

دولة ليبيا
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة مصراته
كلية الهندسة
قسم الهندسة المدنية

مشروع تخرج بعنوان:

**تصميم إنشائي لموقف سيارات متعدد الطوابق في ساحة
الحوت باستخدام برنامج ETABS**

قدم هذا المشروع استيفاء لمتطلبات الحصول على الدرجة الجامعية الأولى
(البكالوريوس) في الهندسة المدنية

إعداد الطالبات:

مها أحمد النعاس

1901085

ملاك الهادي عليوه بعيو

1901052

بإشراف الأستاذ:

علي محمود اغليو

الفصل الدراسي: ربيع (2024/2025) م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ اقْرَأْ بِاسْمِ رَبِّكَ الَّذِي خَلَقَ ﴾

الآية (1) من سورة العلق

الإهداء

إلى روح والدي العزيز (رحمه الله)، قدوتي ومثلي الأعلى في الحياة، الحاضر في قلبي دائماً.
إلى والدتي الحبيبة، صاحبة أحسن روح وأجمل قلب، إلى من علمتني الصبر والاجتهاد، وقدمت سعادتي وراحتي على سعادتها.

وإلى الشموع التي تنير لي الطريق، إلى من ساندوني خلال هذه الرحلة، ليفخروا بي كما أفخر بهم وبوجودهم.
أهدي إليكم هذا البحث تعبيراً عن محبتي وامتناني.

(بشكر ملائكتي)

أهدي ثواب هذا البحث إلى من تربيته على يديه، ومن علمني القيم والمبادئ، إلى الذي لا ينفصل اسمي عن اسمه، والذي له الفضل الأول بعد توفيق الله في بلوغي هذا النجاح... والدي الغالي.

وأهدي فرحتي المنتظرة، وثمره صبري واجتهادي ونجاحي، إلى من صنعت لي الجنة، وغمرتني بدعائها وحنانها، وجعلتني إنسانة طموحة... أُمي الحبيبة.

إلى سندي وعزوتي، الذين كانوا الدعم الذي لا يهتز، وإلى من كانوا اليد التي تمتد في لحظة التعب، والفرحة التي أضاءت أيامي... أخواتي وإخوتي الغاليين

(بشكرهم)

الشكر والتقدير

الشكر أولاً لله عز وجل القائل في محكم كتابه العزيز

﴿لَئِنْ شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ﴾

سورة إبراهيم

الحمد لله الذي وهبنا نعمة العقل، لينير لنا الطريق، ووفقنا بمشيئته وقدرته إلى إتمام هذا العمل. ومن منطلق الوفاء والعرفان، نتقدم بخالص الشكر والتقدير إلى كل من مدّ لنا يد العون والمساعدة، وساهم ولو بكلمة طيبة أو رأي سديد. ونخص بالشكر الأستاذ الفاضل

علي محمود اغليو

على إشرافه الكريم ومتابعته لهذا المشروع. كما نتوجه بشكر خاص نابع من القلب إلى رفاق الرحلة الجامعية، أنتم الأثر الأجمل في هذه السنوات، كنتم العون، والونس، والذكريات التي لا تُنسى.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع	ر.م
أ	الآية القرآنية	
ب	الإهداء	
ج	الشكر والتقدير	
د	فهرس المحتويات	
و	فهرس الجداول	
ز	فهرس الأشكال	
ح	قائمة الرموز	
ط	الملخص	
	الإطار التمهيدي للمشروع	الفصل الأول
2	المقدمة	1.1.
2	مواقف السيارات	2.1.
3	أنواع مواقف السيارات	1.2.1.
5	مميزات مواقف السيارات	2.2.1.
5	مميزات إنشاء مواقف سيارات متعددة الأدوار في ليبيا	3.2.1.
6	منطقة المشروع	3.1.
6	سبب اختيار منطقة الدراسة	1.3.1.
8	نبذة عن برنامج (ETABS)	4.1.
8	مميزات البرنامج	1.4.1.
9	أهداف المشروع	5.1.
9	مواصفات المشروع	6.1.
9	مواصفات الموقف	1.6.1.
9	التقسيمات والخرائط المعمارية	2.6.1.
	نظرة عامة على العناصر والأحمال الإنشائية	الفصل الثاني
13	المقدمة	1.2.
13	الخرسانة	2.2.
13	تعريف الخرسانة	1.2.2.
21	أنواع الخرسانة	2.2.2.
21	خواص الخرسانة	3.2.2.
22	خواص الحديد	4.2.2.
23	الأحمال الإنشائية	3.2.
23	أنواع الأحمال الإنشائية	1.3.2.
23	الأحمال الأساسية	1.1.3.2.
24	الأحمال الثانوية	2.1.3.2.
26	قيم الأحمال الحية	4.2.

	الأسس الافتراضية وحساب الأحمال	الفصل الثالث
28	حالات التحميل	1.3
29	الفرضيات المستخدمة في المشروع	2.3
30	حساب الأحمال على العناصر	3.3
30	حساب الأحمال على البلاطة	1.3.3
33	حساب الأحمال على العمود	2.3.3
	تصميم العناصر الإنشائية	الفصل الرابع
35	المقدمة	1.4
35	تصميم البلاطة	2.4
36	التحقق من مقاومة المقطع الخرساني للقص	1.2.4
42	حساب العزوم	2.2.4
47	تصميم الأعمدة	3.4
48	تصميم كانات العمود للقص	1.3.4
50	تصميم الأساسات	4.4
50	أبعاد اللبشة	1.4.4
50	وضع الأحمال المؤثرة	2.4.4
51	إدخال قدرة تحمل التربة	3.4.4
51	اجراء التحليل الإنشائي	4.4.4
	الاستنتاجات والتوصيات	الفصل الخامس
54	الاستنتاجات	1.5
55	التوصيات	2.5
	المراجع	
	الملاحق	

فهرس الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	ر.ج
24	كثافة المواد الإنشائية	1.2
26	قيم الأحمال الحية المؤثرة على المنشأ	2.2
29	بعض قيم معاملات الأمان المستخدمة	1.3
29	فرضيات كل من الخرسانة وحديد التسليح وقوة تحمل التربة	2.3
30	السبك التصميمي الأقل حسب المواصفات	3.3
43	توزيع العزوم	1.4
46	حديد التسليح التصميمي للبلاطة المسطحة	2.4

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	العنوان	ر.م
3	موقف سيارات سطحي	1.1
3	موقف سيارات متعدد الطوابق	2.1
4	موقف سيارات تحت الأرض	3.1
4	موقف سيارات أتوماتيكي	4.1
7	صور توضيحية لمنطقة المشروع	5.1
10	الخريطة المعمارية للموقف	6.1
10	نمذجة المبنى في البرنامج	7.1
11	منظور ثلاثي الأبعاد للموقف	8.1
14	البلاطات الخرسانية المصمتة	1.2
15	البلاطات الخرسانية ذات الأعصاب	2.2
16	البلاطات المسطحة	3.2
17	توضيح مقطع العمود	4.2
19	أنواع الأساسات السطحية	5.2
32	الأبعاد بين الأعمدة	1.3
	الأبعاد التصميمية للبلاطة عند العمود الداخلي	2.3
41	قيم القص الثاقب في البرنامج	1.4
42	الشرائح في البلاطة	2.4
43	جزء من العزوم على الشرائح في البرنامج	3.4
47	نموذج شبكة العناصر للبلاطة المسطحة	4.4
49	نسب حديد التسليح في العمود حسب نتائج البرنامج	5.4
50	بيانات اللبشة في البرنامج	6.4
51	قدرة تحمل التربة	7.4
52	الإجهاد المسموح به على التربة	8.4

قائمة الرموز

الرمز	المعنى	الوحدة
A_c	مساحة المقطع الخرساني المقاوم لنقل القص	(mm^2)
A_s	مساحة التسليح الطولي للشد للإجهاد الغير المسبق	(mm^2)
A_{smin}	أقل مساحة تسليح الانحناء	(mm^2)
b_0	محيط المقطع الحرج في القص الثنائي في البلاطات ذات الاتجاهين والأساسات	(mm)
d	العمق الفعال لقطاعات البلاطات والأعمدة	(m)
E	تأثير قوى الزلازل الأفقية والرأسية	
E_c	معامل المرونة للخرسانة	(MPa)
EI	جساءة العنصر للانحناء	$(N \cdot mm^2)$
E_s	معامل مرونة للحديد	(MPa)
f_c'	مقاومة الضغط للخرسانة	(MPa)
f_s	اجهاد الشد في التسليح عند الاحمال الخدمية	
f_y	مقاومة الخضوع لتسليح الاجهاد الغير مسبق	(MPa)
h	السماكة أو الارتفاع أو العمق الكلي للعضو	(mm)
I	عزم القصور الذاتي للمقطع حول المحور المركزي	(mm^2)
L	تأثير الحمل الحي الخدمي	
L_r	تأثير الحمل الحي الخدمي للسقف	
M_{max}	اقصى عزم مصعد في المقطع بسبب الاحمال الخارجية المطبقة	$(N \cdot mm)$
M_0	العزم الثابت المصعد الكلي	$(N \cdot mm)$
n	عدد اسياخ حديد التسليح	
P_n	قوة الضغط المحورية الإسمية للعناصر	(N)
p_u	قوة المحورية المصعدة	(N)
q_n	الحمل المصعد لكل وحدة مساحة	(N/m^2)
s	المسافة من المركز الى المركز لحديد التسليح	(m)

(N)	مقاومة الخرسانة الاسمية للقص	V_c
(N)	قوة القص الاسمية	V_n
(N)	قوة القص المصعدة في المقطع	V_u
	الحمل المصعد لكل وحدة طول للكمرة او البلاطة	W_u
	تأثير حمل الرياح	W
	تحديد زاوية لاتجاه التسليح	α
	نسبة الابعاد الطويلة الى القصيرة	β
	عامل يتعلق بعمق المستطيل المكافئ لكتلة اجهاد الضغط الى عمق المحور المحايد	β_1
	نسبة حديد التسليح	ρ

الملخص

يهدف هذا المشروع إلى تقديم دراسة شاملة لخطوات ومراحل تصميم موقف سيارات متعدد الطوابق، بالاعتماد على نظام البلاطات المسطحة (Flat Slab System) وفقًا لمتطلبات ومعايير معهد الخرسانة الأمريكي [ACI 318M-14] ، باستخدام الطريقة المباشرة (DDM) .

وقد أُعد المشروع ليغطي الجوانب النظرية والتطبيقية للتصميم، حيث يشمل عرض النظام الإنشائي المستخدم، وحساب الأحمال المسلطة على المبنى، وتحديد حالات التحميل والفرضيات المعتمدة، ثم إجراء التصميم التفصيلي للبلاطة المسطحة والتأكد من مقاومتها للاختراق، وتصميم الجزء الساقط منها، والشرائح، وحساب التسليح المطلوب. كما يتضمن المشروع تصميم الأعمدة بما يتوافق مع الكود المعتمد، والتحقق من قدرة تحمل الأساس المستخدم تحت تأثير الأحمال.

ويُختتم المشروع بعرض الاستنتاجات، ومقارنة بعض النتائج، وتقديم التوصيات المتعلقة بالتنفيذ والتصميم.

الفصل الأول:

الإطار التمهيدي للمشروع

Introduction

1.1. المقدمة

التطور العمراني هو عملية مستمرة تعكس نمو وتوسع المدن استجابةً للاحتياجات المتزايدة والمتغيرة للسكان. وتُعد المدينة بمثابة وعاءٍ يستوعب مجموعة متنوعة من الأنشطة والوظائف، حيث تركز الدراسات العمرانية على تحقيق بنية متكاملة تشمل جميع الجوانب، سواء من حيث الإسكان بكل معانيه، أو الترفيه بكافة أشكاله (سواء كان في مناطق مفتوحة أو مغلقة)، إضافةً إلى مناطق العمل والتجارة والخدمات. يُعد الازدحام المروري أحد أبرز التحديات التي تواجه المدن الحديثة في ظل التطور العمراني، إذ يُعرّف بأنه حالة تكدس كثيف للمركبات على الطرق، تؤثر سلبًا على التنقل اليومي وتمتد آثارها إلى المجالات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. ومن أبرز مسبباته زيادة عدد المركبات، وضعف البنية التحتية، وسوء تنظيم مواقف السيارات؛ حيث يؤدي البحث عن مواقف شاغرة إلى تفاقم الازدحام، خاصة في المناطق التجارية. وفي هذا السياق، تسهم المواقف العشوائية في عرقلة حركة السير، بينما تساعد المواقف الذكية والمنظمة على تحسين انسيابية المرور. كما أن دمج هذه المواقف مع وسائل النقل العام وإتاحة الحجز الإلكتروني يقلل من حركة البحث العشوائي، مما يسهم في تخفيف الضغط على الطرق وتعزيز الاستدامة الحضرية.

2.1. مواقف السيارات Parking

أصبحت مواقف السيارات جزءًا أساسيًا من البنية التحتية في المدن الحديثة، لتلبية احتياجات النمو المتزايد في عدد السيارات. ويعتمد تصميمها واستخدامها بشكل كبير على الموقع، والغرض، وعدد المستخدمين المتوقع. يُعرّف موقف السيارات بأنه مساحة مخصصة ومصممة خصيصًا لجميع مستخدمي الطريق، بحيث تتيح لهم إيقاف مركباتهم بأمان. ويتمثل الدور الرئيسي لمواقف السيارات في الحفاظ على النظام العام والمظهر الحضري، إضافةً إلى الحد من المواقف العشوائية التي تؤدي حتمًا إلى الازدحام المروري. كما أن عدم توفر المواقف أو قلتها يسهم في حدوث اختناقات مرورية، حيث يقضي السائقون وقتًا أطول في البحث عن مكان لركن سياراتهم. وهذا الهدر للوقت ينعكس سلبًا على الإنتاجية، ويؤدي إلى استهلاك إضافي للوقود وزيادة انبعاثات الكربون، مما يفاقم المشكلات البيئية المرتبطة بقطاع النقل.

1.2.1. أنواع مواقف السيارات

1. المواقف السطحية Surface Parking:

عبارة عن مساحات مفتوحة تُخصص لركن السيارات، غالبًا تكون بجانب الشوارع أو في مناطق مفتوحة وتستخدم في المناطق السكنية، المراكز التجارية الصغيرة والمناطق المفتوحة.



شكل(1.1): موقف سيارات سطحي

2. المواقف متعددة الطوابق Multi-Story Parking:

هي مباني مخصصة لمواقف السيارات تتكون من عدة طوابق. تستخدم في المدن المزدحمة، المطارات، والمراكز التجارية الكبرى، المراكز الإدارية الخدمية والمصالح الحكومية.



شكل(2.1): موقف سيارات متعدد الطوابق

3. المواقف تحت الأرض Underground Parking:

عبارة عن مواقف تقع أسفل المباني أو تحت الأرض. تستخدم في المباني السكنية الفاخرة، الأبراج، والفنادق.



شكل(3.1): موقف سيارات تحت الأرض

4. المواقف الذكية Smart (Automated) Parking:

هي أنظمة تستخدم تقنيات حديثة مثل الروبوتات والمصاعد لتنظيم ركن السيارات. تستخدم في المناطق ذات الكثافة العالية، المدن الذكية، والمباني الحديثة.



شكل(4.1): موقف سيارات اوتوماتيكي

2.2.1. مميزات مواقف السيارات

1. الحد من الازدحام الناجم عن الوقوف العشوائي للسيارات.
2. حماية المركبات من السرقة أو التلف.
3. توفير مواقع قريبة من الوجهات الرئيسية مثل المستشفيات، والمطاعم، والمصالح الحكومية.
4. تقليل الوقت والجهد المبذولين في البحث عن أماكن لركن السيارات.
5. تحسين المظهر العام للمدينة والحد من الفوضى، بما يسهم في جذب السياح والزوار.

3.2.1. مميزات إنشاء مواقف سيارات متعددة الأدوار في ليبيا

نظرًا للنمو السكاني وزيادة عدد السيارات في المدن الليبية وكذلك عدم أو نقص توفر وسائل النقل العامة مما يسهم في ازدياد عدد السيارات الخاصة، فإن إنشاء مواقف سيارات متعددة الأدوار يمكن أن يقدم العديد من الفوائد، منها:

- (1) تحسين استغلال المساحات في المدن الليبية، مثل طرابلس وبنغازي ومصراته، التي تعاني من ازدحام مروري وصعوبة إيجاد أماكن لركن السيارات، لذلك فإن إنشاء مواقف متعددة الأدوار يكون هو الحل الأمثل لاستغلال المساحات الصغيرة بشكل عمودي، مما يوفر مساحة وقوف سيارات أكبر.
- (2) تقليل الازدحام المروري، توفر أماكن مخصصة لركن السيارات يساعد على تقليل توقف السيارات بشكل عشوائي على الطرق الرئيسية، مما يسهم في تحسين حركة المرور.
- (3) تعزيز جاذبية المراكز التجارية والسياحية وكذلك المصالح الحكومية في المدن التي تستقطب الزوار، مثل طرابلس ومصراته، توفر مواقف السيارات القريبة من الأسواق أو المعالم السياحية يساهم في راحة الزوار وجعل التجربة أكثر سهولة.
- (4) دعم التطور الحضري مواقف السيارات متعددة الأدوار تعد جزءًا من البنية التحتية المتقدمة، مما يعكس تطور المدينة وتلبية احتياجات سكانها وزوارها.
- (5) تحسين أمان السيارات هذه المواقف توفر حماية للسيارات من: السرقة، بفضل أنظمة المراقبة والأمن، التلف بسبب الظروف الجوية القاسية مثل أشعة الشمس المباشرة والعواصف الرملية.

6) استيعاب النمو المستقبلي مع ازدياد أعداد السيارات في ليبيا، سيكون هناك حاجة متزايدة لمواقف تستوعب هذا النمو، ومواقف السيارات متعددة الأدوار تعد حلاً طويلاً الأمد إذا توفرت الدراسات الإحصائية اللازمة والتخطيط الجيد.

7) تشجيع الاستثمار والتنمية الاقتصادية إنشاء مثل هذه المشاريع يمكن أن يكون فرصة استثمارية للقطاع الخاص أو الحكومي، من خلال فرض رسوم رمزية مقابل الركن مما يوفر مصدر دخل ثانوي للبلدية لتغطية بعض النفقات.

8) الحفاظ على الطابع الجمالي للمدن: تقليل مشهد السيارات المتوقفة بشكل عشوائي على الأرصفة أو الطرق، مما يحسن المظهر العام للشوارع والمناطق الحيوية.

9) دعم القطاعات الحيوية مثل المستشفيات والجامعات والمصالح الحكومية، التي تعاني غالباً من نقص في مواقف السيارات، حيث تضمن المواقف متعددة الأدوار توفير خدمة مريحة وسريعة.

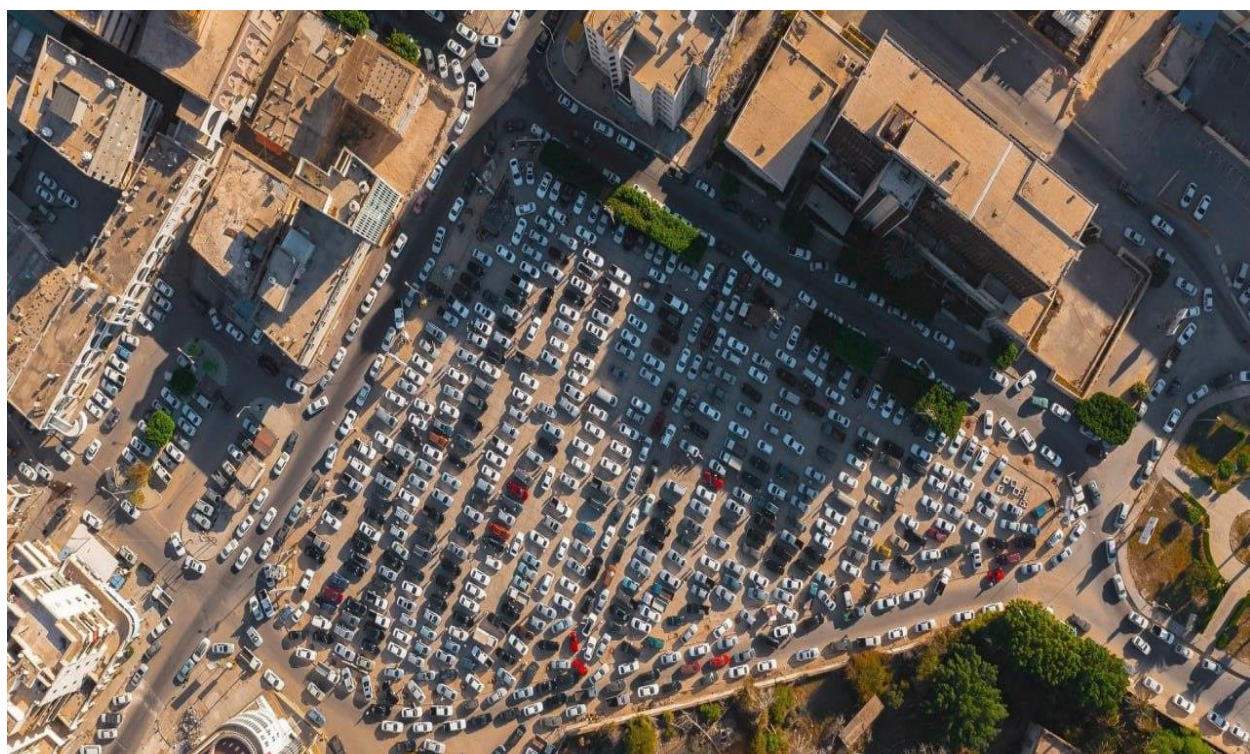
إنشاء مواقف سيارات متعددة الأدوار في ليبيا سيكون خطوة مهمة نحو تحسين جودة الحياة في المدن، وتعزيز كفاءة الحركة المرورية، ودعم النمو الحضري المتسارع.

3.1. منطقة المشروع:

المنطقة المقترحة لإنشاء موقف سيارات هي ساحة الحوت أو كما تعرف سابقاً بسوق السيارات، والتي تقع في وسط مدينة مصراته، وهي من الأماكن المعروفة بين السكان المحليين. الساحة تُعد منطقة حيوية في المدينة، محاطة بعدد من المباني المهمة والمحلات التجارية حيث تحاط بكل من عمارة التأمين ومجمع المحاكم ومصرف الجمهورية فرع احمد الشريف، كما تحاط بمبنى صندوق الضمان الاجتماعي مما يجعلها مركزاً للنشاط اليومي.

1.3.1. سبب اختيار منطقة الدراسة:

- وجود حركة مرور عالية في هذه المنطقة.
- وقوع منطقة الدراسة في مكان حيوي.
- عدم توفر موقف سيارات قريب من المنطقة.
- وجود تلوث بيئي بمركز المدينة.
- عدم وجود مساحة كافية لإنشاء مواقف سيارات.



شكل (5.1): صور توضيحية لمنطقة المشروع

وقد أسهم التقدم في أساليب التحليل الإنشائي والتصميم الخرساني في ظهور أنظمة وبرامج متطورة تسهل عمليات التصميم والتنفيذ. من خلال استخدام الحاسوب في تحليل المنشآت وتصميم القطاعات الخرسانية، أصبحت العملية أكثر دقة وفعالية، مما يساهم في تسريع وتيرة العمل وتحقيق أعلى مستويات الأمان والجودة في المشاريع الإنشائية. ومن هذه البرامج الإنشائية المتداولة:

Extended Three-dimensional Analysis of Building Systems (ETABS).

4.1. نبذة عن برنامج (ETABS):

برنامج الإيتابس هو أحد منتجات شركة CSI ، بدأت فكرة تصميمه عام 1963م، حيث أنتجت النسخة الأولى في جامعة بيركلي بولاية كاليفورنيا في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1984م، ثم طُوِّرت لاحقًا نسخ عديدة من البرنامج. يُستخدم البرنامج لتصميم المباني الخرسانية بشكل ثلاثي الأبعاد، بحيث يساعد على تحليل وفهم وتصميم المباني إنشائيًا باستخدام الأكواد العالمية، تحت تأثير الحمولات الجانبية كالرياح والزلازل، وأحمال الجاذبية (Dead and Live Loads) مثل أحمال الخرسانة نفسها وأحمال البلاط، بالإضافة إلى الأحمال المتحركة كالإنسان وغيرها.

كما يقوم البرنامج بدراسة تأثير هذه الأحمال على المباني، وتحليل وتصميم أبعاد العناصر العمودية مثل الأعمدة والجدران، وحساب كميات الحديد في المشاريع الإنشائية.

1.4.1. مميزات البرنامج:

1. تحليل وتصميم الهياكل.
2. واجهة سهلة الاستخدام.
3. دعم التحليل الديناميكي والثابت.
4. دقة في التصميم حسب الأكواد العالمية.
5. تصميم للخرسانة والفولاذ.
6. إدارة مرنة للأحمال.
7. محاكاة للهياكل المعقدة.
8. تكامل مع برامج أخرى (AutoCAD،Rivet)
9. تقارير تلقائية.
10. دعم التحليل المتعدد الطوابق.

5.1. أهداف المشروع:

1. توفير حل عملي وفعال لزيادة استيعاب السيارات.
2. تقليل الازدحام المروري الناتج بمنطقة الدراسة.
3. تحسين استخدام الأراضي من خلال استخدام المساحات الراسية بدل الافقية.
4. توفير راحة وأمان للسائقين.
5. تحفيز النمو الاقتصادي والتطور العمراني للمدينة.

6.1. مواصفات المشروع:

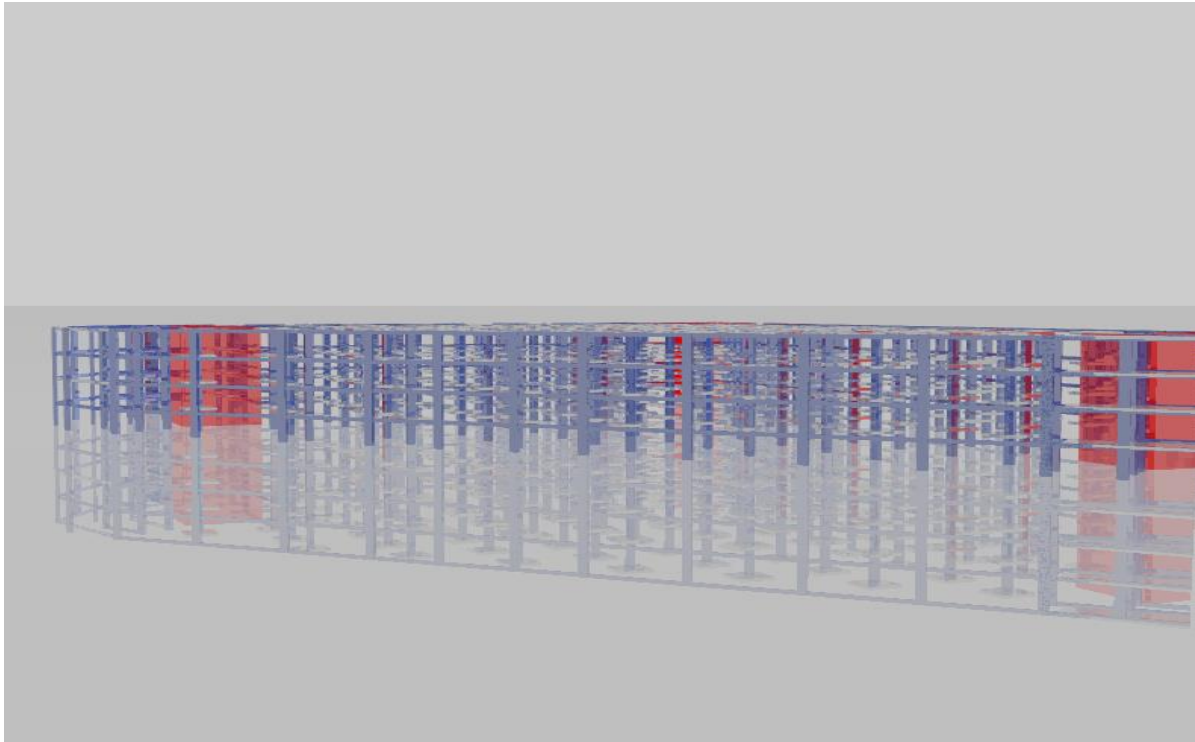
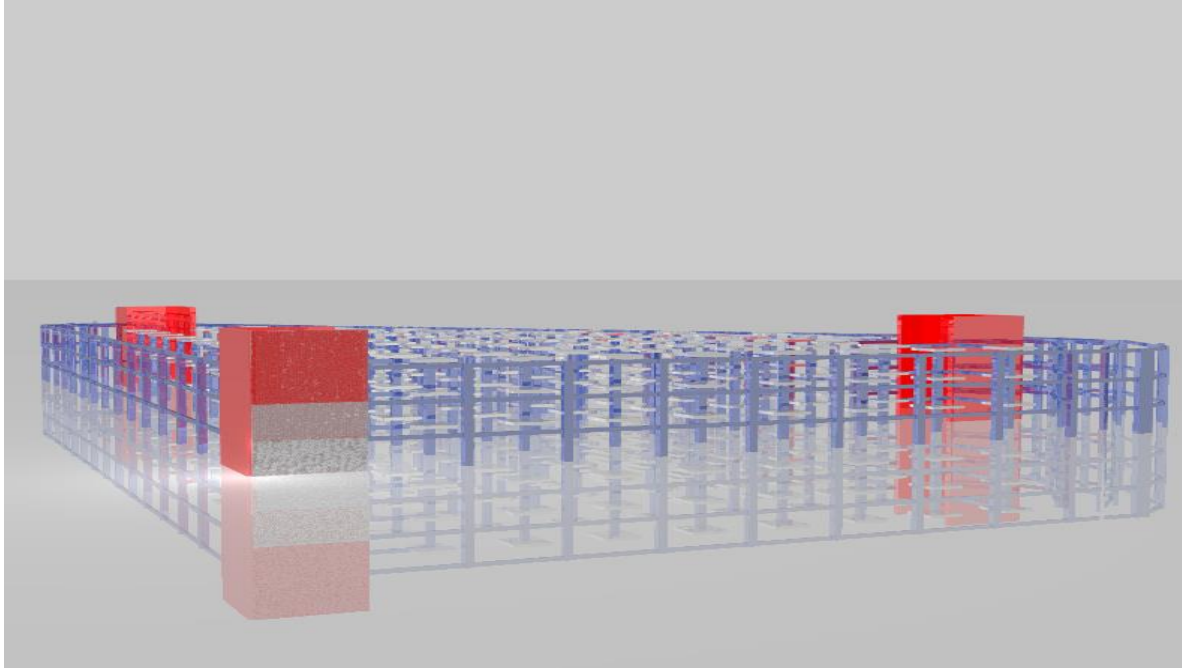
وفيما يلي عرض لمواصفات المشروع وتقسيماته المعمارية والإنشائية كما تم اعتمادها في الدراسة.

1.6.1. مواصفات الموقف:

تم في هذا المشروع تصميم مبنى متعدد الطوابق على أرض مساحتها (9861 م²). يتكون المبنى من طابق أرضي وثلاثة طوابق مكررة لمواقف السيارات، بارتفاع 4 أمتار لكل الطوابق. تبلغ سعة الطابق الأرضي نحو (133) موقفًا للسيارات، بينما تبلغ سعة كل من الطوابق الأخرى (140) موقفًا. يحتوي المبنى على بوابتين للدخول وبوابتين للخروج، ويوجد عند كل بوابة دخول جهاز Ticket Dispenser لدفع رسوم الدخول والاستخدام، كما يوجد به ثلاثة مصاعد. وقد تم اعتماد الواجهات الزجاجية بدلاً من الجدران التقليدية، بهدف تعزيز الإضاءة الطبيعية داخل المبنى وتقليل الاعتماد على الإضاءة الصناعية.

2.6.1. التقسيمات والخرائط المعمارية:

تم تقسيم المشروع إلى خمسة فصول، حيث تناول الفصل الأول المقدمة والتعريف بالمشروع، وتضمن الفصل الثاني نظرة عامة على العناصر الإنشائية، بينما تناول الفصل الثالث الفرضيات وحساب الأحمال، أما الفصل الرابع فقد خُصص للتصميم الإنشائي للعناصر. وتضمن الفصل الخامس مجموعة من الاستنتاجات والتوصيات المتعلقة بالمشروع. كما تم الاستعانة ببرنامج (sketch up) لرسم منظور ثلاثي الابعاد للموقف.



شكل (7.1): نمذجة المبنى في البرنامج



شكل (8.1): منظور ثلاثي الأبعاد للموقف

الفصل الثاني:

نظرة عامة على العناصر والأحمال الإنشائية

General Overview of Structural Elements and Loads

1.2. المقدمة:

تلعب الخرسانة دورًا محوريًا في تصميم المنشآت وإنشائها، لما تتميز به من خواص ميكانيكية ومتانة عالية. وتزداد أهمية هذه الخصائص عند تصميم مواقف السيارات، سواء كانت أرضية أو متعددة الطوابق، حيث تُعد من المنشآت الخرسانية التي تتعرض لأحمال متغيرة باستمرار، تشمل وزن المركبات بالإضافة إلى التأثيرات البيئية المختلفة. ومن هنا تبرز الخرسانة كمادة مثالية لتلبية هذه المتطلبات الإنشائية الصارمة، لما توفره من قدرة على التحمل والاستدامة في ظروف التشغيل القاسية.

2.2. الخرسانة:

تاريخ الخرسانة هو تاريخ مثير للاهتمام، مليء بالإبداع البشري. كانت الخرسانة ضرورية لبناء حضارات بأكملها، من أصولها المبكرة في بلاد ما بين النهرين القديمة إلى تحسينها من قبل الرومان. وتطورت الخرسانة على يد العالم البريطاني جوزيف أسبين عام 1824م، وذلك بابتكار الاسمنت البورتلاندي.

1.2.2. تعريف الخرسانة:

الخرسانة هي المادة الرئيسية الداخلة في الصناعة الإنشائية، حيث تتكون الخرسانة بشكل مبسط من خليط من الاسمنت والركام (الناعم والخشن) والماء وأحياناً يتم إضافة بعض المواد لتحسين خواصها. وتتميز بقدرتها على التشكل في أي قالب قبل أن تتصلب وتكتسب قوتها. تُستخدم الخرسانة على نطاق واسع في البناء بفضل متانتها، مقاومتها للعوامل البيئية، وقابليتها للتحمل. فيما يلي أهم العناصر الإنشائية المصنوعة من الخرسانة:

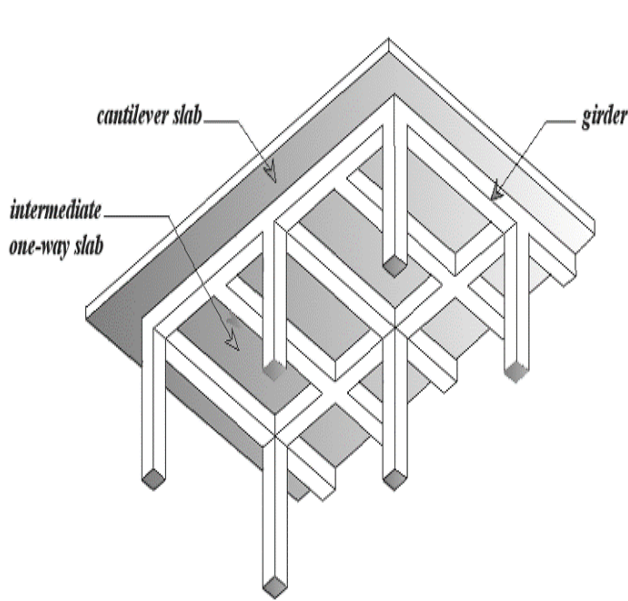
- البلاطات.
- الكمرات.
- الأعمدة.
- الجدران الاستنادية.
- الأساسات بأنواعها.
- وغيرها من العناصر الأخرى.

1. البلاطات

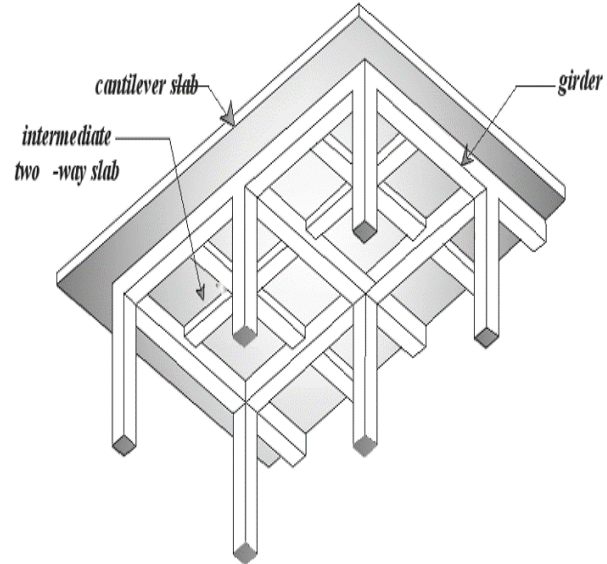
البلاطات هي عناصر إنشائية ثنائية الأبعاد، وتنقسم إلى عدة أنواع حسب طريقة ارتكازها وانتقال الحمل المؤثر على البلاطة إلى الكمرات أو الأعمدة الحاملة للبلاطة ويمكن تقسيم البلاطات إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

(1) البلاطات الخرسانية المصمتة Solid Slabs

- وهي بلاطات خرسانية ترتكز أساساً على كمرات، تُستخدم بشكل شائع في الأبنية لتشكيل الأرضيات والأسقف. تُعرف بأنها بلاطات مصمتة بالكامل، أي أنها لا تحتوي على فراغات أو تجاويف داخلها، وتكون سماكتها موحدة غالباً. وينقسم هذا النوع من البلاطات إلى نوعين حسب اتجاه توزيع الحمل:
- البلاطات في اتجاه واحد: حيث يُنقل الحمل بشكل رئيسي في اتجاه واحد فقط.
 - البلاطات في اتجاهين: حيث يُوزع الحمل في كلا الاتجاهين بشكل متساوٍ تقريباً.



البلاطات المصمتة ذات الاتجاهين



البلاطات المصمتة ذات الاتجاه

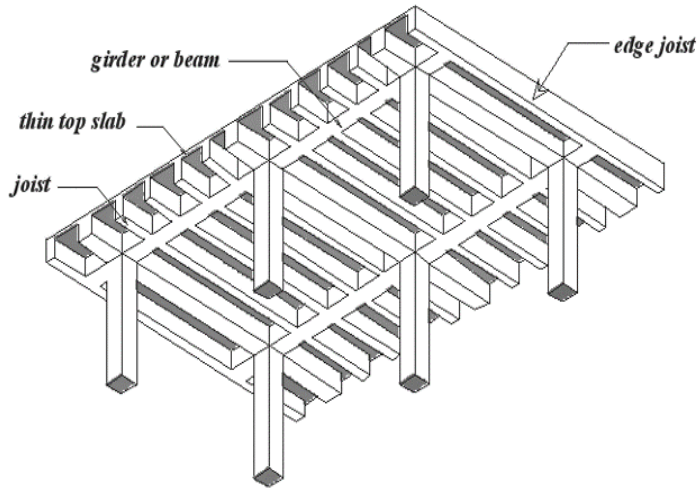
شكل (1.2): البلاطات الخرسانية المصمتة

(2) البلاطات ذات الأعصاب Ribbed Slabs

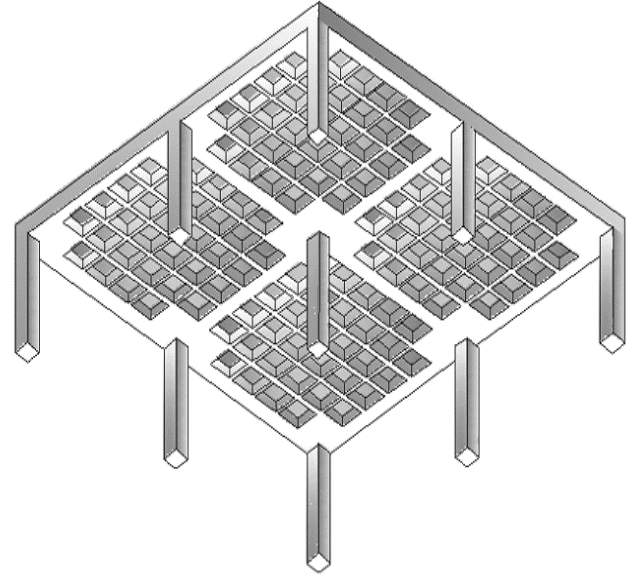
هي بلاطات خفيفة الوزن، تحتوي على عدد من الأعصاب الطولية الضيقة (Ribs) أسفلها، تفصل بينها فراغات أو بلوكات (مثل البلوك الهوردي)، وتُغطى من الأعلى بطبقة خرسانية تُسمى الغطاء العلوي.

وتوجد عدة أنواع من البلاطات ذات الأعصاب:

- بلاطات ذات أعصاب في اتجاه واحد: تتكون من أعصاب خرسانية موازية في اتجاه واحد فقط.
- بلاطات ذات أعصاب في اتجاهين: وتعرف أيضا باسم بلاطات الواصل Waffle Slabs، تحتوي على أعصاب خرسانية متقاطعة في اتجاهين متعامدين.



البلاطات ذات الأعصاب في الإتجاه الواحد



البلاطات ذات الأعصاب في الاتجاهين

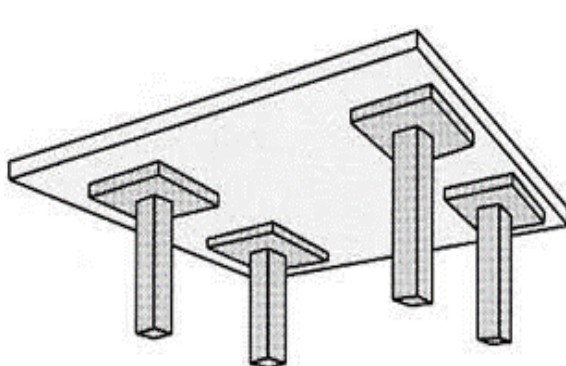
شكل (2.2): البلاطات الخرسانية ذات الأعصاب

3) البلاطات المسطحة Flat Slabs

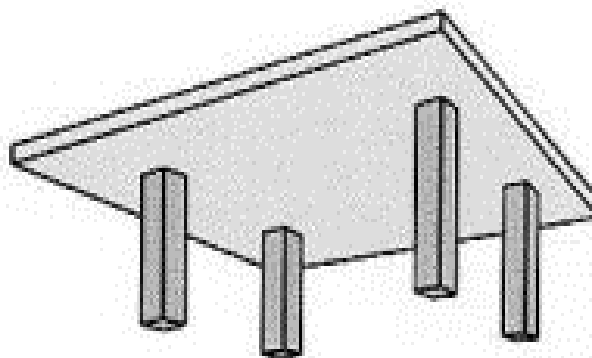
وهذا النوع من البلاطات لا ترتكز على كمرة دائما وترتكز مباشرة على الأعمدة وينقسم إلى أربعة أنواع:

- بلاطات مسطحة لوحية Flat Plat: هي بلاطات ترتكز على أعمدة مباشرة ولها سمك ثابت.
- بلاطات مسطحة ذات سقوط Flat Slabs with Drop Panel: هي بلاطات خرسانية يُزاد سمكها حول الأعمدة لتقوية المنطقة ضد القص.

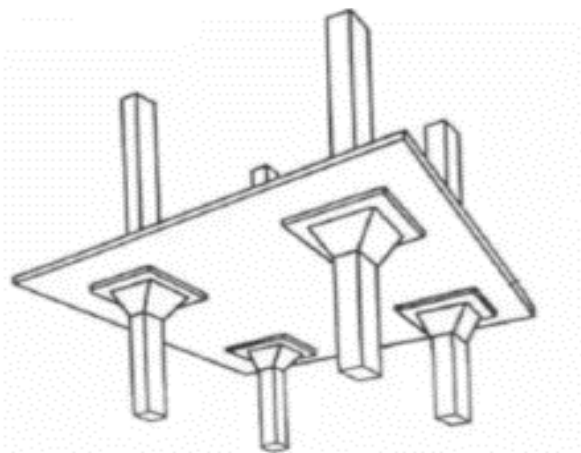
- بلاطات مسطحة ذات التيجان Flat Slabs with Column Head: هي بلاطات خرسانية يُزاد سمكها عند رؤوس الأعمدة (التيجان) لتحسين مقاومتها للقص ونقل الأحمال بفعالية.
- بلاطات مسطحة ذات التيجان والسقوط Flat Slabs with Column Head and Drop Panel: تُستخدم البلاطات ذات التاج والسقوط معاً عندما لا يكفي أحدهما وحده لمقاومة القص، حيث يعزز السقوط السماكة، ويُحسن التاج توزيع الحمل حول العمود.



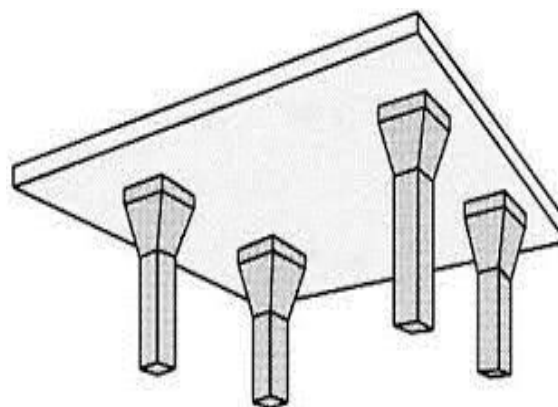
بلاطة مسطحة ذات سقوط



بلاطة مسطحة لوحية



بلاطة مسطحة ذات التيجان والسقوط



بلاطة مسطحة ذات التيجان

شكل (3.2): البلاطات المسطحة

اختير نظام البلاطة المسطحة لتشكيل الأسقف نظراً لما يتميز به من مزايا عديدة، منها:

1. إعطاء مرونة معمارية، بسبب اختفاء الكمرات.
2. تقليل أعمال النجارة والحدادة مقارنة بالبلاطات الكمرية.

3. التقليل من زمن تركيب الشدة.
4. إعطاء مظهر معماري حسن، حيث إن استواء السطح يوفر مستوى إضاءة أفضل.
5. إمكانية تقليل الارتفاع الكلي للمبنى.
6. عدم وجود عوائق لأعمال التكييف والكهرباء ومواسير الصرف الصحي.
7. توفير في أعمال الشدات الخشبية.
8. شد البلاطة المسطحة يستغرق وقتاً أقل من البلاطة المصمتة.

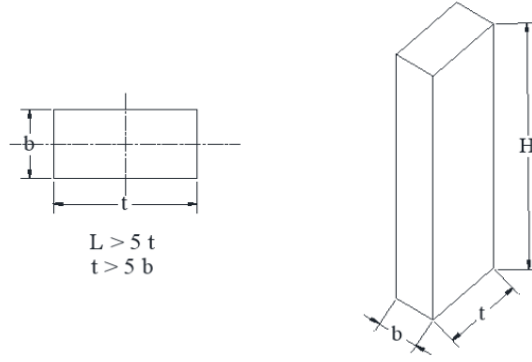
2. الكمرات

تعرف على أنها الأعضاء الأفقية التي تقوم بحمل البلاطات وما عليها من أحمال، وكذلك الحوائط، ونقل هذه الأحمال إلى الأعمدة التي بدورها تنقلهما للقواعد ثم إلى التربة. وهناك أنواع مختلفة من الكمرات الخرسانية المسلحة، منها:

- 1) الكمرات الساقطة.
- 2) الكمرات المقلوبة.
- 3) الكمرات المدفونة.
- 4) الكمرات الكابولي.

3. الأعمدة

يمكن تعريف الأعمدة بأنه العضو الانشائي المعرض أساساً لقوة ضغط ويزيد طوله (في اتجاه محور العمود) عن خمس أمثال البعد الأصغر لمقطع العمود. كما لا يزيد البعد الأكبر لمقطع العمود عن خمس أمثال البعد الأصغر وتأخذ الأعمدة أشكالاً مثل المستطيل، والدائري، والمضلع، والأعمدة المركبة من مستطيلات. ووظيفة العمود أساساً هو نقل الحمل المؤثر عليه إلى القواعد والتي تنقلها بدورها إلى الأرض.



شكل (4.2): توضيح مقطع العمود

أنواع الأعمدة (Types of Columns):

يمكن تصنيف الأعمدة الخرسانية بعده طرق مختلفة كما يلي:

1. حسب شكل مقطع العمود. (According to Shape)
2. حسب مادة العمود. (According to Material)
3. حسب التدعيم الجانبي. (According to Side Bracing)
4. حسب القابلية للانبعاج. (According to Buckling)
5. حسب شكل الكانات. (According to shape of lateral reinforcement)

4. الجدران الاستنادية

الجدران الاستنادية هي عناصر إنشائية تُستخدم لدعم التربة عند مستويات مختلفة، وتعمل على مقاومة الضغوط الجانبية الناتجة عن التربة والمياه الجوفية. تُستخدم هذه الجدران بشكل شائع في المواقع التي تحتوي على منحدرات أو اختلافات كبيرة في المناسيب، وتُساهم في منع الانزلاقات الأرضية وضمان استقرار التربة المجاورة للمنشآت.

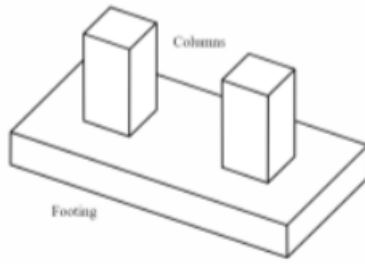
أنواع الجدران الاستنادية:

- 1) جدران الجاذبية (Gravity Retaining Walls): تعتمد على وزنها الذاتي لمقاومة ضغط التربة، تصنع من الحجر أو الخرسانة غير المسلحة أو الكتل الخرسانية. تُستخدم للجدران الصغيرة إلى المتوسطة الارتفاع.
- 2) الجدران الخرسانية المسلحة (Reinforced Concrete Retaining Walls): تُصمم لمقاومة الانحناء والقص الناتج عن ضغط التربة، وتشمل نوعين رئيسيين:
 - جدران كابولية (Cantilever Walls): تتكون من ساق رأسية وقاعدة تمتد تحت التربة. تستخدم تسليحًا داخليًا لمقاومة الانحناء والقص.
 - جدران مدعمة بدعائم خلفية (Counterfort Walls): تُستخدم في الجدران العالية، حيث تُضاف دعائم مثلثة خلف الجدار لتقليل عزوم الانحناء.
- 3) الجدران الساندة من الركائز (Sheet Pile Walls): تُستخدم في التربة الرملية أو الرخوة، تُصنع من صفائح فولاذية أو بلاستيكية تُغرس في التربة. مناسبة للمواقع ذات المساحة الضيقة أو تحت منسوب المياه.

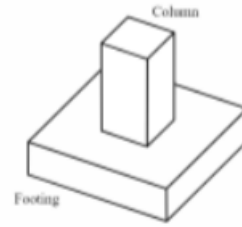
5. الاساسات

الأساسات هي الجزء السفلي من أي منشأة، وتتمثل وظيفتها الأساسية نقل الأحمال من المبنى إلى التربة أو الصخور الموجودة في الموقع، بطريقة تضمن ثبات واستقرار المنشأة، ومنع الهبوط غير المنتظم أو الانهيار، يُعد تصميم الأساسات من الخطوات الحاسمة في ضمان سلامة المنشآت. وتنقسم الأساسات إلى:

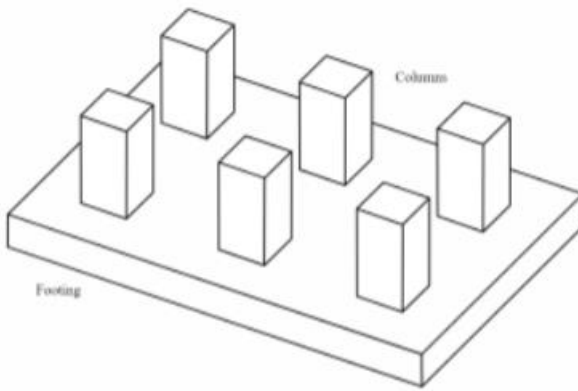
1. الأساسات السطحية (Shallow Foundations): تُستخدم عندما تكون طبقات التربة الحاملة قريبة من سطح الأرض. وتتميز بسهولة التنفيذ وانخفاض التكلفة النسبية. وأنواعها:
 - أ) أساسات منفصلة (Isolated Footings): تُنفذ تحت الأعمدة المفردة، وتأخذ عادةً شكلًا مربعًا أو مستطيلًا.
 - ب) أساسات مشتركة (Combined Footings): تُستخدم عندما تكون الأعمدة متقاربة أو قريبة من حدود الأرض، بحيث لا يمكن استخدام أساس منفصل لكل عمود.
 - ج) أساسات شريطية (Strip Footings): تُستخدم أسفل الجدران الحاملة، وتكون بشكل مستمر على طول الجدار.
 - هـ) الأساس الحصري أو اللبشة (Raft or Mat Foundation): عبارة عن بلاطة خرسانية تغطي كامل مساحة المبنى، تُستخدم عندما تكون التربة ضعيفة وتوزيع الأحمال يحتاج إلى مساحة كبيرة.



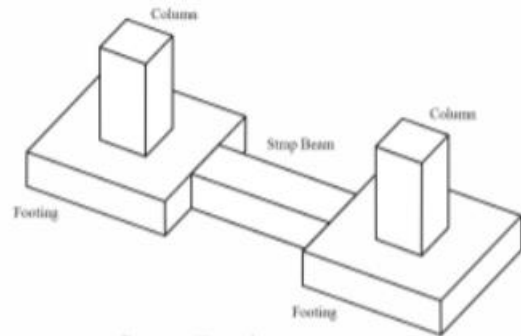
أساسات مشتركة



أساسات منفصلة



اللبشة



أساسات شريطية

شكل (5.2): أنواع الأساسات السطحية

اعتمد في هذا المشروع على أساسات من نوع الحصيرة لتحقيق الاستقرار الإنشائي.

2. الأساسات العميقة (Deep Foundations): تُستخدم عندما تكون التربة السطحية ضعيفة وغير قادرة على تحمل الأحمال، فيتم نقل الأحمال إلى أعماق أكبر ذات قدرة تحمل أعلى. أنواعها:

1. ركائز أو الخوازيق (Piles): هي عناصر طويلة ونحيفة تُغرس في التربة، وتنقسم إلى:

- ركائز حفر (Bored Piles)

- ركائز دق (Driven Piles)

2. القيسونات (Caissons): تُنفذ بطريقة الحفر الواسع وغالبًا تُستخدم في الأساسات البحرية أو الجسور، وتُملأ بالخرسانة في الموقع.

2.2.2. أنواع الخرسانة:

توجد العديد من الأنواع المختلفة للخرسانة التي تختلف عن بعضها من ناحية التحضير أو الاستخدام وفيما يلي بعض من أبرز هذه الأنواع:

1. خرسانة عادية: تتألف من الخرسانة بشكل كامل وتوجد في العناصر الإنشائية التي تخضع لإجهادات الضغط.

2. خرسانة مسلّحة: يتم تدعيمها بحديد التسليح، حيث أنّ الخرسانة تقاوم إجهادات الضغط فقط لذلك نلجأ إلى استخدام الحديد الذي يتمتع بقدرة كبيرة على مقاومة إجهادات الشد وذلك لقرب معامل التمدد للخرسانة والحديد وشبه تطابق الجزء المرن لحديد التسليح لمخطط الإجهاد والانفعال للخرسانة. وتستخدم الخرسانة المسلحة على نطاق أوسع بكثير فهي تدخل في جميع العناصر الإنشائية تقريبًا (بلاطات - كمرات - أعمدة. إلخ).

3. خرسانة مسبقة الإجهاد: من الأنواع الشائعة بكثرة لما تقدمه من مزايا كبيرة، حيث تُصنع العناصر الخرسانية في مصانع متخصصة تعمل على إكسابها إجهادات ضغط مناسبة قبل تحميلها لتجعلها عناصر مسبقة الإجهاد ويمكن تركيبها بشكل مباشر في المشروع.

3.2.2. خواص الخرسانة:

تحتوي الخرسانة على مجموعة من الخصائص، وهي:

1. مقاومة الخرسانة للضغط (f_c)

مقاومة الخرسانة للضغط توحي إجهاد كسر الأسطوانة القياسية cm (25-30) عن عمر 28 يوما.

2. كثافة الخرسانة (γ_c)

وهي وزن المتر المكعب الواحد من الخرسانة.

$$\text{plain concret} \rightarrow \gamma_c = 22 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Reinforced concrete} \rightarrow \gamma_c = 25 \text{ kN/m}^3$$

3. مقاومة الخرسانة للشد (f_{crt})

هي أكبر مقاومة تتحملها الخرسانة في حال تعرضها الى اجهادات شد، وإذا زاد اجهاد الشد المؤثر على الخرسانة عن هذه القيمة تبدأ الخرسانة في التشرخ، وهي تقارب (10-15%) من مقاومة الخرسانة للضغط.

وبعد عدة اختبارات معملية وفرت المواصفات قوانين لحساب مقاومة الخرسانة للشد.

$$f_{crt} = 0.62\sqrt{f_c} \quad \text{N/mm}^2$$

4. الإجهاد

وهو القوة المؤثرة عموديا على وحدة المساحات لسطح معين في حالتي قوى الضغط والشد.

5. الانفعال

هي نسبة الانضغاط في المكعب او التغير في الطول بالنسبة للطول الأصلي تحت تأثير الشد او الضغط، وقد وجد ان اقصى انفعال تتحمله الخرسانة يتراوح بين 0.002 الى 0.003 طبقا للمواصفات الامريكية ويمكن حساب معامل مرونة الخرسانة طبقا للمواصفات

$$E_c = 4700\sqrt{f_c} \quad \text{N/mm}^2$$

4.2.2. خواص الحديد:

1. اجهاد الخضوع (f_y)

هو اجهاد الشد التي تصبح عنده الاستطالة غير طبيعية أي تحدث له استطالة كبيرة ومفاجئة عند هذا الاجهاد.

2. اجهاد الكسر (f_u)

هو الاجهاد الذي بقطع او يكسر عنده الحديد.

3. معامل مرونة الحديد (E_s)

هو ميل العلاقة الخطية بين الاجهاد والانفعال في منطقة المرونة، ويساوي طبقا للمواصفات الامريكية

$$E_s = 2 * 10^5 \text{ N/mm}^2$$

4. كثافة الحديد (γ_s)

وهي وزن المتر المكعب الواحد من الحديد.

3.2. الأحمال الإنشائية:

الأحمال الإنشائية هي القوى المؤثرة على أي عنصر من عناصر المنشأ، وتؤخذ جميع الأحمال في الاعتبار عند التصميم الإنشائي طبقا لنوع المنشأ وشكل توزيع الأحمال ومدى استمرارها وطبيعتها إن كانت ساكنة او متحركة وما إلى ذلك من العوامل التي قد تؤثر على مقدار الأحمال المؤثرة على المنشأ. ويقوم المهندس بتحليل القوى وتقييم الإجهادات التي قد تحدث حتى يتم تقاؤها او التحكم فيها.

1.3.2. أنواع الأحمال الإنشائية:

تنقسم الأحمال الإنشائية الى:

1.1.3.2. الأحمال الأساسية (Main Loads)

هي الأحمال المباشرة وهي مجموعة من القوى التي يتعرض لها المنشأ وهي:

- الأحمال الميتة (Dead loads)
- الأحمال الحية (Live loads)
- أحمال الرياح (Wind loads)
- أحمال الزلازل (Earthquake)
- أحمال الثلوج (Snow loads)

2.1.3.2. الأحمال الثانوية (Secondary Loads)

وهي الأحمال الغير مباشرة التي قد يتعرض لها المنشأ كالقوى الناتجة عن:

- الحرارة
- الانكماش
- الزحف

1. الأحمال الميتة (السكنة) Dead loads:

وهي القوى الدائمة الناتجة عن الجاذبية، مثل وزن المنشأ الذاتي والعناصر الثابتة فوقه كالقواطع، الجدران، أعمال الأرضيات، التمديدات، وشبكة الخدمات، بالإضافة إلى القوى الجانبية الناتجة عن الأثقال الخارجية، كقوة دفع التربة للجدران الساندة، ويكون اتجاهها عمودياً إلى الأسفل.

تُعد نسبة الأحمال الميتة إلى الحية مؤشراً على كفاءة المنشأ، ويُسعى دائماً إلى تخفيض هذه النسبة إلى الحد الأدنى الممكن، ويمكن تحقيق ذلك من خلال استخدام مواد إنشاء أكثر كفاءة، واللجوء إلى طرق إنشاء وتصميم حديثة. يوضح الجدول (1.2) كثافة بعض المواد المستخدمة في البناء.

نوع المادة	الكثافة (KN/m^3)
طوب بناء	20
الاسمنت	14
الجبس	12
الخرسانة العادية	23
الخرسانة المسلحة	25
التربة الجافة	16
الطوب الاسمنتي	41
الرمل	17
الحديد	78
عازل الرطوبة	14
مونة الاسمنت	20
بطانة الطلاء	20

جدول (1.2): كثافة المواد الإنشائية

2. الأحمال الحية Live loads:

هي الأحمال التي تتعرض لها الأبنية والمنشآت بحكم استعمالها المختلفة، أو استعمالات أي جزء منها، بما في ذلك الأحمال الموزعة، والمركزة، وأحمال الصدم والاهتزاز. وتعتمد الأحمال الحية على طبيعة استخدام المنشأ (سكني، خدمي، مستشفى)، وتشمل ما يلي:

- أفعال الأشخاص المستخدمين للمنشأة.
- الأحمال الديناميكية، مثل الأجهزة التي تنتج عنها اهتزازات تؤثر على المنشأ.
- الأحمال الساكنة التي يمكن تغيير أماكنها من وقت لآخر، مثل الأثاث والأجهزة.
- جدران التقسيم (Partitions) غير محددة المواقع بدقة.

3. أحمال الرياح Wind loads:

الرياح هي هواء متحرك، ولل هواء كتلة وكثافة ووزن خاص به. وبناءً على ذلك، يمكن لأحمال الرياح أن تُحدث قوى ضغط أو سحب على الأسطح الخارجية للمبنى، مثل الجدران والسقف. وتعتمد شدة هذه الأحمال على عدة عوامل، من بينها سرعة الرياح، وارتفاع المبنى، والموقع الجغرافي، ونوع التضاريس المحيطة به.

4. أحمال الزلازل Earthquake:

أحمال الزلازل هي القوى الناتجة عن حركة الأرض أثناء وقوع الزلازل، والتي تؤثر بشكل مباشر على المنشآت. وتحدث الزلازل اهتزازات قوية قد تؤدي إلى تأثيرات خطيرة على المباني، مثل الانحناءات، أو التشققات، أو حتى الانهيارات الكلية أو الجزئية. وتختلف شدة هذه الأحمال تبعاً لعدة عوامل، منها: قوة الزلازل، والموقع الجغرافي، ونوع التربة، وارتفاع المبنى.

5. أحمال الثلوج Snow loads:

في التصميم الإنشائي، تُؤخذ أحمال الثلوج بعين الاعتبار في البلدان التي تتساقط فيها الثلوج بكثرة، لضمان قدرة المبنى على تحمل الوزن الزائد الناتج عن تراكمها. ويُستخدم في ذلك مواد وتصاميم قادرة على توزيع وتحمل هذه الأحمال بشكل آمن. تزداد الأحمال مع زيادة سمك الثلوج وتراكمها، وقد تؤدي هذه الأحمال إلى ضغط كبير على الأسطح الهيكلية للمبنى، مثل الأسطح والجدران، مما قد يسبب تشوهات أو حتى انهيارات في بعض الحالات.

4.2. قيم الأحمال الحية:

الجدول المرفق يبين قيم الأحمال الحية لأنواع مختلفة من المنشآت من حيث الاستخدام حسب الكود المستخدم:

الوزن (kN/m^2)	عنصر المبنى
1.9	المباني السكنية:
1.9	غرف سكنية
2.0	سلالم، مطابخ، حمامات
	بلكنات
2.4	المباني الإدارية:
4.79	غرف المكاتب
4.0	غرف حفظ الملفات في المكتب
4.79	سلالم
	بلكنات
1.92	المستشفيات:
2.87	غرف علاج المرضى
2.87	غرف الجراحة
3.83	غرف الأشعة
4.79	سلالم وطرقات
	بلكنات
1.9	مواقف السيارات
2.4	مواقف سيارات (المركبات الخفيفة)
1.9	مواقف سيارات (الحافلات/الشاحنات)
	اسطح مواقف السيارات
4.79	المحلات:
6.0	محلات البيع العادية
	محلات البيع بالجملة والمخازن
1.92	الفنادق:
2.4	غرف النزلاء
4.79	غرف الخدمة العامة
3.84-1.92	غرف الطعام والمطاعم
	السلالم والطرقات
2.87	المكتبات:
7.18	غرف حفظ الكتب ذات ارفق وممرات
3.0	غرف تخزين الكتب
	غرف الاطلاع

جدول (2.2): قيم الاحمال الحية المؤثرة على المنشأ

الفصل الثالث:

الأسس الافتراضية وحساب الأحمال

Assumptions and Load Calculations

1.3. حالات التحميل:

وفقا للكود [ACI 318M-14] فإن حالات التحميل للأحمال تحسب من المعادلات التالية:

$$W_u=1.4D$$

$$W_u=1.2D+1.6L+0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$W_u=1.2D+1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.5W)$$

$$W_u=1.2D+1.0W+1.0L+0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$$

$$W_u=1.2D+1.0E+1.0L+0.2S$$

$$W_u=0.9D+1.0W$$

$$W_u=0.9D+1.0E$$

حيث أن:

D: الحمل الميت (Dead Load)

L: الحمل الحي (Live Load)

L_r: حمل الأسطح (Roof Live Load)

S: حمل الثلوج (Snow Load)

R: حمل المطر (Rain Load)

W: حمل الرياح (Wind Load)

E: حمل الزلزال (Earthquake Load)

الجدول التالي يوضح معاملات الأمان المستخدمة حسب المواصفات الأمريكية [ACI 318M-14] لتخفيض المقاومة حيث يقدم معامل الأمان ضماناً ضد الانهيارات الغير المؤكدة في المستقبل. عندما يتم تجاوز حمل التصميم في الاستعمال، تغطي هذه المعاملات ما ينتج عن سوء مصنعية وتنفيذ المواد المستخدمة.

البيان	قيمة المعامل ϕ
الانحناء بوجود شد محوري او بدونه	0.9
شد محوري	0.9
القص واللي	0.75
أعضاء انضغاط محاطة بالكانات	0.7
التحميل على الخرسانة	0.7
الانحناء على الخرسانة غير المسلحة	0.65

جدول(1.3): بعض قيم معاملات الأمان المستخدمة

2.3. الفرضيات المستخدمة في المشروع:

يشمل هذا الجزء من المشروع المتطلبات الأساسية لضمان جودة التنفيذ، بما في ذلك الخصائص المطلوبة لتحمل التربة للأحمال، ومقاومة الخرسانة المسلحة لقوى الضغط، بالإضافة إلى المواصفات الفنية الواجب توافرها في حديد التسليح لضمان الكفاءة والمتانة الإنشائية.

الوصف	القيمة
مقاومة الخرسانة للضغط (f'_c)	28 MPa
إجهاد الخضوع لحديد التسليح (f_y)	420MPa
وحدة أوزان الخرسانة المسلحة	25 kN/m ³
معامل المرونة للخرسانة (E_c)	249*10 ⁵ kN/m ²
معامل المرونة للحديد (E_s)	200*10 ⁶ kN/m ²
قدرة تحمل التربة q_{soil}	200kN/m ²

جدول(2.3): فرضيات كل من الخرسانة وحديد التسليح وقوة تحمل التربة

3.3. حساب الأحمال على العناصر:

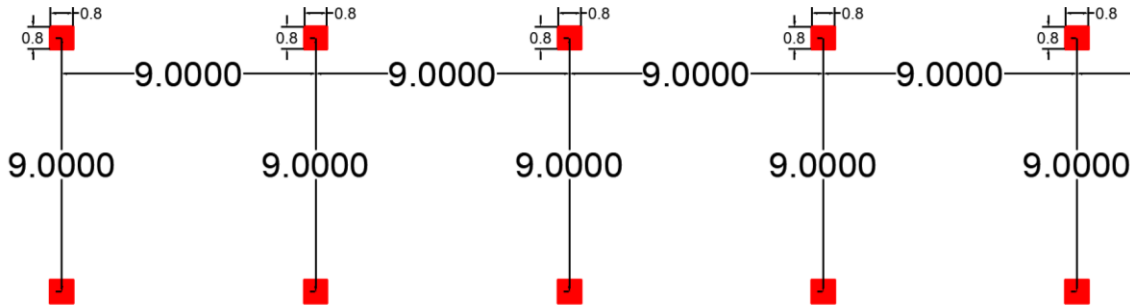
1.3.3. حساب الأحمال على البلاطة

حساب الأحمال الميتة (Dead Loads):

تم حساب السمك الأدنى المسموح به للبلاطة ($h_{s \min}$) طبقاً للمواصفات التصميمية [ACI 318M-14] المبينة في الجدول (5.2):

f_y (MPa)	Without drop panels		With drop panels	
	Exterior panels	Interior panels	Exterior panels	Interior panels
	Without edge beams		Without edge beams	
420	$\frac{L_n}{30}$	$\frac{L_n}{33}$	$\frac{L_n}{33}$	$\frac{L_n}{36}$

جدول (3.3): السمك التصميمي الأقل حسب المواصفات [ACI 318M-2014]



شكل (1.3): الأبعاد بين الأعمدة

من خلال الشكل السابق نجد أن طول البحر الصافي بين الأعمدة (L_n) يساوي:

$$L_n = 9 - 0.8 = 8.2m$$

سمك البلاطة المسطحة بدون Drop Panels

$$h_{smin} = \frac{8200}{30} = 273.333mm , \quad \frac{8200}{33} = 248.485mm$$

نجد أن سمك البلاطة (h_s) يساوي:

$$h_s \approx 300mm$$

ولكن عند التحقق من مقاومة البلاطة باستخدام السمك المحسوب، تبين أن السمك غير كافٍ لتحمل الأحمال، خاصة من ناحية القص الثاقب عند الأعمدة الداخلية، ولا يحقق متطلبات الأمان.

بناءً على ذلك، تم تعديل النموذج الإنشائي بإضافة لوحة إسقاط *Drop panel* في منطقة الأعمدة الداخلية، لتحسين مقاومة البلاطة وزيادة فعاليتها في مقاومة القص والانحناء دون الحاجة إلى زيادة كبيرة في السماكة العامة.

• سمك البلاطة المسطحة في وجود Drop Panels عند الأعمدة الداخلية

$$h_{smin} = \frac{8200}{33} = 248.485mm , \quad \frac{8200}{36} = 227.778mm$$

تم اختيار سمك 300 مم بدل القيم المحسوبة وذلك لما يوفره من أمان أكبر ضد القص الثاقب، وكذلك يزيد من الصلابة والمتانة، ويعطي هامشاً مناسباً لفتحات الخدمات وتفاوتات التنفيذ، وهو الأنسب لظروف مواقف السيارات.

وفقاً لما تنص عليه المواصفات التصميمية، فإنه عند استخدام في نظام البلاطات المسطحة، يجب ألا يقل سمك Drop Panel عن ربع سمك البلاطة، أي:

$$h_{d.p} = \frac{1}{4} * h_s$$

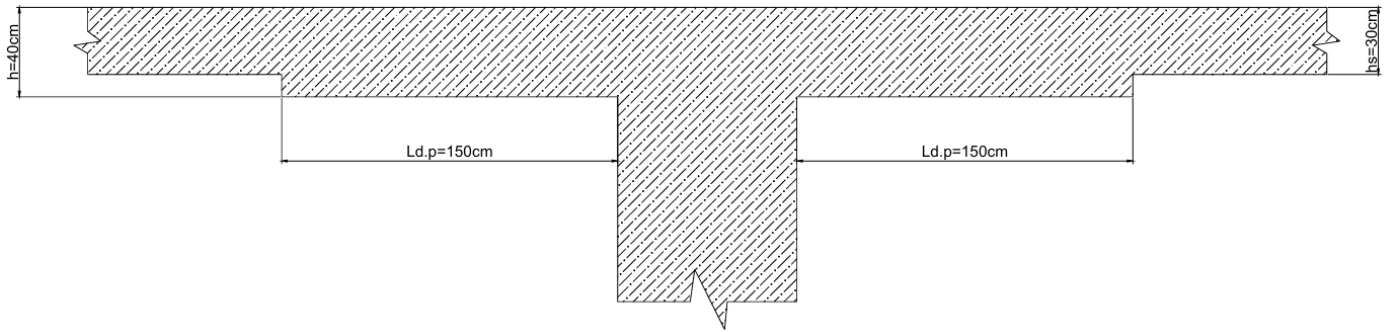
$$h_{d.p} = \frac{1}{4} * 300 \approx 100mm$$

$$h = 300 + 100 = 400mm$$

كما تم تحديد بُعد حافة Drop Panel من مركز العمود بما يتماشى مع ما تنص عليه المواصفات التصميمية، حيث يُوصى بأن يمتد Drop Panel من مركز العمود مسافة تساوي سدس البحر الممتد من مركز عمود إلى مركز العمود المجاور، أي:

$$L_{d.p} = \frac{L}{6}$$

$$L_{d.p} = \frac{9}{6} = 1.5m$$



شكل (2.3): الأبعاد التصميمية للبلاطة عند العمود الداخلي

تم فرض حمل موزع منتظم بقيمة (2.0 kN/m^2) على البلاطة، ليمثل الأحمال الدائمة الناتجة عن طبقات التشطيب المختلفة (كالمونة، العزل، وغيرها)، ويتضمن هذا الحمل أيضًا وزن الزجاج المستخدم في واجهات المبنى، نظرًا لامتداده وتثبيتته على البلاطات.

بعد الانتهاء من تحديد السمك المناسب للبلاطة وإضافة Drop Panel للأعمدة الداخلية لمعالجة القصور في المقاومة، واعتماداً على المواصفات، تم حساب الأحمال الميتة التي كانت كالتالي:

للأعمدة الداخلية:

$$D.L = \gamma * hs + Floorng + \gamma * h_{d.p}$$

$$D.L = 25 * 0.3 + 2 + 25 * 0.1 = 12 \text{ kN/m}^2$$

للأعمدة الخارجية:

$$D.L = \gamma * hs + Floorng$$

$$D.L = 25 * 0.3 + 2 = 9.5kN/m^2$$

حساب الأحمال الحية (Live Loads):

تم اعتماد الأحمال الحية المؤثرة على البلاطة بناءً على نوع استخدام المساحات داخل المبنى. وقد حُددت قيمة هذه الأحمال باعتبار أن الاستخدام يتطلب استيعاب تجمعات أو أحمال متركزة، مما يتطلب مراعاة قيمة أعلى لضمان السلامة والكفاءة الإنشائية.

$$L.L = 5 kN/m^2$$

الحمل المصمم (Ultimate Load):

$$Wu = 1.2D.L + 1.6L.L$$

الحمل المسلط الأقصى على الأعمدة الداخلية:

$$Wu = 1.2 * 12 + 1.6 * 5 = 22.4kN/m^2$$

الحمل المسلط الأقصى على الأعمدة الخارجية:

$$Wu = 1.2 * 9.5 + 1.6 * 5 = 19.4kN/m^2$$

2.3.3. حساب الأحمال على العمود

تتعرض الأعمدة في المنشآت إلى أحمال متعددة تُنقل إليها من البلاطات المسطحة. وتشمل هذه الأحمال: الأحمال الميتة والأحمال الحية.

$$D.L = sh * \gamma * Ar + Flooring * Ar + h_{d.p} * \gamma * Ar_{d.p} = 805.6 \text{ kN}$$

$$D.L = 0.3 * 25 * 9 * 9 + 2 * 9 * 9 + 0.1 * 25 * 3.8 * 3.8 = 805.6 \text{ kN}$$

$$L.L = live \text{ load} * Ar = 405 \text{ kN}$$

$$L.L = 5 * 9 * 9 = 405 \text{ kN}$$

بذلك يكون الحمل المؤثر على الأعمدة هو

$$Pu = 1.2 * 805.6 + 1.6 * 405 = 1614.72 \text{ kN}$$

الفصل الرابع:

تصميم العناصر الإنشائية

Design of Structural Elements

1.4. المقدمة

يتناول هذا الفصل خطوات تصميم العناصر التي تُكوّن الهيكل الإنشائي للمبنى، مثل البلاطة، الأعمدة، والأساسات. كما يهدف إلى عرض منهجية التصميم وفقاً للكوود [ACI 318M-14] والمعايير الهندسية المعتمدة، مع مراعاة عوامل الأمان والكفاءة في استخدام المواد.

2.4. تصميم البلاطة

تم اختيار نظام البلاطات المسطحة (Flat Slabs) ، والذي يُعد من أكثر الأنظمة استخداماً في مواقف السيارات، لما يتميز به من مزايا عديدة، منها:

1. إعطاء مرونة معمارية، بسبب اختفاء الكمرات.
2. تقليل أعمال النجارة والحدادة مقارنة بالبلاطات الكمرية.
3. التقليل من زمن تركيب الشدة.
4. يعطي منظراً معمارياً حسناً حيث إن استواء السطح يعطي مستوى إضاءة أفضل.
5. يمكن أن يعمل على توفير (تقليل) الارتفاع الكلي للمبنى.
6. عدم وجود عوائق لأعمال التكييف والكهرباء ومواسير الصرف الصحي.
7. توفير في أعمال الشدّات الخشبية.
8. شد بلاطة السطح المسطحة تأخذ وقتاً أقل من المصمتة.

إلا أن هذا النظام يستدعي عناية خاصة في التصميم، لضمان انتقال الأحمال بفعالية من البلاطة إلى الأعمدة، وتفايدي المشكلات الناتجة عن ضعف مناطق الاتصال أو حدوث اختراق للقص.

1.2.4. التحقق من مقاومة المقطع الخرساني للقص (Check for slab shear strength)

بفرض أن الحديد المستخدم Ø14mm

$$d = 300 - 30 - \frac{14}{2} = 263mm \quad \text{للاتجاه الطويل}$$

$$d = 300 - 30 - 14 - \frac{14}{2} = 249mm \quad \text{للاتجاه القصير}$$

$$d_{avg} = \frac{263 + 249}{2} = 256 \text{ mm}$$

• للتحقق من مقاومة الاختراق أو القص في الاتجاه الواحد (Check One-Way Shear)

لضمان أن البلاطة الخرسانية محققة للاشتراطات الأمان في مقاومة القص للاتجاه الواحد يجب ان يكون

$$(V_u < \phi V_c)$$

$$V_u = W_u * l_1 * \left[\frac{l_2}{2} - \frac{h_{col}}{2} - d \right]$$

$$= 19.4 * 9 * \left[\frac{9}{2} - \frac{0.8}{2} - 0.256 \right] = 671.16 \text{ kN}$$

$$d > 250 \text{ mm} \gg \lambda_s = \sqrt{\frac{2}{1 + 0.004d}} \leq 1$$

$$\therefore \lambda_s = 0.99405$$

$$\therefore \phi V_c = 0.75 [0.66 * 0.99405 * (0.0018)^{1/3} * \sqrt{28} * 9000 * 256] * 10^{-3} \\ = 729.736 \text{ kN}$$

$$V_u < \phi V_c \quad \therefore \text{OK}$$

• للتحقق من مقاومة القص في الاتجاهين (Check Two-Way Shear)

القص الحرج في الاتجاهين يكون على بعد $(\frac{d}{2})$ من وجه العمود

- للعمود الداخلي

$$b_o = 2(h_{col} + d) + 2(b_{col} + d)$$

$$= 4(800 + 256) = 4224 \text{ mm}$$

$$A_{tributary} = (9 * 9) - (1.056 * 1.056) = 79.885 \text{ m}^2$$

$$\beta = 1 \quad \alpha = 40$$

$$V_u = 19.4 * 79.885 = 1549.77 \text{ kN}$$

- للعمود الخارجي الطرفي

$$b_o = 2\left(h_{col} + \frac{d}{2}\right) + 2(b_{col} + d)$$

$$= 2\left(800 + \frac{256}{2}\right) + (800 + 256) = 2912 \text{ mm}$$

$$A_{tributary} = (9 * 4.5) - (0.928 * 1.056) = 39.52 \text{ m}^2$$

$$\beta = 1 \quad \alpha = 30$$

$$V_u = 19.4 * 39.52 = 766.69 \text{ kN}$$

- للعمود الخارجي الركني

$$b_o = 2\left(h_{col} + \frac{d}{2}\right) + 2\left(b_{col} + \frac{d}{2}\right)$$

$$= 2\left(800 + \frac{256}{2}\right) + \left(800 + \frac{256}{2}\right) = 1856 \text{ mm}$$

$$A_{tributary} = (4.5 * 4.5) - (0.928 * 0.928) = 19.39 \text{ m}^2$$

$$\beta = 1 \quad \alpha = 20$$

$$V_u = 19.4 * 19.39 = 376.17 \text{ kN}$$

من المعادلات الثلاث لحساب (V_c) :

$$V_c = 0.33 * \lambda * \lambda_s \sqrt{f_c'} * b_o * d$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.33}{\beta}\right) * \lambda * \lambda_s \sqrt{f_c'} * b_o * d$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.083 \alpha_s d}{b_o}\right) * \lambda * \lambda_s \sqrt{f_c'} * b_o * d$$

- للعمود الداخلي

$$V_c = 0.33 * 0.99405 * \sqrt{28} * 4224 * 256 * 10^{-3} = 1877 \text{ kN} \gg \text{control}$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.33}{1}\right) * 0.99405 * \sqrt{28} * 4224 * 256 * 10^{-3} = 2843.94 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.083 * 40 * 256}{4224}\right) * 0.99405 * \sqrt{28} * 4224 * 256 * 10^{-3} = 2111.4 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 1877 = 1407.75 \text{ kN}$$

$$V_u = 1549.77 \text{ kN} > \phi V_c = 1407.75 \text{ kN} \quad \text{NOT SAFE}$$

- للعمود الخارجي الطرقي

$$V_c = 1293.995 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 1293.995 = 970.496 \text{ kN}$$

$$V_u = 766.69 \text{ kN} < \phi V_c = 970.496 \text{ kN} \quad \text{SAFE}$$

- للعمود الخارجي الركني

$$V_c = 824.74 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 824.74 = 618.56 \text{ kN}$$

$$V_u = 376.17 \text{ kN} < \phi V_c = 618.56 \text{ kN} \quad \text{SAFE}$$

مما سبق وجد أن البلاطة عند الأعمدة الخارجية آمنة لمقاومة القص الثاقب ولكن عند الأعمدة الداخلية غير آمنة.

لمقاومة القص عند الأعمدة الداخلية يستخدم أحد الحلول التالية:

1. زيادة مقاومة الخرسانة (f_c).
2. زيادة أبعاد الأعمدة.
3. زيادة عمق البلاطة d .
4. عمل سقوط (Drop panel) حول الأعمدة الغير محققة.
5. عمل تسليح قص كانات (stirrups).
6. عمل تسليح (shear stud).

في هذا المشروع تم استخدام عمل سقوط (Drop panel) حول الأعمدة الغير محققة لمقاومة القص الثاقب كما ذكر سابقاً.

بفرض سمك للسقوط

$$h_{\text{drop panel}} = 100\text{mm}$$

$$d = 400 - 30 - \frac{14}{2} = 363\text{mm}$$

$$d = 400 - 30 - 14 - \frac{14}{2} = 349\text{mm}$$

$$d_{\text{avg}} = \frac{363 + 349}{2} = 356\text{ mm}$$

$$\begin{aligned} V_u &= W_u * l_1 * \left[\frac{l_2}{2} - \frac{h_{\text{col}}}{2} - d \right] \\ &= 22.4 * 9 * \left[\frac{9}{2} - \frac{0.8}{2} - 0.356 \right] = 754.79\text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d > 250\text{ mm} \quad \gg \quad \lambda_s &= \sqrt{\frac{2}{1 + 0.004d}} \leq 1 \\ \therefore \lambda_s &= 0.9083 \end{aligned}$$

• للتحقق من مقاومة القص في الاتجاهين في وجود Drop Panel

Two-Way Shear [$\frac{d}{2}$ from edge of Column]

التحقق من العمود الداخلي

$$b_o = 2(h_{col} + d) + 2(b_{col} + d) \\ = 4(800 + 356) = 4624 \text{ mm}$$

$$A_{tributary} = (9 * 9) - (1.156 * 1.156) = 79.664 \text{ m}^2$$

$$\beta = 1 \quad \alpha = 40$$

$$V_u = 22.4 * 79.664 = 1784.474 \text{ kN}$$

حساب قيم (V_c) للعمود الداخلي

$$V_c = 0.33 * 0.9083 * \sqrt{28} * 4624 * 356 * 10^{-3} = 2610.89 \text{ kN} \gg \text{control}$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.33}{1}\right) * 0.9083 * \sqrt{28} * 4624 * 356 * 10^{-3} = 3955.91 \text{ kN}$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.083 * 40 * 356}{4624}\right) * 0.9083 * \sqrt{28} * 4624 * 356 * 10^{-3} = 3367.31 \text{ kN}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 2610.89 = 1958.168 \text{ kN}$$

$$V_u = 1784.474 \text{ kN} < \phi V_c = 1958.168 \text{ kN} \quad \text{SAFE}$$

Two-Way Shear [$\frac{d}{2}$ from edge of drop panel]

$$b_o = 4(3800 + 256) = 16224 \text{ mm}$$

$$A_{tributary} = (9 * 9) - (4.056 * 4.056) = 64.55 \text{ m}^2$$

$$V_u = 22.4 * 64.55 = 1445.92 \text{ kN}$$

حساب قيم (V_c) للعمود الداخلي

$$V_c = 0.33 * 0.9083 * \sqrt{28} * 16224 * 256 * 10^{-3} = 7209.40 \text{ k}$$

$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.33}{1}\right) * 0.9083 * \sqrt{28} * 16224 * 256 * 10^{-3} = 9981.050 \text{ kN}$$

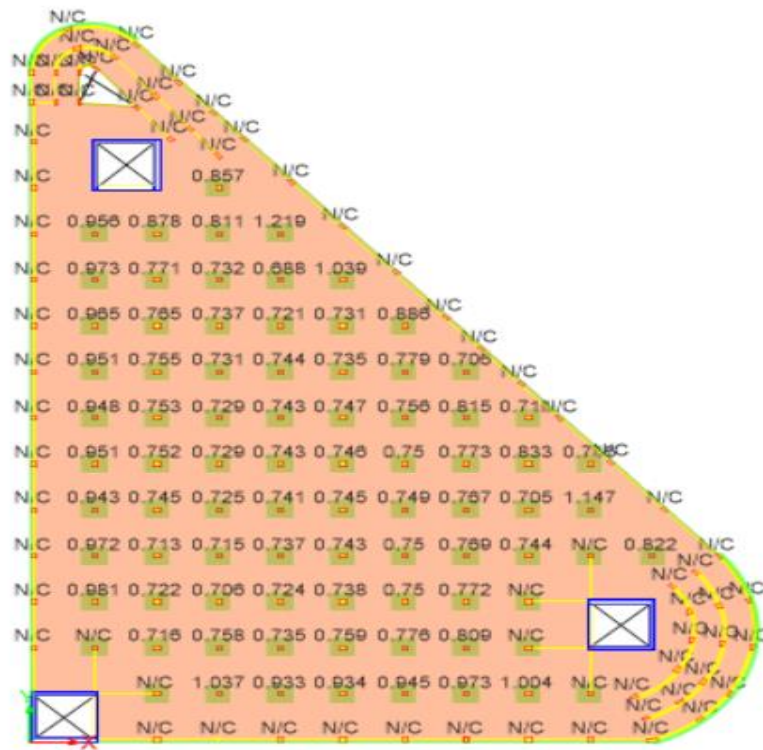
$$V_c = \left(0.17 + \frac{0.083 * 40 * 256}{16224} \right) * 0.9083 * \sqrt{28} * 16224 * 256 * 10^{-3}$$

$$= 4439.303 \text{ kN} \gg \text{control}$$

$$\phi V_c = 0.75 * 4439.303 = 3329.477 \text{ kN}$$

$$V_u = 1445.92 \text{ kN} < \phi V_c = 3329.477 \text{ kN} \quad \text{SAFE}$$

تم الحصول على قيم قوة القص الثاقب (Punching Shear) مباشرة من برنامج ETABS ، حيث أظهر البرنامج النتائج عند مواقع الأعمدة، وتبين أن القيم كانت آمنة كما هو موضح في الشكل المرفق:



شكل(1.4): قيم القص الثاقب في البرنامج (MPa)

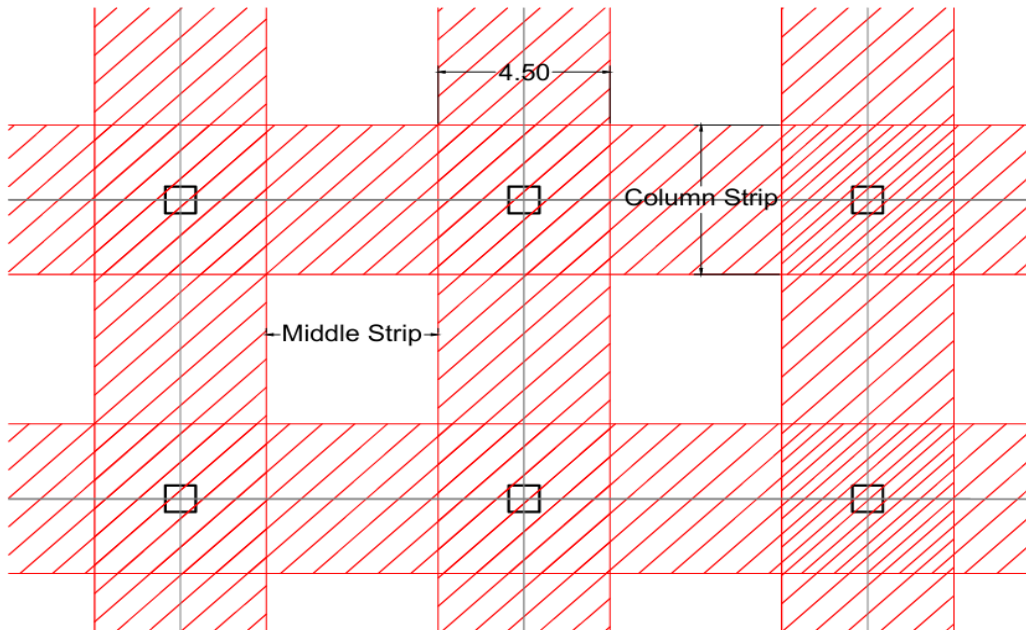
2.2.4. حساب العزوم (Calculate Bending Moment)

$$M_o = \frac{W_u * L_2 * L_n^2}{8}$$

$$M_o = \frac{22.4 * 9 * 8.2^2}{8} = 1694.448 \text{ kN.m}$$

$$\text{Column strip width, } b = \frac{9}{2} = 4.5\text{m}$$

$$\text{Middle strip width, } b = 9 - 4.5 = 4.5\text{m}$$

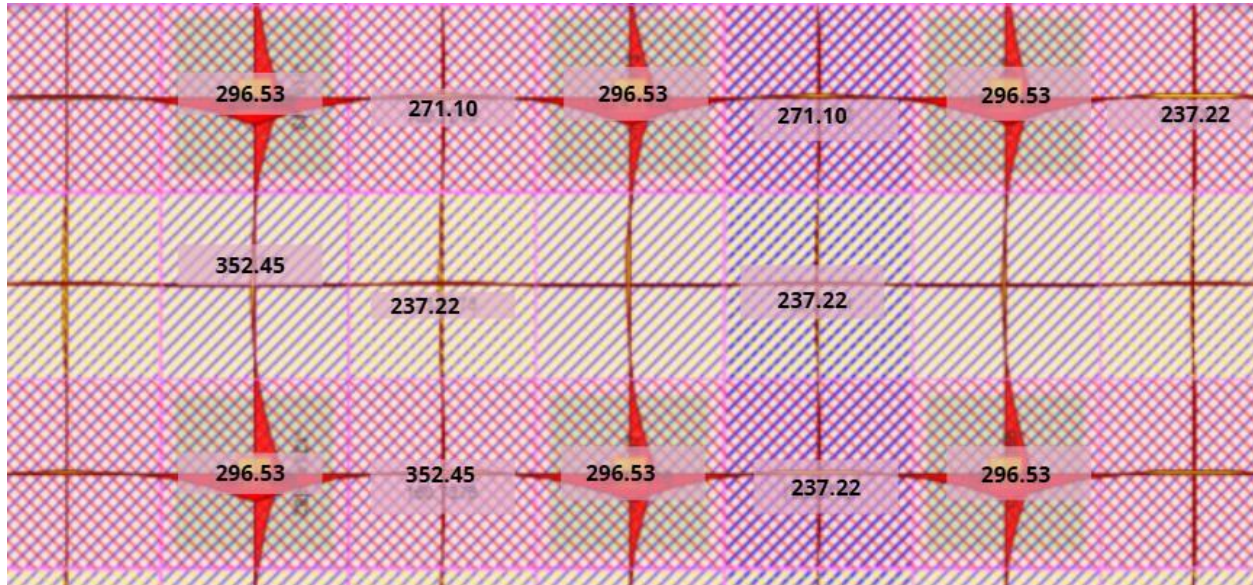


شكل (2.4): الشرائح في البلاطة

تم إجراء عملية حسابية تمثلت في ضرب قيم العزوم المحسوبة في معاملات توزيع العزم الخاصة بكل شريحة من شرائح البلاطة طبقا للكود المستخدم، وذلك بهدف تحديد التوزيع النهائي للعزوم على البلاطة. وتعرض النتائج المستخلصة من هذه العملية في الجدول التالي:

		Static Moment (kN.m)	Column Strip		Middle Strip	
			Percent	Moment (kN.m)	Percent	Moment (kN.m)
End Span	Exterior Negative	1694.448	26	440.556	0	0
	Positive		31.2	528.668	20.8	352.445
	Interior Negative		52.5	889.585	17.5	296.53
Interior Span	Negative		49	830.279	16	271.11
	Positive		21	355.834	14	237.22

جدول (1.4): توزيع العزوم



شكل (3.4): جزء من العزوم على الشرائح في البرنامج (kN.m)

• تصميم شرائح البلاطة:

- شريحة العمود:

$$M_n = \frac{M_u}{0.9} = \frac{440.556}{0.9} = 489.507 \text{ kN.m}$$

حساب نسبة حديد التسليح (ρ):

$$R_n = \frac{M_n}{b * d^2} * 10^6 = \frac{489.550}{4500 * 256} * 10^6 = 1.66 \text{ MPa}$$

$$m = \frac{f_y}{0.85 * f_c} = \frac{420}{0.85 * 28} = 17.647$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$\rho = \frac{1}{17.647} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 17.647 * 1.66}{420}} \right) = 0.0041$$

$$\beta = 0.85$$

$$f_c \leq 28 \text{ Mpa}$$

$$\rho_b = 0.85 * \frac{f_c}{f_y} * \beta * \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$\rho_b = 0.85 * \frac{28}{420} * 0.85 * \left(\frac{600}{600 + 420} \right) = 0.0283$$

$$\rho_{max} = 0.724 * \rho_b$$

$$\rho_{max} = 0.724 * 0.0283 = 0.0205 > 0.0041$$

حساب مساحة حديد التسليح الكلي:

$$As = \rho b d$$

$$As = 0.0041 * 4500 * 256 = 4723.2 \text{ mm}^2$$

$$As_{min} = \rho_{min} b h$$

$$As_{min} = 0.0018 * 4500 * 300 = 2430 \text{ mm}^2$$

نفرض قطر حديد ($\phi^d=14 \text{ mm}$)

$$n = \frac{4 * As}{\pi * \phi^{d^2}}$$

$$n = \frac{4 * 4723.2}{\pi * 14^2} \approx 31 \text{ bar}$$

$$As_{req} = \frac{n * \pi * \phi_{bar}^2}{4}$$

$$As_{req} = \frac{31 * \pi * 14^2}{4} = 4772.079 \text{ mm}$$

حساب المسافة بين الاسياخ:

$$S_{max} \begin{cases} 2h = 600 \text{ mm} \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$$

$$S = \frac{b}{n} = \frac{4500}{31} = 145.16 \text{ mm}^2 < S_{max}$$

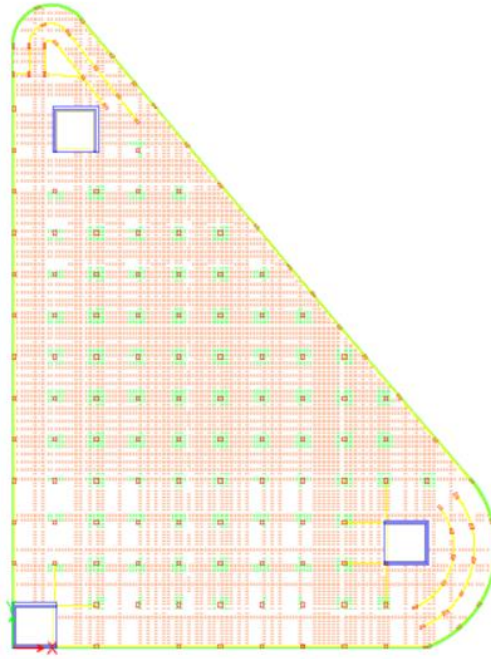
Use 31 ϕ 14mm

تم حساب أعداد حديد التسليح اللازمة لكل شريحة من شرائح البلاطة استنادًا إلى العزوم المصممة وقطر السيخ المفروض، كما هو موضح في الجدول (2.4):

Span Location		M_u ($kN.m$)	d (mm)	b (m)	ρ	A_s (mm^2)	S (mm)	A_s Rft.	$A_{S_{prov.}}$ / m
End Span									
Column Strip	Ext. Neg.	440.556	256	4.5	0.0041	4723.2	145	31Ø14	7Ø14
	Pos.	528.668	256		0.0050	5760.0	118	38Ø14	9Ø14
	Int. Neg.	889.585	356		0.0043	6888.6	100	45Ø14	10Ø14
Middle Strip	Ext. Neg.	0	256	4.5	0.0018	2073.6	321	14Ø14	4Ø14
	Pos.	352.445	256		0.0033	3801.6	180	25Ø14	6Ø14
	Int. Neg.	296.53	256		0.0027	3110.4	214	21Ø14	5Ø14
Interior Span									
Column Strip	Pos.	355.834	256	4.5	0.0033	3801.6	180	25Ø14	6Ø14
Middle Strip	Pos.	237.22	256	4.5	0.0022	2534.4	265	17Ø14	4Ø14

جدول (2.4): حديد التسليح التصميمي للبلاطة المسطحة

يُوضح الشكل (4.4) توزيع شبكة العناصر (Mesh) البلاطة المسطحة، حيث تم توليد الميش تلقائيًا باستخدام خوارزمية البرنامج مع مراعاة مواقع الأعمدة والأحمال الموزعة. تم اختيار حجم عنصر مناسب لتحقيق توازن بين دقة النتائج وزمن التحليل.



شكل (4.4): نموذج شبكة العناصر للبلاطة المسطحة (Slab Mesh Model)

3.4. تصميم الأعمدة

$$\phi P_n = \phi 0.8 [0.85 * f_c' * (A_g - A_s) + F_y * A_s]$$

بفرض نسبة حديد تسليح ($\rho_{min} = 1.17\%$)

$$A_s = 0.0117 (800 * 800) = 7488 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{4 * A_s}{\pi (\phi_b)^2} = \frac{4 * 7488}{\pi * (20)^2} = 23.84 \approx 24$$

$$\phi P_n = 0.65 * 0.8 [0.85 * 28 * (800 * 800 - 7488) + 420 * 7488] = 9463.35 \text{ kN}$$

$$\phi P_n > P_u \quad \text{OK}$$

بفرض الحديد الطولي ($\phi_b = 20mm$)، وحديد الكانات ($\phi_{st} = 10mm$) والغطاء الخرساني (cover =)

(40 mm

تم ايجاد المسافة بين القضبان

$$S = \frac{b_c - cover - 2 * \phi_{st} - n * \phi_b}{n - 1}$$

$$S_1 = \frac{800 - 2 * 40 - 2 * 10 - 7 * 20}{6} = 93.33 \text{ mm}$$

$$S_2 = \frac{800 - 2 * 40 - 2 * 10 - 5 * 20}{4} = 150 \text{ mm}$$

$$S_{min} \left\{ \begin{array}{l} 40mm \\ 1.5\phi^d \\ \left(\frac{4}{3}\right) \text{ (المقاس الأكبر للركام)} \end{array} \right.$$

$$S_{min} \left\{ \begin{array}{l} 40mm \\ 1.5 * 20 = 30mm \\ 26 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$S_{max} = 150 \text{ mm}$$

USE 24 ϕ 20mm

1.3.4. تصميم كانات العمود للقصر:

$$V_u < \phi V_c$$

$$AS_{min} \left\{ \begin{array}{l} 0.062 * \sqrt{f'c} * \frac{b * s}{f_y} \\ 0.35 * \frac{b * s}{f_y} \end{array} \right.$$

$$A_{s_{min}} \begin{cases} 0.062 * \sqrt{28} * \frac{800 * 150}{420} = 93.74 \text{ mm}^2 \\ 0.35 * \frac{800 * 150}{420} = 100 \text{ mm}^2 \quad \text{control} \end{cases}$$

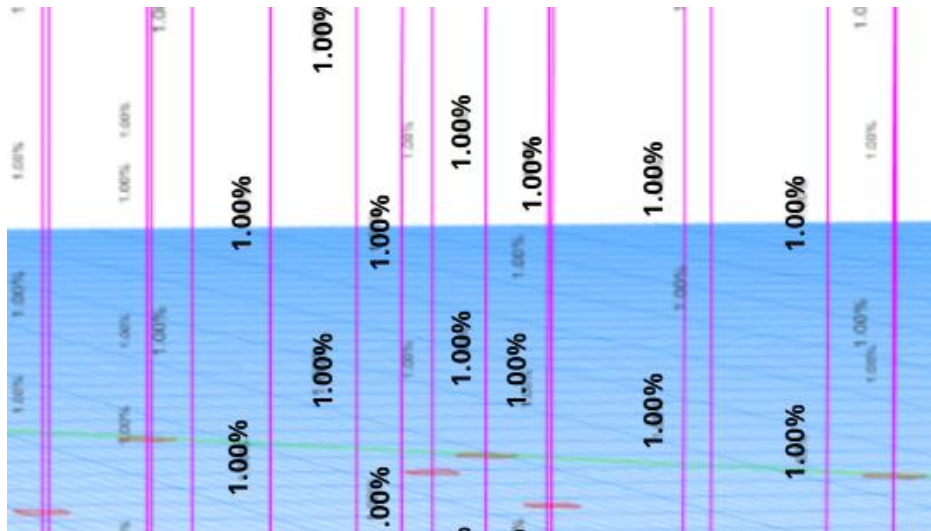
المسافة بين الكانات

$$S_{max} = \begin{cases} 16 * \phi_b \\ 48 * \phi_{st} \\ \text{اقل بعد للعمود} \end{cases}$$

$$S_{max} = \begin{cases} 16 * 20 = 320 \text{ mm} \\ 48 * 10 = 480 \text{ mm} \\ 800 \text{ mm} \end{cases}$$

lets $S = 300 \text{ mm}$

$\phi 10$ at 300 mm



شكل (5.4): صورة توضح بعض نسب حديد التسليح في العمود حسب نتائج البرنامج

4.4. تحديد الإجهادات على الأساس

تُعتبر دراسة إجهادات التربة من الجوانب الأساسية في تصميم الأساسات، حيث تُحدد قدرة التربة على تحمل الأحمال المنقولة من المبنى. وفي حالة الأساس الحصييري (اللبشة)، يتم توزيع الأحمال القادمة من الأعمدة والجدران على مساحة واسعة نسبياً، مما يساهم في تقليل قيمة الإجهادات الواقعة على التربة مقارنة بالأساسات المنفردة. لذلك فإن التحقق من إجهادات التربة أسفل الأساس الحصييري يُعد خطوة مهمة لضمان سلامة واستقرار المنشأ، والتأكد من أن التربة تعمل ضمن حدود قدرتها المسموح بها حسب الأكواد التصميمية.

1.4.4. أبعاد اللبشة:

تم رسم اللبشة وتحديد أبعادها بما يتناسب مع أبعاد موقف السيارات كما تم فرض سمك للبشة قدره 600 مم، مع الأخذ في الاعتبار الإجهادات الناتجة عن الأحمال الرأسية، ومراعاة متطلبات القص الثاقب (Punching Shear) حول الأعمدة، وذلك لضمان الكفاءة والسلامة الإنشائية حسب متطلبات الكود المعتمد.

The screenshot displays a software interface with two main sections: 'General Data' and 'Property Data'.
In the 'General Data' section, the following fields are visible:
- 'Property Name' is set to 'Mat'.
- 'Slab Material' is set to 'FC28' with a dropdown arrow and an ellipsis button.
- 'Notional Size Data' has a button labeled 'Modify/Show Notional Size...'.
- 'Modeling Type' is set to 'Shell-Thick' with a dropdown arrow.
- 'Modifiers (Currently Default)' has a button labeled 'Modify/Show...'.
- 'Display Color' shows a grey color swatch and a button labeled 'Change...'.
- 'Property Notes' has a button labeled 'Modify/Show...'.
In the 'Property Data' section, the following fields are visible:
- 'Type' is set to 'Mat' with a dropdown arrow.
- 'Thickness' is set to '600' with a unit dropdown set to 'mm'.

شكل (6.4): بيانات اللبشة في البرنامج

2.4.4. وضع الأحمال المؤثرة:

تم تطبيق الأحمال المؤثرة على اللبشة في برنامج ETABS من خلال ربط الأعمدة بالبلاطة، حيث تم نقل الأحمال الرأسية الناتجة عن الأعمدة إلى اللبشة كنقاط تحميل. يقوم البرنامج بتوزيع هذه الأحمال وتحليلها بدقة على سطح اللبشة، مع الأخذ في الاعتبار جميع الأحمال الميتة والحية وفقاً للكود المعتمد.

3.4.4. إدخال قدرة تحمل التربة:

تم فرض قيمة قدرة تحمل التربة كما ذكر سابقاً، وتم إدخالها في برنامج التحليل لضمان أن الإجهادات الناتجة عن الأحمال على اللبشة لا تتجاوز هذه القيمة، مما يحقق متطلبات السلامة والاستقرار الإنشائي.

Area Spring Property Data

General Data

Property Name: Soil

Display Color: Change...

Property Notes: Modify/Show Notes...

Spring Stiffness Options

☒ User Specified Stiffness and Nonlinearity

☐ Link Property (Link local axes are same as Area local axes)

☐ Based on Soil Profile

Spring Constants / Unit Area

Local 1 Direction: 200 kN/m/m²

Local 2 Direction: 200 kN/m/m²

Local 3 Direction (Linear): 200 kN/m/m²

Nonlinear Option for Local 3 Direction

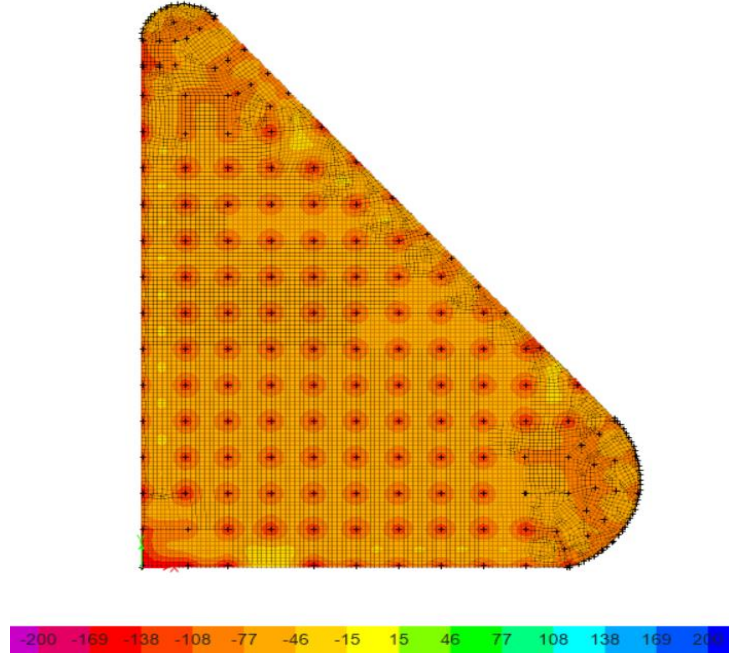
☒ None (Linear) ☐ Compression Only ☐ Tension Only

OK Cancel

شكل (7.4): قدرة تحمل التربة

4.4.4. إجراء التحليل الإنشائي:

تم تشغيل البرنامج لتحليل القوى المؤثرة (عزوم، قوى قص، وتشوهات)، والتأكد من أن التربة لا تتعرض لإجهادات زائدة.



شكل (8.4): الإجهاد المسموح به على التربة (KN/m^2)

وبذلك تم التحقق من أن الإجهادات المنقولة من الأساس الحصييري إلى التربة تقع ضمن حدود قدرة التحمل المسموح بها، يمكن اعتبار أن التربة تعمل بأمان ولا تُظهر هبوطات غير مقبولة. وبذلك يُعد اختيار الأساس الحصييري مناسبًا من الناحية الجيوتكنيكية، كونه يحقق شرط توافق الأحمال مع قدرة التربة على التحمل.

الفصل الخامس:

الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendations

1.5. الاستنتاجات Conclusions

- يتميز برنامج ETABS بسهولة إعداد النموذج وتحليل البلاطات المسطحة والأعمدة، مع توفير أدوات فعالة لاستخراج القوى الداخلية وتسليح العناصر الخرسانية بدقة، حيث أظهرت النتائج أن التصميم باستخدام البرنامج يحقق توازنًا بين الدقة وسرعة الأداء، ويتوافق التسليح الناتج مع متطلبات الكود الأمريكي [ACI 318-14].
- يوجد تطابق بين التصميم اليدوي للعمود الداخلي والتصميم بواسطة البرنامج، واختلاف بسيط فيما يتعلق بتصميم البلاطة المسطحة.
- يختلف التصميم اليدوي عن تصميم البرنامج نظرًا لأن برنامج ETABS يقوم بحساب العزم بدقة عند كل نقطة، مما يؤدي إلى نقص في كمية التسليح في بعض المناطق، بينما يعتمد التصميم اليدوي على عزوم محددة وهو ما يسبب اختلافًا في النتائج.

جزء من النتائج المتحصل عليها:

1. الشرائح:

- شريحة العمود Column Strip

طريقة التصميم	الحديد العلوي (في اتجاه Y)	الحديد السفلي (في اتجاه X)
برنامج ETABS	45Ø14 mm	40Ø14 mm
اليدوي	46Ø14 mm	38Ø14 mm

- شريحة الوسط Middle Strip

طريقة التصميم	الحديد العلوي (في اتجاه Y)	الحديد السفلي (في اتجاه X)
برنامج ETABS	21Ø14 mm	18Ø14 mm
اليدوي	22Ø14 mm	17Ø14 mm

2. العمود الداخلي:

طريقة التصميم	التسليح الرئيسي	الكانات
برنامج ETABS	24Ø20mm	Ø10@300mm
اليدوي	24Ø20mm	Ø10@300mm

2.5. التوصيات Recommendation

في ختام هذا المشروع، يوصي الباحثان بمجموعة من النقاط التي من شأنها تعزيز دقة النتائج وتحسين جودة التحليل والتصميم الإنشائي، وهي كما يلي:

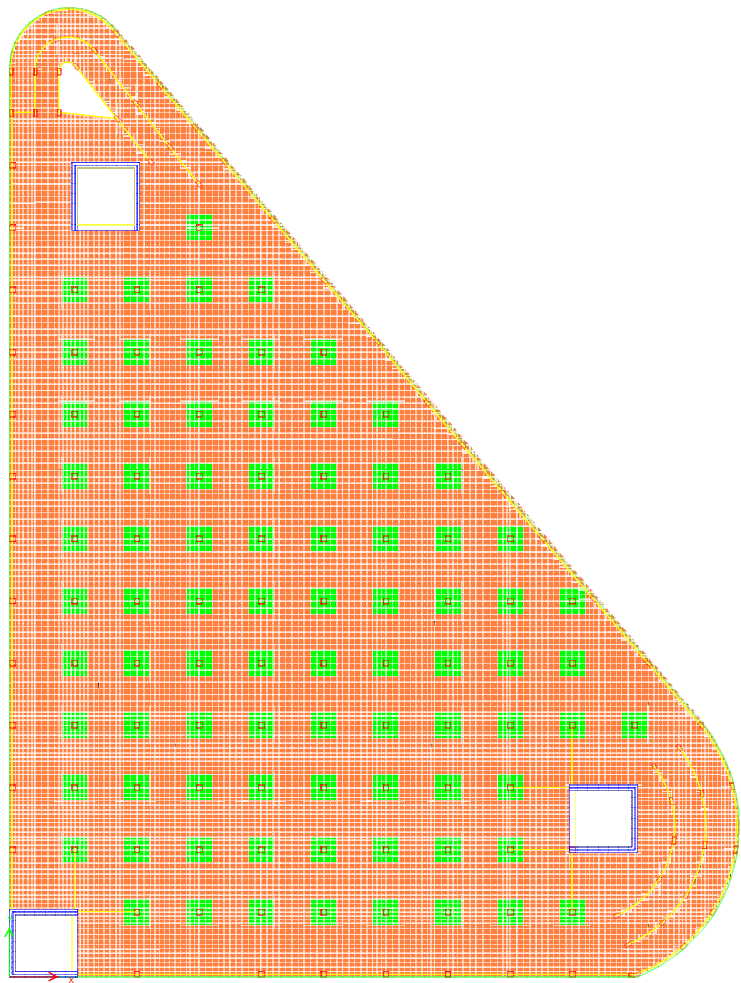
- i. إجراء تحليل إنشائي باستخدام برامج أخرى بالإضافة إلى برنامج (ETABS)، وذلك لمقارنة النتائج والتحقق من موثوقية الحلول وتحليل الفروقات بين النماذج المختلفة.
- ii. التحقق الدقيق من الأحمال المدخلة إلى النموذج الإنشائي، نظرًا لأن جميع البرامج الإنشائية تعتمد بشكل كامل على البيانات المدخلة من قبل المصمم، مما يجعل مراجعة الأحمال خطوة أساسية لضمان نتائج تصميمية صحيحة.
- iii. دراسة الفروقات بين التحليل اليدوي والتحليل باستخدام البرامج الإنشائية، خصوصًا في تصميم البلاطات، وذلك بهدف فهم أسباب الاختلافات وتحقيق توافق أفضل بين الطريقتين.
- iv. استخدام برامج متخصصة في تصميم الأساسات مثل برنامج (SAFE) عند تصميم اللبشة، لما يقدمه من دقة أعلى في توزيع الإجهادات وإخراج التفاصيل التنفيذية بشكل أكثر وضوحًا.
- v. توصية بإدراج برامج التصميم والتحليل الإنشائي ضمن الخطة الدراسية لقسم الهندسة المدنية، لما لها من أهمية كبيرة في تطوير المهارات العملية للطلبة وتهيئتهم لسوق العمل.

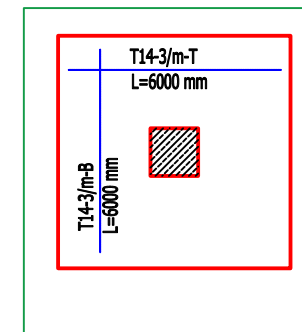
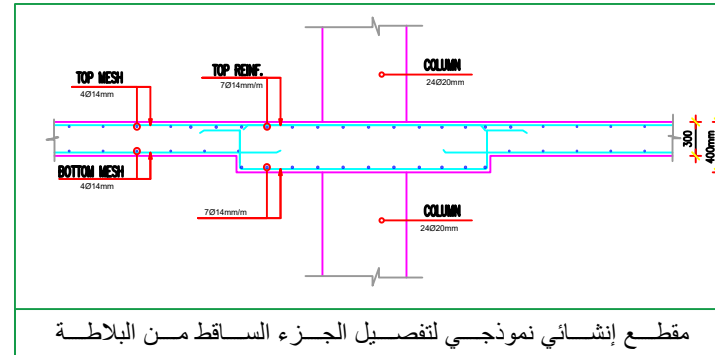
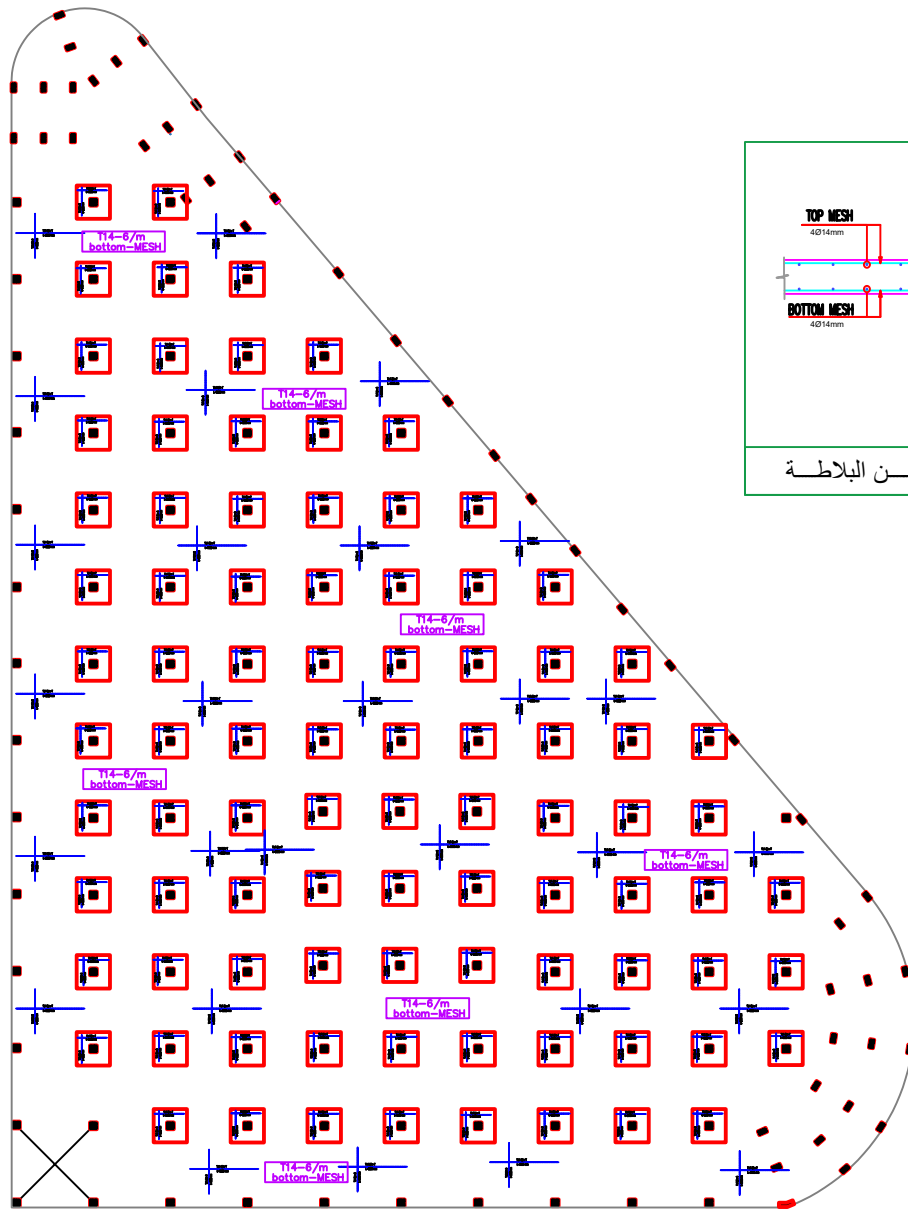
المراجع

Recommendations

1. دليل المعهد الأمريكي للخرسانة [ACI 318M-14].
2. قاسم علي سليمان، "أنواع الأنظمة الإنشائية والأحمال المسلطة عليها"، 2023-2022.
3. د. مجدي طایل، "كتاب تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة Reinforced Concrete"، 2011.
4. الدكتور جمال عبد الواحد فرحان الظاهر، "تصاميم المنشآت الخرسانية المسلحة وفقاً لمتطلبات الكود الأمريكي [ACI 318M-14].
5. المنهج الدراسي لمنشآت خرسانية 1، للأستاذ علي اغليو.

الملاحق





التسليح الإضافي عند العمود

تسليح بلاطة الموقف

NOTE:

[illegible]

