الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

المدرسة العليا لأساتذة التعليم التكنولوجي "ليتيم محمد" –سكيكدة–

قسم التكنولوجيا

تخصص: الهندسة المدنية.

مذكرة التخرج لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي

بعنوان:

دراسة عمارة ذات طابع سكني (2SS+RDC+8)

من إعداد:

- قسمي سعد.
- رياش فارس.
- شهرة سيد أحمد.

تحت إشراف الأستاذ:

- بوفلوسة عبد الفتاح.

اللجنة المناقشة:

فرطاس لحسن	أستاذ محاضر –ب–	رئيساً	م.ع.أ.ت.ت سكيكدة.
بوفلوسة عبد الفتاح	أستاذ مساعد –ب–	مشرفاً	م.ع.أ.ت.ت سكيكدة.
بوصبيعة بدرالدين	أستاذ محاضر –ب–	ممتحناً	م.ع.أ.ت.ت سكيكدة.

السنة الجامعية: 2024/2023

إهداء

أهدي عملي المتواضع إلى الوالدين الكريمين تاج رأسي وسبيلي إلى النجاح بعد توفيق من الله أولا

حفظهما الله وبارك الله في عمرهما ورزقنا الله رضاهم وبرهم آمين.

إلى إخوتي فاطمة الزهراء ومحمد الأمين ومصطفى.

إلى جميع أفراد عائلتي عائلة شهرة وعائلة خيار خاصة ابن عمي يوسف شهرة.

إلى جميع الطلبة والمشايخ الذين تتلمذنا على يدهم.

إلى إخواني أصدقاء الدراسة جميعهم.

إلى جدي الغالي الحاج عيسى خيار رحمة الله عليه.

شهرة سيد أحمد

أهدي هذا العمل المتواضع إلى كل من:

""إلى أبي الغالي محمد الصالح رياش"": أبي العزيز، يا مصدر القوة والدعم، كيف أعبر عن امتناني؟ أنت النور الذي يضيء دربي، وملاذي الآمن. شكراً على حكمتك وتضحياتك، وعلى كل لحظة من الرعاية والحنان. أنت القدوة التي أطمح أن أكون مثلها. كل الحب والتقدير لك، يا أعظم أب في الوجود.

""إلى أمي العزيزة رياش فضيلة"": أمي الحبيبة، يا نبع الحب والحنان، كيف أوفيكِ حقك؟ أنتِ الشمس التي تضيء حياتي، وحضنك هو الأمان. شكراً على تضحياتك، ليالي سهرِك، ودعواتك الصادقة. أنتِ بريق الأمل ونبض الحب في حياتي. كل الحب والتقدير لكِ، يا أعظم أم في الوجود.

""إلى أخي جمال وحسام وأختي الكبرى الغالية"": إخوتي الأعزاء، يا رفاق الدرب وشركاء اللحظات الجميلة أنتم السند والقوة، والضحكة التي تملأ حياتي بالسعادة. شكراً على دعمكم المستمر، ومشاركتكم في الأفراح والأحزان. أنتم النعمة التي أحمد الله عليها كل يوم. كل الحب والتقدير لكم، يا أغلى إخوة في الوجود.

""إلى ميمونة، زياد وتوتة"": براعم العائلة التي تحلوا الحياة ببراءتهم.

""إلى جدتي الحنونة (رياش فاطمة)"": يا ينبوع الحنان والحكمة أنتِ دفء العائلة وكنز الذكريات الجميلة. شكراً على حبك الذي لا يعرف حدوداً، وعلى نصائحك الغالية. وجودك في حياتي هو نعمة عظيمة. كل الحب والتقدير لكِ، شفاك الله وأطال الله في عمرك وحفضك لنا، يا أغلى جدة في الوجود.

إلى جميع أصدقائي الأعزاء، يا شركاء الفرح ومخففي الأحزان، كيف أعبر عن امتناني لكم؟ أنتم الدعم والقوة، والضحكة التي تزين حياتي. شكراً على وجودكم الدائم بجانبي، وعلى مشاركتكم الصادقة في كل لحظة. أنتم النعمة التي أحمد الله عليها كل يوم. كل الحب والتقدير لكم، يا أروع أصدقاء في الوجود.

((بلوطة،الشريف،الرايس،ياسر،لاوي,هارون,جلال، ايمن,سعد,شهرة,فاتح,نبيل,دادي,بيرباكي,خالد, زينو,محمد,اشرف,ادم,معز,فيصل,عماد,ياسين,إبراهيم,بن يوسف,عمي احمد, والى جميع زملائي في المدرسة العليا كل فرد باسمه فهم الذين تقاسمت معهم خمس سنوات بحلوها و مرها .))

فارس رياش

إهداء

نهدي عملنا المتواضع هذا . .

إلى الذي تلطخ بالوحل ليومًا لأصل نظيفا لمدرستي، إلى معلمي فنون الحياة. . إلى والدي رعاه الله.

إلى صاحبة الابتسامة الصادقة، إلى من فاض قلبها لنا ريّا ودفئاَ . .إلى والدتي رعاها الله.

إلى إخوتي وأخواتي وأبنائهم محمد–هشام–إلياس–خديجة –وفاء–أنفال وإسراء حفظهم الله.

إلى من يرافقوننا دروب الحياة. . . الأصدقاء – وليد ملياني – كمال بوعزيز.

إلى كل الخيرين الذين صادفناهم.

سعد قسمي

شكر وتقدير

الحمد لله رب العلمين والصلاة والسلام على أشرف الأنبياء و المرسلين سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين

أما بعد:

نود أن نظهر عظيم امتناننا لكل من ساندنا في إتمام هذا العمل وأولهم الأستاذ القدير عبد الفتاح بوفلوسة الذي كان دئبا في التوجيهات والإرشادات لإثرائه ولم يبخل علينا حاضرا كلما اتصلنا به.

فجزى الله أستاذنا عنا كل خير، كما لا ننسى كل من دعمنا من الزملاء والأصدقاء الذين سبقونا في التجربة داعينا المولى عز وجل أن يرفع به درجاتهم في الدارين، وآخر دعوانا أن الحمد لله رب العلمين.

الفهرس

فهرس المحتويات:

الفهرس ----------

فهرس الأشكال ----------

فهرس الجداول ----------

قائمة الرموز ----------

ملخص ----------

RÉSUMÉ ----------

ABSTRACT----------

المقدمة العامة ----------1

الفصل الأول: تقديم المشروع.

1.1 مقدمة ----------3

2.1 الخصائص الهندسية للعمارة ----------3

3.1 معطيات الموقع- ----------3

4.1 وصف المنشأ ----------3

الفصل الثاني: خصائص المواد.

1.2 مقدمة ----------6

2.2 تعريف ----------6

3.2الخرسانة--- ----------7

1.3.2 تعريف----------7

2.3.2 معايرة للخرسانة----- ----------7

3.3.2 الخصائص الميكانيكية للخرسانة ----------7

4.3.2 التشوه الطولي للخرسانة- ----------8

5.3.2 الاجهادات الحدية للخرسانة----------9

4.2 الفولاذ ---------- 11
1.4.2 تعريف---------- 11
2.4.2 الخصائص الميكانيكية للفولاذ---------- 12
3.4.2 الاجهادات الحدية للفولاذ ---------- 12

الفصل الثالث: تحديد الأبعاد والحمولات.

1.3المقدمة-- ---------- 15
2.3 العوارض ---------- 15
1.2.3 العارضة الأساسية---- ---------- 15
2.2.3 العارضة الثانوية----- ---------- 16
3.3 البلاطات (من الجسم المجوف) ---------- 17
1.3.3تعريف---------- 17
4.3 الجدران ---------- 20
5.3 الأعمدة-- ---------- 22
6.3 جدار حافة السقف ---------- 24
7.3 تقدير وتنزيل الحمولات ---------- 25
1.7.3 البلاطات ---------- 25
2.7.3 الجدران ---------- 26
3.7.3 الجدول الإجمالي---------- 29
4.7.3 تنزيل الحمولات---------- 29
5.7.3 الحمولات الدائمة----- ---------- 32
8.3تحديد أبعاد العمود--- ---------- 56
1.8.3 تحديد الأبعاد------- ---------- 57

الفصل الرابع: حساب العناصر الثانوية.

1.4 دراسة الحافة المحيطة في أعلى واجهة البناية ---------- 63
1.1.4 تعريف---------- 63
2.1.4 الحساب---------- ---------- 63
3.1.4 القوى الافقية Q ---------- 64

4.1.4 التحقيقات اللازمة----- ---------- 69
2.4 السلالم ---------- 75
1.2.4 تعريف---------- 75
2.2.4 مكونات السلم---------- 75
3.2.4 تحديد الأبعاد------- ---------- 75
4.2.4 تنزيل الحمولات---------- 79
5.2.4الحساب---------- ---------- 80
6.2.4 دراسة رافدة المنصة---- ---------- 88
3.4 الشرفة---------- 93
1.3.4 تعريف---------- 93
2.3.4 دراسة الشرفة ------- ---------- 93
3.3.4 التحقيقات--------- ---------- 95
4.4 المصعد - ---------- 96
1.4.4 تعريف---------- 96

الفصل الخامس: البلاطات.

1.5 مقدمة ---------- 98
2.5 طرق حساب البلاطات ذات الاجسام المجوفة---------- 98
1.2.5 الحساب من اجل بلاطة السطح الغير المستغل ---------- 101
2.2.5 الحساب من أجل بلاطات الطوابق---------- 113

الفصل السادس: الدراسة الزلزالية.

1.6 المقدمة ---------- 127
2.6 طرق الحساب ---------- 127
1.2.6 طريقة أطياف الاستجابة ---------- 127
3.6 معايير تصنيف (RPA99 نسخة 2003) ---------- 129
4.6حساب القوة الزلزالية الكلية V ---------- 129

الفصل السابع: تسليح العناصر الحاملة.

1.7 مقدمة ---------- 134
2.7تسليح الأعمدة--- ---------- 134

1.2.7 مقدمة ---------- 134
2.2.7 طريقة الحساب------ ---------- 135
3.2.7 التعزيز المطلوب من طرف RPA 99/2003 ---------- 136
4.2.7 التحقيقات--------- ---------- 143
5.2.7 حساب التسليح العرضي ---------- 143
3.7 تسليح العوارض--- ---------- 146
1.3.7مقدمة ---------- 146
2.3.7 أحمال العوارض------- ---------- 147
3.3.7حساب تسليح العوارض-- ---------- 147
4.7تسليح الجدران---- ---------- 157
5.7 مقدمة ---------- 157
6.7 حساب تسليح الجدران ---------- 157

الفصل الثامن: دراسة البنية التحتية.

1.8 مقدمة ---------- 160
2.8 حساب الأساسات ---------- 160
3.8 الأبعاد---------- 160
4.8 اختيار نوع الأساسات ---------- 160
5.8 دراسة البلاطة ---------- 162
1.5.8حساب أبعاد الأساس--- ---------- 162
2.5.8 تسليح الأساس ---------- 165
3.5.8تسليح الحافة-------- ---------- 169
الخاتمة العامة ---------- 171
قائمة المراجع ---------- 171

فهرس الأشكال:

الشكل2. 1 مخطط لإجهادات تشوهات الخرسانة ---------- 10

الشكل2. 2 مخطط المستطيل المبسط---------- 10

الشكل2. 3 منحنى الاجهاد والتشوه للخرسانة في الحالة الحدية للتشغيل ---------- 11

الشكل2. 4 مخطط اجهادات تشوهات الفولاذ---------- 13

الشكل2. 5 مخطط التمدد الوحدوي الاعظمي للفولاذ ---------- 13

الشكل 3. 1 بلاطة من الجسم المجوف ---------- 19

الشكل 3. 2 أبعاد العصب ---------- 19

الشكل 3. 3 جدار خرساني مسلح ---------- 21

الشكل 3. 4 مقطع عمود ---------- 22

الشكل 3. 5 عمود. ---------- 24

الشكل 3. 6 جدار حافة السقف---------- 24

الشكل4. 1 مقطع حافة اعلى البناية. ---------- 64

الشكل4. 2 مقطع عرضي لحافة السطح ---------- 67

الشكل4. 3 تسليح حافة جدار حافة السطح---------- 74

الشكل4. 4 مخطط درج القلبة (1،3) ---------- 81

الشكل4. 5 تسليح المدارج ---------- 84

الشكل4. 6 القلبة 2 ---------- 84

الشكل4. 7 القلبة 2 من الدرج الثاني ---------- 86

الشكل4. 8 رافدة المنصة ---------- 88

الشكل4. 9 تسليح رافدة المنصة ---------- 92

الشكل4. 10 القوى المؤثرة على الشرفة---------- 93

الشكل4. 11 تسليح الشرفة ---------- 96

الشكل4. 12 أبعاد المصعد---------- 96
الشكل4. 13 صورة لبعض عناصر المصعد ---------- 97
الشكل5. 1 بلاطة مجوفة---------- 98
الشكل5. 2 تسليح عصب البلاطة---------- 126
الشكل6. 1 منحنى التسارع الأرضي بدلالة الدور ---------- 132
الشكل6. 2 هيكل المبنى ببرنامج ROBOT_STRUCTURAL_ANALYS 2021 ---------- 133
الشكل7. 1 المنطقة العقدية---------- 145
الشكل7. 2 تسليح الأعمدة ---------- 146
الشكل7. 3 تسليح العارضة الثانوية ---------- 156
الشكل7. 4 تسليح العارضة الأساسية ---------- 157
الشكل8. 1 بلاطة الأساس ---------- 162
الشكل8. 2 بلاطة الأرضية بشكل عرضي ---------- 163
الشكل8. 3 رسم تخطيطي للحافة ---------- 169
الشكل8. 4 مخطط تسليح بلاطة الأساس ---------- 170

فهرس الجداول:

الجدول2. 1 حد المرونة لأنواع الحديد---------- 12

الجدول2. 2 اجهادات الخرسانة والفولاذ المستعملة---------- 14

الجدول3 .1 حمولة الطابق غير المستغل ---------- 25

الجدول3 .2 حمولة الطوابق المستغلة---------- 26

الجدول3 .3 حمولة جدران الواجهة ---------- 27

الجدول3 .4 حمولة الجدران الداخلية ---------- 28

الجدول3 .5 حمولة الجدران الحاملة---------- 29

الجدول3 .6 الحمولات لجميع العناصر ---------- 29

الجدول3 .7 الأحمال التراكمية للطوابق ---------- 31

الجدول3 .8 حمولة العمود الزاوي ---------- 32

الجدول3 .9 حمولة العمود الجانبي ---------- 40

الجدول3 .10 حمولة العمود المركزي ---------- 48

الجدول4. 1 حمولات فاصل الراحة---------- 79

الجدول4 .2 حمولات الحصيرة---------- 80

الجدول4. 3 تنزيل حمولات الحصيرة وفاصل الراحة---------- 81

الجدول4. 4 العزوم وقوة القص ---------- 82

الجدول4. 5 نتائج التسليح ---------- 82

الجدول4. 6 قيم العزوم وقوة القص ---------- 86

الجدول4. 7 التسليح المحسوب---------- 87

الجدول4. 8 التسليح المحسوب ---------- 90

الجدول5. 1 توليفة الحمولات---------- 101

الجدول5. 2 توليفة الحمولات---------- 101
الجدول5. 3 الحمولة الخطية على العصب---------- 102
الجدول5. 4 الحمولة الخطية على العصب---------- 102
الجدول5. 5 العزم على المسند---------- 106
الجدول5. 6 العزم على المديد ---------- 106
الجدول5. 7 العزم على المسند---------- 107
الجدول5. 8 العزم على المديد ---------- 107
الجدول5. 9 تسليح العصب ---------- 110
الجدول5. 10 توليفة الحمولات---------- 114
الجدول5. 11 توليفة الحمولات---------- 114
الجدول5. 12 الحمولة الخطية على العصب---------- 114
الجدول5. 13 الحمولة الخطية على العصب---------- 114
الجدول5. 14 العزم على المسند---------- 119
الجدول5. 15 العزم على المديد ---------- 119
الجدول5. 16 العزم على المسند---------- 120
الجدول5. 17 العزم على المديد ---------- 120
الجدول5. 18 التسليح المحسوب---------- 123
الجدول6. 1 معامل تسارع المنطقة ---------- 129
الجدول7. 1 ملخص التوفيقات حسب B.A.E.L91 , RPA99 ---------- 134
الجدول7. 2 الخصائص الميكانيكية للمواد ---------- 135
الجدول7. 3 التحقق من الأعمدة تحت الأحمال العادية---------- 136
الجدول7. 4 تسليح الأعمدة---------- 136
الجدول7. 5 الأحمال في الحالة الحدية النهائية---------- 137

الجدول7. 6 الأحمال في الحالة الحرجة ---------- 137
الجدول7. 7 تسليح الأعمدة---------- 143
الجدول7. 8 لحظات الانحناء وقوة القص---------- 147

قائمة الرموز:

BAEL: الخرسانة المسلحة في حالة الحد	ELU حالة المقاومة القصوى
RPA: القواعد الجزائرية المضادة للزلازل	ELS : حالة حد الخدمة
h: ارتفاع العناصر (الأعمدة والروافد)	G : الأحمال الدائمة
b : عرض العنصر	Q : أحمال التشغيل
σb: عامل الأمان للخرسانة	E : الحمل الزلزالي
$\bar{\sigma} b$: الجهد الخرسانة	qu : تحميل نهائي
$s\sigma$: قوة الفولاذ	qs : تحميل الخدمة
$\bar{\sigma} s$: الجهد المسموح به في الفولاذ	Mf : عزم الانحناء
τu: جهد المماس	Mt : عزم الانحناء في حالة الامتداد
ϕt: قطر التعزيز	Ma : عزم الانحناء في الدعم
At : التسليح في حالة الامتداد	Md : عزم في الدعم الأيمن
Ixx : عزم العطالة فيما يتعلق بالمحور x	Mg : عزم في الدعم الأيسر
Iyy : عزم العطالة فيما يتعلق بالمحور y	N : جهد ناظمي
Mzz : عزم الانحناء	Td : قوة القص على يمين النقطة المعتبرة
Br : مقطع قسم مخفض	Tg : قوة القص إلى يسار النقطة المعتبرة
Lx : البعد الأصغر للوح البلاطة الصلبة	fc28: المقاومة الخاصة لضغط الخرسانة في عمر 28يوم
Ly : البعد الأكبر للوح بلاطة الصلبة	ft28: المقاومة الخاصة بالشد للخرسانة في عمر 28يوم
I: عزم العطالة	Eij : معامل المرونة الطولي اللحظي
If : نصف قطر الانبعاج	Au : التسليحات المحسوبة في ELU
	As : التسليحات المحسوبة ELS
	Aa : التسليح المحسوب في حالة الدعم

ملخص

في مذكرة تخرجنا قمنا بدراسة تفصيلية لمبنى مكون من طابقين تحت الأرض وطابق أرضي يعلوه ثمانية طوابق أي(2SSL+R+8) ، يقع المبنى في مدينة سكيكدة التي تصنف منطقة زلزالية رقم IIa وفقا للقوانين الجزائرية المقاومة للزلازل.

علما أن دراسة بناية ينقسم الى جزئين رئيسين هما: الإنشاء القاعدي وهو الواقع تحت سطح الأرض والإنشاء العلوي وهو الجزء الواقع فوق سطح الأرض, حيث قمنا بدراستهما عبر عدة محاور بدءا من تقديم المشروع وتحديد خصائصه الهندسية والمواد المستخدمة في المشروع إضافة إلى خصائصهما لكل من الخرسانة والفولاذ. كما أن قبل الشروع في الحسابات يجب تحديد أبعاد تقريبية للمقاطع الخرسانية الأساسية (عوارض وأعمدة) والثانوية (بلاطات، سلالم، شرفات، حافة السطح). إضافة لتحديد القوى والأحمال التي تشغلها هذه العناصر ثم في المحاور التي تليهما قمنا بدراسة تفصيلية للأجزاء الثانوية (بلاطات، سلالم، شرفات، حافة السطح). وفي الفصل الذي يليه قمنا بدراسة تأثير القوة الزلزالية ولا تنتهي مذكرتنا إلا بدراسة الأجزاء المقاومة والحاملة للبناية (الأعمدة، العارضات وأبعاد البنية التحتية والأساسات) .

وهذا من أجل إنشاء بناية يتكون هيكلها من الخرسانة المسلحة الذي يهدف الى ضمان استقرار المبنى وضمان سلامة إستخدامه ومستخدميه، وكل هذا وفق القوانين وشروط البناء في الدولة واعتمادا على القواعد والقوانين المفروضة للحساب(BAEL91, RPA 2003) .

كلمات مفتاحية: الخرسانة المسلحة، الأساسات.

Résumé

Dans notre mémoire de fin d'études, nous avons réalisé une étude détaillée d'un bâtiment composé de deux étages en sous-sol et d'un rez-de-chaussée avec huit étages au-dessus, soit (2SSL+R+8). Le bâtiment est situé au centre de la ville de Skikda, qui est classée zone sismique IIa selon la loi parasismique algérienne.

A noter que l'étude d'un bâtiment en détail se divise en deux parties principales : la construction de base, qui est située sous la surface du sol, et la construction supérieure, qui est la partie située au-dessus de la surface du sol. Nous avons mené une étude détaillée sur plusieurs axes, en commençant par la présentation du projet et la détermination de ses caractéristiques techniques, de la longueur et de la largeur, jusqu'à la spécification des matériaux utilisés dans le projet et la détermination de leurs propriétés pour le béton et l'acier. Aussi, avant de commencer les calculs, des dimensions approximatives doivent être déterminées pour les sections de béton primaires (poutres et poteau) et secondaires (dalles, escaliers, balcons, bordure de toiture). En plus de déterminer les efforts et charges occupés par ces éléments, puis dans les rubriques suivantes, nous avons procédé à une étude détaillée des pièces secondaires. (Dalles, escaliers, balcons, bordure de toiture). Dans le chapitre suivant, nous avons étudié l'effet de la force sismique, et notre mémoire ne se termine pas sans étudier les parties résistantes et porteuses du bâtiment (colonnes, poutres, dimensions de l'infrastructure et des fondations).

Il s'agit de construire un bâtiment dont la structure est constituée de béton armé, qui vise à assurer la stabilité du bâtiment et à assurer la sécurité de son utilisation et de ses utilisateurs, et tout cela est conforme aux lois et conditions de construction en vigueur dans le pays et sur la base des règles et lois imposées pour le calcul (RPA2003/ BAEL91).

Mots clé: béton armé, fondation.

Abstract

In our graduation thesis, we did a detailed study of a building consisting of two floors underground and a ground floor with eight floors above it, i.e. (2SSL+R+8). The building is located in the center of the city of Skikda, which is classified as seismic zone IIa according to the Algerian earthquake-resistant laws.

Note that studying a building in detail is divided into two main parts: the base construction, which is located below the surface of the ground, and the upper construction, which is the part located above the surface of the ground. For the last two, we conducted a detailed study across several axes, starting with presenting the project and determining its engineering characteristics, from length and width, to specifying the materials used in it. Project and determine their properties for both concrete and steel. Also, before starting the calculations, approximate dimensions must be determined for the primary concrete sections (beams and columns) and secondary ones (slabs, stairs, balconies, roof edge). In addition to determining the forces and loads occupied by these elements, then in the following topics, we conducted a detailed study of the secondary parts. (Slabs, stairs, balconies, roof edge). In the following chapter, we studied the effect of seismic force, and our memorandum does not end without studying the resistant and load-bearing parts of the building (columns, beams, dimensions of the infrastructure and foundations).

This is in order to construct a building whose structure consists of reinforced concrete, which aims to ensure the stability of the building and ensure the safety of its use and users, and all of this is in accordance with the laws and conditions of construction in the country and based on the rules and laws imposed for calculation (RPA 2003 / BAEL91).

Keywords: Reinforced concrete, foundations.

المقدمة العامة

المقدمة العامة

تعتبر البنايات من أهم العناصر في البنية التحتية لأي مجتمع، حيث توفر المأوى والحماية للسكان وتسهم في تحقيق الراحة والأمان. لكن يظل التعرض للزلازل من أخطر التحديات التي تواجه هذه البنايات، حيث يمكن أن تؤدي الهزات الزلزالية إلى تدمير الهياكل وتسبب خسائر بشرية ومادية هائلة.

هنا يأتي دور المهندس المدني بأهميته حيث يعمل على دراسة تأثيرات الزلازل على البنايات وتصميم هياكل مقاومة لهذه الظاهرة الطبيعية المدمرة.حيث يقوم بتطبيق المعرفة العلمية والتكنولوجية لضمان بناء بنايات قوية ومستقرة، تتحمل تأثيرات الزلازل بفاعلية وتحافظ على سلامة السكان لذلك لا يمكن إدراك البنايات الآمنة والمستقرة دون تدخل المهندس المدني الذي يضع الدراسات اللازمة لتحقيق هذا الهدف، مما يبرز أهمية دوره في القيام بدراسات متعمقة حول تأثيرات الزلازل وتصميم البنايات بمستوى عالٍ من الاستدامة والمتانة.

وفي مذكرة تخرجنا قمنا بدراسة تفصيلية لمبنى مكون من طابقين تحت الأرض وطابق ارضي يعلوه ثمانية طوابق أي (2SSL+R+8)، يقع المبنى وسط مدينة سكيكدة التي تصنف من المنطقة الزلزالية 2 وفقا للقوانين الجزائرية المقاومة للزلازل.

بالنسبة لدراسة البناء هاته، إتبعنا التنظيمات السارية (RPA 2003/BAEL91) وكذلك الوثيقة التقنية التنظيمية D.T.R.B.C.2.2 كما إستخدمنا برنامج الروبوت للتحليل الديناميكي.

ومن أجل هذا إعتمدنا في دراستنا ومذكرتنا على خطة عمل منظمة كانت على الشكل التالي:

- **الفصل الأول:** تناولنا فيه وصف لأجزاء المشروع ولخصائصه الهندسية (أبعاد الهيكل).
- **الفصل الثاني:** خصصناه لعرض خصائص المواد المستخدمة في المشروع (خرسانة والفولاذ).
- **الفصل الثالث:** احتوى على تحديد الأبعاد المسبقة والتقريبية للمقاطع الخرسانية الأساسية (عوارض وأعمدة) والمقاطع الثانوية (بلاطات، سلالم، شرفات، جدار حافة السقف..).
- **الفصل الرابع:** قمنا بدراسة تفصيلية للعناصر الثانوية السابقة وتحديد تسليح كل واحد منها (جدار حافة السقف، السلالم، الشرفات).
- **الفصل الخامس:** قمنا بدراسة لبلاطات المبنى.

- **الفصل السادس:** خصصناه للدراسة الزلزالية والديناميكية للهيكل وذلك بعد نمذجته بواسطة برنامج ROBOT 2021 واستخلاص النتائج وتحليلها.
- **الفصل السابع:** قمنا بدراسة العناصر الحاملة والتسليح الخاص بها.
- **الفصل الثامن:** وهو آخر فصل وتم فيه دراسة البنية التحتية للمبنى.

الفصل الأول

تقديم المشروع

1 تقديم المشروع:

1.1 مقدمة:

مشروعنا المراد دراسته عبارة عن عمارة ذات طابع سكني مكونة من طابقين تحت سطح الأرض وطابق أرضي زائد 8 طوابق مستغلة (2SS+RDC+8)، والذي يقع في ولاية سكيكدة.

2.1 الخصائص الهندسية للعمارة:

بعد الاطلاع على مخطط العمارة تحصلنا على المعلومات التالية:

الجدول1. 1 الخصائص الهندسية للمشروع.

طول العمارة	21m
عرض العمارة	13m
الارتفاع الكلي للعمارة	37.3m
ارتفاع الطابق تحت الأرضي	4.25m
ارتفاع باقي الطوابق	3.20m

3.1 معطيات الموقع:

- ✓ المبنى يقع في ولاية سكيكدة والتي تصنف حسب قانون الجزائر المضاد لقوى الزلازل (RPA99/2003) كمنطقة متوسطة الزلازل (IIa).
- ✓ الموقع يعتبر متحرك S_3 .
- ✓ المبنى مصنف في فئة الاستعمال2.
- ✓ إجهاد التربة المسموح به هو: $\overline{\sigma_{sol}} = 2\ bar$

4.1 وصف المنشأ:

يتكون المبنى من عدة عناصر كل منها له دور في استقرار المبنى.

العناصر الحاملة:

- الأعمدة.
- العوارض.
- الجدران الحاملة.

البلاطات:

- جميع أرضيات الطوابق مصنوعة من أجسام مجوفة وبلاطة انضغاط (20+5) سم.
- أرضية الشرفات مصنوعة من بلاطة مصمتة.

السلالم:

تحتوي العمارة على نوعين من السلالم وهي:

- سلم مكون من ثلاث قلبات بينهما فاصلين خاص بالطابقين تحت الأرض.
- سلم مكون من قلبتين بينهما فاصل خاص بالطوابق الأخرى.

المصعد:

يوجد بالعمارة مصعد وهذا لوجود طوابق كثيرة مما يسهل على الأشخاص الصعود والنزول.

الجدران:

عملية بناء الجدران عموما تكون باستعمال الآجر المجوف وهناك نوعين من الجدران:

- **الجدران الخارجية:** تنجز من حاجزين بينهما فاصل من الهواء سمكه 5cm
  - الحاجز الأول سمكه 15cm.
  - الحاجز الثاني سمكه 10cm.
- **الجدران الداخلية:** عبارة عن فواصل سمكها 15cm

التلبيس:

- طلاء إسمنتي للوجوه الخارجية لجدران الواجهة.
- طلاء من الجبس للجدران والأسقف.

- تبليط الأرضيات والسلالم.
- سيراميك للحمام

الحافة المحيطة أعلى واجهة السطح:

عبارة عن جدار إحاطة ويكون في السطح غير المستغل وذلك لحماية المستخدمين أيضا له الدور في منع مياه الأمطار من التسرب نحو الواجهات.

الأساسات:

هي الجزء الأكثر أهمية في المبنى وهي المسؤولة عن نقل جميع الحمولات إلى التربة.

الفصل الثاني

خصائص المواد

2 خصائص المواد:

1.2 مقدمة:

في دراستنا قمنا باستخدام قواعد وقوانين الخرسانة المسلحة في الحالات الحدية وذلك من خلال قواعد BAEL 91 وكذلك القواعد الجزائرية المضادة للزلازل .RPA99/2003.

كما أن قواعد BAEL 91 تركز في دراستها على الحالات الحدية أدناه:

2.2 تعريف:

الحالات الحدية هي الحالات النهائية التي لا يتم فيها استيفاء الشروط المطلوبة في البناء أو في أحد عناصره مثل: الاستقرار والمتانة وبعبارة أخرى هي الحالة التي إذا تجاوزها العنصر يصبح غير عملي. أي لا يستجيب للأعمال التي انجز من اقلها. وقد تتوقف عملية البناء وبشكل صارم في حالة حدوث تعديل أو تغيير غير موات للإجراءات كالزيادة أو النقصان حسب الحالة، ونميز اثنان من الحالات الحدية.

- **الحالة الحدية النهائية ELU:**

تتمثل في فقدان:

- التوازن الستاتيكي للبناء
- مقاومة لاحد عناصر البناء (عدم التمزق)
- استقرار الشكل (الانبعاج)

هذه الحالات تؤدي الى انهيار المنشأة.

- **الحالة الحدية للتشغيل ELS:**

بعد هذه المرحلة يصبح المنشأ غير عملي لا يحقق الاستغلال الجيد والديمومة التي انجز من اقلها وتتمثل في الحالات النهائية والتي تشمل ما يلي:

- الحالة الحدية لانضغاط الخرسانة.
- الحالة الحدية لانفتاح التشققات.
- الحالة الحدية للتشوه.

3.2 الخرسانة:

1.3.2 تعريف:

الخرسانة هي مادة وخليط يستعمل في البناء وهي عبارة عن مزيج غير متجانس حيث تتكون من رابط هو الأسمنت وحصويات بأبعاد مختلفة ورمل مختلف أبعاده وكميات معتبرة من الماء وهذا إضافة لمواد مساعدة من اجل تعديل بعض خصائصها.

كما تعد الخرسانة المادة الأكثر شيوعا واستعمالا في العالم في مجالي البناء والأشغال العمومية.

2.3.2 معايرة للخرسانة:

في $1m^3$ من الخرسانة تكون لدينا الكميات والنسب التالية من العناصر:

- الإسمنت البورتلاندي (CPA 325): 350 kg .
- الرمل ذو قطر من 0 إلى 5 ملم: 400 kg .
- الحصى ذو قطر من 5 إلى 25 ملم: 800 kg.
- الماء: 175 L .

وتكون الخرسانة المتحصل عليها ذات كتلة حجمية بين $2200\ kg/m^3$ و$2400 kg/m^3$.

3.3.2 الخصائص الميكانيكية للخرسانة:

مقاومة الخرسانة المميزة للانضغاط:

يأخذ في اغلب الأحيان 28 يوما كقيمة مميزة لمقاومة الخرسانة للانضغاط وهو يوم اكتمال المقاومة ويرمز له ب: f_{c28} ونتحصل عليه من خلال التجارب التي تجرى على عينات اختبار بضغط محوري لأسطوانة ذات أبعاد h=32 cm و d=16cmوبحصى أكبر قطر له D=40mm وغالبا تأخذ القيمة f_{c28} =25MPa .

لما تكون التحريضات اقل من 28 يوم نعود للمقاومة f_{cj} حيثj يرمز لعدد الأيام ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\left.\begin{array}{l} f_{c28} \leq 40Mpa \text{ من أجل} \leftarrow f_{cj} = \dfrac{j}{4.76 + 0.83j} f_{c28} \\ f_{c28} \geq 40Mpa \text{ من أجل} \leftarrow f_{cj} = \dfrac{j}{1.4 + 0.95j} f_{c28} \end{array}\right\} \leftarrow j \leq 28 \text{ يوم}$$

و:

$$\left.\begin{array}{l} f_{cj} = f_{c28} \leftarrow \text{عند التحقق من مقاومة المقاطع.} \\ f_{cj} = 1.1 f_{c28} \leftarrow \text{عند حساب التشوهات بشرط ألا تعالج} \\ \text{الخرسانة حراريا من مقاومتها } f_{c28} \text{ لا تتعدى } 40Mpa \end{array}\right\} \Leftarrow j > 28 \text{ يوم}$$

مقاومة الخرسانة المميزة للشد:

مقاومة الخرسانة للشد عند عمر (jour) هي f_{tj} ومعرفة بالنسبة لمقاومتها للانضغاط وتعطى اتفاقا بالعلاقة التالية:

$$f_{tj} = 0.6 + 0.06 f_{cj}$$

ونتحصل على مقاومتها للشد بإجراء مجموعة من التجارب:

- الشد المباشر.
- الشد عن طريق الصدع.
- الشد عن طريق الانحناء البسيط

4.3.2 التشوه الطولي للخرسانة:

- **التشوه الطولي المؤقت (E_{ij}):(BAEL 91 معدل 99):**

يتم لما تكون الأحمال والإجهادات النظامية لمدة زمنية قصيرة المدى اقل من 24h وتعطى بالعلاقة التالية:

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} MPA$$

- **التشوه الطولي المؤجل (E_{vj}):(BAEL 91 معدل 99):**

التشوهات المؤجلة للخرسانة تتمثل في ظاهرتي التقلص والسيلان هذه الأخيرة تحدث تحت تأثير حمل ثابت دائم التأثير ويكون هذا التشوه ضعف التشوه المؤقت ويعطى بالعلاقة التالية:

$$E_{vj} = 3700 \sqrt[3]{f_{cj}} MPA$$

معامل الانتفاخ (بواسون) :Coefficient de POISSON (91 BAELمعدل 99):

يكون التشوه الطولي مصحوبا دائما بتشوه عرضي ومعامل الانتفاخ أو معامل بواسون هو النسبة بين التشوه العرضي والتشوه الطولي ويعطى بالعلاقة التالية:

$$v = \frac{\Delta d / d_0}{\Delta L / L_0}$$

حيث: Δd :التشوه النسبي العرضي.

ΔL : التشوه النسبي العرضي.

ووفقا ل C.S.S.A .93يأخذ المعامل القيم التالية:

- $v = 0 \Leftarrow$ عند حساب التحريضات في الحالة الحدية النهائية.
- $v = 0,2 \Leftarrow$ عند حساب التحريضات في الحالة الحدية للتشغيل.

5.3.2 الإجهادات الحدية للخرسانة:

الحالة الحدية النهائية ELU:

نميز نوعان من الإجهادات:

- **إجهاد الحد النهائي الأخير للانضغاط:**

القيمة الحسابية لمقاومة ضغط الخرسانة تعطى بالعلاقة التالية:

$$f_{bc} = \frac{0.85 f_{cj}}{\theta . y_b}$$

مع: f_{cj} : المقاومة المميزة للانضغاط بعد j يوم.

f_{bc} : الإجهاد الحدي للخرسانة من اجل $\%_{00}3.5 \le \varepsilon_{bc} \le \%_{00}2$

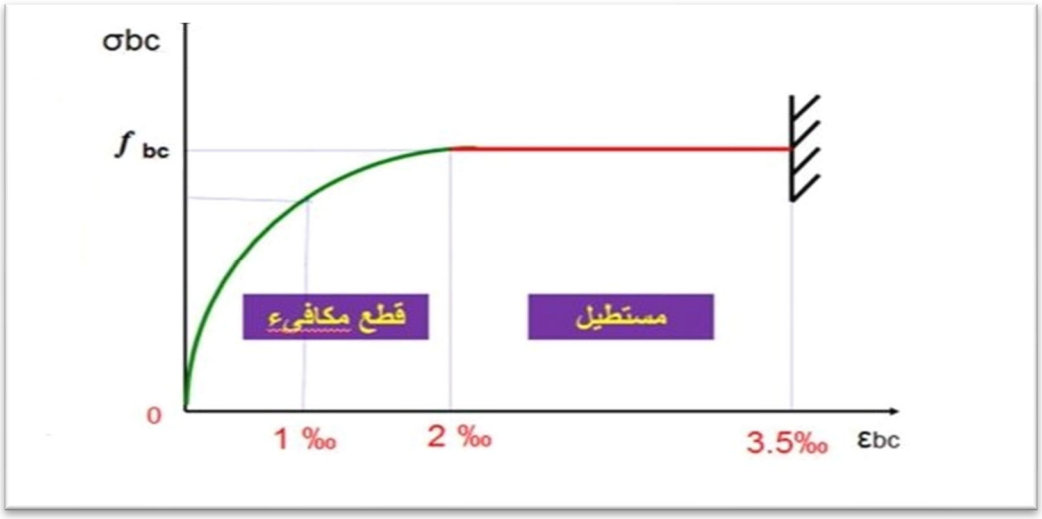
y_b : معامل الأمان ويساوي 1,5 في الحالة العامة و1.15 في الحالة الطارئة.

θ : معامل مدة التحميل ويأخذ القيم التالية:

- θ= 1 : لما تكون مدة تطبيق الحمولات تفوق 24 ساعة.
- θ =0.9 : لما تكون مدة تطبيق الحمولات بين 24 ساعة و1 ساعة.
- θ= 0,8 : لما تكون مدة تطبيق الحمولات اقل من 1 ساعة.

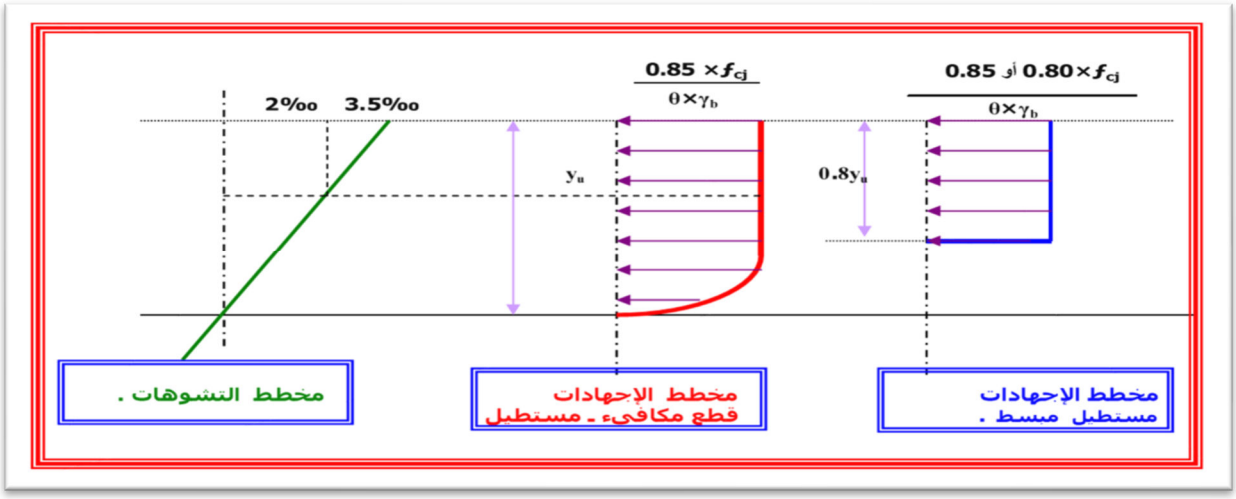
مخطط تشوهات –إجهادات الخرسانة:

ونميز: مخطط (قطع مكافئ –مستطيل) وهو مخطط مستطيل مبسط والذي يستعمل أثناء الحسابات لسهولة استعماله وانسجامه مع مخطط_(قطع مكافئ –مستطيل) في الانحناء البسيط.



الشكل2. 1 مخطط لإجهادات تشوهات الخرسانة

ويستخدم مخطط مستطيل مبسط عندما يكون المقطع المدروس مضغوط جزئيا.



الشكل2. 2 مخطط المستطيل المبسط

- **إجهاد الحد النهائي للقص:**

تعطى قيمته الحسابية بالعلاقة التالية:

$$\tau_u = \frac{T_u}{b_0.d}$$

حيث: T_u: قوة القص النهائية.

b_0: عرض المقطع.

d: ارتفاع المقطع.

ونميز نوعان او حالتان من اجهادات القص:

- إذا كانت التشققات غير ضارة (قليلة الضرر):

$$\tau_u = min\left\{0.2\frac{f_{c28}}{y_b}; 5MPA\right\}$$

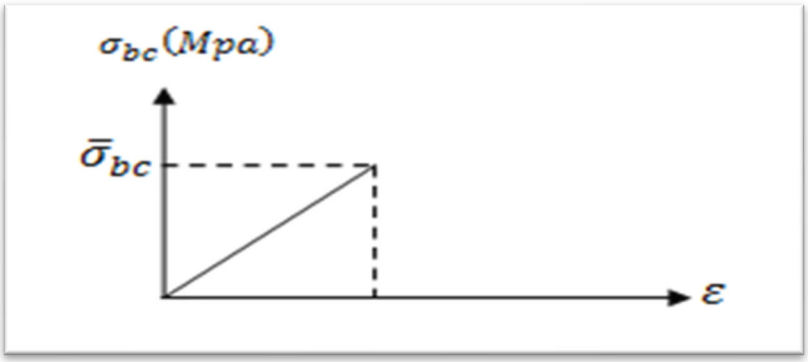
- إذا كانت التشققات ضارة او ضارة جدا:

$$\tau_u = min\left\{0.15\frac{f_{c28}}{y_b}; 4MPA\right\}$$

الحالة الحدية للتشغيل ELS:

في هذه الحالة يجب أن تكون مقاومة الخرسانة للانضغاط مساوية على الأكثر للعلاقة الحسابية التالية:

$$\overline{\sigma_{bc}} = 0.6 \times f_{c28}$$



الشكل2. 3 منحنى الإجهاد والتشوه للخرسانة في الحالة الحدية للتشغيل

4.2 الفولاذ:

1.4.2 تعريف:

الفولاذ عبارة عن سبيكة معدنية لها مقاومة جد عالية على عكس الخرسانة في كلتي الحالتين سواء الشد أو الانضغاط. وينتج الفولاذ عن إضافة الكربون وبنسب ضعيفة الحديد وهناك طرق عدة للحصول عليه منها: طريقة "بسمر وتوماس "طريقة "مارتين" وطريقة "الفرن الكهربائي" ومن أنواع الفولاذ المستعمل في الخرسانة المسلحة نجد:

- الفولاذ الطري بنسب (0.15 الى 0.25)% من الكربون.
- الفولاذ النصف الصلب والصلب (0.4 الى 0.25) % من الكربون.

والفولاذ المستعمل في تسليح خرسانة مشروعنا هو:

- الدائري الأملس.
- الفولاذ العالي التلحيم.
- الشبكة الملحمة.

كما أن للفولاذ أقطار عديدة متداولة هي: $\varnothing(mm)=\{5.6.8.10.12.14.16.20.25.32.40\}$.

2.4.2 الخصائص الميكانيكية للفولاذ:

من اهم الخصـــائص الميكانيكية هو إجهاد حد المرونة f_e هذا الأخير من خلاله نتمكن من إيجاد وحســـاب الجهد الأعظمي الذي يمكن أن يتحمله قضيب الفولاذ.

معامل المرونة الطولي لأغلبية أنواع الفولاذ: $E = 2\times10^5 MPA$

ومن خلال الجدول أدناه نلخص مختلف قيم إجهاد حد المرونة لمختلف أنواع الفولاذ:

الجدول2. 1 حد المرونة لأنواع الحديد

نوع الفولاذ	التعيين	Fe MPA
دائري أملس (B.L)	FeE 215	215
	FeE 235	235
عالي التلحيم (HA)	FeE 400	400
	FeE 500	500
شبكة ملحمة	TL 505 (Ø ≥ 6)	505
	TL 520 (Ø ≥ 6)	520

3.4.2 الإجهادات الحدية للفولاذ:

الحالة الحدية النهائية ELU:

يتم تعريف الإجهاد الحدي للفولاذ بالعلاقة التالية:

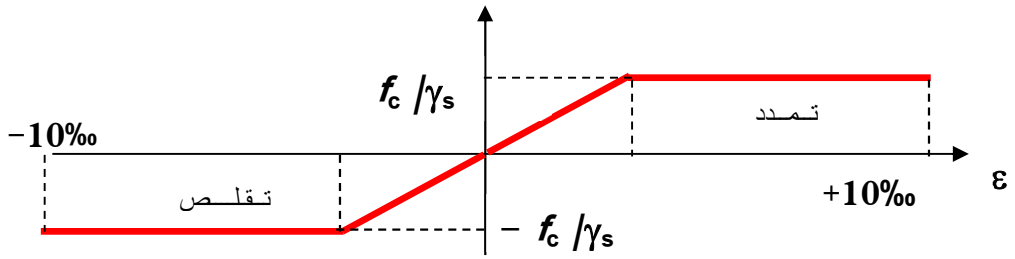
$$\sigma_s = \frac{f_e}{y_s}$$

حيث: σ_s : الإجهاد الحدي للفولاذ.

f_e : إجهاد حد المرونة.

y_s : معامل الأمان ويأخذ القيم التالية: $y_s = 1.15$: الحالة العادية.

$y_s = 1.5$: الحالة الاستثنائية.



الشكل2. 4 مخطط اجهادات تشوهات الفولاذ

ولدينا من خلال قانون هوك نجد:

$\varepsilon_s \geq \varepsilon_{es} \Rightarrow \sigma_s = \frac{f_e}{y_s}$ (OA مستقيم مائل).

$\varepsilon_s \leq \varepsilon_{es} \Rightarrow \sigma_s = \varepsilon_s \times E_s$ (AB مستقيم افجي).

الشكل2. 5 مخطط التمدد الوحدوي الأعظمي للفولاذ

<u>الحالة الحدية للتشغيل ELS:</u>

الإجهاد المسموح به للفولاذ في الحالة الحدية للتشغيل (الحالة الحدية لانفتاح التشققات) حسب نوع التشققات يعطى ب:

(BAEL 91 المعدل في 99)

- **التشققات غير الضارة (BAEL 91 المعدل في 99):**

تكون التشققات غير ضارة لما تكون العناصر داخل قاعات مغطاة وغير معرضة للرطوبة، في هذه الحالة لا توجد أية تحقيقات ما عدا شرط الهشاشة.

- **التشققات الضارة (BAEL 91 المعدل في 99):**

تكون التشققات ضارة لما تكون العناصر معرضة للعوامل المناخية كالأمطار والرطوبة وتكون في بعض الأحيان مغمورة في الماء العذب، في هذه الحالة يجب اتباع القواعد التالية:

$$\overline{\sigma_s} = \zeta = \min\left\{\frac{2}{3} f_e, \max\left(0.5 f_e, 110\sqrt{\eta f_{tj}}\right)\right\}$$

- **التشققات الضارة جدا (BAEL 91 المعدل في 99):**

تكون تشققات ضارة جدا لما تكون العناصر معرضة لوسط عدواني أو عدائي مثل ماء البحر أو الجو البحري كالضباب البحري، الماء المقطر وبعض الغازات، في هذه الحالة لدينا القواعد التالية:

$$\overline{\sigma_s} = \zeta = \min\left\{\frac{1}{2} f_e, 90\sqrt{\eta f_{tj}}\right\}$$

حيث: η : معامل التشقق.

$\eta = 1$: للقضبان الرطبة.

$\eta = 1.6$: للقضبان ذات الالتحام العالي.

<u>إجهادات الحساب للمشروع:</u>

يمكن تلخيص قيم الحساب السابقة في الجدول أدناه والتي سوف نستعملها في الفصول الأخرى:

الجدول2. 2 إجهادات الخرسانة والفولاذ المستعملة

الخرسانة	الفولاذ
➢ $f_{c28} = 25MPA$	➢ قضبان عالية التلحيم $FeE400$
➢ $f_{t28} = 2.1MPA$	➢ $f_e = 400MPA$
➢ $f_{cb} = \sigma_b = 14.2MPA$	➢ $\sigma_s = 348MPA$
➢ $y_b = 1.5$	➢ $E_s = 2\times10^5 MPA$
➢ $E_{ij} = 32164.2MPA$	➢ $y_s = 1.15$
➢ $E_{iv} = 10721.4MPA$	➢ $\eta = 1.6$

الفصل الثالث

تحديد الأبعاد والحمولات

3 تحديد الأبعاد والحمولات:

1.3 المقدمة:

يتم تحديد الأبعاد من أجل تحديد مقاطع مختلف العناصر المقاومة (عارضة، عمود، بلاطة)، ويكون تحديد الأبعاد حسب القواعد الجزائرية المضادة للقوى الزلزالية RPA والقواعد المسلحة في الحالات الحدية BAEL، وذلك لتجنب استعمال زائد عن الحاجة للفولاذ والخرسانة.

2.3 العوارض:

تعتبر أحد العناصر الحاملة تكون من الخرسانة المسلحة ذات مقطع مستطيل على شكل حرف T أو I، يتمثل دورها في نقل الأحمال إلى الأعمدة.

1.2.3 العارضة الأساسية:

يجب أن تتوافق أبعاد الروافد مع القواعد التي تفرضها (نسخة 2003) RPA99 المادة 1.5.7 الصفحة 51

$$b \geq 20cm$$
$$h \geq 30cm$$
$$\frac{h}{b} \leq 4$$

وفقاً لقواعد BAEL 91 يجب أن يفي ارتفاع الروافد الشروط التالية:

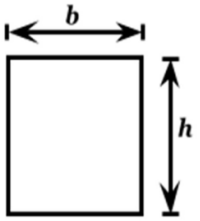
$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$$

مع العلم:

L : طول الرافدة

h : ارتفاع الرافدة

b : عرض الرافدة



L : هو أطول بعد بين مسندين متتاليين

L=Lmax =510cm

$\frac{510}{15} = 34$ cm و $\frac{510}{10} = 51$ cm

$34\ \text{cm} \leq h \leq 51\ cm$

نأخذ: h = 45 cm

بالنسبة للعرض b:

$$0.3h \leq b \leq 0.6h$$
$$0.3 \times 45 \leq 45 \leq 0.6 \times 45$$
$$13.5\ \text{cm} \leq b \leq 27\ \text{cm}$$

نأخذ: b=30cm

القيمة المتحصل عليها أصغر من القيمة المعطاة في RPA لأسباب بنائية.

- شروط RPA نسخة 2003

b= 30 cm ≥ 20cm

h= 45cm ≥ 30 cm

$\frac{h}{b} = 1.5 \leq 4.5$

bmax $\leq 1.5\ h + b$

$30 \leq 1.5\ (45) + 30$

$30 \leq 97.5$

جميع الشروط محققة.

إذن أبعاد مقطع العارضة الأساسية:

$$(30 \times 45) cm^2$$

2.2.3 العارضة الثانوية:

L=493cm

$\frac{493}{15} \leq h \leq \frac{493}{10}$

$32{,}87\ cm \leq h \leq 49.3\ cm$

نأخذ h = 40cm

بالنسبة للعرض b:

$$0.3h \leq b \leq 0.6h$$
$$0.3 \times 40 \leq b \leq 0.6 \times 40$$
$$12\ cm \leq b \leq 24\ cm$$

نأخذ b=30cm

القيمة المتحصل عليها أصغر من القيمة المعطاة في RPA لأسباب بنائية.

- شروط RPA نسخة 2003

b= 30cm $\geq$ 20cm

h= 40cm $\geq 30cm$

$\frac{h}{b} = 1.33 \leq 4.5$

bmax $\leq 1.5\ h + b$

$30 \leq 1.5\ (40) + 30$

$30 \leq 90$

جميع الشروط محققة.

إذن أبعاد مقطع العارضة الثانوية:

$$(30 \times 40)cm^2$$

3.3 البلاطات: (من الجسم المجوف).

1.3.3 تعريف:

البلاطات هي عبارة أسطح أفقية مستوية تعمل على الفصل بين الطوابق والعزل الحراري والصوتي تتحمل تغطية الأرضية وحمولة التشغيل.

السمك الكلي للبلاطة يجب أن يحقق الشروط التالية:

- حسب قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية:

$$h_t \geq \frac{L}{22.5}$$

حيث:

h_t : سمك البلاطة.

L : البعد الأطول للعارضة الثانوية.

L=min (Lx max ; Ly max)

L =min (510 cm ;493 cm)

L=493 cm

التحقق من شرط الانتقال الناتج عن الانحناء:

$$h_t \geq \frac{L}{15} \times \frac{M_t}{M_0}$$

مع: M_0:عزم السكون الأعظمي

$$M_t = 0.75 M_0$$

$$ht \geq \frac{493}{22.5} = 21.91cm$$

$$h_t \geq \frac{L}{15} \times \frac{M_t}{M_0}$$

$$h_t \geq \frac{L}{15} \times 0.75 \frac{M_0}{M_0}$$

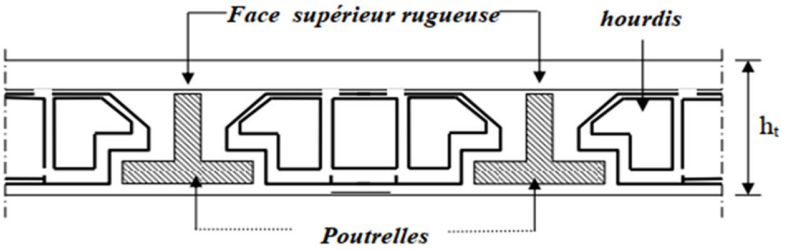
$$h_t \geq \frac{493}{15} \times 0.75$$

$h_t \geq 24.65$ cm

من الشروط السابقة، نختار بلاطة من الجسم المجوف (5+20) cm حيث:

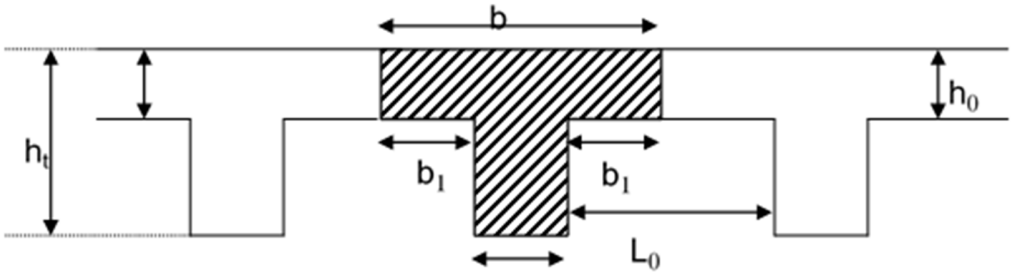
20 cm : ارتفاع الجسم المجوف.

5 cm : ارتفاع بلاطة الانضغاط.



الشكل 3. 1 بلاطة من الجسم المجوف

العصب:



الشكل 3. 2 أبعاد العصب

b: عرض بلاطة الانضغاط.

$$b = b_0 + 2b_1$$

$$0.3h \le b \le 0.7h$$

$$0.3\times25 \le b \le 0.7\times25$$

$$7.5\ cm \le b \le 17.5\ cm$$

مع: $b_0 = 10cm$

$$b_1 = \min\left\{\frac{L_0}{2} \ , \ \frac{L}{10}\right\}$$

مع L_0: طول الجسم المجوف.

L :البعد الأطول للعارضة الثانوية بين مسندين.

$L_0=65-b_0$

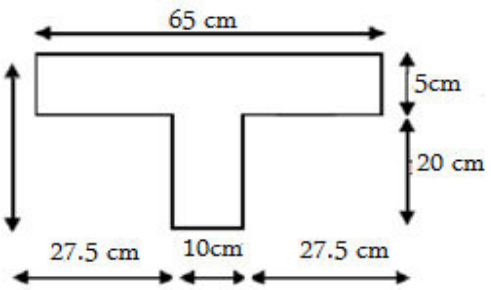
$65-10=55cm$

$b_1=min\ (\frac{55}{2}\ ,\frac{493}{10})$ => $b_1=min\ (27.5,\ 46)$

نأخذ:$b_1=27.5\ cm$

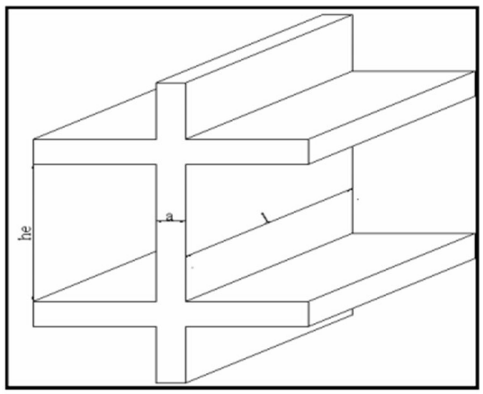
إذن

$b=2b_1+b_0=2x27.5+10=65cm.$



4.3 الجدران:

الجدران عبارة عن عناصر خرسانية مسلحة، (يكون الطول على الأقل أكبر 4 مرات من العرض) الدور الرئيسي للجدران هو دعم المبنى من خلال مقاومة الأحمال الأفقية (الزلازل والرياح) والأحمال العمودية (الأحمال الدائمة والأحمال الزائدة) الناتجة عن الطوابق العلوية وتوزيعها على الأساسات ومن ثم إلى التربة.



الشكل 3. 3 جدار خرساني مسلح

من خلال القواعد المضادة للقوى الزلزالية في الجزائر(RPA (A -7-7-1)(الصفحة56) نسخة 2003.

الجدران المسلحة يجب أن تحقق الشرط:

$$I > 4a$$

حيث:

l : طول الجدار.

a : سمك الجدار.

بالإضافة لهذا البند يشترط أن يكون السمك الأدنى للجدران الحاملة لا يتعدى 15 سم وقيمته تحدد بدلالة ارتفاع الطابق h.

(a ≥ max (15, h/20, h/22, h/25)). (للحساب يأخذ h بـmm)

h= 3.20cm

$$a \geq \frac{320}{25} = 12.8\ cm$$

$$a \geq \frac{320}{22} = 14.54 cm$$

$a \geq \frac{320}{20} = 16\ cm$

$a \geq \max(15 ; 12.8 ; 14.54 ; 16)$

$a \geq 16$ cm

نختار : a=20 cm من أجل كل الجدران.

5.3 الأعمدة:

الأعمدة هي إحدى أهم العناصر الحاملة في المنشآت المعمارية وتقوم بتحمل جميع الأحمال الناتجة عن الطوابق العلوية والجدران والبلاطات وتوزيعها على الأساسات ومن ثم إلى التربة.

من خلال القواعد الجزائرية المضادة للقوى الزلزالية RPA 99(1.4.7 ص48) أبعاد المقاطع العرضية للأعمدة في المنطقة II_a تحقق الشروط التالية:

$\text{Min}(b ; h) \geq 25$ cm

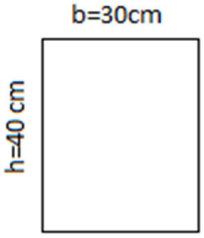
$\text{Min}(b ; h) \geq \frac{he}{20}$

$\frac{1}{4} \leq \frac{b}{h} \leq 4$

حيث h و b أبعاد المقطع.

he : ارتفاع الطابق he=3,20m

نختار عمود مقطعه (30×40) cm²



الشكل 3. 4 مقطع عمود

التحقق:

Min $(35\times 40) \geq 25\ cm$ محققة

Min $(35\times 40) \geq \frac{320}{20} = 16cm$ محققة

$\frac{1}{4} < \frac{30}{40} = 0.75 < 4$ محققة

من خلال قواعد BAEL :

لتجنب انبعاج الأعمدة نفرض نسبة النحافة λ اقل من 50 مع الأخذ:

$$\lambda = \frac{L_F}{i}$$

$L_F = 0.7he = 0.7 \times 320 = 224\ cm$

$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$ و $I = \frac{b\times h^3}{12}$

λ : نسبة النحافة الهندسية.

L_F : طول الانبعاج.

A : مساحة العمود.

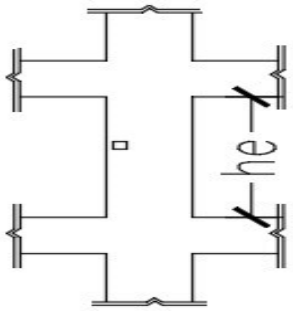
I : عزم العطالة.

$I = \frac{30\times 40^3}{12} = 160000cm^4$

$i = \sqrt{\frac{160000}{1200}} = 11.54$ cm

$\lambda = \frac{224}{11.54} = 19.41 < 50$ محققة

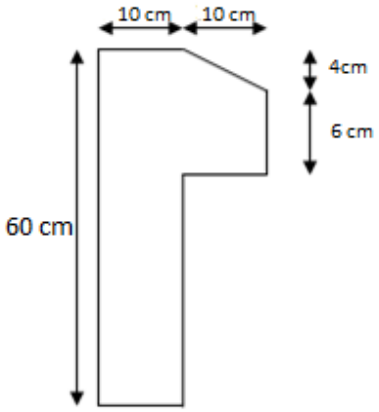
طبقا لـ BAEL91 لا يوجد انبعاج في الأعمدة ومنه نأخذ مقطع العمود: $(30\times40)\ cm^2$



الشكل 3. 5 عمود.

6.3 جدار حافة السقف:

هو هيكل من الخرسانة المسلحة ارتفاعه 60 سم وسمكه 10 سم، يبنى على كامل محيط السطح العلوي للمبنى الغير مستغل ويضمن حماية مستعملي السقف في حالات الصيانة ويمنع تسرب مياه الأمطار من السقف إلى الواجهة.



الشكل 3. 6 جدار حافة السقف

7.3 تقدير وتنزيل الحمولات :

1.7.3 البلاطات:

- **سطح البناية غير المستغل**

الجدول3 .1 حمولة الطابق غير المستغل

	العناصر	السمك(m)	ρ (KN/m³)	G (KN/m2)
1	حماية الحصى	0.05	20	1
2	تغطية ذات عدة طبقات	0.02	6	0.12
3	العزل الحراري	0.04	4	0.16
4	شكل منحدر	0.08	22	1.76
5	بلاطة ذات أجسام مجوفة (5+20)			3.25
6	التلبيس بالجص	0.02	14	0.28
Gالحمولةالدائمة (KN/m2)	6.57			
Qالحمولةالمتغيرة (KN/m2)	1			

- **بلاطات الطوابق**

الجدول3 .2 حمولة الطوابق المستغلة

	العناصر	السمك (m)	ρ (KN/m³)	G (KN/m2)
1	التغطية بالبلاط	0.02	22	0.44
2	ملاط تركيب البلاط	0.02	20	0.4
3	طبقة الرمل	0.02	18	0.36
4	بلاطة ذات أجسام مجوفة (5+20)			3.25
5	التلبيس بالجص	0.02	14	0.28
6	جدار فاصل خفيف			1
الحمولة الدائمة G (KN/m2)	5.73			
الحمولة المتغيرة Q (KN/m2)	1.5			

2.7.3 الجدران:

- **جدران الواجهة**

الجدول3 .3 حمولة جدران الواجهة

	العناصر	السمك (m)	ρ (KN/m³)	G (KN/m2)
1	تلبيس خارجي بالإسمنت	0.02	20	0.4
2	تلبيس داخلي بالإسمنت	0.02	20	0.4
3	الآجر المجوف 15(cm)	0.15	13	1.95
4	الآجر المجوف 10(cm)	0.1	13	1.3
الحمولة الدائمة G (KN/m²)				4.05

مع30 % للفرغات

$$4.05 \times 0.7 = 2.83 \text{ KN}/m^2$$

إذن

G=2.83 KN/m^2

1-الآجر المجوف cm (15+10)

2-طلاء خارجي وداخلي(e=4cm)

- **الجدران الداخلية:**

الجدول3 .4 حمولة الجدران الداخلية

	العناصر	السمك(m)	ρ (KN/m³)	G (KN/m2)
1	تلبيس داخلي بالإسمنت	0.02	20	0.4
2	تلبيس خارجي بالإسمنت	0.02	20	0.4
3	الآجر المجوف 10(cm)	0.1	13	1.3
الحمولة الدائمة G (KN/m2)				2.1

- **جدار حافة السقف:**

المقطع العرضي

$$S = (60 \times 10) + (10 \times 6) + \frac{10 \times 4}{2}$$

=680 cm² =0.068m²

الوزن الخطي :

G=S×B=0.068×25

G=1.7 KN/m

Q=1KN/m

- **الجدران الحاملة:**

الجدول3 .5 حمولة الجدران الحاملة

	العناصر	السمك (m)	ρ (KN/m³)	G (KN/m2)
1	الوزن الذاتي للجدران	0.2	25	5
2	التلبيس بالإسمنت	0.02	20	0.4
3	التلبيس بالجبس	0.02	13	0.26
الحمولة الدائمة G (KN/m2)				5.66

3.7.3 الجدول الإجمالي:

الجدول3 .6 الحمولات لجميع العناصر

	العناصر	G (KN/m2)	Q (KN/m2)
1	أرضية السطح	6.57	1
2	أرضية الطابق العادي	5.73	1.5
3	جدران الواجهة	2.82	
4	الجدران الداخلية	1.3	
5	جدار حافة السقف	1.7	1
6	الجدران الحاملة	5.66	

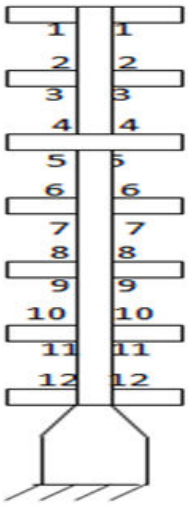
4.7.3 تنزيل الحمولات:

هي عبارة عن حساب حمولة كل عنصر من عناصر المنشأ من الطوابق والأسطح والأعمدة وصولا إلى الأساسات.

قانون درجة الحمولة (D.T.R.B.C.22; A: 6.3.):

يطبق على المنشآت التي تملك عدد طوابق كبير أو التي تكون طوابقها متنوعة ويمكن اعتبارها حرة.

نأخذ من أجل الحساب:



- تحت السقف Q_o
- تحت أخر طابق $Q_o + Q_1$
- تحت الطابق الأسفل مباشرة $Qo + 0,95\ (Q_1 + Q_2)$
- تحت الطابق الثالث $Q_o + 0,9\ (Q_1 + Q_2 + Q_3)$
- تحت الطابق الرابع $Q_o + 0,85\ (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)$
- تحت الطابق الخامس $Q_o + \frac{(3+n)}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + \ldots + Q_n)$

حمولات الطوابق:

- ✓ السقف: $1KN/m^2$
- ✓ الطوابق من 1 إلى 8: $1.5\ KN/m^2$
- ✓ الطابق الأرضي: $1.5\ KN/m^2$
- ✓ الطابق التجاري: $2.5\ KN/m^2$

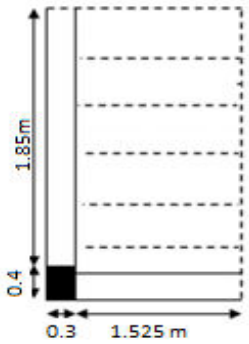
جدول ملخص الأثقال والأحمال الزائدة التراكمية:

الجدول3 .7 الأحمال التراكمية للطوابق

الطابق	Q(KN/m²)	صيغة الحساب Q	G (KN/m²)
السقف	1	Q0	6.57
الطابق 8	2.50	$Q_0 + Q_1$	12.54
الطابق 7	3.85	$Q0 + 0.95\,(Q_1 + Q_2)$	18.51
الطابق 6	5.05	$Q0 + 0.9\,(Q_1 + Q_2 + Q_3)$	24.48
الطابق 5	6.10	$Q0 + 0.85\,(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4)$	30.45
الطابق 4	7	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	36.42
الطابق 3	7.75	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	42.39
الطابق2	8.50	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	48.36
الطابق 1	9.25	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	54.33
الطابق الأرضي	10	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	60.3
الطابق تحت الأرضي1	11.4	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	66.27
الطابق تحت الأرضي2	12.77	$Q0 + \frac{3+n}{2n}(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q4 \ldots + Q_n)$	72.24

5.7.3 الحمولات الدائمة:

- **العمود الزاوي:**



الجدول3 .8 حمولة العمود الزاوي

المقطع	تسمية العناصر	h(m)	b(m)	H(m)	L(m)	الحمولة g (kn/m)	G(kn)
المقطع 1-1	بلاطة السقف	1.525	1.850			6.570	18.536
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	جدار حافة السقف				4.075	1.700	6.928
	المجموع						36.160
المقطع 2-2	حمولة المقطع 1-1						36.160
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147

	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	1.525	2.830	11.868
	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						99.150
المقطع 3-3	حمولة المقطع 2-2						99.150
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	1.525	2.830	11.868
	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						162.141
المقطع 4-4	حمولة المقطع 3-3						162.141
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	1.525	2.830	11.868
	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						225.131
المقطع 5-5	حمولة المقطع 4-4						225.131
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	1.525	2.830	11.868
	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						288.121
المقطع	حمولة المقطع 5-5						288.121

6-6	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	1.850		25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			1.525	2.750	2.830	11.868
	الجدار العرضي			1.850	2.800	2.830	14.659
	المجموع						351.112
المقطع 7-7	حمولة المقطع 6-6						351.112
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	1.850		25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			1.525	2.750	2.830	11.868
	الجدار العرضي			1.850	2.800	2.830	14.659
	المجموع						414.102

المقطع 8-8	حمولة المقطع 7-7						414.102
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	1.850		25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			1.525	2.750	2.830	11.868
	الجدار العرضي			1.850	2.800	2.830	14.659
	المجموع						477.092
المقطع 9-9	حمولة المقطع 8-8						477.092
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	1.850		25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			1.525	2.750	2.830	11.868

	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						540.083
المقطع 10-10	حمولة المقطع 9-9						540.083
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	1.525	2.830	11.868
	الجدار العرضي			2.800	1.850	2.830	14.659
	المجموع						603.073
المقطع 11-11	حمولة المقطع 10-10						603.073
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550

	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750
	الجدار الطولي			3.800	1.525	2.830	16.400
	الجدار العرضي			3.850	1.850	2.830	20.157
	المجموع						679.242
المقطع 12-12	حمولة المقطع 11-11						679.242
	بلاطة الطابق	1.525	1.850			5.730	16.166
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		1.850	25.000	5.550
	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750
	الجدار الطولي			3.800	1.525	2.830	16.400
	الجدار العرضي			3.850	1.850	2.830	20.157
	المجموع						755.411
	حمولة المقطع 12-12						755.411

حمولة التشغيل:

$$S_{\text{الزاوي العمود}} = 1.85 \times 1.525 = 2.821m^2$$

ولدينا حمولة الطوابق:

$$Q_T = 12.77\ \text{kn/m}$$

حمولة جدار الحافة:

$$Q_{acrotére} = 1 \times (0.3 + 0.4 + 1.525 + 1.85)$$

$$Q_{acrotére} = 4.075\ \text{KN}$$

ومنه حمولة عمود الزاوي هي:

$$Q_{\text{العمود الزاوي}} = \text{S} \times Q_T + Q_{acrotére}$$

$$Q_{\text{العمود الزاوي}} = (2.821 \times 12.77) + 4.075$$

$$Q_{\text{العمود الزاوي}} = 40.1\text{KN}$$

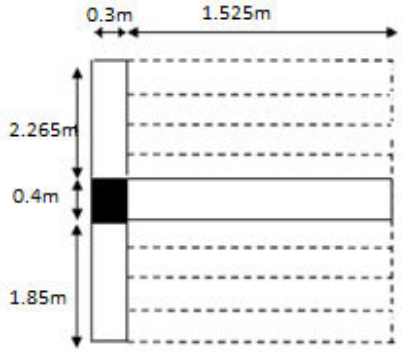
Nu=1.35G+1.5Q

Nu=1.35× 755.411+1.5×40.1

Nu=1079.95 KN

Ns=G+Q=755.411+40.1=795.511 KN

- **العمود الجانبي:**



الجدول3 .9 حمولة العمود الجانبي

المقطع	تسمية العناصر	h(m)	b(m)	H(m)	L(m)	الحمولةg (kn/m)	G(kn)
المقطع 1-1	بلاطة السقف	4.115	1.525			6.570	41.229
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	جدار حافة السقف				4.115	1.700	6.996
	المجموع						65.717
المقطع 2-2	حمولة المقطع 1-1						65.717
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						169.758
المقطع 3-3	حمولة المقطع 2-2						169.758
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						273.800

المقطع 4-4	حمولة المقطع 3-3						273.800
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	4.115		25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			4.115	2.750	2.830	32.025
	الجدار العرضي			1.525	2.800	2.100	8.967
	المجموع						377.842
المقطع 5-5	حمولة المقطع 4-4						377.842
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525		25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	4.115		25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600

	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						481.884
المقطع 6-6	حمولة المقطع 5-5						481.884
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						585.925
المقطع 7-7	حمولة المقطع 6-6						585.925
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						689.967
المقطع 8-8	حمولة المقطع 7-7						689.967
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						794.009

المقطع 9-9	حمولة المقطع 8-8						794.009
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525	25.000	5.147	
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	4.115	25.000	12.345	
	العمود	0.400	0.300	3.200	25.000	9.600	
	الجدار الطولي			2.750	2.830	32.025	
	الجدار العرضي			2.800	2.100	8.967	
	المجموع						898.051
المقطع 10-10	حمولة المقطع 9-9						898.051
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	1.525	25.000	5.147	
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	4.115	25.000	12.345	
	العمود	0.400	0.300	3.200	25.000	9.600	

	الجدار الطولي			2.750	4.115	2.830	32.025
	الجدار العرضي			2.800	1.525	2.100	8.967
	المجموع						1002.092
المقطع 11-11	حمولة المقطع 10-10						1002.092
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750
	الجدار الطولي			3.800	4.115	2.830	44.253
	الجدار العرضي			3.850	1.525	2.100	12.330
	المجموع						1124.875
المقطع 12-12	حمولة المقطع 11-11						1124.875
	بلاطة الطابق	4.115	1.525			5.730	35.958

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		1.525	25.000	5.147
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		4.115	25.000	12.345
	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750
	الجدار الطولي			3.800	4.115	2.830	44.253
	الجدار العرضي			3.850	1.525	2.100	12.330
	المجموع						1247.657
	حمولة المقطع 12-12						1247.657

حمولة التشغيل:

$S=1.525\times(1.85+2.265)$

$S=6.275m^2$

حمولة الطوابق:

$Q_T = 12.77KN/m^2$

حمولة جدار الحافة:

$Q_{acrotére} = 1(1.85 + 2.265 + 0.4)$

$Q_{acrotére} = 4.515KN$

ومنه حمولة العمود الجانبي:

$Q=S\times Q_T + Q_{acrotére} = (6.275 \times 12.77) + 4.515$

$Q_{\text{العمود الجانبي}}$=84.647 KN

ومن الجدول:

G=1247.657 KN

تركيب القوى:

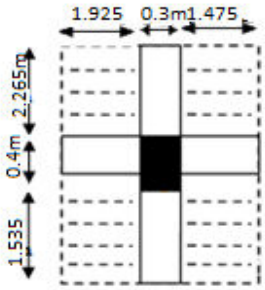
Nu=1.35G+1.5Q=1.35× 1247.657+1.5× 84.647

Nu=1811.307 KN

Ns=G+Q=1247.657 + 84.647

Ns=1332.304 KN

- **العمود المركزي:**



الجدول3 .10 حمولة العمود المركزي

المقطع	تسمية العناصر	h(m)	b(m)	H(m)	L(m)	الحمولة g (kn/m)	G(kn)
المقطع 1-1	بلاطة السقف	3.800	3.400			6.750	87.210

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	المجموع						110.085
	حمولة المقطع 1-1						110.085
المقطع 2-2	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						258.571
	حمولة المقطع 2-2						258.571
المقطع 3-3	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						407.056
	حمولة المقطع 3-3						407.056
المقطع 4-4	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						555.542

	حمولة المقطع 4-4						555.542
المقطع 5-5	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	3.400		25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	3.800		25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600
	الجدار الطولي			3.400	2.750	2.100	19.635
	الجدار العرضي			3.800	2.800	2.100	22.344
	المجموع						704.027
	حمولة المقطع 5-5						704.027
المقطع 6-6	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300	3.400		25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300	3.800		25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300		3.200	25.000	9.600

	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						852.513
	حمولة المقطع 6-6						852.513
المقطع 7-7	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750		2.100	0.000
	الجدار العرضي			2.800		2.100	0.000
	المجموع						959.020
	حمولة المقطع 7-7						959.020
المقطع 8-8	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032

	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						1107.505
	حمولة المقطع 8-8						1107.505
المقطع 9-9	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						1255.991

	حمولة المقطع 9-9						1255.991
المقطع 10-10	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	3.200		25.000	9.600
	الجدار الطولي			2.750	3.400	2.100	19.635
	الجدار العرضي			2.800	3.800	2.100	22.344
	المجموع						1404.476
	حمولة المقطع 10-10						1404.476
المقطع 11-11	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750

	الجدار الطولي			3.800	3.400	2.100	27.132
	الجدار العرضي			3.850	3.800	2.100	30.723
	المجموع						1571.988
	حمولة المقطع 11-11						1571.988
المقطع 12-12	بلاطة الطابق	3.800	3.400			5.730	74.032
	العارضة الأساسية	0.450	0.300		3.400	25.000	11.475
	العارضة الثانوية	0.400	0.300		3.800	25.000	11.400
	العمود	0.400	0.300	4.250		25.000	12.750
	الجدار الطولي			3.800	3.400	2.100	27.132
	الجدار العرضي			3.850	3.800	2.100	30.723
	المجموع						1739.500
	حمولة المقطع 12-12						1739.500

حمولة التشغيلQ :

S_c= (1.925+1.475) × (2.265+1.535)

S_c=12.92m²

حمولة الطوابق:

Q=12.77 KN

ومنه حمولة العمود المركزي:

Q=S× $Q_{\text{الطوابق}}$=12.92×12.77

Q=165 KN

لدينا:

G=1739.5KN

تركيب القوى:

Nu=1.35G+1.5Q=1.35× 1739.5+1.5×165

Nu=2595.83 KN

Ns=G+Q=165+1739.5

Ns=1904.5 KN

8.3 تحديد أبعاد العمود:

من أجل تحديد أبعاد الأعمدة نأخذ العمود الأكثر تحميلا وهو العمود المركزي، وقمنا بأخذ أربع أنواع من الأعمدة

- **النوع الأول:** من الطابق الثاني تحت الأرضي إلى الطابق الأول تحت الأرضي.

- **النوع الثاني:** من الطابق الأرضي إلى الطابق الثاني.
- **النوع الثالث:** من الطابق الثالث إلى الطابق الخامس.
- **النوع الرابع:** من الطابق السادس إلى الطابق الثامن.

1.8.3 تحديد الأبعاد:

- **النوع الأول:** من الطابق الثاني تحت الأرضي إلى الطابق الأول تحت الأرضي.

حساب مقطع العمود:($a\times b$)

التحقق من انبعاج العمود

يجب تحديد أبعاد العمود بحيث لا يكون هناك انبعاج أي $\lambda \leq 50$

$$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{0.7 l_0}{i}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{B}}$$

$$B = a.b$$

$$I = \frac{b.a^3}{12}$$

$$i = \sqrt{\frac{b.a^3}{12.a.b}} = \sqrt{\frac{a^2}{12}} = 0{,}290a$$

$$l_0 = 4.25\ m$$

$$l_f = 0.7 \times 4.25 = 2.975\ m = 297.5\ cm$$

$$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{297.5}{0.290a} \leq 50$$

$$a \geq \frac{297.5}{0.290\times 50} = 20.52\ cm$$

نأخذ: $a = 55\ cm$

$\lambda = \frac{0.7 l_0}{i} = \frac{0.7\times 425}{0.290\times 55} = 18.65 < 50$ محققة

حسب قواعد **BAEL91**:

$$N_u \leq \alpha \left[\frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A_s . \frac{f_e}{\gamma_s}\right]$$

$$B_r = (a-2)(b-2)$$

$$B_r = (55-2)(b-2)$$

$$B_r = 53(b-2)$$

من خلال قواعد RPA 99 نسخة 2003

$$A_s = 0.8\% B_r \left(\text{المنطقة II}_\text{a}\right)$$

$$A_s = 0.008[53(b-2)\ ]$$

$$A_s = 0.424(b-2)$$

$$\lambda = 18.65$$

$$\alpha = \frac{0.85}{\left[1+0.2(\frac{\lambda}{35})^2\right]}$$

$$\alpha = \frac{0.85}{\left[1+0.2(\frac{18.65}{35})^2\right]} = 0.8$$

$$N_u \leq \alpha \left[\frac{B_r \cdot f_{c28}}{0.9\gamma_b} + A_s . \frac{f_e}{\gamma_s}\right]$$

$$f_{c28} = 25Mpa, f_e = 400Mpa, \gamma_b = 1.5, \gamma_s = 1.15$$

$$N_u \leq 0.8 \left[\frac{53(b-2).25}{0.9\times1.5\times10} + 0.424(b-2) \times \frac{400}{1.15\times10}\right]$$

$$N_u \leq 90.32b - 180.63$$

$$N_u = 2595.83\ KN$$

$$2595.83 \leq 90.32b - 180.63$$

$$b \geq \frac{2776.46}{90.32}$$

$$b \geq 30.74$$

نأخذ: $b = 55\ cm$

إذن أبعاد الأعمدة من الطابق الثاني تحت الأرضي إلى الطابق الأول تحت الأرضي هي:cm^2 (55×55)

التحقق من قواعد الجزائر ضد القوى الزلزالية (RPA99 نسخة 2003):

$\text{Min}\ (55 \times 55) \geq 25\ cm$ محققة

$\text{Min}\ (55 \times 55) \geq \frac{425}{20} = 21.25\ cm$ محققة

$\frac{1}{4} < \frac{55}{55} = 1 < 4$ محققة

- **النوع الثاني:** من الطابق الأرضي إلى الطابق الثاني.

بنفس الخطوات السابقة نحسب فنجد:

$l_0 = 3.20\ m$

$l_f = 0.7 \times 3.20 = 2.24\ m = 224\ cm$

$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{224}{0.290a} \leq 50$

$a \geq \frac{224}{0.290 \times 50} = 15.45\ cm$

نأخذ: $a = 50\ cm$

$\lambda = \frac{0.7 l_0}{i} = \frac{0.7 \times 320}{0.290 \times 50} = 15.45 < 50$ محققة

$\alpha = \frac{0.85}{\left[1 + 0.2\left(\frac{15.45}{35}\right)^2\right]} = 0.82$

$\mathrm{N_u} = 1874.85\ \mathrm{KN}$

$N_u \leq 0.82 \left[\frac{48(b-2).25}{0.9 \times 1.5 \times 10} + 0.384(b-2) \times \frac{400}{1.15 \times 10}\right]$

$N_u \leq 83.84b - 167.68$

$b \geq \frac{2042.53}{83.84}$

$b \geq 24.36$

نأخذ: $b = 50\ cm$

إذن أبعاد الأعمدة من الطابق الأرضي إلى الطابق الثاني هي:cm^2 (50×50)

التحقق من قواعد الجزائر ضد القوى الزلزالية (RPA99 نسخة 2003):

$\text{Min}\,(50 \times 50) \geq 25\ cm$ محققة

$\text{Min}\,(50 \times 50) \geq \frac{320}{20} = 16\ cm$ محققة

$\frac{1}{4} < \frac{50}{50} = 1 < 4$ محققة

- **النوع الثالث:** من الطابق الثالث إلى الطابق الخامس.

بنفس الخطوات السابقة نحسب فنجد:

$l_0 = 3.20\ m$

$l_f = 0.7 \times 3.20 = 2.24\ m = 224\ cm$

$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{224}{0.290a} \leq 50$

$a \geq \frac{224}{0.290 \times 50} = 15.45\ cm$

نأخذ: $a = 45\ cm$

$\lambda = \frac{0.7 l_0}{i} = \frac{0.7 \times 320}{0.290 \times 45} = 17.16 < 50$ محققة

$\alpha = \frac{0.85}{\left[1+0.2(\frac{17.16}{35})^2\right]} = 0.81$

$\mathrm{N_u} = 1286.55\ \mathrm{KN}$

$N_u \leq 0.81\left[\frac{43(b-2).25}{0.9 \times 1.5 \times 10} + 0.344(b-2) \times \frac{400}{1.15 \times 10}\right]$

$N_u \leq 74.19b - 148.38$

$b \geq \frac{1434.93}{74.19}$

$b \geq 19.34$

نأخذ: $b = 45\ cm$

إذن أبعاد الأعمدة من الطابق الأرضي إلى الطابق الثاني هي:cm^2 (45×45)

التحقق من قواعد الجزائر ضد القوى الزلزالية (RPA99 نسخة 2003):

$\text{Min}\ (45 \times 45) \geq 25\ cm$ محققة

$\text{Min}\ (45 \times 45) \geq \frac{320}{20} = 16\ cm$ محققة

$\frac{1}{4} < \frac{45}{45} = 1 < 4$ محققة

النوع الرابع: من الطابق السادس إلى الطابق الثامن.

بنفس الخطوات السابقة نحسب فنجد

$l_0 = 3.20\ m$

$l_f = 0.7 \times 3.20 = 2.24\ m = 224\ cm$

$\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{224}{0.290a} \leq 50$

$a \geq \frac{224}{0.290 \times 50} = 15.45\ cm$

نأخذ: $a = 40\ cm$

$\lambda = \frac{0.7 l_0}{i} = \frac{0.7 \times 320}{0.290 \times 40} = 19.31 < 50$ محققة

$\alpha = \frac{0.85}{\left[1 + 0.2\left(\frac{19.31}{35}\right)^2\right]} = 0.8$

$\mathrm{N_u} = 624.14\ \mathrm{KN}$

$N_u \leq 0.8\left[\frac{38(b-2).25}{0.9 \times 1.5 \times 10} + 0.304(b-2) \times \frac{400}{1.15 \times 10}\right]$

$N_u \leq 64.76b - 129.51$

$b \geq \frac{753.65}{64.76}$

$b \geq 11.64$

نأخذ: $b = 40\ cm$

إذن أبعاد الأعمدة من الطابق الأرضي إلى الطابق الثاني هي:cm^2 (40×40)

التحقق من قواعد الجزائر ضد القوى الزلزالية (RPA99 نسخة 2003):

Min $(40 \times 40) \geq 25\ cm$ محققة

Min $(40 \times 40) \geq \frac{320}{20} = 16\ cm$ محققة

$\frac{1}{4} < \frac{40}{40} = 1 < 4$ محققة

الفصل الرابع

حساب العناصر الثانوية

4 حساب العناصر الثانوية:

1.4 دراسة الحافة المحيطة في أعلى واجهة البناية:

1.1.4 تعريف:

حافة جدار السقف في أعلى واجهة البناية هي عنصر هيكلي وثانوي يحيط بالمبنى، مصممة لحماية الأشخاص وكذلك حماية خط الوصل بينها وبين شكل المنحدر ضد تسرب مياه الأمطار عبر الشقوق التي تحدث على مستوى طول الخط نتيجة لظاهرتي انكماش وتمدد الغماء، إضافة لهذا فان لها دور في تعزيز الجمالية الخارجية للمبنى.

2.1.4 الحساب:

يتم حساب الحافة المحيطة في اعلى واجهة البناية باعتبارها مسند مثبت على مستوى السطح غير المستغل لتخضع للانحناء المركب (ضغط +انحناء بسيط).

ملاحظة: الحساب يتم على طول 1متر.

- الوزن الذاتي للعنصر ويعتبر حمولة عمودية أي قوة ضغط (قمنا بحسابه في فصل الحمولات)

$$G = W_P = 2.29 \frac{KN}{ml}$$

- الحمولة أو القوى الأفقية بسبب قوة الدفع F_P أو قوة زلزالية F_q.

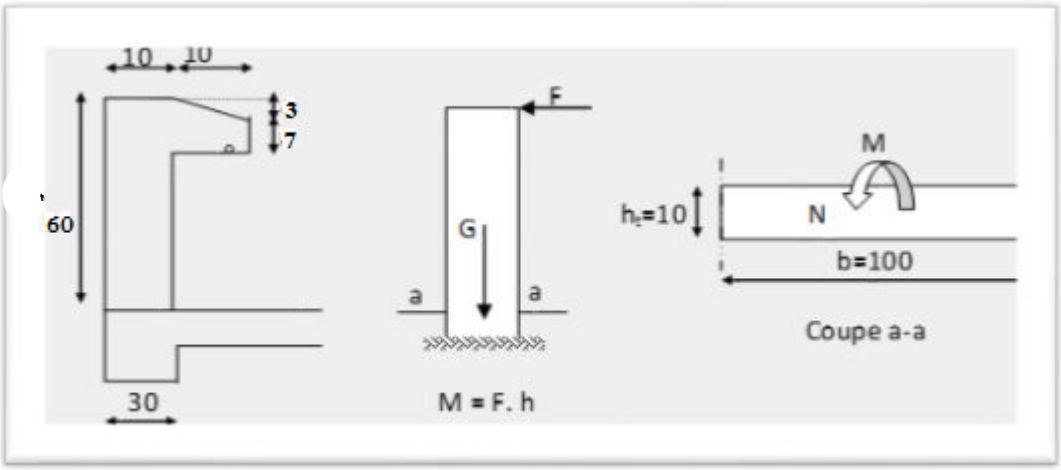
$$F_P = 4.A.C_P.W_P \qquad \text{(RPA version 2003. Art 6.2.3 page43)}$$

حيث: A: معامل تسارع المنطقة (RPA tableau 41. Page 26) و

$A=0.15$ ⇐ المنطقة فئة الاستعمال 2

C_P: معامل القوى الأفقية للعناصر الثانوية (جدول 61. صفحةRPA.43) يتغير من0.3 الى 0.8 وفي حالتنا: $C_P = 0.8$ (عنصر في وحدة التحكم).

W_P: الوزن الذاتي للحافة المحيطة في أعلى البناية.



الشكل4. 1 مقطع حافة اعلى البناية.

3.1.4 القوى الأفقية Q:

لدينا: حمولة التشغيل:

Q=max ($F_p.F_q$)

حيث:

قوة دفع يد الإنسان $F_q = 1KN/ml$

القوة الزلزالية $F_P = 4.A.C_P.W_P \Rightarrow$

$=4\times0,15\times0,8\times2,29$

$F_p = 1.099 \simeq 1.1KN/ml$

Q=max (1.1 1) $\Rightarrow$ Q=1.1KN/ml

❖ عزم الحمولة الدائمة: $M_G = 0$

❖ عزم حمولة التشغيل: $M_q = Q\times h = 1.1\times0.6 = 0.66KN.ml$

$M_q = 0.66KN/ml$

- **الحالة الحدية النهائية ELU:**

$M_u = 1.35M_G + 1.5M_q \Rightarrow M_u = 1.5M_q = 1.5\times0.66$

$M_u = 0.99KN.ml$

- **الحالة الحدية للتشغيل ELS:**

$$M_s = M_G + M_q \Rightarrow M_s = M_q = Q \times h = 0.66KN.ml$$

القوة الناظمية (effort normal):

الوزن الذاتي لحافة السقف عبارة عن ثقل مثبت وحمولة دائمة ومن اجل ذلك:

- **الحالة الحدية النهائية ELU:** $N_u = N_G = 2.29KN$
- **الحالة الحدية للتشغيل ELS:** $N_{ser} = 2.29KN$

حساب الانحراف عن المركز l'excentricité:

باعتبار أن جدار حافة السقف في اعلى البناية فهو يخضع لقوة الضغط وبالتالي فهو معرض لخطر انبعاج وعليه نقوم بتضخيم قيمة الانحراف للقوة الناظمية:

$$e = e_1 + e_a + e_2$$

حيث: e : الانحراف الكلي.

e_1 : الانحراف الجزئي.

e_a : الانحراف الزائد نتيجة لنقص في الهندسة الأولية.

e_2 : الانحراف الناتج عن الانبعاج وله علاقة بتشوه الهيكل.

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} = \frac{0.99}{2.29} = 0.432m$$

$$e_a = \max\left\{2cm.\frac{l}{250}\right\} = \max\left\{2cm.\frac{100}{250}\right\} = \max\left\{2cm.0.4cm\right\}$$

$$e_a = 2cm = 0.02m$$

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{h \times 10^4}(2 + a\varphi)$$

حيث:

l_f : طول الانبعاج.

$$l_f = 2 \times l_0 = 2 \times 0.6 = 1.2m = 120cm$$

φ : النسبة بين التشوه الناتج عن السيلان والتشوه اللحظي تحت تأثير قوة معينة يأخذ عادة: $\varphi = 2$

a : نسبة العزم الأول للحمولة الدائمة.

$$a=10\left[1-\left(\frac{M_u}{1.5M_{ser}}\right)\right]=10\left[1-\left(\frac{0.99}{1.5\times0.66}\right)\right]=0$$

ومنه نجد:

$$e_2=\frac{3\times(1.2)^2}{0.1\times10^4}\times(2+0)=0.00864m$$

$$e_2=0,864cm$$

في الأخير نجد:

$$e=e_1+e_a+e_2=0.432+0.02+0.00864$$

$$e=0.46064m=46.046cm$$

معامل الامتلاء (coefficient de remplissage):

وفقا BAEL 91:

$$\psi=\frac{N_u}{b.d.f_{bc}}=\frac{2.29\times10^{-3}}{1\times0.1\times14.2}=0.001612$$

من خلال قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية BAEL(الصفحة 72):

إذا كان $\Psi \leq 0,81$ إذن يمكن أن نعرف قيمة e_{NC} بواسطة المنحنى $e_{NC}=f(\Psi)$ الموضح في قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية (BAEL 91)؛ مع:

- إذا كان $e_{Nc} \geq e$ المقطع مضغوط كليا.
- إذا كان $e_{Nc} < e$ المقطع مضغوط جزئيا.

ومن خلال BAEL 91 أيضا يمكننا أن نعرف e_{nc} بدلالة $F(\psi)$:

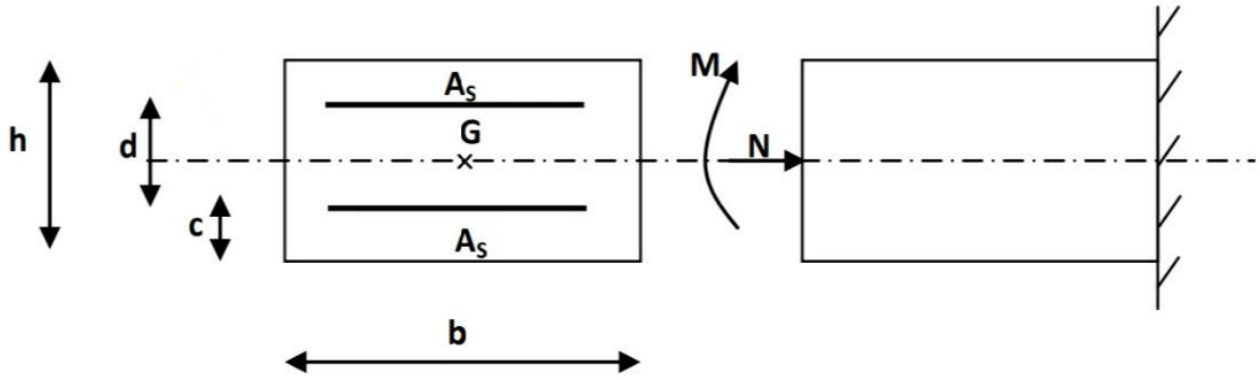
$$F(\psi)=\frac{1+\sqrt{9-12\psi}}{4(3+\sqrt{9-12\psi})}=\frac{1+\sqrt{9-(12\times0.001612)}}{4(3+\sqrt{9-(12\times0.001612)})}=0.16662$$

$$e_{nc} = F(\psi) \times h$$
$$e_{nc} = 0.16662 \times 10 = 1.66cm$$
$$e = 46.064 \geq e_{nc} = 1.66cm$$

بما أن المقطع مضغوط جزئيا فانه لا يمكننا الوصول إلى الحالة الحدية القصوى.

حساب التسليح (ferraillage):

يتم الحساب باعتبار المقطع المستطيل الشكل (b.h) خاضع لقوة عمودية Nu وعزم انحناء Mu وحسابه يؤول إلى الانحناء البسيط.



الشكل4. 2 مقطع عرضي لحافة السطح

حيث:

h: ارتفاع المقطع h=10 cm

b: طول المقطع b=1m=100 cm

c: enoubrage c=3 cm

d: ارتفاع المفيد للفولاذ d=7cm

مركز الضغط يقع خارج المنطقة التي يحددها التسليح وبالتالي فان المقطع مضغوط جزئيا. والحساب يكون على مرحلتين.

- **المرحلة الخيالية (fictive):**

$$M_{fic} = M_u + (N_u \times Y)$$
$$M_u = N_u \times e = 2.29 \times 0.46064 = 1.054 KN.m$$
$$Y = d - \frac{h}{2} = 7 - \frac{10}{2} = 2cm = 0.02m$$
$$M_{fic} = 1.054 + (2.29 \times 0.02) = 1.0998 \simeq 1.1 KN.m$$
$$\mu_u = \frac{M_{fic}}{b.d^2.f_{bc}} = \frac{1.1 \times 10^{-3}}{1 \times 0.07^2 \times 14.2} = 0.0158$$
$$\mu_l = 0.8 a_l (1 - 0.4 a_l)$$
$$a_l = \frac{3.5}{23.5 + \varepsilon}$$
$$\varepsilon = \frac{f_e}{E_s \times y_s} = \frac{400}{2 \times 10^5 \times 1.15} = 0.00173$$
$$\Rightarrow a_l = \frac{3.5}{23.5 + 0.00173} = 0.668$$
$$\mu_l = 0.8 \times 0.668 \left[1 - (0.4 \times 0.668)\right] = 0.392$$

ومنه: $\mu_u = 0.0158 \leq \mu_l = 0.392 \Leftarrow$ المقطع مسلح ببساطة: SSA

إذن: إطارات الحديد المضغوطة غير ضرورية.

$$a = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_l}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - (2 \times 0.0158)})$$
$$a = 0.0199$$
$$z = (1 - 0.4a)d = \left[1 - (0.4 \times 0.0199)\right] \times 0.07 = 0.0694m$$
$$\sigma_s = \frac{f_e}{y_s} = \frac{400}{1.15} = 348MPA$$
$$A_{sfic} = \frac{M_{fic}}{z.\sigma_s} = \frac{1.1 \times 10^{-3}}{0.0694 \times 348} = 0.00004554m^2$$
$$A_{sfic} = 0.455cm^2$$

❖ **المرحلة الحقيقية (Réel):**

$$A_{sr} = A_{sfic} - \frac{N_u}{\sigma_s} = 0.455 \times 10^{-4} - \frac{2.29 \times 10^{-3}}{348} = 0.0000389m^2$$
$$A_{sr} = 0.389cm^2$$

4.1.4 التحقيقات اللازمة:

أ) التحقق في الحالة الحدية النهائية (ELU):

- **شرط عدم الهشاشة (condition de non fragilité):**

$$A_{\min} = \max\left(\frac{b\times h}{1000}, \frac{0.23\times b\times d\times f_{t28}}{f_e}\right)$$

$$A_{\min} = \max\left(\frac{100\times 10}{1000}, \frac{0.23\times 100\times 7\times 2.1}{400}\right)$$

$$A_{\min} = \max(1::0.845)$$

$$A_{\min} = 1cm^2$$

ومن الشرط:

$$A_{\min} \le A_{sr}$$

$$A_{\min} = 1cm^2 \le A_{sr} = 0.389cm^2$$

نجد أن الشرط غير محقق

ومن جدول التسليح نأخذ: $A_s = 4HA8 = 2.01cm^2 / ml$

- **تسليح الربط (armature de répartition):**

$$A_{rep} = \frac{1}{4}\times A_s = \frac{1}{4}\times 2.01 = 0.50cm^2$$

المقطع ضعيف جدا ومن جدول التسليح نختار: $A_{rep} = 4\ HA\ 6 = 1.13\ cm^2 / ml$

- **التباعد (espacement):**
  - بالنسبة للتسليح الأساسي:

$$S_t \le \min(3h : 33cm)$$

$$S_t \le \min(3\times 10 : 33cm)$$

$$S_t \le 30cm$$

نأخذ: $S_t = 25cm$

- **التحقق من قوى القص (l'effort tranchant):**

يتعرض جدار حافة السقف لطقس وأحوال جوية قاسية (تشقق ضار) إذا يجب التحقق من أن:

$$\tau_{u\max} \le \overline{\tau_{u\max}}$$

حيث: $\tau_{u\max}$: الإجهاد المماسي.

$\overline{\tau_{u\max}}$: إجهاد القص.

T_u : قوة القص في ELU.

$$\tau_{u\max} = \frac{T_u}{b.d}$$

$$T_u = 1.5 \times \mathbb{Q} = 1.5 \times 1 = 1.5KN$$

$$\tau_{u\max} = \frac{1.5 \times 10^3}{1 \times 0.07} = 21428.57N/m^2$$

$$\tau_{u\max} = 0.021328MPA$$

$$\overline{\tau_{u\max}} = \min\left\{0.15 \times \frac{f_{c28}}{y_b}, 4MPA\right\}$$

$$\overline{\tau_{u\max}} = \min\left\{0.15 \times \frac{25}{1.5}, 4MPA\right\}$$

$$\overline{\tau_{u\max}} = \min\{2.5MPA, 4MPA\}$$

$$\overline{\tau_{u\max}} = 2.5MPA$$

ومن الشرط أعلاه: $\tau_{u\max} = 0.021328MPA \le \overline{\tau_{u\max}} = 2.5MPA$

ومنه الشرط محقق ولا يوجد خطر للقص لذلك ليس هناك حاجة للتسليح العرضي.

ب) التحقق في الحالة الحدية للتشغيل (ELS):

بما أن التشققات ضارة فيجب التحقق من الشروط التالية:

- في الخرسانة: $\sigma_{bc} \le \overline{\sigma_{bc}}$
- في الفولاذ: $\sigma_s \le \overline{\sigma_s}$

لكن قبل ذلك يجب حساب مركز الضغط للمحور المحايد.

$$C = \frac{h}{2} - e_{ser}$$

حيث: C: المسافة بين مركز الضغط والمحور الأكثر ضغط للمقطع.

e_{ser} : الانحراف في ELS ويعطى بالعلاقة التالية:

$$e_{ser} = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} = \frac{0.66}{2.29} = 0.288m = 28cm$$

$$C = \frac{10}{2} - 28 = -23cm$$

بما أن: $e_{ser} = 28cm \geq d = 7cm$ و $c \leq 0$ فان مركز الضغط يقع خارج المقطع.

حساب y_{ser} حيث:

$y_{ser} = y_c + c \Leftarrow$ ويمثل المسافة من مركز الضغط الى المحور المحايد عند الألياف العلوية للقسم مع العلم أن مركز الضغط مأخوذ موجبا مع قوة ناظميه N_{ser} للضغط وسالبا مع قوة للشد.

$$y_c^3 + p.y_c + q = 0$$

- **إيجاد p وq علما أن:**

$$n = \frac{E_s}{E_b} = 15$$

$$p = -3c^2 - (c-d')^2 \times 6n\frac{A_s'}{b} + (d-c)\times 6n\frac{A_s}{b} \qquad (A_s' = 0)$$

$$p = -3c^2 + (d-c)\times 6n\frac{A_s}{b} = -3(-23)^2 + \left[(7+23)\times 6\times 15\times \frac{2.01}{100}\right]$$

$$p = -1532.73cm^2$$

و:

$$(A_s' = 0)$$

$$q = -2c^3 - (c-d')^2 \times 6n\frac{A_s'}{b} - (d-c)^2 \times 6n\frac{A_s}{b}$$

$$q = -2c^3 - (d-c)^2 \times 6n\frac{A_s}{b} = -2(-23)^3 - \left[(7+23)^2 \times 6\times 15\times \frac{2.01}{100}\right]$$

$$q = 22705.9cm^2$$

نتحصل على معادلة من الدرجة الثالثة:

$$y_c^3 - 1532.73y_c + 22705.9 = 0$$

ولحلها نتبع الطريقة التالية:

$$\Delta = \frac{27q^2 + 4p^3}{27} = q^2 + \frac{4p^3}{27}$$

$$\Delta = (22705.9)^2 + \frac{4\times(-1532.73)^3}{27}$$

$$\Delta = -17891468.18cm \Rightarrow \Delta \leq 0$$

- **حساب الزاوية φ والمعامل a :**

$$\cos(\varphi)=\left[\frac{3q}{2p}\times\left(\sqrt{\frac{-3}{p}}\right)\right]=\left[\frac{3\times 22705.9}{2\times -1532.73}\times\left(\sqrt{\frac{-3}{-1532.73}}\right)\right]$$

$$\cos(\varphi)=-0.983$$

$$\varphi=\cos^{-1}(-0.983)$$

$$\varphi=169.42°$$

$$a=2\sqrt{\frac{-p}{3}}=2\sqrt{\frac{1532.73}{3}}$$

$$a=45.207cm$$

- **حساب y_c :**

$$y_{c1}=a\cos\left(\frac{\varphi}{3}\right)=45.207\cos\left(\frac{169.42}{3}\right)=24.968cm$$

$$y_{c2}=a\cos\left(\frac{\varphi}{3}+120\right)=45.207\cos\left(\frac{169.42}{3}+120\right)=-45.121cm$$

$$y_{c3}=a\cos\left(\frac{\varphi}{3}+240\right)=45.207\cos\left(\frac{169.42}{3}+240\right)=20.152cm$$

- **حساب y_{ser} :**

$$y_{ser1}=y_{c1}+c=+24.968+(-23)=1.968cm$$

$$y_{ser2}=y_{c2}+c=-45.121+(-23)=-68.121cm$$

$$y_{ser3}=y_{c3}+c=+20.152+(-23)=-2.848cm$$

من بين الثلاثة نختار الذي يحقق الشرط:

$$0\le y_{ser}\le d\Leftrightarrow 0\le y_{ser}\le 7$$

$$0\le y_{ser1}=1.968\le 7$$

و: $y_{c1}=24.968cm$

- **حساب عزم عطالة المقطع المتجانس I:**

من خلال قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية BAEL يعطى بالعلاقة التالية:

$$I=\left(\frac{b\times y_{ser}^3}{3}\right)+15\left[\left(A_s\left(d-y_{ser}\right)^2+A_s'\left(y_{ser}-d'\right)^2\right)\right] \qquad A_s'=0$$

$$I=\left(\frac{b\times y_{ser}^3}{3}\right)+15\left[A_s\left(d-y_{ser}\right)^2\right]=\left(\frac{100\times 1.968^3}{3}\right)+15\left[2.01\left(7-1.968\right)^2\right]$$

$$I=1017.5cm^2$$

- **حساب المعامل الزاوي (coefficient angulaire):**

$$K=\frac{N_{ser}\times y_c}{I}=\frac{2.29\times 24.968}{1017.5}=0.0562KN/cm^3$$

❖ **التحقق من إجهاد الخرسانة (contrainte de béton):**

من الشرط:

$$\sigma_{bc}\le\overline{\sigma_{bc}}$$

حيث: σ_{bc} : إجهاد الخرسانة المضغوطة.

$\overline{\sigma_{bc}}$: الإجهاد الحدي للخرسانة المضغوطة.

$$\sigma_{bc}=K\times y_{ser}=0.0562\times 1.968=0.128KN/cm^2$$

$$\sigma_{bc}=1.28MPA$$

$$\overline{\sigma_{bc}}=0.6\times f_{c28}=0.6\times 25=15MPA$$

$$\sigma_{bc}=1.28MPA\le\overline{\sigma_{bc}}=15MPA$$

ومنه الشرط محقق.

❖ **التحقق من إجهاد التسليح لفولاذ (contrainte de l'acier):**

من الشرط:

$$\sigma_s\le\overline{\sigma_s}$$

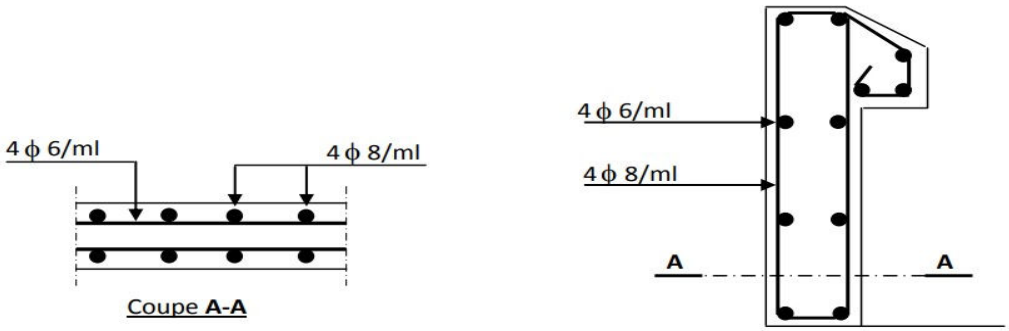
حيث: σ_s :إجهاد التسليح المشدد.

$\overline{\sigma_s}$: الإجهاد المسموح به للتسليح.

$$\sigma_s = nK(d - y_{ser}) = 15 \times 0.0562(7 - 1.968)$$
$$\sigma_s = 4.242 KN/cm^2 = 42.42 MPA$$
$$\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{2f_e}{3} : \max\left(0.5f_e, 110\sqrt{nf_{tj}}\right)\right\}$$
$$\overline{\sigma_s} = \min\left\{\frac{2 \times 400}{3} : \max\left(0.5 \times 400, 110\sqrt{1.6 \times 2.1}\right)\right\}$$
$$\overline{\sigma_s} = \min\left\{266.66 : \max\left(200, 201.63\right)\right\}$$
$$\overline{\sigma_s} = 201.63 MPA$$
$$\sigma_s = 42.42 MPA \leq \overline{\sigma_s} = 201.63 MPA$$

ومنه الشرط محقق.

رسم التسليح (schéma de ferraillage):



الشكل4. 3 تسليح حافة جدار حافة السطح

2.4 السلالم:

1.2.4 تعريف:

هي جزء أساسي من هيكل البناية تسمح بالتنقل من مستوى إلى آخر بواسطة درجات متصلة ببعضها البعض.

2.2.4 مكونات السلم:

- ✓ الدرجة (النائمة) la marche: هي المساحة الأفقية المحصورة بين قائمتين والتي تستقبل الأرجل.
- ✓ القائمة la contre marche: هي الجزء الشاقولي الموجود بين نائمتين وتمثل ارتفاع الدرجة.
- ✓ الحصيرة la paillasse: هي البلاطة المائلة التي تحمل درجات القلبة الواحدة.
- ✓ القلبة la volée: مجموعة من الدرجات متصلة ببعضها البعض محصورة بين فاصلين.
- ✓ الفاصل le palier: عبارة عن بلاطة أفقية صغيرة والفاصل ثلاثة أنواع:

1. فاصل انطلاق
2. فاصل راحة
3. فاصل وصول

- ✓ طول الدرجة l'emmarchement: يمثل عرض السلم ويكون ثابتا على طول السلم.
- ✓ خط السير la ligne de foulée: هو خط وهمي يمثل المسار الذي يتبعه الشخص للصعود أو النزول.

3.2.4 تحديد الأبعاد:

لتحديد الأبعاد يجب احترام شرط علاقة بلاندال (BLONDAL):

$$59cm \leq g + 2h \leq 66cm$$

h: ارتفاع القائمة

g: عرض النائمة

نأخذ: h=17 cm وg=30 cm

$$59cm \leq 30 + 2 \times 17 \leq 66cm$$

$$59cm \leq 64 \leq 66cm$$

ومنه الشرط محقق.

لدينا نوعين من المدارج:

النوع الأول: يشمل الطابقين الأرضيين ومكون من ثلاث قلبات بينهما فاصلين.

النوع الثاني: يشمل باقي الطوابق ومكون من قلبتين بينهما فاصل.

أ) النوع الأول:

- ارتفاع الطابق: H=4.25m
- ارتفاع القلبة الأولى والثالثة: Hv (1,3) =1.7m
- ارتفاع القلبة الثانية: Hv (2) =0.85m

❖ **القلبة الأولى والثالثة:**

N=$\frac{H}{h} = \frac{170}{17} = 10$ قائمة

M=$N - 1 = 10 - 1 = 9$ درجات

- طول خط السير:

L=$g \times M = 0.3 \times 9 = 2.7m$

- زاوية الميل:

$$\tan(\alpha) = \frac{Hv}{L} = \frac{1.7}{2.7} = 0.63 \rightarrow \alpha = 32.21°$$

- طول الحصيرة:

$$Lp = \sqrt{(Hv^2 + L^2)} = 3.19m$$

- سمك الحصيرة:

$$\frac{Lp}{30} \leq e \leq \frac{Lp}{20}$$

$$\frac{319}{30} \leq e \leq \frac{319}{20} \rightarrow 10.63 \leq e \leq 15.95$$

نأخذ e=15cm

❖ **القلبة الثانية:**

N=$\frac{H}{h} = \frac{85}{17} = 5$ قائمة

M=$N - 1 = 5 - 1 = 4$ درجات

- طول خط السير:

L=$g \times M = 0.3 \times 4 = 1.2m$

- زاوية الميل:

$$\tan(\alpha) = \frac{Hv}{L} = \frac{0.85}{1.2} = 0.71 \rightarrow \alpha = 35.37°$$

- طول الحصيرة:

$$Lp = \sqrt{(Hv^2 + L^2)} = 1.47m$$

- سمك الحصيرة:

$$\frac{Lp}{30} \leq e \leq \frac{Lp}{20}$$

$$\frac{147}{30} \leq e \leq \frac{147}{20} \rightarrow 4.9 \leq e \leq 7.35$$

نأخذ e=15cm

ب) النوع الثاني:

- ارتفاع الطابق: H=3.20m

- ارتفاع القلبة الأولى: Hv (1,3) =1.70m
- ارتفاع القلبة الثانية: Hv (2) =1.53m

❖ **القلبة الأولى:**

N=$\frac{H}{h} = \frac{170}{17} = 10$ قائمة

M=$N - 1 = 10 - 1 = 9$ درجات

- طول خط السير:

L=$g \times M = 0.3 \times 9 = 2.7m$

- زاوية الميل:

$$\tan(\alpha) = \frac{Hv}{L} = \frac{1.7}{2.7} = 0.63 \rightarrow \alpha = 32.21°$$

- طول الحصيرة:

$$Lp = \sqrt{(Hv^2 + L^2)} = 3.19m$$

- سمك الحصيرة:

$$\frac{Lp}{30} \leq e \leq \frac{Lp}{20}$$

$$\frac{319}{30} \leq e \leq \frac{319}{20} \rightarrow 10.63 \leq e \leq 15.95$$

نأخذ e=15cm

❖ **القلبة الثانية:**

N=$\frac{H}{h} = \frac{153}{17} = 9$ قائمة

M=$N - 1 = 9 - 1 = 8$ درجات

- طول خط السير:

L=$g \times M = 0.3 \times 8 = 2.4m$

- زاوية الميل:

$$\tan(\alpha) = \frac{Hv}{L} = \frac{1.53}{2.4} = 0.64 \rightarrow \alpha = 32.62°$$

- طول الحصيرة:

$$Lp = \sqrt{(Hv^2 + L^2)} = 2.85m$$

- سمك الحصيرة:

$$\frac{Lp}{30} \leq e \leq \frac{Lp}{20}$$

$$\frac{285}{30} \leq e \leq \frac{285}{20} \rightarrow 9.5 \leq e \leq 14.25$$

نأخذ e=15cm

4.2.4 تنزيل الحمولات:

❖ **فاصل الراحة:Palier**

الجدول4. 1 حمولات فاصل الراحة

	المواد	ρ (KN/m3)	السمك (m)	G (KN/m²)
1	تحميل الوزن الذاتي	25	0.15	3.75
2	طلاء الرخام	21	0.02	0.42
3	وضع الملاط	20	0.02	0.4
4	الجص الإسمنتي	20	0.02	0.4
الحمولات الدائمةG	4.97			
حمولات التشغيلQ	2.5			

❖ الحصيرة:Paillasse

الجدول4 .2 حمولات الحصيرة

	المواد	ρ (KN/m3)	السمك (m)	G (KN/m²)
1	كسوة رخامية	21	0.02	0.42
2	ملاط أفقي	20	0.02	0.4
3	نائمة	22	h=17	1.87
4	الحصيرة	25	0.15	4.31
5	طبقة الرمل	18	0.02	0.36
6	الحاجز الواقي			0.1
7	الجص الإسمنتي	20	0.02	0.4
الحمولات الدائمةG	7.86			
حمولات التشغيلQ	2.5			

5.2.4 الحساب:

➢ الحالة الحدية النهائية (ELU):

$$Q_U = 1{,}35G + 1{,}5Q$$

➢ الحالة الحدية للتشغيل (ELS):

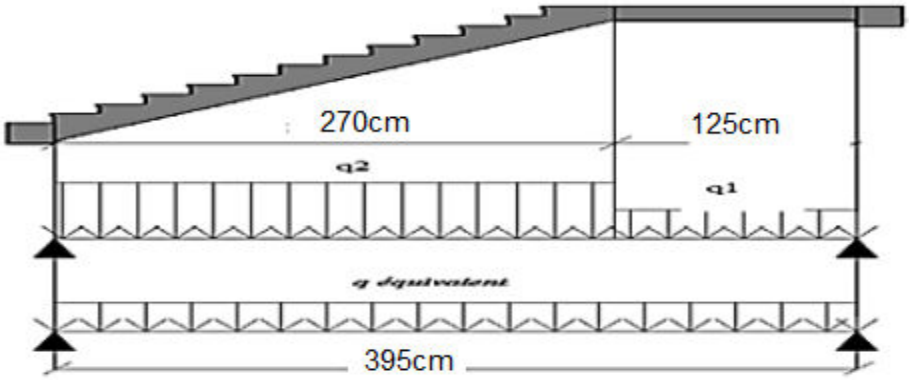
$$Q_S = G + Q$$

الجدول4. 3تنزيل حمولات الحصيرة وفاصل الراحة

ELS G + Q	ELU 1,35G + 1,5Q	Q (KN/m²)	G (KN/m²)	المقطع
10.36	14.36	2.5	7.86	الحصيرة: **Paillasse**
7.47	10.46	2.5	4.97	فاصل الراحة: **Palier**

أ) النوع الأول من المدارج:

القلبة الأولى والثالثة:



الشكل4. 4 مخطط درج القلبة (1،3)

حساب الحمولة المكافئة:

$$q_e(u) = \frac{14.36\times2.7+10.46\times1.25}{3.95} = 13.13\ \text{KN/m}$$

$$q_e(s) = \frac{10.36 \times 2.7 + 7.47 \times 1.25}{3.95} = 9.45\ \text{KN/m}$$

حساب $M_{\text{appui}}\ M_{\text{travée}}\ M_{max}\ T_{max}$

$$M_{max} = \frac{q_e \times l^2}{8}$$

$$T_{max} = \frac{q_e \times l}{2}$$

$$M_{\text{travée}} = 0.85 M_{max}$$

$$M_{\text{appui}} = -0.5 M_{max}$$

جميع الحسابات ملخصة في الجدول التالي:

الجدول4. 4العزوم وقوة القص

T_{max} KN	M_{appui} (KN.m)	$M_{\text{travée}}$ (KN.m)	M_{max} (KN.m)	الحالة
25.93	12.81	21.77	25.61	ELU
18.66	9.22	15.67	18.43	ELS

حساب التسليح الطولي:

لدينا المعطيات التالية: d = 13,5cm ; b = 100cm ; c = 2 cm ; σs = 348MPa ; f_{bu} = 14,2MPa

$$\mu = \frac{M_{As}}{bd^2 f_{bc}} ; \alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) ; Z = d(1 - 0.4\alpha) ; A_s = \frac{M_u}{Z\sigma_s}$$

الجدول4. 5نتائج التسليح

	M_u	b	d	μ	α	Z	A_s	المأخوذ A_s
المسند	12.81	100	13.5	0.050	0.06	13.18	2.79	4 ø 10 $3.14cm^2$
المديد	21.77	100	13.5	0.084	0.11	12.91	4.85	5 ø 12 $5.65cm^2$

التباعد:

$$S_t \leq \min(3h_t, 33cm) \Rightarrow S_t \leq 33cm$$

نأخذ: على المديد $S_t = 25cm$

على المسند $S_t = 30cm$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_s > 1.93cm^2$$

المديد:

$$A_s = 5.65cm^2 > 1.93cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

المسند:

$$A_s = 3.14cm^2 > 1.93cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

التسليح العرضي:

المديد:

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{5.65}{4} = 1.41cm^2$$

نأخذ:

$$4\phi 8 = 2.01cm^2$$

المسند:

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.79cm^2$$

نأخذ:

$$2\phi 8 = 1.01cm^2$$

التباعد:

$$S_t \leq \min(3h_t, 33cm) \Longrightarrow S_t \leq 33cm$$

نأخذ:

المديد $S_t = 25cm$

المسند $S_t = 30cm$

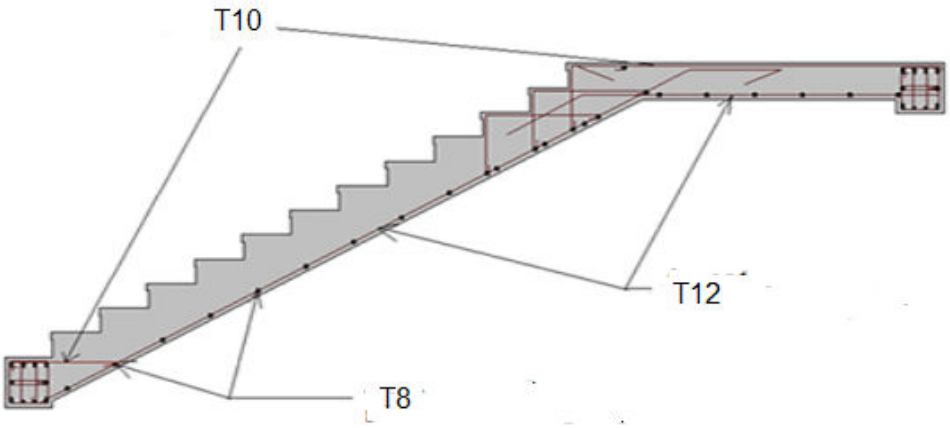
قوة القص:

لدينا:

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

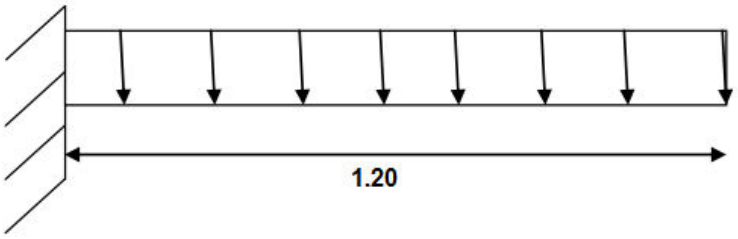
$$\bar{\tau}_u = \min\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 5MPa\}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd} = 0.19\ Mpa \leq \bar{\tau}_u = 3.33\ Mpa \longrightarrow (ش.م)$$



الشكل4. 5 تسليح المدارج

القلبة الثانية:



الشكل4. 6 القلبة 2

تنزيل القوى:

G=7.86 KN/m² Q=2.5 KN/m²

qu=1.35G+1.5Q=1.35*7.86+1.5*2.5=14.36 KN/m²

حساب العزم والقوة:

$$M_u = \frac{q_u + l}{2} = \frac{14.36+1.2}{2} = 7.78\ KN.m$$

$$T_u = q_u.l = 14.36 \times 1.2 = 17.23\ KN$$

حساب التسليح الطولي:

$$\mu = \frac{M_{As}}{bd^2 f_{bc}} = \frac{7.78\times10^{-3}}{1\times0.135^2\times14.17} = 0.030$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.038$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 0.133m$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z\sigma_s} = \frac{7.78\times10^{-3}}{0.133\times348}\times10^4 = 1.68\ cm^2$$

نأخذ من جدول التسليح: $A_s = 4HA10 = 3.14cm^2$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_s = 3.14cm^2 > 1.93cm^2 \rightarrow (\text{ش.م})$$

التسليح الموزع:

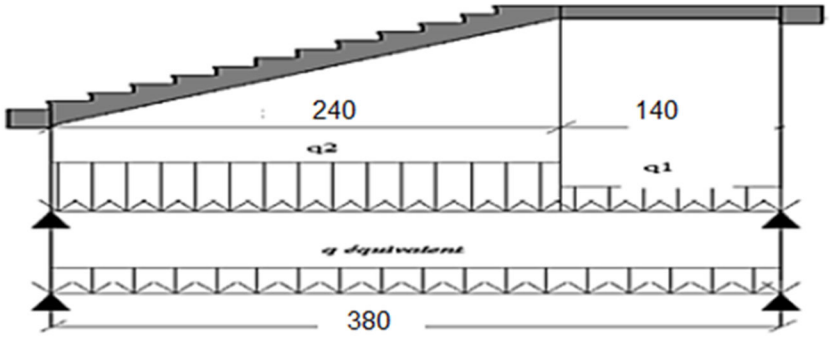
$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.79\ cm^2$$

نأخذ من جدول التسليح: $A_r = 4HA10 = 3.14cm^2$

ب) النوع الثاني من المدارج:

بالنسبة للقلبة الأولى لها نفس الخصائص مع النوع الأول

القلبة الثانية:



الشكل4. 7 القلبة 2 من الدرج الثاني

حساب الحمولة المكافئة:

$$q_e(u) = \frac{14.36\times2.4+10.46\times1.4}{3.8} = 12.92\ \text{KN/m}$$

$$q_e(s) = \frac{10.36 \times 2.4 + 7.47 \times 1.4}{3.8} = 9.29\ \text{KN/m}$$

حساب $M_{\text{appui}}\ M_{\text{travée}}\ M_{max}\ T_{max}$

$$M_{max} = \frac{q_e\times l^2}{8}$$

$$T_{max} = \frac{q_e\times l}{2}$$

$$M_{\text{travée}} = 0.85M_{max}$$

$$M_{\text{appui}} = -0.5M_{max}$$

جميع الحسابات ملخصة في الجدول التالي:

الجدول4. 6قيم العزوم وقوة القص

T_{max} KN	M_{appui} (KN.m)	$M_{\text{travée}}$ (KN.m)	M_{max} (KN.m)	الحالة
24.55	11.66	19.82	23.32	ELU
17.65	8.39	14.25	16.77	ELS

حساب التسليح الطولي:

لدينا المعطيات التالية:

$$d = 13.5cm\ ;\ b = 100cm\ ;\ c = 2\ cm\ ;\ \sigma s = 348MPa\ ;\ f_{bu} = 14{,}2Mpa$$

$$\mu = \frac{M_{As}}{bd^2 f_{bc}}\ ;\ \alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right)\ ;\ Z = d(1 - 0.4\alpha)\ ;\ A_s = \frac{M_u}{Z\sigma_s}$$

الجدول4. 7التسليح المحسوب

	M_u	b	d	μ	α	Z	A_s	A_sالمأخوذ
المسند	11.66	100	13.5	0.045	0.06	13.18	2.54	4 ø 10 $3.14cm^2$
المديد	19.82	100	13.5	0.077	0.10	12.96	4.39	4 ø 12 $4.52cm^2$

التباعد:

$$S_t \leq \min(3h_t, 33cm) \Longrightarrow S_t \leq 33cm$$

نأخذ: على المديد $S_t = 25cm$

على المسند $S_t = 30cm$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_s > 1.93cm^2$$

المديد:

$$A_s = 4.52cm^2 > 1.93cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

المسند:

$$A_s = 3.14cm^2 > 1.93cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

التسليح العرضي:

المديد:

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{4.52}{4} = 1.13cm^2$$

نأخذ:

$$4\phi8=2.01cm^2$$

المسند:

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{3.14}{4} = 0.79cm^2$$

نأخذ:

$$2\phi8=1.01cm^2$$

التباعد:

$$S_t \leq \min(3h_t, 33cm) \Longrightarrow S_t \leq 33cm$$

نأخذ:

المديد $S_t = 25cm$

المسند $S_t = 30cm$

قوة القص:

لدينا:

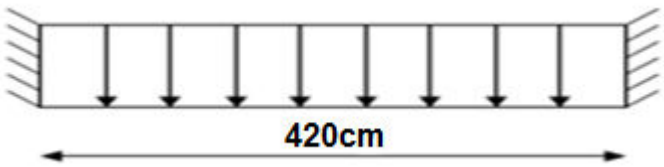
$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\bar{\tau}_u = \min\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 5MPa\}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd} = 0.18\ Mpa \leq \bar{\tau}_u = 3.33\ Mpa \longrightarrow (ش.م)$$

6.2.4 دراسة رافدة المنصة:

هي عارضة تكون في حالة وثاقة على مستوى طرفيها ومعرضة للانحناء بالإضافة للفتل، التأثيرات المطبقة عليها ناتجة عن الثقل ذاتي لفاصل الراحة والحصيرة.



الشكل4. 8 رافدة المنصة

تحديد الأبعاد:

حسب قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحديةBAEL، أبعاد العارضة تكون:

$$h = \left(\frac{1}{15} \div \frac{1}{10}\right) L_{max} => 28cm \leq h \leq 42cm$$

حسب شروط القواعد الجزائرية المضادة للقوى الأفقية (RPA):

$$\begin{cases} b \geq 20\ cm \\ h \geq 30\ cm \\ h / b \leq 4 \end{cases}$$

$$b_{max} \leq 1.5h+b_1$$

لتكن:b=35cm, h=40cm

تحديد الحمولات على الرافدة:

الوزن الذاتي للرافدة:

$$G_p = 0.35 \times 0.40 \times 25 = 3.5\ KN/ml$$

رد فعل الحصيرة:$R=\frac{q.L}{2}$; L=4.2 m

- ✓ **الحالة الحدية النهائية (ELU):** $R_u= \frac{13.13\times4.2}{2}$=27.57KN
- ✓ **الحالة الحدية للتشغيل (ELS):** $R_s= \frac{9.45\times4.2}{2}$=19.85 KN

تنزيل الحمولات:

$q_u =1.35G+1.5Q+R_U=1.35\times3.5+1.5\times2.5+27.57=36.05KN/m$

$q_s=G + Q+ R_s=3.5+2.5+19.85=25.85KN/m$

حساب العزوم:

- ➢ الحالة الحدية النهائية (ELU):

$M_0 = \frac{qu \times L^2}{8} = \frac{36.05 \times 4.2^2}{8} = 79.49$ KN.m

$M_{appui} = -0.5M_0 = 39.75$ KN. m

$M_{travée} = 0.85M_0 = 67.57$ KN. m

- الحالة الحدية للتشغيل (ELS):

$M_0 = \frac{qs \times L^2}{8} = \frac{25.85 \times 4.2^2}{8} = 57$ KN.m

$M_{appui} = -0.5M_0 = 28.5$ KN. m

$M_{travée} = 0.85M_0 = 48.45$ KN. m

حساب التسليح الطولي:

الجدول4. 8التسليح المحسوب

	M_u	b	d	μ	α	z	A_s	المأخوذ A_s
المسند	39.75	0.35	0.36	0.062	0.08	0.348	3.28	4 ø 12 $4.52cm^2$
المديد	67.57	0.35	0.36	0.105	0.139	0.339	5.73	4 ø 14 $6.16cm^2$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_s > 1.52$$

على المديد: $A_s = 6.16cm^2 > 1.52$ (ش.م)

على المسند: $A_s = 4.52cm^2 > 1.52cm^2$ (ش.م)

التحقق في الحالة الحدية للتشغيل:

إذا كانت الشروط التالية مطبقة:

1/-التشقق قليل الضرر (ش.م)

2/-التأثير المطبق هو الانحناء البسيط. (ش.م)

3/-الفولاذ المستعمل من الصنف FeE400. (ش.م)

إذن يكفي أن يتحقق الشرط التالي:

$$\alpha \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{F_{C28}}{100} \quad (\text{مع } \gamma = \frac{M_u}{M_{ser}})$$

على المديد:

$$\gamma = \frac{67.57}{48.45} = 1.39$$

$$\alpha = 0.139 \leq \frac{1.39-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.44 \rightarrow (\text{ش.م})$$

على المسند:

$$\gamma = \frac{39.75}{28.5} = 1.39$$

$$\alpha = 0.08 \leq \frac{1.39-1}{2} + \frac{25}{100} = 0.44 \rightarrow (\text{ش.م})$$

التحقق من الإنتقال الناتج عن الانحناء:

الحساب يكون ضروري إدا لم تتحقق الشروط التالية:

$$\frac{H_t}{L} \geq \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{40}{420} = 0.095 > 0.06 \rightarrow (\text{ش.م})$$

$$\frac{A}{bd} \leq \frac{4.2}{F_e} \Rightarrow \frac{6.16}{35 \times 36} = 4.88 \times 10^{-3} \leq \frac{4.2}{400} = 0.0105 \rightarrow (\text{ش.م})$$

$$\frac{h}{l} \geq \frac{M_{travée}}{15M_0} \Rightarrow 0.095 \geq 0.057 \rightarrow (\text{ش.م})$$

قطر التسليح العرضي:

حسب قواعد الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية:

$$Q_t \leq \min\{\frac{h}{35}, \frac{b}{10}, Q_l\}$$

$$Q_t \leq \min\{11.43/35/12\}mm$$

$$Q_t \leq 10mm$$

نأخذ: $Q_t = 8mm$

التحقق من قوى القص:

التشقق قليل الضرر لدينا:

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\bar{\tau}_u = \min\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 5MPa\}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{bd} = 0.6Mpa \leq \bar{\tau}_u = 3.33\ Mpa \longrightarrow (\text{ش.م})$$

حساب عزم الفتل:

$M_t = \frac{T_U \times b}{2} = \frac{75.71 \times 0.35}{2} = 13.25$ KN.m

$\tau_{ut} = \frac{M_t}{2 \times \Omega \times e}$

$e = \frac{b}{6} = \frac{35}{6} = 5.83$cm

$\Omega = (b-5) \times (h-5) = (35-5) \times (40-5) = 1050$ cm^2

$\tau_{ut} = \frac{13.25 \times 10^{-3}}{2 \times 0.105 \times 0.0583} = 1.082$ MPa.

$\tau_u^2 + \tau_{ut}^2 \leq \bar{\tau}_u^2$

$\boldsymbol{\tau_{ut}}$: إجهاد القص للفتل.

$\boldsymbol{\tau_u}$: إجهاد القص للقوى القص.

$$0.6^2 + 1.082^2 \leq 3.33^2$$

$$1.53 \leq 11.08 \rightarrow (\text{ش.م})$$

التسليح الطولي:

$$A_t = \frac{M_t u}{2\Omega\sigma_s}$$

u: محيط المساحة.

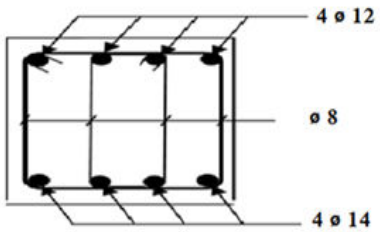
$$u = 2(b+h) = 2 \times 75 = 150\text{cm}$$

$$A_t = \frac{13.25 \times 150 \times 10^{-2}}{2 \times 1050 \times 10^{-5} \times 348} = 2.72 \text{ cm}^2$$

نختار:

$$6\phi 8 = 3.02\text{cm}^2$$

مخطط التسليح:



الشكل4. 9 تسليح رافدة المنصة

3.4 الشرفة:

1.3.4 تعريف:

الشرفة هي عبارة عن عنصر بارز في المنشأ من الخرسانة المسلحة على شكل بلاطة مصمتة موثوقة من جهة واحدة في العارضة وحر من الجهات الأخرى معرضة للانحناء البسيط وللعوامل الخارجية كما تلعب دورا مهما من الناحية المعمارية والجمالية والزيادة في استغلال مساحة المبنى.

عرض الشرفة هو: b=1.00 m

2.3.4 دراسة الشرفة:

الشرفة تكون تحت تأثير القوى التالية:

الشكل4. 10 القوى المؤثرة على الشرفة

G: الحمولة الدائمة

Q: الحمولة الموزعة على عرض الشرفة

P: الحمولة الناتجة عن الجدار الواقي

وحسب وثيقة DTR:

الوزن الذاتي: G = 4.96 KN/m²

حمولة التشغيل: Q = 3.5 KN/m²

القوة الناتجة عن وزن الجدار الواقي: 2.87 KN /m²

تحديد سمك البلاطة:

حسب قواعد BAEL91 :

$$h \geq \frac{L_x}{20}$$

$$h = \frac{100}{20} = 5cm$$

نختار سمك البلاطة: h =15 cm

تركيب الحمولات:

$$q_u = 1.35G + 1.5Q$$
$$q_u = 1.35 \times 4.96 + 1.5 \times 3.5 = 11.95\ KN/ml$$
$$q_s = G + Q = 4.96 + 3.5$$
$$q_s = 8.46KN/ml$$

حساب العزوم:

$$M_u = \frac{q_u}{2} {L_X}^2 + p_u L_X$$
$$\Rightarrow M_u = \frac{11.95(1)^2}{2} + 1.53 \times 1 = 7.5\ KN/ml$$
$$M_s = \frac{q_s {L_X}^2}{2}$$
$$\Longrightarrow M_s = \frac{8.45(1)^2}{2} = 4.22\ KN/ml$$

حساب التسليح:

$$u_u = \frac{M_u}{bd^2 F_{bc}} = \frac{7.5 \times 10^{-3}}{1(0.12)^2 14.17} = 0.037MPa$$
$$u_u = 0.037 < 0.391 \rightarrow A'_s = 0$$
$$\alpha = 1.25\left(1 - \sqrt{1 - 2u_u}\right) = 0.047 < 0.259 \rightarrow pivotA$$
$$z = d(1 - 0.4\alpha) = 0.117m$$
$$A_S = \frac{M_u}{\sigma_s z} \Rightarrow A_s = \frac{7.5 \times 10^{-3}}{0.117 \times 348} = 1.83 \times 10^{-4} m^2 = 1.83 cm^2$$

نأخذ من جدول التسليح:

$$A_s = 4\phi 12 = 4.52 cm^2$$

حساب التباعد:

$$S_t \leq \min(3h, 33cm) = \min(45cm, 33cm)$$
$$\Longrightarrow S_t \leq 33cm$$
$$\Longrightarrow S_t = 25cm$$

إطار التوزيع:

$$A_r = \frac{A_u}{4} = \frac{4.52}{4} = 1.13cm^2$$

نختار من الجدول: $A_s = 4\phi 8 = 2.01cm^2$

3.3.4 التحقيقات:

✓ **شرط عدم الهشاشة:**

$$A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$\Longrightarrow F_{t28} = 0.6 + 0.06Fc_{28} = 0.6 + 0.06 * 25 = 2.1$$

$$\Longrightarrow A_{min} = \frac{0.23 \times 0.12 \times 2.1}{400} = 1.44 \times 10^{-4}m^2 = 1.44\ cm^2$$

$$A_s > A_{min}$$

$$1.83 > 1.44$$

الشرط محقق

✓ **قوى القص:**

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\bar{\tau}_u = \min\{\frac{0.15F_{c28}}{\gamma_b}, 4MPa\}$$

$$\tau_u = \frac{T_u}{d}$$

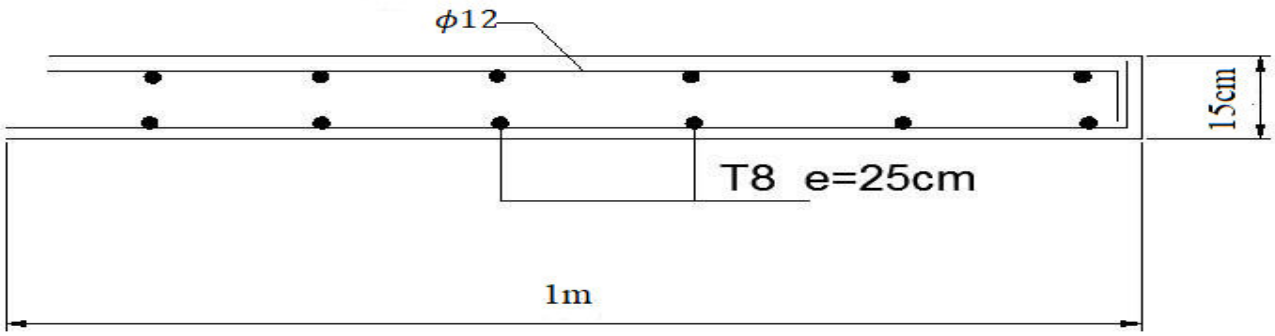
$$T_u = 1.35(G \times lx + Y) + 1.5 \times Q \times lx$$

$$\Longrightarrow T_u = 1.35(4.96 \times 1 + 1.5) + 1.5 \times 3.5 \times 1$$

$$= 13.97KN$$

$$\Longrightarrow \tau_u = \frac{13.97\ 10^{-3}}{0,12} = 0,12\ Mpa \leq \bar{\tau}_u = 2,5\ Mpa$$

الشرط محقق



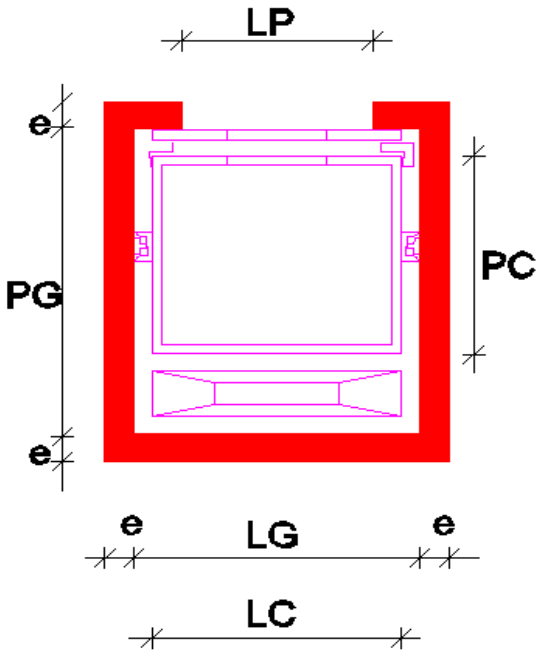
الشكل4. 11 تسليح الشرفة

4.4 المصعد:

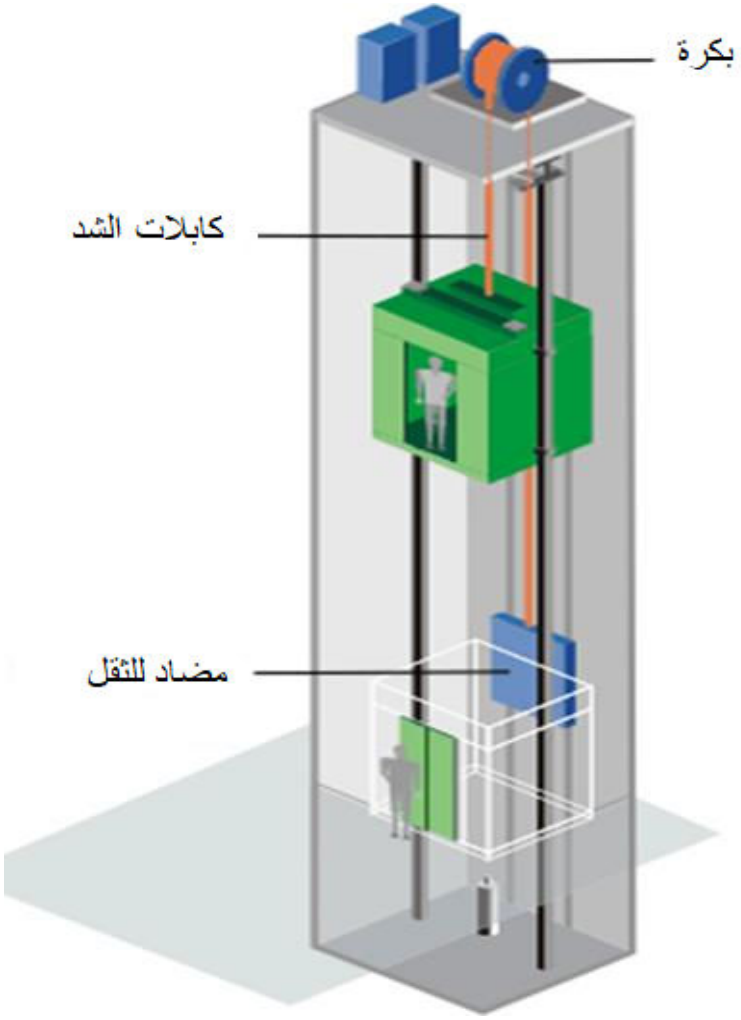
1.4.4 تعريف:

المصعد هو جهاز متحرك يقوم بنقل الأشخاص إلى مستويات مختلفة في المبنى، هناك عدة أنواع من المصاعد، مثل المصاعد الهوائية ومصاعد الركاب ومصاعد الشحن، النقل الأمن مضمون بالأبعاد والتحكم في وقت واحد لاستخدام المصاعد، وفي مشروعنا نستخدم مصعد إلكتروني بحيث يوجد آلات الرفع أسفل المبنى في موقف السيارات ويعمل بنظام إلكتروني عن طريق لوحة كهربائية خلف المصعد فلا نحتاج الى حساب قوى المصعد.

- عرض المقصورة LC = 1.31m
- عمق المقصورة PC = 1.37m
- عرض القناة LG = 1.90m
- عمق القناة PG = 2.50m
- ارتفاع المقصورة HC = 2.20m
- عرض الممر LP= 0.90m
- ارتفاع الممر h= 2.00m
- سمك الجدار الخرساني e=15cm



الشكل4. 12 أبعاد المصعد



الشكل4. 13 صورة لبعض عناصر المصعد

الفصل الخامس

البلاطات

5 البلاطات:

1.5 مقدمة:

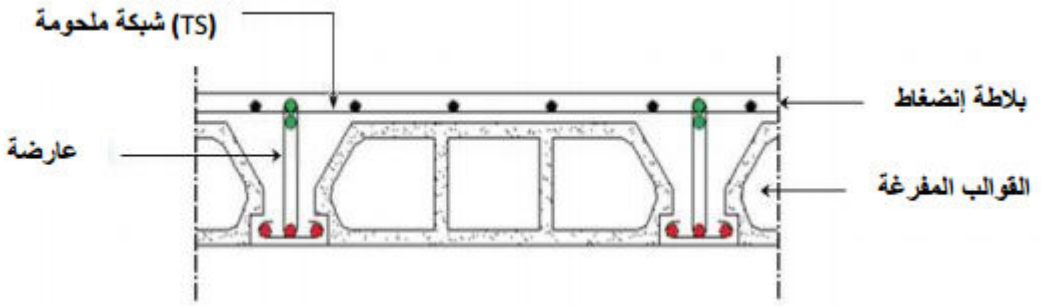
البلاطات هي عناصر أفقية حاملة من هيكل المبنى، يتمثل دورها الرئيسي في الفصل بين مستويات المبنى وتتكون من مجموعة من الروافد وتكون مرتكزة على الأعمدة والجدران الحاملة.

وللبلاطات عدة أدوار تتمثل في:

- استقبال وتوزيع الأثقال على العناصر الحاملة.
- تضمن العزل الصوتي والحراري بين مختلف الأرضيات والمستويات.
- مقاومة الأحمال الأفقية الناتجة عن الرياح والزلازل.

وفي بنائنا ودراستنا هذه قمنا باختيار البلاطات ذات الأجسام المجوفة وهي بلاطات شائعة الاستعمال تتكون من عنصرين هما:

- **العناصر المقاومة:** وهي عوارض على شكل حرف T مع توصيل فولاذي على لوح الانضغاط.
- **عنصر الملء (صب الخرسانة):** ويتكون من الخرسانة حيث يتم الصب ة بلاطة الانضغاط ملموسة، وتكون معززة بشبكة ملحمة مما يضمن توزيع أفضل للأحمال.



الشكل5. 1 بلاطة مجوفة

2.5 طرق حساب البلاطات ذات الأجسام المجوفة:

نعتمد في حساب بلاطات الأجسام المجوفة على طريقتين هما:

- **الطريقة الجزافية(méthode forfaitaire)** : مخصصة للأرضيات ذات الحمل التشغيلي المعتدل .[21.*BAEL*91/ *B*6.2]
- **طريقة كاكوت(méthode caquote)** : مخصصة للأرضيات ذات الحمل التشغيلي العالي . [22.*BAEL*91/ *B*6.2]

أ) الطريقة الجزافية:

وحسب BAEL 91 تستعمل هذه الطريقة لحساب الروافد خاصة أعصاب البلاطات التي تحمل حمولات منتظمة ولتطبيقها يجب تحقيق الشروط التالية:

1) الأرضية تستقبل حمولات تشغيل معتدلة $\mathbb{Q} \leq \max\left(2G, 5.00KN/m^2\right)$

2) معرض لتشققات غير ضارة.

3) تكون عزوم العطالة ثابتة من مديد لآخر.

4) تكون النسبة بين طول مديدين متتاليين محصورة بين 0,8 و1,25.

التحقق من شروط هذه الطريقة:

1)

$\mathbb{Q} \leq \max\left(2G, 5.00KN/m^2\right)$

$\mathbb{Q} = 1.5\text{KN/m}^2$; G=6.57 KN/m^2

$\Rightarrow \mathbb{Q}=1.5\text{KN/m}^2 \leq \max\left(13.74 \ . \ 5.00\right)$

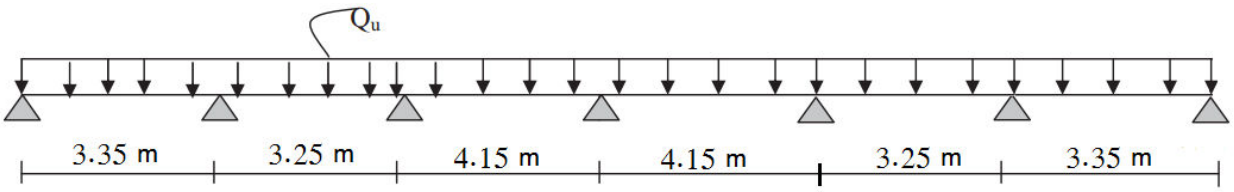
$\Rightarrow \mathbb{Q}=1.5\text{KN/m}^2 \leq 13.74\ \text{KN/m}^2$

ومنه الشرط محقق.

2) نعتبر التشققات غير ضارة ..... ش. محقق

3) عزوم العطالة تبقى ثابتة من مديد لآخر. ..... ش. محقق.

4) النسبة بين طول مديدين متتاليين محصورة بين 0,8 و1,25.



$\frac{3.35}{3.25}=1.03\Rightarrow 0.8\le 1.03\le 1.25$ محققــة

$\frac{3.25}{4.15}=0.78\Rightarrow 0.8\le 0.78\le 1.25$ غــير محققــة

$\frac{4.15}{4.15}=1\Rightarrow 0.8\le 1\le 1.25$ محققــة

$\frac{4.15}{3.25}=1.28\Rightarrow 0.8\le 1.28\le 1.25$ غــير محققــة

$\frac{3.25}{3.35}=0.97\Rightarrow 0.8\le 0.97\le 1.25$ محققــة

النسبة بين طول مديدين متتالين ليست دائما محصورة بين 0,8 و1,25 ومنه لا نستطيع تطبيق الطريقة الجزافية.

ب) طريقة كاكوت(méthode caquote) :

تطبق هذه الطريقة في حالة الأرضيات التي تستقبل حمولات تشغيل عالية وتكون أكبر من الشرط:

$$\mathbb{Q}\ge \max\left(2G,5.00KN/m^2\right)$$

وتطبق أيضا عندما يختل أحد شروط الطريقة الجزافية وهذه الطريقة تعتمد على النظرية العامة للعوارض المستمرة وطريقة العزوم الثلاثة لكن تم تغيير بشكل طفيف المعاملات العددية المحصل عليها تجريبيا.

مبدأ طريقة كاكوت:

- **بالنسبة للأطوال:**
  - ✓ بالنسبة للمديد الوسطي(travée intermédiaire) : $l'=0.8\times l$
  - ✓ بالنسبة للمديد الجانبي(travée de rive) : $l'=l$
- **بالنسبة للعزم على المسند (moments aux appuis) :**

$$M_a=-\frac{q_w l'^{3}_{w}+q_e l'^{3}_{e}}{8.5(l'_w+l'_e)}$$

حيث:q_w و q_e هي الحمولات يسار ويمين المسند.

l'_w و l'_e هي الأطوال على جانبي المسند.

- **بالنسبة للعزم على المديد: (moments aux travée):**

يعطى بالعلاقة التالية:

$$M(x)=M_0(x)+M_g\left(1-\frac{x}{L}\right)+M_d\left(\frac{x}{L}\right)=\frac{qx}{2}(L-x)+M_g\left(1-\frac{x}{L}\right)+M_d\left(\frac{x}{L}\right)$$

ولدينا أيضا:

$$x=\frac{\frac{q\times L}{2}-\frac{M_g}{L}+\frac{M_d}{L}}{q}=\frac{L}{2}+\frac{-M_g+M_d}{L.q}$$

- **بالنسبة لقوى القص:(efforts tranchantes):**

هناك العديد من العلاقات وفي دراستنا اعتمدنا على التالي:

$$V_w=\frac{q.L}{2}+\frac{(M_i-M_{i-1})}{L_i}$$

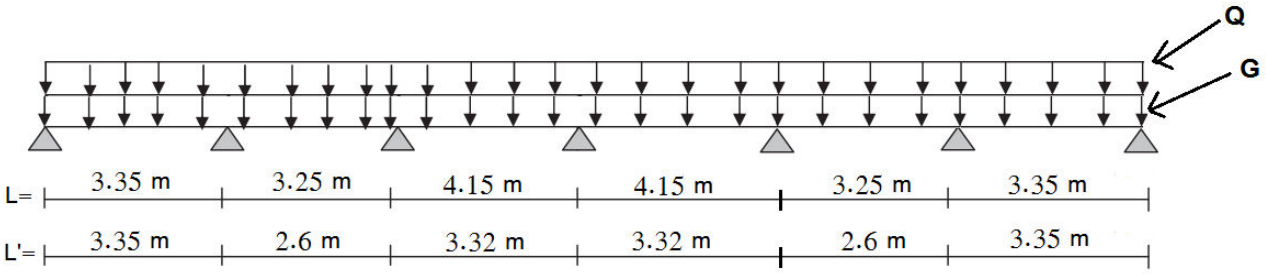
$$V_e=-\frac{q.L}{2}+\frac{(M_i-M_{i-1})}{L_i}$$

1.2.5 الحساب من اجل بلاطة السطح الغير المستغل:

$G=6.57\ \text{KN/m}^2$

$\mathbb{Q}=1\ \text{KN/m}^2$

$$G'=\frac{2}{3}G=\frac{2}{3}\times 6.57=4.38KN/m^2$$



أ) **توليفة الحمولات (combinaison de charge):**

الجدول5. 1 توليفة الحمولات

ELU(KN/m²)	$q_u=1.35G+1.5\mathbb{Q}$	10.37
ELS(KN/m²)	$q_s=G+\mathbb{Q}$	7.57

الجدول5. 2 توليفة الحمولات

ELU(KN/m²)	$q'_u=1.35G'+1.5\mathbb{Q}$	7,41
ELS(KN/m²)	$q'_s=G'+\mathbb{Q}$	5,38

ب) الحمولة الخطية على العصب:

الجدول5. 3 الحمولة الخطية على العصب

ELU(KN/m²)	$q_{uL}=0.65\times q_u$	6.74
ELS(KN/m²)	$q_{sL}=0.65\times q_s$	4.92

الجدول5. 4 الحمولة الخطية على العصب

ELU(KN/m²)	$q'_{uL}=0.65\times q'_u$	4.82
ELS(KN/m²)	$q'_{sL}=0.65\times q'_s$	3.5

ج) حساب العزم على المسند:

ELU: $q'_{uL}=4,82\ \text{KN/m}^2$

$$M_A=M_G=0\ \text{KN.m}$$

$$M_B=-\frac{4.82\left(3.35^3+2.6^3\right)}{8.5\times\left(3.35+2.6\right)}\Rightarrow M_B=-5.26\ KN.m$$

$$M_C=-\frac{4.82\left(2.6^3+3.32^3\right)}{8.5\times\left(3.32+2.6\right)}\Rightarrow M_C=-5.19KN.m$$

$$M_D=-\frac{4.82\left(3.32^3+3.32^3\right)}{8.5\times\left(3.32+3.32\right)}\Rightarrow M_D=-6.25\ KN.m$$

$$M_E=M_C=-5.19KN.m$$

$$M_F=M_B=-5.26\ KN.m$$

ELS: $q'_{sL}=3.5\ \text{KN/m}^2$

$$M_A = M_G = 0 \text{ KN.m}$$

$$M_B = -\frac{3,5\left(3.35^3 + 2.6^3\right)}{8.5 \times (3.35 + 2.6)} \Rightarrow M_B = -3,82KN.m$$

$$M_C = -\frac{3,5\left(2.6^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times (3.32 + 2.6)} \Rightarrow M_C = -3,77KN.m$$

$$M_D = -\frac{3,5\left(3.32^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times (3.32 + 3.32)} \Rightarrow M_D = -4,54\ KN.m$$

$$M_E = M_C = -3,77KN.m$$

$$M_F = M_B = -3,82KN.m$$

د) <u>حساب العزم على المديد:</u>

حيث:

$$q_{uL} = 6,74 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{sL} = 4,92 \text{ KN/m}^2$$

- **المديد AB:**

ELU:

$$x = \frac{L_{AB}}{2} + \frac{-M_g + M_d}{L.q} = \frac{3.35}{2} + \frac{-5.26}{3.35 \times 5.74} = 1.44m$$

$$M(1.44) = \frac{6.74 \times 1.44 \times (3.35 - 1.44)}{2} + (-5.26)\left(\frac{1.44}{3.35}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{AB} = 7.01 \text{ KN.m}$$

ELS :

$$x = \frac{3.35}{2} + \frac{-3,82}{3.35 \times 4,92} = 1.44m$$

$$M(1.44) = \frac{4,92 \times 1.44 \times (3.35 - 1.44)}{2} + (-3,82)\left(\frac{1.44}{3.35}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{AB} = 5,12 \text{ KN.m}$$

- **المديد BC:**

ELU:

$$x = \frac{3.25}{2} + \frac{-(-5,26) + (-5,19)}{3.25 \times 6.74} = 1.63m$$

$$M(1.63) = \frac{6.74 \times 1.63 \times (3.25 - 1.63)}{2} + (-5.26)\left(1 - \frac{1.63}{3.25}\right) + (-5.19)\left(\frac{1.63}{3.25}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{BC} = 3.67 \text{ KN.m}$$

ELS:

$$x = \frac{3.25}{2} + \frac{-(-3,82)+(-3,77)}{3.25\times 4.92} = 1.63m$$

$$M(1.63) = \frac{4.92\times 1.63\times(3.25-1.63)}{2} + (-3,82)\left(1-\frac{1.63}{3.25}\right) + (-3.77)\left(\frac{1.63}{3.25}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{BC} = 2.7 \text{ KN.m}$$

- **المديد CD:**

ELU:

$$x = 2.03\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{CD} = M(2.03) = 8.79 \text{ KN.m}$$

ELS:

$$x = 2.03\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{CD} = M(2.03) = 6.44 \text{ KN.m}$$

- **المديد DE:**

ELU :

$$x = 2.11\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{DE} = M(2.11) = 8.79 \text{ KN.m}$$

ELS :

$$x = 2.11\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{DE} = M(2.11) = 6.44 \text{ KN.m}$$

- **المديد EF:**

ELU:

$$x = 1.62\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{EF} = M(1.63) = 3.67 \text{ KN.m}$$

ELS:

$$x = 1.62\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{EF} = M(1.62) = 2.7 \text{ KN.m}$$

- **المديد FG:**

ELU:

$$x = 1.91\ m$$
$$M_{t_{\max}}^{FG} = M(1.91) = 7.01\ \text{KN.m}$$

ELS:

$$x = 1.91\ m$$
$$M_{t_{\max}}^{FG} = M(1.91) = 5.12\ \text{KN.m}$$

هـ) حساب قوى القص:

ELU : حيث : $q_{uL} = 6,74\ \text{KN/m}^2$

- **المديد AB:**

$$V_A = \frac{6.74 \times 3.35}{2} + \frac{-5.26}{3.35} = 9.72\ \text{KN}$$
$$V_B = -\frac{6.74 \times 3.35}{2} + \frac{-5.26}{3.35} = -12.86\ \text{KN}$$

- **المديد BC:**

$$V_B = \frac{6.74 \times 3.25}{2} + \frac{-(5.26) + (-5.19)}{3.25} = 10.97\ \text{KN}$$
$$V_C = -\frac{6.74 \times 3.25}{2} + \frac{-(5.26) + (-5.19)}{3.25} = -10.93\ \text{KN}$$

- **المديد CD:**

$$V_C = \frac{6.74 \times 4,15}{2} + \frac{-(-5.19) + (-5.26)}{4,15} = 13.73\ \text{KN}$$
$$V_D = -\frac{6.74 \times 4,15}{2} + \frac{-(-5.19) + (-5.26)}{4.15} = -14.24\ \text{KN}$$

- **المديد DE:**

$$V_D = -V_D(CD) = 14.24\ \text{KN}$$
$$V_E = -V_C(CD) = 13.73\ \text{KN}$$

- **المديد EF:**

$$V_E = -V_C(BC) = 10.93\ \text{KN}$$
$$V_F = -V_B(BC) = -10.97\ \text{KN}$$

- **المديد FG:**

$$V_F = -V_B(AB) = 12.86\ KN$$
$$V_G = -V_A(AB) = -9.732\ KN$$

وبنفس الطريقة نحسب في الحالة ELS مع اخذ: $q_{sL} = 4,92\ KN/m^2$

ونتائج الحسابات نلخصها في الجداول التالية أدناه:

ELU :

الجدول5. 5 العزم على المسند

المسند	A	B	C	D	E	F	G
$q'_{uL}(KN/m^2)$	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82
$L(m)$		3.35	3.25	4.15	4.15	3.25	3.35
$L'(m)$		3.35	2.6	3.32	3.32	2.6	3.35
$M_a(KN.m)$	−0	−5.26	−5.19	−6.25	−5.19	−5.26	0

الجدول5. 6 العزم على المديد

المديد	$q_{uL}(KN/m^2)$	$L(m)$	$X(m)$	$M_t(KN.m)$	$V_g(KN)$	$V_d(KN)$
A−B	6.74	3.35	1.44	7.01	9.72	−12.86
B−C	6.74	3.25	1.63	3.67	10.97	−10.93
C−D	6.74	4.15	2.03	8.79	13.73	−14.24
D−E	6.74	4.15	2.11	8.79	14.24	−13.73
E−F	6.74	3.25	1.62	3.67	10.93	−10.97
F−G	6.74	3.35	1.91	7.01	12.86	−9.72

مما نسبق نجد:

$$M_{a\ \max} = 6.25KN.m$$
$$M_{t\ \max} = 8.79KN.m$$
$$T_{\max} = V_{\max} = 14.24KN$$

ELS :

الجدول5. 7 العزم على المسند

المسند	A	B	C	D	E	F	G
$q'_{SL}(KN/m^2)$	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
$L(m)$		3.35	3.25	4.15	4.15	3.25	3.35
$L'(m)$		3.35	2.6	3.32	3.32	2.6	3.35
$M_a(KN.m)$	0	−3,82	−3.77	−4.54	−3.77	−3.82	0

الجدول5. 8 العزم على المديد

المديد	$q_{sL}(KN/m^2)$	$L(m)$	$X(m)$	$M_t(KN.m)$	$V_g(KN)$	$V_d(KN)$
A–B	4,92	3.35	1.44	5.12	7.1	−9.38
B–C	4,92	3.25	1.63	2.7	8.01	−7.98
C–D	4,92	4.15	2.03	6.44	10.02	−10.39
D–E	4,92	4.15	2.11	6.44	10.39	−10.02
E–F	4,92	3.25	1.62	2.7	7.98	−8.02
F–G	4,92	3.35	1.91	5.12	9.38	−7.1

مما سبق نجد:

$M_{a\,max} = 4.54$ KN.m

$M_{t\,max} = 6.44$ KN.m

$T_{max} = V_{max} = 10.39KN$

و) تسليح العصب(ferraillage de nervures) :

الحساب يتم في الانحناء البسيط مع اخذ العزوم الأعظمية للمسند والمديد.

$f_{c28} = 25MPA$ $f_{t28} = 2.1MPA$ $f_e = 400MPA$

$y_s = 1.15$ $y_b = 1.5$ θ=1 $f_{BC} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta y_b} = 14.16MPA$

$b = 65cm$ h=20cm d=18cm $b_0 = 10cm$ $h_0 = 4cm$

لدينا العزم بالنسبة للطاولة يعطى بالعلاقة التالية:

$$M_{table} = b.h_0.f_{BC}\left(d - \frac{h_0}{2}\right)$$

$$M_{table} = 0.65 \times 0.04 \times 14.16\left(0.18 - \frac{0.04}{2}\right) = 0.0589MN.m$$

$$M_{table} = 58.9 \text{ KN.m}$$

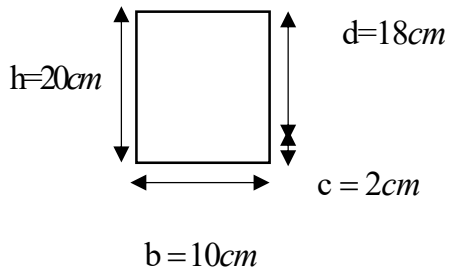
بالنسبة للمسند:

لدينا العزم الأعظمي بالنسبة للمسند: $M_{a\max} = 6.25 \text{ KN.m}$

ولدينا:

$M_{a\max} = 6.25 \text{ KN.m} \leq M_{table} = 58.9 \text{ KN.m}$

$\Leftarrow$إذا المحور المحايد يمر عبر الطاولة هذه الأخيرة لوحدها بإمكانها تحمل العزم المطبق في المنطقة المضغوطة وتكون لها شكل مستطيل والحسابات تعود الى إيجاد تسليح لمقطع مستطيل (h.b) $(20 \times 10)cm^2$.



ولدينا:

$$U_{bu} = \frac{M_{a\max}}{b.d^2.f_{BC}} = \frac{6.25 \times 10^{-3}}{0.1 \times 0.18^2 \times 14.16} = 0.136$$

$U_{bu} = 0.136 \leq U_L = 0.392 \Leftarrow$ المقطع مسلح ببساطة وإطارات الحديد المضغوطة غير ضرورية.

$$\alpha = 1.25\left(1-\sqrt{1-2U_{BU}}\right) = 1.25\left(1-\sqrt{1-(2\times 0.136)}\right)$$

$$\alpha = 0.183$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 0.18\left[1-\left(0.4\times 0.183\right)\right]$$

$$Z = 0.166m$$

$$f_{st} = \frac{f_e}{y_s} = \frac{400}{1.15} = 348MPA$$

$$A_{\text{s calcule}} = \frac{M_{a\max}}{z.f_{st}} = \frac{6.25\times 10^{-3}}{0.166\times 348} = 1.08\times 10^{-4}m^2 = 1.08cm^2$$

- **التحقق من شرط عدم الهشاشة:**

$$A_{\min} = 0.23\times b\times d\times \frac{f_{t28}}{f_e} \le A_{\text{s calcule}}$$

$$A_{\min} = 0.23\times 0.1\times 0.18\times \frac{2.1}{400} \le 1.08cm^2$$

$$A_{\min} = 2.173\times 10^{-5}m^2 = 0.217cm^2 \le 1.08cm^2$$

ومنه الشرط محقق ومن جدول التسليح نختار: $2HA10 = 1.57cm^2$

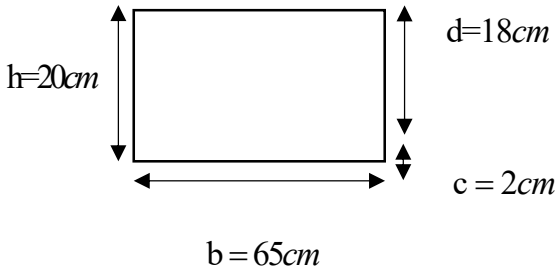
<u>بالنسبة للمديد:</u>

لدينا العزم الأعظمي بالنسبة للمسند: $M_{t\max} = 8.79\ \text{KN.m}$

ولدينا:

$$M_{t\max} = 8.79\ \text{KN.m} \le M_{table} = 58.9\ \text{KN.m}$$

⟸إذا المحور المحايد يمر عبر الطاولة هذه الأخيرة لوحدها بإمكانها تحمل العزم المطبق في المنطقة المضغوطة وتكون لها شكل مستطيل والحسابات تعود الى إيجاد تسليح لمقطع مستطيل (h.b) $.(20\times 65)cm^2$



ولدينا:

$$U_{bu}=\frac{M_{a\max}}{b.d^2.f_{BC}}=\frac{8.79\times10^{-3}}{0.65\times0.18^2\times14.16}=0.0294$$

$U_{bu}=0.0294\le U_L=0.392 \Leftarrow$ المقطع مسلح ببساطة وإطارات الحديد المضغوطة غير ضرورية.

$$\alpha=1.25\left(1-\sqrt{1-2U_{BU}}\right)=1.25\left(1-\sqrt{1-(2\times0.0294)}\right)$$

$$\alpha=0.037$$

$$Z=d(1-0.4\alpha)=0.18\left[1-(0.4\times0.037)\right]$$

$$Z=0.177m$$

$$f_{st}=\frac{f_e}{y_s}=\frac{400}{1.15}=348MPA$$

$$A_{\text{s calcule}}=\frac{M_{a\max}}{z.f_{st}}=\frac{8.79\times10^{-3}}{0.177\times348}=1.42\times10^{-4}m^2=1.42cm^2$$

- **التحقق من شرط عدم الهشاشة:**

$$A_{\min}=0.23\times b\times d\times\frac{f_{t28}}{f_e}\le A_{\text{s calcule}}$$

$$A_{\min}=0.23\times0.65\times0.18\times\frac{2.1}{400}\le1.42cm^2$$

$$A_{\min}=1.41\times10^{-4}m^2=1.41cm^2\le1.42cm$$

ومنه الشرط محقق ومن جدول التسليح نختار: $2HA12=2.26cm^2$

ومن الجدول أدناه نلخص ما تحصلنا عليه:

الجدول5. 9 تسليح العصب

المقطع	b_0 (cm^2)	d (cm^2)	M_U $(KN.m)$	U_{bu}	α	$z(m)$	$A_{\text{s calcule}}$ (cm^2)	$A_{\text{s min}}$ (cm^2)	δ_s (cm^2)
المسند	10	18	6,25	0.136	0.183	0.166	1.08	0.21	$2HA10$ $=1.57cm^2$
المديد	65	18	8.79	0.0294	0.037	0.177	1.42	1.41	$2HA12$ $=2.26cm^2$

التحقيقات اللازمة:

التحقق في الحالة الحدية النهائية:

التحقق من قوى القص (les efforts tranchantes):

علما أن:

$$V_{\max} = 14.24KN$$

يجب التحقق من أن:

$$\tau_U \le \overline{\tau}_U$$

$$\tau_U = \frac{V_{\max}}{b_0.d} = \frac{14.24\times10^{-3}}{0.1\times0.18} = 0.79\ \text{MN/m}^2 = 0.79MPA$$

$$\tau_U = 0.79MPA$$

$$\overline{\tau}_U = \min\left[0.2\frac{f_{c28}}{y_b};4MPA\right] = \min\left[0.2\frac{2.1}{1.5}\ ;\ 4\right]$$

$$\overline{\tau}_U = 3.33MPA$$

$$\tau_U = 0.79MPA \le \overline{\tau}_U = 3.33MPA$$

ومنه الشرط محقق وبالتالي عدم وجود خطر للمزق بسب القص.

حساب قطر التسليح العرضي:

يعطى بالعلاقة التالية:

$$\varnothing_t \le \min\left[\frac{h}{35}\ ;\ \frac{b_0}{10}\ ;\ \varnothing_L\right]$$

$$\varnothing_t \le \min\left[\frac{200}{35}\ ;\frac{100}{10}\ ;\ 8\right]$$

$$\varnothing_t \le \min[5.71\ ;\ 10\ ;\ 8] \Rightarrow \quad \varnothing_t \le 5.71mm$$

ومنه نأخذ: $\varnothing_t = 6\ mm$ ومنه مقطع التسليح يكون: $A_t = 2\varnothing_6 = 0.57cm^2$

تباعد التسليح العرضي (espacement):

طبقا ل BAEL 91 فان التباعد يجب أن يحقق بعض الشروط.

$$S_t \le \min(0.9d\ ;\ 40cm)$$

$$S_t \le \min(0.9\times18cm\ ;\ 40cm)$$

$$S_t \le \min(16.2\text{cm}\ ;\ 40cm)$$

$$S_t \le 16.2\text{cm}$$

نأخذ: S_t=15 cm

ولدينا أيضا طبقا ل BAEL

$$\frac{A_t}{b_0.S_t} \geq \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.k}{0.9\delta_S}$$

K=1

$$A_t \geq b_0.S_t \times \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.}{0.9\delta_S}$$

$$A_t \geq b_0.S_t \times \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.}{0.9\delta_S}$$

$$A_t \geq 10 \times 15 \times \left(\frac{0.79 - (0.3 \times 2.1)}{0.9 \times 348} \right) \Rightarrow A_t \geq 0.076 \simeq 0cm^2$$

ومنه نختار المقطع الذي يحقق شرط عدم الهشاشة.

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq \max\left[\frac{\tau_U}{2} \; ; \; 0.4\text{MPA} \right]$$

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq \max\left[\frac{0.79}{2} \; ; \; 0.4\text{MPA} \right]$$

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq 0.4MPA$$

$$A_t \geq \frac{0.4b.S_t.}{f_e} = \frac{0.4 \times 10 \times 15}{400}$$

$$A_t \geq 0.15cm^2$$

ومن النتائج أعلاه نأخذ: S_t=15 cm و $A_t = 2\varnothing_6 = 0.57cm^2$

التحقق في الحالة الحدية للتشغيل ELS:

في هذه الحالة التشقق ضار قليلا والتسليح من نوع Fe E400 والمقطع مستطيل والحساب يتم في الانحناء البسيط.

التحقق من ضغط الخرسانة: (compression de béton)

إذا كانت هذه الشروط محققة فالتحقق من إجهاد الضغط في الخرسانة غير ضروري (سواء في المسند أو المديد)

$$\text{y}=\frac{M_U}{M_{ser}} \qquad \text{مع} \qquad \alpha \leq \frac{y-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

- **على المسند:**

$$\text{y}=\frac{6.25}{4.54}=1.38$$

$$\alpha \leq \frac{1.38-1}{2} + \frac{25}{100} \qquad a = 0.183 \leq 0.44 \quad \ldots\ldots \quad \text{محققة}$$

- **على المديد:**

$y=\frac{8.79}{6.44}=1.36$

$\alpha \le \frac{1.36-1}{2}+\frac{25}{100}$

$a = 0.037 \le 0.43$ ..... محققة

ومنه التحقق من الإجهاد σ_{bc} غير ضروري.

التحقق من التشوه (la fleshe):

1) $\frac{h}{l}=\frac{1}{22.5}\le\frac{20}{400}\Rightarrow 0.044\le 0.05$

2) $\frac{h}{l}\ge\frac{M_t}{20.M_0}\Rightarrow\frac{20}{400}\ge\frac{0.75M_O}{20.M_0}=0.05\ge 0.037$

3) $\frac{A_s}{b_0 d}\le\frac{4.2}{f_e}\Rightarrow\frac{2.26}{10\times 18}=0.0125\le\frac{4.2}{400}=0.0105$

جميع الشروط محققة

ومنه: التحقق من التشوه غير ضروري.

التحقق من الحالة الحادية الجسم المجوف –عصب:

$$\tau_u=\frac{V_u(b-b_0)}{1.8\times b_0\times d\times f_e}$$

$$\tau_u=\frac{14.24\times(0.65-0.1)}{1.8\times 0.1\times 0.18\times 400}=0.6MPA$$

$$\tau_u=0.6MPA\le\overline{\tau_u}=3.33MPA$$

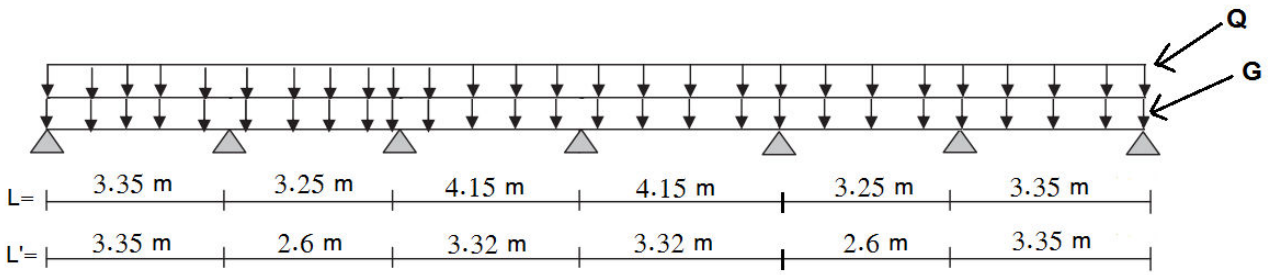
والشرط محقق.

2.2.5 الحساب من أجل بلاطات الطوابق:

$G=5.73\ \text{KN/m}^2$

$\mathbb{Q}=1.5\ \text{KN/m}^2$

$G'=\frac{2}{3}G=\frac{2}{3}\times 5.73=3.82KN/m^2$



أ) **تولیفة الحمولات (combinaison de charge):**

الجدول5. 10 تولیفة الحمولات

ELU(KN/m²)	$q_u = 1.35G + 1.5\mathbb{Q}$	10
ELS(KN/m²)	$q_s = G + \mathbb{Q}$	7.23

الجدول5. 11 تولیفة الحمولات

ELU(KN/m²)	$q'_u = 1.35G' + 1.5\mathbb{Q}$	7.41
ELS(KN/m²)	$q'_s = G' + \mathbb{Q}$	5.32

ب) **الحمولة الخطية على العصب:**

الجدول5. 12 الحمولة الخطية على العصب

ELU(KN/m²)	$q_{uL} = 0.65 \times q_u$	6.44
ELS(KN/m²)	$q_{sL} = 0.65 \times q_s$	4.7

الجدول5. 13 الحمولة الخطية على العصب

ELU(KN/m²)	$q'_{uL} = 0.65 \times q'_u$	4.82
ELS(KN/m²)	$q'_{sL} = 0.65 \times q'_s$	3.46

ج) **حساب العزم على المسند:**

ELU: $q'_{uL} = 4{,}82 \text{ KN/m}^2$

$M_A = M_G = 0$ KN.m

$$M_B = -\frac{4.82\left(3.35^3 + 2.6^3\right)}{8.5 \times \left(3.35 + 2.6\right)} \Rightarrow M_B = -5.26 \ KN.m$$

$$M_C = -\frac{4.82\left(2.6^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times \left(3.32 + 2.6\right)} \Rightarrow M_C = -5.19 KN.m$$

$$M_D = -\frac{4.82\left(3.32^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times \left(3.32 + 3.32\right)} \Rightarrow M_D = -6.25 \ KN.m$$

$M_E = M_C = -5.19 KN.m$

$M_F = M_B = -5.26 \ KN.m$

ELS: $q'_{sL} = 3.46$ KN/m^2

$M_A = M_G = 0$ KN.m

$$M_B = -\frac{3.46\left(3.35^3 + 2.6^3\right)}{8.5 \times \left(3.35 + 2.6\right)} \Rightarrow M_B = -3.77 KN.m$$

$$M_C = -\frac{3.46\left(2.6^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times \left(3.32 + 2.6\right)} \Rightarrow M_C = -3.72 KN.m$$

$$M_D = -\frac{3.46\left(3.32^3 + 3.32^3\right)}{8.5 \times \left(3.32 + 3.32\right)} \Rightarrow M_D = -4.49 \ KN.m$$

$M_E = M_C = -3.72 KN.m$

$M_F = M_B = -3.77 KN.m$

د) <u>حساب العزم على المديد:</u>

حيث:

$q_{uL} = 6.44$ KN/m^2

$q_{sL} = 4.7$ KN/m^2

- **المديد AB:**

ELU:

$$x=\frac{L_{AB}}{2}+\frac{-M_g+M_d}{L.q}=\frac{3.35}{2}+\frac{-5.26}{3.35\times 5.74}=1.43m$$

$$M(1.44)=\frac{6.44\times 1.43\times(3.35-1.43)}{2}+(-5.26)\left(\frac{1.44}{3.35}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{AB}=6.6 \text{ KN.m}$$

ELS :

$$x=\frac{3.35}{2}+\frac{-3.77}{3.35\times 4.7}=1.44m$$

$$M(1.44)=\frac{4.7\times 1.44\times(3.35-1.44)}{2}+(-3.77)\left(\frac{1.44}{3.35}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{AB}=4.84 \text{ KN.m}$$

- **المديد BC:**

ELU:

$$x=\frac{3.25}{2}+\frac{-(-5,26)+(-5,19)}{3.25\times 6.44}=1.63m$$

$$M(1.63)=\frac{6.44\times 1.63\times(3.25-1.63)}{2}+(-5.26)\left(1-\frac{1.63}{3.25}\right)+(-5.19)\left(\frac{1.63}{3.25}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{BC}=3.28 \text{ KN.m}$$

ELS:

$$x=\frac{3.25}{2}+\frac{-(-3.77)+(-3,72)}{3.25\times 4.7}=1.63m$$

$$M(1.63)=\frac{4.7\times 1.63\times(3.25-1.63)}{2}+(-3,77)\left(1-\frac{1.63}{3.25}\right)+(-3.72)\left(\frac{1.63}{3.25}\right)$$

$$M_{t_{\max}}^{BC}=2.43 \text{ KN.m}$$

- **المديد CD:**

ELU:

$$x=2.03\ m$$

$$M_{t_{\max}}^{CD}=M(2.03)=8.14 \text{ KN.m}$$

ELS:

$x = 2.03\ m$

$M_{t_{\max}}^{CD} = M(2.03) = 6.01\ \text{KN.m}$

- **المديد DE:**

ELU :

$x = 2.11\ m$

$M_{t_{\max}}^{DE} = M(2.11) = 8.15\ \text{KN.m}$

ELS :

$x = 2.11\ m$

$M_{t_{\max}}^{DE} = M(2.11) = 6.01\ \text{KN.m}$

- **المديد EF:**

ELU:

$x = 1.62\ m$

$M_{t_{\max}}^{EF} = M(1.63) = 3.27\ \text{KN.m}$

ELS:

$x = 1.62\ m$

$M_{t_{\max}}^{EF} = M(1.62) = 2.46\ \text{KN.m}$

- **المديد FG:**

ELU:

$x = 1.91\ m$

$M_{t_{\max}}^{FG} = M(1.91) = 6.50\ \text{KN.m}$

ELS:

$x = 1.91\ m$

$M_{t_{\max}}^{FG} = M(1.91) = 4.84\ \text{KN.m}$

هـ) <u>حساب قوى القص:</u>

ELU : حيث : $q_{uL} = 6.44\ \text{KN/m}^2$

- **المديد AB:**

$$V_A = \frac{6.44 \times 3.35}{2} + \frac{-5.26}{3.35} = 9.22 \text{ KN}$$
$$V_B = -\frac{6.44 \times 3.35}{2} + \frac{-5.26}{3.35} = -12.36 \text{ KN}$$

- **المديد BC:**

$$V_B = \frac{6.44 \times 3.25}{2} + \frac{-(5.26) + (-5.19)}{3.25} = 10.48 \text{ KN}$$
$$V_C = -\frac{6.44 \times 3.25}{2} + \frac{-(5.26) + (-5.19)}{3.25} = -10.44 \text{ KN}$$

- **المديد CD:**

$$V_C = \frac{6.44 \times 4{,}15}{2} + \frac{-(-5.19) + (-5.26)}{4{,}15} = 13.1 \text{ KN}$$
$$V_D = -\frac{6.44 \times 4{,}15}{2} + \frac{-(-5.19) + (-5.26)}{4.15} = -13.62 \text{ KN}$$

- **المديد DE:**

$$V_D = -V_D(CD) = 13.62 \text{ KN}$$
$$V_E = -V_C(CD) = -13.1 \text{ KN}$$

- **المديد EF:**

$$V_E = -V_C(BC) = 10.44 \text{ KN}$$
$$V_F = -V_B(BC) = -10.48 \text{ KN}$$

- **المديد FG:**

$$V_F = -V_B(AB) = 12.36 \text{ KN}$$
$$V_G = -V_A(AB) = -9.22 \text{KN}$$

وبنفس الطريقة نحسب في الحالة ELS مع اخذ: $q_{sL} = 4.7 \text{ KN/m}^2$

ونتائج الحسابات نلخصها في الجداول التالية أدناه:

ELU:

الجدول5. 14 العزم على المسند

المسند	A	B	C	D	E	F	G
$q'_{uL}(\mathrm{KN/m^2})$	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82	4.82
$L(m)$		3.35	3.25	4.15	4.15	3.25	3.35
$L'(m)$		3.35	2.6	3.32	3.32	2.6	3.35
$M_a(KN.m)$	−0	−5.26	−5.19	−6.25	−5.19	−5.26	0

الجدول5. 15 العزم على المديد

المديد	$q_{uL}(\mathrm{KN/m^2})$	$L(m)$	$X(m)$	$M_t(KN.m)$	$V_g(KN)$	$V_d(KN)$
A–B	6.44	3.35	1.44	6.6	9.22	−10.36
B–C	6.44	3.25	1.63	3.28	10.48	−10.44
C–D	6.44	4.15	2.03	8.14	13.1	−13.62
D–E	6.44	4.15	2.11	8.15	13.62	−13.1
E–F	6.44	3.25	1.62	3.27	10.44	−10.48
F–G	6.44	3.35	1.91	6.6	10.36	−9.22

مما نسبق نجد:

$$M_{a\ \max} = 6.25KN.m$$
$$M_{t\ \max} = 8.15KN.m$$
$$T_{\max} = V_{\max} = 13.62KN$$

ELS :

الجدول5. 16 العزم على المسند

المسند	A	B	C	D	E	F	G
$q'_{SL}(\mathrm{KN/m^2})$	3.46	3.46	3.46	3.46	3.46	−53.4	3.46
$L(m)$		3.35	3.25	4.15	4.15	3.25	3.35
$L'(m)$		3.35	2.6	3.32	3.32	2.6	3.35
$M_a(KN.m)$	0	−3.77	−3.72	−4.49	−3.72	−3.77	0

الجدول5. 17 العزم على المديد

المديد	$q_{sL}(\mathrm{KN/m^2})$	$L(m)$	$X(m)$	$M_t(KN.m)$	$V_g(KN)$	$V_d(KN)$
A–B	4.7	3.35	1.44	4.84	6.75	−9.00
B–C	4.7	3.25	1.63	2.43	7.65	−7.62
C–D	4.7	4.15	2.03	6.01	9.57	−9.94
D–E	4.7	4.15	2.11	6.01	9.94	−9.57
E–F	4.7	3.25	1.62	2.46	7.62	−7.65
F–G	4.7	3.35	1.91	5.84	9.00	−6.75

مما سبق نجد:

$M_{a\ \max} = 4.49$ KN.m

$M_{\mathrm{t\ max}} = 6.01$ KN.m

$\mathrm{T}_{\max} = V_{\max} = 9.94 KN$

التسليح(ferraillage):

الحساب يتم في الانحناء البسيط مع اخذ العزوم الأعظمية للمسند والمديد.

$f_{c28} = 25MPA$ $f_{t28} = 2.1MPA$ $f_e = 400MPA$

$y_s = 1.15$ $y_b = 1.5$ θ=1 $f_{BC} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta y_b} = 14.16MPA$

$b = 65cm$ h=20cm d=18cm $b_0 = 10cm$ $h_0 = 4cm$

لدينا العزم بالنسبة للطاولة يعطى بالعلاقة التالية:

$$M_{table} = b.h_0.f_{BC}\left(d - \frac{h_0}{2}\right)$$

$$M_{table} = 0.65 \times 0.04 \times 14.16\left(0.18 - \frac{0.04}{2}\right) = 0.0589MN.m$$

$$M_{table} = 58.9 \text{ KN.m}$$

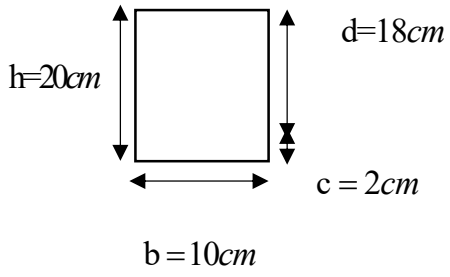
بالنسبة للمسند:

لدينا العزم الأعظمي بالنسبة للمسند: $M_{a\max} = 6.25 \text{ KN.m}$

ولدينا:

$$M_{a\max} = 6.25 \text{ KN.m} \le M_{table} = 58.9 \text{ KN.m}$$

⇐إذا المحور المحايد يمر عبر الطاولة هذه الأخيرة لوحدها بإمكانها تحمل العزم المطبق في المنطقة المضغوطة وتكون لها شكل مستطيل والحسابات تعود الى إيجاد تسليح لمقطع مستطيل (h.b) $(20 \times 10)cm^2$.



ولدينا:

$$U_{bu} = \frac{M_{a\max}}{b.d^2.f_{BC}} = \frac{6.25 \times 10^{-3}}{0.1 \times 0.18^2 \times 14.16} = 0.136$$

$U_{bu} = 0.136 \le U_L = 0.392$ ⇐ المقطع مسلح ببساطة وإطارات الحديد المضغوطة غير ضرورية.

$$\alpha = 1.25\left(1-\sqrt{1-2U_{BU}}\right) = 1.25\left(1-\sqrt{1-(2\times 0.136)}\right)$$

$$\alpha = 0.183$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 0.18\left[1-\left(0.4\times 0.183\right)\right]$$

$$Z = 0.166m$$

$$f_{st} = \frac{f_e}{y_s} = \frac{400}{1.15} = 348MPA$$

$$A_{\text{s calcule}} = \frac{M_{a\max}}{z.f_{st}} = \frac{6.25\times 10^{-3}}{0.166\times 348} = 1.08\times 10^{-4}m^2 = 1.08cm^2$$

- **التحقق من شرط عدم الهشاشة:**

$$A_{\min} = 0.23\times b\times d\times \frac{f_{t28}}{f_e} \le A_{\text{s calcule}}$$

$$A_{\min} = 0.23\times 0.1\times 0.18\times \frac{2.1}{400} \le 1.08cm^2$$

$$A_{\min} = 2.173\times 10^{-5}m^2 = 0.217cm^2 \le 1.08cm^2$$

ومنه الشرط محقق ومن جدول التسليح نختار: $2HA10 = 1.57cm^2$

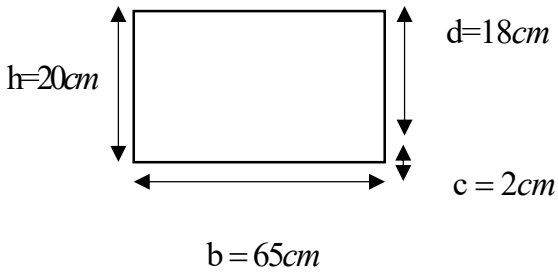
<u>بالنسبة للمديد:</u>

لدينا العزم الأعظمي بالنسبة للمسند: $M_{t\max} = 8.15\ \text{KN.m}$

ولدينا:

$$M_{t\max} = 8.15\ \text{KN.m} \le M_{table} = 58.9\ \text{KN.m}$$

⟸إذا المحور المحايد يمر عبر الطاولة هذه الأخيرة لوحدها بإمكانها تحمل العزم المطبق في المنطقة المضغوطة وتكون لها شكل مستطيل والحسابات تعود الى إيجاد تسليح لمقطع مستطيل (h.b) $(20\times 65)cm^2$.



ولدينا:

$$U_{bu}=\frac{M_{a\max}}{b.d^2.f_{BC}}=\frac{8.15\times10^{-3}}{0.65\times0.18^2\times14.16}=0.0273$$

$U_{bu}=0.0273\le U_L=0.392 \Leftarrow$ المقطع مسلح ببساطة وإطارات الحديد المضغوطة غير ضرورية.

$$\alpha=1.25\left(1-\sqrt{1-2U_{BU}}\right)=1.25\left(1-\sqrt{1-(2\times0.0273)}\right)$$

$$\alpha=0.034$$

$$Z=d(1-0.4\alpha)=0.18\left[1-(0.4\times0.034)\right]$$

$$Z=0.178m$$

$$f_{st}=\frac{f_e}{y_s}=\frac{400}{1.15}=348MPA$$

$$A_{\text{s calcule}}=\frac{M_{a\max}}{z.f_{st}}=\frac{8.15\times10^{-3}}{0.178\times348}=1.31\times10^{-4}m^2=1.31cm^2$$

- **التحقق من شرط عدم الهشاشة:**

$$A_{\min}=0.23\times b\times d\times\frac{f_{t28}}{f_e}\le A_{\text{s calcule}}$$

$$A_{\min}=0.23\times0.65\times0.18\times\frac{2.1}{400}\le1.31cm^2$$

$$A_{\min}=1.41\times10^{-4}m^2=1.41cm^2\le1.31cm$$

ومنه الشرط غير محقق ومن جدول التسليح نختار: $2HA12=2.26cm^2$

ومن الجدول أدناه نلخص ما تحصلنا عليه:

الجدول5. 18 التسليح المحسوب

المقطع	b_0 (cm^2)	d (cm^2)	M_U $(KN.m)$	U_{bu}	α	$z(m)$	$A_{s\text{ calcule}}$ (cm^2)	$A_{s\min}$ (cm^2)	δ_s (cm^2)
المسند	10	18	6,25	0.136	0.183	0.166	1.08	0.21	$=1.57cm^2$
المديد	65	18	8.15	0.0273	0.034	0.178	1.31	1.41	$2HA12$ $=2.26cm^2$

التحقيقات اللازمة:

التحقق في الحالة الحدية النهائية:

التحقق من قوى القص (les efforts tranchantes):

علما أن: $V_{\max} = 13.62KN$

$$\tau_U \le \overline{\tau}_U$$

$$\tau_U = \frac{V_{\max}}{b_0.d} = \frac{13.62\times10^{-3}}{0.1\times0.18} = 0.76 \text{ MN/m}^2 = 0.76MPA$$

$$\tau_U = 0.76MPA$$

يجب التحقق من أن:

$$\overline{\tau}_U = \min\left[0.2\frac{f_{c28}}{y_b}; 4MPA\right] = \min\left[0.2\frac{2.1}{1.5} \;;\; 4\right]$$

$$\overline{\tau}_U = 3.33MPA$$

$$\tau_U = 0.76MPA \le \overline{\tau}_U = 3.33MPA$$

ومنه الشرط محقق وبالتالي عدم وجود خطر للمزق بسب القص.

حساب قطر التسليح العرضي:

يعطى بالعلاقة التالية:

$$\varnothing_t \le \min\left[\frac{h}{35} \;;\; \frac{b_0}{10} \;;\; \varnothing_L\right]$$

$$\varnothing_t \le \min\left[\frac{200}{35} \;;\frac{100}{10} \;;\; 8\right]$$

$$\varnothing_t \le \min[5.71 \;;\; 10 \;;\; 8] \Rightarrow \quad \varnothing_t \le 5.71mm$$

ومنه نأخذ: $\varnothing_t = 6\ mm$ ومنه مقطع التسليح يكون: $A_t = 2\varnothing_6 = 0.57cm^2$

تباعد التسليح العرضي (espacement):

طبقا ل BAEL 91 فان التباعد يجب أن يحقق بعض الشروط.

$$S_t \le \min(0.9d \;;\; 40cm)$$

$$S_t \le \min(0.9\times18cm \;;\; 40cm)$$

$$S_t \le \min(16.2\text{cm} \;;\; 40cm)$$

$$S_t \le 16.2\text{cm}$$

نأخذ: S_t=15 cm

ولدينا أيضا طبقا ل BAEL 91

$$\frac{A_t}{b_0.S_t} \geq \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.k}{0.9\delta_S}$$

K=1

$$A_t \geq b_0.S_t \times \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.}{0.9\delta_S}$$

$$A_t \geq b_0.S_t \times \frac{\tau_U - 0.3.f_{t28}.}{0.9\delta_S}$$

$$A_t \geq 10\times 15\times \left(\frac{0.76-(0.3\times 2.1)}{0.9\times 348}\right) \Rightarrow A_t \geq 0.0622 \simeq 0cm^2$$

ومنه نختار المقطع الذي يحقق شرط عدم الهشاشة.

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq \max\left[\frac{\tau_U}{2} \;;\; 0.4\text{MPA}\right]$$

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq \max\left[\frac{0.79}{2} \;;\; 0.4\text{MPA}\right]$$

$$\frac{A_t.f_e}{b_0.S_t} \geq 0.4MPA$$

$$A_t \geq \frac{0.4b.S_t.}{f_e} = \frac{0.4\times 10\times 15}{400}$$

$$A_t \geq 0.15cm^2$$

ومن النتائج أعلاه نأخذ: S_t=15 cm و $A_t = 2\varnothing_6 = 0.57cm^2$

<u>التحقق في الحالة الحدية للتشغيل ELS:</u>

في هذه الحالة التشقق ضار قليلا والتسليح من نوع Fe E400 والمقطع مستطيل والحساب يتم في الانحناء البسيط

<u>التحقق من ضغط الخرسانة: (compression de béton)</u>

إذا كانت هذه الشروط محققة فالتحقق من إجهاد الضغط في الخرسانة غير ضروري (سواء في المسند أو المديد)

$$\text{y}=\frac{M_U}{M_{ser}} \qquad \text{مع} \qquad \alpha \leq \frac{y-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

- **على المسند:**

$$\text{y}=\frac{6.25}{4.49}=1.39$$

$$\alpha \leq \frac{1.39-1}{2} + \frac{25}{100}$$

$$a = 0.183 \leq 0.445 \quad \ldots\ldots \quad \text{محققة}$$

- **على المديد:**

$y=\frac{8.15}{6.01}=1.35$

$\alpha \le \frac{1.35-1}{2}+\frac{25}{100}$ $a=0.034 \le 0.425$ ..... محققة

ومنه التحقق من الإجهاد σ_{bc} غير ضروري.

التحقق من التشوه (la fleshe):

1) $\frac{h}{l}=\frac{1}{22.5} \le \frac{20}{400} \Rightarrow 0.044 \le 0.05$

2) $\frac{h}{l} \ge \frac{M_t}{20.M_0} \Rightarrow \frac{20}{400} \ge \frac{0.75M_O}{20.M_0}=0.05 \ge 0.037$

3) $\frac{A_s}{b_0 d} \le \frac{4.2}{f_e} \Rightarrow \frac{2.26}{10\times 18}=0.0125 \le \frac{4.2}{400}=0.0105$

جميع الشروط محققة

ومنه: التحقق من التشوه غير ضروري.

التحقق من الحالة الحادية جسم المجوف –عصب:

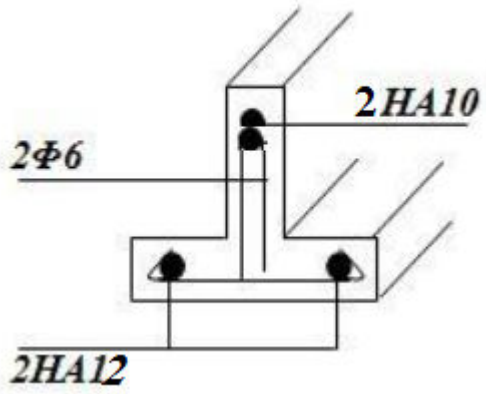
$$\tau_u=\frac{V_u(b-b_0)}{1.8\times b_0\times d\times f_e}$$

$$\tau_u=\frac{13,62\times(0.65-0.1)}{1.8\times 0.1\times 0.18\times 400}=0.57MPA$$

$$\tau_u=0.57MPA \le \overline{\tau_u}=3.33MPA$$

والشرط محقق.

رسم التسليح:



الشكل5. 2 تسليح عصب البلاطة

الفصل السادس

الدراسة الزلزالية

6 الدراسة الزلزالية:

1.6 المقدمة:

الزلزال هو ظاهرة طبيعية تؤثر على سطح الأرض وتتسبب في أضرار للهياكل الإنشائية والهدف من الدراسة الزلزالية هو تحقيق مقاومة لها والتصدي لهذه الظاهرة من خلال تصميم هياكل قادرة على مقاومة الزلازل وتوفير حماية للأشخاص والممتلكات.

نظرًا لتعقيد الدراسة الديناميكية للهياكل، نلجأ إلى استخدام نماذج تبسط المشكلة لتسهيل تحليلها. تمثل النمذجة عملية إنشاء نموذج يبدأ من الهيكل الحقيقي، ويتم تعديل هذا النموذج ليحاكي سلوك الهيكل الفعلي بأكبر قدر ممكن من الدقة.

في إطار هذه الدراسة، اخترنا الحساب الديناميكي، وسيتم التنفيذ في برنامج Robot_Structural_Analys 2021

ولحساب الزلازل في إطار التنظيم الزلزالي الجزائري (RPA99 نسخة 2003)

2.6 طرق الحساب:

يمكن حساب القوى الزلزالية وفقًا لثلاث طرق وفقا لـ RPA 99:

1. الطريقة الساكنة المكافئة.
2. طريقة التحليل النمطي الطيفي.
3. طريقة التحليل الديناميكي بواسطة التسارع.

والطريقة التي اخترناها هنا في حساب القوى الزلزالية هي طريقة التحليل النمطي الطيفي وتسمى أيضا بطريقة أطياف الاستجابة لأنها صالحة لكل الحالات.

1.2.6 طريقة أطياف الاستجابة:

- **المبدأ: (RPA99 نسخة2003 4.3.1)**

بهذه الطريقة، يتم البحث عن الحد الأقصى من التأثيرات الناتجة عن القوى الزلزالية الممثلة بطيف استجابة حسابية لكل وضع اهتزاز، وبالتالي يتم دمج هذه التأثيرات للحصول على استجابة للهيكل.

- **النمذجة**

سيتم تمثيل هيكلنا بنموذج ثلاثي الأبعاد مضمن في القاعدة.

- **عرض البرنامج**

Robot_Structural_Analys_Professional 2021 هو برنامج حساب مصمم خصيصا لحساب المباني، يتيح لك تصميم جميع أنواع المباني بسهولة وسرعة بفضل واجهة رسومية فريدة، يقدم العديد من الاحتمالات للتحليل الثابت والديناميكي. يسمح هذا البرنامج بمراعاة الخصائص غير الخطية للمواد، بالإضافة إلى حساب الأبعاد الهيكلية وأبعادها وفقًا للوائح المختلفة السارية في جميع أنحاء العالم.

- **خطوات نمذجة الهيكل في برنامج**

اختيار نظام الوحدات (KN.m)، تعريف الهندسة الأساسية، تعريف المواد، تعريف الأقسام، تعريف عنصر البلاطة، إضافة مجموعات مختلفة لتسهيل تحديد موقع العناصر، تحديد الرسوم الواجب تطبيقها، إدخال طيف الاستجابة للتطبيق، تعريف مجموعات الأحمال وما يلي:

C1 : G+Q

C2 : 1.35G+1.5Q

C3 : G+Q+Ex

C4 : G+Q+Ey

C5 : 0.8G+Ex

C6 :0.8G+Ey

G : الأحمال الدائمة

Q : أحمال التشغيل

E : تأثير الفعل الزلزالي

ثم تعيين الأقسام المحددة مسبقًا بالفعل لكل عنصر، إضافة أرضية لكل طابق، تحديد شروط الحدود، بدء التحليل.

3.6 معايير تصنيف (RPA99 نسخة 2003)

- **تصنيف المناطق الزلزالية (RPA99 نسخة 2003 1.3)**

ولاية سكيكدة هي منطقة IIa

- **تصنيف المصنف (RPA99 نسخة 2003 3.3)**

مبنى سكني وتجاري، سيتم تصنيفه في المجموعة 2

- **تصنيف المواقع (RPA99 نسخة 2003 2.3.3)**

وفقا للتقرير الجيوتقني المتعلق بهذا العمل ضمن وجود تربة سهلة التفتت من فئة S3.

4.6 حساب القوة الزلزالية الكلية V

$$V = \frac{A \times D \times Q}{R} W$$

- **A** : تسارع المنطقة (حسب المنطقة IIa المجموعة 2).

الجدول6. 1 معامل تسارع المنطقة

المنطقة				
المجموعة	**I**	**IIa**	**IIb**	**III**
1A	0.15	0.25	0.30	0.40
	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

A = 0.15

- **D** : معامل التضخيم الديناميكي المتوسط
- $D = 2.5\ \eta\ (T_2/T)^{2/3}$
- **Q** : عامل النوعية، يتم تحديد عامل الجودة بالصيغة التالية

$Q = 1 + \sum_1^6 pq$ (RPA99 نسخة 2003 الجدول4-4)

- **R**: معامل سلوك الهيكل يأخذ R=4 (RPA99 نسخة 2003 من الجدول (4-4)).
- ***pq*** : هي العقوبة التي سيتم تطبيقها بناءا على ما إذا كان معيار الجودة مستوفى أم لا.

Q=1,2

- **W**: الوزن الكلي للهيكل : يستخرج من البرنامج وهو 3262.09 t

$$\frac{S_a}{g} = \begin{cases} 1.25\left(1+\frac{T}{T_1}\left(2.5\eta\frac{Q}{R}-1\right)\right) & 0 \le T \le T_1 \\ 2.5\eta(1.25A)\left(\frac{Q}{R}\right) & T_1 \le T \le T_2 \\ 2.5\eta(1.25A)\left(\frac{Q}{R}\right)\left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}} & T_2 \le T \le 0.3s \\ 2.5\eta(1.25A)\left(\frac{Q}{R}\right)\left(\frac{T_2}{T}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\frac{Q}{R}\right) & T > 0.3s \end{cases}$$

- $\frac{S_a}{g}$: التسارع الطيفي.
- η : معامل تصحيح التخميد يعطى بالعلاقة التالية:

$$\eta = 7/(2+\zeta) \ge 0.7$$

- **ε** : النسبة المئوية للتخميد.

إذا كانت نسبة التخميد 6% يكون η= 0.875

- T: الدور المميز للهيكل.
- T_1, T_2 الدور المميز حسب تصنيف الموقع (الجدول 7-4)

الدور	S1	S2	S3	S4
T1 (sec)	0,15	0,15	0,15	0,15
T2 (sec)	0,30	0,40	0,50	0,70

$$\begin{cases} T_1=0,15s \\ T_2=0,5s \end{cases}$$

- الدور الأساسي للهيكل T

$$T = C_T \times h_N^{3/4}$$

- C_T: معامل التدعيم بالجدران الخرسانية الحاملة

$C_T = 0.05$(RPA99 نسخة 2003 جدول4-6)

- h_N : الارتفاع الكلي للمنشأ $h_N = 37.3$ m

$T = 0.05 \times 37.3^{3/4} = 0.75$ s

ولدينا

$$T_X = 0.09 \times h_N \sqrt{D_x}$$

$$T_Y = 0.09 \times h_N \sqrt{D_Y}$$

مع أبعاد الهيكل

$D_X = 21.00$ m

$D_Y = 13.00$ m

$$T_X = \frac{0.09 \times 37.3}{\sqrt{21}}$$

$$T_Y = \frac{0.09 \times 37.3}{\sqrt{13}}$$

$T_X = 0.73$s

$T_Y = 0.93$s

بعد التعويض العددي:

$$D_X = 2.5\ \eta\ (T_x / T)^{2/3}$$

$$D_X = 2.5 \times 0.875\ (0{,}73 / 0.75)^{2/3}$$

$D_{X=} 2.14$

$$D_y = 2.5\ \eta\ (T_y / T)^{2/3}$$

$$D_y = 2.5 \times 0.875\ (0.93 / 0.75)^{2/3}$$

$D_{y=} 2.52$

حساب القوة الزلزالية الكلية V:

$$V = \frac{A \times D \times Q}{R} W$$

$$\Rightarrow \{V = Vx = \frac{A.Dx.Qx}{R}.W = \frac{0{,}15 \times 2.14 \times 1.2}{4} \times 3262.09 = 314.14\ KN$$

$$\Rightarrow \{V = Vy = \frac{A.Dy.Qy}{R}.W = \frac{0{,}15 \times 2.52 \times 1.2}{4} \times 3262.09 = 369.92\ KN$$

$V_x = 314.14\ KN$

$Vy = 369.92\ KN$

وحسب RPA99 نسخة 2003 يجب التحقق مما يلي:

$$\mathbf{V_{dynamique} > 80\% V_{statique}}$$

$V_dx = 311.46 \times V_dy = 304.08$ t

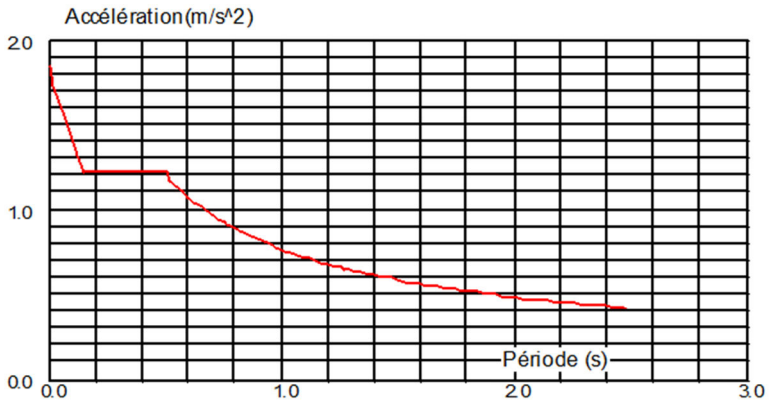
$V_dx = 311.46$ t $> 80\%\ V_s = 0.80x\ 314.14 = 251.31$ t

$V_dy = 304.08$ t $> 80\%\ V_s = 0.80x369.92 = 295.93$ t

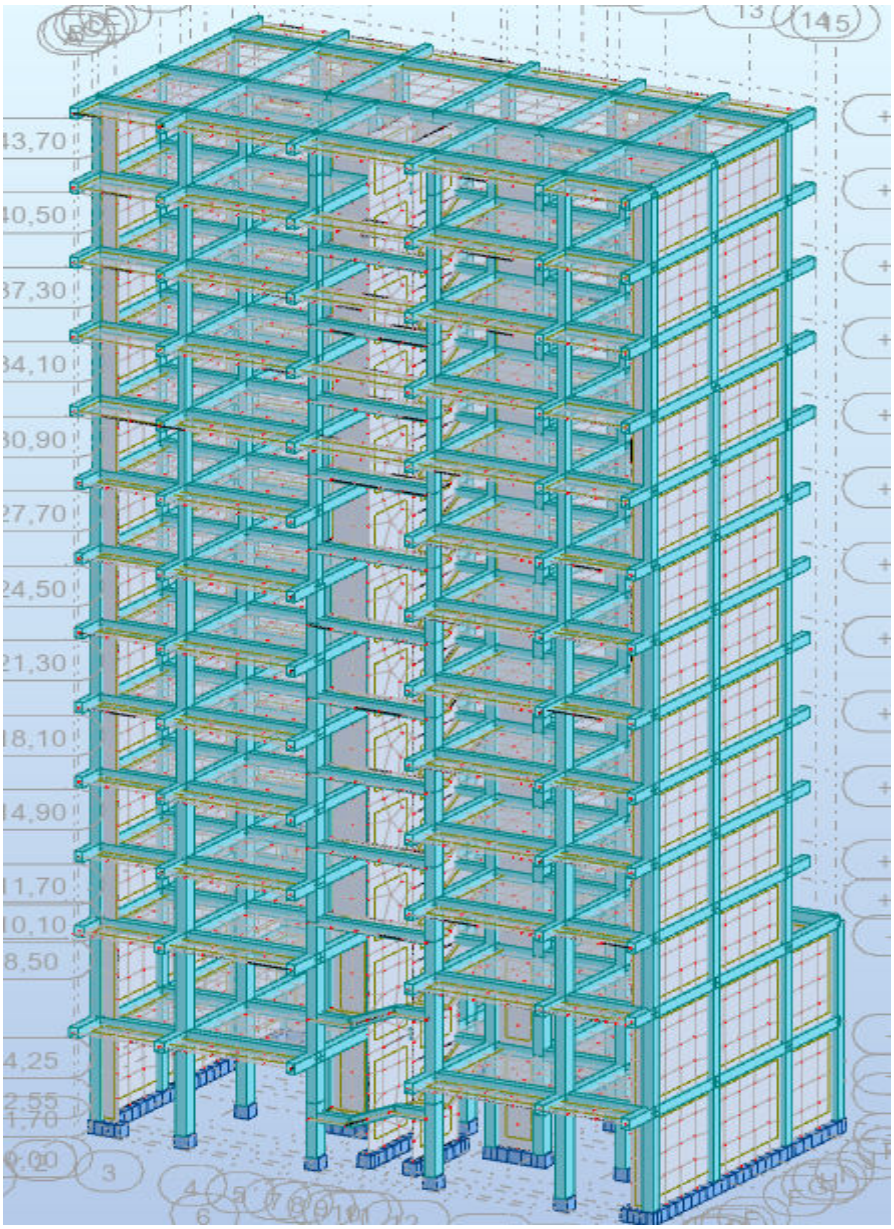
311.46 t > 251.31 t

304.08 t > 295.93 t

ومنه الشرطين محققين.



الشكل6. 1 منحنى التسارع الأرضي بدلالة الدور



الشكل6. 2 هيكل المبنى ببرنامج Robot_Structural_Analys 2021

الفصل السابع

تسليح العناصر الحاملة

7 تسليح العناصر الحاملة:

1.7 مقدمة:

تصنف العناصر الإنشائية الرئيسية المقاومة للزلازل إلى الأعمدة، العوارض والجدران الخرسانية.

لتسليح العناصر الرئيسية قمنا باستعمال برنامج Robot 2021وهذا من أجل استخلاص التأثيرات الناجمة عن الحمولات المطبقة في كل الحالات، ثم أخذنا التأثيرات العظمى (Mmax, Nmax) لتسليح العناصر.

تركيب التأثيرات الأفقية والشاقولية على الأطر:

إن تركيب التأثيرين الأفقي والشاقولي يمكن أن نعبر عنه بواسطة التوفيقات الموالية والتي بواسطتها نحقق الأبعاد والمقاطع.

الجدول7. 1 ملخص التوفيقات حسب B.A.E.L91 , RPA99

التوفيقات	RPA	B.A.E.L 91
العوارض	G + Q ± E 0.8G ± E	1.35G+1.5Q (ELU) G + Q (ELS)
الأعمدة	1.35G+1.5Q (ELU) G + Q (ELS)	G + Q ± 1.2E 0.8G ± E

ملخص التوفيقات حسب **RPA99 ; B.A.E.L91**

G: الحمولات الدائمة.

Q : حمولات التشغيل.

E : القوة الزلزالية.

2.7 تسليح الأعمدة:

1.2.7 مقدمة:

الأعمدة عبارة عن عناصر إنشائية تضمن نقل القوى من الكمرات إلى الأساسات، وتتعرض لقوة عمودية (N) وعزم انحناء (M) في كلا الاتجاهين الطولي والعرضي، لذلك يتم حسابها على أساس الانحناء المركب.

يتم حساب حديد التسليح تحت تأثير الإجهادات الأكثر ضررا وفي الحالات التالية:

الجدول7. 2 الخصائص الميكانيكية للمواد

الحالة	الخرسانة			الحديد(FE400)		
	γb	Fc28 (Mpa)	fbu (MPa)	γs	Fe (MPa)	σs (MPa)
العادية	1.5	25	14.17	1.15	400	348
الحرجة	1.15	25	18.48	1	400	400

2.2.7 طريقة الحساب:

بشكل عام، تتعرض الأعمدة لقوى متنوعة تشمل لحظة الانحناء، القوة العادية وقوة القص، مما يستدعي إجراء الحسابات في حالة الانحناء المركب. يجب أن تكون مساحة مقطع التعزيزات مساوية لأكبر مساحة يتم تحديدها من خلال 6 مجموعات من الحالات التالية:

$$\begin{cases} ELU: 1.35G + 1.5Q \rightarrow \begin{cases} N_{max}\ ;\ M_{cor} \rightarrow A_1 \\ N_{min}\ ;\ M_{cor} \rightarrow A_2 \\ M_{max}\ ;\ N_{cor} \rightarrow A_3 \end{cases} \\ ACC: \begin{cases} 0.8G \pm E \\ G + Q \pm E \end{cases} \rightarrow \begin{cases} N_{max}\ ;\ M_{cor} \rightarrow A_4 \\ N_{min}\ ;\ M_{cor} \rightarrow A_5 \\ M_{max}\ ;\ N_{cor} \rightarrow A_6 \end{cases} \end{cases}$$

التحقق المحدد تحت الأحمال العادية:

قبل حساب كمية التعزيزات، يجب أولاً إجراء الفحص المنصوص عليه في RPA 99 لتجنب أو الحد من خطر الهبوط والقص تحت الأحمال الكلية الناجمة عن الزلازل، يتم تحديد حد القوة العادية للضغط من خلال الشرط التالي:

$$V = \frac{N_d}{B_c \times f_{c28}} \leq 0.3$$

N_d : القوة الناظمية.

B_c : مقطع العمود.

F_{c28} : مقاومة الخرسانة خلال 28 يوم.

التحقق من الأعمدة تحت الأحمال العادية لمجموعة زلزالية موضحة في الجدول التالي:

الجدول7. 3 التحقق من الأعمدة تحت الأحمال العادية

العمود	N_d (KN)	B_C (cm^2)	F_{C28}(Mpa)	V	التحقق
P1	1980.51	5555×	25	0.26	محققة
P2	1590.28	50×50	25	0.25	محققة
P3	1095.95	45×45	25	0.22	محققة
P4	665.37	40×40	25	0.17	محققة

3.2.7 التعزيز المطلوب من طرف RPA 99/2003:

- يجب أن تكون التعزيزات الطولية مستقيمة وعالية الالتحام وبدون خطافات.
- الحد الأدنى لنسبة الفولاذ على كامل الطول سيكون 0.8% من إجمالي المقطع الخرساني في المنطقةIIa .
- الحد الأقصى لنسبة الفولاذ على كامل الطول سيكون 4٪ في المنطقة الحالية و6% في منطقة التداخل.
- الحد الأدنى للقطر هو 12 ملم.
- الحد الأدنى لطول التداخلات هو:40Φ في المنطقة IIa .
- يجب ألا تزيد المسافة بين القضبان العمودية في أحد وجهي العمود عن 25 cm.

نقوم بعمل مثال واحد للحساب لمستوى واحد ونتائج حسابات المستويات الأخرى نلخصها في جدول.

يوضح الجدول التالي الحد الأدنى والحد الأقصى للأقسام التي يفرضها RPA 99/2003:

الجدول7. 4 تسليح الأعمدة

العمود $(a \times b)$	$A_{min} = 0.8\%S$ (cm^2)	A_{max} (cm^2)	
		4%Sالمنطقة الحالية:	6%Sمنطقة التداخل:
5555×	24.2	121	181.5
50×50	20	100	150
45×45	16.2	81	121.5
40×40	12.8	64	96

الأحمال غير المواتية:

يقدم الجدول التالي الأحمال غير المواتية في الحالة الحدية النهائية (E.L.U).

الجدول7. 5 الأحمال في الحالة الحدية النهائية

	العمود / التوليفة	55×55 (cm^2)	50×50 (cm^2)	45×45 (cm^2)	40×40 (cm^2)
A	$N_{max}\ (KN)$	2158.55	1670.25	1153.61	741.12
	$M_{cor}\ (KN.m)$	44.11	65.15	33.97	8.31
B	$N_{min}\ (KN)$	68.72	418.08	279.16	151.25
	$M_{cor}\ (KN.m)$	10.71	19.71	23.4	23.72
C	$M_{max}\ (KN.m)$	204.51	71.30	52.18	56.45
	$N_{cor}\ (KN)$	103.31	1620.99	1008.97	735.5

الحالة الحرجة (ACC):

الجدول7. 6 الأحمال في الحالة الحرجة

	العمود / التوليفة	55×55 (cm^2)	50×50 (cm^2)	45×45 (cm^2)	40×40 (cm^2)
A	$N_{max}\ (KN)$	1980.51	1590.28	1095.95	665.37
	$M_{cor}\ (KN.m)$	34.25	89.16	60.22	47.89
B	$N_{min}\ (KN)$	447.08	912.66	325.58	113.54
	$M_{cor}\ (KN.m)$	52.96	86.87	53.11	42.1
C	$M_{max}\ (KN.m)$	163.45	97.59	104.1	71.25
	$N_{cor}\ (KN)$	83.98	1522.54	1080.69	108.39

مثال للحساب:

العمود (45×45) نموذج وباقي الأعمدة تلخص في جدول.

في الحالة الحدية النهائية: (E.L.U)

- **حساب A_1:**

$$\begin{cases} N_{max} = 1153.61\ KN \\ M_{cor} = 33.97\ \text{KN.m} \end{cases}$$

حساب الانحراف والعزم الفعال:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{33.97}{1153.61} = 0.029\ m$$

$$M_U = N\left(d - \frac{h}{2} + e\right) = 1153.61\left(0.405 - \frac{0.45}{2} + 0.029\right)$$

$$M_U = 241.10\ KN.m$$

التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:

$$N \leq 0.81 f_{bc} \times b.h$$

$$N \leq 0.81 \times 14.2 \times 10^3 \times 0.45 \times 0.45$$

$1153.61\ KN < 2329.16\ KN$ محققة

$$M_U \leq N.d\left(1 - 0.514\frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$$

$$M_U \leq 1153.61 \times 0.405(1 - 0.514\frac{1153.61 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.405 \times 14.2})$$

$241.1\ KN.m < 360.16\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_1=0)

- **حساب A_2:**

$$\begin{cases} N_{min} = 279.16\ KN \\ M_{cor} = 23.4\ \text{KN.m} \end{cases}$$

حساب الانحراف والعزم الفعال:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{23.4}{279.16} = 0.084\ m$$

$$M_U = N\left(d - \frac{h}{2} + e\right) = 279.16\left(0.405 - \frac{0.45}{2} + 0.084\right)$$

$$M_U = 73.7\ KN.m$$

التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:

$$N \leq 0.81 f_{bc} \times b.h$$

$$N \leq 0.81 \times 14.2 \times 10^3 \times 0.45 \times 0.45$$

$279.16\ KN < 2329.16\ KN$ محققة

$$M_U \leq N.d\left(1 - 0.514\frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$$

$$M_U \leq 279.16 \times 0.405(1 - 0.514\frac{279.16 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.405 \times 14.2})$$

$73.7\ KN.m < 106.79\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_2=0)

- **حساب A_3:**

$$\begin{cases} M_{max} = 52.18\ KN.m \\ N_{cor} = 1008.97\ \text{KN} \end{cases}$$

حساب الانحراف والعزم الفعال:

$$e = \frac{M}{N} = \frac{52.18}{1008.97} = 0.052\ m$$

$$M_U = N\left(d - \frac{h}{2} + e\right) = 1008.97\left(0.405 - \frac{0.45}{2} + 0.052\right)$$

$$M_U = 234.08\ KN.m$$

التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:

$N \leq 0.81 f_{bc} \times b.h$

$N \leq 0.81 \times 14.2 \times 10^3 \times 0.45 \times 0.45$

$1008.97\ KN < 2329.16\ KN$ محققة

$M_U \leq N.d\left(1 - 0.514 \frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$

$M_U \leq 1008.97 \times 0.405(1 - 0.514 \frac{1008.97 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.405 \times 14.2})$

$234.08\ KN.m < 326.75\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_3=0)

في الحالة الحرجة:(ACC)

- **حساب A_4:**

$\begin{cases} N_{max} = 1095.95\ KN \\ M_{cor} = 60.22\ \text{KN.m} \end{cases}$

حساب الانحراف والعزم الفعال:

$e = \frac{M}{N} = \frac{60.22}{1095.95} = 0.055\ m$

$M_U = N\left(d - \frac{h}{2} + e\right) = 1095.95\left(0.405 - \frac{0.45}{2} + 0.055\right)$

$M_U = 257.55\ KN.m$

التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:

$N \leq 0.81 f_{bc} \times b.h$

$N \leq 0.81 \times 18.48 \times 10^3 \times 0.45 \times 0.45$

$1095.95\ KN < 3031.18\ KN$ محققة

$$M_U \leq N.d\left(1-0.514\frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$$

$$M_U \leq 1095.95\times 0.405(1-0.514\frac{1095.95\times 10^{-3}}{0.45\times 0.405\times 18.48})$$

$257.55\ KN.m < 369.62\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_4=0)

- **حساب A_5:**

$$\begin{cases} N_{min} = 325.58\ KN \\ M_{cor} = 53.11\ \text{KN.m} \end{cases}$$

<u>حساب الانحراف والعزم الفعال:</u>

$$e=\frac{M}{N}=\frac{53.11}{325.58}=0.163\ m$$

$$M_U = N\left(d-\frac{h}{2}+e\right)=325.58\left(0.405-\frac{0.45}{2}+0.163\right)$$

$$M_U = 111.67KN.m$$

<u>التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:</u>

$$N \leq 0.81f_{bc}\times b.h$$

$$N \leq 0.81\times 18.48\times 10^3\times 0.45\times 0.45$$

$325.58\ KN < 3031.18\ KN$ محققة

$$M_U \leq N.d\left(1-0.514\frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$$

$$M_U \leq 325.58\times 0.405(1-0.514\frac{325.58\times 10^{-3}}{0.45\times 0.405\times 18.48})$$

$111.67\ KN.m < 125.31\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_5=0)

- **حساب A_6:**

$$\begin{cases} M_{max} = 104.1\ KN.m \\ N_{cor} = 1080.69\ \text{KN} \end{cases}$$

<u>حساب الانحراف والعزم الفعال:</u>

$$e = \frac{M}{N} = \frac{104.1}{1080.69} = 0.096\ m$$

$$M_U = N\left(d - \frac{h}{2} + e\right) = 1080.69\left(0.405 - \frac{0.45}{2} + 0.096\right)$$

$$M_U = 298.27\ KN.m$$

<u>التحقق من كون المقطع زائد عن الحاجة:</u>

$$N \leq 0.81 f_{bc} \times b.h$$

$$N \leq 0.81 \times 18.48 \times 10^3 \times 0.45 \times 0.45$$

$1080.69\ KN < 3031.18\ KN$ محققة

$$M_U \leq N.d\left(1 - 0.514\frac{N}{b.d.f_{bc}}\right)$$

$$M_U \leq 1080.69 \times 0.405(1 - 0.514\frac{1080.69 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.405 \times 18.48})$$

$298.27\ KN.m < 365.49\ KN.m$ محققة

بما أن الشرطين محققين، هذا يعني أن المقطع زائد عن الحاجة، وبالتالي لا تلزم الحاجة إلى حديد التسليح.

ومنه:(A_6=0)

وإذا لم يتحقق أحد الشرطين نحسب التسليح للمقطع بالطريقة العادية.

المقطع المختار هو:

$$A_{adoptée} = max\{A_1\ ;A_2\ ;A_3\ ;A_4\ ;A_5\ ;A_6\ ;A_{min}^{RPA}\}$$

$A_{adoptée} = 16.2\ cm^2$

نأخذ: $4T14+4T16=16.36cm^2$

وجميع النتائج ملخصة في الجدول التالي:

الجدول7. 7 تسليح الأعمدة

الطابق	مقطع العمود (cm^2)	A_{cal} (cm^2)	القضبان	A_{adopt} (cm^2)
2sous−sol	55×55	24,2	10T16+4T12	24.62
RDC,1^{er},$2^{ème}$étage	50×50	20	8T16+4T14	22.26
$3^{ème}$,$4^{ème}$,$5^{ème}$étage	45×45	16,2	12T14	18.48
$6^{ème}$,$7^{ème}$,$8^{ème}$étage	40×40	12,8	12T12	13.56

4.2.7 التحقيقات:

التحقق من إجهاد القص:

العمود الأكثر تحميلا هو العمود ذو المقطع $(55×55)cm^2$

$$\tau_u = \frac{T}{b \times d} = \frac{177.02 \times 10^{-3}}{0.55 \times 0.495} = 0.65\ MPa$$

من أجل تشققات قليلة الضرر:

$$\bar{\tau}_u = min\left\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 4MPa\right\} = 3.33Mpa$$

$\tau_u = 0.65\ MPa \leq \bar{\tau}_u = 3.33\ MPa$ محققة

5.2.7 حساب التسليح العرضي:

يتم حساب التعزيز العرضي باتباع الإرشادات الواردة في المادة 7.4.2.2من RPA 99/2003

وباستخدام الصيغة:

$$\frac{A_t}{S_t} = \frac{\rho_a \times V_u}{h_l \times f_e}$$

V_u: قوة القص.

h : ارتفاع المقطع.

$\boldsymbol{\rho_a}$: معامل التصحيح.

$$\rho_a = 2{,}5 \ \rightarrow \lambda_g \geq 5$$

$$\rho_a = 3.75 \ \rightarrow \lambda_g < 5$$

S_t: تباعد التعزيز العرضي.

التباعد:

وفقا ل RPA 99/2003

المنطقة العقدية:

$$S_t \leq min\{10\emptyset_l\,;\,15\ cm\};\ \emptyset_l = 12mm \ \rightarrow S_t \leq min\{12cm\,;\,15cm\}$$

نأخذ: S_t=10cm

المنطقة الحالية:

$$S_t \leq 15\emptyset_l = 18\ cm$$

نأخذ: S_t=18cm

$$\lambda_g = \frac{L_f}{b} = \frac{0.7L_0}{b} = \frac{0.7 \times 4.25}{0.55} = 5.41 > 5 \rightarrow \rho_a = 2{,}5$$

إذن:

$$\frac{A_t}{S_t} = \frac{\rho_a \times V_u}{h_l \times f_e} = \frac{0.18 \times 2.5 \times 177{,}02 \times 10^{-3}}{0.55 \times 400} = 3.62\ cm^2$$

كمية الحد الأدنى من التعزيز العرضي:

في المنطقة العقدية:

$$A_t = 0.003 \times 10 \times 55 = 1.65\ cm^2$$

في المنطقة الحالية:

$$A_t = 0.003 \times 18 \times 55 = 2.97\ cm^2$$

نأخذ: $8Ø8 = 4.02\ cm^2$

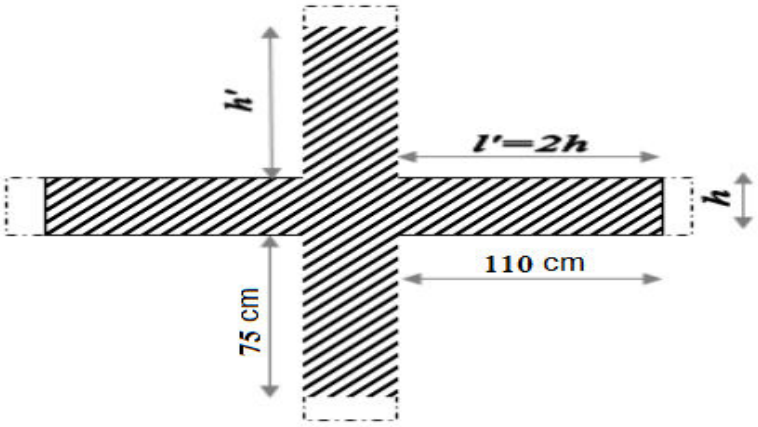
أبعاد المنطقة العقدية:

$$\acute{L} = 2 \times 55 = 110\ cm$$

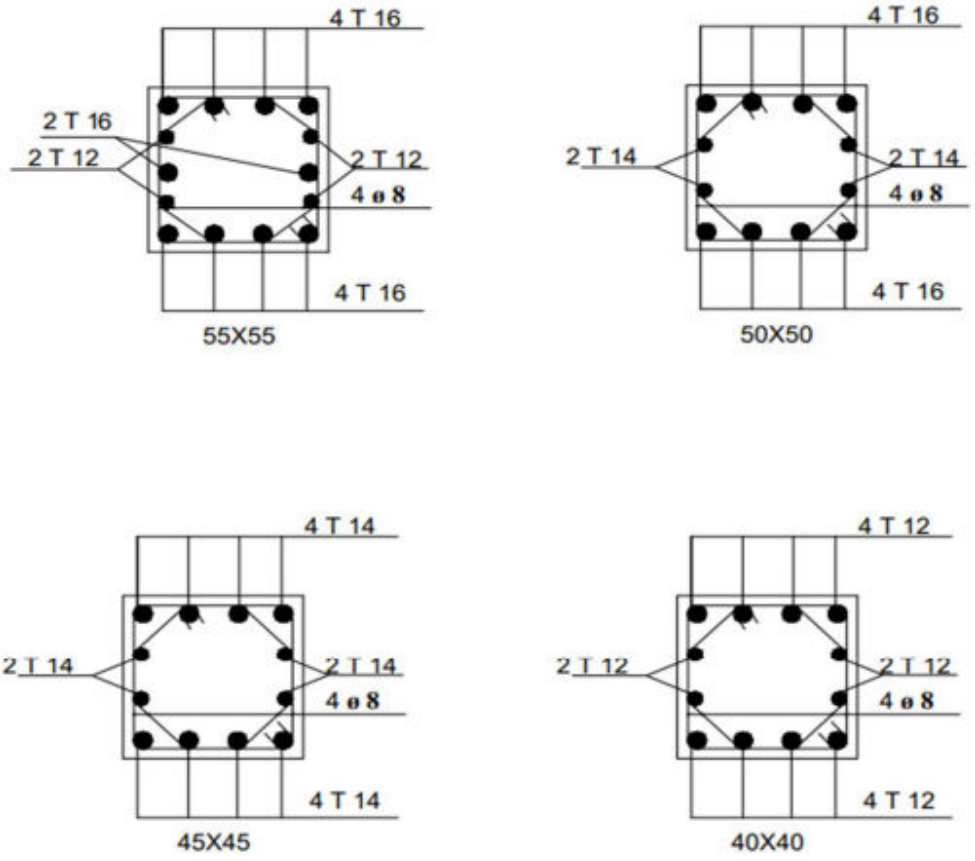
$$\acute{h} = max\left\{\frac{h_e}{6}; b; h; 60cm\right\}$$

$$\acute{h} = max\{70.83\ ; 55; 55; 60cm\}$$

$$\acute{h} = 75\ cm$$



الشكل7. 1 المنطقة العقدية



الشكل7. 2 تسليح الأعمدة

3.7 تسليح العوارض:

1.3.7 مقدمة:

العوارض هي عناصر يؤثر عليها عزم الانحناء وقوى القص إذن يكون الحساب بالانحناء المركب مع التأثيرات العظمى.

توصيات RPA 99/إصدار 2003:

- الحد الأدنى لنسبة إجمالي الفولاذ الطولي على كامل طول العارضة هو 0.5% في جميع المقاطع.
- الحد الأقصى لنسبة إجمالي الفولاذ الطولي هو: 4% في المنطقة الحالية و6% في منطقة التداخل.

- يجب ثني التعزيزات الطولية العلوية والسفلية بزاوية 90 درجة.
- الحد الأدنى لطول التداخلات هو:$\Phi 40$ في المنطقةIIa .

2.3.7 أحمال العوارض:

باستخدام ملف النتائج المقدم بواسطة برنامج **ROBOT**يتم الحصول على النتائج التالية:

الجدول7. 8 لحظات الانحناء وقوة القص

الحالات	E.L. U		E.L. S		ACC		قوة القص
اللحظات	M_t (KN.m)	M_a (KN.m)	M_t (KN.m)	M_a (KN.m)	M_t (KN.m)	M_a (KN.m)	T (KN)
العارضة الأساسية	45.83	−97.69	32.88	−70.46	35.05	−90.93	111.1
العارضة الثانوية	34.8	−52.28	25.32	−38.14	104.9	−94.43	59.06

3.3.7 حساب تسليح العوارض:

❖ **العارضة الأساسية:**

التسليح في المديد (E.L.U):

$M_t = 45.83\ KN.m$

حيث: b=30 cm ; h=45 cm ; d=40.5 cm ; f_{bc}=14.2 MPA

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{45.83\times10^{-3}}{0.3\times O.405^2\times14.2} = 0.066$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.085$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 39.12\ cm$$

$$A_s = \frac{M_t}{Z\sigma_s} = 3.37\ cm^2$$

التسليح في المساند (E.L.U):

$$M_a = 97.69\ KN.m$$

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{97.69 \times 10^{-3}}{0.3 \times O.405^2 \times 14.2} = 0.14$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.189$$

$$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 37.44cm$$

$$A_s = \frac{M_a}{Z\sigma_s} = 7.5\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_{min} = 1.48\ cm^2$$

المديد:

$$A_s = 3.37\ cm^2 > 1.48\ cm^2 \rightarrow (\text{ش.م})$$

المسند:

$$A_s = 7.5\ cm^2 > 1.48\ cm^2 \rightarrow (\text{م.ش})$$

التسليح في المديد (ACC):

$$M_t = 35.05\ KN.m$$

حيث: $b=30\ cm\ ;\ h=45\ cm\ ;\ d=40.5\ cm\ ;\ f_{bc}=18.48\ MPA$

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{35.05 \times 10^{-3}}{0.3 \times O.405^2 \times 18.48} = 0.039$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.05$$

$$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 39.69\ cm$$

$$A_s = \frac{M_t}{Z\sigma_s} = 2.21\ cm^2$$

التسليح في المساند (ACC):

$$M_a = 90.93KN.m$$

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{90.93 \times 10^{-3}}{0.3 \times O.405^2 \times 18.48} = 0.099$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.131$$

$$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 38.38cm$$

$$A_s = \frac{M_a}{Z\sigma_s} = 5.92\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_{min} = 1.48\ cm^2$$

المديد:

$$A_s = 2.21\ cm^2 > 1.48\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

المسند:

$$A_s = 5.92\ cm^2 > 1.48\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

التسليح النهائي:

$$A_s = max\{A_{min}^{RPA};\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\}$$

في المديد:

$$A_s = max\{0.5\%bh;\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\ \}$$

$$A_s = max\{6.75cm^2; 3.37cm^2; 2.21cm^2\}$$

$$A_s = 6.75cm^2$$

نأخذ: $2T12+3T16=8.29\ cm^2$

في المساند:

$$A_s = max\{0.5\%bh;\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\ \}$$

$$A_s = max\{6.75cm^2; 7.5cm^2; 5.92cm^2\}$$

$$A_s = 7.5cm^2$$

نأخذ: $3T14+3T16=10.65\ cm^2$

التحقق من الحالة الحدية للتشغيل (E.L.S):

بما أن التشقق غير ضار والفولاذ المستخدم هو FeE400، فيجب التحقق من الإجهادات المفروضة على ELS على النحو التالي:

$$\alpha \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{F_{C28}}{100};\quad (\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}})$$

في المديد:

$$\gamma = \frac{45.83}{32.88} = 1.39$$

$$\frac{1.39-1}{2} + 0.25 = 0.445$$

$0.066 < 0.445$ محققة

في المساند:

$$\gamma = \frac{97.69}{70.46} = 1.39$$

$$\frac{1.39-1}{2} + 0.25 = 0.445$$

$0.14 < 0.445$ محققة

التحقق من إجهادات القص:

من أجل تشققات قليلة الضرر:

$\bar{\tau}_u = min\left\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 4\text{MPa}\right\} = 3.33\text{Mpa}$

$\tau_u = \frac{T}{b \times d} = \frac{111.1 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.405} = 0.91\text{Mpa}$

$\tau_u < \bar{\tau}_u$ محققة

حساب التسليح العرضي:

قطر التعزيزات العرضية:

$$\emptyset_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \emptyset_l\right)$$

$$\emptyset_t \leq \min(12.86mm; 30\text{mm}; 12\text{mm})$$

نأخذ: $\emptyset_t = 10\ mm$

التباعد:

$$S_t = \min(0.9d, 40\text{cm}) = 36.45\text{cm}$$

$$S_t = 30\ cm$$

في المنطقة العقدية:

$$S_t \leq min\left\{\frac{h}{4}; 12\emptyset_l\right\}$$

$$S_t \leq min\{11.25cm; 14.4cm\}$$

$$S_t = 10\ cm$$

خارج المنطقة العقدية:

$$S_t \leq \frac{h}{2} = 22.5\ cm$$

$$S_t = 20\ cm$$

أبعاد المنطقة العقدية:

$$\acute{L} = 2 \times h = 90\ cm$$

$$\acute{h} = max\left\{\frac{h_e}{6}; b; h; 60cm\right\}$$

$$\acute{h} = max\{53.33; 30; 45; 60cm\}$$

$$\acute{h} = 60\ cm$$

❖ **العارضة الثانوية:**

التسليح في المديد (E.L.U):

$$M_t = 34.8KN.m$$

حيث: $b=30\ cm\ ;\ h=40\ cm\ ;\ d=36\ cm\ ;\ f_{bc}=14.2\ MPA$

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{34.8\times10^{-3}}{0.3\times O.36^2\times14.2} = 0.063$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.081$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 34.83\ cm$$

$$A_s = \frac{M_t}{Z\sigma_s} = 2.87\ cm^2$$

التسليح في المساند (E.L.U):

$$M_a = 52.28\ KN.m$$

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{52.28\times10^{-3}}{0.3\times O.36^2\times14.2} = 0.095$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.125$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 34.2cm$$

$$A_s = \frac{M_a}{Z\sigma_s} = 4.39\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_{min} = 1.3\ cm^2$$

المديد:

$$A_s = 2.87\ cm^2 > 1.3\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

المسند:

$$A_s = 4.39\ cm^2 > 1.3\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

التسليح في المديد (ACC):

$M_t = 104.9\ KN.m$

حيث: $b=30\ cm\ ;\ h=40\ cm\ ;\ d=36\ cm\ ;\ f_{bc}=18.48\ MPA$

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bc}} = \frac{104.9\times10^{-3}}{0.3\times O.36^2\times18.48} = 0.146$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.198$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 33.15cm$$

$$A_s = \frac{M_t}{Z\sigma_s} = 7.91\ cm^2$$

التسليح في المساند (ACC):

$M_a = 94.43KN.m$

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bc}} = \frac{94.43\times10^{-3}}{0.3\times O.36^2\times18.48} = 0.131$$

$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.176$$

$$Z = d(1-0.4\alpha) = 33.47cm$$

$$A_s = \frac{M_a}{Z\sigma_s} = 7.05\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_s > A_{min} = \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}$$

$$A_{min} = 1.3\ cm^2$$

المديد:

$$A_s = 7.91\ cm^2 > 1.3\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

المسند:

$$A_s = 7.05\ cm^2 > 1.3\ cm^2 \rightarrow (ش.م)$$

التسليح النهائي:

$$A_s = max\{A_{min}^{RPA};\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\}$$

في المديد:

$$A_s = max\{0.5\%bh;\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\ \}$$

$$A_s = max\{6cm^2; 2.87cm^2; 7.91cm^2\}$$

$$A_s = 7.91cm^2$$

نأخذ: $2T12+3T14=8.01\ cm^2$

في المساند:

$$A_s = max\{0.5\%bh;\ A_{cal}^{ELU};\ A_{cal}^{ACC}\ \}$$

$$A_s = max\{6cm^2; 4.39cm^2; 7.05cm^2\}$$

$$A_s = 7.05cm^2$$

نأخذ: $3T14+3T12=8.01\ cm^2$

التحقق من الحالة الحدية للتشغيل (E.L.S):

بما أن التشقق غير ضار والفولاذ المستخدم هو FeE400، فيجب التحقق من الإجهادات المفروضة على ELS على النحو التالي:

$$\alpha \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{F_{C28}}{100};\quad (\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}})$$

في المديد:

$$\gamma = \frac{34.8}{25.32} = 1.37$$

$$\frac{1.37-1}{2} + 0.25 = 0.435$$

$0.063 < 0.435$ محققة

في المساند:

$$\gamma = \frac{52.28}{38.14} = 1.37$$

$$\frac{1.37-1}{2} + 0.25 = 0.435$$

$0.095 < 0.435$ محققة

التحقق من إجهادات القص:

من أجل تشققات قليلة الضرر:

$$\bar{\tau}_u = min\left\{\frac{0.2F_{c28}}{\gamma_b}, 4\text{MPa}\right\} = 3.33\text{Mpa}$$

$$\tau_u = \frac{T}{b \times d} = \frac{59.06 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.36} = 0.55\text{Mpa}$$

$\tau_u < \bar{\tau}_u$ محققة

حساب التسليح العرضي:

قطر التعزيزات العرضية:

$$\emptyset_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \emptyset_l\right)$$

$$\emptyset_t \leq \min(11.43mm; 30\text{mm}; 12\text{mm})$$

نأخذ: $\emptyset_t = 10\ mm$

التباعد:

$$S_t = \min(0.9d, 40\text{cm}) = 32.4\text{cm}$$

$$S_t = 30\ cm$$

في المنطقة العقدية:

$$S_t \leq min\left\{\frac{h}{4}; 12\emptyset_l\right\}$$

$$S_t \leq min\{10cm; 14.4cm\}$$

$$S_t = 8\ cm$$

خارج المنطقة العقدية:

$$S_t \leq \frac{h}{2} = 20\ cm$$

$$S_t = 18\ cm$$

أبعاد المنطقة العقدية:

$$\acute{L} = 2 \times h = 80\ cm$$

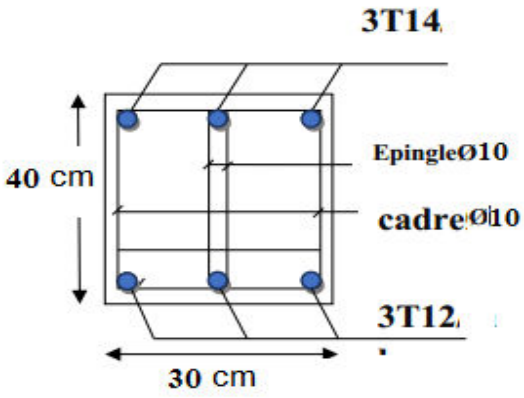
$$\acute{h} = max\left\{\frac{h_e}{6}; b; h; 60cm\right\}$$

$$\acute{h} = max\{53.33; 30; 40; 60cm\}$$

$$\acute{h} = 60\ cm$$

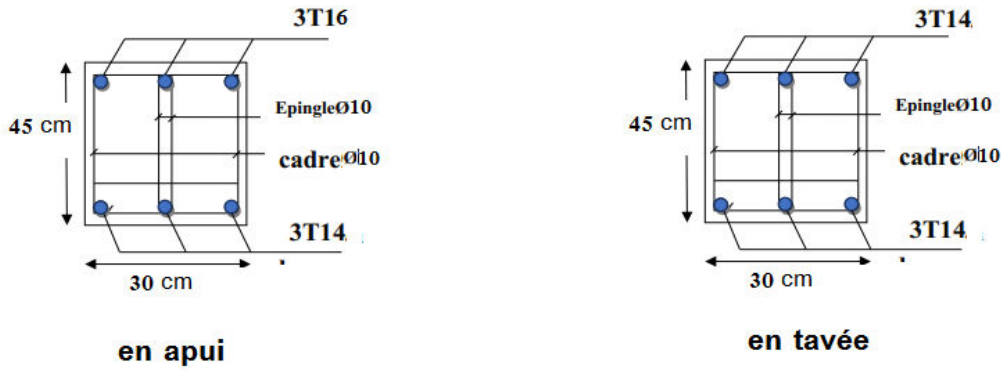
مخططات التسليح:

العارضة الثانوية:



الشكل7. 3 تسليح العارضة الثانوية

العارضة الأساسية:



الشكل7. 4 تسليح العارضة الأساسية

4.7 تسليح الجدران:

5.7 مقدمة:

الجدار الخرساني هو عنصر إنشائي يعمل على تدعيم المبنى ويتعرض لقوى عمودية وأفقية، لذلك يتمثل تسليح الجدران الخرسانية في تحديد الحديد اللازم لمقاومة الانحناء المركب الناتج عن الأحمال العمودية الدائمة (G) والأحمال المتغيرة (Q) بالإضافة الى مقاومة الإجهادات الناتجة عن الزلازل (E).

يحسب التسليح حسب قوانين RPA99 بالتوليفات التالية:

0.8G+E : التسليح بالنسبة للانحناء.

G+Q+1.2E : التحقق من مقاومة الخرسانة للضغط.

6.7 حساب تسليح الجدران:

لدينا: L=1.85m ; a=20cm ; N=2149KN ; M=272. 2KN.m

$$\sigma_{t,c} = \frac{N}{L \times a} \pm \frac{M \times 6}{L^2 \times a}$$

بالتعويض نجد:

$$\sigma_c = 8194.08 KN/m^2$$

$\sigma_t = 3422.13KN/m^2$

المقطع مضغوط كليا.

إذن التسليح العمودي هو:

- **حسب القواعد الجزائرية المضادة للقوى الزلزالية (RPA):**

$A_v = A_{min} = 0.0015 \times L \times a = 0.0015 \times 185 \times 20$

$A_v = 5.55\ cm^2$

نأخذ: 6HA12=6.79 cm^2

❖ **التسليح الأفقي:**

$$A_H = \frac{A_v}{4} = \frac{5.55}{4} = 1.39\ \ cm^2$$

نأخذ: 4HA10=3.14 cm^2

التباعد:

$S_t \leq min\{1.5a\ ;30\ cm\}$

$S_t \leq min\{1.5 \times 20\ ;30\ cm\}$

في المنطقة الحالية: S_t=20 cm

في المنطقة العقدية: S_t=10 cm

<u>التحقق من إجهاد القص:</u>

$$\tau = \frac{1.4V}{0.9b.h} \leq \bar{\tau}$$

$\bar{\tau} = 0.2f_{c28} = 5MPa$

$\tau = \frac{1.4 \times 37.1 \times 10^{-3}}{0.9 \times 0.2 \times 1.85} = 0.16MPa \leq \bar{\tau} = 5MPa$ محققة

❖ **التسليح العرضي:**

تم ربط القضبان بإطارات ذات قطر 8 ملم أيضا اعتمدنا على مساسيك بنفس القطر حيث يوجد 4 مساسيك في المتر .

الفصل الثامن

دراسة البنية التحتية

8 دراسة البنية التحتية:

1.8 مقدمة:

تمثل الأساسات الجزء الرئيسي من المنشأ والتي تعمل على نقل الأحمال القادمة من البنية الفوقية إلى الأرض، وهي الوزن الذاتي، أحمال التشغيل إضافة إلى الأحمال الزائدة والمتمثلة في القوى الأفقية الناتجة عن المناخ والزلازل.

يعتمد اختيار نوع الأساس على عدة معاملات:

- ❖ طبيعة ووزن البنية الفوقية.
- ❖ نوعية وكمية الأحمال المطبقة على البناء.
- ❖ جودة التربة الأساسية.
- ❖ الظروف المناخية.
- ❖ التكلفة.

2.8 حساب الأساسات:

3.8 الأبعاد:

بالنسبة لأبعاد القاعدة يجب أن تكون:

قادرة على المقاومة وأن تكون مستقرة.

قادرة على نقل الأحمال على النحو المطلوب إلى الأرض حتى لا تتسبب في حدوث تشوهات كبيرة في الأرض.

4.8 اختيار نوع الأساسات:

يعتمد اختيار نوع الأساس بشكل أساسي على العوامل التالية:

قدرة تحمل التربة، الأحمال المرسلة إلى الأرض، المسافة بين محاور الدعامات، عمق التربة الجيدة.

حيث نميز ثلاث أنواع للأساسات:

- أساسات سطحية.
- أساسات نصف عميقة.
- أساسات عميقة.

وفقا لنسبة، التربة فإن الإجهاد المسموح به هو: $2.0\ bar$

لهذا يجب علينا التحقق من عدم وجود تداخل بين القواعد.

وفقا ل (RPA 99 -V2003) 10.1.4.1 يتم تحديد الأساسات وفقا لمجموعة الإجراءات التالية

$$\begin{cases} G + Q + E \\ 0.8G \pm E \end{cases}$$

وفقا ل (DTR) 2.33.1:

$$\begin{cases} 1.35G + 1.5Q \\ G + Q \end{cases}$$

سيتم تحديد القاعدة عن طريق التحقق من N :

$$\frac{N}{S_{semelle}} \leq \overline{\sigma_{sol}} \rightarrow S \geq \frac{N}{\overline{\sigma_{sol}}} \rightarrow \begin{cases} \boldsymbol{N}: \text{جهد ناظمي} \\ \boldsymbol{S}: \text{مساحة السطح} \\ \boldsymbol{\overline{\sigma_{sol}}}: \text{اجهاد التربة المسموح به} \end{cases}$$

$$\overline{\sigma_{sol}} = 2\ bar$$

N=46258.82 KN

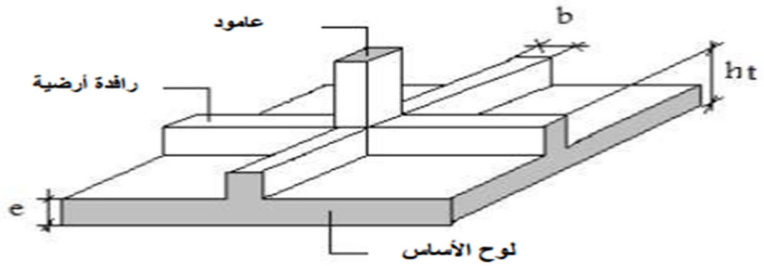
مساحة البناء : S_{bat}= 273 m^2

$$S_{semelle} = \frac{46258.82}{200} = 231.29\ m^2$$

$$\frac{S_{semelle}}{Sbat} = \frac{231.29}{273} = 0.84 > 0.5$$

بما أن مساحة المسند تزيد عن50% من مساحة المبنى مما يؤدي إلى تداخل هذه الأساسات هذا يقودنا إلى اختيار أساسات ذات بلاطة واحدة.

5.8 دراسة البلاطة:



الشكل8. 1 بلاطة الأساس

1.5.8 حساب أبعاد الأساس:

- **ارتفاع الأساس:h_t**

يجب أن يحقق الشروط التالية:

- شرط السمك الأصغر: حيث سمك البلاطة لا يقل عن 25cm.

e_{min}=25cm

- شرط **forfaitaire**

$$\frac{L_{max}}{8} \leq h_t \leq \frac{L_{max}}{5}$$

حيث:

$$L_{max} = 5.1\text{m}$$

$$\frac{510}{8} \leq h_t \leq \frac{510}{5} \quad \rightarrow \quad 63.75cm \leq h_t \leq 102cm$$

$$h_t = 90cm$$

- شرط الصلابة:

$$l_e \leq \frac{2L_{max}}{\pi}$$

حيث:

l_e: البعد المرن للأساس يعطى بالعلاقة التالية:

$$l_e = \left(\frac{4EI}{Kb}\right)^{\frac{1}{4}}$$

E : معامل مرونة التربة يؤخذ: $E = 3.1 \times 10^4$ Mpa

I : عزم العطالة

$$I = \frac{b.h^3}{12}$$

K معامل تصلب التربة بالنسبة لتربة متوسطة المقاومة يساوي: $4.\ 10^4$ KN/m^3

b: عرض المقطع لمتر واحد

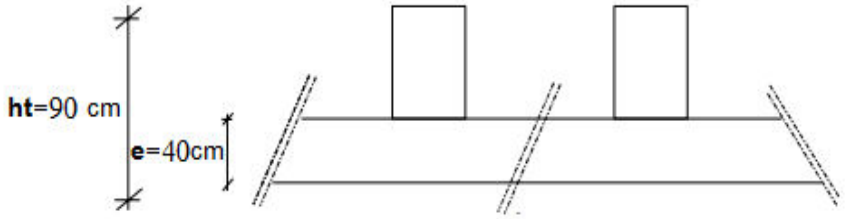
$$h \geq \sqrt[3]{(\frac{2}{\pi} \times L_{max})^4 \times \frac{3K}{E}} \rightarrow \quad h \geq \sqrt[3]{(\frac{2}{\pi} \times 5.1)^4 \times \frac{3\times40}{3.1\times10^4}} = 0.75m$$

نأخذ : h_t= 90cm

- **سمك البلاطة:e**

$$e \geq \frac{L_{max}}{20} = \frac{510}{20} = 25.5\ cm$$

نأخذ: $e = 40\ cm$



الشكل8. 2 بلاطة الأرضية بشكل عرضي

<u>شرط مقاومة القص:</u>

$$\tau_b = \frac{N_u}{S} < \bar{\tau} = 0.05 \times f_{c28} = 0.05 \times 25 = 1.25MPa$$

$$d \geq \frac{T_{max}}{\tau_b \times b}$$

حيثT_{max} قيمة قوى القص المحسوبة في الحالة الحدية القصوى

$$T_{max} = \frac{N_u}{S} \times \frac{L_{max}}{2} = \frac{63274.24 \times 10^{-3} \times 5.1}{273 \times 2} = 0.59 \text{ MN}$$

$$d \geq \frac{0.59}{1 \times 1.25} \times 10^2 = 47.2 \text{ cm}$$

نأخذ: $d = 50\ cm$

- **حساب مساحة الأساس:**

$\mathbf{S_D}$: مساحة الحافة.

$$S_D = d \times 2 \times (L_x + L_y) = 0.5 \times 2 \times (21 + 13) = 34 \text{ m}^2$$

$$S_R = S_D + S_t = 34 + 273 = 307 \text{ m}^2$$

$\boldsymbol{S_R}$: مساحة الأساس.

$\boldsymbol{L_x}$: طول المنشأ.

$\boldsymbol{L_y}$: عرض المنشأ.

التحقق من إجهاد التربة تحت الأحمال العمودية:

الثقل الذاتي للأساس:

$$P = 25 \times 0.9 \times 307 = 6907.5 \text{ KN}$$

الثقل زائد حمولة التشغيل:

N_{SER}=G + Q =46258.82 KN

إذن القوة الناظمية هي:

$$N_{tot} = P + N_{SER} = 53166.32 \text{KN}$$

التحقق:

$$\frac{N_{tot}}{S_R} \leq \sigma_{sol}$$

$$\frac{N_{tot}}{S_R} = \frac{53166.32}{307} = 173.18 \leq \sigma_{sol} = 200 \text{KN/m}^2$$ محققة

التحقق من التثقيب poinçonnement:

حسب (CBA 93 «Art 5-2-4-2 p 48»):

$$N_u \leq 0.045 . \mu_c . h . \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$$

مع:

$\mathbf{N_u}$: الحمولة المحسوبة في الحالة الحدية للعمود الأكثر تحميلا.

N_u=2158.55KN

μ_c : محيط مركز القص.

$$\mu_c = (b + a + 2h)2 = (0.55 + 0.55 + 2 \times 0.9)2 = 5.8\ m^2$$

من أجل:h=90cm $N_u = 2158.55\ KN \leq 3915\ KN$.

إذن: شروط الثقب محققة.

الخصائص الهندسية للأساس:

- **مركز الثقل:**

$$X_G = \frac{\sum S_I \times X_I}{\sum S_I} = 10.5\ m$$
$$Y_G = \frac{\sum S_I \times Y_I}{\sum S_I} = 6.5\ m$$

- **عزم العطالة:**

$$I_x = \frac{L_x \times (L_y^3)}{12} = 3844.75\ m^4$$
$$I_y = \frac{L_y \times (L_x^3)}{12} = 10032.75\ m^4$$

2.5.8 تسليح الأساس:

الحالة الحدية النهائية (ELU):

$$N_u = 53166.32\ KN$$
$$q_u = \frac{N_u}{S_R} = 173.18\ KN/m^2$$

الحالة الحدية للتشغيل (ELS):

$$N_{ser} = 46258.82\ KN$$
$$q_{ser} = \frac{N_{ser}}{S_R} = 150.68\ KN/m^2$$

نستعمل طريقة PIGEAUD من اجل تعريف العزوم الوحدوية μ_x و μ_y كما نحتاج الى معامل بواصو والنسبة $\rho = \frac{l_x}{l_y}$.

إذا كان: $0 < \rho < 0.4$ البلاطة تحمل في اتجاه واحد.

$$M_x = \frac{q \times l_x^2}{8}$$
$$M_y = 0$$

إذا كان: $0.4 < \rho < 1$ البلاطة تعمل في اتجاهين.

$$M_{0x} = \mu_x q l_x^2$$
$$M_{0y} = \mu_y \times M_{ox}$$

لأخذ الاستمرارية بعين الاعتبار، تم تقسيم العزوم الموجودة على المساند وفي المديد.

- من أجل اللوحة الوسطية les panneaux intermédiaires:

العزم على المساند:

$$M_{\text{appui}} = -0.5 M_{max}$$

العزم على المديد:

$$M_{\text{travée}} = 0.85 M_{max}$$

اللوحة الأكثر تحميلا هي اللوحة الوسطية ذات الأبعاد التالية:

$$l_x = 4.15\ m\ ;\ l_y = 4.93\ m$$

الحالة الحدية النهائية (ELU):

q_u (KN/m^2)	M_{0y}(KN.m)	M_{0x}(KN.m)	μ_y	μ_x	ρ	V	L_y(m)	L_x(m)
173.18	103.45	155.09	0.667	0.052	0.84	0	4.93	4.15

العزوم بالنسبة للمساند:

$$\begin{cases} M_{ax} = 0.5 \times 155.09 = 77.55\ \text{KN.m} \\ M_{ay} = 0.5 \times 103.45 = 51.73\ \text{KN.m} \end{cases}$$

العزوم بالنسبة للمديد:

$$\begin{cases} M_{tx} = 0.85 \times 155.09 = 131.83\ \text{KN.m} \\ M_{ty} = 0.85 \times 103.45 = 87.93\ \text{KN.m} \end{cases}$$

التسليح الطولي في الاتجاهXX :

في المساند:

$$\mu = \frac{M_{ax}}{bd^2 f_{bc}} = \frac{77.55\times10^3}{100\times36^2\times14.2} = 0.042 < 0.391 \rightarrow A_s' = 0$$
$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.054$$
$$Z = d(1-0.4\alpha) = 35.22\ cm$$
$$A_s = \frac{M_{ax}}{Z\sigma_s} = 6.33\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_{min} \geq max\left\{\frac{b\times h}{1000}; \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}\right\} \rightarrow A_{min} \geq max\{4\ cm^2; 4.35\ cm^2\}$$
$$A_{min} = 4.35\ cm^2$$
$$A_{min} = 4.35\ cm^2 < A_s = 6.33\ cm^2$$
$$A_s = 6.33\ cm^2$$

نأخذ: $5HA14=7.7\ cm^2$;St=16cm

في المديد:

$$\mu = \frac{M_{tx}}{bd^2 f_{bc}} = \frac{131.83\times10^3}{100\times36^2\times14.2} = 0.072 < 0.391 \rightarrow A_s' = 0$$
$$\alpha = 1{,}25\left(1-\sqrt{1-2\mu}\right) = 0.093$$
$$Z = d(1-0.4\alpha) = 34.66\ cm$$
$$A_s = \frac{M_{tx}}{Z\sigma_s} = 10.93\ cm^2$$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_{min} \geq max\left\{\frac{b\times h}{1000}; \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}\right\} \rightarrow A_{min} \geq max\{4\ cm^2; 4.35\ cm^2\}$$
$$A_{min} = 4.35\ cm^2$$
$$A_{min} = 4.35\ cm^2 < A_s = 10.93\ cm^2$$
$$A_s = 10.93\ cm^2$$

نأخذ: $6HA16=12.1\ cm^2$;St=16cm

التسليح الطولي في الاتجاهYY :

في المساند:

$$\mu = \frac{M_{ay}}{bd^2 f_{bc}} = \frac{51.73\times10^3}{100\times36^2\times14.2} = 0.028 < 0.391 \rightarrow A_s' = 0$$

$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.036$

$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 35.48\ cm$

$A_s = \frac{M_{ay}}{Z\sigma_s} = 4.19\ cm^2$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_{min} \geq max\left\{\frac{b \times h}{1000}; \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}\right\} \rightarrow A_{min} \geq max\{4\ cm^2; 4.35\ cm^2\}$$

$A_{min} = 4.35\ cm^2$

$A_{min} = 4.35\ cm^2 > A_s = 4.19\ cm^2$

$A_s = 4.19\ cm^2$

نأخذ: $4HA12 = 4.52\ cm^2$;St=16cm

في المديد:

$$\mu = \frac{M_{ty}}{bd^2 f_{bc}} = \frac{87.93 \times 10^3}{100 \times 36^2 \times 14.2} = 0.048 < 0.391 \rightarrow A_s' = 0$$

$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.062$

$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 35.11\ cm$

$A_s = \frac{M_{ty}}{Z\sigma_s} = 7.20\ cm^2$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_{min} \geq max\left\{\frac{b \times h}{1000}; \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}\right\} \rightarrow A_{min} \geq max\{4\ cm^2; 4.35\ cm^2\}$$

$A_{min} = 4.35\ cm^2$

$A_{min} = 4.35\ cm^2 < A_s = 7.20\ cm^2$

$A_s = 7.20\ cm^2$

نأخذ: $4HA14 = 6.16\ cm^2$;St=16cm

الحالة الحدية للتشغيل (ELS):

q_{ser} (KN/m²)	M_{0y}(KN.m)	M_{0x}(KN.m)	μ_y	μ_x	ρ	V	L_y(m)	L_x(m)
150.68	116.78	152.85	0.764	0.0589	0.84	0.2	4.93	4.15

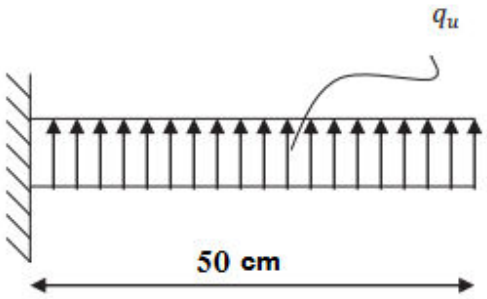
العزوم بالنسبة للمساند:

$$\begin{cases} M_{ax} = 0.5 \times 152.85 = 76.43\ \text{KN.m} \\ M_{ay} = 0.5 \times 116.78 = 58.39\ \text{KN.m} \end{cases}$$

العزوم بالنسبة للمديد:

$$\begin{cases} M_{tx} = 0.85 \times 152.85 = 129.92 \text{ KN.m} \\ M_{ty} = 0.85 \times 116.78 = 99.26 \text{ KN.m} \end{cases}$$

3.5.8 تسليح الحافة:



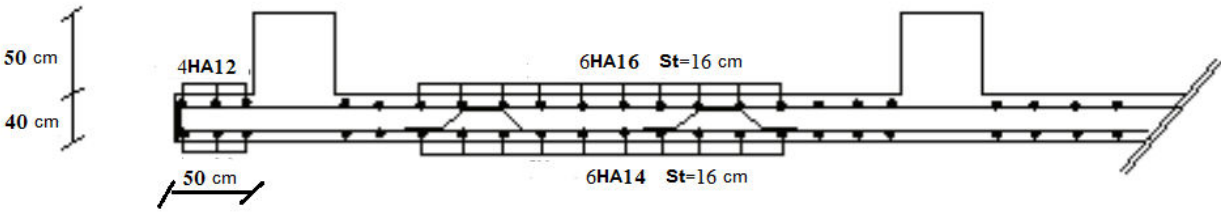
الشكل8. 3 رسم تخطيطي للحافة

$b = 1\ m$
$h = 40\ cm$
$d = 36\ cm$
$q_u = 173.18 \text{ KN/m}^2$
$M_u = \frac{q_u.l^2}{2} = \frac{173.18 \times 0.5^2}{2} = 21.65 \text{ KN.m}$
$\mu = \frac{M_u}{bd^2 f_{bc}} = \frac{21.65 \times 10^3}{100 \times 36^2 \times 14.2} = 0.012$
$\alpha = 1{,}25\left(1 - \sqrt{1 - 2\mu}\right) = 0.015$
$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 35.784cm$
$A_s = \frac{M_u}{Z\sigma_s} = 1.74 \text{ cm}^2$

شرط عدم الهشاشة:

$$A_{min} \geq max\left\{\frac{b \times h}{1000}; \frac{0.23bdF_{t28}}{F_e}\right\} \rightarrow A_{min} \geq max\{4 \text{ cm}^2; 4.35 \text{ cm}^2\}$$
$A_{min} = 4.35 \text{ cm}^2$
$A_{min} = 4.35 \text{ cm}^2 > A_s = 1.74 \text{ cm}^2$
$A_s = 4.35 \text{ cm}^2$

نأخذ: $4HA12=4.52 \text{ cm}^2$;St=16cm



الشكل8. 4 مخطط تسليح بلاطة الأساس

الخاتمة العامة

الخاتمة العامة:

في ختام مذكرتنا، نتمنى أن نكون وفقنا إلى حد كبير في تسليط الضوء على جميع جوانب شروط إنجاز وإنشاء المباني، ودراسة كافة أجزاء المبنى واستيعاب التقنيات المختلفة وبرمجيات الحساب وكذلك اللوائح التي تنظم مبادئ التصميم وحساب الأعمال في قطاع البناء.

يجب على المنشأة أن تتبنى شكلها مع ضمان مقاومتها للأحمال بما في ذلك وزن المبنى وتأثيرات الرياح والزلازل والثلوج ودرجات الحرارة المتغيرة، بالإضافة إلى جميع القوى والأحمال المحتملة الأخرى.

كما ساعدتنا دراسة المشروع في تطوير جميع المعارف التي اكتسبناها خلال السنوات الخمس الماضية، وهو ما ساهم في تعميق معرفتنا بناءً على المستندات الغنية وتطبيق اللوائح. كما يجب أن يعمل المهندس المدني والمهندس المعماري بالتنسيق والتعاون المستمر منذ بداية المشروع، لتجنب أي تصميمات غير آمنة وضمان السلامة من الزلازل بدون زيادة كبيرة في التكلفة.

في نهاية هذا المشروع، نأمل أن يحظى هذا العمل بإعجاب ورضى الأساتذة المناقشين والأستاذ المشرف خاصةً، وجميع طلاب الهندسة المدنية. فقد حاولنا قدر المستطاع استخدام المصطلحات التقنية الدقيقة في اللغة العربية، ومع ذلك، قد يحدث الخطأ في بعض المصطلحات أو المفاهيم، لذا نرجو من الطلاب المقبلين تصحيح أي خطأ تقني إذا وجدوا مصطلحات أدق. نأمل أن تكون ثمرة جهدنا هذا مصدر فائدة ومرجع لطلاب السنوات المقبلة.

قائمة المراجع

قائمة المراجع:

القواعد (Règlements):

- ✓ قواعد الزلزال الجزائري (RPA99/ Version2003).
- ✓ الخرسانة المسلحة في الحالة الحدية (BAEL91).
- ✓ الوثيقة التقنية التنظيمية (DTR B.C.2.2).
- ✓ قواعد التصور وحساب منشآت الخرسانة المسلحة (CBA93).

الكتب (LIVRES):

كتاب السنة الثانية ثانوي.

مذكرات التخرج (Thèses):

مجموعة من مذكرات التخرج منها:

- ✓ الدراسة الإنشائية والزلزالية لمبنى سكني مكون من عشرة طوابق وموقف للسيارات بسيدي بلعباس من إعداد الطالبة آية زيدان.
- ✓ دراسة عمارة سكنية ذات(C+7) ذات جهاز صد (إطار+ جدران حاملة) بالمنطقة الزلزالية IIa.

البرامج (Logiciels et programmes):

- ✓ AUTOCADE2014(Dessin) .
- ✓ Robot_Structural_Analys 2021.
- ✓ Office2019(Traitement de texte).
- ✓ EXCEL2016(Calcul) .