و تطورت لنظام البلاطات المسطحة (Flat Slabs System) ، لاحقاً أمكن

التطـاول لأعلـى بـإجراء بعـض التعـديلات علـى هـذا النظـام بإدخـال حـوائط القـص (Shear Walls) والأعمـدة الضـخمة (Mega Columns) والنـواة الضـخمة (Mega Core) ، والمـدادات الأفقيـة (Outrigger Frames) ، والأنظمة الأنبوبية (Tube System).

2-10-2 إختيار النظام الإنشائي Structural System Selection:

إن إختيار الجُمل الإنشائية الملائمة هو الأكثر أهمية عند التصميم لمقاومة الأحمال الجانبية (Lateral Loads) والأحمـال الرأسـية (Gravity Loads)، ولإتمـام ذلـك لابـد مـن التعـاون الوثيـق بـين الكـادر المعمـاري والإنشـائي منـذ وضـع الفكـرة الأولـى للمشـروع، إن التصـميم النـاجح يحتـاج لـتفهم عميـق لسـلوك المنشـأة (Structural Behavior)؛ حيـث يجـب التركيـز بعنايـة علـى كـل التفاصـيل الإنشـائية وغيـر الإنشائية وأي إهمال لها يمثل نقطة ضعف تشكل خطراً على المنشأ، كما يجب التعرف عن كثب على خواص المواد الإنشائية وغير الإنشائية.

بشكل عام يجب عمل دراسات إنشائية وافية للأحمال على المبنى وأهمها القوى الجانبية المتوقعة على المبنى، و التي تحقق الشروط التي تمليها المعاهد المختصة والتي ضُمنت في مدونات ومواصفات البناء المختلفة وذلك لتفادي الميلان الأفقي (Lateral Drift) أو الهبوط (Settlement) أو إنقلاب المبنى (Overturning) أو إنهياره بسبب عدم مقدرة عناصره الإنشائية على مقاومة القوى الجانبية؛ كما يجب عمل إختبارات ودراسات أولية جيولوجية سزمية وميكانيكية لتربة الموقع، كل ما سبق يُعطي معلومات كافية للمهندس تساعده في إختيار النظام الإنشائي الأمثل إقتصادياً و إنشائياً.

2-10-2-1 العوامل المؤثرة في إختيار النظام الإنشائي:

A. إرتفاع البناء وعدد الطوابق الإجمالية.
B. المسقط المعماري وإستخدام المبنى.
C. أنواع الحمولات و أحجامها.
D. طبيعة طبقات التربة.

E. البعد البيئي والثقافي للمنطقة الجغرافية.

F. المواد المتوفرة للتشييد.

خلال السنوات الماضية أجريت عدة دراسات بهدف تحديد النظام الإنشائي الأمثل من الناحية الفنية و الإقتصادية، جدول (4.2) أدناه يبين عدد الطوابق التي يمكن بناؤها حسب النظام الإنشائي.

جدول(2-4) عدد الطوابق المناسب حسب نوع النظام الإنشائي

Tall building structural systems, and tentatively the number of floors they can reach efficiently and economically	*10*	*20*	*30*	*40*	*>40*
Rigid frame systems	■	■	■		
Flat plate/slab systems with columns and/or shear walls	■	■	■		
Core systems	■	■			
Shear wall systems	■	■	■	■	
Shear-frame systems (shear trussed / braced frame and shear walled frame systems)	■	■	■	■	■
Mega column (mega frame, space truss) systems	■	■	■	■	■
Mega core systems	■	■	■	■	■
Outriggered frame systems	■	■	■	■	■
Tube systems	■	■	■	■	■

2-11 نبذة عن البرامج الهندسية المستخدمة:

2-11-1 برنامج الإيتابس ETABS:

(Extended 3D (Three – Dimensional) Analysis of Building Systems)

هو برنامج يستند إلى نظرية العناصر المحددة في تحليل العناصر الإنشائية وهي من أدق الطرق حيث تحتاج لتكوين مصفوفات بالغة التعقد الا أن ظهور أجهزه الحاسوب بقدرتها الكبيرة في معالجة البيانات جعل استخدامها ممكناً.

والبرنامج من انتاج شركة (CSI) وهو متخصص في دراسة وتحليل المنشآت العالية وتصميم العناصر الإنشائية المكونة للنظام الإنشائي.

ومن مميزات البرنامج:

- ذو أهداف محدده فهو يصمم المباني الهيكلية والأبراج بشكل خاص.

- سهولة إجراء النمذجه والتعديل.
- تتوفر فيه معظم المدونات العالمية.

2-11-2 برنامج السيف SAFE:

(Slab Analysis by the Finite Element Method)

هو برنامج متخصص في تصميم البلاطات واللبشة والأساسات بجميع أنواعها لما فيها من إمكانيات تتوافق مع العناصر السطحية أو المسطحة لذا فإن نتائجه تفضل في حاله البلاطات لما له من تخصص في ذلك المجال.

2-11-3 برنامج الإكسل Excel:

هو أحد البرامج المتوفرة ضمن حزمة أوفيس مخصص لعمل الجداول وقواعد البيانات وترتيبها وتخزينها وكذلك عمل العمليات الحسابية عليها وهو عبارة عن أوراق افتراضية يمكن إضافة معادلات حسابية عليها حيث يقوم البرنامج بالعمليات الحسابية بشكل آلي وفي نفس الوقت يقوم بتخزين البيانات والنتائج بحيث يمكن الرجوع اليها وتعديلها بسهولة أو طبعها متى ما إقتضى الحاجة اليها.

الفصل الثالث

التحليل الإنشائي

الفصل الثالث

3- التحليل الإنشائي

3-1 موقع المشروع:

يقع المشروع في أراضي جامعة الشيخ عبد الله البدري ببربر – ولاية نهر النيل والذي يقع على الضفة الشرقية لنهر النيل

شكل (3-1) يوضح موقع المبنى الإداري لجامعة الشيخ عبد الله البدري

3-2 طبيعة المشروع Project Aspect:

يتكون المشروع من سبعة طوابق بالإضافة للأرضي به كافة المكاتب الإدارية ومستلزماتها بجامعة الشيخ عبد الله البدري.

3-3 فرضيات التحليل Assumptions of Analysis :

3-3-1 النظام الإنشائي Structural System:

على ضوء الفراغات المعمارية وإرتفاع المبنى وعدد الطوابق والإستخدامية، تم إقتراح النظام الإنشائي الآتي:

3-3-1-1 البلاطات Slabs:

تم إختيار نوع البلاطات مسطحة بدون تيجان أعمدة وبسقوط لكل أدوار المبنى وذلك للأسباب التالية:

- ✓ نظراً لتقسيمات الأدوار المختلفة.
- ✓ توقعاً للتقسيمات المستقبلية المختلفة.
- ✓ لسهولة وسرعة التنفيذ والإنشاء.

وتم فرض سمك مبدئي للبلاطة يساوي $250\ mm$ على أن يتم التحقق من ملائمته لمقاومة القص والإنحناء عن التصميم.

3-3-1-2 العارضات Beams:

تم وضع عارضات على جزء من المحيط الخارجي للمبنى وبعض أجزاء المبنى الداخلية لزيادة جساءته ومنعاً لإنبعاج الأعمدة، تم فرض عمق مبدئي للعارضة الأولى يساوى $600\ mm$ وبعرض يساوى $300\ mm$ ، بالإضافة الى عارضة أخرى بعمق $600\ mm$ وبعرض $200\ mm$.على أن يتم التحقق من ملائمة هذه الابعاد لمقاومة القص والإنحناء لاحقا عند التصميم.

3-3-1-3 الأعمدة Columns:

تم وضع الأعمدة في أماكنها بما يتناسب مع حوائط وقواطع المبنى، وللتحليل بإستخدام البرامج الهندسية فقد تم إفتراض أبعاد مختلفة مبدئية للأعمدة على أن يعاد التحليل لاحقا بعد إتمام عملية التصميم وتحديد أبعاد الأعمدة المطلوبة لمقاومة الأحمال وعمل التعديلات اللازمة لضمان سلامة التصميم.

يوضح الجدول التالي أبعاد الأعمدة داخل المبنى:

جدول (3-1) يوضح الأبعاد المبدئية للأعمدة

Name	B(mm)	L(mm)	D(mm)
C1	300	500	-
C2	-	-	**450**
C3	300	600	-
C4	300	800	-
C5	300	900	-
C6	400	800	-
C7	-	-	**800**
C8	400	1200	-

3-3-1-4 السلالم Stairs:

وفقاً للموصفات الخاصة بالمباني الإدارية فقد أخذت أبعاد الدرجة الواحدة going للنائمة (30cm) و (15cm) للقائمة rise ، وقد تم إفتراض سمك بلاطة السلم 22 cm.

3-3-2 الإعتبارات الأخرى Other Assumptions:

- ✓ إرتفاع الدور الأرضي =4m.
- ✓ إرتفاع الأدوار المتكررة = 3.5m.
- ✓ سماكة الجدران= 0.25m.
- ✓ تأثير الرياح مأخوذ في الإعتبار والزلازل مهمل.

4-3 حساب الأحمال Loads Estimating:

1-4-3 الأحمال الميتة Dead Loads:

- الوزن الذاتى : يتم حسابه بواسطة البرنامج (ETABS) وذالك بدلالة الكثافة الوزنية للخرسانة حيث تم إعتبار كثافة الخرسانة مساوية ل $24\,kN/m^3$.
- بالنسبة لأحمال الحوائط فهي عبارة عن وزن الحائط لكل وحدة طول وقد تم حسابها كمايلي باعتبار كثافة الطوب مساوية ل $10\,kN/m^3$:

- للطابق الأرضي :

Wall Load = 0.2×10×4=8 kN/m

- للطوابق المتكررة :

Wall Load = 0.2×10×3.5 =7 kN/m

- أحمال التشطيبات :

جدول (3-2) يوضح أحمال التشطيبات

البند	السمك (m)	الكثافة الوزنية (kN/m^3)	الحمل (kN/m^2)
بورسلين	0.01	25	0.25
مونة تثبيت	0.05	18	0.9
مونة السقف	0.04	22	0.88
الديكور	–	–	0.50
الإجمالي			2.53 ≈ 2.50

- الحمل الميت للسلالم :

Stairs = 4.5 kN/m^2

3-4-2 الأحمال الحية Live Loads :

تم أخذ الحمل الحي لبلاطات الأدوار $2.5\ kN/m^2$ ولبلاطات السلم تم أخذها $4\ kN/m^2$.

3-4-3 أحمال الرياح Wind Loads:

وتحسب حسب توصيات المدونة البريطانية (BS 6399-Part 2-1995) بالطريقة المعيارية (Standard Method).

$$V_s = V_b \times S_a \times S_d \times S_s \times S_p$$

أُخذت سرعة الرياح الأساسية لمدينة بربر (45 m/s) و المأخوذة عن عاصفة تهب لمدة ثلاث ثواني إلى سرعة أساسية ساعية متوسطة تعادل (30 m/s) و بذلك يمكن استخدامها في معادلات الكود (BS 6399-Part 2-1995).

$$V_{3sec}/V_{3600} = 1.53$$

$$V_{3600} = V_{3sec}/1.53 = \frac{45}{1.53} \approx 30\ m/s$$

$$V_b = 30\ m/s$$

$S_a = 1 + 0.001(345) = 1.345$

$S_d = 1.0$

$S_s = 1.0$

$S_p = 1.0$

$$\therefore V_s = 30 \times 1.345 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 = 40.35\ m/s$$

و بذلك يمكن حساب السرعة الفعالة أو المؤثرة كالآتي :

$$V_e = V_s \times S_b$$

و بتقدير قيمة ($S_b = 2.05$) نجد أن :

$$V_e = 40.35 \times 2.05 \approx 83\ m/s$$

وهنالك معاملات أخرى :

عامل تأثير الحجم (C_a) و يؤخذ من (Fig 4) من (BS 6399-Part 2-1995) و قدربقيمة (0.82).

عامل الزيادة الديناميكي (C_r) و يؤخذ من (Fig 3) من الكود البريطاني لأحمال الرياح (BS 6399-Part 2-1995) و قدر بقيمة (0.03).

معاملات الضغط الخارجي و هي موجودة في (Table 5) من الكود البريطاني لأحمال الرياح (BS 6399-Part 2-1995) وقدرت كالآتي :

معامل وجه الرياح (Front Coefficient) و أخذ بقيمة (0.8).

معامل عقب الرياح (Rear Coefficient) و أخذ بقيمة (0.3).

الجدول (3-3) يوضح ملخص لمعاملات الرياح وهي تمثل مدخلات برنامج (ETABS)

Load Case	$V_e(m/s)$	C_a	C_r	Direction Angle
W_x	83.0	0.82	0.03	0

W_y	83.0	0.82	0.03	90

3-5 حالات التحميل Load Cases:

جدول (3-4) يوضح حالات التحميل

Name	Type
Dead	Linear Static
Live	Linear Static
Wind	Linear Static

3-6 تراكيب الأحمال Load Combination:

جدول (3-5) يوضح تراكيب الأحمال

Name	Load Case/Combo	Scale Factor
DCon1	Dead	1.4
DCon2	Dead	1.4
	Live	1.6
DCon3	Dead	1.2
	Live	1.2
	Wind	1.2
DCon4	Dead	1.2
	Live	1.2
	Wind	-1.2
DCon5	Dead	1.4
	Wind	1.4
DCon6	Dead	1.4

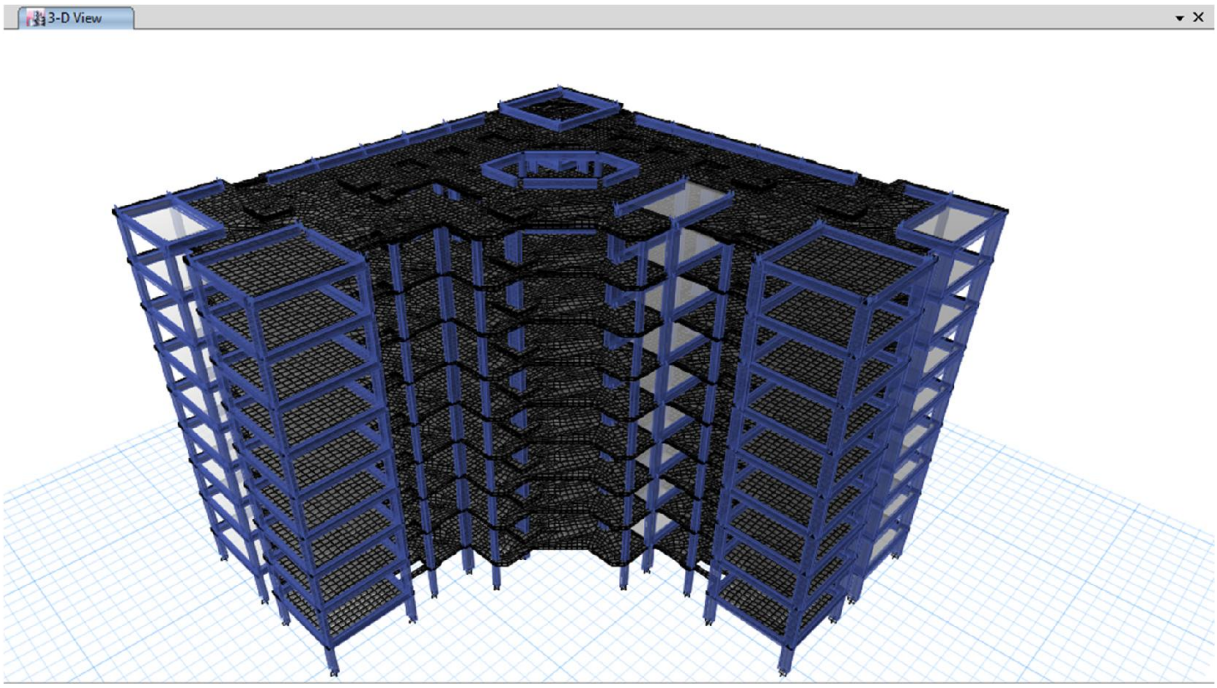
	Wind	-1.4
DCon7	Dead	1
	Wind	1.4
DCon8	Dead	1
	Wind	-1.4

7-3 الوحدات المستخدمة Units in Use:

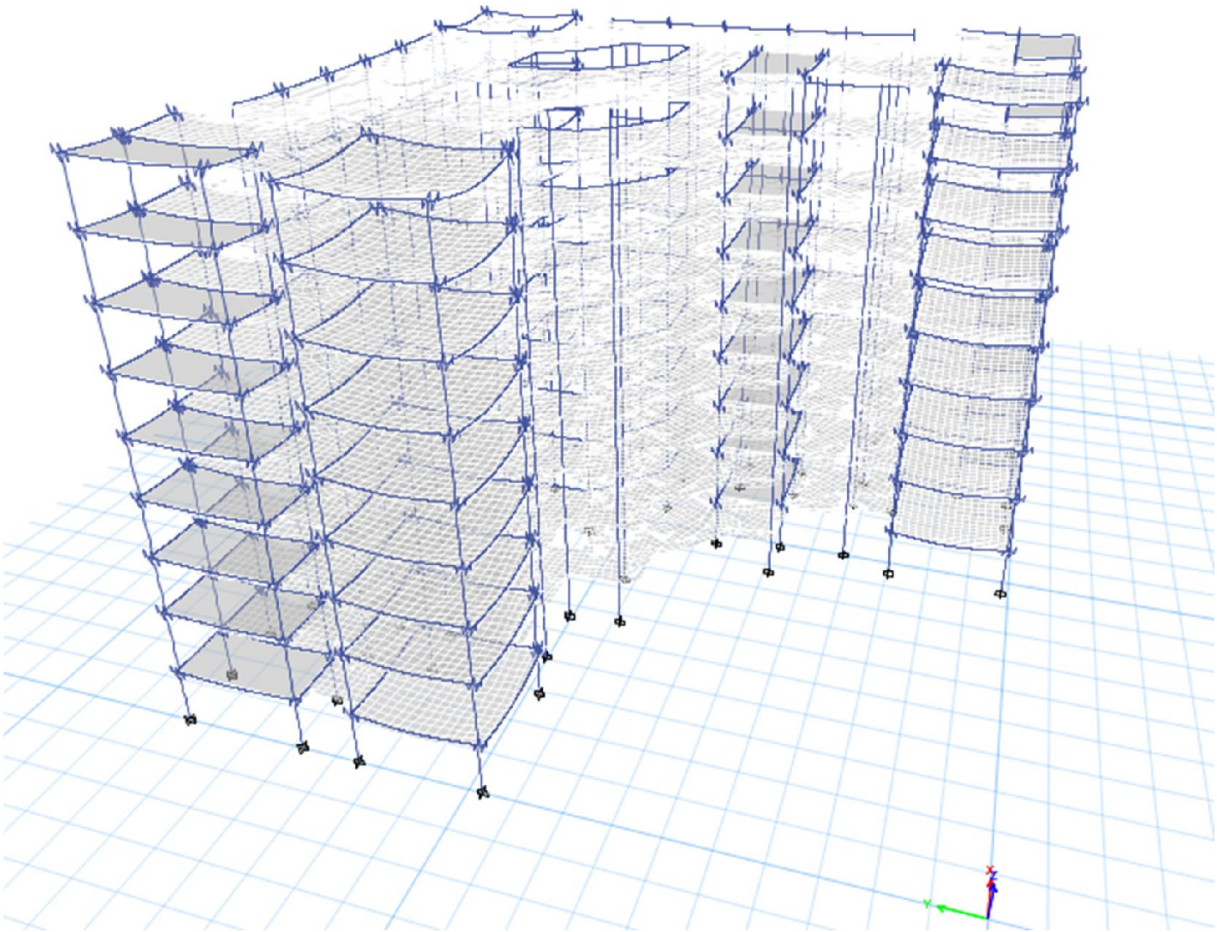
وحدات النظام العالمي (SI).

8-3 تحليل المشروع Project Analysis:

تم رسم ونمذجة المشروع في برنامج الأتوكاد وبعد ذلك تم تصديره إلى برنامج الإيتابس الذى اظهر النموذج كما فى الشكل التالي:



الشكل (3-2) يوضح نموذج ثلاثي الأبعاد للمبنى في برنامج الإيتابس



الشكل (3-3) يوضح تشوهات المبنى في برنامج ETABS بعد التحليل

3-8-1 تحليل البلاطة Slab Analysis:

تم تحليل البلاطة بإستخدام برنامج ال (SAFE) وأدخلت المعلومات التالية للتحليل:

$D.L = 5.5\ KN$, $Fire\ Resistance = 1.5\ Hrs$ (BS 8110)

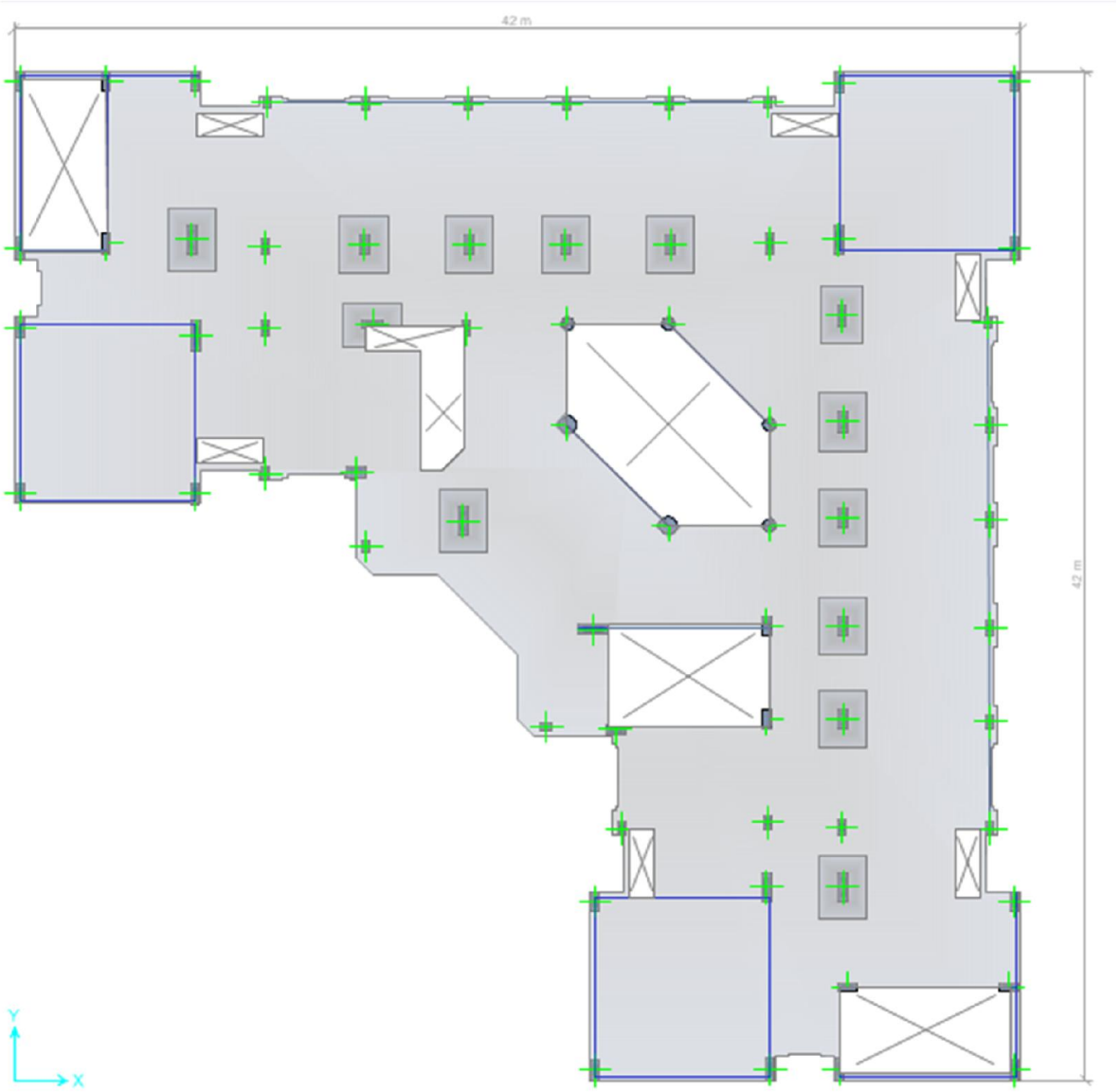
$L.L = 2.5\ KN$

$H = 300\ mm$

$Cover = 25\ mm$

$f_{cu} = 30\ N/mm^2$

$f_y = 460\ N/mm^2$



الشكل (3-4) يوضح مسقط رأسي لبلاطة المبنى.

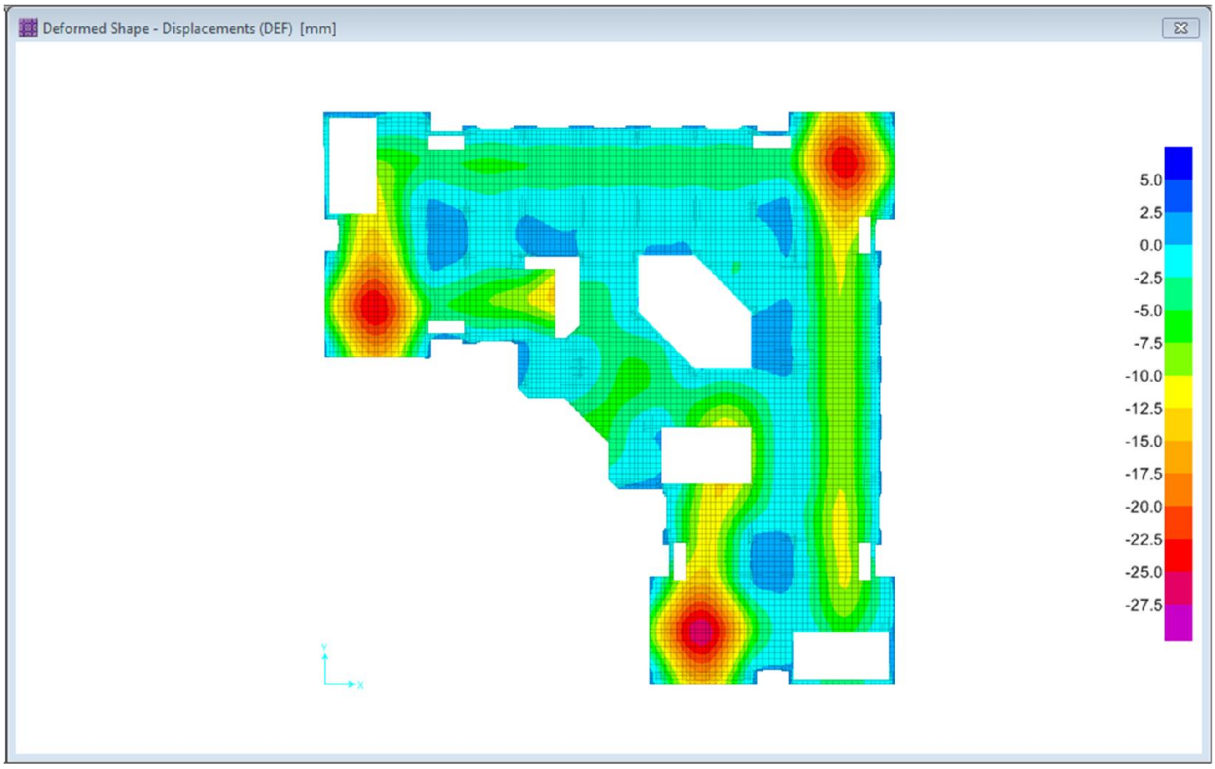
3-1-8-1 الإنحراف Deflection:

يحدث الإنحراف نتيجة لتأثير الزحف والإنكماش و نتيجة للأحمال المؤثرة، تم تحميل البلاطة بهذه الأحمال في برنامج SAFE ، ومن المدونة البريطانية BS8110-2 الفقرة 3.2.1.2 وجد أن أقصى إنحراف مسموح في البلاطة $(28\ mm)$ ، من المعادلة أدناه :

$$Allowable\ Deflection = \frac{L}{250} = \frac{7000}{250} = 28\ mm$$

L ≡ أكبر بحر في البلاطة.

من الشكل التالي (3-4) وجد أن أقصى إنحراف معرضة له البلاطة هو $(26.7\ mm)$ ، و لم يتجاوز الإنحراف المسموح به .



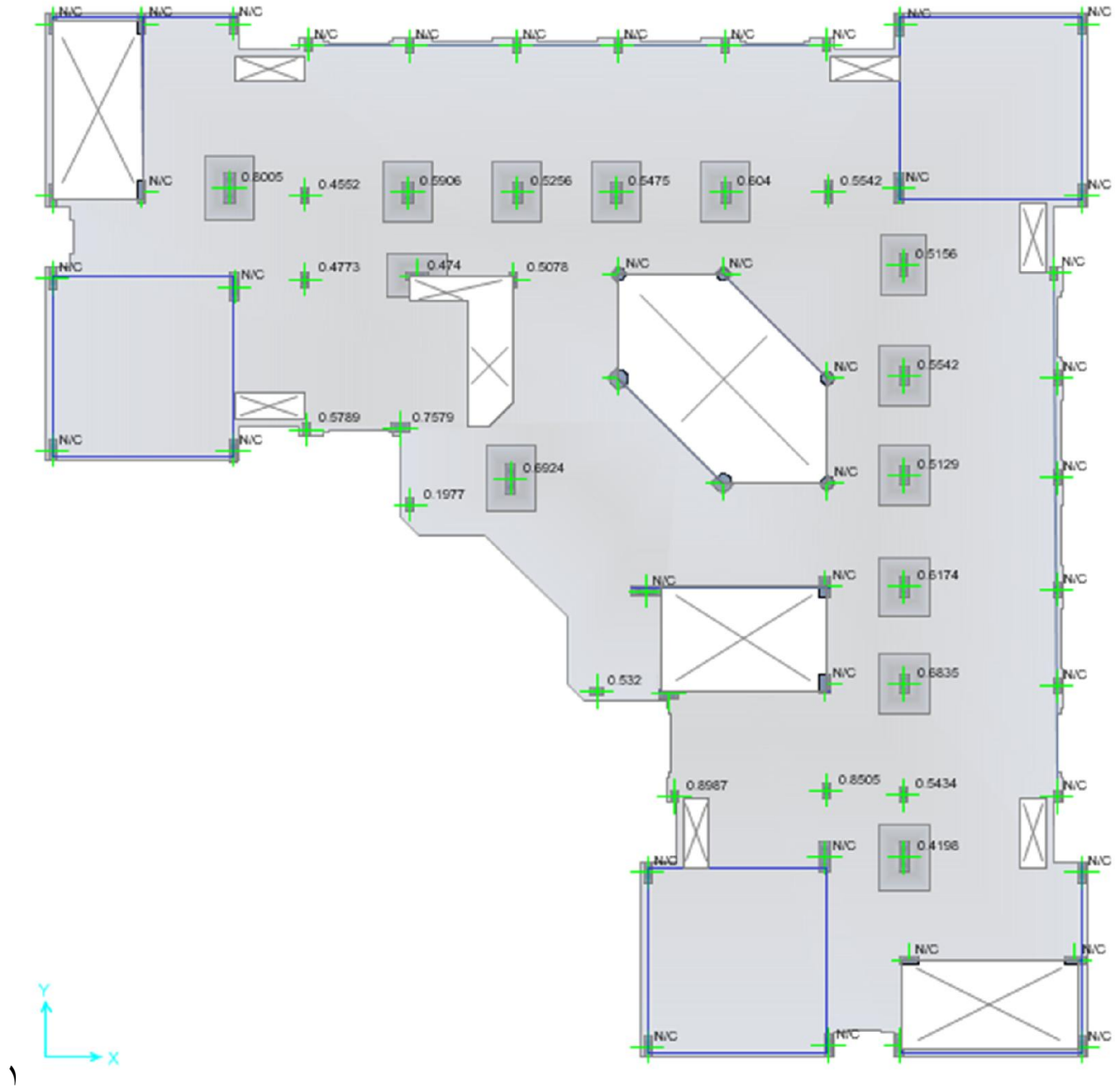
الشكل (3-5) يوضح نتائج الإنحراف في البلاطة.

3-8-1-2 القص الثاقب Punching Shear:

لإختبار القص الثاقب إستخدم برنامج ال (SAFE) وبرمجياً يعطى مؤشرات القص الثاقب و(1) يمثل القيمة القصوى لإختبار القص الثاقب .

و يحسب من المعادلة :

$$Punch\ ratio = \frac{axial\ load}{column\ capacity}$$



١

الشكل (3-6) يوضح نتائج القص الثاقب في البلاطة.

الشكل (3-5) يوضح نسبة الثقب لكل عمود ، يوضح عدم تجاوز أي من الأعمدة النسبة المسموح بها للثقب (1)، توجد أعمدة لم يتم حساب نسبة الثقب لها (Not Calculated) (N/C) نسبة لوجود العارضات (Beams).

النموذج التالي يوضح بيانات التحليل للقص الثاقب لعمود في البلاطة بواسطة برنامج SAFE:

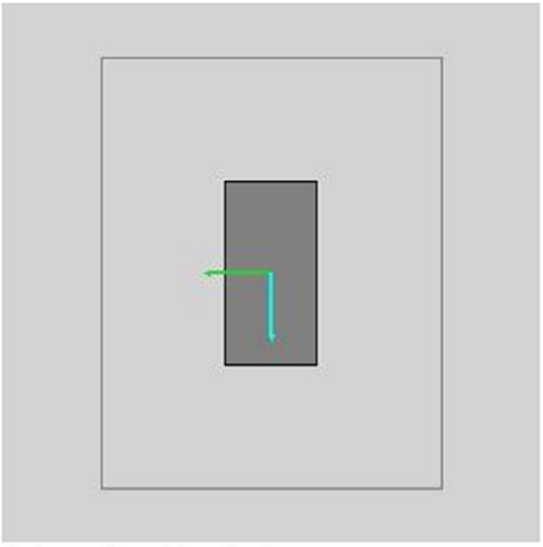
BS 8110-1997 Punching Shear Check & Design

Geometric Properties

Combination = DCONU2
Point Label = 76
Column Shape = Rectangular
Column Location = Interior
Global X-Coordinate = 31.45 m
Global Y-Coordinate = 10.7 m

Column Punching Check

Avg. Eff. Slab Thickness = 268 mm
Eff. Punching Perimeter = 5016 mm
Cover = 32 mm
Conc. Comp. Strength = 30 N/mm2
Reinforcement Ratio = 0.0000
Section Width x-22 = 1104 mm
Section Width x-33 = 1404 mm
Gamma_v2 = 0.429162
Gamma_v3 = 0.37153
Moment Mu2 = -157.7433 kN-m
Moment Mu3= -77.0282 kN-m
Shear Force = 358.99 kN
Unbalanced Moment Mu2 = -67.6974 kN-m
Unbalanced Moment Mu3= -28.6183 kN-m



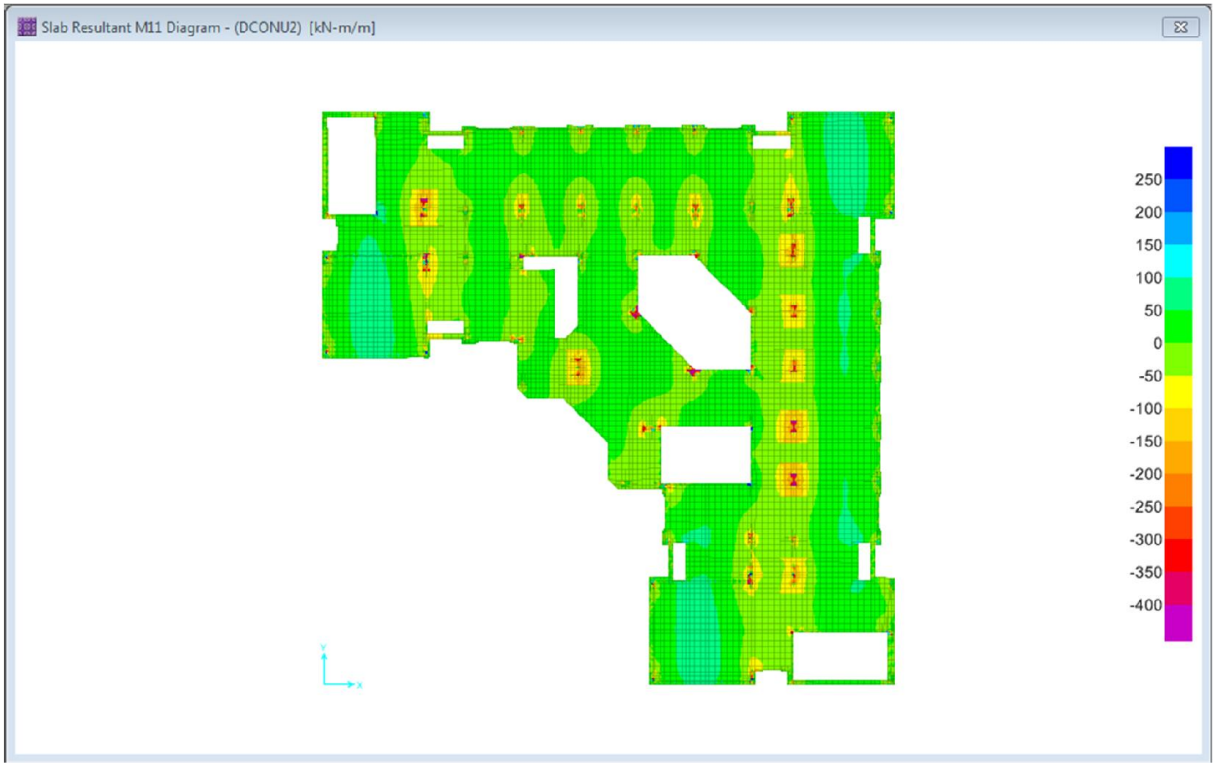
Column Punching Perimeter

الشكل (3-7) يوضح نتائج تحليل عمود للقص الثاقب.

3-1-8-3 العزوم على البلاطة:

تم إستخراج العزوم الواقعة على البلاطة في حالة تحميل [U=1.4DL+1.6LL]

- العزوم في إتجاه المحور (x-x) للبلاطة:



الشكل (3-8) يوضح نتائج تحليل العزوم في إتجاه المحور(x-x).

- العزوم في إتجاه **(y-y)** للبلاطة:

الشكل (3-9) يوضح نتائج تحليل العزوم في إتجاه (y-y).

3-8-2 تحليل الأعمدة Columns Analysis:

نظراً لكثرة الأعمدة في الأدوار المختلفة تم توضيح نموذج للنتائج ، بعد إتمام عملية التحليل والتأكد من سلامة النتائج كانت نتائج التحليل كما يلي :

الجدول (3-6) يوضح نموذج نتائج تحليل لعمود

TABLE(6-3): Concrete Column PMM Envelope							
Label	**Story**	**Location**	**P**	**M Major**	**M Minor**	**PMM Combo**	**PMM Ratio or Rebar %**
			kN	kN-m	kN-m		
C39	7	Top	151.2999	12.5193	-29.9205	UDCon8	0.40%
C39	7	Bottom	166.4199	-10.4888	21.7736	UDCon8	0.40%
C39	6	Top	330.1908	16.217	-20.5053	UDCon8	0.40%

C39	6	Bottom	345.3108	-16.2639	21.3328	UDCon8	0.40%
C39	5	Top	505.8533	23.5147	-25.2554	UDCon8	0.40%
C39	5	Bottom	520.9733	-23.0188	24.2138	UDCon8	0.40%
C39	4	Top	680.7003	30.3735	-27.2915	UDCon8	0.40%
C39	4	Bottom	695.8203	-29.9359	26.571	UDCon8	0.40%
C39	3	Top	854.7662	37.3993	-29.8052	UDCon8	0.40%
C39	3	Bottom	869.8862	-36.961	28.9997	UDCon8	0.40%
C39	2	Top	1028.4	44.474	-32.1441	UDCon8	0.40%
C39	2	Bottom	1043.52	-43.9204	31.2823	UDCon8	0.40%
C39	1	Top	1201.737	52.3496	-34.5445	UDCon8	0.40%
C39	1	Bottom	1216.857	-52.2686	34.773	UDCon8	0.40%
C39	GR.FLOOR	Top	2316.809	70.3752	-58.5844	UDCon2	0.88%
C39	GR.FLOOR	Bottom	2341.001	-73.8986	60.8549	UDCon2	0.98%
C39	SUSPENDED FLOOR	Top	2620.733	49.8409	-52.4147	UDCon2	1%
C39	SUSPENDED FLOOR	Bottom	2638.877	-39.5832	19.9041	UDCon2	0.84%

3-8-3 تحليل العارضات Beams Analysis :

تم أخذ نموذج من العارضات لعرض نتائج تحليلها.

الجدول (3-7) يوضح نموذج نتائج تحليل لعارضة

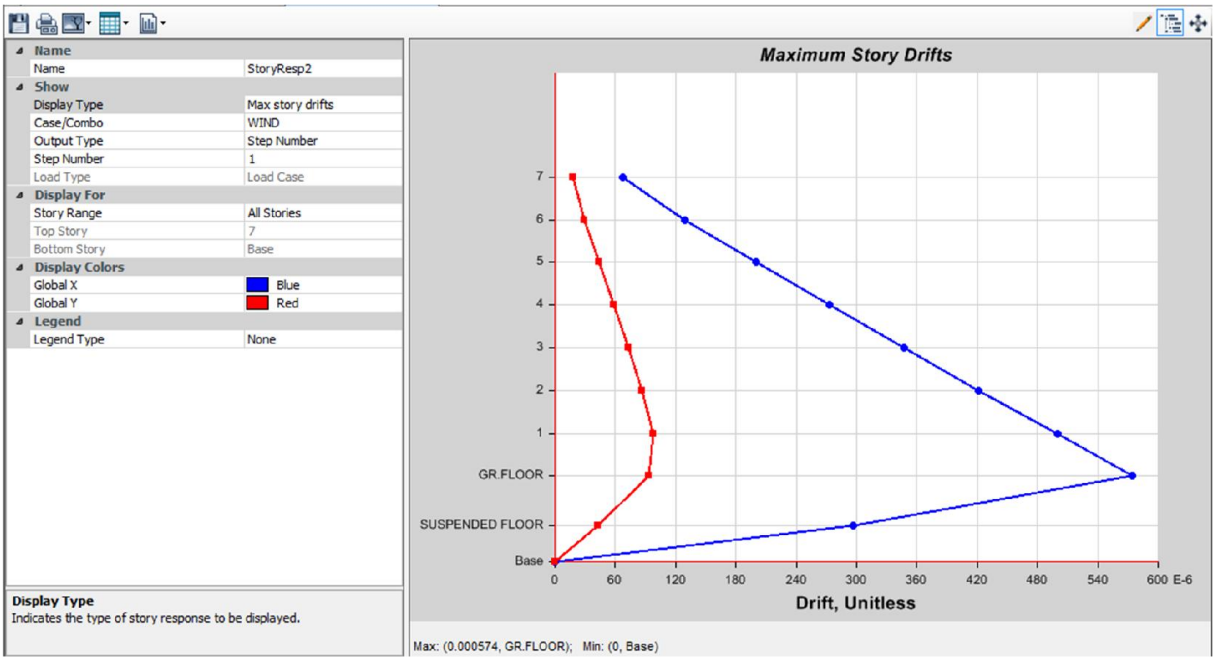
TABLE(7-3): Beam Forces						
Story	Beam	Load Case/Combo	Station	V2	T	M3
			m	kN	kN-m	kN-m
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0	5.9109	-24.3039	-90.9095
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.1521	8.6937	-24.3039	-92.02
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.1521	-29.1723	-24.3169	-91.7972
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.2406	-27.5534	-24.3169	-89.2879
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.2406	-15.3027	-24.3698	-71.1409
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.4767	-10.9823	-24.3698	-68.0378
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.4767	-95.4542	-25.5216	-47.2829
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.9533	-86.7322	-25.5216	-3.8618
GR.FLOOR	B1	UDCon2	0.9533	-78.8579	-14.9916	10.9592
GR.FLOOR	B1	UDCon2	1.43	-70.1358	-14.9916	46.4694

GR.FLOOR	B1	UDCon2	1.43	-60.845	-8.3782	57.8317
GR.FLOOR	B1	UDCon2	1.9067	-52.123	-8.3782	84.7557
GR.FLOOR	B1	UDCon2	1.9067	-44.8425	-4.7064	93.1833
GR.FLOOR	B1	UDCon2	2.3833	-36.1205	-4.7064	112.4795
GR.FLOOR	B1	UDCon2	2.3833	-29.5254	-2.6984	118.1871
GR.FLOOR	B1	UDCon2	2.86	-20.8034	-2.6984	130.1821
GR.FLOOR	B1	UDCon2	2.86	-14.7268	-1.6361	133.2617
GR.FLOOR	B1	UDCon2	3.3367	-6.0048	-1.6361	138.2027
GR.FLOOR	B1	UDCon2	3.3367	-0.2537	-1.0172	138.6762
GR.FLOOR	B1	UDCon2	3.8133	8.4684	-1.0172	136.7184
GR.FLOOR	B1	UDCon2	3.8133	14.0728	-0.4243	134.5581
GR.FLOOR	B1	UDCon2	4.29	22.7949	-0.4243	125.7713
GR.FLOOR	B1	UDCon2	4.29	28.4423	0.5676	120.9055
GR.FLOOR	B1	UDCon2	4.7667	37.1643	0.5676	105.2692
GR.FLOOR	B1	UDCon2	4.7667	43.0469	2.4738	97.5795
GR.FLOOR	B1	UDCon2	5.2433	51.7689	2.4738	74.9817
GR.FLOOR	B1	UDCon2	5.2433	58.1684	6.0883	64.2774
GR.FLOOR	B1	UDCon2	5.72	66.8904	6.0883	34.4717
GR.FLOOR	B1	UDCon2	5.72	73.7485	12.6604	20.4905
GR.FLOOR	B1	UDCon2	6.1967	82.4706	12.6604	-16.7417
GR.FLOOR	B1	UDCon2	6.1967	103.5717	25.4298	-33.9072
GR.FLOOR	B1	UDCon2	6.6733	112.2938	25.4298	-85.3552
GR.FLOOR	B1	UDCon2	6.6733	116.5526	41.4904	-101.7082
GR.FLOOR	B1	UDCon2	7.15	125.2747	41.4904	-159.3437
GR.FLOOR	B1	UDCon2	7.15	-45.1259	21.6762	-154.8356
GR.FLOOR	B1	UDCon2	7.25	-43.2961	21.6762	-150.4145

4-8-3 أقصى إزاحة جانبية

للطوابق:

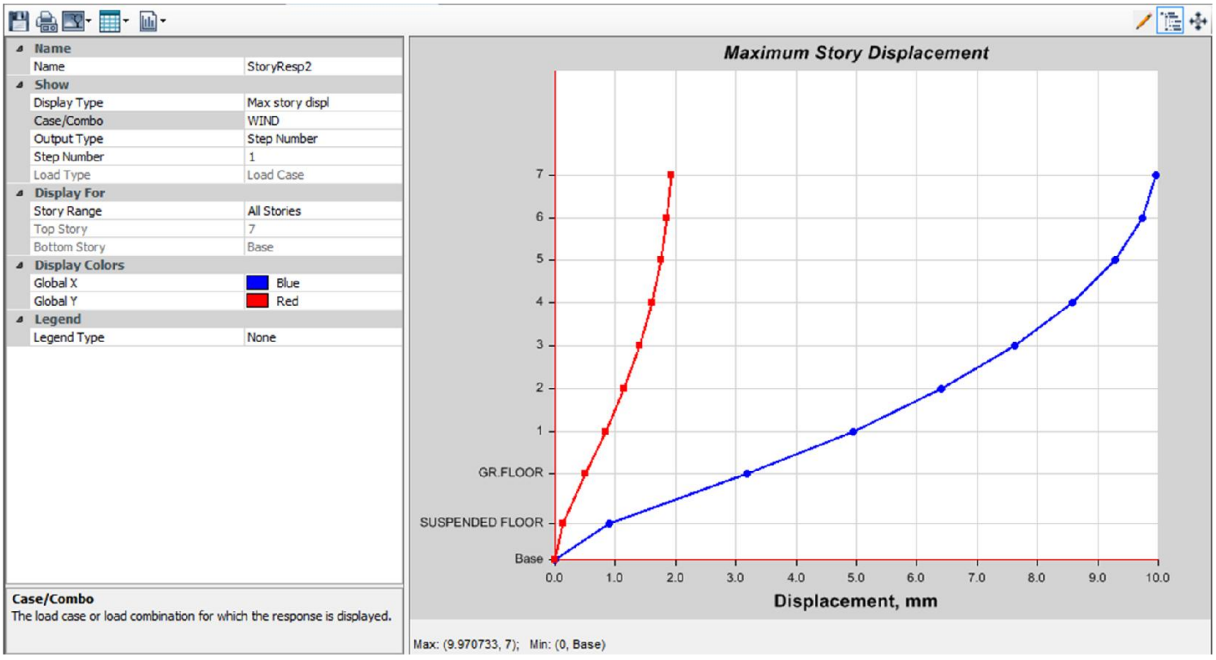
إن إختبار الإزاحة الجانبية (Lateral drift) يعطى مؤشراً عن كفاية عناصر مقاومة القوى الأفقية للمبنى، حيث أن إزاحة المبنى تتناسب عكسياً مع جساءته الجانبية (Lateral stiffness). ووفقاً للمدونة BS8110-2-1997 ، وجد أن أقصى إزاحة نسبية مسموح بها لكل طابق (0.002).



الشكل (3-10) يوضح نتائج تحليل الإزاحة الجانبية للطوابق.

3-8-5 أقصى إزاحة للمبنى:

يوضح الشكل التالي الإزاحة للمبنى ، ومن المدونة BS8110-2-1997 ، وجد أن أقصى إزاحة نسبية للطوابق تكون 62 mm .



الشكل (3-11) يوضح نتائج تحليل الإزاحة للمبنى.

الفصل الرابع

التصميم الإنشائي

الفصل الرابع

4- التصميم

بعد تحليل المشروع والحصول على نتائج القوى والعزوم على البلاطات والعارضات وردود الأفعال على الأعمدة تم تصميم الأعضاء الإنشائية.

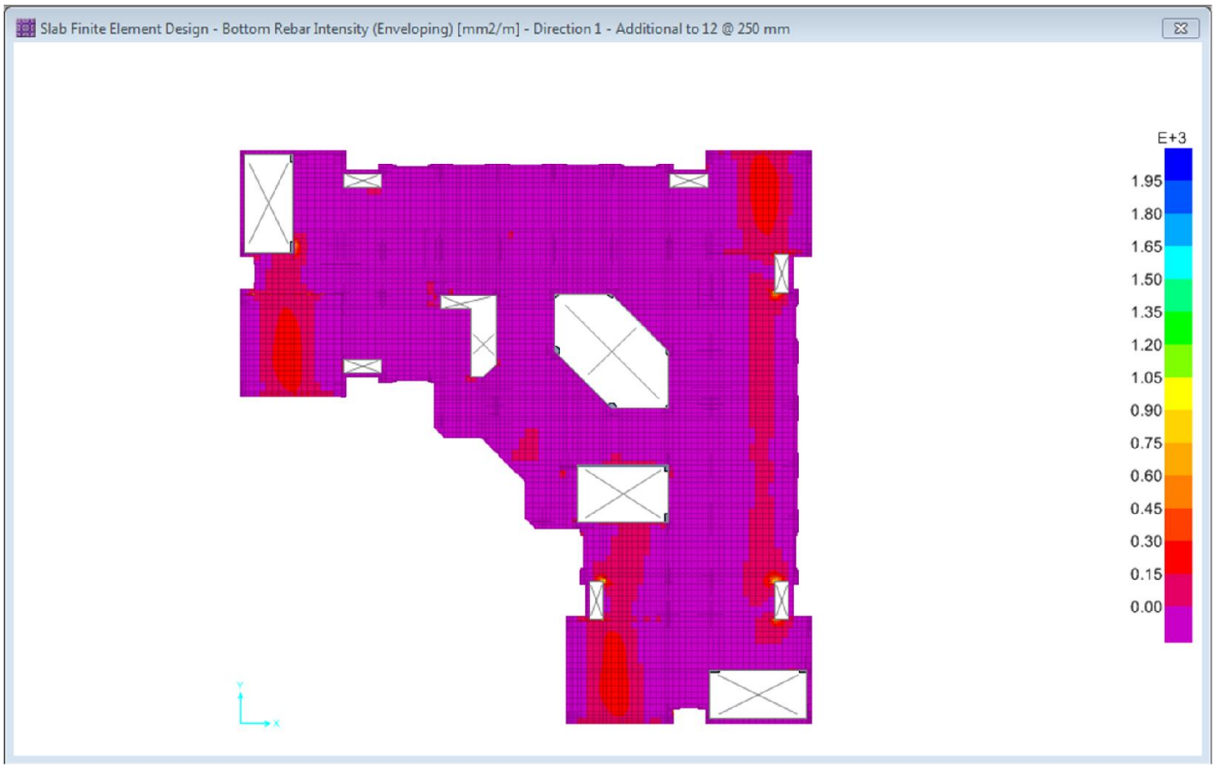
4-1 تصميم البلاطة Slab Design:

تم تصميم البلاطات بواسطة برنامج السيف بناءً على نتائج التحليل وتم الحصول على نتائج التصميم.

4-1-1 التسليح السفلي للبلاطة:

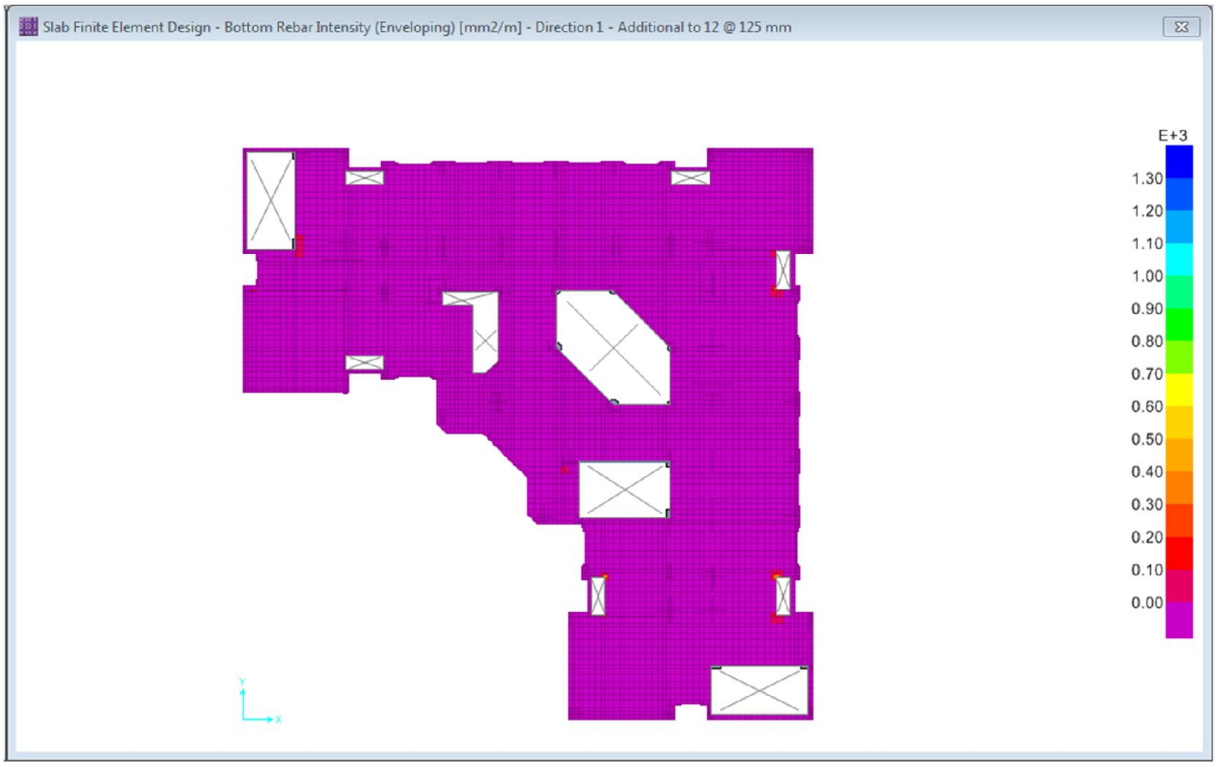
شبكة حديد التسليح فى الاسفل فى إتجاه (x-x):

تم استخدام حديد تسليح $(T12@250mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه:



شكل (4-1) يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (x-x).

ووجد أن بعض المناطق تحتاج الى حديد تسليح إضافى فى إتجاه (x-x) تم إضافة حديد تسليح ($T12@125mm\ C/C$) كما في الشكل أدناه:



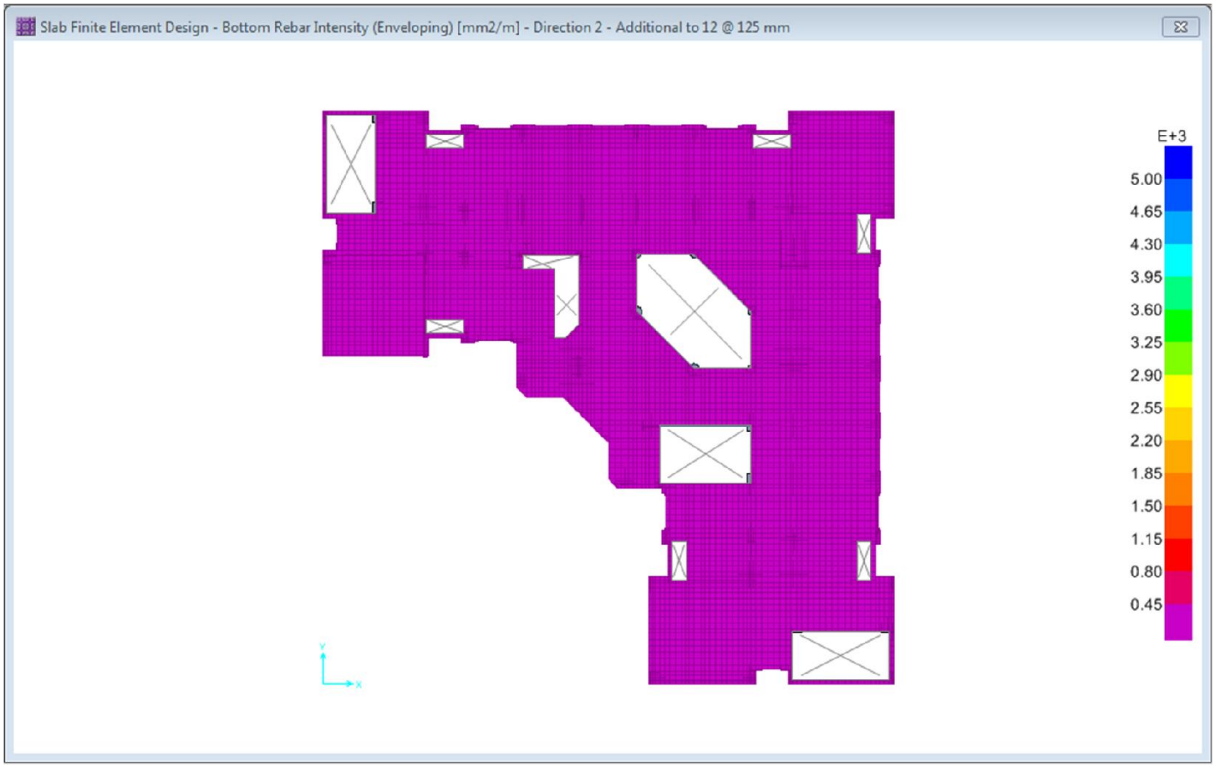
شكل (4-2) يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (x-x) مع الحديد الإضافي.

شبكة حديد التسليح فى الاسفل فى إتجاه (y-y):

تم استخدام حديد تسليح $(T12@250mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه:

شكل (4-3) يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y)

ووجد ان بعض المناطق تحتاج الى حديد تسليح إضافى في إتجاه **(y-y)** تم إضافة حديد تسليح $(T12@125mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه:



شكل (4-4) يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y) مع الحديد الإضافي.

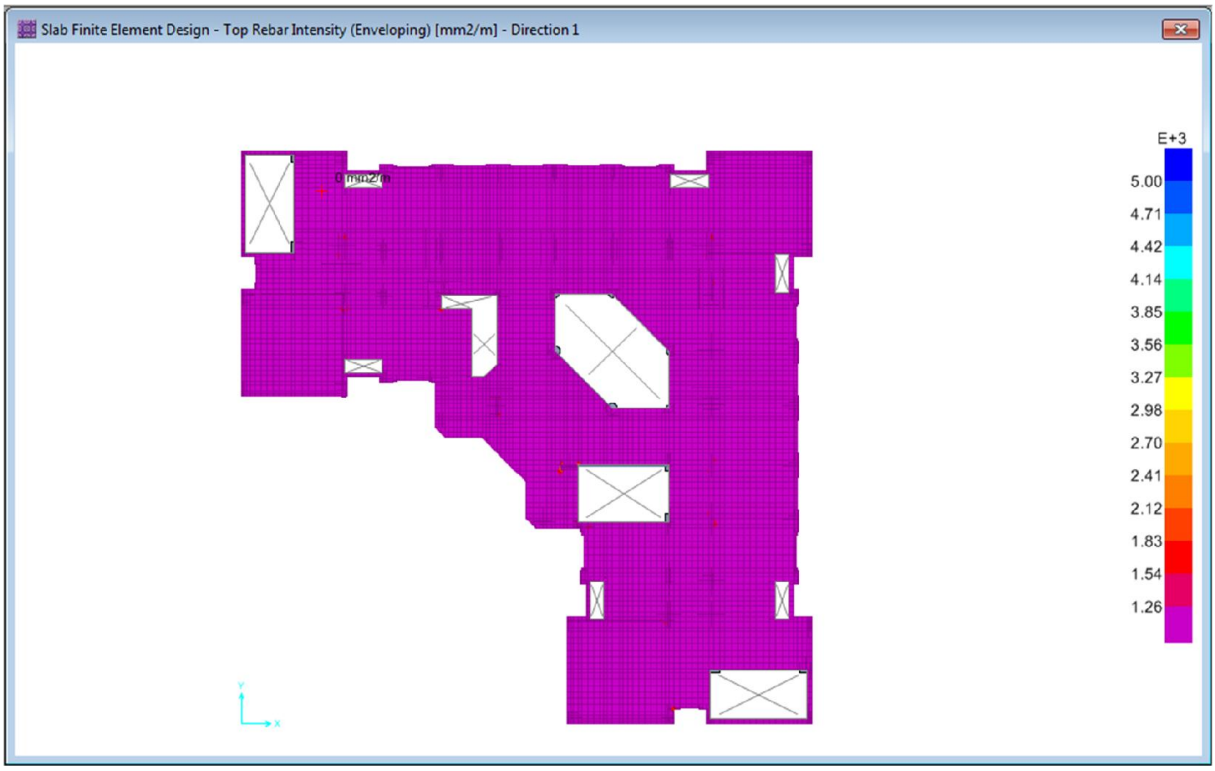
2-1-4 التسليح العلوي للبلاطة:

شبكة حديد التسليح فى الأعلى فى إتجاه (x-x):

تم استخدام حديد تسليح $(T12@250mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه:

شكل (4-5) يوضح التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (x-x).

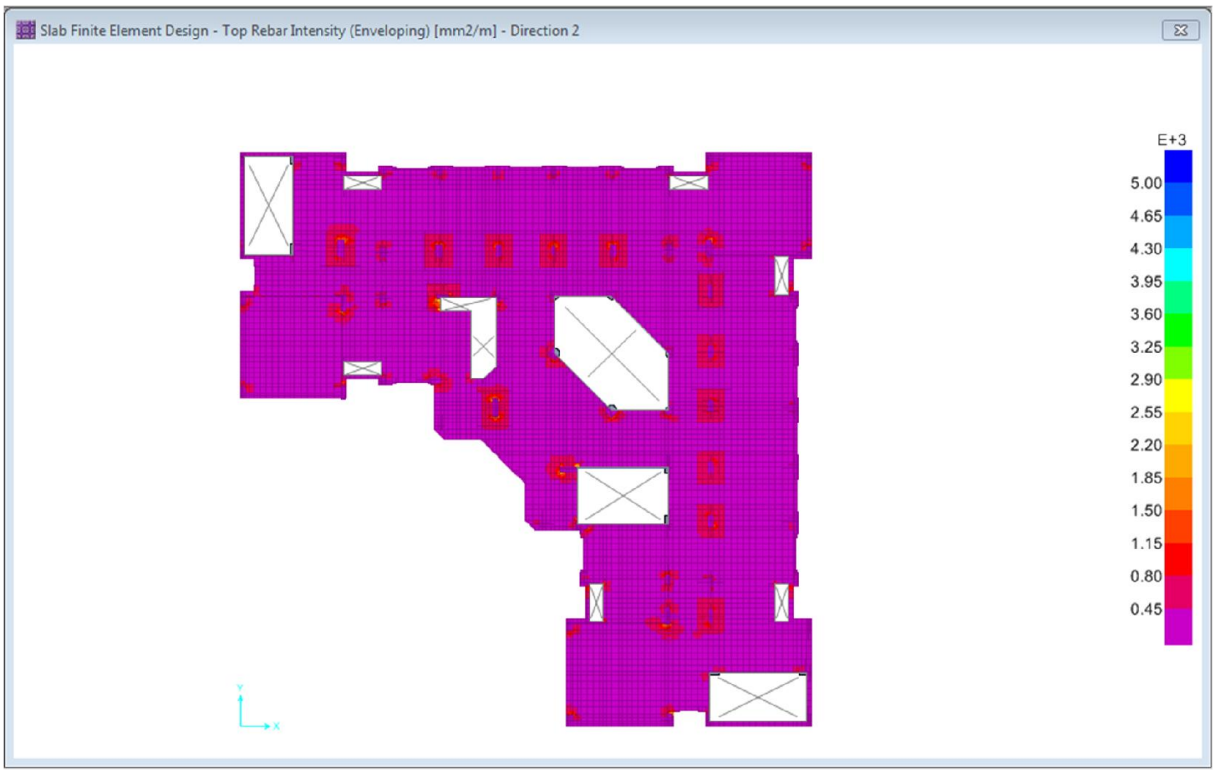
ووجد أن بعض المناطق تحتاج الى حديد تسليح إضافي فى إتجاه (x-x) تم إضافة حديد تسليح ($T16@250mm\ C/C$) كما في الشكل أدناه:



شكل (4-6) يوضح التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (x-x) مع الحديد الإضافي.

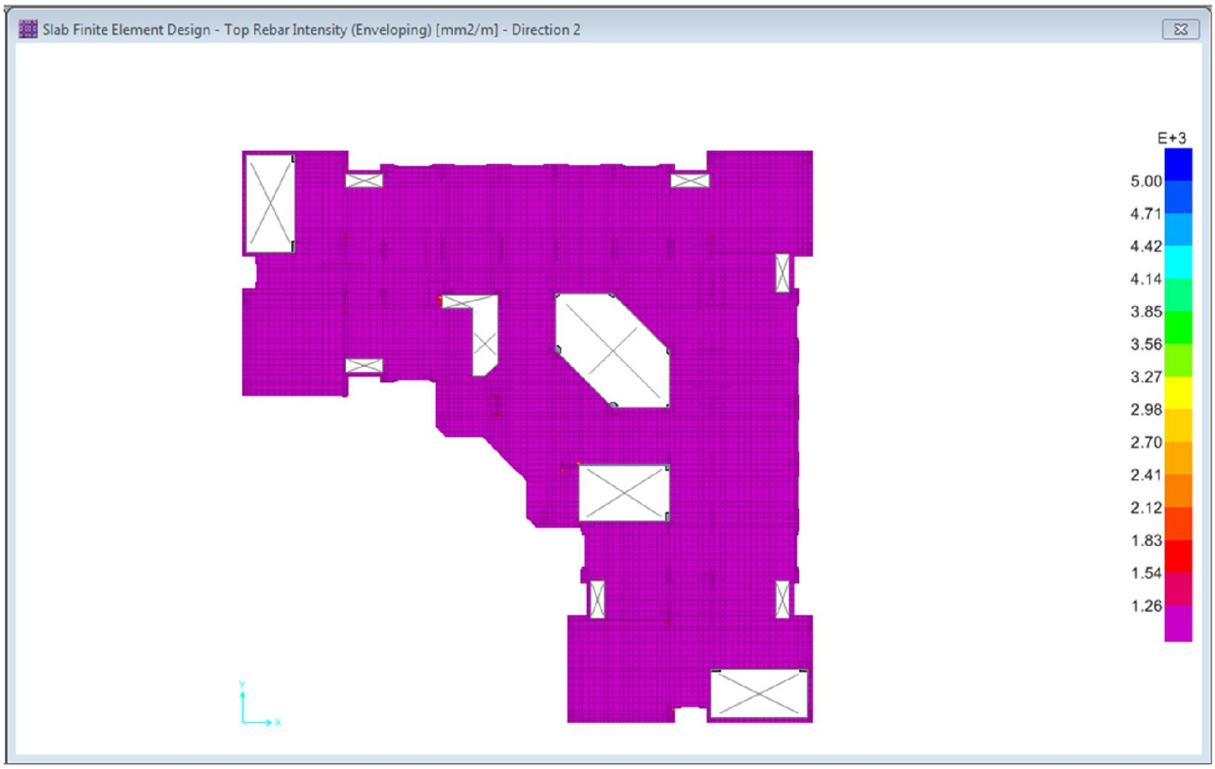
شبكة حديد التسليح فى الأعلى فى إتجاه **(y-y)**:

تم إستخدام حديد تسليح $(T12@250mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه



شكل (4-7) يوضح التسليح السفلي للبلاطة في إتجاه (y-y).

ووجد أن بعض المناطق تحتاج الى حديد تسليح إضافي فى اتجاه **(y-y)** تم إضافة حديد تسليح $(T16@25mm\ C/C)$ كما في الشكل أدناه:



شكل (4-8) يوضح التسليح العلوي للبلاطة في إتجاه (y-y) مع الحديد الإضافي.

2-4 تصميم الأعمدة Columns Design:

الشكل التالي يوضح نموذج لتصميم عمود

Column Element Details

Level	Element	Unique Name	Section ID	Combo ID	Station Loc	Length (mm)	LLRF
GR.FLOOR	C39	913	C3	UDCon2	0	4000	0.482

Section Properties

b (mm)	h (mm)	dc (mm)	Cover (Torsion) (mm)
600	300	36	10

Axial Force and Biaxial Moment Design For N , M_2 , M_3

Design N kN	Design M_2 kN-m	Design M_3 kN-m	Minimum M2 kN-m	Minimum M3 kN-m	Rebar Area mm^2	Rebar % %
2341.0007	60.8549	-73.8986	46.82	35.115	1755	0.98

Axial Force and Biaxial Moment Factors

	M_i Moment kN-m	M_{33} Moment kN-m	β Factor Unitless	Length mm
Major Bend(M3)	-4.5888	-62.4267	1	4000
Minor Bend(M2)	11.8566	31.2133	1	4000

Shear Design for V_2 , V_3

	Shear V kN	Shear V_c / γ_M kN	Shear V_s / γ_M kN	Rebar A_{sv} /s mm^2/m
Major, V_2	5.6095	302.9823	63.3592	600
Minor, V_3	14.6174	471.2442	67.6796	300

شكل (4-9) يوضح نموذج تصميم العمود.

1-2-4 تفصيل حديد تسليح الأعمدة:

جدول (4-1) يوضح تفاصيل حديد التسليح في مقاطع الأعمدة

Columns name	Dimensions (cm)	Detailing
C1	30X50	8T16
C2	30X50	10T20
C3	Dia = 50	6T16
C4	30X60	10T20
C5	30X60	14T20
C6	30X80	14T16
C7	30X80	14T25
C8	30X90	16T25
C9	30X90	14T20
C10	Dia = 70	8T16

C11	40X80	16T20
C12	40X80	14T16
C13	40X120	20T20
C14	20X120	20T16

3-4 تصميم العارضات Beams Design:

الشكل التالي يوضح نموذج لتصميم عارضة أرضية

Section Properties

b (mm)	h (mm)	b_f (mm)	d_s (mm)	d_{ct} (mm)	d_{cb} (mm)
300	600	300	0	40	40

Design Code Parameters

γ_C	γ_S	γ_M
1.5	1.15	1.25

Design Moment and Flexural Reinforcement for Moment, M_3

	Design -Moment kN-m	Design +Moment kN-m	-Moment Rebar mm²	+Moment Rebar mm²	Minimum Rebar mm²	Required Rebar mm²
Top (+2 Axis)	-196.6895		960	0	266	960
Bottom (-2 Axis)		0	0	0	0	0

Shear Force and Reinforcement for Shear, V_2

Shear V kN	Shear V_c / γ_M kN	Shear V_s / γ_M kN	Rebar A_{sv}/S mm²/m
24.9259	93.6267	67.2	300

شكل (4-10) يوضح نموذج تصميم عارضة.

1-3-4 تفصيل حديد تسليح العارضات:

صممت العارضات على أكبر مساحة حديد تسليح على عارضة ليكون تفصيل حديد التسليح لجميع العارضات (6T20).

4-4 تصميم السلم:

نموذج لتصميم السلم :

Design information

Effective span = 3.9 m Rise = 0.15 m going = 0.3 m

fy = 460N/mm^2 fcu = 25N/mm^2 Live Load = 4 kN/m^2

Thickness = 0.22 Effective depth = 0.185

$$\text{Slope length of stairs } = \sqrt{1.8^2 + 1.5^2} = 2.34\ m$$

Weight of waist + Steps + Landing

$$= \big((0.22 \times 2.34) + (0.5 \times 0.3 \times 0.154 \times 6) + (0.22 \times 1.05)\big) \times 24$$

$$= 21.23\ kN$$

Live Load = $4 \times 3.9 = 15.6$ kN

Ultimate Load F = 1.4 DL + 1.6 LL

$$1.4 \times 21.23 + 1.6 \times 15.6 = 54.68$$

$$M = \frac{F\ L}{8} = \frac{54.68 \times 3.9}{8} = 26.65\ kN.m$$

Check Span to effective depth ratio:

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{26.65 \times 10^6}{1000 \times 185^2} = 0.78$$

For simply supported span, basic ratio from table (3.9) = 20 and modification factor from table (3.10) for a service stress of 307 N/mm^2 is 1.39.

$$Limiting\ \frac{span}{effective\ depth}$$

$$mft \times mfc \times BR = 1.39 \times 1 \times 20 = 27.8$$

$$Actual\ \frac{span}{effective\ depth} = \frac{3900}{185} = 21.08$$

Reinforcement:

Main Reinforcement:

$$K = \frac{M}{b\ d^2\ fcu} = \frac{26.65 \times 10^6}{1000 \times 185^2 \times 25} = 0.03$$

$$\frac{Z}{d} = 0.5 + \sqrt{0.25 - K/0.9}$$

$$= 0.5 + \sqrt{0.25 - 0.03/0.9} = 0.97 \simeq 0.95$$

$$Z = 0.95 \times 185 = 175.75\ mm$$

$$AS = \frac{M}{0.95\ fy\ Z} = \frac{26.65 \times 10^6}{0.95 \times 460 \times 175.75} = 346.99\ mm^2$$

Provide $\phi 12$ bars at 200 mm centers, area 566 mm^2/m

Secondary Reinforcement:

Transverse distribution steel:

$$\frac{0.13\ b\ h}{100} = \frac{0.13 \times 1000 \times 220}{100} = 286\ mm^2$$

Provide $\phi 12$ bars at 300 mm centres , area 377 mm^2/m

1-4-4 تفصيل حديد تسليح السلم:

جدول (4-2) يوضح تفاصيل حديد التسليح في السلم

Main Reinforcement	Secondary Reinforcement
ϕ12@200mm c/c	ϕ12@300mm c/c

الفصل الخامس

الخلاصة والتوصيات

الفصل الخامس

5- الخلاصة والتوصيات

5-1 الخلاصة (conclusions):

- تم في هذا البحث تحليل وتصميم المبنى الإداري المقترح لجامعة الشيخ عبدالله البدري حيث تم تحليل وتصميم الأعمدة والعارضات بإستخدام برنامج **(ETABS)** وتحليل وتصميم البلاطات ببرنامج **(SAFE)** وتم تصميم السلم يدوياً، وتم التوصل إلى أبعاد الأعضاء الإنشائية الملائمة بما يحقق متطلبات المتانة والاقتصادية والأمان ، كما تم التوصل إلى التسليح الملائم لها وفقاً لإشتراطات المدونة البريطانية.
- تم التطرق للأحمال التى تتعرض لها المبانى متعددة الطوابق والمواد المستخدمة فيها ، وتم شرح الأنظمه النشائية للمبانى متعددة الطوابق وعلى ضوء إرتفاع المبنى المدروس وإستخداميته تم إختيار نظام الأعمدة (columns) والبلاطات.
- تم عرض نتائج التحليل المتمثلة لعزوم الإنحناء وقوى القص وعزوم الإلتواء الناشئة عن الأحمال الحية والميتة والرياح.
- تم كذلك استعراض نتائج التصميم كما تم الحصول عليها من البرامج المستخدمة (ETABS & SAFE).

5-2 التوصيات:

- عمل دراسة متكاملة لتحليل وتصميم اساسات المبنى.
- عمل تصميم لمصعد لإستخدامه في المبنى.
- حساب كميات للمبنى المقترح وتكاليف المشروع.
- عمل دراسة لجدولة وإدارة موارد المشروع.
- إعادة تصميم المبنى بالمدونة الأمريكية وعمل مقارنة بينها والتصميم باستخدام المدونة البريطانية.
- إعادة تصميم المبنى بإستخدام مواد آخرى.

المراجع:

المراجع العربية:

١. م.مقار ناجح ، "حل وتصميم المنشآت المرتفعة" ، الطبعة الأولى 2007 ، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع.

٢. محمود إمام "الخرسانة" .

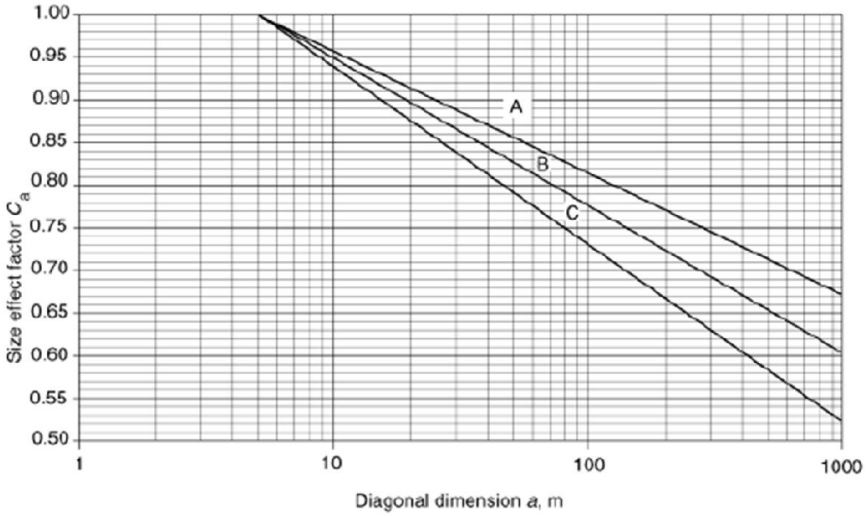
٣. م.عمار درويش ، "الدليل التعليمي لبرنامج الإيتابس" ، الطبعة الأولى 2005 ، دار دمشق.

المراجع الإنجليزية:

4. British Standard BS6399 Part 1 "Loading for Buildings- Code for practice for Dead and Imposed loads"1997.
5. British Standard BS6399 Part 2 "Loading for Buildings- code for practice for Wind Load" 1995.
6. Mehmet Halis Günel, Hüseyin Emre Ilgin-"Tall Buildings_ Structural Systems and Aerodynamic Form"-Routledge- first published (2014).
7. British Standard BS8110-part 1 "Code of practice for design and Construction"1997.

الملاحق:

ملحق A BS6399 Part 2



Key to lines on Figure 4							
Effective height H_e	Site in country: closest distance to sea (km)				Site in town: closest distance to sea (km)		
m	0 to < 2	2 to < 10	10 to < 100	≥ 100	2 to < 10	10 to < 100	≥100
≤ 2	A	B	B	B	C	C	C
> 2 to 5	A	B	B	B	C	C	C
> 5 to 10	A	A	B	B	A	C	C
> 10 to 15	A	A	B	B	A	B	B
> 15 to 20	A	A	B	B	A	B	B
> 20 to 30	A	A	A	B	A	A	B
> 30 to 50	A	A	A	B	A	A	B
> 50	A	A	A	B	A	A	B

Figure 4 — Size effect factor C_a of standard method

Table 1 — Minimum imposed floor loads

Type of activity/occupancy for part of the building or structure	Examples of specific use		Uniformly distributed load kN/m²	Concentrated load kN
A Domestic and residential activities (Also see category C)	All usages within self-contained [a] single family [a] dwelling units Communal areas (including kitchens) in blocks of flats with limited use (See note 1) (For communal areas in other blocks of flats, see C3 and below)		1.5	1.4
	Bedrooms and dormitories except those in [a] single family dwelling units and in [a] hotels and motels		1.5	1.8
	Bedrooms in hotels and motels Hospital wards Toilet areas		2.0	1.8
	Billiard rooms		2.0	2.7
	Communal kitchens except in flats covered by note 1		3.0	4.5
	Balconies	Single [a] family [a] dwelling units and communal areas in blocks of flats with limited use (See note 1)	1.5	1.4
		Guest houses, residential clubs and communal areas in blocks of flats except as covered by note 1	Same as rooms to which they give access but with a minimum of 3.0	1.5/m run concentrated at the outer edge
		Hotels and motels	Same as rooms to which they give access but with a minimum of 4.0	1.5/m run concentrated at the outer edge
B Offices and work areas not covered elsewhere	Operating theatres, X-ray rooms, utility rooms		2.0	4.5
	Work rooms (light industrial) without storage		2.5	1.8
	Offices for general use		2.5	2.7
	Banking halls		3.0	2.7
	Kitchens, laundries, laboratories		3.0	4.5
	Rooms with mainframe computers or similar equipment		3.5	4.5
	Machinery halls, circulation spaces therein		4.0	4.5
	Projection rooms		5.0	To be determined for specific use
	Factories, workshops and similar buildings (general industrial)		5.0	4.5
	Foundries		20.0	To be determined for specific use
	Catwalks		—	1.0 at 1 m centres
	Balconies		Same as rooms to which they give access but with a minimum of 4.0	1.5/m run concentrated at the outer edge
	Fly galleries		4.5 kN/m run distributed uniformly over width	—
	Ladders		—	1.5 rung load