



جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة الإنسانية

استراتيجيات تقييم ورفع كفاءة الأبنية زلزالية وتطبيقاتها على أبنية قائمة من البيتون المسلح

Seismic Evaluation and Retrofit Strategies and Their
Applications On Existing Reinforced Concrete
Buildings

أطروحة أعدّت كجزء من متطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة
الإنسانية

إعداد
المهندسة وئام منصور

إشراف
الأستاذ الدكتور المهندس محمد أحمد السمارة

2013

ملخص البحث

يتناول هذا البحث شرح لمعايير تقييم الأداء الزلزالي للمبني القائمة المبنية على المثانة والتي تتضمن مستويين رئيسيين للتقييم هما التقييم الأولي والتفصيلي حيث يتضمن التقييم الأولي تقييم واسع لحالة المنشأ الفيزيائية، قوة التحمل، السلامة الإنسانية ويتم التطرق للتقييم التفصيلي عندما تكون نتائج التقييم الأولي غير مقبولة.

كما ويتناول هذا البحث تعريف بمستويات الأداء الإنسانية وغير الإنسانية ومستويات أداء البناء وشرح لمستويات الخطر الزلزالي. وقد تم استعراض بعض العيوب النموذجية والتي تؤدي إلى أداء ضعيف للمنشأ تحت تأثير الزلزال والعمل على تصحيحها وتقليل الخطر الزلزالي ليصل إلى مستوى مقبول وذلك باتباع الاستراتيجيات الملائمة لرفع كفاءة المنشآت.

كما ويتناول البحث اختبار أداء هذه الأبنية زلزاليًا من خلال إجراء التحليل статики الالحظي وذلك بتعريف حالة دفع جانبي بالاتجاه المدروس تبدأ بعد انتهاء التحميل بالحمولات الشاقولية وبعدها يتم إجراء تحليل الدفع الجانبي للحصول على منحنى الاستطاعة ومنه نقطة الأداء بتقطاع طيف الاستطاعة مع طيف الطلب المخفي لمعرفة مستوى الأداء الذي يقع فيه أداء المبني.

وقد تم في هذا البحث تطبيق معايير التقييم على أبنية واقعية لبيان حاجتها لرفع كفاءة أو لا وفي حال حاجتها اختيار الاستراتيجية الملائمة لتحسين أدائها الزلزالي وتقليل الخطر الزلزالي ليصل إلى مستوى مقبول.

الفهرس

4	مقدمة
5	الفصل الأول: هدف وخطة البحث
5	1-1- هدف البحث
6	1-2- خطوات البحث
6	1-3- دراسة مرجعية
12	الفصل الثاني: التقييم الزلزالي Seismic Evaluation
12	2-1- مقدمة
12	2-2- عملية التقييم Evaluation Procedure
14	2-2-1- التقييم الأولي Preliminary Evaluation
24	2-2-2- التقييم التفصيلي Detailed Evaluation
26	2-3- التقييم المتمم Supplemental Evaluation
32	الفصل الثالث: أهداف الأداء Performance Objectives
32	3-1- مقدمة
32	3-2- مستويات الأداء
32	3-2-1- مستويات ومجالات الأداء الإنساني Structural Performance Levels
33	3-2-2- مستويات الأداء غير الإنساني Nonstructural Performance Levels
34	3-2-3- مستويات أداء البناء Building Performance Levels
37	3-3-3- مستويات الخطر الزلزالي
38	الفصل الرابع: استراتيجيات رفع الكفاءة Retrofit Strategies
38	4-1- مقدمة
39	4-2- الاستراتيجيات التقنية Technical Strategies
40	4-2-2- تقوية النظام وتقسيمه System Strengthening and Stiffening
42	4-3- تحسين قدرة التشوه Enhancing Deformation Capacity
44	4-4- التخفيف في الطلب الزلزالي Reducing Earthquake Demands
47	4-5- استراتيجيات الإدارة Management Strategies
47	4-5-1- تغيير الإشغال Occupancy Change
48	4-5-2- الهدم Demolition
48	4-5-3- رفع الكفاءة المؤقت Temporary Retrofit
48	4-5-4- رفع الكفاءة على مراحل Phased Retrofit
49	4-5-5- رفع الكفاءة أثناء الإشغال Retrofit During Occupancy

48	6-3-4- رفع الكفاءة لمنشأ تم إخلاؤه Retrofit Of Vacant Building
48	7-3-4- رفع الكفاءة من خارج البناء Exterior Retrofit
48	8-3-4- رفع الكفاءة من داخل البناء Interior Retrofit
49	4- استراتيجيات بديلة لرفع الكفاءة Alternative Retrofit Strategies
49	5- اعتبارات وقيود التصميم Design Constraints and Considerations
49	6- اختيار الاستراتيجية Strategy Selection

الفصل الخامس: طرائق رفع الكفاءة Retrofit Procedures

53	1-5- مقدمة
53	1-1-5- معالجة المخزن المفتوحة واجهته
54	2-1-5- معالجة فواصل التمدد
56	3-1-5- معالجة عدم كفاية الاتصال بين الجدران والأسقف
57	4-1-5- رفع كفاءة المنشآت الخرسانية المسلحة

الفصل السادس: أمثلة عددية تطبيقية

الفصل السابع: النتائج والتوصيات

المراجع ... 139

مقدمة (Introduction)

إن الهدف الأساسي من تقييم الأداء الزلزالي للمنشآت القائمة تقليل الخسائر في الأرواح والأضرار للمبني التي تم إنشاؤها بدون أن تكون لها القدرة على مقاومة الزلزال وذلك من خلال رفع كفاءتها زلزاليًا. وشرح معايير تقييم الأداء الزلزالي والاستراتيجيات المتبعة لرفع الكفاءة زلزاليًا فقد تم البحث في سبعة فصول:

الفصل الأول ويتضمن عرض لأبحاث سابقة لتطوير معايير تقييم الأداء الزلزالي للمنشآت القائمة وتطوير الاستراتيجيات المتبعة لرفع كفاءتها زلزاليًا.

الفصل الثاني ويحتوي تعريف بمستويات تقييم الأداء الزلزالي للمنشآت القائمة، وتحديد كفاية هذه المنشآت لتكون قادرة على مقاومة القوى الزلزالية.

الفصل الثالث ويتناول شرح لمستويات الأداء الإنسانية وغير الإنسانية ومستويات أداء البناء كما ويتضمن شرح لمستويات الخطر الزلزالي.

الفصل الرابع ويقدم نظرة عامة عن العملية المستخدمة لتطوير استراتيجية رفع الكفاءة وكيفية اختيار الاستراتيجية الأكثر ملائمة.

الفصل الخامس حيث يستعرض هذا الفصل بعض العيوب النموذجية التي توجد في المنشآت القائمة والتي تؤدي إلى أداء ضعيف تحت تأثير الزلزال وأكثر طرق رفع الكفاءة شيوعاً.

الفصل السادس ويتضمن تطبيق لمعايير تقييم الأداء الزلزالي واستراتيجيات رفع الكفاءة على مجموعة من الأبنية الواقعية.

الفصل السابع حيث يستعرض هذا الفصل النتائج والتوصيات.

الفصل الأول

هدف وخطة البحث

1-1. هدف البحث

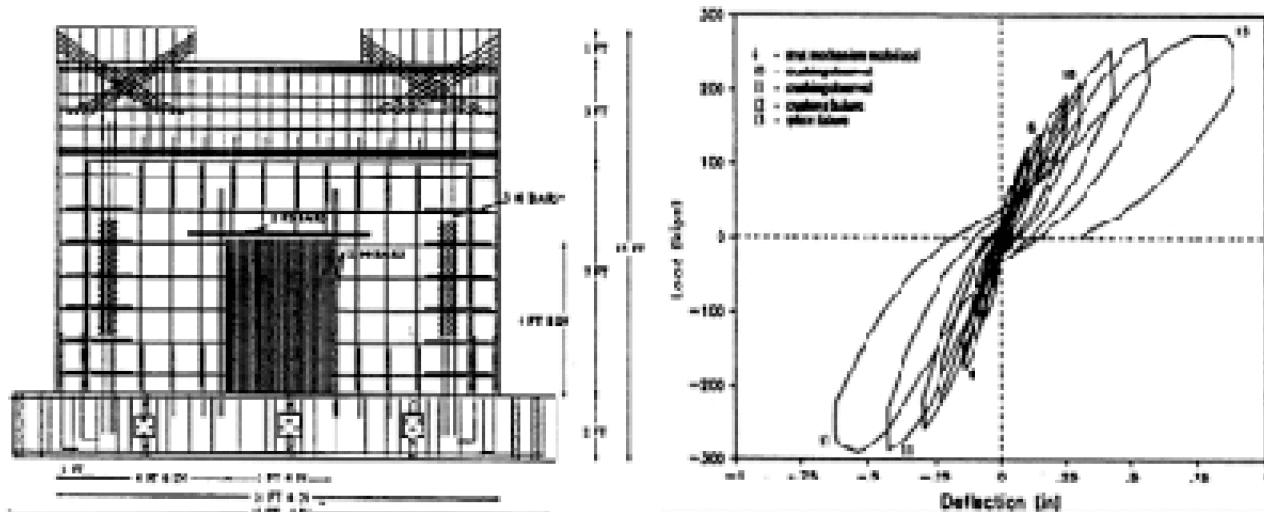
إن الهدف الأساسي من هذا البحث هو تحديد معايير تقييم الأداء الزلالي للمنشآت القائمة، وتحديد مستويات الأداء، والتحقق فيما إذا كان هذا الأداء يتوافق مع مستوى الأداء المطلوب. وتحديد العيوب التي توجد في المنشأ والتي تؤدي إلى الأداء الضعيف للمنشأ تحت تأثير الزلزال والعمل على تصحيحها وتقوية المنشأ ورفع كفاءته من خلال اعتماد استراتيجيات لتحسين الأداء злزالی وتقليل الخطر ليصل إلى مستوى مقبول.

1-2. خطوات البحث

- تحديد معايير تقييم الأداء
Determination of Deficiencies
- تحديد العيوب في المنشأ
Performance Levels
- تعريف مستويات الأداء
Seismic Hazard
- أهداف رفع الكفاءة
Rehabilitation Objectives
- طرائق رفع الكفاءة
Rehabilitation Procedures
- استراتيجيات رفع الكفاءة
Retrofit Strategies
- طرائق التحليل статистيكي اللاخطي
Statistical Nonlinear Analysis
- أمثلة تطبيقية عدديّة
Numerical Examples

3-3- دراسة مرجعية لتقنيات رفع الكفاءة

- قام الباحثون باختبار الجدران المائلة بطابق واحد، الشكل (1-1)، باستخدام أربعة نماذج [1] حيث استخدموها مجازاً واحداً، طابق وحيد، إطارات خرسانية مسلحة تم تصميمها وفق كودات البناء لعام (1950).



الشكل (1-1): الجدار المائل والسجل الزمني لطيف الحمولة - التشوه [1]

أختلفت الجدران الثلاثة الأولى اختلافاً عن بعضها في موقع الفتحات. وأضيف التسلیح الطولي بالقرب من الأعمدة الموجودة لتحسين استمرارية التسلیح في النموذج الرابع. التجارب الثلاثة الأولى عانت من انهيارات هشة. النموذج الرابع حسن القوة والمرنة للإطار.

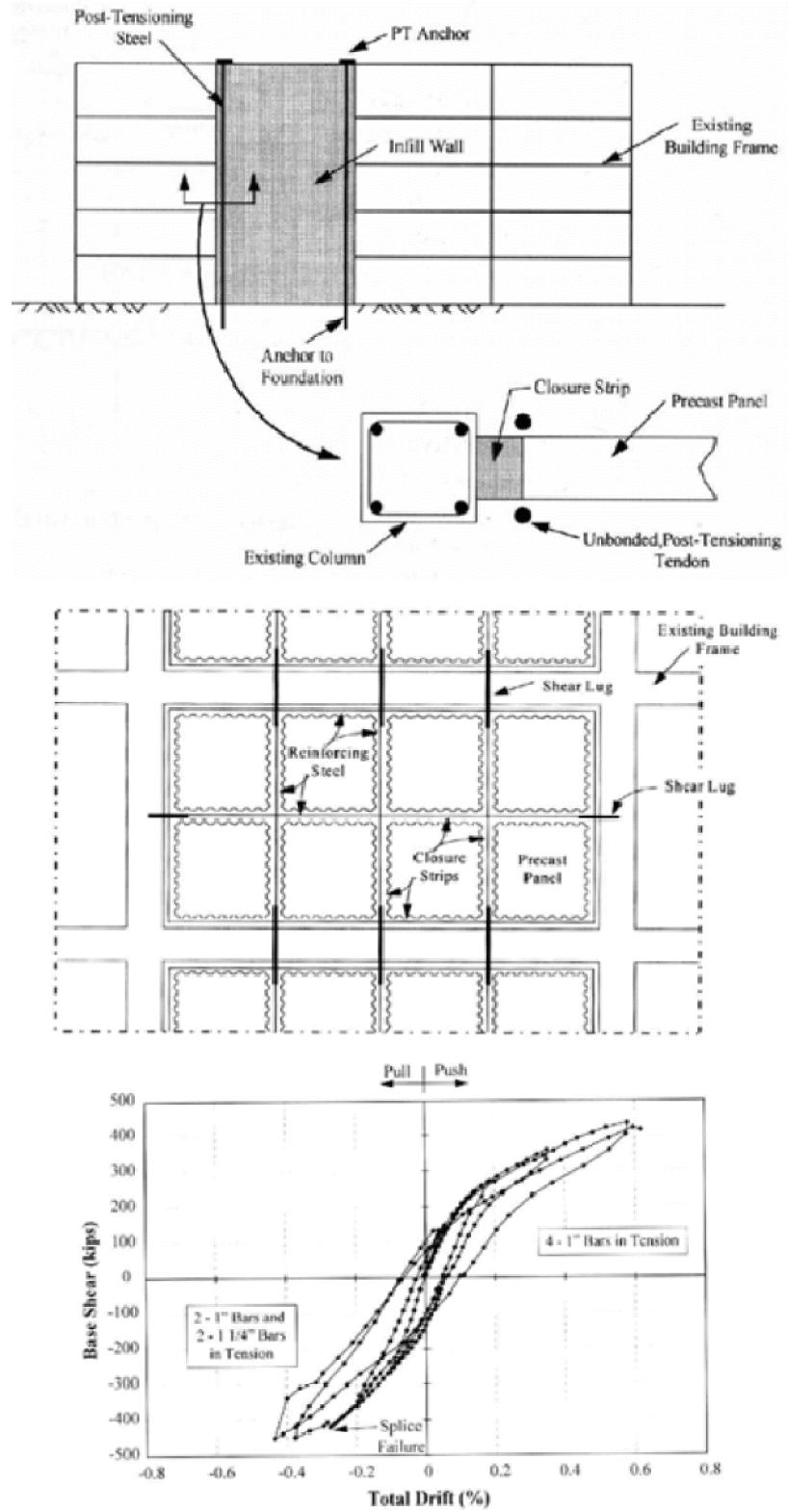
- أكثر الطرق التي شاع استخدامها لتبديد الطاقة في المنشآت تتضمن إضافة مخمدات للإطارات المرتبطة. وأجرى كثيرون من الأبحاث لدراسة طرق تبديد الطاقة [2،[3،[4].

- من بين أكثر طرق التقوية شيوعاً، إضافة عناصر مائلة للأبنية البيتونية المسلحة. وأظهرت الكثير من الأبحاث أن هذه الطريقة تحسن بشكل كبير استطاعة الحمل الجانبي والقساوة الجانبية للمبني [1،[5،[6].

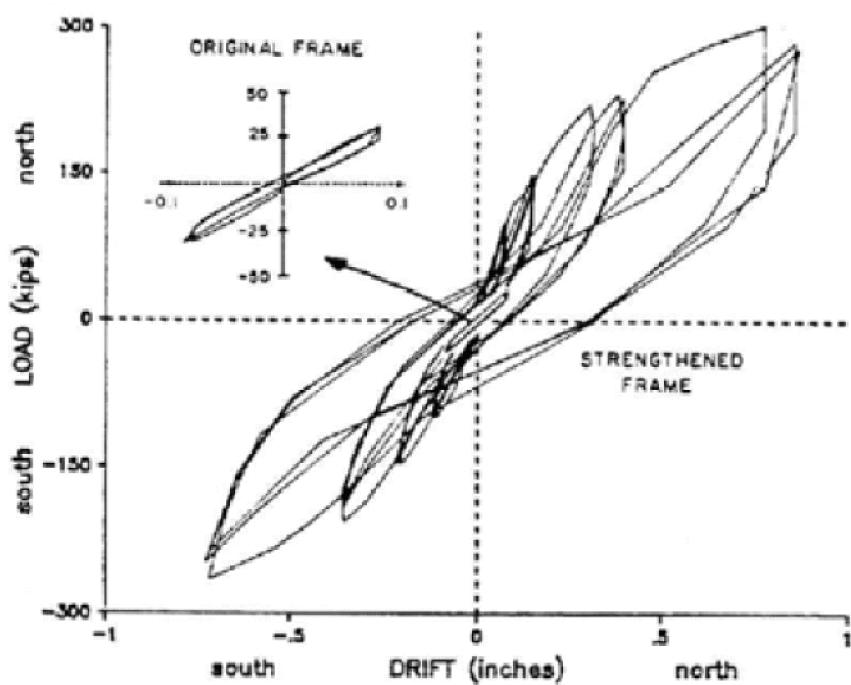
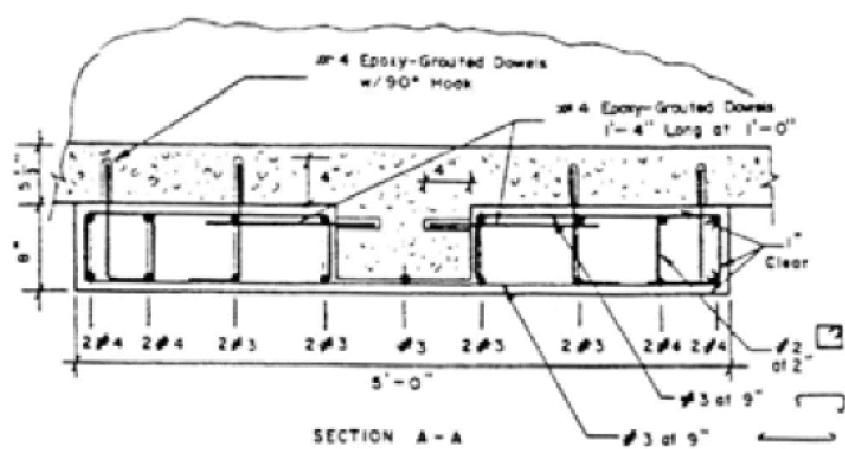
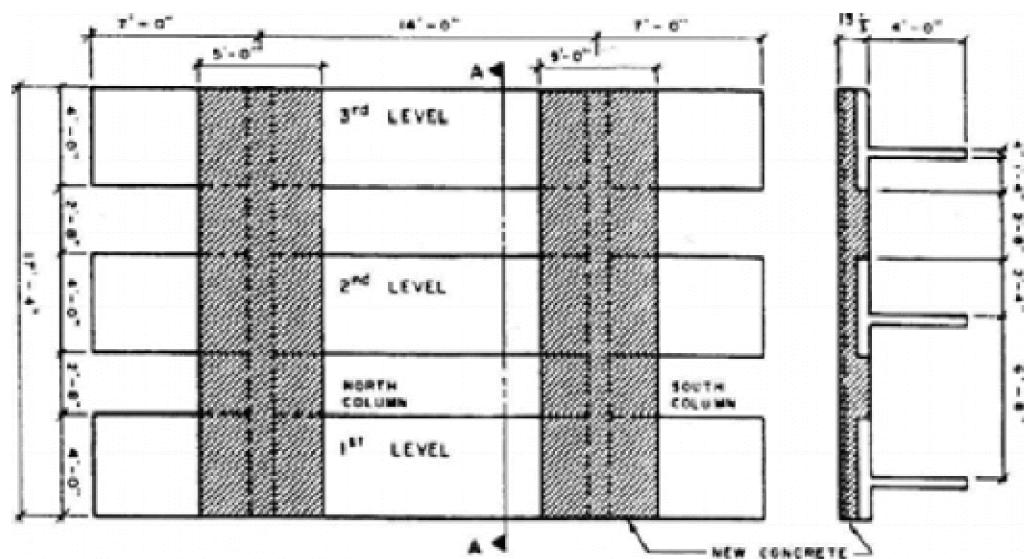
- تم توضيح أداء جدران القص الخرسانية المسلحة والتي تتوضع خارج المبني بشكل موازي لجوانبه واستنتج أن ذلك يؤدي إلى تحسين أكيد للقدرة الزلزالية للمبني [7]. وركز الباحثون بشكل أساسي على الطرق التصميمية المعتمدة للربط ما بين العناصر القديمة والجديدة لتحقيق كودات التصميم.

- اهتم الباحثون باستخدام الجدران ذات الأجنحة، والمرتبطة من الجانبين بأعمدة حيث أظهرت الأنظمة الإنسانية سلوكاً مطاوياً لدى استخدام هذه الجدران [8،[9].

- وضعت في عام 1997 المعايير والاشتراطات الازمة لتخفيض المخاطر الزلزالية على المنشآت القائمة وتحديد أهداف الأداء وتوضيح سلوك المفصل اللدن والحدود المسموحة لدورانه من قبل فريق الـ Applied Technology Council وفريق الـ Federal Emergency Management Agency
- استعراض تقنيات مختلفة لرفع كفاءة المنشآت بهدف الوصول إلى مستوى الأداء المرغوب وهذه التقنيات تتضمن رفع كفاءة المنشأ بشكل عام وذلك بتعديل الجملة الإنسانية بإضافة جدران قص أو تربيط معدني أو كليهما معاً إضافة إلى رفع كفاءة العناصر [12].
- معظم استراتيجيات التقوية تعتمد على أنظمة تقوية شاملة [13] وذلك من خلال تقوية المنشآت من أجل الوصول إلى انتقال جانبي محدد يتلاءم مع المطاوعة المنخفضة. وثمة طريقة أخرى تعتمد إجراء التعديل على العناصر المتضررة بهدف زيادة المطاوعة بحيث لا تصل العناصر المتضررة إلى الحالات الحدية عندما تخضع للأحمال التصميمية [13]. الطريقة الأخيرة ذات كلفة أعلى من الاستراتيجيات الأخرى وأصعب من حيث التنفيذ وذلك في حال وجود عدد من العناصر المتضررة وهذا هو السبب الذي يجعل من طرق التقوية العامة أكثر شيوعاً.
- تم استخدام التربيط المعدني للإطاريات البيتونية المسلحة بهدف تخفيف الانزياح الجانبي. يمكن تنفيذ التربيط داخل الإطار [14] أو إضافته خارج الإطار [8].
- بعد التربيط المعدني مسبق الشد بديل فعال للمبني الإطارية المتضررة [15] والذي يُعَوّض أشكال عدم الانتظام الإنسائي. حيث تم التوصل إلى التربيط على شكل K مع روابط للقص كبديل عن العناصر المائلة الحجرية، والذي يؤدي إلى تحسينات في القدرة على تبديد الطاقة [16،17].
- كما تركزت جهود الباحثين في مجال التقوية على الطرق الجديدة التي تقلل من العرقلة لإشغالات المبني. وتم التوصل لطريقة الملة بالألواح مصبوبة مسبقاً، وقد وجد بأنها حل فعال لتقوية المنشآت القائمة [10،11] على الرغم من أنها تسبب بعض المشاكل المعمارية. وقد تم اختبار هذه الألواح بنجاح على العزم والقص. ويبين الشكلان (2-1)، (3-1) نتائج اختبار القص.



الشكل (2-1): رفع كفاءة جدار مسبق الصب



الشكل (3-1): رفع كفاءة جدار مع أجنحة

- تم تقييم الأداء الزلزالي للمنشآت القائمة من خلال معيار الأداء المستخدم للمبني الحديثة [18].
الهدف الأساسي تقليل الخسائر في الأرواح والأضرار للمبني وتحديد كفاية المنشآت القائمة لكون قادرة على مقاومة القوى الزلزالية.
- تم توضيح الاعتبارات الأساسية لتحسين مقاومة الزلزالية للمنشآت القائمة [19] والتي تتضمن تقييم للمنشأ وفقاً للمعايير المتعلقة بالمتانة والتشوهات، وتحديد العيوب و اختيار التقنية الملائمة لتصحيح العيوب ورفع كفاءة المنشأ ليصل لمستوى الأداء المطلوب .

الفصل الثاني

التقييم الزلزالي

Seismic Evaluation

1-2. مقدمة

يتم تقييم الأداء الزلزالي للمنشآت القائمة من خلال معيار الأداء المستخدم للمبني الحديثة. الهدف الأساسي من التقييم تحديد كفاية المنشآت القائمة لتكون قادرة على مقاومة القوى الزلزالية وتقليل الخسائر في الأرواح والأضرار للمبني التي تم إنشاؤها من دون أن تكون لها القدرة على مقاومة الزلزال. مثل هذه الأبنية، قد تحتوي على هيكل غير ملائم، وقدرة غير كافية، وتفاصيل ضعيفة لذا كان من الضروري المباشرة برفع الكفاءة الزلزالية.

2-2. عملية التقييم

وهي عبارة عن مستويين [18]:

التقييم الأولي A preliminary Evaluation

يتضمن تقييم واسع لحالة المنشأ الفيزيائية، قوّة التحمل، السلامة الإنسانية، وذلك بإتباع حسابات بسيطة للتوصّل إلى تحديد العيوب الكامنة.

التقييم التفصيلي A detailed Evaluation

يطلب التقييم التفصيلي عندما تكون نتائج التقييم الأولي غير مقبولة. حيث يتضمن هذا المستوى من التقييم فحوص عديدة لاستقرار وسلامة المنشآت كل واستقرار وسلامة كل عنصر على حدٍ. يلخص المخطط التالي الخطوات التي يجب إتباعها في عملية التقييم.

التقييم الابتدائي (الأولي)

- زيارة الموقع وجمع البيانات.
- اختبارات متعلقة بالشكل (مسار الأحمال, الشكل الهندسي, الاحتياطي (عدم التقرير), الطابق اللين/الضعيف, الانقطاعات الشاقولية, الكتلة, الفتل, الأبنية المجاورة, الأعمدة القصيرة).
- اختبارات متعلقة بالقوة (المتانة).
 - حساب القص القاعدي
 - التحقق من إجهاد القص في الأعمدة والجدران
 - التحقق من الإجهاد الناظمي (المحوري) في أعمدة إطارات العزوم.

نعم

معيار القبول محقق

لا

التقييم التفصيلي

- التحاليل الديناميكية والستاتيكية المرنة من أجل حساب القص القاعدي
- مقارنة تحمل العناصر مع المتطلبات الزلزالية المتوقعة

التفصيل واختبارات التحمل الإضافية / البديلة والتي تتبع لنوع البناء

مباني بجدران
حجرية غير
مسلحة مع
ديافرامات
مرنة/صلدة

اختبار التشوّه
والتحمّل
للديافرام، تحمل
جدران القص

مباني بإطارات بيتونية
مسلحة مقاومة للعزوم
لا يوجد انهيار على القص
في الأعمدة، أعمدة
قوية/جوائز ضعيفة، أنواع
الجوائز، الوصلات في
الأعمدة، الوصلات في
الجوائز، تفاصيل الأسوار
والتباعد فيما بينها

مباني بجدران
قص بيتونية
سماكية جدران
القص، مقاومة
القلب، تسليح
الجدران
والفتحات ضمن
الجدران

مباني بإطارات
بيتونية مسلحة
مع جدران ملائمة
حجرية
اختبار إجهاد
القص ووصلات
الجدار مع
الديافرامات

نعم

معيار القبول محقق

لا

يوصى بالتنوية

Preliminary Evaluation 1-2-2 التقييم الأولي

1-2-2-1 مقدمة

التقييم الأولي هو إجراء سريع للتقييم الإنشائي للمبنى وتقييم مواصفاته التي يمكن أن تؤثر على ضعفه الزلزالي. وتعتبر طريقة تقريرية جداً تستند إلى معاملات ثابتة لتعريف الخطر الزلزالي الكامن على المنشأ.

2-1-2-2 زيارة الموقع Site Visit

تم زيارة الموقع للتحقق من البيانات المتاحة عن البناء أو لجمع بيانات إضافية، ولتحديد حالة المنشأ وحالة مكوناته ويجب التثبت من المعلومات التالية أو جمعها خلال زيارة الموقع:

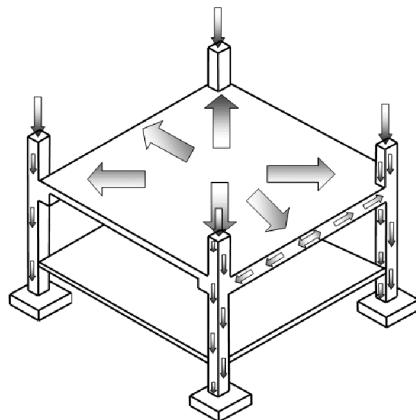
- المعلومات العامة : عدد الطوابق والأبعاد، تاريخ البناء.
- وصف الجملة الإنشائي : الجملة المقاومة لقوى الجانبية والشاقولية، السقف، اتصال ديافرا姆 السقف مع الجدران، القبو ونظام التأسيس.
- نوع المبنى وتصنيف تربة الموقع.
- مجال استخدام المنشأ وطبيعة الإشغال.
- الأبنية المجاورة وما قد ينجم عنها من طرق للأبنية.
- الظروف العامة : فساد المواد، الأضرار الناجمة عن زلزال سابقة، الاستبدالات والإضافات التي يمكن أن تؤثر على الأداء الزلزالي للمنشأ.
- المميزات المعمارية التي يمكن أن تؤثر على الأداء الزلزالي وبالأخص موقع الجدران المائلة الحجرية.
- مخاطر جيولوجية الموقع وحال الأساسات : قابلية التربة للتميع وحالات الانزلاق في المنحدرات.

3-1-2-2- الاختبارات المتعلقة بالشكل الهندسي Configuration-Related Checks

1-3-1-2-2- مسار الأحمال Load Path

واحدة من الصفات الأساسية المطلوبة في الاستجابة الزلزالية الممتازة للمنشأ خلال تعرضه للزلزال هي ارتباط العناصر المقاومة للحمل الجانبي مع بعضها البعض لعمل كأنها كيان واحد من أجل نقل القوى الزلزالية بأمان. يجب أن تستمر الجملة المقاومة للقوى الجانبية والشاقولية من الأساسات حتى أعلى المبنى. حيث يكون مسار القوى الزلزالية في المنشأ على الشكل التالي:

تنتقل هذه القوى كما هو موضح في الشكل (1-2) إلى الديافراملات الأفقية وتقوم الديافراملات بتوزيعها على العناصر المقاومة للقوى الجانبية والشاقولية كجدران القص والإطارات عبر الوصلات الإنسانية، وهذه العناصر الشاقولية تنقل القوى للأساسات، والأساسات تنقل هذه القوى إلى التربة. إن وجود الانقطاع في مسار الحمل يجعل من المنشأ غير قادر على تحمل القوى الزلزالية لذا كان لا بد من تحديد أي فجوات موجودة في مسارات الأحمال ومن ثم اتخاذ التدابير اللازمة لإكمال مسار الأحمال.



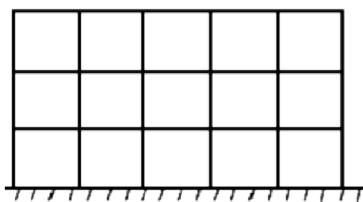
الشكل (1-2): مسار الأحمال [18]

2-3-1-2-2- الاحتياطي (عدم التقرير) Redundancy

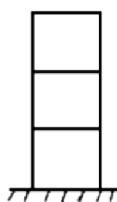
عدد الصفوف من العناصر المقاومة للأحمال الجانبية والشاقولية في كل اتجاه رئيسي يجب أن لا يقل عن اثنين. ويجب أن لا يقل عدد المجازات في كل صف عن اثنين أيضاً. وبشكل مماثل ، عدد الصفوف من جدران القص في كل اتجاه لا يقل عن اثنين.

يساعد الاحتياطي على ضمان وجود عنصر آخر في الجملة الإنسانية المقاومة للقوى الجانبية وذلك في حال فشل أي عنصر في هذه الجملة.

كما أنها تعطي موقع متعددة للتلذن، توزع النشاط الغير مرن ضمن المنشأ، وتحسن المرونة وتبدد الطاقة. المميزات النموذجية للاحتياطي تتضمن صفوف متعددة لمقاومة القوى الجانبية التي تتوزع بشكل منتظم على كامل المنشأ، ومجازات متعددة ضمن كل صف. كما هو موضح في الشكلين (a-2-2) ،(b-2-2).



Redundant



Not redundant



الشكل (a-2-2): الاحتياطي للإطار

المقاوم للعزوم [18]

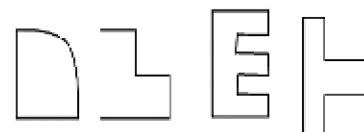
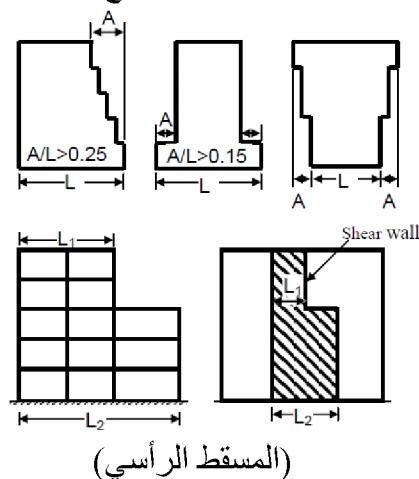
الشكل (b-2-2): الاحتياطي

لجدار القص [18]

3-3-1-2-2-2 الشكل الهندسي Geometry

يجب ألا يكون هناك تغير في الأبعاد الأفقية للجملة المقاومة لقوى الجانبية أكثر من 50% من طابق آخر دون الأخذ بعين الاعتبار للسقفية أو الميزانين.

إن عدم الانتظام الهندسي (الشكل (3-2)) يؤثر على الاستجابة الزلزالية للمنشأ من خلال زيادة متطلبات المرونة في بعض المواقع. كما أنه يشير إلى توزع غير منتظم لكتلة، واستجابة أجزاء من المبني بشكل مستقل عن بقية المبني. وبالتالي يجب أن يكون شكل مسقط المبني متوازن بكل الاتجاهين المتعامدين، وينصح بأن يكون المسقط بسيط ولا يمثل أشكال معقدة مثل H,I,X إلخ. إن عدم الانتظام الهندسي يتعامل هنا مع أبعاد الجملة المقاومة لقوى الجانبية وليس مع أبعاد المبني.



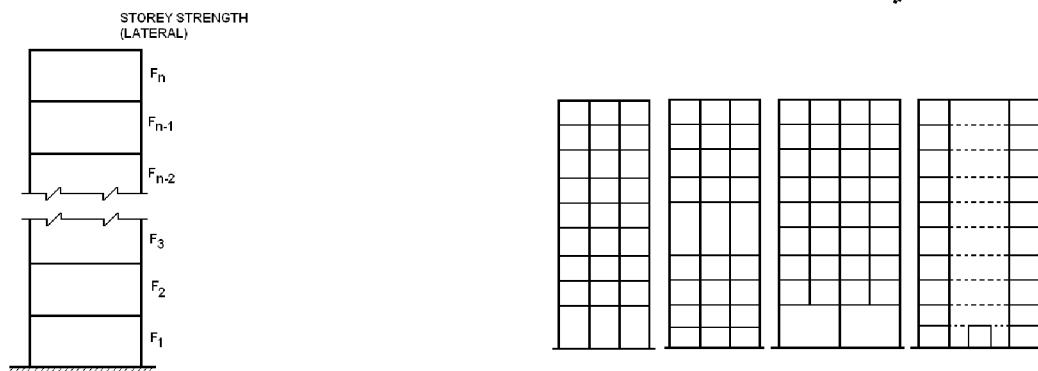
(المسقط الأفقي)

الشكل (3-2): عدم الانتظام في المسقط الأفقي والمسقط الرأسي [18]

4-3-1-2-2 Weak Story

يظهر الطابق الضعيف عندما تكون قدرة التحمل للجملة المقاومة للأحمال الجانبية أقل من 70% من قدرة التحمل لأي طابق مجاور حسب الكود الهندي [IS 1893 (Part 1)] و 80% من قدرة التحمل لأي طابق مجاور حسب الكود الأمريكي [UBC1997]. يمكن أن تظهر الطوابق الضعيفة كما هو موضح في الشكلين (4-2)، (5-2) عندما يكون هناك انقطاع شاقولي أو عندما يتم التخفيف من مقاس العنصر أو تسلیحه. عندها يكون من الضروري حساب التحمل الطابقي للطوابق ومقارنتها مع بعضها البعض. حيث إن وجود الطابق الضعيف يسبب تکثّف في النشاط اللامرن والذي يؤدي إلى انهيار جزئي أو كلي في الطابق.

التحمل الطابقي هو التحمل الكلي للعناصر المقاومة لقوى الجانبية في الطابق المدروس بالاتجاه المدروس أي هو استطاعة (قدرة) القص للأعمدة وجدران القص، أو المركبة الأفقية لاستطاعة التربيط القطري.



الشكل (2-5): تغير القوة الطابقية [18]

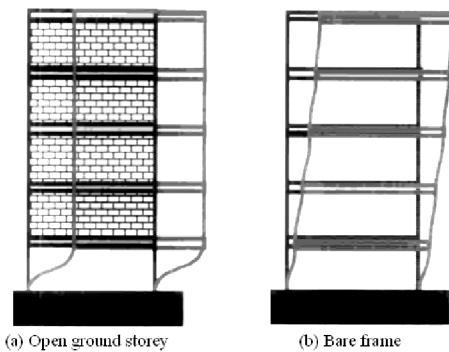
الشكل (4-4): حالات يظهر فيها الطابق الضعيف [18]

5-3-1-2-2 Soft Story

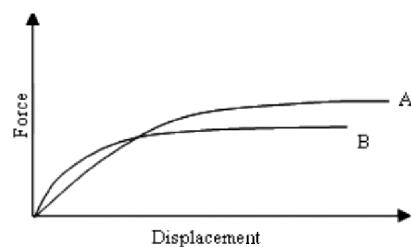
يظهر الطابق اللين عندما تكون قساوة الجملة المقاومة للأحمال الجانبية في أي طابق أقل من 60% قساوة أي طابق مجاور أو أقل من 70% متوسط قساوة الطوابق الثلاثة أعلى حسب الكود الهندي [IS 1893 (Part 1)] أما في الكود الأمريكي [UBC1997] فإن ظهور الطابق اللين مرتبط بكون قساوة الجملة المقاومة للأحمال الجانبية في أي طابق أقل من 70% قساوة أي طابق مجاور أو أقل من 80% متوسط قساوة الطوابق الثلاثة أعلى. حيث يمكن أن تتواجد الطوابق اللينية في الأبنية التي تحتوي على واجهة مفتوحة في الطوابق الأرضية (الشكل (6-2)) أو طوابق أرضية ذات ارتفاعات عالية. أكثر الأمثلة شيوعاً هي الأسواق التجارية، المكاتب، الفنادق إلخ. في مثل هذه الحالات يجب أن تمتلك الأعمدة الطويلة قساوة ومتانة كافية لمقاومةقوى الزلزال. ويجب الاهتمام بشكل خاص بالانتقال ما بين الطوابق.

تعرف الأبنية التي تحتوي على طوابق لينة بأدائها الضعيف أثناء تعرضها للزلزال. وأكبر دليل ما حدث خلال زلزال Bhuj 2001 حيث كانت معظم انهيارات الأبنية بسبب الطابق اللين. هناك تباين كبير ما بين القساوة والمتانة. حيث تمثل القساوة القوة اللازمة لإحداث واحدة الانتقال وتعطى بالميل في العلاقة ما بين الانتقال والقوة. بينما تمثل المتانة أعظم قوة يمكن أن تحملها الجملة.

الطابق اللين يشير إلى القساوة بينما يشير الطابق الضعيف إلى المتانة. غالباً، الطابق اللين هو أيضاً طابق ضعيف. ويمكن للعمود أن يكون مرن لكنه متين وقوى وقد يكون صلب لكنه ضعيف. إن تغيير مقاس العمود قد يؤثر على القساوة والمتانة وكلاهما يجب أخذها بعين الاعتبار. يتم الكشف عن الطابق اللين من خلال مقارنته بالطوابق المجاورة أو من خلال التغير المفاجئ في الانزياح ما بين الطوابق. حيث يمثل الشكل (7-2) مقارنة ما بين منشأين A,B من حيث المتانة والقساوة.



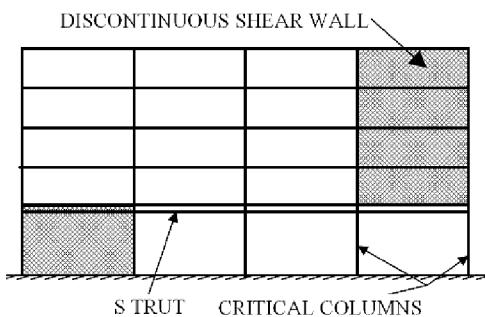
الشكل (2-6): خصوص الطابق اللين لتشوهات قاسية خلال الهزه الزلزالية [18]



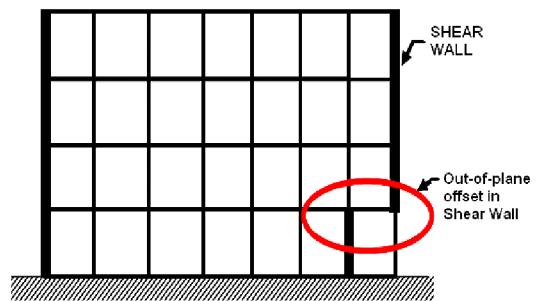
الشكل (2-7): يمتلك المنشأ A متانة أكبر وقساوة أقل مقارنة مع المنشأ B [18]

6-3-1-2-2 الانقطاعات الشاقولية Vertical Discontinuities

إن جميع العناصر الشاقولية في الجملة المقاومة للأحمال الجانبية يجب أن تكون مستمرة من ذروة المبنى وحتى الأساس. أكثر الأمثلة شيوعاً هو الانقطاع في جدار القص أو الإطار المربط. في مثل هذه الحالة، يمكن أن ينتقل القص في هذا المستوى عبر الديافراغ لعناصر أخرى مقاومة أسفله. يتم انتقال القوى إما عن طريق عقدة أفقية في حال كانت العناصر في نفس المستوى أو عن طريق ديافراط اتصال في حال كانت العناصر في مستويات مختلفة كما هو موضح في الشكلين (9-2)، (8-2).



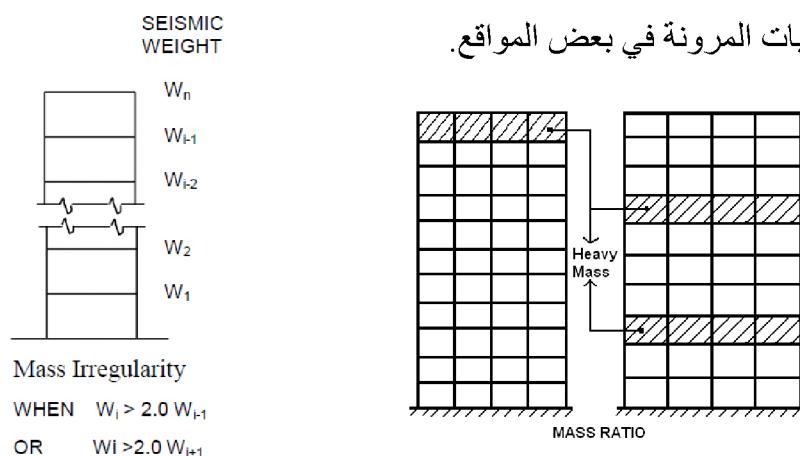
الشكل (9-2): عدم استمرار جدار القص [20]



الشكل (8-2): عدم انتظام شاقولي [20]

7-3-1-2-2 الكتلة Mass

يعتبر عدم الانتظام في الكتلة موجوداً عندما تكون الكتلة الفعالة لأي طابق أكبر من 100% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور حسب الكود الهندي [IS 1893 (Part 1)] و أكبر من 150% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور حسب الكود الأمريكي [UBC1997]. الأسقف الخفيفة مثل الميزانين أو السقيفة لا تؤخذ بالاعتبار. إن عدم انتظام الكتلة هو عبارة عن وجود كتلة ثقيلة في طابق أو عندما يكون طابق أقل من طابق آخر (الشكل (10-2)), مثلاً، وجود آلات ثقيلة أو مسبح في طابق متوسط في المبنى. إن حالات عدم انتظام في الكتلة تؤثر على الاستجابة الديناميكية للمبنى من خلال زيادة متطلبات المرونة في بعض المواقع.

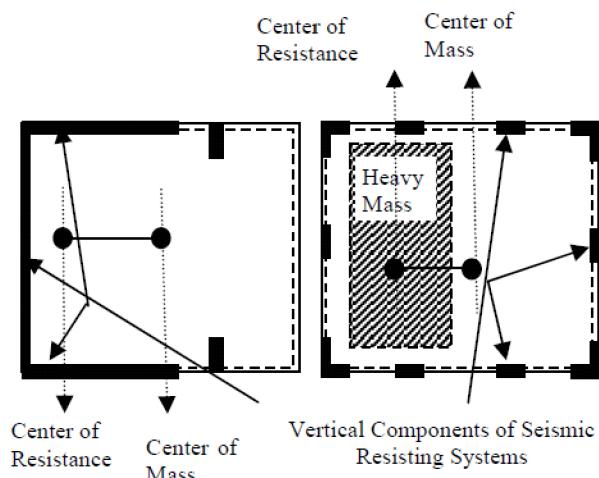


الشكل (10-2): عدم انتظام الكتلة [20]

Torsion-8-3-1-2-2

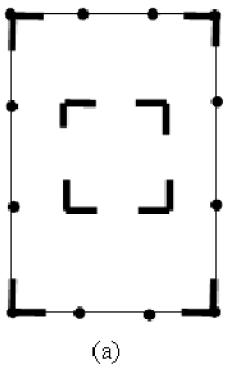
يضاف عزم فتل طارئ إلى عزم الفتل الذي يتعرض له البناء وذلك بسبب عدم التأكيد من توزيع كتلة وصلابة البناء. ويتم ذلك بإضافة عزم فتل عند كل طابق مساوي للفوقة الزلزالية المطبقة مضروبة بلا مركزية طارئة تساوي 5% من بعد البناء المتعامد مع منحى القوة. [UBC1997]. يؤخذ عدم انتظام الفتل (الشكل (11-2)) بالحساب عندما تكون الديافراتمات غير لينة. وبعد عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الانزياحات العظمى للطابق، محسوبة بعدأخذ اللي (الفتل) الطارئ، عند نهاية واحدة للمنشأة وبشكل مستعرض (متعامد) مع محور ما، تزيد على (1.2) مرّة متوسط الإزاحة (فرق الانتقال) لنهايتي الطابق في المنشأة.

يجب أن تبقى اللامركزية في حدودها الدنيا من أجل التقليل من آثار الفتل. الأثر الأسوأ للفتل يكون على الأعمدة التي تحمل الديافرام. حيث تجبر على الانزياح جانبياً مع الديافرام مما يحرّض ظهور عزوم إضافية ($P-\Delta$).

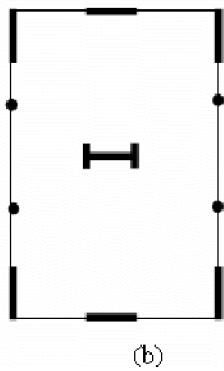


الشكل (11-2): عدم انتظام الفتلي [18]

حيث يمثل الشكل (12-2) توزع غير مفضّل لجدران القص أو الإطارات المرتبطة بينما يمثل الشكل (13-2) توزع مفضّل لجدران القص أو الإطارات المرتبطة.

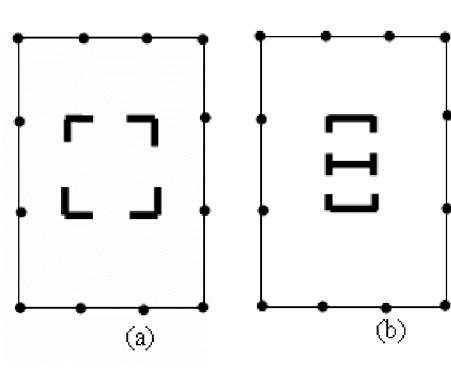


(a)



(b)

الشكل (2-13): توزع مفضل لجداران القص أو الإطارات المرتبطة حيث تشير الخطوط التخينة إلى جدران القص أو الإطارات المرتبطة [18]



(a)

(b)

الشكل (2-12): توزع غير مفضل لجداران القص أو الإطارات المرتبطة حيث تشير الخطوط التخينة إلى جدران القص أو الإطارات المرتبطة [18]

2-2-1-3-9. الأبنية المجاورة Adjacent Buildings

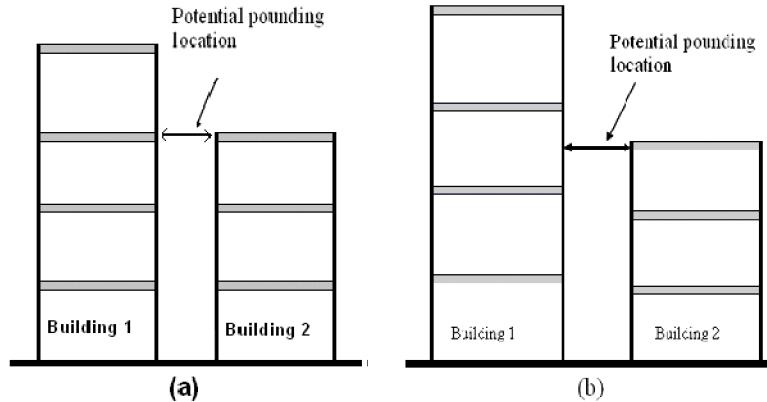
يجب أن تكون المسافة الصافية ما بين المبني والأبنية المجاورة أكبر من 4% ارتفاع المبني الأقصر حسب الكود الهندي [IS 1893 (Part 1)]. يستثنى من ذلك الأبنية ذات الارتفاعات المتساوية والتي يجب أن تكون المسافة الصافية بينها وفقاً للكود الأمريكي [UBC1997] أكبر من

$$\Delta_m = \sqrt{\Delta_{m1}^2 + \Delta_{m2}^2}$$

تتوسط الأبنية عادة قرب بعضها البعض لاستغلال كامل مساحة الأرض. خلال الهزه الأرضية اثنان من هذه الأبنية قد تضرب بعضها بسبب الانتقالات الجانبية. وهذا ما يعرف بظاهرة الطرق. حيث يؤثر طرق الأبنية على الاستجابة الديناميكية لكلا المبنيين ويحرّض فيهما أحمال عطالية إضافية.

الأبنية ذات الارتفاعات المتساوية والطوابق المتواقة (الشكل (2-14-a)) سيكون لها نفس السلوك وستتحصر أضرار الطرق بالمكونات غير الإنسانية للمبني.

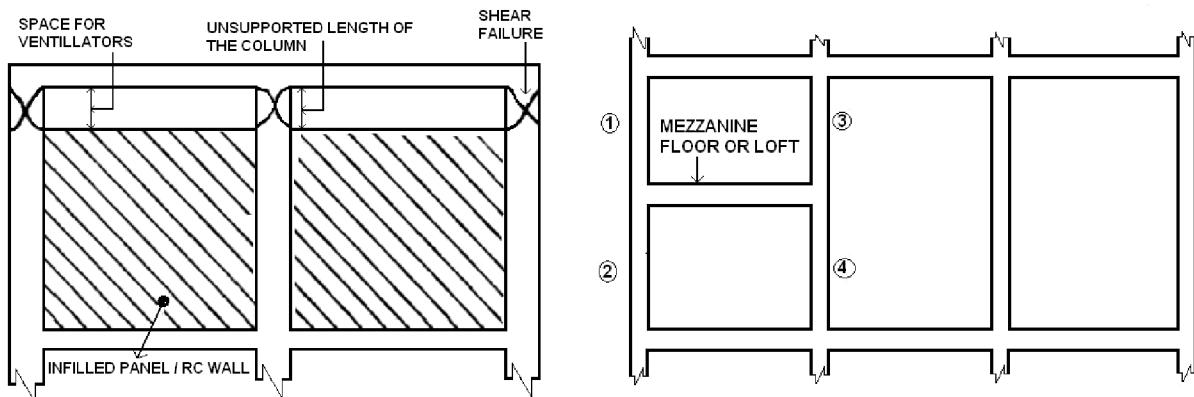
يكون خطر الطرق أكبر بكثير فيما إذا كانت مستويات الطوابق في المبني الأول لا تتوافق مع مستويات طوابق المبني الآخر (الشكل (2-14-b)). في هذه الحالة، خلال الهزه، الأسفف في المبني الأول ستضرب في منتصف الارتفاع للأعمدة في المبني الآخر مسببة لها الضرر ومن الممكن أن يؤدي ذلك إلى الانهيار. في حالة الأبنية بارتفاعات مختلفة ، الأبنية الأقصر قد تصبح داعمة للأبنية الأطول، مسببة انقطاع كبير في القساوة يغير من الاستجابة الديناميكية. بينما يعطي الطرق قوى إضافية على الأبنية القصيرة.



الشكل (14-2): إن الطرق في الحالة (b) يحدث ضرر أكبر بكثير [18]

10-3-1-2-2 Short Columns الأعمدة القصيرة

يجب ألا يقل ارتفاع العمود عن 50% من الارتفاع الإسمى للأعمدة النموذجية في ذلك الطابق. تكون الأعمدة القصيرة أقسى نسبياً من الأعمدة الأخرى في الطابق (الشكل (2-15)) وبالتالي تجذب قوى زلزالية أكبر بسبب قساوتها الأعلى نسبياً مقارنة مع الأعمدة الأخرى. وبالتالي قد تعاني من انهيار القص اللامرن والذي يؤدي إلى انهيار جزئي للمنشأ.



الشكل (15-2): (1)،(2)،(3)،(4) هي أعمدة قاسية نسبياً تجذب قوى زلزالية ضخمة [18]

10-2-2-2 Strength-Related Checks الاختبارات المتعلقة بالمتانة

1-4-1-2-2-2 Shear Stress in RC Frame Columns إجهاد القص في أعمدة الإطار البeton المسلح

إجهاد القص الوسطي في الأعمدة البetonية، τ_{col} ، المحسوب وفق المعادلة (1-2) يجب أن يكون أقل من:

$$0.4 \text{ Mpa} -$$

$$0.1\sqrt{f_{ck}} \text{ Mpa} - \text{ حيث } f_{ck} \text{ المقاومة المكعبية لخرسانة و تؤخذ بالـ}$$

$$\tau_{col} = \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right) \quad (1-2)$$

حيث:

n_c : العدد الكلي للأعمدة المقاومة للأحمال الجانبية

n_f : العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل

V_j : القص الطابقي عند المنسوب j

A_c : مجموع المساحة الكلية للمقاطع العرضية للأعمدة.

إن التعبير $\left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right)$ يعتمد على أن قوة القص الناتجة عن الأعمدة في نهاية الإطار البيتوبي المسلح تحمل عملياً نصف ما تحمله الأعمدة الداخلية.

Shear Stress in Shear Walls

متوسط إجهاد القص في جدران القص البيتوبي، τ_{wall} ، يتم حسابها وفق المعادلة التالية:

$$\tau_{wall} = \left(\frac{V_j}{A_w} \right) \quad (2-2)$$

حيث:

V_j : القص الطابقي عند المنسوب j

A_w : المساحة الكلية لجدران القص باتجاه التحميل

من أجل جدران القص البيتوبي، τ_{wall} يجب أن تكون أقل من 0.4 MPa .

Axial Stress in Moment Frames

إجهاد الضغط المحوري الأعظمي في أعمدة الإطارات العزمية عند القاعدة والناتج عن القوى

القالبة فقط (F_0) والتي تحسب وفق العلاقة (3-2) يجب أن يكون أقل من $0.25 f_{ck}$

$$F_0 = \frac{2}{3} \left(\frac{V_B}{n_f} \right) \left(\frac{H}{L} \right) \quad (3-2)$$

حيث:

n_f : العدد الكلي للإطارات في اتجاه التحميل

V_B : القص القاعدي

H : الارتفاع الكلي للمبني

L : طول المبني

إن العامل $(\frac{2}{3})$ في المعادلة السابقة ناتج من اعتبار أن القوى الطابقية الناتجة من الزلازل تتوزع

بشكل مثلثي على كامل ارتفاع المبني.

Acceptability Criteria 2-1-5- معيار القبول

تضمن الاختبارات المتعلقة بالشكل وجود مسار محكم لانتقال الأحمال الجانبية، وتعريف الظروف والمميزات الإنسانية التي يمكن أن تظهر كنتيجة للأداء الضعيف للمنشآت بفعل تعرضها لزلازل سابقة. الاختبارات المتعلقة بالمتانة ضرورية لضمان الكفاية الإنسانية للعناصر التي ستنتقل القوى الزلزالية من المنشآت إلى الأرض.

2-2- التقييم التفصيلي [18] Detailed Evaluation

يوصى أن يخضع المبني إلى التقييم التفصيلي كما تم وصفه سابقاً في حال طابت ظروفه أحد الظروف التالية:

- فشل المبني في الامتثال إلى متطلبات التقييم الابتدائي
- في حال كان المبني من البيتون المسلح مؤلف من ستة طوابق أو أكثر وفي حال كان المبني من جدران غير مسلحة مؤلف من ثلاثة طوابق أو أكثر.
- مبني واقعة فوق ترب قابلة للتدينّع أو واقعة قرب (أقل من 12كم) فوالت نشطة وأساسات تقصصها الكفاءة.
- مبني مع وصلات تقصصها الكفاءة ما بين العناصر الإنسانية الرئيسية، كأن يكون هناك ضعف في التصميم أو ضعف في العقد الإنسانية للعناصر مسبقة الصنع.

يكون التقييم التفصيلي إجباري في حال المبني الهامة وتلك الأبنية التي تكون ترب تأسيسها مشكوك فيها أو مشكوك بأساساتها أو بنظمتها الإنسانية.

2-2-1- حاله مكونات المبني Condition of the Building Components

يجب تحرّي المبني من أجل البحث عن وجود بعض العيوب الشائعة.

- تدهور البeton Deterioration of Concrete

إن تدهور البeton يسمح ب penetration الماء بسهولة ضمنه مسبباً التآكل في قضبان التسلیح وبالتالي انخفاض شديد في المقطع العرضي للقضيب. كما أنه يمكن أن يظهر على شكل تكسير في البeton مما يؤدي إلى نقصان في مساحة السطح المتاح للربط ما بين البeton والحديد.

- التشققات في الأعمدة المحيطة Cracks in Boundary Columns

يجب ألا تحتوي الأعمدة البetonية على تشققات أكبر من (3mm). إن الانتقالات الكبيرة أو التكسر في البeton يؤدي إلى تشكيل تشققات كبيرة وبالتالي انخفاض في متانة المركبات الإنسانية. إن عرض الشق يؤخذ كعلامة أو دليل على مستوى الضرر في المركبات.

التشققات الصغيرة في المركبات يكون لها تأثير ضئيل على المتانة لكن إن كانت كبيرة كافية تصبح ذات أهمية ويجبأخذها بالاعتبار.

2-2-2- حاله مواد البناء Condition of the Building materials

إن تقييم المتانة للمواد يتم من خلال القيام باختبار في الموقع وتحاليل مخبريه لعينات مأخوذة من المبني. الاختبارات الحقلية عادة هي اختبارات دلالية ولذلك يجب أن تتحق باختبارات مناسبة من أجل التوصل إلى نتائج كمية دقيقة.

هناك عدة خطوات رئيسية لإتمام عملية التقييم وهي:

- الطلب والاستطاعة المحتملين للقص والانعطاف

Probable Flexure and Shear Demand and Capacity

يجب أن يتم تقدير الانعطاف والقص المحتملين في المقاطع الحرجة في العقد والعناصر الشاقولية المقاومة للأحمال الجانبية. هذه الحسابات يجب أن تتم تأديتها كما هو مذكور في الكودات الخاصة.

- القص القاعدي التصميمي Design Base Shear

يتم حساب القوى الجانبية الكلية (القص القاعدي التصميمي).

- Analysis Procedure

القيام بالتحليل статистический الخطي المكافئ أو التحليل الديناميكي للجملة المقاومة لقوى الجانبية من أجل القص القاعدي وتحديد الأفعال في العناصر الحرجة.

- نسبة الطلب على الاستطاعة Demand-Capacity Ratio

يتم تقييم مدى قبول أي مركبة من خلال مقارنة الأفعال الناجمة عن تركيب القوى الزلزالية وقوى التقالة ومقارنتها مع الاستطاعة.

- الانزياح الجانبي ما بين الطوابق Inter-Story Drift

حيث يتم حساب الانزياح الجانبي ما بين الطوابق وتحديد فيما إذا كان مقبول وفق متطلبات الكود.

2-2-3- معايير القبول Acceptability Criteria

يمكن اعتبار المبنى مقبول في حال تحقق الشرطين التاليين مع معيار إضافي من أجل نوع محدد من الأبنية:

- ✓ جميع العناصر الحرجة من العناصر المقاومة لقوى الجانبية تمتلك طاقة تحمل أكبر من الأفعال المطبقة إضافة إلى كون الانزياح الجانبي مقبولاً.
- ✓ يجب أن يضمن المهندس أن الانهيار في العناصر لا يؤدي إلى خسارة في الاستقرار والذي يتم ضبطه من خلال التحاليل اللاخطية مثل تحاليل الدفع الخطي، والذي ينفذ بالاعتماد على حمولة الانهيار. إذ إن عملية التقييم التي تم وصفها سابقاً هي عبارة عن فحص للمثانة ولا تتطرق إلى قضايا المرونة وتبييد الطاقة والتي تعتبر السبب في استمرار الأبنية بالعمل بعد عدة زلازل عنيفة. حيث من خلال القيام بتحاليل الدفع الجانبي نحصل على منحنى الاستطاعة وهو عبارة عن منحنى بدلالة انتقال السطح والقص القاعدي. حيث مع تزايد الحمل تظهر أنماط الانهيار.

2-2-3- التقييم المتمم Supplemental Evaluation

بالإضافة إلى التقييم العام للمنشآت التي تواجه مشاكل بالمثانة فقط، يجب أن تؤخذ معايير أخرى بالاعتبار والتي تتعلق بالمرونة وتفاصيل المركبات الإنسانية.

هذه المعايير تتعلق ببعض الميزات الخاصة التي تؤثر على الحمل الجانبي والذي يكون خاص لكل نوع من أنواع البناء.

2-2-3-1- منشآت إطارية بيتونية مسلحة مقاومة للعزم Moment Resisting RC Frame Buildings

يجب أن يتم تحقيق المعايير التكميلية التالية:

- لا يحدث أية انهيارات على القص No Shear Failures

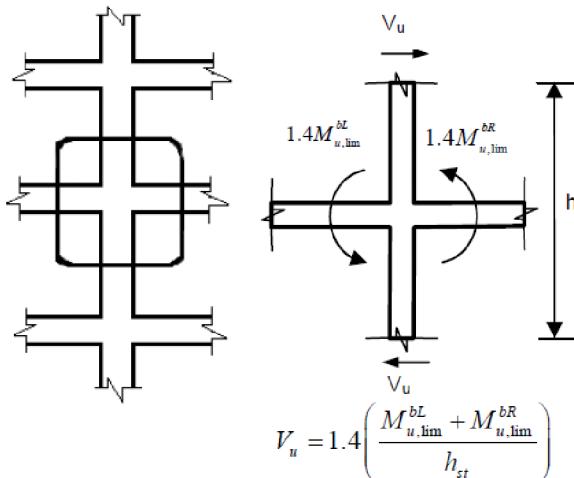
إن الانهيار على القص هو انهيار هش أما الانهيار على الانعطاف فهو انهيار لدن. لذا فإنه يتم تصميم الأعمدة بحيث لا تصل إلى استطاعة القص قبل استطاعة الانحناء وإلا يحدث فشل مفاجئ غير لدن يؤدي إلى الانهيار. تتأثر استطاعة القص للأعمدة بالأحمال المحورية المطبقة على الأعمدة لذا يجب أن تستند استطاعة القص إلى أخطر تركيب للأحمال المحورية والقص.

يجب أن تكون قوة القص التصميمية للأعمدة الأكبر ما بين:

- قوة القص المحسوبة بموجب التحاليل الإنسانية والناجمة عن تراكيب الأحمال

- قوة القص الناتجة عن طاقة تحمل الجوانز على الانعطاف والمعطاة بالعلاقة:

$$V_u = 1.4 \left[\frac{Mu_{Lim}^{bl} + Mu_{Lim}^{bR}}{h_{st}} \right] \quad (4-2)$$

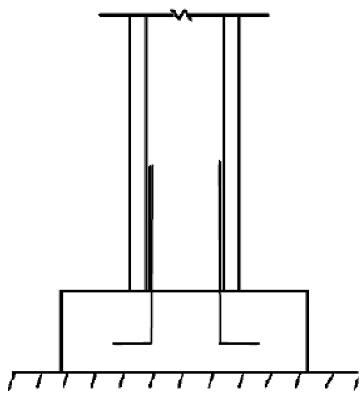


حيث Mu_{Lim}^{bl} و Mu_{Lim}^{bR} هي عزم المقاومة الإسمية، بإشارات مختلفة، للجوانز الداخلية ضمن العمود على (الشكل (16-2)) و h_{st} هو الارتفاع الطابقي. المعامل (1.4) يأخذ بالحسبان أن استطاعة العزم اللدن للمقطع تتحسب عادةً بتقدير إجهاد تسلیح الانحناء ($1.25f_y$) مقابل ($0.87f_y$) في حساب استطاعة الانعطاف.

الشكل (2-16): حساب قوة القص التصميمي للعمود [18]

الأعمدة البetonية Concrete Columns

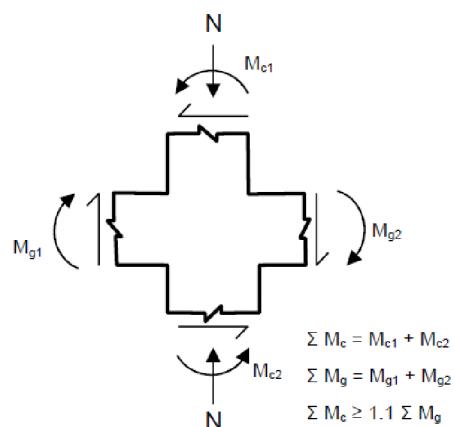
يجب إرساء تسلیح جميع الأعمدة البetonية داخل الأساسات (الشكل (17-2)). عندما يكون العمود البetonي جزءاً مكمل في الجملة المقاومة للأحمال الجانبية ويخضع لأحمال ضغط أو شد إضافية بالإضافة إلى أحمال حية ومتة، يمكن أن يؤدي هذا إلى حالات غير مرغوبه من الارتفاع والانخفاض في استطاعة القص للعمود البetonي.



الشكل (17-2): إرساء العمود إلى داخل الأساس [18]

- العمود القوي/الجائز الضعيف Strong Column/Weak Beam

يجب أن تكون مجموع العزوم المقاومة للأعمدة على الأقل (1.1) مرة من مجموع العزوم المقاومة للجوابئ عند كل عقدة في الإطار حسب الكود الهندي [IS 1893 (Part 1)]. بينما وفقاً للكود الأمريكي [UBC1997]، يجب أن تكون مجموع مقاومة الأعمدة للانعطاف أكبر بـ 20% من مجموع مقاومة الجوابئ الملقبة بنفس العقدة في عناصر الإطارات الخاصة. إن انهيار الأعمدة قبل الجوابئ يؤدي لانتقالات كبيرة والتي تؤدي لعدم الاستقرار لكامل المنشأ. لذا يعتبر الانهيار في الجوابئ مفضل أكثر من الفشل في الأعمدة لذلك، يجب أن تكون استطاعة الأعمدة أكبر من استطاعة الجوابئ مع الأخذ بالاعتبار التقوية التشوهدية للجوابئ.

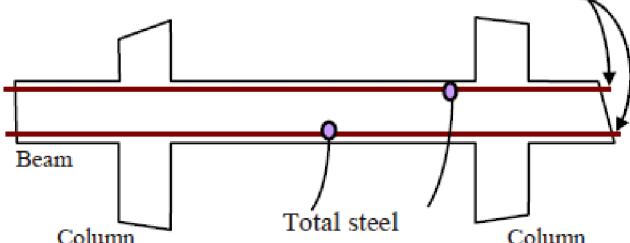


الشكل (18-2): تصوّر العمود القوي- الجائز الضعيف [18]

- تسليح الجائز Beam Bars

على الأقل يجب أن يمتد قضيب تسليح طولي في الأعلى وقضيبين في الأسفل على كامل طول كل جائز في الإطار. على الأقل يجب أن يتوضع (25%) من القضبان الطولية عند العقد سواء العزم الموجب أو السالب وأن

At least 2 bars should go full length of beam



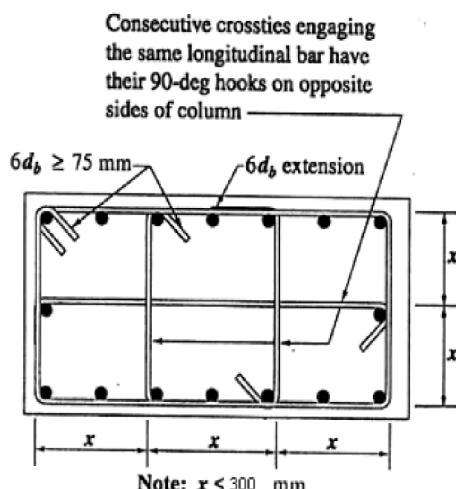
تمتد هذه القضبان على كامل طول العناصر.

خلال الزلزال يمكن للعزم أن تحرك موقع نقاط التغيير بسبب القوى الزلزالية لذا يكون من المرغوب توضع قضيبين طوليين على الأقل في الأعلى والأسفل.

الشكل (2-19): استمرارية قضبان الجائز [18]

- المسافات بين أسوار الأعمدة Column-Tie Spacing

يجب أن لا تزيد المسافة بين مركزي كل فرعين متوازيين للإسوار المستطيلة عن (300mm). كما يمكن أن يتواجد ضمن العمود زوج من الأسوار المتداخلة (الشكل (20-2)).



الشكل (20-2): استمرارية قضبان الجائز [18]

- المسافات بين أسوار الجائز Stirrup Spacing

يجب ألا تتجاوز المسافة بين الأسوار على طول ($2d$) عند كل من نهايتي الجائز القيم التالية:

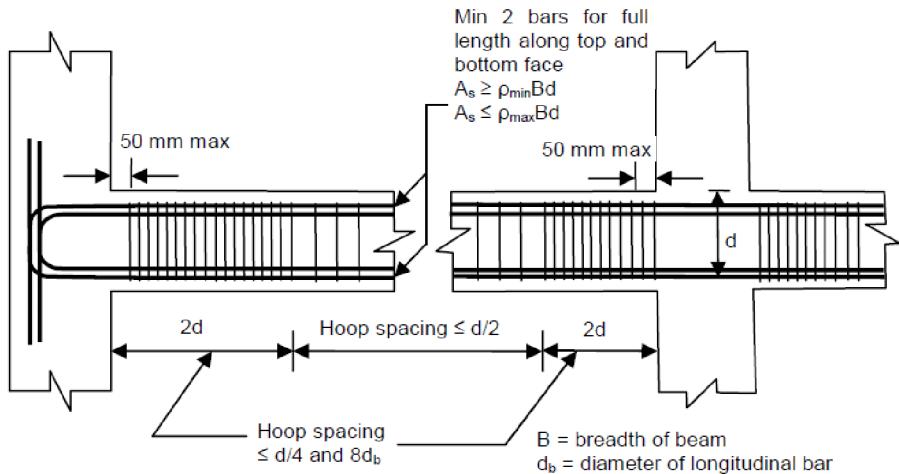
(a) $d/4$ في حالة الجائز المخفي

(b) 8 مرات قطر أصغر قضيب طولي ومع ذلك يجب أن لا تقل عن (100mm).

(c) 24 مرة قطر الإسوار

(d) 300mm

أول إسوارة يجب أن تتوسط على مسافة لا تتجاوز (50mm) من وجه العقدة.
في حالة الجوانز، الأسوار الشاقولية التي تمتلك نفس المسافات التي ذكرت
أعلاه يجب أيضاً أن تتوسط على مسافة تتجاوز $2d$ ضمن الجائز على كل من
جانبي المقطع الذي يحدث عنده العزم اللدن تحت تأثير القوى الزلزالية.



الشكل [21-2] (18): تسلیح الجائز

- عکفات الأسوار [21],[28] Stirrup and Tie Hooks

يفضل إرساء التسلیح الطولي للجوانز ضمن العقد بعکفات (135 درجة). لتكون فعالة وإلا ستتناقص مقاومة القص. عندما تكون العکفات (90 درجة) ومتوضعة ضمن التغطية البيتونية ستسبب تكسر التغطية خلال تشكيل المفاصل الدنة. على الرغم من أن تشوهات القص تظهر بزاوية (45 درجة) بالنسبة لاتجاه الطولي، إلا أن اتجاه قوى القص ينعكس خلال الهرزة الزلزالية عندها فإن الأسوار المائلة المصممة لمقاومة القص في اتجاه واحد تصبح غير فعالة.

يجب استخدام الإسوارة المغلقة دائمًا لأن الأسوار المفتوحة غير فعالة في تطويق البیتون.
العکفات (135 درجة) بقطر 10 وتمتد على مسافة أكبر أو تساوي (75mm) تعطى
إرساء جيد للأسوار.

2-3-2-2- المبني بجدران قص بيتونية Concrete Shear Wall Buildings

إن القوة الجانبية الكبيرة تسبب الضرب لجدار القص في عدة أنماط. حيث يمكن أن ينتج عن عزم القلب تحنيب في الوجه المضغوط من الجدار النحيل أو يظهر شد غير مرن على الوجه المشدود.

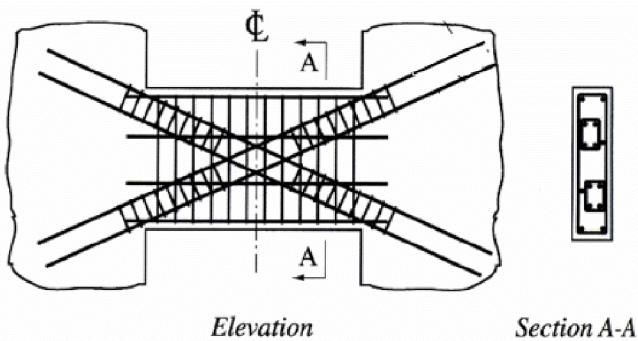
1-2-3-2-2 السماكة [Thickness]

يجب أن لا تقل سماكة أي جزء من جدار القص عن (150mm) لأعلى خمسة أمتار كما ويتم زiatتها بمقدار (50mm) لكل 20 متر من الارتفاعات التالية للخمسة أمتار السابقة.

2-2-3-2-2 القلب [Overturning]

في حال كانت الجدران غير قادرة على مقاومة قوى القلب بشكل مناسب عندها سيظهر انقال عند أعلى الجدار قد يكون أكبر من قيمة الانقال المسموح به يسبب قلب الجدار.

3-2-3-2-2 التسلیح [Reinforcement]



الشكل (2-22): تخطيط التسلیح للجوانز الرابطة [22].

إن نسبة التسلیح الدنيا لجدران القص هي (0.0025) من المساحة الكلية في كل اتجاه وذلك للتسلیح العادي و (0.002) من المساحة الكلية للتسلیح العالی المقاومة أما نسبة التسلیح الشاقولي القصوى فهي (0.025) من المساحة الكلية إن تسلیح الجوانز الرابطة بشكل مناسب يزيد القساوة

الجانبية للمنشأ بشكل كبير كما في الشكل (22-2).

4-2-3-2-2 الفتحات في الجدران [Openings in Walls]

يجب أن لا يزيد طول الفتحات في الجدران عن (75%) من الطول الكلي للجدار.

يجب أن يتم التحقق من قدرة الجدار على مقاومة القص و القلب والتحقق من القدرة على نقل القص ما بين الديافرام والجدار.

إن الجدران التي تحتوي فتحات كبيرة يجب التتحقق من أنها تمتلك طول محدد لمقاومة القوى الزلزالية. هذه الجدران قد تخضع لمشاكل في نقل القص والقلب خلال الزلزال مسببة الضرر لنفسها وللمبني بشكل عام.

الفصل الثالث

أهداف الأداء

Performance Objectives

1-3 - مقدمة

يتضمن هذا الفصل تعريف بمستويات أداء البناء ومستويات الأداء الإنسانية وغير الإنسانية كما ويتضمن تعريف بمستويات الخطر الزلزالي، حيث يصنف أداء البناء كتركيب من أداء العناصر الإنسانية والعناصر غير الإنسانية. وتميز مستويات الأداء الإنسانية بحرف ودالة رقمية (S-1، S-2، ...). وتميز مستويات الأداء غير الإنسانية بحرف ودالة أبجدية (A، B، N-A، N-B، ...). [25]

2-3 - مستويات الأداء

1-2-3 - مستويات ومجالات الأداء الإنساني

Structural Performance Levels and Ranges

يرغب مالكو الأبنية والمنشآت بطيف واسع من متطلبات الأداء الإنسائي ولكن يمكن جمع هذه المتطلبات وتصنيفها بشكل عام في ثلاثة مستويات للأداء وهي :

1-2-1-1 - مستوى الإشغال الفوري (S-1)

يعني هذا المستوى أن كمية محدودة من الأضرار الإنسانية يمكن أن تحدث نتيجة الهزة وأن جملة مقاومة القوى الجانبية بقيت محتفظة تقريباً بمقواومتها وصلابتها على الرغم من ضرورة إصلاح بعض الأضرار التي لا تمنع استعمال البناء بعد الهزة مباشرة.

1-2-1-2 - مستوى أمان الحياة (S-3)

يعني هذا المستوى أن أضراراً إنسانية هامة تحدث للبناء ولكن مع المحافظة على هامش أمان ضد انهيار جزئي أو كلي مع الحد الأدنى من الأضرار البشرية. ومن الممكن إصلاح البناء ولكن لأسباب اقتصادية قد يكون ذلك غير عملي وفي كل الأحوال على الرغم من أن البناء ليس في حالة انهيار حتمي يجب أن لا يستخدم قبل إصلاحه وتدعيمه .

Collapse Prevention Level (S-5)

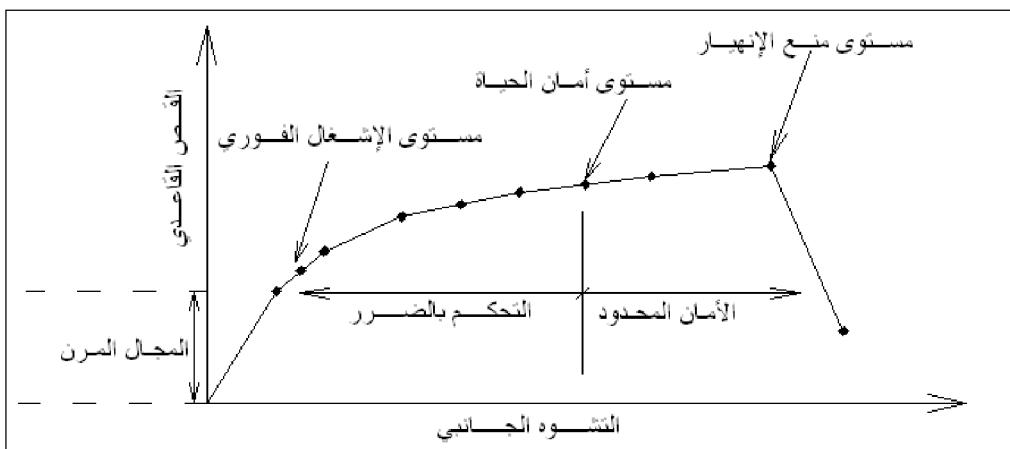
يعني أن البناء على حافة انهيار جزئي أو كلي حيث قد حصل له أضراراً إنسانية هامة مما أدى إلى انخفاض في صلابة ومقاومة جملة مقاومة القوى الجانبية، تشوّهات جانبية دائمة كبيرة، انخفاض في طاقة تحمل القوى الشاقولية ولكن مع استمرار العناصر الرئيسية في تحمل أحمالها.

يوجد مخاطر كبيرة على الأرواح من جراء الركام المتساقط من البناء كما أنه غير قابل للإصلاح وليس آمن لأن أي نشاط بعد الهزّة قد يؤدي إلى انهياره .

وتحصر هذه المستويات الثلاث مجالين بما كما هو موضح في الشكل (1-3) :

✓ مجال السيطرة على الأضرار Damage Control Range (S-3) يقع بين المستويين (S-1) و(S-3) .

✓ مجال الأمان المحدود Limited Safety Range (S-4) ويقع بعد المستوى (S-3) .



الشكل (1-3): مستويات و مجالات الأداء الإنساني [23]

Nonstructural Performance Levels لدينا أربع مستويات للأداء غير الإنساني :

Operational Performance Level (N-A)

عند هذا المستوى من الأداء تبقى المركبات غير الإنسانية سليمة إلى حد ما وقدرة على دعم البناء لأداء وظائفه بعد الهزّة عدا حاجة بعضها للتنظيف وبعض الإصلاح .

Immediate Occupancy Level (N-B)

عند هذا المستوى من الأداء تحدث كمية محدودة من الأضرار غير الإنسانية وتبقى الممرات ونظم تأمين الحياة كالابواب والإدراج والمصاعد..... قادرة على أداء وظائفها بعد الهزّة. وعلى الرغم من حدوث بعض الأضرار الثانوية كتكسر النوافذ من المتوقع أن يبقى القاطنون بأمان في منازلهم.

3-2-2-3- مستوى أمان الحياة (N-C) Life Safety Level (N-C)

تحت عند هذا المستوى من الأداء أضرار هامة ومكلفة للمركبات غير الإنسانية ولكن ليس للحد التي تصبح عنده آلية للسقوط مهددة أمان الأحياء داخل أو خارج البناء، ممرات الخروج من البناء ليست مسدودة بالكامل نظم التهوية والتكييف وإطفاء الحريق معطلة . على الرغم من أن الأضرار البشرية محتملة الحدوث بسبب الأضرار غير الإنسانية إلا أن الأضرار المهددة للحياة قليلة .

3-2-2-4- مستوى مخاطر مخفض (N-D) Hazards Reduced Level (N-D)

عند هذا المستوى تحدث أضرار جسيمة للعناصر غير الإنسانية لكن يمنع سقوط العناصر الكبيرة والثقيلة التي يشكل خطراً على عدد من الناس كما يجب تجنب حدوث أضرار لأعداد كبيرة من الناس .

3-2-2-5- مستوى عدم اعتبار الأداء غير الإنساني (N-E) Nonstructural Performance Not Considered

في بعض الأحيان يتم اتخاذ القرار بإجراء رفع كفاءة المنشأ دون الأخذ بالحسبان العناصر غير الإنسانية ويتخذ مثل هذا القرار عندما تكون هناك رغبة برفع كفاءة العناصر الإنسانية بينما يستمر البناء بأداء وظيفته دون انقطاع حيث يتم تنفيذ كل إجراءات رفع كفاءة العناصر الإنسانية من خارج البناء في حين تنفيذ إجراءات رفع كفاءة العناصر غير الإنسانية يسبب عرقلة كبيرة لوظيفة البناء أو تعطليها .

3-2-3- مستويات أداء البناء Building Performance Levels

يتم تحديد مستويات أداء البناء بتركيب مستويات الأداء الإنسانية وغير الإنسانية وعليه يوجد عدد كبير من هذه التراكيبات يمثل كل منها مستوى من مستوى أداء المنشأ ويرمز له برقم وحرف مثل (C..3-B..1) ويبيّن الجدول (1-3) التراكيب المحتملة وأسماؤها ونبين أكثر هذه المستويات شيوعاً في الشكل (2-3).

الجدول (3-1): مستويات أداء البناء [23]

مستويات أداء البناء							
		مستويات الأداء الإنساني					
مستويات الأداء الغير إنسانية	S-1 مستوى الإشغال الفوري	S-2 مجال السيطرة على الضرر	S-3 مستوى أمان الحياة	S-4 مجال الأمان المحدود	S-5 مستوى الاستقرار الإنساني	S-6 مجال عدم اعتبار الأداء الإنساني	
N-A مستوى التشغيل	1A	2A	غير مفضل	غير مفضل	غير مفضل	غير مفضل	
N-B مستوى الإشغال الفوري	1B	2B	3B	غير مفضل	غير مفضل	غير مفضل	
N-C مستوى أمان الحياة	1C	2C	3C	4C	5C	6C	
N-D مستوى المخاطر المخفض	غير مفضل	2D	3D	4D	5D	6D	
N-E مستوى عدم اعتبار الأداء الغير إنساني	غير مفضل	غير مفضل	3E	4E	5E	غير قابل للتطبيق	

Operational Level (1-A) 3-2-3-1- مسوى التشغيل

وهو تركيب لمستوى الإشغال الفوري مع مستوى التشغيل غير الإنساني حيث يتوقع من الأبنية التي تحقق هذا المستوى أن تتعرض للحد الأدنى من الأضرار (أو لا أضرار) الإنسانية وغير الإنسانية. معظم الأبنية التي تتعرض لمستوى منخفض من الحركات الزلزالية يجب أن تتحقق وتحتاج إلى هذا المستوى من الأداء إلا أنه من غير الاقتصادي أن يتم التصميم لتحقيق هذا المستوى تحت تأثير هزات شديدة إلا في حالة الأبنية التي تحتوي خدمات أساسية.

3-2-3-2-3- مستوى الإشغال الفوري (1-B)

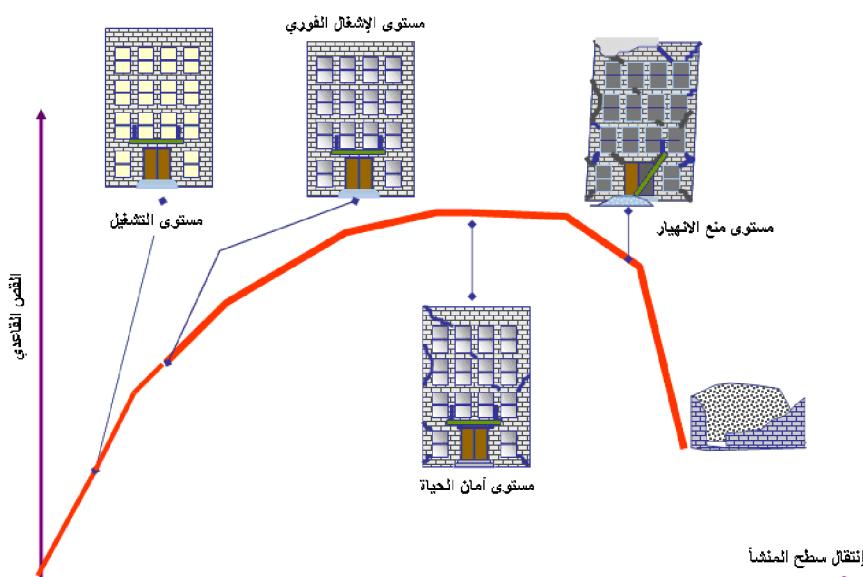
هو تركيب لمستوى الإشغال الفوري الإنساني وغير الإنساني حيث يتوقع من الأبنية التي تحقق هذا المستوى أن تتعرض للحد الأدنى من الأضرار (أو لا أضرار) إنسانية مع أضرار طفيفة غير إنسانية . على الرغم أنه يعتبر استخدام هذه الأبنية آمناً بعد زلزال كبير ولكن النظم غير الإنسانية قد لا تعمل بسبب عطب بعض التجهيزات .

3-2-3-3- مستوى أمان الحياة (5-C)

هو تركيب لمستوى أمان الحياة الإنساني وغير الإنساني حيث يتوقع أن تتعرض الأبنية التي تحقق هذا المستوى إلى أضرار إنسانية وغير إنسانية كبيرة لكن احتمال المخاطرة في الأرواح منخفض وتحتاج البنية التي تحقق هذا المستوى إلى إصلاح قبل إعادة إشغالها وفي كثير من الأحيان تكون عملية الإصلاح غير اقتصادية .

3-2-3-4- مستوى منع الانهيار (5-E)

يعني هذا المستوى منع انهيار البناء مع عدم الأخذ بالاعتبار الأضرار غير الإنسانية وبالتالي يشكل انهيار العناصر غير الإنسانية خطراً كبيراً على الأرواح ولكن مع عدم حدوث خسائر كبيرة في الأرواح لأن المنشأ نفسه لم ينهار.



الشكل (3-2): أهم مستويات أداء البناء [29]

3-3- مسويات الخطر الزلزالي [24]

نبين فيما يلي خطوط عريضة لتحديد مسويات الخطر الناتجة عن اهتزاز الأرض والتي يمكن تصنيفها في المستويات الثلاث التالية:

3-3-1- هزة الاستثمار (SE)

تعرف هزة الاستثمار بأنها مستوى لاهتزاز الأرض يمكن تجاوزه باحتمال قدره 50% خلال خمسين عاماً. ويكافئ هذا المستوى نصف مستوى اهتزاز الأرض المقابل للهزة التصميمية. وللهزة الاستثمار فترة عودة تساوي 75 عاماً تقريباً.

3-3-2- الهزة التصميمية (DE)

تعرف الهزة التصميمية بأنها مستوى لاهتزاز الأرض يمكن تجاوزه باحتمال قدره 10% خلال خمسين عاماً وللهزة التصميمية فترة عودة تساوي 500 عاماً تقريباً.

3-3-3- الهزة العظمى (ME)

تعرف الهزة العظمى بأنها أعلى مستوى على الإطلاق لاهتزاز الأرض يمكن توقعه للحدوث في موقع البناء بناءً على المعلومات الجيولوجية المعروفة. ويمكن حساب هذا المستوى في المنطقتين الزلزاليتين 3 و 4 على أنه مستوى لاهتزاز الأرض يمكن تجاوزه باحتمال قدره 5% خلال خمسين عاماً ويكافئ هذا المستوى مرة وربع إلى مرتwo ونصف مستوى الهزة التصميمية. وللهزة العظمى فترة عودة قدرها 1000 عاماً تقريباً.

الفصل الرابع

استراتيجيات رفع الكفاءة

Retrofit Strategies

1-4- مقدمة [23]

يقدم هذا الفصل نظرة عامة عن العملية المستخدمة لتطوير استراتيجية رفع الكفاءة، كما ويتضمن وجود استراتيجيات بديلة لرفع الكفاءة، اختيار الاستراتيجية الأكثر ملائمة و ذلك في ضوء القيود، اختيار نظام رفع الكفاءة الملائم و تطوير نظام رفع الكفاءة التمهيدي. قبل تبني استراتيجية محددة، يجب على المهندس بالمشاركة مع المالك تقييم عدد من البديل من أجل الجدوى و قابلية التطبيق.

كما و يجب اختيار الاستراتيجية أو مزيج من الاستراتيجيات التي تعطي الحل العام الأكثر ملائمة، و هذا لا يمكن فعله إلا بعد تقييم الأداء و تحديد أهداف الأداء التي يريدها المالك للمبنى.

إن عملية التقييم الزلزالي و التصميم لرفع الكفاءة تبدأ بتقييم كفاية المبنى لمقاومة القوى الجانبية مع قص قاعدي محدد بشكل نموذجي تؤخذ ضمن مجال من (75%→100%) من القص القاعدي المحدد من كود الأبنية من أجل تصميم الأبنية الجديدة.

العيوب النموذجية التي تحدد في مثل هذا التقييم ستكون الانزياحات النسبية الجانبية لعناصر النظام المقاومة للقوى الجانبية، و التي قد تجاوزت الحدود المسموح بها. استناداً إلى ذلك سيقوم المهندسون بتصميم عناصر مقاومة للقوى الجانبية مثل جدران القص و الهياكل المرتبطة من أجل تقليل الانزياحات النسبية الجانبية لتصل إلى المستويات المقبولة.

الهدف من هذا الفصل تزويد المهندس بطريقة نظامية لتقدير الاستراتيجيات والأنظمة المختلفة التي يمكن أن تكون ملائمة لمشروع رفع الكفاءة الزلزالي. و اختيار الاستراتيجية أو النظام الإنشائي الذي يزود بالحل التصميمي الأفضل. حيث تتعلق الاستراتيجيات بالتعديل و التحكم بالعوامل الأساسية التي تؤثر على الأداء الزلزالي للمنشأ و التي تتضمن قساوة البناء، مقاومته، إمكانية التشوه، القدرة على تبديد الطاقة، الإشغال، و تهتك المحتويات ضمن المنشأ.

4-2- الاستراتيجيات التقنية Technical Strategies

عندما يتعرض المنشأ لهزة أرضية تظهر فيه انتقالات جانبية كما تظهر تشوهات في العناصر.
عند مستويات منخفضة من الاستجابة، وتبقى تشوهات العنصر ضمن المجال المرن (الخطي) ولا يحدث أي ضرر.

عند مستويات عالية من الاستجابة، ستتجاوز تشوهات العنصر المجال المرن وسيتعرض المنشأ للضرر.

من أجل الحصول على أداء زلزالي معتمد يجب أن يمتلك المبنى نظام إنشائي كامل مقاوم للقوى الجانبية قادر على تخفيض الانتقالات الجانبية لتصل إلى مستويات يكون عندها الضرر الذي تحمله عناصر المبنى ضمن المستويات المقبولة لهدف الأداء المطلوب.

العوامل الأساسية التي تؤثر على قدرة الجملة المقاومة للقوى الجانبية تتضمن كثافة المبنى، القساوة، التحامد، التشكيل، القدرة على التشوه لعناصر المبنى.

هناك العديد من الطرق التي يمكن أن تفيد في تأكيد فعالية الاستراتيجيات التقنية لرفع الكفاءة وسنعتمد طريقة طيف الاستطاعة (Capacity Spectrum Method) للتوضيح.

بشكل عام هناك طريقتين لتحسين القدرة الزلزالية للمنشآت القائمة:

- رفع الكفاءة على مستوى المنشأ والذي يتضمن تغيير شامل للنظام الإنشائي والذي يمكن أن يتضمن إضافة جدران إنشائية، تربيط، وعوازل الأساسات.
- رفع الكفاءة على مستوى العنصر والذي يتضمن إضافة البيتون، الحديد، وأغطية (FRP) (Fiber Reinforced Polymer) للأعمدة من أجل التطوير.

4-2-1- إكمال النظام الإنشائي System Completion

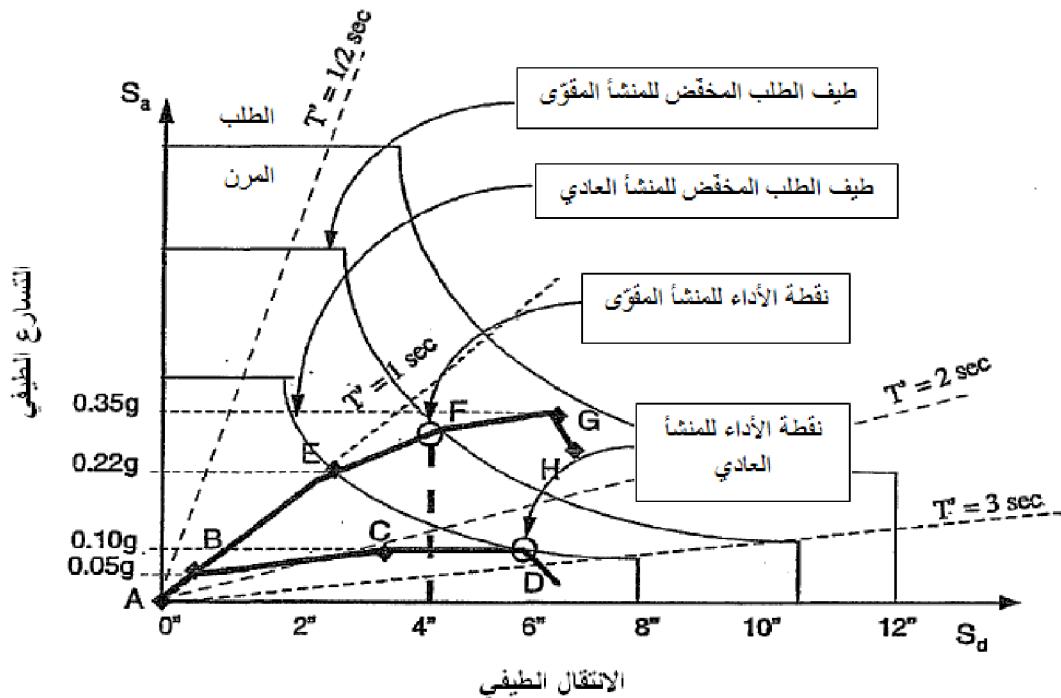
استراتيجيات إكمال النظام قابلة للتطبيق على الأبنية التي تمتلك العناصر الأساسية للنظام الإنشائي المقاوم للقوى الجانبية كالديافرامات و جدران القص أو هيكل.

طيف الاستطاعة لهذا المنشأ سوف يتقاطع مع طيف الطلب في نقطة الأداء المقبولة، ولكن قبل الوصول إلى تلك النقطة ستحدث بعض الانهيارات المحلية التي يمكن أن تنتج عن نقص إرساء فولاذ التسلیح، أو نقص التربيط لعناصر إنشائية و غير إنشائية.

عادة هذه الاستراتيجية يجب أن تطبق مع استراتيجيات أخرى للحصول على منشأ بأداء زلزالي مرغوب.

4-2-2- تقوية النظام و تقسيمه System Strengthening and Stiffening

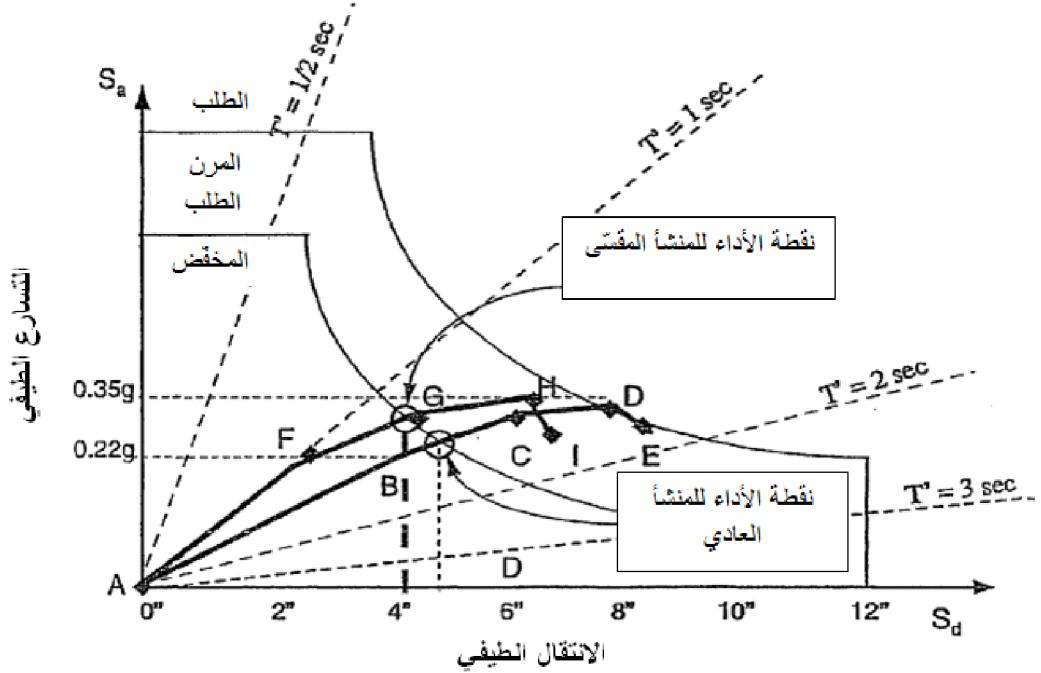
تقوية النظام و تقسيمه هي الاستراتيجيات الشائعة لتحسين الأداء الزلالي لمنشآت ذات أنظمة غير كافية لمقاومة القوى الجانبية.



الشكل (1-4) أثر نظام التقوية على الأداء [23]

كما يوضح الشكل (1-4) المنحني A-B-C-D يظهر الأداء لمنشأ غير مقوٍ. يمتلك دور ابتدائي مرن يصل إلى (1 sec)، ومقدار التسارع الطيفي عند بداية التلذن يساوي تقربياً ($g/0.05$ in), والتسارع الطيفي الحدي يساوي تقربياً ($0.1 g$), والتشوه الطيفي يساوي تقربياً (6 in). نقطة الأداء لمنشأ غير المقوٍ هي النقطة (D) وهذا يدل على أن المنشأ يصل إلى مستوى الاستقرار الإنساني في الأداء تحت تأثير هذا الزلزال.

المنحني A-B-E-F-G-H هو منحني الاستطاعة الممكن لمنشأ بعد أن تمت تقويته. نلاحظ أن الدور المرن الابتدائي للمنشأ يبقى (1 sec) وهذا يدل على أن المنشأ لم تتم تقويته. الانتقال الطيفي الحدي يبقى بشكل تقربي (6 in) وهذا يدل على أنه لم تحدث أي زيادة في قدرة التشوه. على أية حال، ينتج عن تقوية المبني زيادة في التسارع الطيفي عند بداية التلذن لتصل إلى ($g/0.22$ in)، والتسارع الطيفي الحدي يصل إلى ($0.35 g$). إن هذا المنحني يمتلك نقطة أداء جديدة عند انتقال طيفي قدره (4 in)، والتي ستكون ضمن المتطلبات لمستوى الأداء الإنساني (الاستقرار الإنساني).



الشكل (2-4) أثر نظام التقسيمة على الأداء [23]

كما يوضح الشكل (2-4) المنحني A-B-C-D-E يظهر الأداء لمنشاً غير مقسى. يمتلك دور ابتدائي مرن يصل إلى (1.5 sec), و مقدار التسارع الطيفي عند بداية التلدن يساوي تقربياً (0.22 g), و التسارع الطيفي الحدي يساوي تقربياً (0.35 g).

المنحني I هو منحني الاستطاعة الممكن للمنشاً بعد أن تمت تقسيمه. نلاحظ أن الدور المرن الابتدائي للمنشاً يبقى (1 sec), التسارع الطيفي عند بداية التلدن يبقى (0.22 g), و التسارع الطيفي الحدي يبقى (0.35 g). إن هذا المنحني يمتلك نقطة أداء جديدة عند انتقال طيفي قدره (4 in). الأنظمة النموذجية التي توظف في التقسيمة والتقوية تشمل عناصر شاقولية جديدة تتضمن جدران القص، الهياكل المرتبطة، أو إطارات مقاومة للعزوم.

4-2-2-1- جدران القص Shear Walls

إن إدخال جدران القص في المنشآت البetonية الحالية هو واحد من أكثر الطرق شيوعاً من أجل رفع الكفاءة الزلزالية للمنشاً. و هي طريقة فعالة للغاية من أجل زيادة مقاومة وقساوة المنشآت. عادة يكون نظام جدران القص اقتصادي و يميل لأن يكون قابل للتطبيق في معظم المنشآت البetonية الحالية.

إن إضافة عدد كبير من جدران القص قد يؤدي إلى زيادة كتلة المنشآت وصلابته و بالتالي زيادة القوى الزلزالية. كما أنها تؤدي إلى أثر معماري هام و هو قلة النوافذ، و تميل إلى إنتاج قوى كبيرة عند قواعدها، و التي يمكن أن تتطلب عمل أساسات إضافية و التي تكون عادة مكلفة.

Braced Frames - الإطارات المرتبطة

الإطارات الفولاذية هي طريقة أخرى شائعة لزيادة قوة وقساوة المنشآت الحالية. على الرغم من أنها تؤدي لمستويات أخفض من القوة والقساوة إذا ما قورنت بجدران القص، لكنها تؤدي إلى إضافة كتلة أقل بكثير للمنشأ.

عادة يتم ربط هذه الهياكل الفولاذية مع المنشآت البيتونية بشكل فعال بعناصر مجمعة من أجل تأمين انتقال القوى ما بين المنشآت والإطارات المرتبطة.

3-2-2-4 الإطارات المقاومة للعزم Moment Resistant Frames

يمكن أن تكون نظام فعال لزيادة مقاومة المبنى دون زيادة قساوته. و هي تقريرًا مفتوحة لذا يمكن إضافتها مع أقل تأثير على المساحة الطابقية.

4-2-2-4- تقوية الديافراغم Diaphragm Strengthening

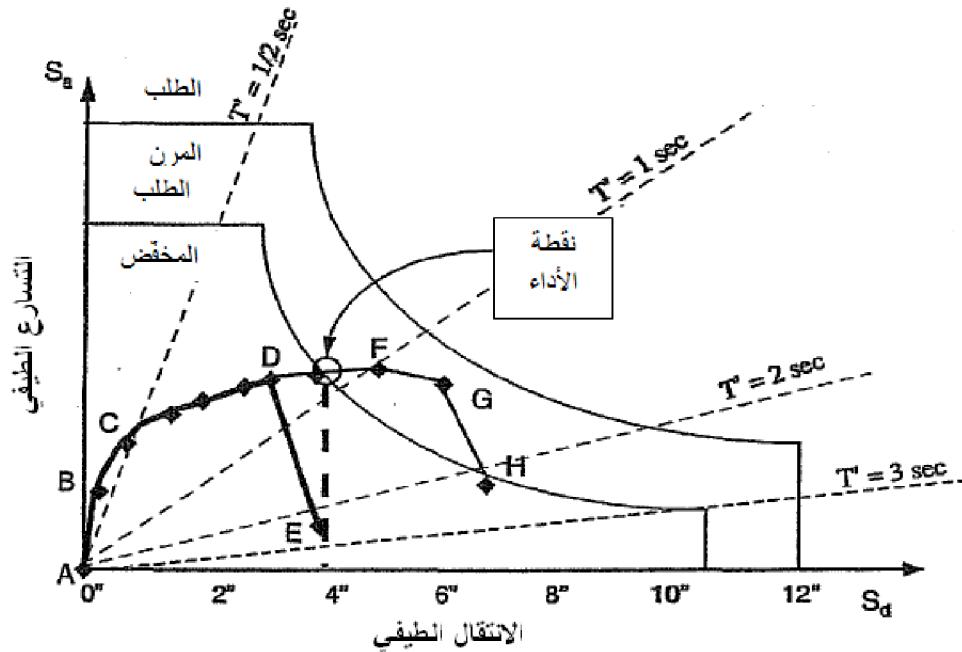
معظم المنشآت البيتوئية تمتلك ديافرامات كافية. تظهر الاستثناءات عند وجود فتحات كبيرة أو عندما تؤدي التعديلات على العناصر الشاقولية للنظام إلى متطلبات عالية محلية.

طرق تدعيم الديافراملات تتضمن الإضافات على البلاطات العلوية، و تتضمن هذه الإضافات صفائح معدنية متوضعة أعلى البلاطات، أو ديافراطات مرتبطة أفقية تتوضع تحت البلاطات البيتونية.

للبنيات المزودة بديافراغات خشبية، يمكن تقوية الديافراغات من خلال زيادة التثبيت الحالي للإكساء، تبديل الإكساء بمواد أقوى، أو تغطية الإكساء الحالي بالخشب المعاكس.

3-2-4- تحسين قدرة التشوه Enhancing Deformation Capacity

يتم التحسين في الأداء الزلزالي للمنشأ من خلال زيادة قدرة العناصر الفردية ضمن المنشأ مقاومة التشوّهات الناتجة عن استجابة المنشأ و التي تعتبر طريقة جديدة لرفع الكفاءة للمنشآت البيتونية.



الشكل (4-4) أثر تحسين التشوّه على الأداء الإنساني [23]

كما هو موضح في الشكل (4-4) المنحني A-B-C-D-E يمثل منحنى الطلب مع منحنى التقطاع. إذا تم تعديل هذا العنصر من خلال رفع قدرة التشوّه لهذا العنصر، عندها يمتد منحنى الاستطاعة ليصل إلى A-B-C-D-F-G أي انتقالات طيفية أكبر، مما يسمح بأن يحدث التقطاع في نقطة الأداء عند مستوى أداء مقبول. هذه الطريقة لها أثر معماري قليل مقارنة بالطرق التي تتضمن تقوية أو تقسيمة تشوّهية. يمكن تحسين قدرة التشوّه من خلال عدة طرق نذكر منها:

4-2-3-1- إضافة التطويق Adding Confinement

يمكن تحسين قدرة تشوّه الأعمدة البetonية اللامرنة بإضافة تطويق خارجي. قد يتضمن هذا التطويق صفائح فولاذية مستمرة أو استخدام الألياف الزجاجية.

يمكن أن تؤمن الأغطية الدائيرية التطويق الضروري وفق أسلوب فعال من أجل تطوير الإجهادات الحلقية بينما تميل الأغطية المستطيلة إلى أن تكون أقل فعالية و تتطلب روابط متقطعة من أجل تطوير القساوة.

Column Strengthening 4-3-2-2- تقوية الأعمدة

العديد من الهياكل البيتونية القديمة تدمج تركيب من الأعمدة الضعيفة والجوانز القوية. مما يجعلها عرضة إلى تطوير ميكانيزمات الطابق الوحيد التي فيها كل متطلبات التشوه اللامن الناتج عن الزلزال الذي يتطور ضمن الطابق الذي تحدث فيه هذه الآلية.

إن تركيز الإزاحة في الطابق الوحيد يؤدي إلى تشوه غير مرن محلي كبير للأعمدة في مستويات منخفضة من الإزاحة الجانبية الكلية للمنشأ. فإذا كان بالإمكان تقوية الأعمدة بحيث تكون الجوانز هي العناصر الأضعف مما يمنع تشكيل ميكانيزمات الطابق ويسمح بحدوث انزيادات نسبية للمنشأ أكبر بكثير.

من الصعب نسبياً تقوية الأعمدة بشكل فعال لمنع تشكيل ميكانيزمات الطابق، لذا كان من الضروري بالإضافة إلى تقوية الأعمدة، تقوية الوصلات ما بين الجوانز والأعمدة للسماح بتطوير عزوم أكبر.

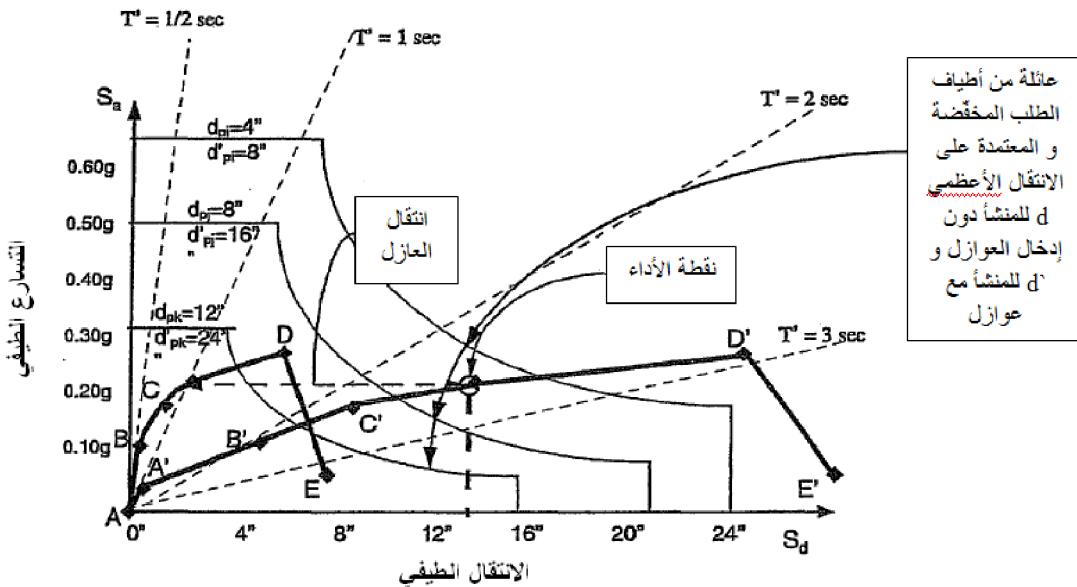
Reducing Earthquake Demands 4-4-2- تخفيض الطلب الزلزالي

هذه الاستراتيجية تتضمن التعديل في استجابة المنشأ بحيث تنخفض التشوهات والقوى. والطرق المتبعة لتنفيذ هذه الاستراتيجية تتضمن التخفيفات في كتلة المنشأ، وتركيب أنظمة من أجل عزل الأساسات وتبديد الطاقة.

Base Isolation 4-4-1- عزل الأساسات

تتطلب هذه الطريقة إضافة عناصر إلى النظام الإنسائي المسؤول عن تحمل القوى الشاقولية في المنشأ، نموذجياً قرب قاعدة المنشأ. تصمم هذه العناصر بحيث تمتلك صلابة أفقية منخفضة نسبياً وقدرة كبيرة على التشوه الجانبي، مع خصائص عالية في تبديد الطاقة.

إن إدخال نظام العزل للمنشأ يؤدي إلى زيادة كبيرة في دور استجابته، وتركز التشوهات الجانبية الناتجة عن الزلزال في العناصر المضافة بحد ذاتها.



الشكل (4-5) أثر عزل القاعدة على أطياف الطلب والاستطاعة [23]

يوضح الشكل (4-5) الأثر الناتج في كل من طيف الطلب و طيف الاستطاعة نتيجة إدخال نظام عزل الأساسات على المنشآت، حيث يمثل المنحني A-B-C-D-E طيف الاستطاعة لمنشأ طبيعي لم تجري عليه عمليات رفع الكفاءة بعد. يمتلك هذا المنشآت دور ابتدائي مرن يصل إلى (0.5 sec)، وتشوه حدي يصل إلى (6 in). تظهر بداية التلدن عند النقطة (B)، و القوة الحدية عند النقطة (D). طالما طيف الاستطاعة لا يقطع منحني الطلب في انتقال أعظمي مطابق، فإن المنشآت لن ينجو من الزلزال التصميمي.

المنحني A'-A''-B''-C''-D''-E'' هو منحني الاستطاعة لمنشآت بعد إدخال نظام عزل على أساسات المنشآت. تبقى قوة التلدن و القوة الحدية كما هي و لا تتغير، أما الانتقالات التي تحدث عند السلوك الحدي و السلوك اللدن فإنهما تزداد بشكل كبير بالإضافة إلى الانتقال في وصلات العزل.

يزداد الدور المرن الفعال للمنشآت الذي تم إدخال نظام عزل الأساسات عليه ليصل تقريرياً إلى (2.5 sec). يحدث التلدن الابتدائي عند النقطة (B) عند انتقال طيفي يصل إلى (0.5 in). للمنشآت المعزول، نفس السلوك اللدن يظهر عند النقطة (B') لكن عند انتقال طيفي يصل إلى (4 in). وبشكل مماثل قدرة الانتقال الحدي للمنشآت المعزول يزداد من (6 in) عند النقطة (D) ليصل إلى (24 in) عند النقطة (D').

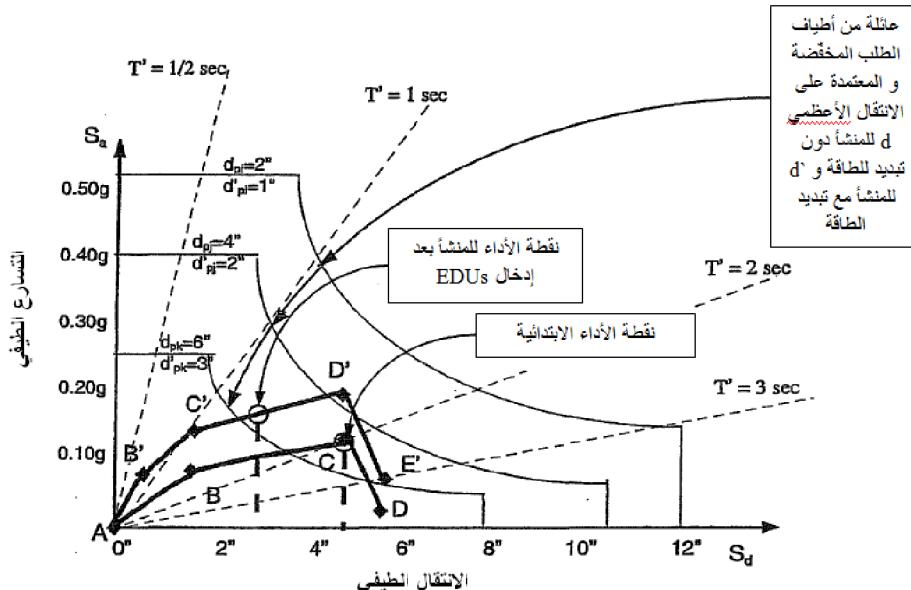
إن الطاقة المبذدة لمنشآت أدخل عليها نظام العزل للأساس تكون مختلفة عن الطاقة المبذدة لنفس المنشآت لكن بقاعدة ثابتة. ولذلك لكي نغطي الطلب وأطياف الاستطاعة للمنشآت الذي تم عزل قاعدته، يصبح

من الضروري إعادة حساب التخادم الفعال لعائمة منحنىات الطلب عند انتقالات عظمى إنسانية مختلفة. ونرمز له في الشكل بـ (dp) لكل طيف من أطيفات الطلب. وكما هو ملاحظ، كون وصلات العزل القاعدي يقدم تخفيضات في قساوة المنشآت بشكل عام، فإنه يأخذ انتقالات أكبر من أجل الحصول على التخادم الفعال. نقطة الأداء للمنشأ ذو العزل القاعدي، كما هو موضح في الشكل (4-5)، تحدث عند انتقال طيفي تقريباً (14 in). منها (12 in) تقريباً، هي المسافة ما بين نقطة الأداء و النقطة المطابقة للمنحني ذو القاعدة الثابتة، يتم تسكينها بالعزل. المنشآت بحد ذاته يقوم بإزاحة فقط الكمية المتبقية والتي تصل تقريباً إلى (2 in).

يجب الملاحظة أن الانتقالات هنا هي الإحداثيات الطيفية والحصول على الانتقالات الواقعية يجب تحويل طيف الاستطاعة إلى منحني الاستطاعة. من الممكن أن يكون العزل الأساسي هو الأكثر فعالية كنظام رفع كفاءة للمنشآت ذات أهداف ذات محسنة.

4-2-4-2- أنظمة تبديد الطاقة (EDUs)

يمكن أن نزيد من قدرة المنشآت على تخفيف الاستجابة للزلزال بشكل فعال عن طريق التخادم اللزج أو الهيستيري. هذه الطريقة تتطلب إدخال وحدات تبديد الطاقة (EDUs) ضمن النظام المقاوم للقوى الجانبية فيبدد الطاقة و يقلل من الانتقال الجانبي للمنشآت.



الشكل (4-6) أثر تحسين التخادم على أداء المنشآت [23]

يوضح الشكل (4-6) أثر تبديد الطاقة على منحنىات الطلب والاستطاعة للمنشأ الذي تم رفع كفاءته.

المنحي A-B-C-D هو طيف الاستطاعة للمنشاً من دون وحدات تبديد الطاقة. تحدث نقطة الأداء لهذا المنشأ عند انتقال طيفي (in 5) يقع في مستوى الأداء الإنساني (الاستقرار الإنساني). المنحي E-A-B-C-D هو طيف الاستطاعة للمنشاً بعد إدخال وحدات تبديد الطاقة (EDUs)، هذا المنحي يشير إلى المنشأ الذي يمتلك القساوة والقوة الإضافيين، والدور المرن الابتدائي لهذا المنشأ من (1.5 sec) ليصل إلى (0.75 sec). الأثر الأكثر أهمية هو الذي حدث على طيف الطلب. حيث إن كفاءة (EDUs) في تبديد الطاقة تؤدي إلى تحميد فعال أكبر بكثير عند أي إزاحة. و يمكن ملاحظة ذلك من خلال قيم (dp) والتي هي أخفض من قيم (dp) لأطيف الطلب. النتيجة هي أن نقطة الأداء الإنساني للمنشاً الذي تم رفع كفاءته تنتقل لانتقال إضافي أقل من (3 in)، وهذا يؤدي إلى الوصول إلى مستوى الأداء (أمان الحياة).

4-2-4-3- تخفيض الكتلة Mass Reduction

تخفيض الكتلة لبعض المبني يمكن أن يؤدي إلى تحسين الأداء من خلال تخفيض الدور الطبيعي للمنشاً، تقليل قوى العطالة التي تظهر خلال الاستجابة، وتقليل التشوّه الكلي للمنشاً. يمكن تقليل الكتلة من خلال إزالة بعض العناصر غير الإنسانية الثقيلة مثل خزانات المياه والخزن.

4-3- استراتيجيات الإدارة Management Strategies

استراتيجيات الإدارة هي استراتيجيات برمجية و نموذجياً تحت سيطرة مالك المنشأ بدلاً من فريق التصميم. تميل لأن تكون من نوعين:

1- استراتيجيات تؤثر على مدى قبول الأداء المحتمل للمنشاً

2- استراتيجيات تنظم الطريق الذي تطبق فيه الاستراتيجية التقنية
هذه الاستراتيجيات تتضمن طرق مثل:

تغيير الإشغال، الهدم، رفع كفاءة مؤقت، رفع كفاءة مرحلٍ، رفع كفاءة أثناء الإشغال، رفع كفاءة و المنشأ شاغر، رفع كفاءة من خارج المنشأ، رفع كفاءة من داخل المنشأ.

4-3-1- تغيير الإشغال Occupancy Change

بعض الأبنية تعطي أداء غير كافي للإشغال الحالي و من الممكن أن يكون هناك خطر زلزالي مقبول في حال أخضعت لأشغالات أخرى. أفضل طريقة لتخفيض الخطر على هذه الأبنية هو ببساطة تعديل استعمال المنشأ. كمثال على ذلك، منشاً قادر على الوصول إلى مستوى أداء (أمان الحياة)، لكن ليس لمستوى (الإشغال الفوري) و بالتالي لن يكون هذا الأداء كافي لوسيلة عناية شديدة في المشفى، لكنه قد يكون كافي جداً للاستعمال كمركز رعاية يومية أو للمكاتب الطبية.

الاستراتيجية الملائمة لهذه الحالة هو استعمال البناء الحالي لأحدى الإشغالات الأخيرة التي تم ذكرها، وبناء وسيلة عناية شديدة جديدة.

من الواضح أن هدف هذه الطريقة يعتمد على عدد من العوامل: 1) الأخذ بعين العتبار الحاجة من هذا البناء في الاستعمال البديل. 2) توفر التمويل لبناء وسيلة بديلة. 3) توفر الأرض.

Demolition 2-3-4 - الهدم

في بعض الحالات، كلفة تحسين الأداء الزلزالي للبناء للوصول إلى المستوى المرغوب قد تتجاوز القيمة الاقتصادية. وفي حالات أخرى، التعديلات الهيكيلية المطلوبة قد تؤدي إلى جعل المنشأ غير مرغوب من أجل الإشغال المقصود. أفضل طريقة لتحسين الخطر الزلزالي لمثل هذه المنشآت قد تكون الهدم. كمثال على ذلك، اعتبر حالة وجود مخزن كبير مع عدد من الأبواب الضخمة، هذه الأبواب ربما تؤدي إلى جعل جدران القص غير قادرة على الوصول إلى مستوى الأداء الإنساني (أمان الحياة). رفع الكفاءة يتطلب استراتيجية تقوية، تتضمن إما ملء الأبواب المختارة أو وضع هيكل مربطة أو جدران قص جديدة ضمن فراغ المخزن.

قد يقرر مالك المنشأ أن تخفيض فراغ المخزن الداخلي سيجعل المنشأ غير قابل للتأجير كمخزن. هذا قد يسبب قرار الهدم للمنشأ و استبداله بمنشأ جديد.

Temporary Retrofit 3-3-4 - رفع الكفاءة المؤقت

في بعض الحالات النادرة قد يكون من المرغوب رفع كفاءة المنشأ بطريقة اقتصادية جداً للخدمة المستمرة. الطريقة التقنية التي تستخدم لرفع الكفاءة في ضوء هذه الاستراتيجية قد تكون غير مقبولة بشكل كبير للتطبيقات التقليدية والتي تتضمن استعمال واسع للعناصر الإنسانية المكشوفة، تربيط، سند، وما شابه.

هذه الطريقة تجعل من الممكن تزويد إشغالات ومحويات المنشأ بحماية اقتصادية، بينما الخطط تتطور و التمويل مكتسب لإكمال منشأ بديل.

Phased Retrofit 4-3-4 - رفع الكفاءة على مراحل

قد يختار مالكو البناء تطبيق رفع الكفاءة على مراحل و ذلك لعدة أسباب، مثل عدم إمكانية الحصول على التمويل لإكمال التدعيم، أو لتفادي إزعاج بعض المستأجرين أو الوظائف ضمن المنشأ، أو الرغبة بالقيام بأعمال رفع الكفاءة للمنشأ بشكل متزامن مع تحسينات في مناطق مختلفة من المنشأ. عندما يتم اختيار رفع الكفاءة المرحلية بسبب قيود اقتصادية

يكون من المرغوب عادة إنجاز تحسينات كاملة متزايدة في أداء البناء المتوقع في كل مرحلة من مراحل العمل. كمثال على ذلك، اعتبر وجود مبنى إطاري بطبق أول ضعيف بالإضافة إلى قدرة غير كافية في الطوابق أعلى. الطابق الأول الضعيف يمكن أن يؤدي إلى انهيار نتيجة الزلازل المتوسطة الشدة، بينما الطوابق العلوية سيتم الحكم عليها بأنها قادرة على مقاومة الانهيار عند تعرضها للزلازل باستثناء الزلازل القوية. الطريقة التي قد تكون مرغوبة لهذا المنشأ ستكون لتقوية الطابق الأول الضعيف في مرحلة واحدة و من ثم إيجاد الحلول لعيوب المنشأ في المراحل اللاحقة.

عند استخدام رفع الكفاءة المرحلي، يكون من المهم ضمان أن العمل المنفذ في أي مرحلة محددة لا يؤدي بشكل غير مقصود إلى خلق عيوب زلزالية خطيرة. كمثال على ذلك، اعتبر أن المالك يرغب بتقوية مبنى إطاري على مراحل، ليكون متزامن مع مبيعات المستأجرين في الفراغات المؤجرة. وليس من الملائم إضافة جدران قص أو هياكل مربطة في أي طابق علوي قبل إنجاز هذا العمل في الطابق الأخفض، و هذا ما يخلق حالة الطابق الضعيف. بنفس الطريقة لن يكون من المرغوب القيام برفع الكفاءة على جانب واحد من البناء، لأن هذا سيؤدي إلى فتل ناتج عن عدم الانتظام. كما ويجب ضمان أن الأداء المحتمل للمنشأ جيد على الأقل كما كان قبل القيام بأعمال رفع الكفاءة و ذلك في نهاية كل مرحلة من مراحل العمل.

5-3-4- رفع الكفاءة أثناء الإشغال Retrofit During Occupancy

واحدة من أكبر كلف رفع الكفاءة قد تكون خسارة استعمال مساحة أرضية المنشأ أثناء مرحلة البناء للمشروع. عندما يتم إخلاء المبنى للسماح بإنجاز أعمال رفع الكفاءة، يجب عندها على المستأجرين البحث عن مكان بديل و تحمل تكاليف النقل. وبعد إنهاء العمل، يجب على المالك إيجاد مستأجرين جدد لإشغال المكان، و الذي قد يستغرق العديد من الشهور. ولذلك، يرغب العديد من المالكين بإنجاز أعمال رفع الكفاءة معبقاء المنشأ في وضع الإشغال. على الرغم من أنه في أغلب الأحيان يتم القيام بذلك إلا أن هناك العديد من التحديات التي تواجه فريق التصميم، والمقاولين، والمستأجرين.

عادة في مثل هذه الحالات، يجب أن يتم إنجاز العمل على مراحل للسماح بالانتقال المؤقت للمستأجرين. وكون العمل يتضمن موضوع شديدة، و إعاقة لمراافق المنشأ كان لابد من العمل أثناء نوبات عطلة نهاية الأسبوع أو المساء، وأخذ الإجراءات الوقائية لضمان أمان موقع البناء و أمان

المستأجرين. تقدر كلفة رفع كفاءة المنشآت في وضع الإشغال بأنها أكثر من (50%) من كلفة رفع كفاءة نفس المنشآت فيما لو تم إخلاؤه. بالإضافة إلى أن الجداول الزمنية للبناء يمكن أن تطول عندما يتم العمل في مساحات ما تزال مشغولة.

4-3-6- رفع الكفاءة لمنشاً تم إخلاؤه *Retrofit Of Vacant Building*

هذه هي الطريقة المثالية لرفع الكفاءة الزلزالية للمنشآت التي تؤدي إلى أقل كلف مباشرة للبناء بالإضافة إلى أنها الأكثر سرعة في إنجاز العمل، كما أنها الطريقة الوحيدة العملية في بعض الحالات التي يتوجب فيها القيام بعمل شامل على المنشآت.

4-3-7- رفع الكفاءة من خارج البناء *Exterior Retrofit*

عندما يختار المالك البناء رفع الكفاءة للمنشآت وهو ما يزال قيد الإشغال، فإنه يكون من المفيد إتمام أكبر قدر ممكن من العمل خارج المنشآت لتقليل توقف الوظائف الداخلية وإزعاج المستأجرين. الاستراتيجيات التقنية التي يمكن أن تطبق في هذه الطريقة تتضمن تقوية وتقسيمة المنشآت وتقليل الطلب. ويمكن القيام بتقوية وتقسيمة المنشآت من خلال إضافة جدران قص أو إطارات مربطة تصطف بمحاذاة الجدار الحالي. كما ويمكن إنجاز استراتيجيات تخفيض الطلب خارج المنشآت من خلال وضع وسائل تخميد ضمن الهياكل المرتبطة الخارجية أو بين المساند الخارجية للمنشآت.

4-3-8- رفع الكفاءة من داخل البناء *Interior Retrofit*

يجب الأخذ بعين الاعتبار الحفاظ على المظهر الخارجي للمنشآت عند القيام بأعمال رفع الكفاءة إلا في بعض الحالات كإضافة الإطارات المرتبطة، جدران القص، واستخدام الدعامات. عموماً، رفع الكفاءة للمنشآت يجب أن يحافظ على ميزة المنشآت حتى مراحيض الجدران البسيطة التي تستعمل لربط الجدران الخارجية مع الديافرماط يمكن أن ينظر إليها على أنها تعديل غير مقبول على مظهر المنشآت. هذه المخاوف مهمة جداً خاصة للمنشآت التي هي معالم تاريخية أو معمارية. في مثل هذه الحالات، يمكن أن يوجه المالك إلى أن تكون كامل أعمال رفع الكفاءة داخل المنشآت.

4-4- استراتيجيات بديلة لرفع الكفاءة *Alternative Retrofit Strategies*

هناك مجال واسع من الاستراتيجيات التقنية واستراتيجيات الإدارية المتاحة لتقليل الخطر الزلزالي للمباني الحالية.

الاستراتيجيات التقنية البديلة هي طرق لتعديل المطالب الأساسية و عوامل الاستجابة للمبني تحت تأثير الهزة الأرضية التصميمية. هذه الاستراتيجيات تتضمن إكمال الجملة

الإنسانية، تقوية الحملة الإنسانية ، تقسيمة الحملة الإنسانية ، تحسين قدرة التشوّه، تحسين قدرة تبديد الطاقة.

إضافة إلى الاستراتيجيات التقنية البديلة هناك عدد من استراتيجيات الإدارة البديلة يجب أخذها بعين الاعتبار و التي يمكن أن تتضمن قرارات يجب اتخاذها:

- ✓ إخلاء المبنى لحين انتهاء عملية رفع الكفاءة.
- ✓ قبول الخطر الحالي و عدم القيام برفع الكفاءة.
- ✓ تغيير إشغال البناء بحيث يكون الخطر مقبول.
- ✓ هدم المبنى و استبداله بوسيلة بديلة.
- ✓ تطبيق الاستراتيجية التقنية على أساس مطورة على مدى عدد من السنين.
- ✓ رفع الكفاءة على أساس مؤقتة حتى يتم التجهيز بوسائل بديلة.

4-5- اعتبارات وقيود التصميم

إن اختيار استراتيجية رفع الكفاءة يتطلب تقييم لقيود التصميم المهمة. وهذه القيود تتضمن متطلبات الكود، أهداف الأداء، الميزانية المتوفرة، الجدول الزمني، جمال البناء، عراقل الإشغال خلال فترة البناء، وتأثيرات دائمة على الإشغال والوظيفة. بالإضافة إلى، خطر المشروع يمكن أن يكون قيداً هاماً للتصميم في اختيار التصميم البديل الملائم.

4-6- اختيار الاستراتيجية

لكي يتم اختيار استراتيجية رفع الكفاءة، من الضروري تقييم أهداف الأداء الأساسية المرغوبة للمنشأ والعيوب الحالية وأثرها على الأداء. عندما يتم تحديد أهداف الأداء يصبح من الممكن تقييم الاستراتيجيات المختلفة لتحديد فيما إذا كانت تقنية وقابلة للتطبيق. إذا امتلك المهندس تفهّم كافي لقيود التصميم المختلفة قبل البدء بعملية رفع الكفاءة، قد يمكنه ذلك من استبعاد العديد من الاستراتيجيات المتاحة بدون دراسة مفصلة. لذا من المهم الاجتماع مع المالك قبل البدء بعملية رفع الكفاءة لتعريف قيود التصميم وأهميتها النسبية.

ومن المهم فهم الأهمية النسبية للمشروع وتقييم حدود كلفته بشكل مبكر قدر الإمكان. أكثر مالكي الأبنية يحددون مسبقاً الكلفة القصوى للمشروع التي لا يمكن تجاوزها. فهم هذا الحد سيساعد في استبعاد بعض الاستراتيجيات من الاعتبار.

إن الجدول الزمني للبناء ذو أهمية تعادل أهمية الكلفة. عادة تتم مشاريع رفع الكفاءة بشكل متزامن مع تحسينات في المنشآت مثل التعديلات لإسكان مستأجر جديد. بعض

الاستراتيجيات تتطلب تصميم أطول ومرة بناء أطول في حال مقارنتها مع استراتيجيات أخرى لذا يمكن استبعادها بسرعة بسبب اعتبار هذا القيد.

مظهر المنشآت هام بشكل دائم تقريباً. إن تعديل المظهر الخارجي للمنشأ لا يؤدي بالضرورة إلى بناء أقل جاذبية. إذا كان هناك أسباب لإبقاء المظهر الخارجي للبناء (على سبيل المثال، أن يكون البناء معلم)، هذه يجب أن تفهم قبل اختيار الاستراتيجية. العديد من الأبنية مبنية لـإشغال واستعمال محدد ويتوقع منها أن تبقى قيد الاستعمال طوال فترة حياتها.

عندما يتم فهم قيود التصميم والعيوب بشكل صحيح يصبح بالإمكان تقييم الاستراتيجيات البديلة. بشكل عام، من الضروري توليد تصميم لكل استراتيجية فعالة يصل على الأقل إلى مستوى تخططي بحيث يمكن عندها المقارنة ما بين الاستراتيجيات البديلة. عندما يتم تطوير التصميم التخططي يمكن تقدير الكلف، وتحديد التأثيرات على المظهر الخارجي للمنشأ.

من العوامل التي تؤثر على الاختيار ما بين عدة تقنيات للتدخل في المنشأة:

- 1- الكلفة مقابل أهمية المنشأة
- 2- البراعة في العمل
- 3- فترة العمل/العرقلة في الاستخدام
- 4- استيفاء أهداف الأداء التي يطلبتها المالك
- 5- التوافق والتكميل الجمالى والوظيفي للمنشأة القائم
- 6- إمكانية عكس التدخل
- 7- مستوى التحكم النوعي
- 8- الأهمية التاريخية أو السياسية
- 9- التوافق الهيكلي مع النظام الإنشائي القائم
- 10- عدم الانظام في القساوة، القوة، والمرونة
- 11- كفاية القساوة، القوة، والمرونة المحلية
- 12- السيطرة على الضرر للمكونات الغير إنشائية

الفصل الخامس

طائق رفع الكفاءة

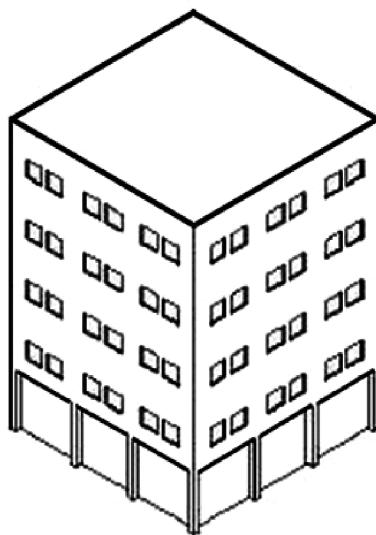
Retrofit Procedures

1-5 - مقدمة

سيتناول هذا الفصل بعض العيوب النموذجية التي توجد في المنشآت القائمة والتي تؤدي إلى أداء ضعيف تحت تأثير الزلازل. ويُعرف الأداء الضعيف على أنه تعريض الأحياء للخطر نتيجة انهيار جزئي أو كلي للمنشأ. لذلك للحصول على أداء جيد لابد من معالجة هذه العيوب. ويتم تصحيح هذه العيوب وتدعم المنشأ أو تقويته بعدة طرق وكل طريقة إيجابياتها وسلبياتها، ولكن لكل منشأ طريقة مثالية تناسبه. وسنقدم في ما يلي أكثر الطرق شيوعاً لرفع كفاءة المنشآت.

5-1-1- معالجة المخزن المفتوحة واجهته

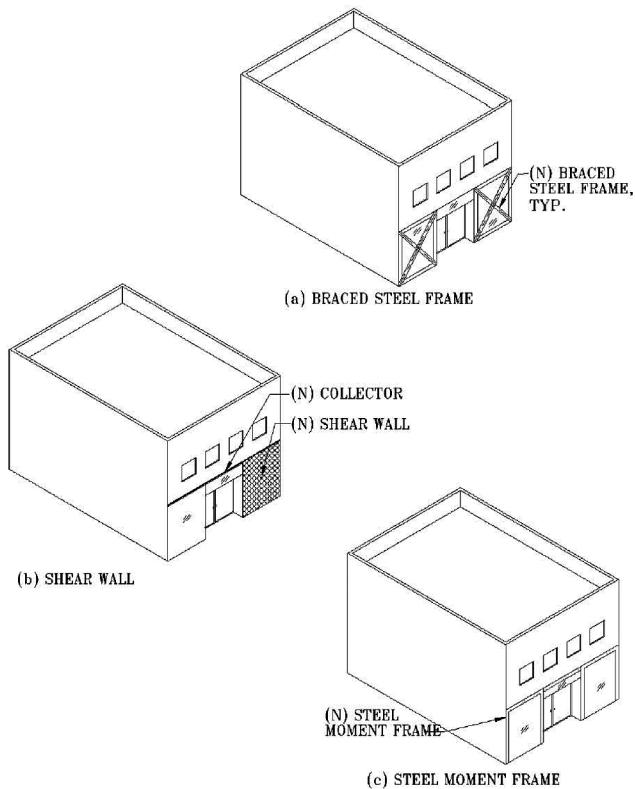
عندما يكون للبناء واجهة مفتوحة في الطابق السفلي تتالف الجملة الإنسانية المقاومة للقوى الجانبية من جدران خرسانية بفتحات كبيرة كما في الشكل (1-5) فتصبح الجملة غير كاملة ولينة جداً في إحدى أطراف البناء مما يؤدي إلى تعرض البناء إلى عزم فتل وربما إلى عدم استقرار.



الشكل (1-5) [19]

يمكن معالجة هذا العيب بإحدى الطرق التالية:

- تفريز عناصر إنشائية صلبة لملئ الفتحات في واجهة البناء كما في الشكل (b-2-5).
- تفريز إطارات معدنية مربطة خلف الفتحات مباشرة إذا كان هناك رغبة في المحافظة على الشكل الخارجي للبناء كما في الشكل (a-2-5).
- تفريز إطارات معدنية مقاومة للعزم في الفتحات كما في الشكل (c-2-5) شريطة الأخذ بالحسبان التشوّهات غير الخطية للإطارات عند تحديد تشوّهات البناء ككل تحت تأثير الهزات الأرضية الشديدة.



[19] (2-5) الشكل

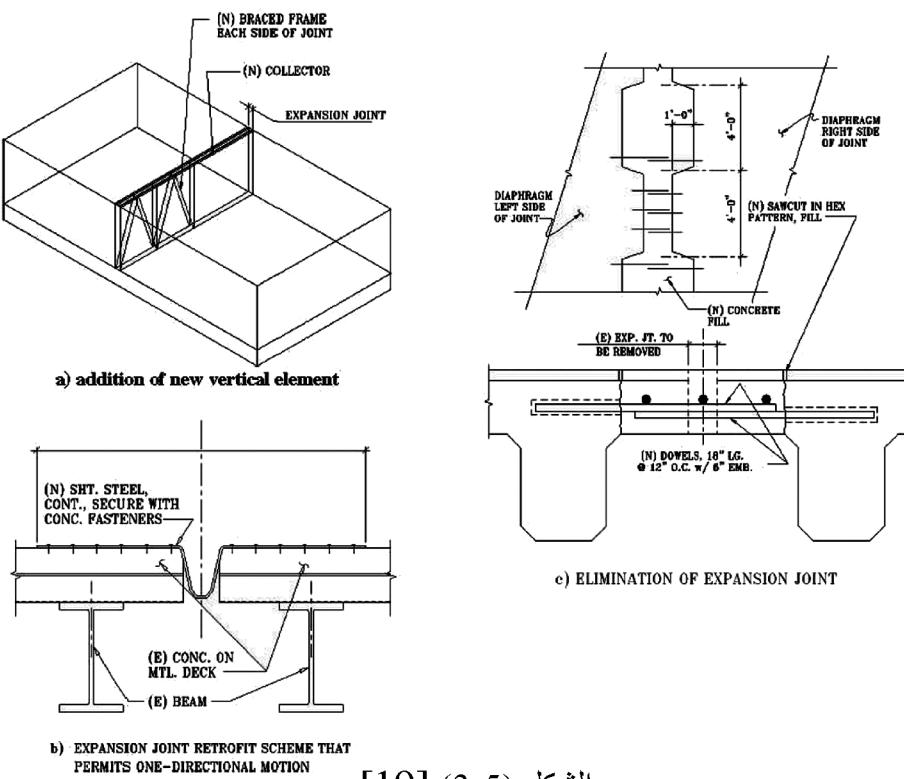
2-1-5- معالجة فواصل التمدد

تتفّذ فواصل التمدد في المنشآت لأسباب متعددة منها:

- السيطرة على أثر التشوّهات الناتجة عن تغيرات درجة الحرارة خلال وبعد التنفيذ. يمكن حماية العناصر الإنشائية التي تتعرّض لتغيرات حرارة باستخدام فواصل التمدد ولكن بعد تفريز الجدران الخارجية والإناءات ونظم التدفئة والتكييف تتحفّض التغييرات الحرارية إلى حدّها الأدنى مما يجعل فواصل التمدد غير ضرورية.

- السيطرة على أثر التقلص والزحف في خرسانة المنشأ. ولكن خلل بضعة أشهر من تنفيذ الخرسانة يستقر التقلص والزحف وتنتهي كل الحركات الناجمة عنها فتنتهي الحاجة لفواصل التمدد.
 - تبسيط التحليل الإنشائي للأجزاء المختلفة من المنشأ.
- وبما أن فواصل التمدد تشكل ضعفاً في المقاومة الجانبية على طول أحد أطراف المنشأ فلا بد من تصحيح هذا العيب ويمكن إنجاز ذلك باستخدام أحدى الطرق التالية:
- تنفيذ جملة شاقولية لمقاومة القوى الجانبية على جانبي فاصل التمدد كما في الشكل (a-3-5) وذلك إذا كان من الضروري المحافظة على فاصل التمدد ولكن ذلك سيؤثر على مرونة استخدام فراغ البناء.
 - تعديل الفاصل مع إمكانية نقل قوى القص بين طرفي الفاصل دون نقل القوى المحورية كما في الشكل (b-3-5) حيث تقوم الوصلة القص الموازي للفاصل مع السماح بالتمدد في الاتجاه المتعامد.

يشكل التخلص من الفاصل أفضل الحلول من وجهة نظر اقتصادية ومن جهة حسن أداء المنشأ وذلك عندما يصبح الفاصل غير ضرورياً ويوضح الشكل (c-3-5) تفصيلة شائعة لوصل بلاطة جديدة مع بلاطة قائمة.

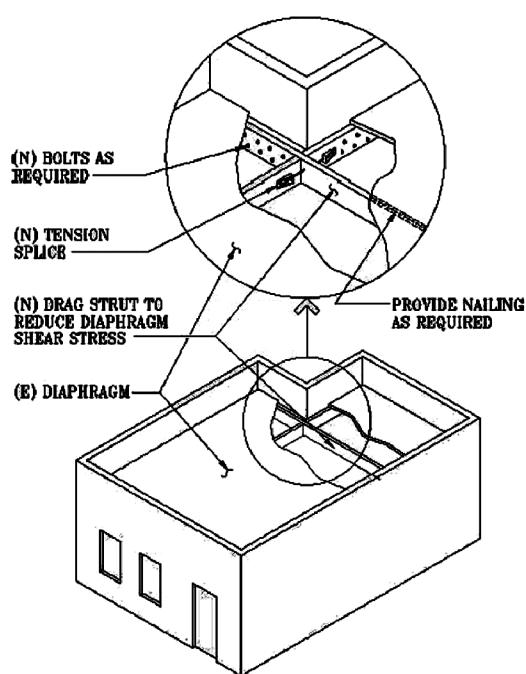


[19] (3-5) الشكل

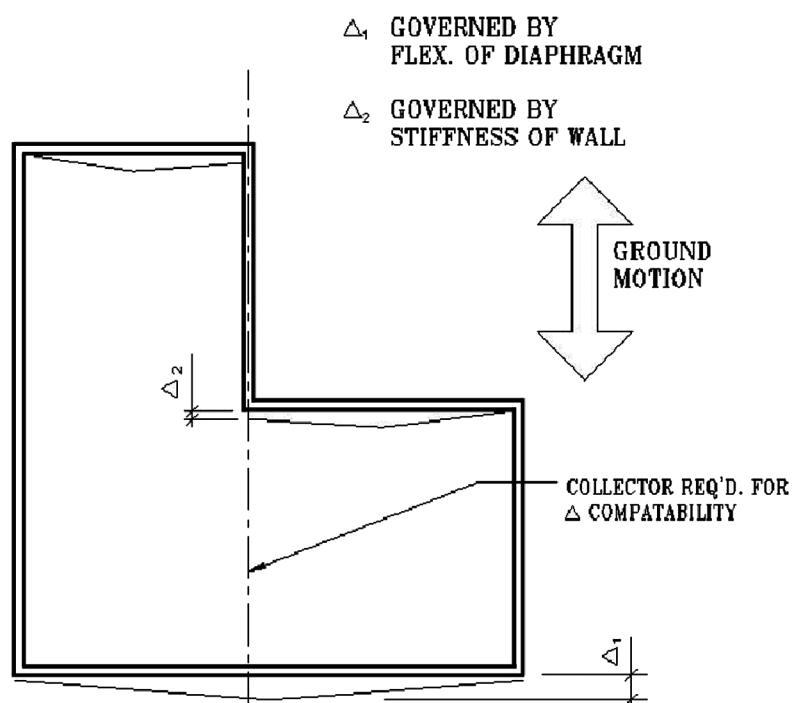
3-1-5- معالجة عدم كفاية الاتصال بين الجدران والأسقف

تشكل الزاوية الداخلية في الأبنية القائمة موقعاً نموذجياً لاتصال غير كافٍ بين الأسقف والجدران كما هو موضح في الشكل (4-5). ويظهر هذا العيب بجلاء عندما تكون منشأة السقف مرنة حيث يقيد الجدار عند زاوية البناء انتقال منشأة السقف ويجعله بحدوده الدنيا Δ_2 في حين يكون انتقالها العام Δ_1 أكبر بكثير مما يؤدي إلى عدم انسجام تشوّهات منشأة السقف وبالتالي إلى انهيار في الزاوية الداخلية. يتم معالجة هذا العيب بتنفيذ جائز ربط (diaphragm collector) من زاوية البناء الداخلية إلى الطرف المقابل من منشأة السقف. يقوم هذا الجائز بتوزيع الإجهادات في منشأة السقف مانعاً تركزها في زاوية البناء ويحقق الانسجام بين تشوّهات السقف.

بعد الاتصال السبي بين الجدران الحجرية الحمالة والأسقف من أهم العيوب الواجب معالجتها في الأبنية الحجرية ويتم تصحيح هذا بوصول الجدران مع الأسقف كما هو مبين في الشكل (5-5).



الشكل (5-5)



الشكل (4-5)

5-4-4- رفع كفاءة المنشآت الخرسانية المسلحة

5-4-1- رفع كفاءة المنشآت الإطارية الخرسانية المسلحة

تمتلك الإطارات الخرسانية غير المطاوعة طاقة محدودة للتشوه لا تتناسب مع تشوهات عناصرها ولتصحيح ذلك لابد من إجراء التحريات الازمة لفهم سلوك المواد المنفذة منها ومن ثم إجراء التحاليل و الدراسات الضرورية لتقدير ما يتوفّر من مطاوعة لدى عناصر هذه الإطارات. حالما تقدّر هذه المطاوعة تحدّد الحدود القصوى للتشوهات و من ثم طريقة التدعيم المناسبة. من هذه الطرق:

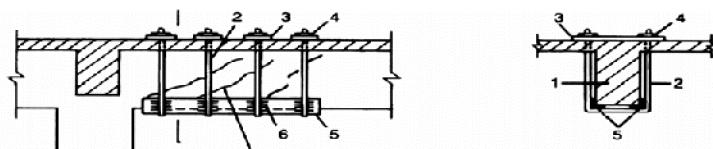
5-1-1-4- التدخلات التي لا تؤدي لاستبدال الجملة الإنسانية

زيادة مطاوعة العناصر القائمة بإضافة تطويق لفولاذ التسلیح و لقد ثبت أن تفيذ روابط مستطيلة حول الأعمدة غير فعال لتأمين التطويق اللازم و يمكن تأمين ذلك بروابط دائيرية مع غلاف من الخرسانة أو بواسطة أنبوب دائري يغلف العمود القائم مع ملي الفراغ بينهما بالخرسانة. و تعتبر هذه الطريقة مكلفة جداً.

إن تقنية التغليف للأعمدة والجوانز الموجودة تمثل حل لزيادة القساوة أو القساوة مع المقاومة، وهو الحل المستخدم بشكل متكرر لرفع كفاءة المنشآت المتضررة في رومانيا.

- زيادة قدرة القص Increasing shear capacity

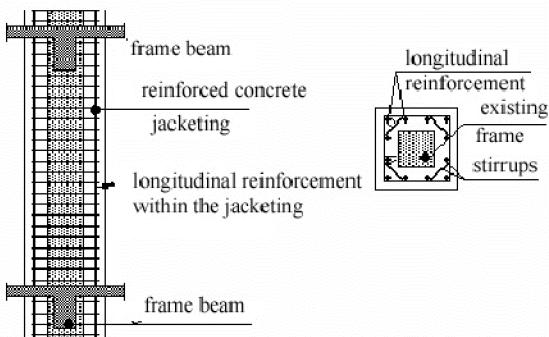
عادة زيادة قدرة القص تكون ضرورية للأعمدة والجوانز والعقد في المنشآت القائمة. والتي تتم من خلال تغليف العناصر البيتونية المسلحة الذي يؤدي أيضاً في بعض الحالات إلى زيادة الصلابة والقدرة على التشوه حيث يمثل الشكل (5-5) تفاصيل التدخل المحلي في الإطار مع الأخذ بعين الاعتبار لقدرة القص لجوانز الإطار البيتوبي المسلح.



الشكل (5-5) تفاصيل التدخل المحلي في الإطار البيتوبي المسلح [12]

كما و يمثل الشكل (5-6) زيادة قدرة القص من خلال التغليف البيتوبي المسلح للأعمدة.

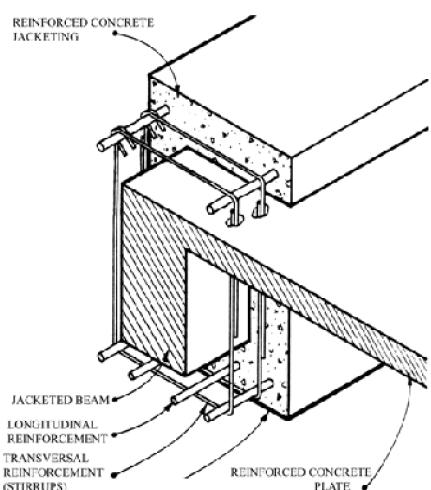
Retrofitting by jacketing
to enhance the capacity
in shear and bending



الشكل (6-5) تغليف الأعمدة [12]

- زيادة القدرة في الانحناء (الانعطاف)

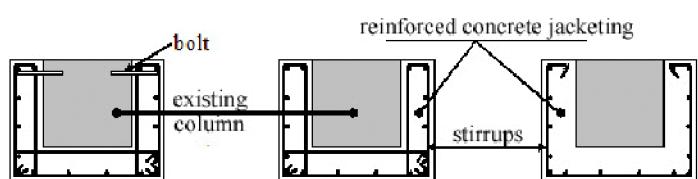
يتم التحكم بالقدرة في الانحناء والقص، والقوية المحورية من خلال التحكم بسمك طبقة البeton المستخدمة في التغليف، وبمكان توضع التسليح الطولي والعرضي كما هو موضح في الشكل (7-5).



الشكل (7-5) تغليف الجوانز بسبب الزيادة

في القدرة الناظمية وقدرة القص [12]

في الحالة التي لا يكون هناك قدرة على التغليف لعمود من جميع الجهات (كما في حالة العمود الواقع على واجهة البناء) عندها يمكن استخدام روابط تلصق بالإيبوكسي كما هو موضح في الشكل (8-5).



الحل المفضل

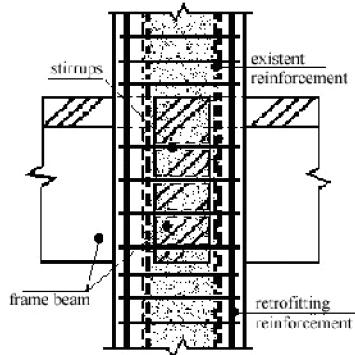
حل مقبول

حل خاطئ

الشكل (8-5) تغليف الأعمدة من ثلاثة جوانب بقمصان بيتونية [12]

- التدخلات في عقدة الجائز Interventions on beam-column joints

إن العيوب الأساسية التي تتعرض لها عقدة الإطارات هي المقاومة الضعيفة للقص أو الإرساء غير الكافي لحديد التسلیح الطولي المتوضع في العناصر التي ترتبط مع بعضها البعض في العقدة والتي يمكن حلها من خلال التغليف الخرساني للعقدة، الشكل (9-5).

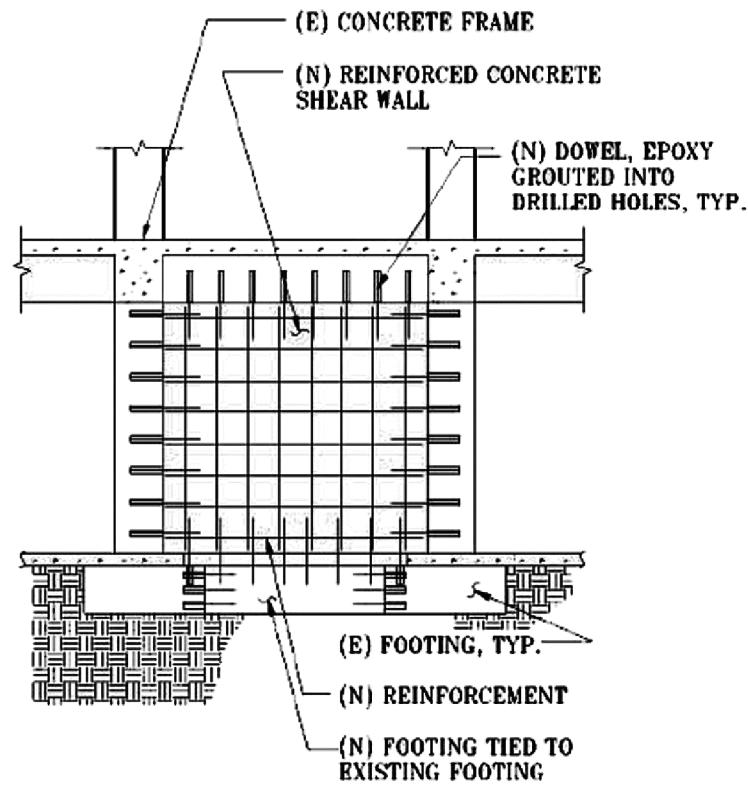


الشكل (9-5) تغليف عقدة جائز - عمود بيتونية مسلحة [12]

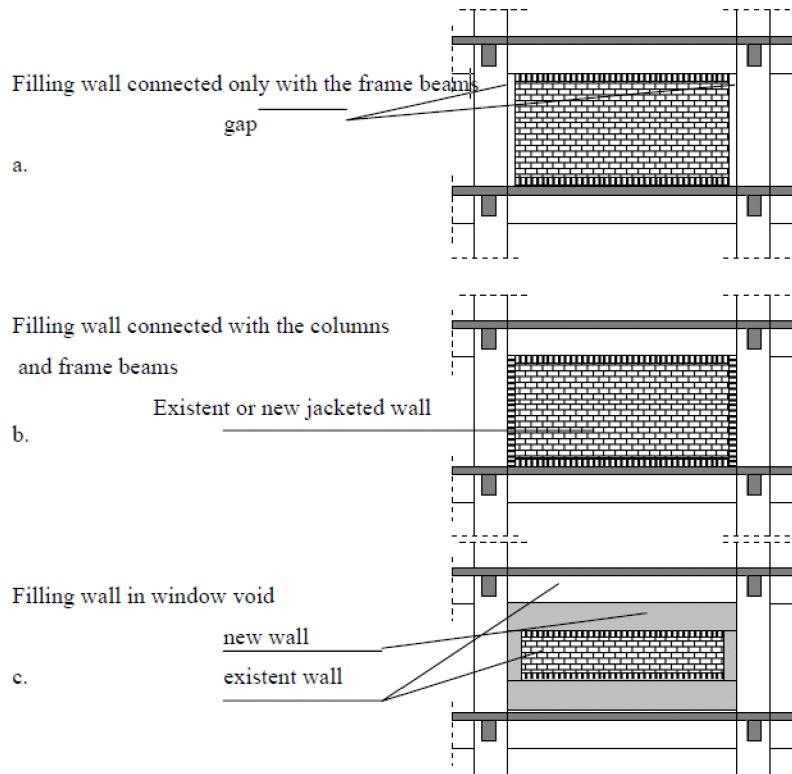
4-1-4-1-5 التدخلات التي تعدل الجملة الإنسانية

تغيير الجملة الإنسانية إلى جملة جدران قص بملء الفراغ بين الأعمدة بجدران من الخرسانة المسلحة مع تنفيذ أساسات جديدة كما في الشكل (10-5).

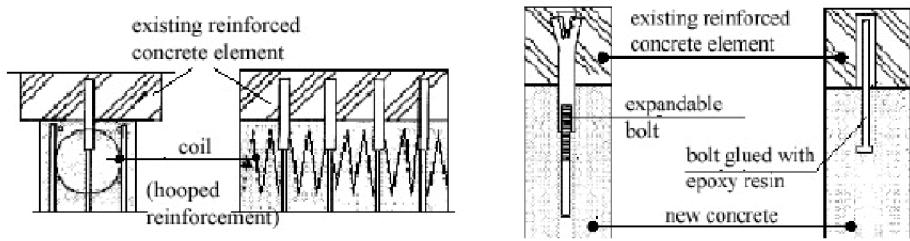
إن ملء الفراغات في الإطارات بجدران بيتونية مسلحة يؤدي إلى زيادة كبيرة في القساوة والمتانة للنظام الإنساني. حيث تقاوم الجدران المائلة الصلدة (المصنوعة من البيتون المسلح) بشكل أساسي القوى الجانبية بنفس النسبة التي تقاوم بها الجدران الإنسانية. وقد تم توضيح الحلول الممكنة للتدخل في الأنظمة الإطارية من خلال الجدران المائلة للمبني في الشكل (5-11). يمكن السيطرة على القوى مابين العناصر في الإطار القائم والألواح المائلة الحجرية المسلحة أو البetonية المسلحة من خلال ربط العناصر كما هو موضح في الشكل (12-5).



[19] (10-5) الشكل (10-5)



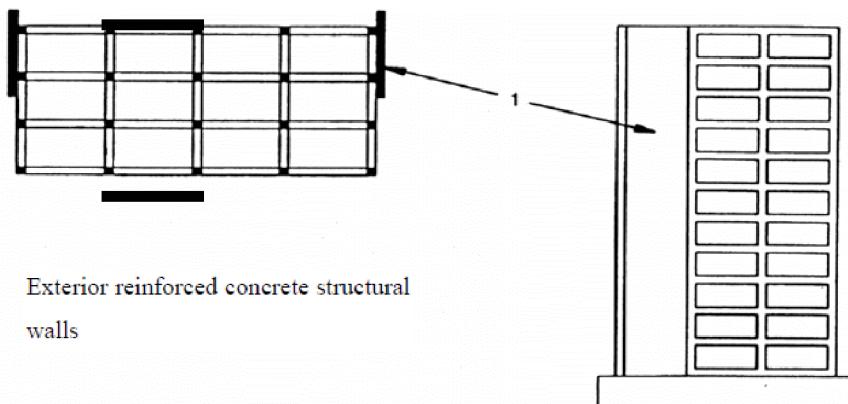
الشكل (11-5): ملء فراغات الإطار [12]



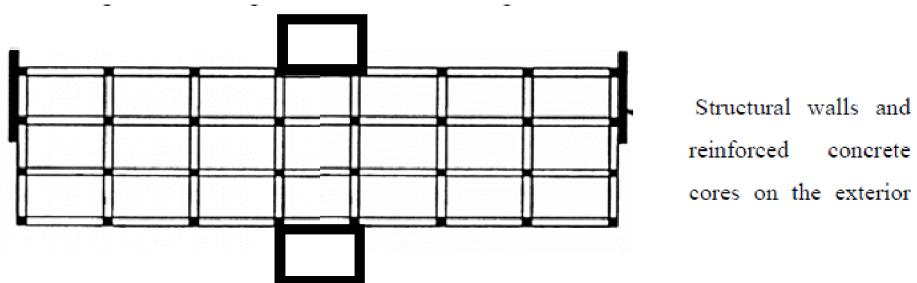
الشكل (12-5): ربط الجدار البيtonي مع عناصر الإطار [12]

3-1-4-1-5 إضافة عناصر جديدة

إضافة عناصر إنشائية جديدة لتخفيض الانزياح الجانبي للمنشأ مثل جرمان قص أو إطارات مربطة أو إطارات مقاومة للعزم. حيث تشير إضافة الجدران الإنشائية البيتونية المسلحة للمبني الإطاري الأصلي زيادة كبيرة في القساوة والمتانة للانزياحات الجانبية. بهذه الطريقة، يمكن للتعاون ما بين إطارات القائمة من الجدران الإنشائية البيتونية المسلحة أن يعطي المجموعة سلوك مشابه للمبني الثنائي أو للمنشآت ذات الجدران الصلبة، الشكل (13-5). إن هذه الجدران البيتونية المسلحة الإنشائية يمكن أن تتواجد على الجوانب الخارجية أو داخل المبني، الشكل (14-5).

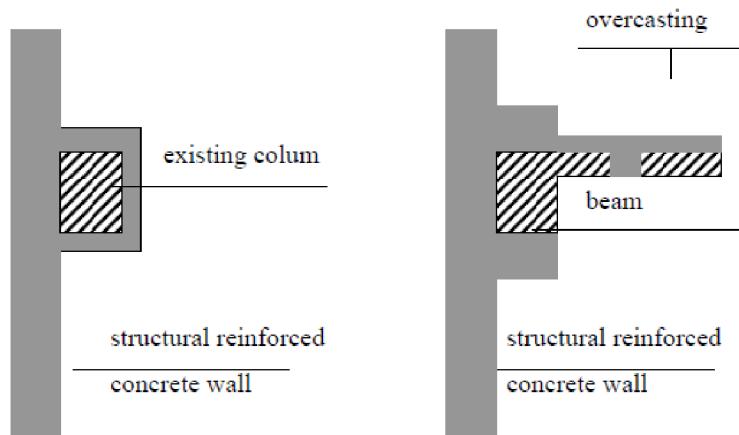


الشكل (13-5): إضافة جدران قص للمنشأ الإطاري البيتوني المسلح [12]



الشكل (14-5): الجدران الإنشائية البيتونية المسلحة، توضع على الجزء الخارجي من المبني [12]

يوضح الشكل (15-5) الجدران الإنسانية التي تظهر من خلال وضع النواة خارج مستوى الجوانز وربطها مع قميص الأعمدة.



الشكل (15-5): الربط ما بين الإطار القائم وجدار القص المضاف [12]
هذا الحل يسمح باستمرارية التسلیح الشاقولي.

1-2-4-1-5 التدخل في المباني ذات الجدران البetonية المسلحة

Interventions on reinforced concrete wall structures

1-2-4-1-5 التدخل الذي لا يتضمن تغيير في النظام الإنسائي

يهدف رفع الكفاءة لمنشآت ذات الجدران البetonية المسلحة عادة إلى ما يلي:

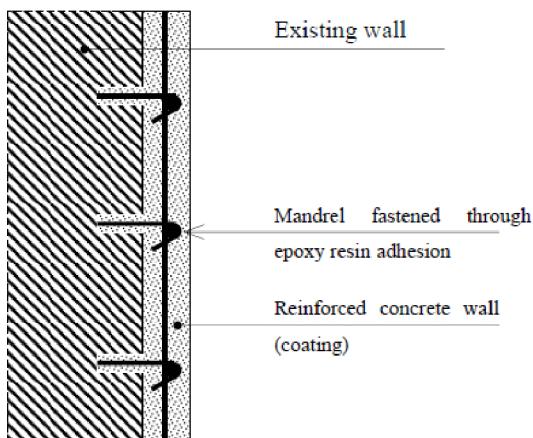
- زيادة استطاعة القص للجدران
- زيادة استطاعة الانعطاف للجدران
- زيادة استطاعة التشوه ما بعد المرن للجدران
- زيادة استطاعة القص للجوانز الرابطة
- زيادة استطاعة الانعطاف للجوانز الرابطة
- زيادة استطاعة التشوه ما بعد المرن للجوانز الرابطة
- التقنيات المتاحة والمحققة للأهداف المذكورة أعلاه:
- تسميك الجدار من خلال إضافة طبقات متعددة من البeton المسلحة (على سبيل المثال، من خلال حقن البeton) والذي يعمل مع الجدار القائم.
- تسميك جوانز الرابط من خلال إضافة طبقات متعددة من البeton المسلحة والذي يتم إرساؤه في الجائز القائم.

- إنشاء بصلات بيتونية مسلحة والتي يتم إرساؤها في المقاطع العرضية للجدار.
- إعادة إنشاء الجائز الرابط مع زيادة البeton والتسليح في المقاطع.

✓ زيادة استطاعة القص والانحناء لجدران القص

Increasing the shear and flexural capacity of the shear walls

يتم تحقيق هذه الزيادة من خلال تسميك الجدار من خلال إضافة طبقات متعددة من البeton المسلح (على سبيل المثال، من خلال حقن البeton) والذي يعمل مع الجدار القائم. الشكل (16-5).

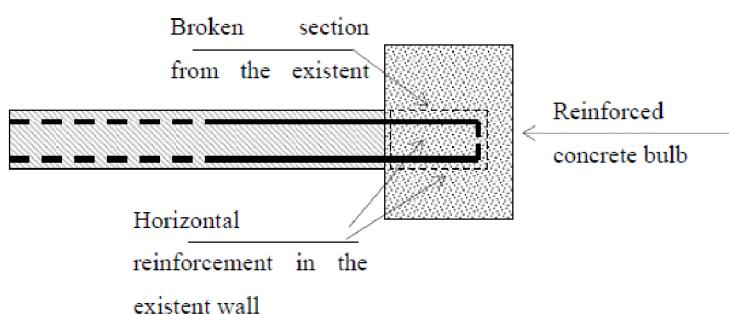


الشكل (5-16): تغليف الجدران البetonية
المسلحة [12]

✓ زيادة استطاعة التشوه ما بعد المرن لجدران القص

Increasing the of post-elastic deformation capacity of the walls

يتم تحقيق هذه الزيادة من خلال وضع بصلات في المساحات المضغوطة من المقطع العرضي كما هو موضح في الشكل (17-5). عادة، يتم ربط البصلة بالجدار عن طريق التسليح الأفقي.



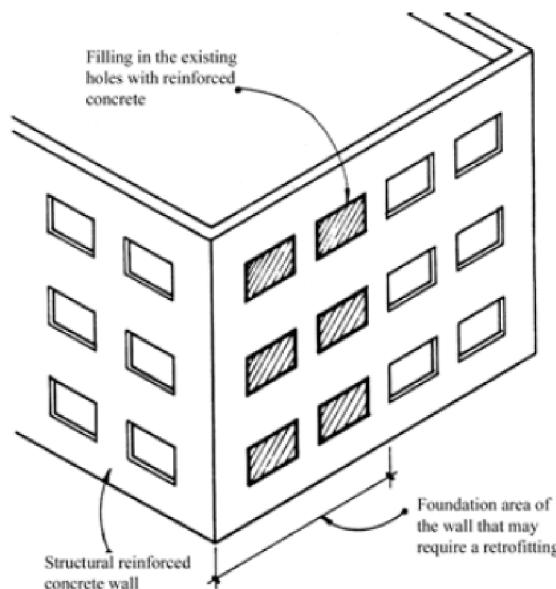
الشكل (5-17): رفع كفاءة الجدار باستخدام
الوصلات [12]

2-2-4-1-5 التدخل الذي يتضمن تغيير في الجدران الإنشائية البetonية المسلحة

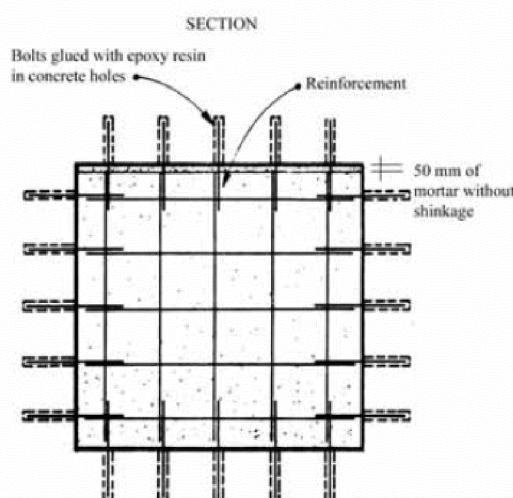
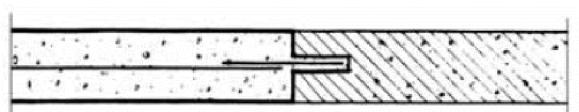
حيث تتضمن ما يلي:

- إدخال جدران بيتونية مسلحة جديدة للنظام القائم، هذا الإجراء شبيه بإدخال الجدار الإنشائي للإطارات البetonية المسلحة.

- ملء المساحات الفارغة للأبواب والنوافذ كما هو موضح في الشكل (18-5) و(19-5).



الشكل (18-5): التغيير في الجدار الإنشائي البeton المسلح من خلال ملء المساحات الفارغة مثل النوافذ، التدخل في المبني الحجرية [12]



الشكل (19-5): التفاصيل المأخوذة بعض الاعتبار في عملية ملء المساحات الفارغة في الجدران الإنشائية بالبenton المسلح [12]

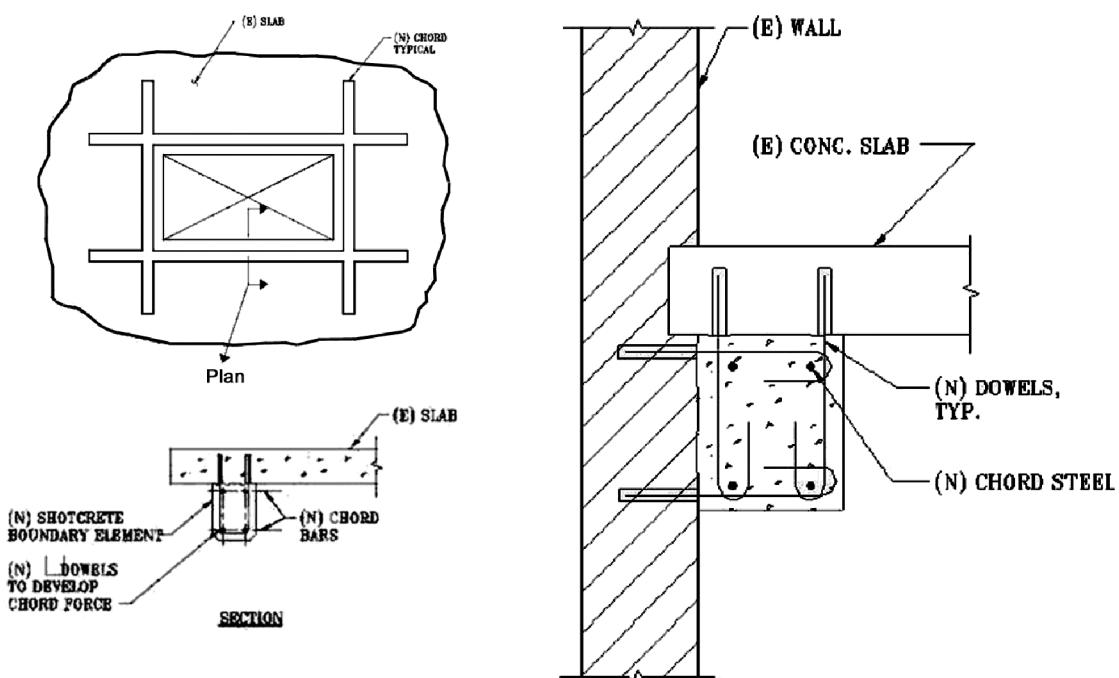
5-4-3- رفع كفاءة بلاطة السقف الخرسانية

تتجسد عيوب بلاطة السقف (floor diaphragm) إما بنقص في طاقة تحملها لقوى القص أو بنقص في طاقة تحمل وترها أو بزيادة إجهاد القص عند الفتحات.

يتم معالجة نقص طاقة تحمل بلاطة السقف لقوة القص إما بإضافة عناصر شاقولية للجملة الإنشائية لتخفيف قوى القص المطبقة على البلاطة أو بتقوية البلاطة نفسها بإضافة طبقة من الخرسانة لها. يمكن أن تكون هذه الطبقة أكثر كلفة لأنها تقتضي إزالة القواطع وطبقات إكساء الأرضيات ويمكن أن تتطلب تقوية الجوائز والأعمدة لتحمل الحمل الميت الإضافي.

يمكن تقوية وتر البلاطة بإضافة عناصر خرسانية أو فولاذية جديدة. ويبيّن الشكل (20-5) إحدى هذه الطرق حيث تم تنفيذ عنصر خرساني عند إتصال البلاطة بالجدار. يمكن تنفيذ هذا العنصر فوق البلاطة ولكن قد يكون لذلك انعكاس على الفراغ المعماري. ويمكن تقوية وتر البلاطة بتنفيذ حزام فولاذي خارجي حول البناء وربط هذا الحزام مع البلاطة والجدار بالعدد الكافي من التشاريak لنقل القص من البلاطة إلى الجدار.

يمكن تخفيف الإجهادات القاسية عند الفتحات بتوزيع القوى في بلاطة السقف بواسطة إطار خرساني ينفذ حول الفتحة تحت البلاطة ويعمل بشكل مشترك معها نتيجة تنفيذ تشاريak تربط الإطار ببلاطة السقف كما في الشكل (21-5).

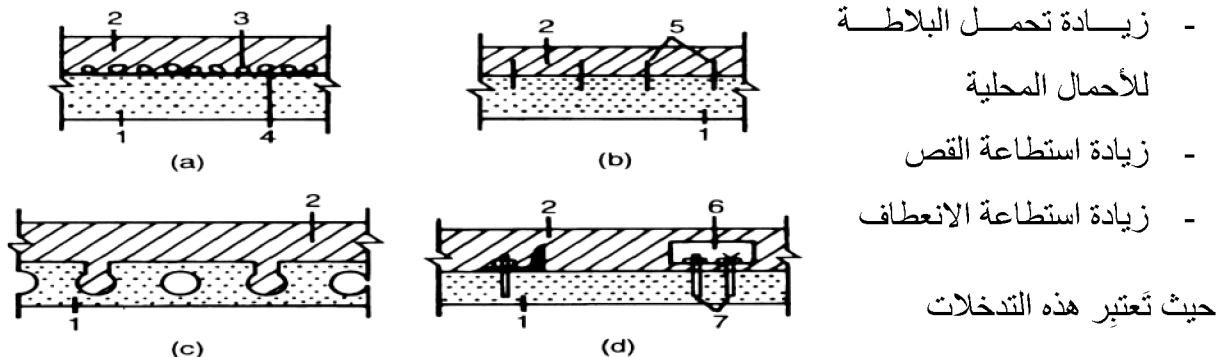


[19] (21-5)

[19] (20-5)

حيث تهدف هذه التدخلات في البلاطات إلى ما يلي:

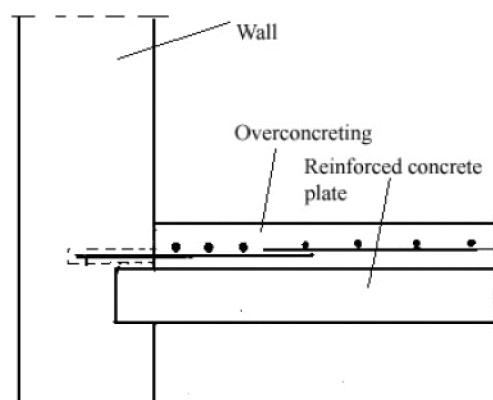
- زيادة المثانة لمنع الانهيارات في أماكن الربط ما بين العناصر الشاقولية والأسقف (نقل قوى القص ما بين العناصر الشاقولية والديافراغم).
- زيادة مثانة البلاطة في أماكن الضعف المحلي (الأماكن التي تحتوي فتحات). إن زيادة تحمل البلاطة لقوى القص عادة يتم من خلال إضافة بيتون للسقف.
- الربط ما بين البeton المضاف والبلاطة القائمة يتم بأحد التقنيات الموضحة في الشكل (22-5).
- يتم تسليح البeton المضاف من خلال شبكات من حديد التسليح.



1 – existing floor; 2 – overconcreting; 3 – gravel; 4 – epoxy adhesive; 5 – bolts attached with epoxy resins; 6 – connectors (metallic profile – angle); 7 – expandable bolts

الشكل (22-5): البeton المضاف إلى البلاطة [12]

إن زيادة قدرة الانعطاف يمكن أن تتم من خلال إضافة أو زيادة تسليح شد والذي يلعب دور الوثاقة. التسليح الإضافي الضروري ويمكن أن يتوضع ضمن البeton المضاف (في حال كان التدخل يتضمن بيتون مضاد). الشكل (23-5).



الشكل (23-5): إضافة البeton إلى البلاطة مع تسليح إضافي لمقاومة الانحناء [12]

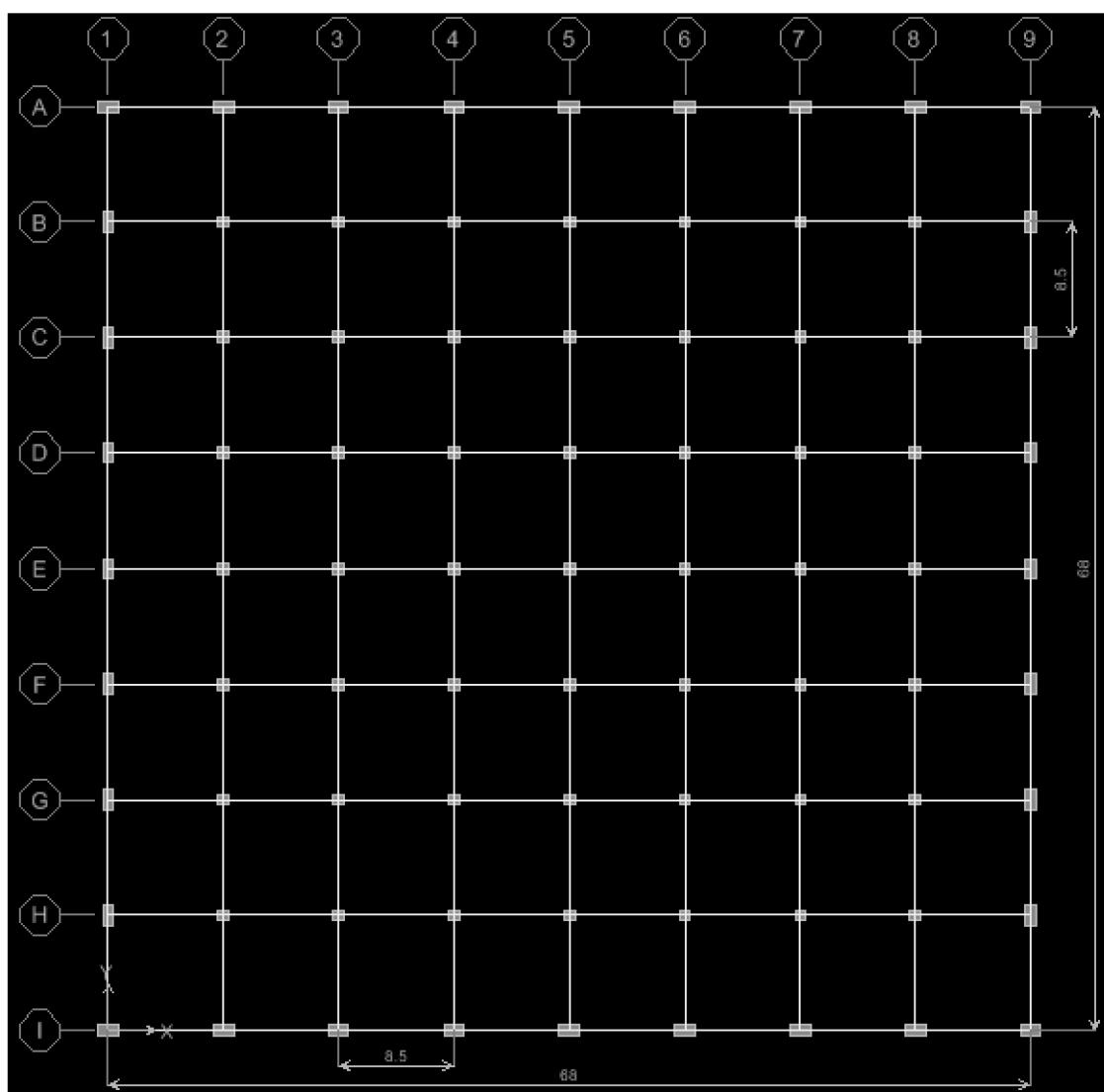
الفصل السادس

أمثلة تطبيقية عددية

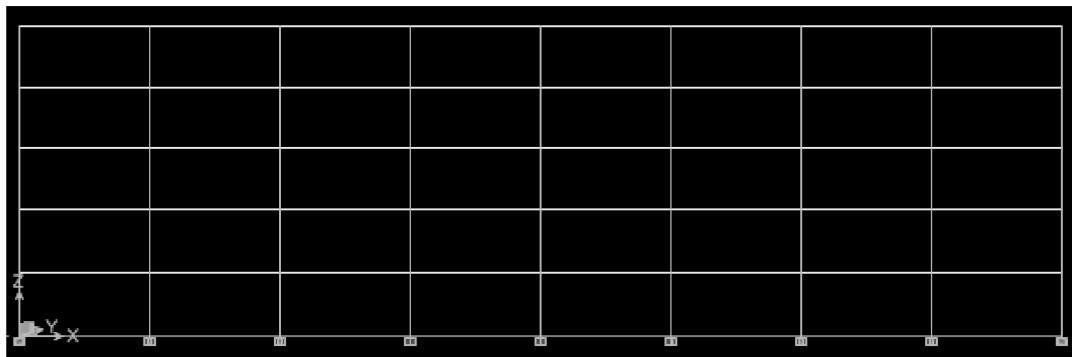
المثال الأول:

مبني إطاري مقاوم للعزوم مؤلف من خمسة طوابق موجود في المنطقةزلزالية الثالثة وعلى تربة صلبة SB.

شكل مسقٍط المبني مربع أبعاده 68m في كل اتجاه في كافة الطوابق كما في الشكلين (1-6)، (2-6).



الشكل (1-6): المسقٍط الأفقي للمبني



الشكل (2-6): المقطع الرأسي للمبنى

الارتفاع الطابقي .4m

بلاطة الأسفف والأرضية عبارة عن بلاطة معصبة بطبقة تغطية بيтонية سماكتها 75mm وأعصاب بالاتجاهين أبعادها .0.15mX0.35m

أبعاد الجوانز على محيط البناء 0.8mX1.5m

أبعاد الأعمدة على محيط المبنى 1.5mX0.8m وأبعاد بقية الأعمدة 0.8mX0.8m

المقاومة المكعبية للخرسانة $f_{yt} = 240 \text{ MPa}$ و $f_y = 415 \text{ MPa}$ و $f_{ck} = 20 \text{ MPa}$

الجملة الإنسانية المقاومة للأحمال الزلزالية هي الإطارات الطرفية فقط وهي إطارات عادية مقاومة

للعزم: $R=3.5$

متوسط الحمل الميت على السطح $= 7kN/m^2$

متوسط الحمل الميت الطابقي $= 8kN/m^2$

متوسط الحمل الحي $= 3kN/m^2$

الحل:

التقييم الأولي

الاختبارات المتعلقة بالشكل

مسار الأحمال: هناك طريقين متكاملين ينقلان قوى العطالة من المنشأ إلى التربة

الشكل الهندسي: الأبعاد الأفقية متساوية بالاتجاهين في كافة الطوابق

الطابق الضعيف: لا يوجد هناك تغيرات مفاجئة في المثانة من طابق لآخر أو عدم انتظام في الشكل

الهندسي. وبالتالي لا يوجد طابق ضعيف

الطابق اللين: لا يوجد هناك تغيرات مفاجئة في القساوة من طابق لآخر أو عدم انتظام في الشكل

الهندسي. وبالتالي لا يوجد طابق لين

الانقطاعات الشاقولية: العناصر الشاقولية في النظام المقاوم للأحمال الجانبية مستمرة للأساسات
 الكتلة: الكتلة الفعالة في كافة الطوابق متساوية ماعدا السطح. الكتلة الفعالة للسطح تختلف بنسبة
 $150\% > 20\%$

الفيل: المبني متاضر، ينطبق فيه مركز الكتلة على مركز القساوة
 الأبنية المجاورة: لا يوجد أبنية مجاورة
 الأعمدة القصيرة: لا يوجد أعمدة قصيرة

الاختبارات المتعلقة بالمتانة

- القص القاعدي الزلالي التصميمي

سنحدد القص القاعدي بالاتجاهين بالاعتماد على الطريقة الستاتيكية الثانية وفقاً للملحق الثاني من الكود السوري (UBC97) وذلك لأن البناء منتظم وارتفاعه أقل من 73m وسنعتبر الإطارين الطرفيين (A, I) هما الإطارين المقاومين للأحمال الأفقيّة بالاتجاه X والإطارين الطرفيين (I, 9) هما الإطارين المقاومين للأحمال الأفقيّة بالاتجاه Y.

أولاً: حساب القص القاعدي في الاتجاه (X)

$$C_a = C_v = 0.3$$

يحدد الدور الأساسي باعتبار الجملة الإنسانية جملة إطارات خرسانية أي:

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} = 0.0731 (20)^{3/4} = 0.691 \text{ sec}$$

ومن التحليل الديناميكي ينتج:

$$T_{used} = 0.691 \text{ sec}$$

وعليه يحدد القص القاعدي كما يلي:

$$V_x = \frac{C_v I}{R T} W = \frac{0.3 X 1}{3.5 X 0.691} W = 0.124 W$$

$$V_{max} = \frac{2.5 C_a I}{R} W = \frac{2.5 X 0.3 X 1}{3.5} W = 0.214 W$$

$$V_{min} = 0.11 C_a I W = 0.11 X 0.3 X 1 X W = 0.033 W$$

إذاً يحدد القص القاعدي في هذا الاتجاه وفقاً للعلاقة التالية:

$$V_x = 0.124 W = 0.124 (4 X 8 X 68^2 + 7 X 68^2) = 22361.66 kN$$

باعتبار أن دور المنشأ $T < 0.7 \text{ sec}$ لا داعي لحساب القوة الزلزالية الواجب تركيزها في أعلى البناء

توزع هذه القوة على ارتفاع البناء كما هو مبين في الجدول (1-6) وفق العلاقة التالية:

$$F_z = V_x \frac{w_z h_z}{\sum w_i h_i}$$

الجدول (1-6)

الطبق <i>i</i>	$h_i [m]$	$w_i [kN]$	$w_i h_i$	$\frac{w_i h_i}{\sum w_i h_i}$	$F_z [kN]$
5	20	32400	648000	0.305	6820.306
4	16	36900	590400	0.278	6216.542
3	12	36900	442800	0.208	4651.225
2	8	36900	295200	0.139	3108.271
1	4	36900	147600	0.069	1565.316
		Σ	2124000		22361.66

- حساب إجهاد الفص في أعمدة الإطار البيتوبي (التحقق وفق الكود الهندي)

$$\tau_{col} = \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right)$$

n_c : العدد الكلي للأعمدة المقاومة للأحمال الجانبية باتجاه التحميل

n_f : العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل

A_c : مجموع مساحات المقاطع العرضية للأعمدة في الطابق المأخوذة بعين الاعتبار

V_j : الفص الطابقي الأعظمي عند المنسوب الطابقي j

ويوضح الجدول (6-2) إجهادات الفص في الأعمدة.

الجدول (2-6)

الطبق <i>i</i>	<i>n_c</i>	<i>n_f</i>	<i>A_c</i> [m ²]	<i>V_j</i> [kN]	τ_{col} [Mpa]
5	18	2	21.6	6820.306	0.36
4	18	2	21.6	13036.85	0.68
3	18	2	21.6	17688.07	0.92
2	18	2	21.6	20796.34	1.08
1	18	2	21.6	22361.66	1.16

وكما هو وارد في الفقرة (1-4-1-2) يحدد إجهاد القص المسموح في الأعمدة كما يلي:

$$(\tau_{col})_{all} = 0.1\sqrt{f_{ck}} = 0.1\sqrt{20} = 0.45 \text{ Mpa} \quad \text{أو} \quad (\tau_{col})_{all} = 0.4 \text{ Mpa}$$

$$(\tau_{col})_{all} = 0.4 \text{ Mpa}$$

$$\tau_{col} > (\tau_{col})_{all}$$

- حساب الإجهاد الناظمي في أعمدة الإطارات الطرفية المقاومة للعزوم:

$$F_{\circ} = \frac{2}{3} \left(\frac{V_B}{n_f} \right) \left(\frac{H}{l} \right)$$

القص القاعدي: V_B

n_f : العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل = 2

H : الارتفاع الكلي للمبنى = 20m

l : طول المبنى = 68m

$$F_{\circ} = \frac{2}{3} \left(\frac{22361.66}{2} \right) \left(\frac{20}{68} \right) = 2192.32 \text{ [kN]}$$

$$\sigma = \frac{2192.32 \times 10^3}{0.8 \times 1.5 \times 10^6} = 1.83 \text{ Mpa} \quad \text{الإجهاد المحوري الناظمي}$$

وكما هو وارد في الفقرة (4-4-1-2) يحدد الإجهاد الناظمي المسموح في الإطارات المقاومة للعزوم كما يلي:

$$\sigma_{all} = 0.25 f_{ck} = 5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma < \sigma_{all}$$

وبالتالي ننتقل إلى التقسيم التفصيلي لأن إجهادات القص في الأعمدة كانت أكبر من المسموحة.

التقييم التفصيلي

- حساب عزم الفتل الإضافي الناتج عن اللامركزية:

هناك تطابق مابين مركز الكتلة ومركز القساوة لذا نضيف اللامركزية الطارئة

$$e_x = e_y = 0.05X 68 = 3.4m$$

ويكون عزم الفتل الإضافي كما هو موضح في الجدول (3-6):

الجدول (3-6)

الطبق <i>i</i>	عزم الفتل الإضافي بالاتجاهين [kN.m]
السطح	23189.04
4 th	44325.28
3 th	60139.44
2 th	70707.56
1 th	76029.64

- توزيع القص على الإطارات

القص في الطابق الأرضي $V = 22361.66 kN$

اللامركزية الطارئة $e = 0.05X 68 = 3.4m$

عزم الفتل الطارئ في الطابق الأرضي $M_r = 22361.66X 3.4 = 76029.64 kN.m$

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{16.6} = 1.91 \times 10^4 Mpa$$

من الجدول (4-6) يتضح أن:

القص الكلي في الطابق الأرضي عند كل من الإطارات 1 و 9 = 11739.87 [kN]

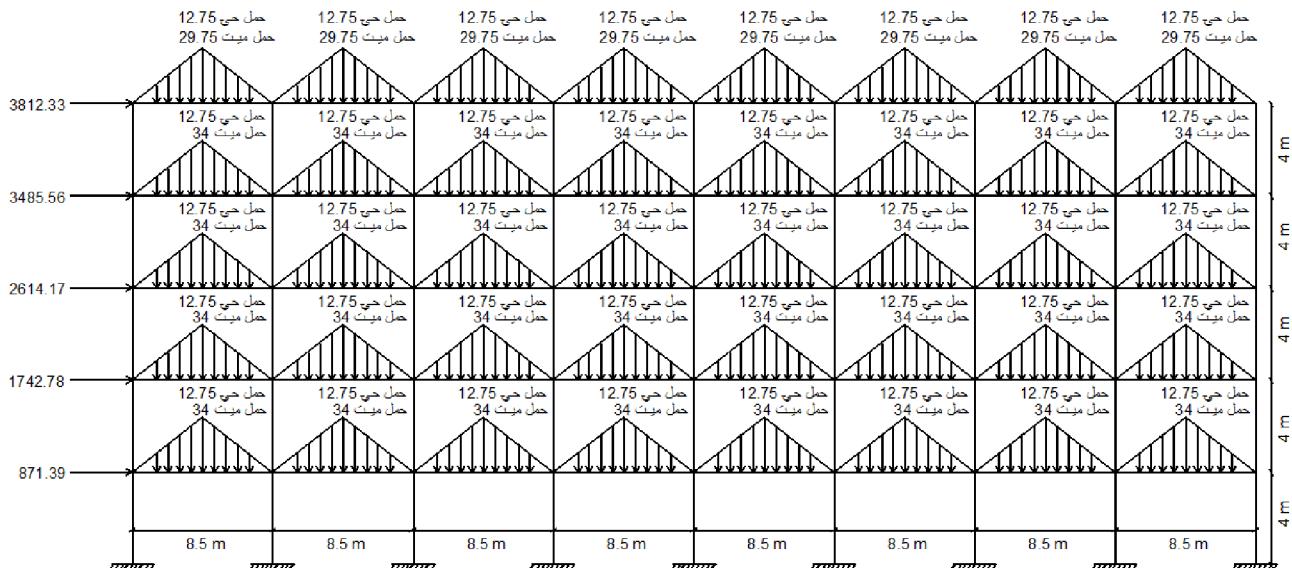
$$\text{الزيادة في القص الناتجة عن اللامركزية} = \frac{11739.87}{11180.83} = 1.05$$

$$\begin{aligned}
R &= \frac{12E_c I_c}{l^3} \\
I_c &= \frac{0.8X 1.5^3}{12} = 0.225m^4 \\
\Rightarrow R_i &= \frac{12X 1.91X 10^4 X 0.225}{20^3} = 6.45 \Rightarrow R = 9X 6.45 = 58.02 \\
\Rightarrow \Delta &= \frac{1}{R} = \frac{1}{58.02} = 0.017m
\end{aligned}$$

(4-6) الجدول

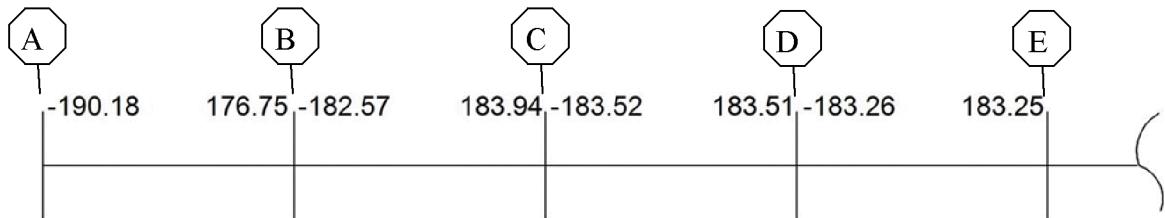
Frame	R`	$d[m]$	Rd	Rd^2	$F_v = \frac{R}{\sum R} V$	$F_m = \frac{Rd}{\sum Rd^2} M_T$	$F = F_v + F_m$
1	58.02	34	1972.68	67071.1	11180.8	559.04	11739.7
9	58.02	34	1972.68	67071.1	11180.8	559.04	11739.8
A	58.02	34	1972.68	67071.1	0	559.04	559.04
J	58.02	34	1972.68	67071.1	0	559.04	559.04
Σ				268284.5			

حيث تم توضيح الأحمال الشاقولية المئنة والحياة المطبقة على الإطار وكذلك التوزع الشاقولي للأحمال الجانبية في الشكل (3-6).

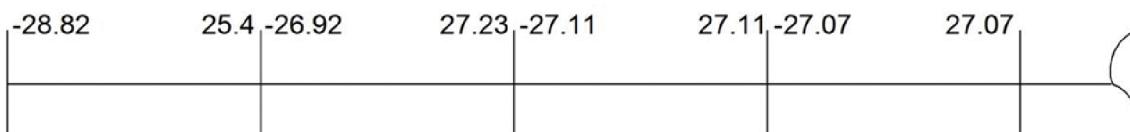


الشكل (3-6): الأحمال الشاقولية والجانبية المطبقة على الأطارات

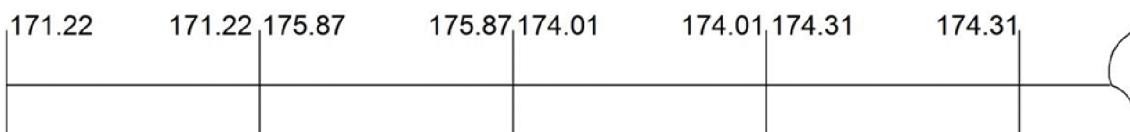
ويعطي تحليل الإطار نتائج القص التالية للجائز الواقع على المحور (1) في الطابق الأخير:



القص الناتج عن الأحمال المئنة [kN]



القص الناتج عن الأحمال الحية [kN]



القص الناتج عن الأحمال الزلزالية [kN]

ونتائج العزوم التالية للجائز الواقع على المحور (1) في الطابق الأخير:

A	B	C	D	E	
-294.91	-273.8	-276.65	-282.48	-282.58	-282.58 -281.87 -281.86
168.48	154.24	152.5	152.5	151.94	
العزوم الناتجة عن الأحمال الميّة [kN.m]					
-52.51	-37.97	-46.75	-48.05	-48.05	-48.04 -47.93 -47.92
31.6	29.25	28.82	28.82	28.72	
العزوم الناتجة عن الأحمال الحية [kN.m]					
764.53	-691.52	749.44	-744.39	739.82	-740.29 740.3 -740.3
36.85		1.99		0.286	
العزوم الناتجة عن الأحمال الزلزالية [kN.m]					

- تراكبات الأحمال

$$\begin{aligned} & 1.5D + 1.8L \\ & 1.1(1.2D \pm E + f_1 L) \\ & 1.1(0.9D \pm E) \end{aligned}$$

$E = \rho E_h + E_v$: الأفعال الناتجة عن الزلازل وتحدد من العلاقة التالية: E

E_h : الأفعال الناتجة عن المركبة الأفقية للهزة الأرضية وتحسب من القص القاعدي V .

ρ : معامل الوثوقية ودرجة عدم التقرير ويساوي 1.5 $\leq \rho = 2 - \frac{4.9 N_{bays}}{\sqrt{AB}}$ ≤ 1.5

$N_{bays} = 8$: عدد المجازات (الفتحات)

$AB = 68 \times 68 = 4624 m^2$: مساحة الطابق الأرضي مقدرة بالمتر المربع

$$1 \leq \rho = 1.42 \leq 1.5$$

E_v : الأفعال الناتجة عن المركبة الشاقولية للهزة الأرضية وتعطى بالعلاقة التالية:

$$E_v = 0.5 C_a ID = 0.5 \times 0.3 \times 1 \times D = 0.15 D$$

بالتعميض بتراكيب الأحمال ينتج:

$$1.1(1.2D + 0.5L \pm (1.42E_h + 0.15D)) \Rightarrow 1.1(1.35D + 0.5L \pm 1.42E_h)$$

$$1.485D + 0.55L \pm 1.562E_h$$

$$1.1(0.9D \pm (1.42E_h + 0.15D)) \Rightarrow 1.1(0.75D \pm 1.42E_h)$$

$$0.825D \pm 1.562E_h$$

وبالتالي يمكن تلخيص تراكيب الأحمال كما يلي:

$$1.5D + 1.8L$$

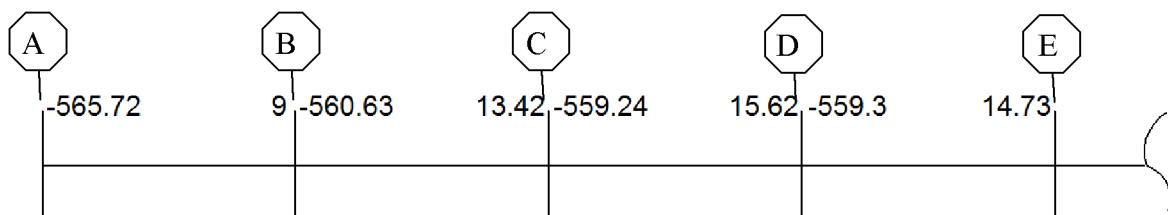
$$1.485D + 0.55L + 1.562E_h$$

$$1.485D + 0.55L - 1.562E_h$$

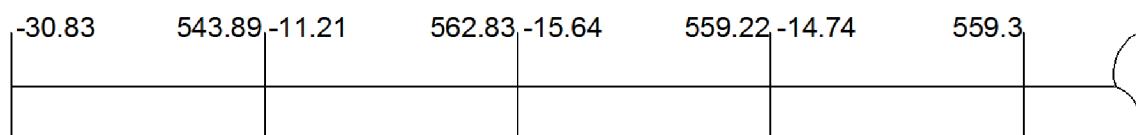
$$0.825D + 1.562E_h$$

$$0.825D - 1.562E_h$$

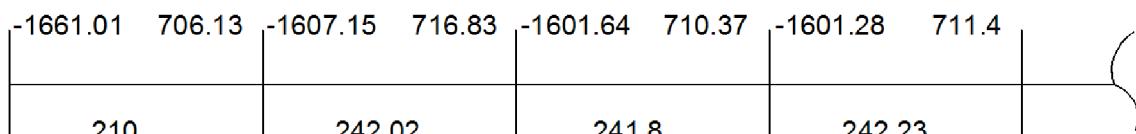
قيم قوى القص بالـ [kN] الناتجة عن تراكيب الأحمال كما يلي: $1.485D + 0.55L - 1.562E_h$



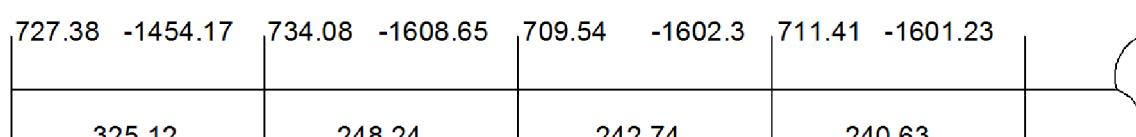
قيم قوى القص بالـ [kN] الناتجة عن تراكيب الأحمال كما يلي: $1.485D + 0.55L + 1.562E_h$



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تراكيب الأحمال كما يلي: $1.485D + 0.55L - 1.562E_h$



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تراكيب الأحمال كما يلي: $1.485D + 0.55L + 1.562E_h$



- التحقق على الانعطاف للجائز الواقع على المحور (1) في الطابق الأخير

أبعاده 150X80cm بتسليح طولي علوي 8T25mm وتسليح طولي سفلي 8T25mm وسيتم في الجدول (5-6) توضيح قيم عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز.

الجدول (5-6): عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز

الموقع	Mu[kN.m]	التسليح الموجود	[cm^2]	التسليح الموجود	y [cm]	$\Omega M_n[kN.m]$
A عند وجه العمود على يمين المحور	-1661.01	8T25	39.25	144.3	2027.24	
وسط المجاز الأول	325.12	8T25	39.25	144.3	2027.24	
B عند وجه العمود على يسار المحور	-1454.17	8T25	39.25	144.3	2027.24	
B عند وجه العمود على يمين المحور	-1607.15	8T25	39.25	144.3	2027.24	
وسط المجاز الثاني	248.24	8T25	39.25	144.3	2027.24	
C عند وجه العمود على يسار المحور	-1608.65	8T25	39.25	144.3	2027.24	
C عند وجه العمود على يمين المحور	-1601.64	8T25	39.25	144.3	2027.24	
وسط المجاز الثالث	242.74	8T25	39.25	144.3	2027.24	
D عند وجه العمود على يسار المحور	-1602.3	8T25	39.25	144.3	2027.24	
D عند وجه العمود على يمين المحور	-1601.28	8T25	39.25	144.3	2027.24	
وسط المجاز الرابع	242.23	8T25	39.25	144.3	2027.24	
E عند وجه العمود على يسار المحور	-1601.23	8T25	39.25	144.3	2027.24	

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{415} \times 800 \times 1455 = 2524.34 \text{ mm}^2 = 25.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\max} = 0.5 A_{sb} = 0.5 \times \frac{455}{630 + f_y} \frac{f_c}{f_y} b_w d$$

$$\Rightarrow A_{s\max} = 0.5 \times \frac{455}{630 + 415} \frac{16.6}{415} \times 800 \times 1455 = 10136.27 \text{ mm}^2 = 101.36 \text{ cm}^2$$

وبالتالي من الجدول (5-6) يتضح أن $M_u < \Omega M_n < A_s < A_{s\max}$ ومنه نستنتج أن الجائز محقق على الانعطاف.

- التتحقق على القص للجائز الواقع على المحور (1) في الطابق الأخير

التسليح العرضي عبارة عن إسوارتين قطر 10mm كل 25cm.

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85 b_w d}$$

$$\tau_u = \frac{565.72 * 10^3}{0.85 * 800 * 1455} = 0.572 \text{ MPa}$$

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 0.23 \sqrt{16.6} = 0.94 \text{ MPa}$$

$$\tau_u < \tau_{cu}$$

$$n * ast = \frac{0.35}{f_{yt}} b_w S$$

بفرض أن $n = 4$ و قطر الإسارة 10mm

$$4 \times 78.54 = \frac{0.35}{240} \times 800 \times S$$

$$S = 269.28mm$$

على ألا يزيد التباعد بين الأسوار عن الأصغر ما بين:

$$\begin{aligned} d/2 &= 145.5/2 = 72.75cm \\ 300mm &= 30cm \end{aligned}$$

وبحيث تحقق مساحة التسلیح العلاقة التالية:

$$A_s \min \geq \begin{cases} \frac{1}{6} \sqrt{f'_c} b_w S / f_y = 196.3mm^2 \\ 0.33 b_w S / f_y = 95.4mm^2 \end{cases}$$

$$A_s = 314.16mm^2 > A_s \min = 196.3mm^2$$

ومنه نستنتج أن الجائز محقق على القص.

- تحقيق العمود الطرفي الواقع في الطابق الثالث عند تقاطع المحورين (1) و (C)

نحدد مجموع القوى الشاقولية (حية ومية) كما يلي:

$$\sum P_D = 0.5 * 29.75 * 8.5 * 8 + 0.5 * 34 * 8.5 * 8 * 4 = 5635.5[kN]$$

$$\sum P_L = 0.5 * 12.75 * 8.5 * 8 * 5 = 2167.5[kN]$$

دراسة تأثير النحافة على زيادة العزم المطبق:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{16.6} = 1.91 \times 10^4 Mpa$$

بما أن للعمود في الطوابق 2 و 3 و 4 نفس المقطع فنجد:

$$I_{col} = 0.8 \times \left(\frac{80 \times 150^3}{12} \right) = 18 \times 10^6 cm^4$$

$$\frac{E_c I_{col}}{L_c} = \frac{1.91 \times 10^4 \times 18 \times 10^6 \times 10}{400} = 85.95 \times 10^8 kg/cm$$

بما أن الجائز في المنسوب (2) و(3) له نفس المقطع فنحدد عزم عطالة مقطعيه المتشقق كما يلي:

$$I_B = 0.4 \times \left(\frac{80 \times 150^3}{12} \right) = 900 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\frac{E_c I_B}{L_B} = \frac{1.91 \times 10^4 \times 900 \times 10^4 \times 10}{850} = 20.22 \times 10^8 \text{ kg/cm}$$

$$\psi_A = \psi_B = \frac{\sum \frac{E_c I_{col}}{L_c}}{\sum \frac{E_c I_B}{L_B}} = \frac{2 \times 85.95 \times 10^8}{20.22 \times 10^8} = 8.5$$

$$\psi_m = (\psi_A + \psi_B)/2 = 8.5$$

ومنه يحدد عامل الطول الفعال من العلاقة التالية:

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m} = 0.9 \sqrt{1 + 8.5} = 2.77$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{2.77 \times (400 - 150)}{0.3 \times 150} = 15.4 < 22$$

: الطول غير المسند من العمود.

r : نصف قطر عطالة مقطع العمود ويمكن أن يؤخذ مساوياً $0.3h$ حيث h بعد العمود في الاتجاه المدروس.

إذاً لا يؤخذ تأثير النحافة بالحساب يتم حساب العزم في نهايتي العمود بتطبيق العلاقات التاليتين:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_{ns} M_{1s} \quad , \quad M_2 = M_{2ns} + \delta_{ns} M_{2s}$$

: العزم في كل من نهايتي العمود M_1, M_2

M_{1ns}, M_{2ns} : العزم الناتج عن الأحمال التي لا تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود.

M_{1s}, M_{2s} : العزم الناتج عن الأحمال التي تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود.

δ_{ns} : عامل تضخيم العزم ويحدد من أجل كل حالة تراكب أحمال بالعلاقة التالية:

$$\delta_{ns} = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1$$

: مجموع الأحمال الشاقولية وفقاً لحالة تراكب الأحمال المعتبرة.

: مجموع القوى المحورية الحرجية لكل أعمدة الإطار قيد الدراسة.

وتحدد P_c لكل عمود وفق العلاقة التالية:

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d} \quad , \quad P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2}$$

: عزم عطلة مقطع العمود غير المتشقق. I_g

$\beta_d = 0$ في حالة أحمال الزلازل والرياح.

وسنوضح مجموع القوى المحورية الحرجية لكل أعمدة الإطار P_c في الجدول (6-6).

الجدول (6-6)

موقع العمود	عدد الأعمدة في الطابق	K	$\Sigma P_c [kN]$
العمود الطرفي الواقع على المحاور (1.9)	18	2.77	6368080.90

وحدّدت الحمولة الناظمية وعزم الانعطاف عند أعلى وأسفل العمود من خلال تحليل نموذج المنشأ ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج Etabs وكانت كما هو موضح في الجدول (7-6):

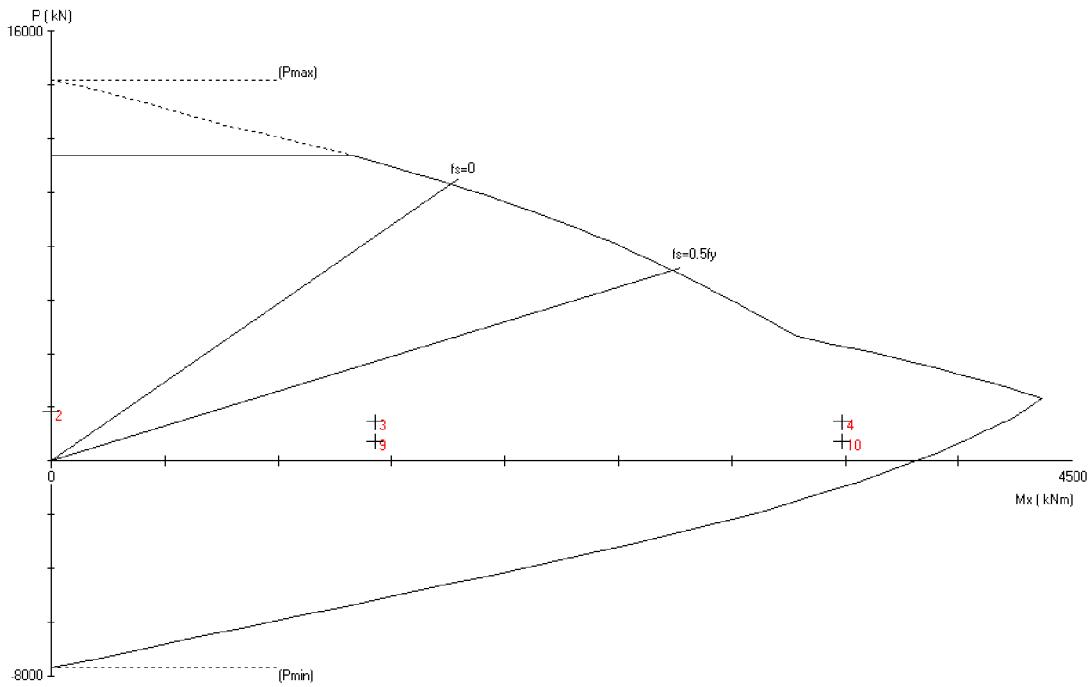
الجدول (7-6)

حالة التحميل	الحملة الناظمية	عزم الانعطاف أعلى العمود	عزم الانعطاف أسفل العمود
الحمل الميت (D)	832.71	-0.58	-0.29
الحمل الحي (L)	325.85	-0.22	-0.06
الحمل الزلزالي (Eh)	30.58	913.81	-2230.48

ويوضح الجدول (6-8) قيم العزوم للعمود المدروس والتي تم تمثيلها على مخطط الترابط الخاص بهذا العمود والموضح في الشكل (4-6):

الجدول (6-8)

نوع العمليات	المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار	العمليات المقدار
No	فراغ الأفضل										
1	1.5D+1.8L	1835.60	-1.27	-0.54	-1.27	-0.54	-1.27	-0.54	-1.27	-0.54	0.7
2	1.458D+0.55L+1.562Eh	1403.56	1426.39	-3484.47	1426.39	-3484.47	-0.97	-0.46	1005.19	-2453.53	9560.84
3	1.485D+0.55L+1.562Eh	1368.03	-1428.35	3483.55	-1428.35	3483.55	-0.97	-0.46	-1005.19	2453.53	9560.84
8	0.825D+1.1Eh	734.75	1426.89	-3484.25	1426.89	-3484.25	-0.49	-0.25	1005.19	-2453.53	4649.29
9	0.825D-1.1Eh	1466.60	-1428.42	3483.56	-1428.42	3483.56	-0.49	-0.25	-1005.19	2453.53	4649.29



الشكل (4-6): مخطط الترابط للعمود الطرفي الواقع على المحورين (1) و (C)
حيث نلاحظ من الشكل (4-6) أن جميع تراكيب الأحمال واقعة داخل مخطط الترابط ومنه نستنتج
أن العمود المدروس محقق على الضغط اللامركزي.

نتيجة:

بعد أن تم تقييم المبنى وفق معايير التقييم المبنية على المتانة آخذين بالحسبان العوامل المذكورة في الكود السوري، وجدها أن المبنى محقق لتلك المعايير وبالتالي لا داعي لإتباع استراتيجيات لرفع كفاءة المبنى.

التحليل статистический الالخطي

إن التحليل статистический الالخطي هو أحد الطرق الدقيقة و البسيطة المستخدمة لدراسة المنشآت ذات الأدوار القصيرة، ففي هذه الطريقة يتم تحويل التحليل الالخطي إلى سلسلة من التحاليل الخطية مع مكافأة النظام متعدد درجات الحرية بأخر أحادي درجة الحرية. يتم تعريف النظام متعدد درجات الحرية إلى نموذج تحمل جانبي يحاكي في معظم الحالات التسارعات النسبية المرتبطة بالنظام الأول للاهتزاز حيث يتم زيادة الحمل الجانبي المطبق بشكل تدريجي حتى يصل المنشأ إلى نهاية مرحلة المرونة.

تؤدي أي زيادة في الحمل بعدها إلى دخول المنشأ مرحلة الدونة و يبدأ تشكيل المفاصل اللدنة و عندها تتغير القساوة و يزداد الدور و كذلك يزداد انتقال سقف المنشأ.

طرائق لأداء تحاليل لا خطية مبسطة

هناك طرائقتان إحداهما تسمى بطريقة العوامل (Coefficient Method) و أخرى هي طريقة طيف الاستطاعة (Capacity Spectrum Method) و هذه الطريقة تعتمد في إيجاد نقطة الأداء و التي تقع على نقطة تقاطع طيف الاستطاعة و طيف الطلب التصميمي.

طريقة طيف الاستطاعة (Capacity Spectrum Method)

تعتمد هذه الطريقة على الطرائق الخطية المكافئة حيث يتم تقدير الانتقال الأعظمي لجملة لا خطية وحيدة درجة الحرية من الانتقال الأعظمي لجملة خطية وحيدة درجة الحرية لها دور ونسبة تخميد أكبر من مقابلاتها الابتدائية الخاصة بالجملة اللاخطية. حيث تسمى الجملة الخطية المستخدمة في تقدير انتقال الجملة اللاخطية بالجملة المكافئة.

الإجراءات المتبعة لتحديد منحنى الاستطاعة

الاستطاعة : هي تمثيل لقدرة المنشأ على مقاومة الطلب الزلزالي و يعتمد ذلك على مقاومة العناصر و قدرتها على التشوه في المرحلة ما بعد المرونة.

- 1- نمذجة المنشأ حاسوبياً : تقوم بنمذجة كافة الناصر الإنسانية وتحديد خواصها المرنة واللدنة والأماكن المحتملة لتشكل المفاصل اللدنة و الأساسات.
- 2- تصنف كل عنصر في النموذج على أنه رئيسي أو ثانوي.
- 3- تطبيق القوى الجانبية التي تتناسب مع كتلة الطوابق و نمط الاهتزاز الأساسي و هذا التحليل يتضمن أيضاً تطبيق القوى الشاقولية (قوى الجذب) وفق تراكمات الأحمال التالية:

$$QG = 1.1(QD + QL + QS)$$

$$QG = 0.9QD$$

حيث

QD : الحمل الميت المطبق

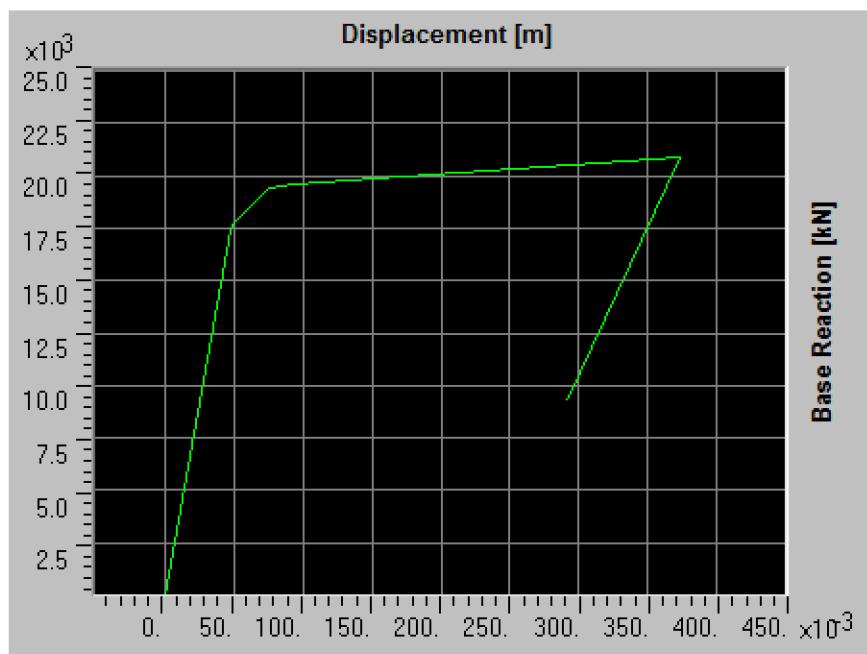
QL : الحمل الحي الفعال ويساوي 25% من الحمل التصميمي بشرط أن لا يقل عن الحمل

الحي المحسوب

QS : حمل الثلج ويساوي 70% من حمل الثلج الكلي التصميمي

بعد انتهاء التحميل بالحمولات الشاقولية تقوم بتعريف حالة دفع جانبي بالاتجاه X وبعدها يتم إجراء تحليل الدفع الجانبي للحصول على منحنى الاستطاعة (D-V) حيث يمثل

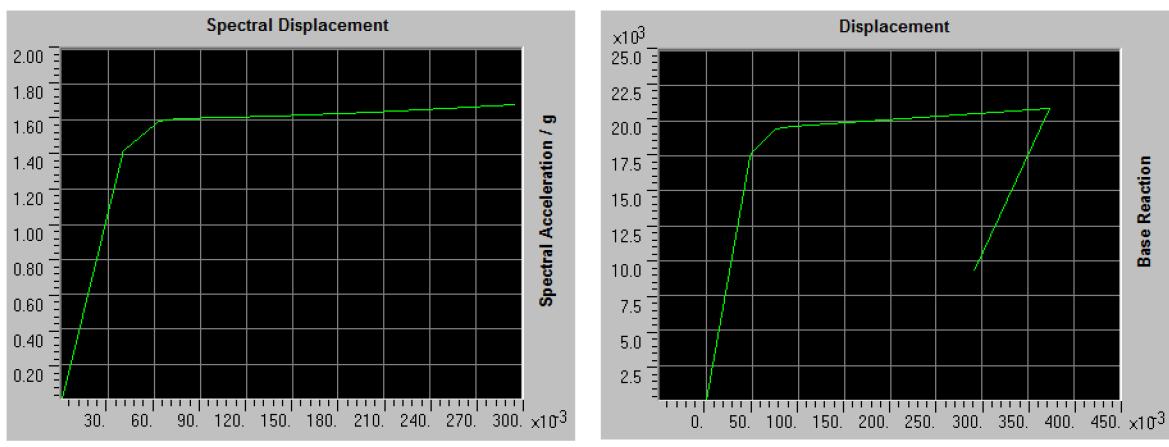
V: القص القاعدي و D: انتقال السطح (انتقال مركز الكتلة في أعلى البناء) الموضح في الشكل (5-6) حيث الوحدات المستخدمة هي (kN,m).



الشكل (5-6): منحني استطاعة المنشآة

تحويل منحني الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

حيث يتم تحويل منحني الاستطاعة الممثل بالعلاقة ما بين القص القاعدي و انتقال مركز الكتلة السقف الأخير لنظام متعدد درجات الحرية إلى طيف الاستطاعة لنظام أحادي درجة حرية مكافئ و الذي يمثل العلاقة ما بين الانتقال الطيفي و التسارع الطيفي لنمط الاهتزاز الأول (ADRS) أي علاقة ما بين S_a, S_d كما هو موضح في الشكل (6-6).



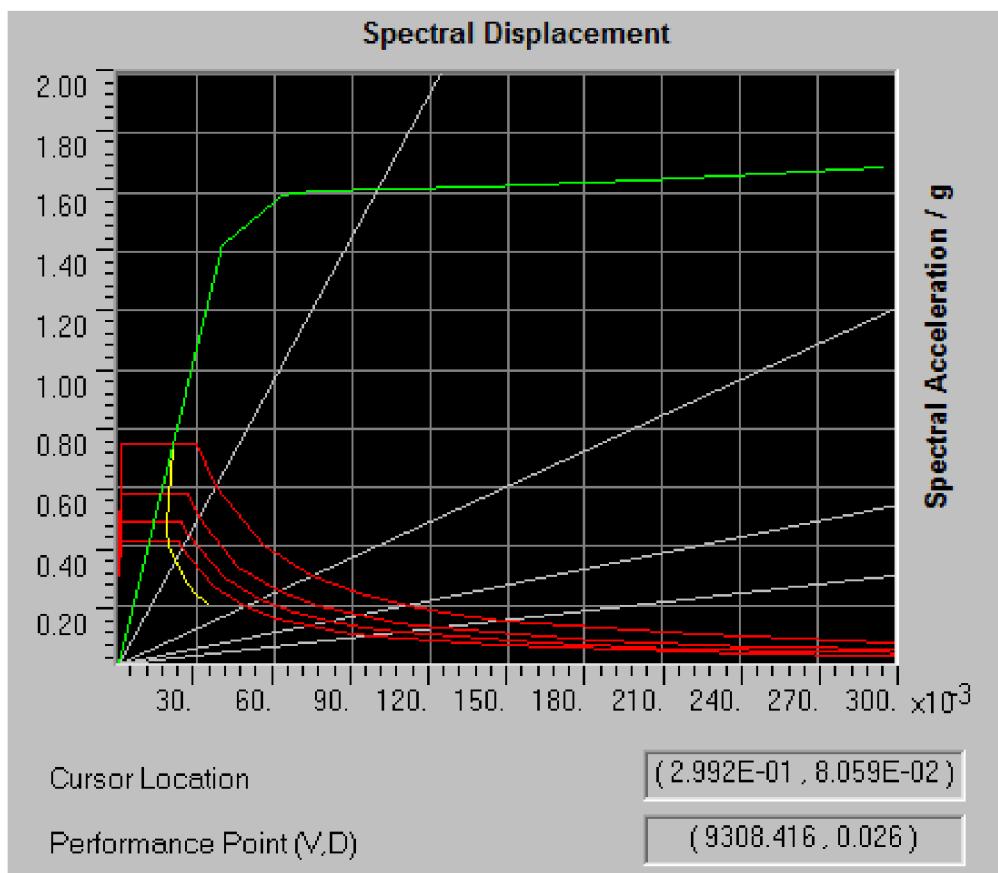
الشكل (6-6) تحويل منحني الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

إيجاد نقطة الأداء باستخدام طيف الاستطاعة

يجب أن تحقق نقطة الأداء الشرطين التاليين:

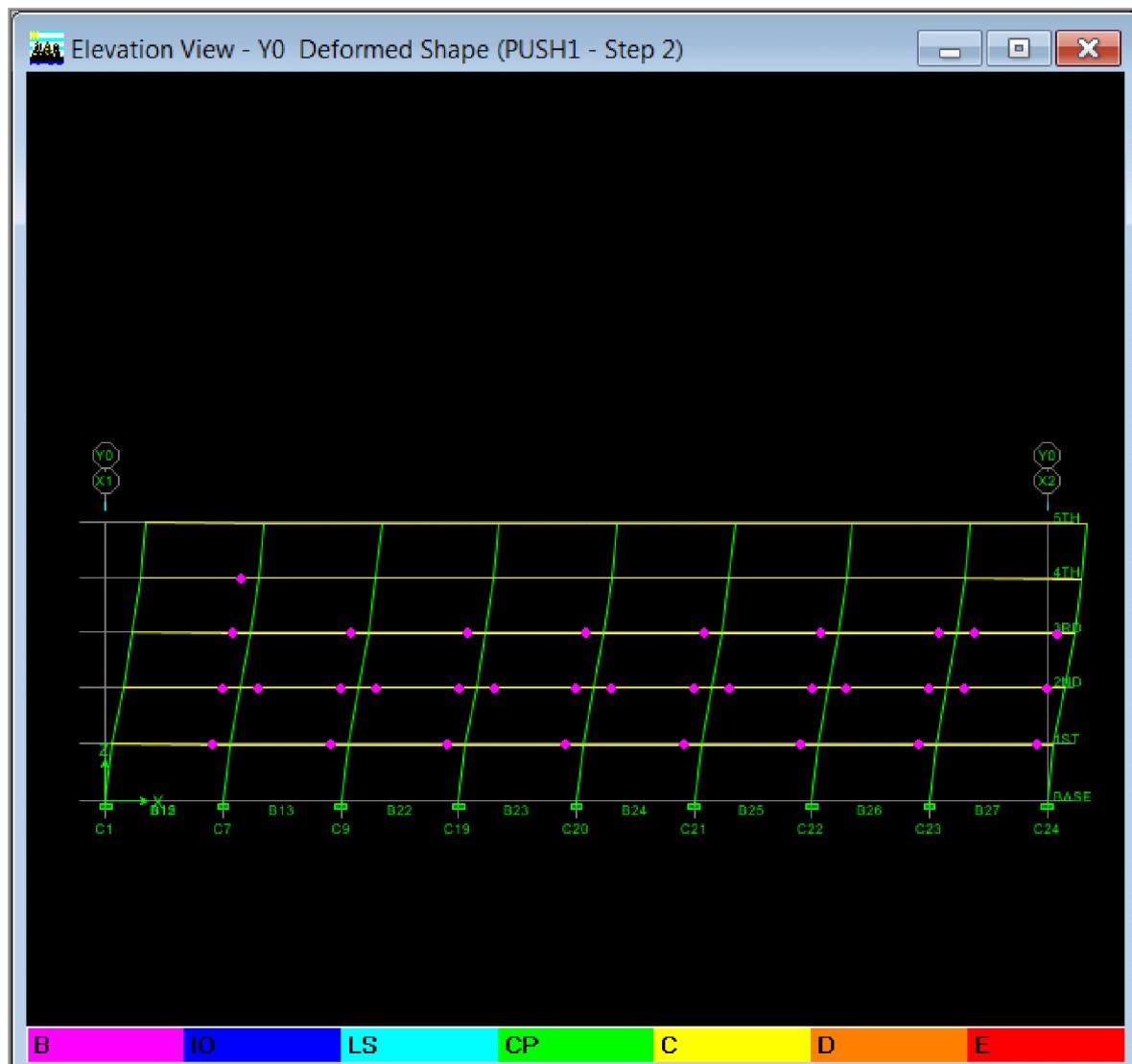
- 1- أن تكون النقطة منتمية لطيف الاستطاعة لتمثيل المنشأ عند الانتقال المطلوب.
- 2- أن تتنمي لطيف الطلب المخفض لتتمثل القوة الزلزالية التي يتعرض لها المنشأ عند نفس الانتقال المطلوب.

حيث تنتج نقطة الأداء (V,D) حيث $V = (9308.416[\text{kN}], 0.026[\text{m}]$: القص القاعدي و D : انتقال السطح من تقاطع طيف الطلب المخفض مع طيف الاستطاعة كما في الشكل (7-6):



الشكل (7-6)

إن المفاصل المتشكلة في عناصر المنشأ تحت تأثير قوة الدفع الجانبي عند نقطة الأداء موضحة في الشكل (8-6) إذ أن المفاصل المتشكلة في الجوانز هي مفاصل على العزم أما المفاصل المتشكلة في بالأعمدة فهي مفاصل على القوى P-M-M ولم يتشكل أي مفصل على القوة المحورية أو القص.



الشكل (8-6)

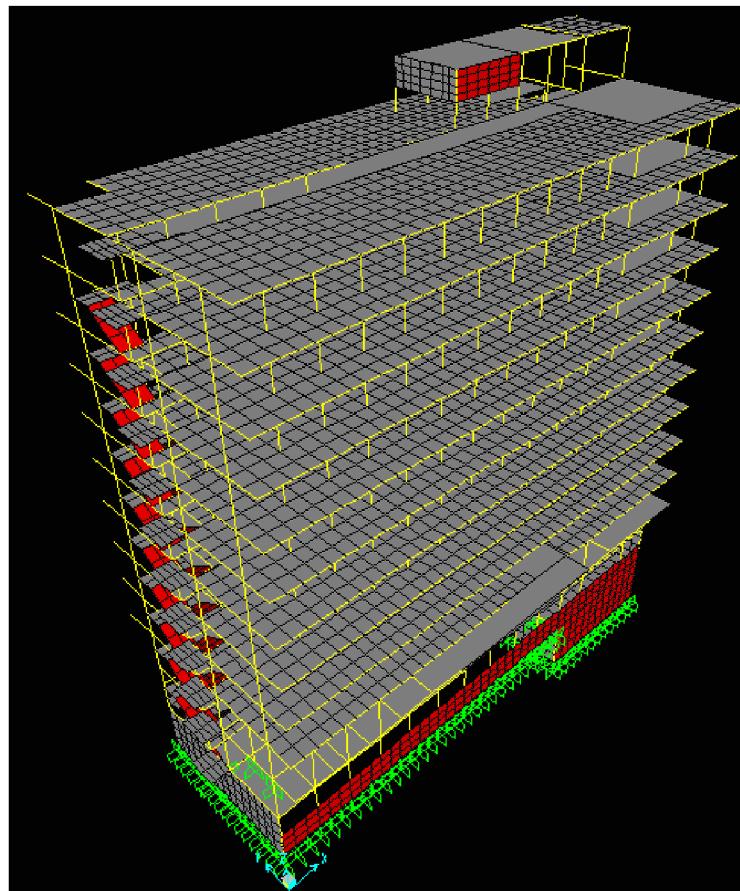
ومنه نجد أن أداء جميع المفاصل تقع في مستوى الإشغال الفوري.

نتيجة:

لدى اختبار أداء المبني بإجراء التحليل статический الالخطي له وجدنا أنه يقع عند مستوى الإشغال الفوري وهذا يعني وجود هامش أمان.

المثال الثاني: الوحدة الجامعية الأولى لسكن الطلاب في جامعة دمشق

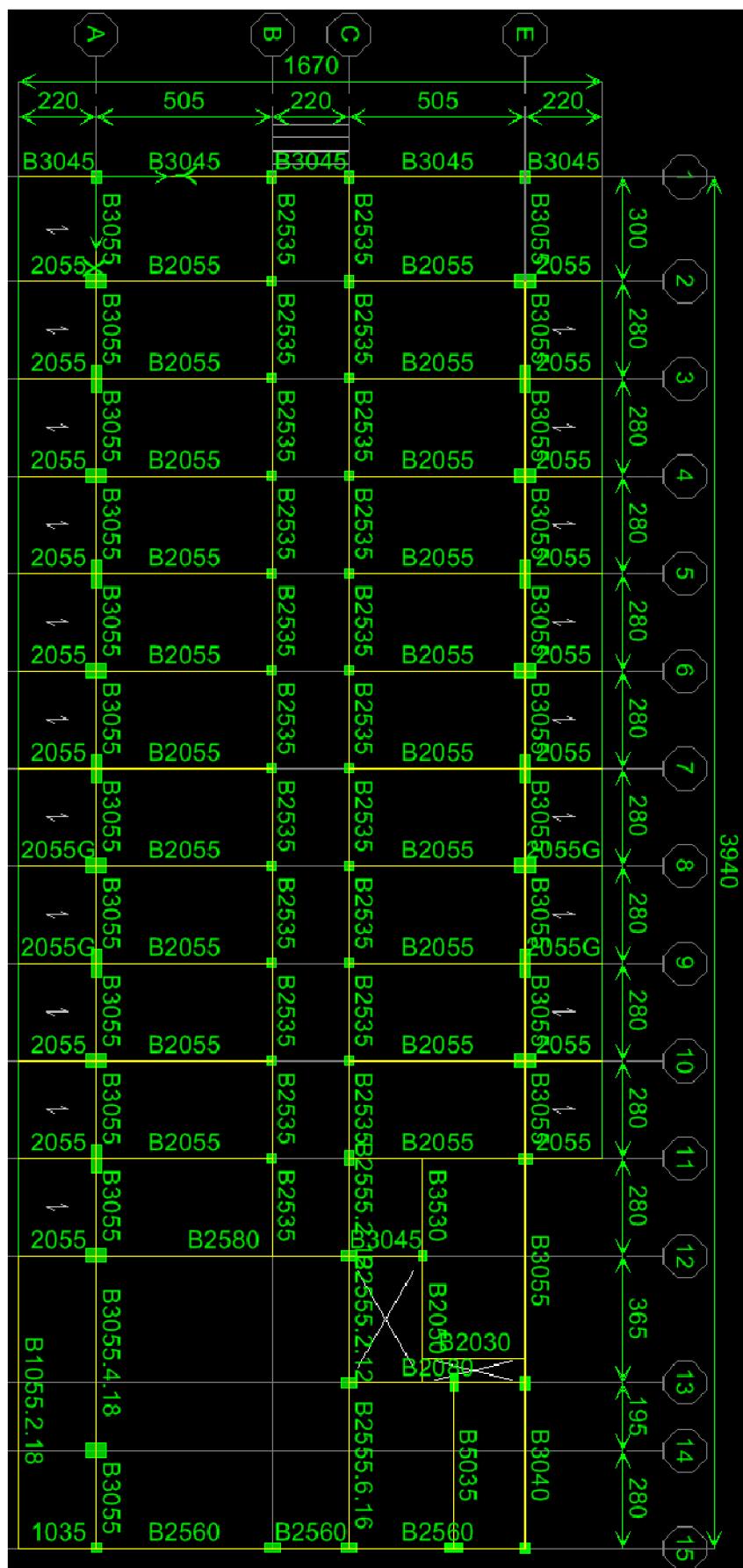
يتألف المبنى من كتلتين متلاজرتين كل منها أحد عشر طابقاً كما في الشكل (9-6) وهو موجود في المنطقة الزلزالية 2C وعلى تربة صلبة SB. الارتفاع الطابقي 3.2m وارتفاع كل من الطابق الأرضي والقبو 4m. المقاومة الأسطوانية للخرسانة $f_c' = 25 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $R=3.5$. الجملة الإنسانية عبارة عن إطارات عادية مقاومة للعزوم $f_{yt} = 400$.



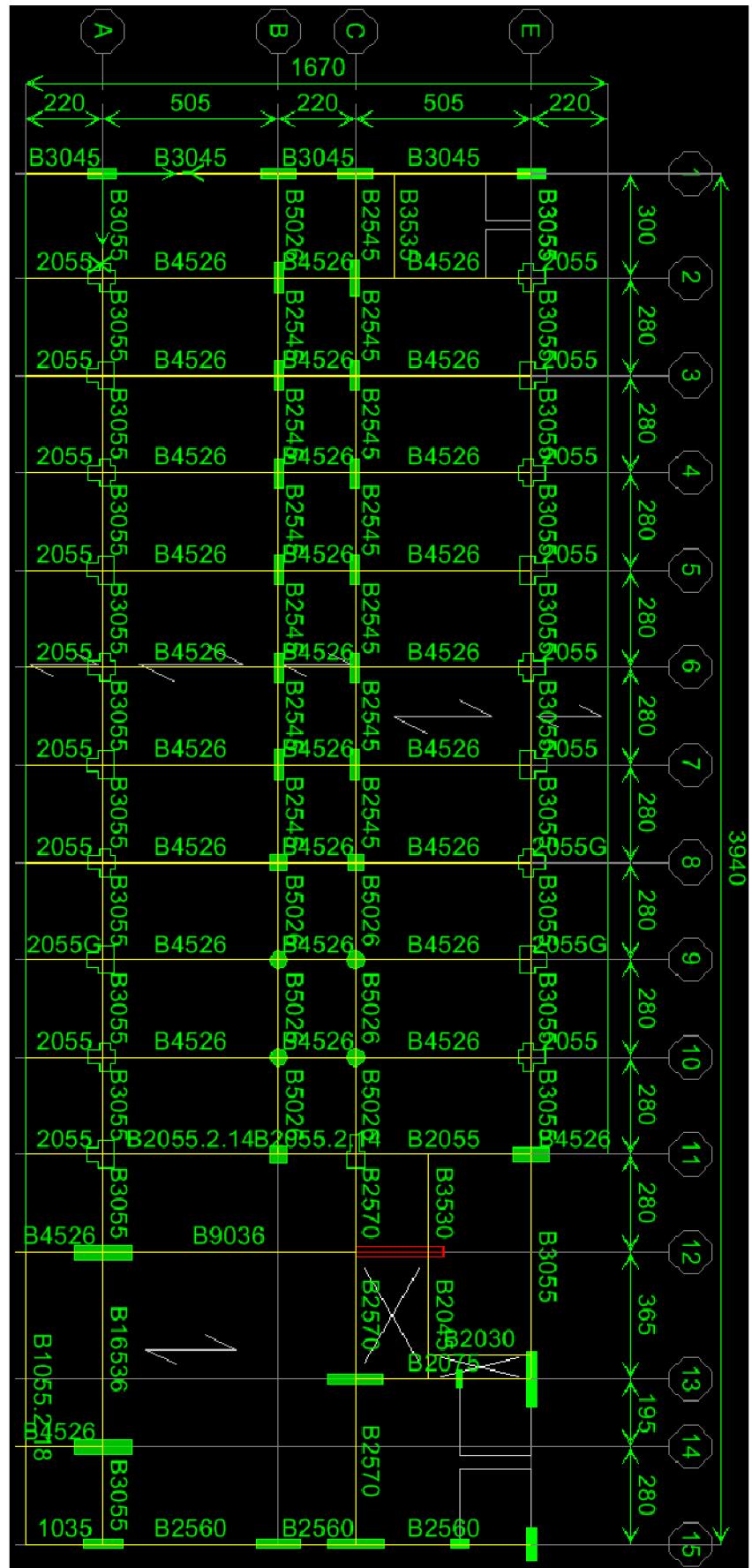
الشكل (9-6): نموذج ثلاثي البعد للمبنى

الحمل الميت ← البلاطات الداخلية في كافة الطوابق = $3[\text{kN}/\text{m}^2]$
 ← البلاطات الظرفية في كافة الطوابق = $2[\text{kN}/\text{m}^2]$
 الحمل الحي ← البلاطات الداخلية في كافة الطوابق = $2.5[\text{kN}/\text{m}^2]$
 ← البلاطات الظرفية والممر في كافة الطوابق = $5[\text{kN}/\text{m}^2]$
 ← ميدات الأدراج = $5[\text{kN}/\text{m}^2]$
 ← البلاطات في الطابق الأرضي = $5[\text{kN}/\text{m}^2]$

وسيتم توضيح أبعاد المبنى والجوانز ومقاطع الأعمدة في المسقط الأفقي للطابق المتكرر في الشكل (10-6) وللطابق الأرضي في الشكل (11-6).



الشكل (6-10): المسقط الأفقي للطابق المترعر



الشكل (11-6): المسقط الأفقي للطابق الأرضي

يوضح الجدول (9-6) أبعاد أغلف الجوائز:

الجدول (9-6)

الجائز	عرض مقطع الجائز [cm]	ارتفاع مقطع الجائز [cm]
B3070	30	70
B2560	25	60
B2570	25	70
B2055	20	55
B2555	25	55
B2555	25	55
B2550	25	50

يوضح الجدول (10-6) أبعاد وتسليح أغلف الأعمدة:

الجدول (10-6)

العمود	عرض مقطع العمود [cm]	طول مقطع العمود [cm]	التسليح الطولي
C2525	25	25	4T14
C2535	25	35	6T14
C2545	25	45	6T14
C2560	25	60	6T16
C2570	25	70	8T16
C2585	25	85	8T18
C2595	25	95	8T20
C3080	30	80	4T16
C4030	30	40	6T16
C4060	40	60	6T18
C25100	25	100	8T18
C25120	25	120	8T20
C30110	30	110	10T20
C40110	40	110	12T20
C40175	40	175	16T24

الحل:

التقييم الأولي

الاختبارات المتعلقة بالشكل

مسار الأحمال: هناك طريقين متكاملين ينقلان قوى العطالة من المنشأ إلى التربة.

الشكل الهندسي: المبنى عبارة عن كتلتين وهو مبني غير متوازن في كافة الطوابق.

الطابق الضعيف: لا يوجد هناك تغيرات مفاجئة في المتانة من طابق لآخر وبالتالي لا يوجد طابق ضعيف.

الطابق اللين: لا يوجد هناك تغيرات مفاجئة في القساوة من طابق لآخر وبالتالي لا يوجد طابق لين.

الانقطاعات الشاقولية: العناصر الشاقولية في الحملة المقاومة للأحمال الجانبية مستمرة للأساسات.

الكتلة: الكتلة الفعالة في كافة الطوابق متساوية ماعدا السطح. الكتلة الفعالة للسطح تختلف بنسبة أقل من 150%.

الأبنية المجاورة: المبني عبارة عن كتلتين يفصل بينهما فاصل تمدد عرضه 3cm وهو أكبر من $\sqrt{2.45^2 + 1.225^2} = 2.74\text{cm}$ حيث 2.45cm هو الانتقال اللدن لأعلى نقطة في الكتلة الأولى وينتج من تحليل هذه الكتلة على برنامج Etabs نجد أن الانتقال المرن لأعلى نقطة فيها يساوي 1cm ومن ثم نطبق العلاقة $0.7 * 3.5 * 1 = 2.45\text{cm}$ و $0.7R\Delta s = 1.225\text{cm}$ هو الانتقال اللدن لأعلى نقطة في الكتلة الثانية وينتج من تحليل هذه الكتلة على برنامج Etabs نجد أن الانتقال المرن لأعلى نقطة فيها يساوي 0.5cm ومن ثم نطبق العلاقة $0.7R\Delta s = 0.7 * 3.5 * 0.5 = 1.225\text{cm}$

الأعمدة القصيرة: لا يوجد أعمدة قصيرة

الاختبارات المتعلقة بالمتانة

- القص القاعدي الزلزالي التصميمي سنحدد القص القاعدي بالاتجاهين بالاعتماد على الملحق الثاني من الكود السوري أو (UBC97) و برنامج ETABS
- حساب القص القاعدي في الاتجاه (X)

يحدد الدور الأساسي باعتبار الجملة الإنسانية جملة إطارات خرسانية

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} = 0.0731(40)^{3/4} = 1.16\text{sec}$$

ومن التحليل الديناميكي ينتج:

وبالتالي يكون الدور المستخدم:

وعليه يحدد القص القاعدي:

$$V_x = 6719.27kN$$

باعتبار أن دور المنشأ $T > 0.7\text{sec}$ لا بد من حساب القوة الزلزالية الواجب تركيزها في أعلى البناء. توزع هذه القوة على ارتفاع البناء كما هو مبين في الجدول (11-6) وفق العلاقة التالية:

$$F_z = (V_x - F_t) \frac{w_z h_z}{\sum w_i h_i}$$

الجدول (11-6)

Fz	الديافرام	الطابق
1399.61	D13	STORY10
858.44	D12	STORY9
789.15	D11	STORY8
711.93	D10	STORY7
647.78	D9	STORY6
579.4	D8	STORY5
496.99	D7	STORY4
413.66	D6	STORY3
334.05	D5	STORY2
251.28	D4	STORY1
184.98	D3	GROUND
52	D2	BASE 1

التحليل статики الالخطي بالاتجاه X

الإجراءات المتبعة لتحديد منحني الاستطاعة

الاستطاعة : هي تمثيل لقدرة المنشأ على مقاومة الطلب الزلزالي و يعتمد ذلك على مقاومة العناصر و قدرتها على التنشوء في المرحلة ما بعد المرنة.

- 1- نمذجة المنشأ حاسوبياً : نقوم بنمذجة كافة الناصر الإنسانية و تحديد خواصها المرنة واللدنة والأماكن المحتملة لتشكل المفاصل اللدنة و الأساسات.
- 2- تصنیف كل عنصر في النموذج على أنه رئيسي أو ثانوي.
- 3- تطبيق القوى الجانبية التي تتناسب مع كتلة الطوابق و نمط الاهتزاز الأساسي و هذا التحليل يتضمن أيضاً تطبيق القوى الشاقولية (قوى الجذب) وفق تراكمات الأحمال التالية:

$$QG = 1.1(QD + QL + QS)$$

$$QG = 0.9QD$$

حيث

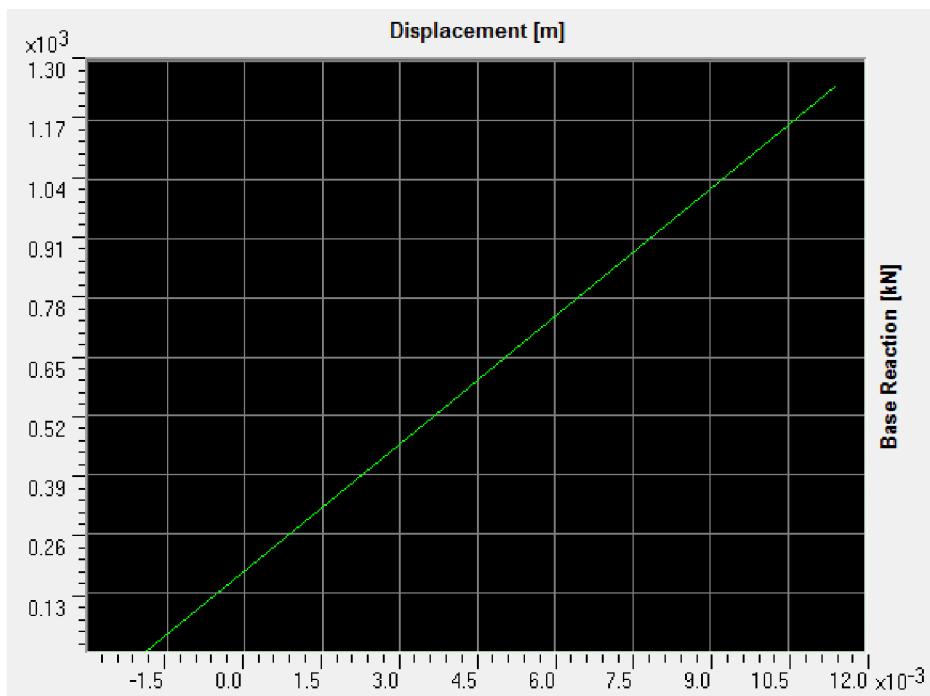
QD: الحمل الميت المطبق

Q_L : الحمل الحي الفعال ويساوي 25% من الحمل التصميمي بشرط أن لا يقل عن الحمل

الحي المحسوب

Q_S : حمل الثلوج ويساوي 70% من حمل الثلوج الكلي التصميمي

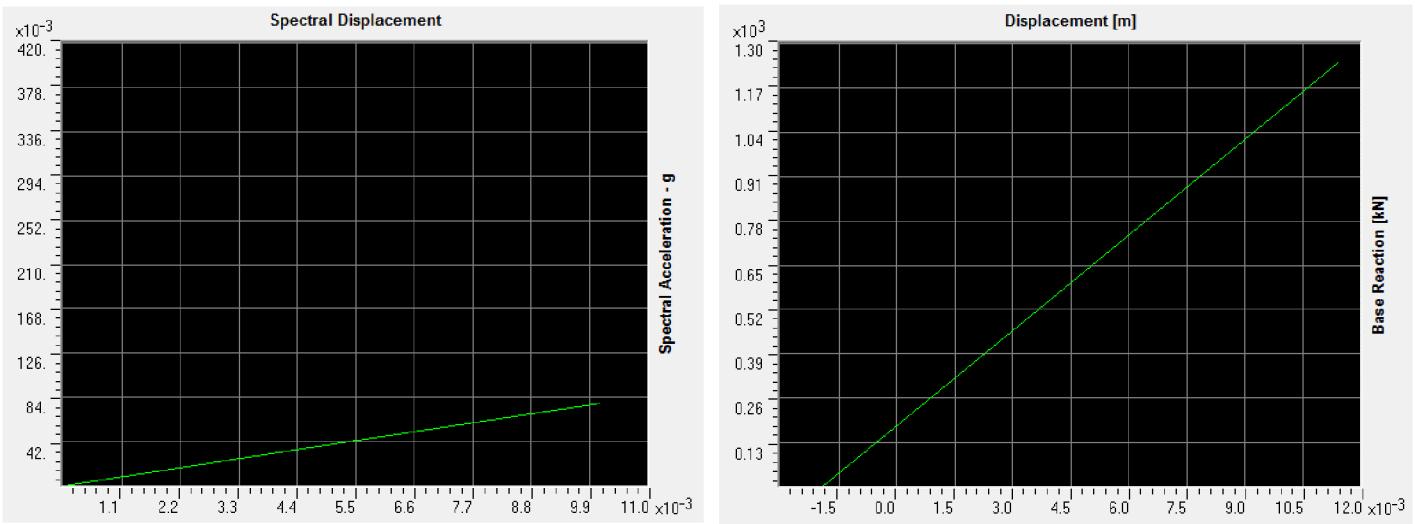
بعد انتهاء التحميل بالحمولات الشاقولية نقوم بتعريف حالة دفع جانبي بالاتجاه X وبعدها يتم إجراء تحليل الدفع الجانبي للحصول على منحني الاستطاعة (V-D) حيث يمثل V: القص القاعدي و D: انتقال السطح (انتقال مركز الكتلة في أعلى البناء) الموضح في الشكل (6-12) حيث الوحدات المستخدمة هي (kN,m).



الشكل (6-12): منحني استطاعة المنشأ

تحويل منحني الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

حيث يتم تحويل منحني الاستطاعة الممثل بالعلاقة ما بين القص القاعدي و انتقال مركز الكتلة السقف الأخير لنظام متعدد درجات الحرية إلى طيف الاستطاعة لنظام أحادي درجة حرية مكافئ و الذي يمثل العلاقة ما بين الانتقال الطيفي و التسارع الطيفي لنمط الاهتزاز الأول (ADRS) أي علاقة ما بين S_d ، S_a كما هو موضح في الشكل (6-13)



طيف الاستطاعة

منحني الاستطاعة

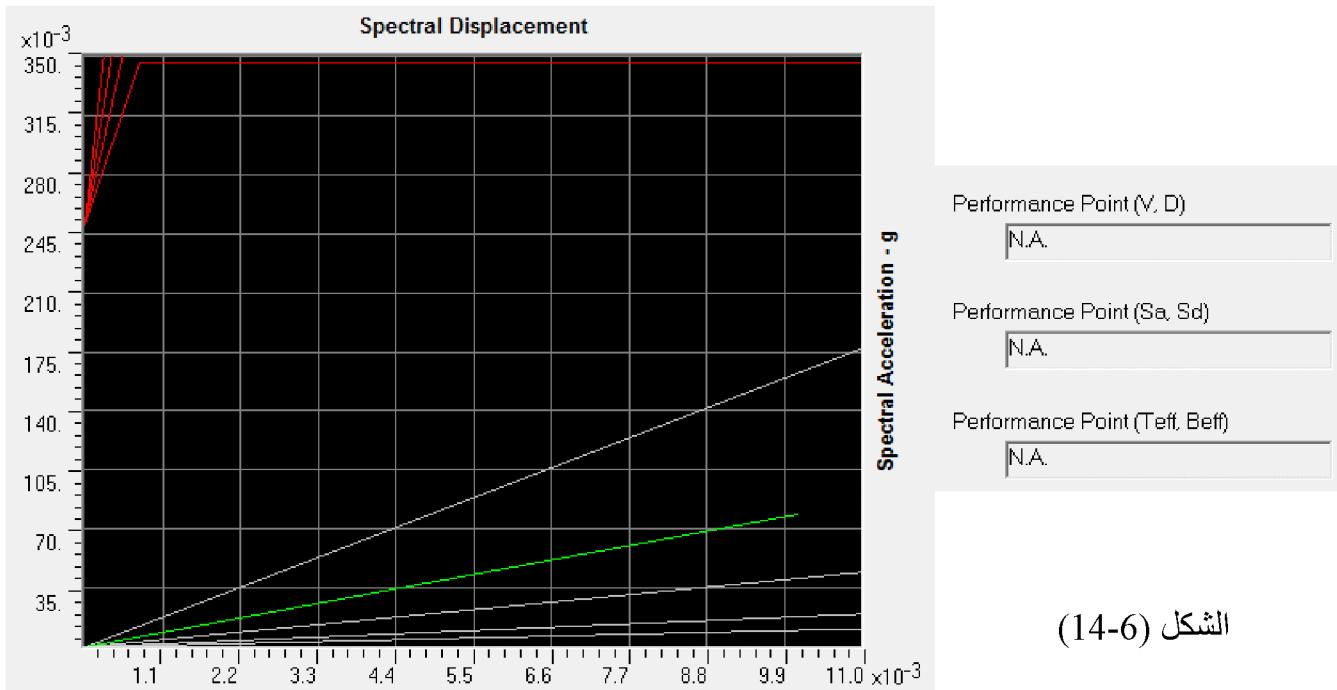
الشكل (6-13) تحويل منحني الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

إيجاد نقطة الأداء باستخدام طريقة طيف الاستطاعة

يجب أن تحقق نقطة الأداء الشرطين التاليين:

- 1- أن تكون النقطة منتمية لطيف الاستطاعة لتمثيل المنشأ عند الانتقال المطلوب.
- 2- أن تنتمي لطيف الطلب المخفي لتمثل القوة الزلزالية التي يتعرض لها المنشأ عند نفس الانتقال المطلوب.

حيث تنتج نقطة الأداء من تقاطع طيف الطلب المخفي مع طيف الاستطاعة



الشكل (14-6)

نتيجة:

نجد أن نقطة الأداء غير موجودة كما هو واضح في الشكل (14-6) وبالتالي المبنى غير قادر على مقاومة الهزة لذلك لابد من رفع الكفاءة والتي يمكن أن يتم بأحد أسلوبين إما بتغيير أبعاد العناصر المقاومة للأحمال الجانبية أو بتغيير الجملة الإنسانية وقد وجدنا من خلال تصميم المبنى أن تغيير أبعاد العناصر هو حل غير مجيئي لذا توجهنا لتغيير الجملة الإنسانية بإضافة جدران قص بالاتجاه X على المحورين C,B,C .

- إجهاد القص في أعمدة الإطار البيتوبي (التحقق وفق الكود الهندي)

$$\tau_{col} = \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right)$$

n_c : العدد الكلي للأعمدة المقاومة للأحمال الجانبية باتجاه التحميل

n_f : العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل

A_c : مجموع مساحات المقاطع العرضية للأعمدة في الطابق المأخوذة بعين الاعتبار

V_j : القص الطابقي الأعظمي عند المنسوب الطابقي J

ويوضح الجدول (12-6) إجهادات القص في الأعمدة.

الجدول (12-6)

Story	n_c	n_f	$A_c [m^2]$	$V_j [kN]$	$\tau_{col} [Mpa]$
STORY10	56	4	7.67	1399.61	0.20
STORY9	56	4	7.67	2258.05	0.32
STORY8	56	4	9.21	3047.2	0.36
STORY7	56	4	9.21	3759.13	0.44
STORY6	56	4	12	4406.91	0.40
STORY5	56	4	12	4986.31	0.45
STORY4	56	4	12.3	5483.3	0.48
STORY3	56	4	12.3	5896.96	0.52
STORY2	56	4	14.7	6231.01	0.46
STORY1	56	4	14.7	6482.29	0.47
GROUND	56	4	15.07	6667.27	0.48
BASE1	56	4	16.42	6719.27	0.44

وكمما هو وارد في الفقرة (1-4-2-2) يحدد إجهاد القص المسموح في الأعمدة كما يلي:

$$(\tau_{col})_{all} = 0.1\sqrt{f_{ck}} = 0.1\sqrt{30.12} = 0.55 Mpa \quad \text{أو} \quad (\tau_{col})_{all} = 0.4 Mpa$$

$$(\tau_{col})_{all} = 0.4 Mpa$$

$$\tau_{col} > (\tau_{col})_{all}$$

- الإجهاد الناظمي في الإطارات المقاومة للعزوم (التحقق وفق الكود الهندي)

$$F_{\circ} = \frac{2}{3} \left(\frac{V_B}{n_f} \right) \left(\frac{H}{l} \right)$$

V_B : القص القاعدي

n_f : العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل = 4

H : الارتفاع الكلي للمبنى = 40m

l : طول المبنى = 39.4m

$$F_{\circ} = \frac{2}{3} \left(\frac{6719.27}{4} \right) \left(\frac{40}{39.4} \right) = 1136.93 [kN]$$

$$\sigma = \frac{1136.93 \times 10^3}{0.25 \times 0.25 \times 10^6} = 18.19 MPa \quad \text{الإجهاد المحوري الناظمي}$$

وكمما هو وارد في الفقرة (4-4-2-2) يحدد الإجهاد الناظمي المسموح في الإطارات المقاومة للعزوم كما يلي:

$$\sigma_{all} = 0.25 f_{ck} = 7.53 Mpa$$

$$\sigma > \sigma_{all} \Rightarrow notok$$

وبالتالي ننتقل إلى التقييم التفصيلي لأن إجهادات القص والإجهادات المحورية الناظمية في الأعمدة كانت أكبر من المسموحة.

التقييم التفصيلي

- حساب العزم الإضافي الناتج عن الفتل

حيث يتم توضيحه في الجدول (13-6):

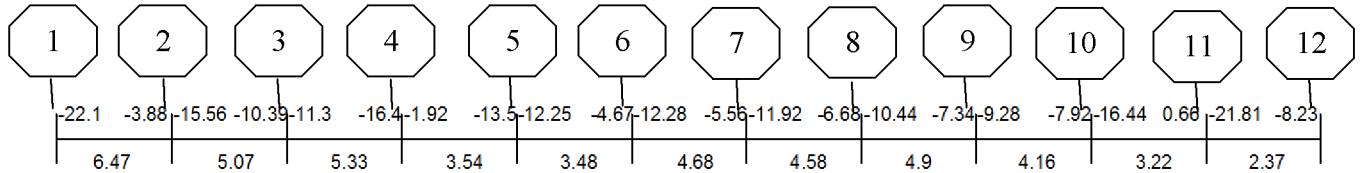
الجدول (13-6)

الطابق	الديافرام	YCM	YCR	ey [m]	Fz	MT [kN.m]
STORY10	D13	600.33	728.534	1.28	1399.61	1794.35
STORY9	D12	557.783	741.716	1.84	858.44	3256.14
STORY8	D11	558.31	745.753	1.87	789.15	4735.34
STORY7	D10	561.794	746.931	1.85	711.93	6053.39
STORY6	D9	559.048	747.951	1.89	647.78	7277.07
STORY5	D8	562.204	750.32	1.88	579.4	8367.01
STORY4	D7	562.076	753.721	1.92	496.99	9319.47
STORY3	D6	561.998	756.319	1.94	413.66	10123.30
STORY2	D5	561.896	759.404	1.98	334.05	10783.07
STORY1	D4	565.581	769.653	2.04	251.28	11295.86
GROUND	D3	547.335	783.545	2.36	184.98	11732.80
BASE 1	D2	593.182	662.152	0.69	52	11768.67

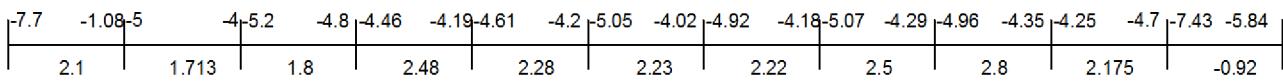
ويعطي تحليل المبنى نتائج القص التالية للجائز الواقع على المحور (B) في الطابق السادس:



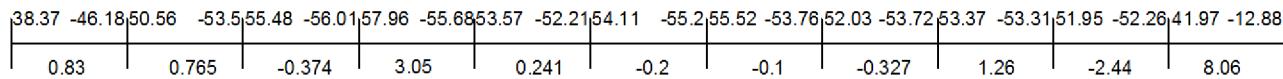
ونتائج العزوم التالية للجائز الواقع على المحور (B) في الطابق السادس:



العزوم الناتجة عن الأحمال الميئية [kN.m]



العزوم الناتجة عن الأحمال الحية [kN.m]



العزوم الناتجة عن الأحمال الزلزالية [kN.m]

- تراكبات الأحمال

$$1.5D + 1.8L$$

$$1.1(1.2D \pm E + f_1 L)$$

$$1.1(0.9D \pm E)$$

E : الأفعال الناتجة عن الزلزال وتحدد من العلاقة التالية:

E_h : الأفعال الناتجة عن المركبة الأفقية للهزة الأرضية وتحسب من القص القاعدي V .

ρ : معامل الوثوقية ودرجة عدم التقرير ويساوي 1 بما أن المبني بالمنطقة зلزالية الثانية.

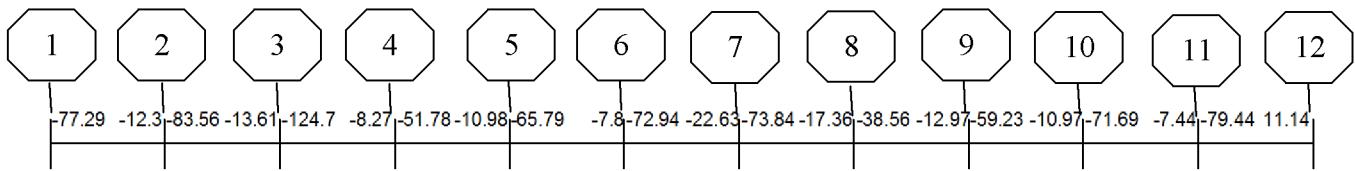
E_v : الأفعال الناتجة عن المركبة الشاقولية للهزة الأرضية وتعطى بالعلاقة التالية:

$$E_v = 0.5C_a ID = 0.5 \times 0.25 \times 1 \times D = 0.125D$$

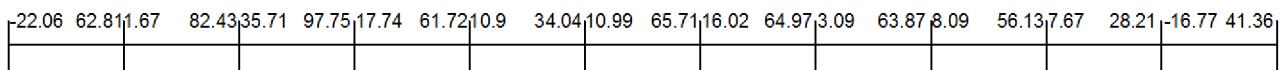
وبالتالي يمكن تلخيص تراكيب الأحمال كما يلي:

$$\left. \begin{array}{l} 1.1(1.2D + 0.5L \pm (E_h + 0.125D)) \Rightarrow 1.1(1.325D + 0.5L \pm E_h) \\ 1.46D + 0.55L \pm 1.1E_h \\ 1.1(0.9D \pm (E_h + 0.125D)) \Rightarrow 1.1(0.775D \pm E_h) \\ 0.8525D \pm 1.1E_h \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} 1.5D + 1.8L \\ 1.46D + 0.55L + 1.1E_h \\ 1.46D + 0.55L - 1.1E_h \\ 0.8525D + 1.1E_h \\ 0.8525D - 1.1E_h \end{array} \right.$$

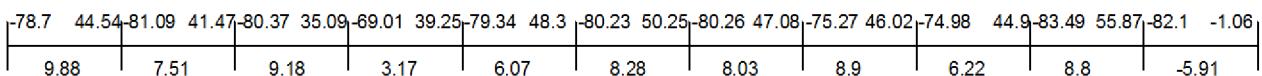
وبالتالي تكون قيم قوى القص بالـ [kN] الناتجة عن تركيب الأحمال $1.46D + 0.55L - 1.1E_h$ كما يلي:



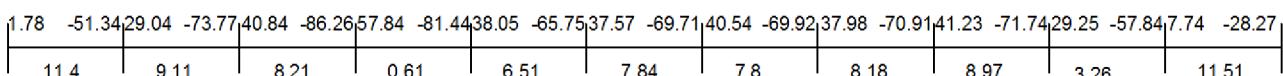
قيم قوى القص بالـ [kN] الناتجة عن تركيب الأحمال $1.46D + 0.55L + 1.1E_h$ كما يلي:



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تركيب الأحمال $1.46D + 0.55L - 1.1E_h$ كما يلي:



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تركيب الأحمال $1.46D + 0.55L + 1.1E_h$ كما يلي:



- التحقق على الانعطاف للجائز الواقع في الطابق السادس وفق المحور (B):

أبعاده 25X35cm و تسليحه الطولي السفلي قضيبين قطر (18mm) وكذلك العلوي قضيبين قطر (18mm). وسيتم في الجدول (14-6) توضيح قيم عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز.

الجدول (14-6): عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز

الموقع	Mu[kN.m]	التسليح الموجود	التسليح الموجود [cm^2]	y [cm]	عمق المنطقة المضغوطية [cm]	ΩMn[kN.m]	التحقق
عند وجه العمود على يمين المحور 1	-78.7	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز الأول	11.4	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 2	-51.34	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور 2	-81.09	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز الثاني	9.11	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 3	-73.77	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور 3	-80.37	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز الثالث	9.18	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 4	-86.26	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور 4	-69.01	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز الرابع	3.17	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 5	-81.44	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور 5	-79.34	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز الخامس	6.51	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 6	-65.75	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور 6	-80.23	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok
وسط المجاز السادس	8.28	2T18	5.09		38.32	51.46	ok
عند وجه العمود على يسار المحور 7	-69.71	2T18	5.09		38.32	51.46	Not ok

الموقع	Mu[kN.m]	التسليح الموجود	[cm^2]	التسليح الموجود [cm]	y [cm]	عُمق المنطقة المضغوطه	ΩMn[kN.m]	التحقق
عند وجہ العمود على يمين المحور 7 وسط المجاز السادس	-80.26 8.03	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	Not ok ok
عند وجہ العمود على يسار المحور 8 وسط المجاز السابع	-69.92 -75.27	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	Not ok Not ok
عند وجہ العمود على يمين المحور 8 وسط المجاز الثامن	8.9	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	ok
عند وجہ العمود على يسار المحور 9 وسط المجاز التاسع	-70.91 -74.98	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	Not ok Not ok
عند وجہ العمود على يمين المحور 9 وسط المجاز العاشر	8.97	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	ok
عند وجہ العمود على يسار المحور 10 وسط المجاز العاشر	-71.74 -83.49	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	Not ok Not ok
عند وجہ العمود على يمين المحور 11 وسط المجاز العاشر	8.8 -57.84	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	ok Not ok
عند وجہ العمود على يسار المحور 11 وسط المجاز الحادي عشر	-82.1 11.51	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	Not ok ok
عند وجہ العمود على يسار المحور 12	-28.27	2T18	5.09		38.32	51.46	51.46	ok

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{415} \times 250 \times 300 = 168.75 \text{mm}^2 = 1.7 \text{cm}^2$$

$$A_{s\max} = 0.5 A_{sb} = 0.5 \times \frac{455}{630 + f_y} \frac{f_c}{f_y} b_w d$$

$$\Rightarrow A_{s\max} = 0.5 \times \frac{455}{630 + 400} \frac{25}{400} \times 250 \times 300 = 1403.17 \text{mm}^2 = 14.03 \text{cm}^2$$

وبالتالي من الجدول (14-6) يتضح أن $M_u > \Omega M_n$ و $A_{s\min} < A_s < A_{s\max}$ ومنه نستنتج أن الجائز غير محقق على الانعطاف.

- التحقق على القص للجاز الواقع في الطابق السادس وفق المحور (B):

أبعاده 25X35cm والتسليح العرضي عبارة عن:

✓ التسليح الإنثائي إسوارة $\Phi 10 \text{mm} @ 30 \text{cm}$ في الوسط

✓ التسليح الحسابي إسوارة $\Phi 10 \text{mm} @ 15 \text{cm}$ عند الطرفين

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85 b_w d}$$

$$\tau_u = \frac{124.7 * 10^3}{0.85 * 250 * 300} = 1.96 \text{MPa}$$

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f_c} = 0.23 \sqrt{25} = 1.15 \text{MPa}$$

$\tau_u > \tau_{cu}$ التسليح حسابي

$$n \times ast = \frac{0.35}{f_{yt}} b_w S$$

بما أن $n = 2$ و قطر الإسوارة 10mm

$$2 \times 78.54 = \frac{(1.36 - 0.35 \times 1.15)}{400} \times 200 \times S \rightarrow S = 32.81\text{cm}$$

$$S = 71.81\text{cm}$$

وبالتالي التسلیح الانشائی إسوارة $\Phi 10\text{mm}$ @ 30cm محقق.

$$n * ast = \frac{(\tau_u - \tau_{ou})}{f_y} b_w S$$

بما أن $n = 2$ و قطر الإسوارة 10mm

$$2 \times 78.54 = \frac{(1.84 - 0.35 \times 1.15)}{400} \times 250 \times S \rightarrow S = 17.5\text{cm}$$

وبالتالي التسلیح الحسابی إسوارة $\Phi 10\text{mm}$ @ 15cm محقق.

على ألا يزيد التباعد بين الأسوار عن الأصغر ما بين:

$$\frac{d}{2} = \frac{30}{2} = 15\text{cm}$$

$$300\text{mm} = 30\text{cm}$$

وبحيث تحقق مساحة التسلیح العلاقة التالية:

$$A_{s \min} \geq \begin{cases} \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w S / f_{yt} = 78.125\text{mm}^2 \\ 0.33 b_w S / f_{yt} = 30.94\text{mm}^2 \end{cases}$$

$$A_s = 157.08\text{mm}^2 > A_{s \min} = 78.125\text{mm}^2$$

- التحقق من العمود الواقع في الطابق الأرضي على المحور (1,E):

أبعاده $80 \times 30\text{cm}$ وتسلیح طولي $.10\text{T20mm}$

نحدد مجموع القوى الشاقولية (حية ومية) كما يلي:

$$\sum P_D = 1699.18[\text{kN}]$$

$$\sum P_L = 2203[\text{kN}]$$

دراسة تأثير النحافة على زيادة العزم المطبق:

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} = 4700 \sqrt{25} = 2.35 \times 10^4 \text{MPa}$$

$$I_{col} = 0.8 \times \left(\frac{80 \times 30^3}{12} \right) = 14.4 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\frac{E_c I_{col}}{L_c} = \frac{2.35 \times 10^4 \times 14.4 \times 10^4 \times 10}{400} = 0.846 \times 10^8 \text{ kg/cm}$$

$$I_B = 0.4 \times \left(\frac{30 \times 45^3}{12} \right) = 9.11 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\frac{E_c I_B}{L_B} = \frac{2.35 \times 10^4 \times 9.11 \times 10^4 \times 10}{505} = 0.42 \times 10^8 \text{ kg/cm}$$

$$\psi_A = \psi_B = \frac{\sum \frac{E_c I_{col}}{L_c}}{\sum \frac{E_c I_B}{L_B}} = \frac{2 \times 0.846 \times 10^8}{0.42 \times 10^8} = 4.03$$

$$\psi_m = \frac{(\psi_A + \psi_B)}{2} = 4.03$$

ومنه يحدد عامل الطول الفعال من العلاقة التالية:

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m} = 0.9 \sqrt{1 + 4.03} = 2.02$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{2.02 \times (400 - 45)}{0.3 \times 30} = 79.7 > 22 > 22 \text{ (العمود كلامي)}$$

L_u : الطول غير المسنود من العمود.

r : نصف قطر عطالة مقطع العمود ويمكن أن يؤخذ مساوياً $0.3h$ حيث h بعد العمود في الاتجاه المدروس.

إذاً يؤخذ تأثير النحافة بالحساب يتم حساب العزم في نهايتي العمود بتطبيق العلاقات التاليتين:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s}, \quad M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

M_1, M_2 : العزم في كل من نهايتي العمود

M_{1ns}, M_{2ns} : العزم الناتج عن الأحمال التي لا تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود.

M_{1s}, M_{2s} : العزم الناتج عن الأحمال التي تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود.

δ_s : عامل تضخيم العزم ويحدد من أجل كل حالة تراكب أحمال بالعلاقة التالية:

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1$$

$\sum P_u$: مجموع الأحمال الشاقولية وفقاً لحالة تراكب الأحمال المعتبرة.

$\sum P_c$: مجموع القوى المحورية الحرجية لكل أعمدة الطابق قيد الدراسة والتي سيتم توضيحها في

الجدول (15-6) حيث تحدد P_c لكل عمود وفق العلاقة التالية:

$$EI = \frac{0.4E_c I_g}{1 + \beta_d} , \quad P_c = \frac{\pi^2 EI}{(kL_u)^2}$$

: عزم عطلة مقطع العمود غير المتشقق ، $\beta_d = 0$ في حالة أحمال الزلازل والرياح.

الجدول (15-6)

عدد الأعمدة	عرض مقطع العمود [cm]	طول مقطع العمود [cm]	k	Pc [kN]
2	30	65	2.02	4427.12
19	25	55	1.84	5329.87
1	25	80	2.95	158.28
1	30	100	1.11	26580.54
1	30	90	1.09	20074.71
1	25	105	1.20	22236.43
3	30	45	1.31	5237.18
1	25	90	1.16	14928.96
2	30	45	1.13	4749.26
10	40	60	1.86	12177.42
9	30	80	2.35	3862.38
1	40	65	2.05	1092.05
1	30	90	1.73	892.35
1	30	60	1.43	874.59
1	40	90	1.13	25251.38
1	40	65	1.45	5781.03
1	25	70	0.97	10028.91
				ΣP_c 163682.46

و حددت الحمولة الناظمية وعزم الانعطاف عند أعلى وأسفل العمود من خلال تحليل نموذج المنشأ ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج Etabs وكانت كما هو مبين في الجدول (16-6):

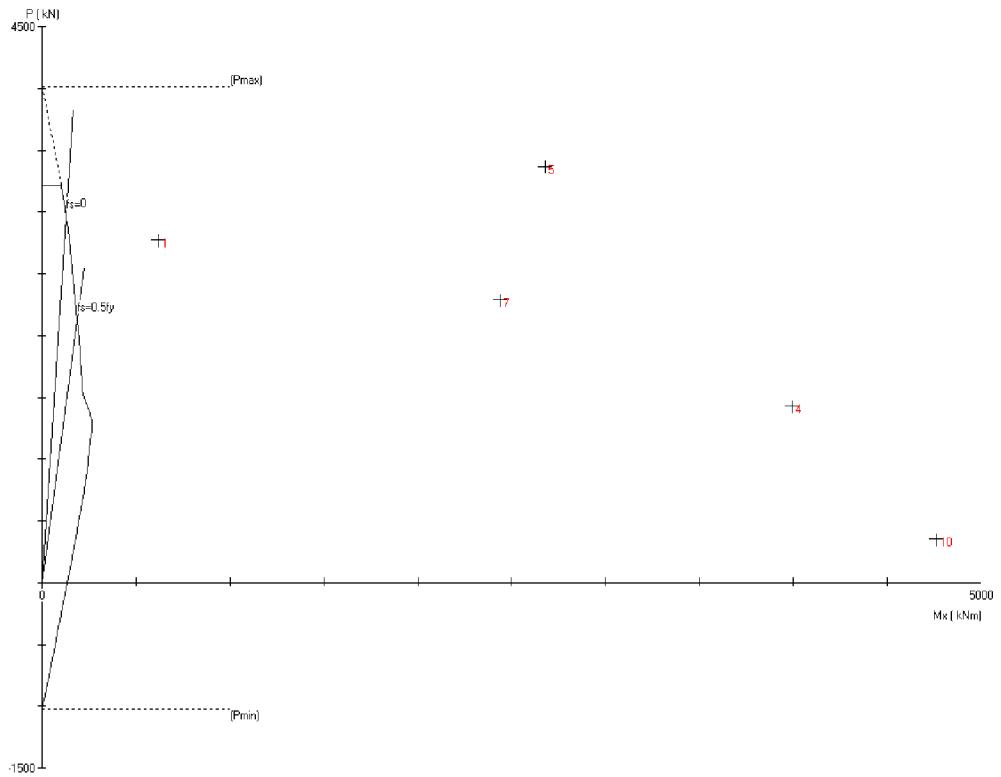
الجدول (16-6)

حالة التحميل	الحمولة الناظمية	عزم الانعطاف أعلى العمود	عزم الانعطاف أسفل العمود
الحمل الميت (D)	1549.12	-325.20	-1013.53
الحمل الحي (L)	249.37	-73.97	-284.40
الحمل الزلالي (Eh)	-880.80	1964.75	5116.07

و يوضح الجدول (17-6) قيم العزوم للعمود المدروس والتي تم تمثيلها على مخطط الترابط الموضح في الشكل (15-6)

(17-6) الجدول

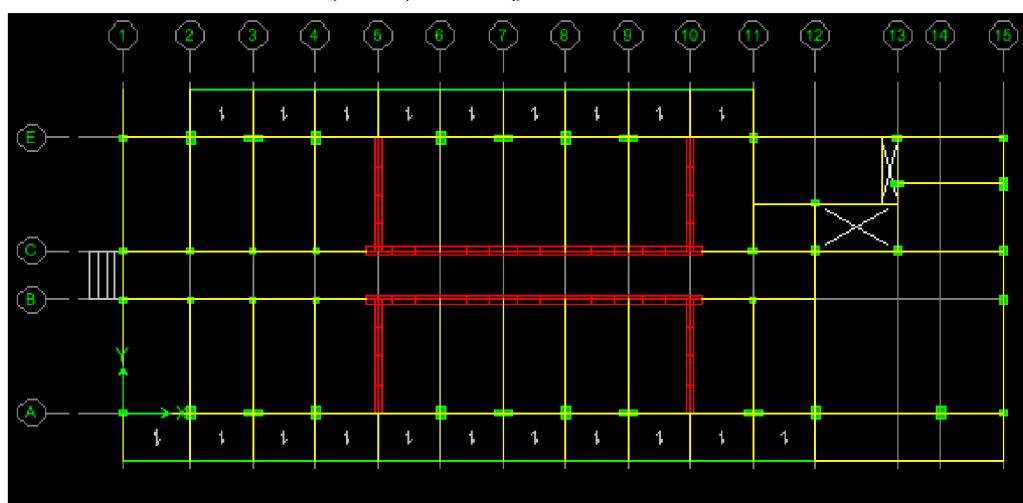
نوع المدخل	النوعية المدخلية	علم الاتصال المدخل	علم الاتصال المدخل									
الحمل المدرب (D)	1540.12	-325.20	-1013.53									
الحمل الحسي (L)	249.37	-73.97	-284.40									
الحمل الأداة (Eh)	-880.80	1964.75	5116.07									
No	ترتيب الأهم	M1	M2	M1ns	M2ns	M1s	M2s	Σ Pu	δ ns	M1	M2	Ω
1	1.5D+1.8L	2759.05	-620.95	-2032.22	-620.95	-2032.22	-620.95	-2032.22	-620.95	-2032.22	0.7	
2	1.46D+0.55L+1.1Eh	1048.42	2545.33	6329.79	2545.33	6329.79	-515.48	-1636.17	2161.23	5627.68	3692.45	1.03
3	1.46D+0.55L-1.1Eh	3800.04	-3592.55	-9652.81	-3592.55	-9652.81	-515.48	-1636.17	-2161.23	-5627.68	3692.45	1.03
8	0.8525D+1.1Eh	-105.21	2800.65	7155.14	2800.65	7155.14	-277.23	-864.03	2161.23	5627.68	1401.82	1.01
9	0.8525D-1.1Eh	3652.02	-3581.22	-9667.88	-3581.22	-9667.88	-277.23	-864.03	-2161.23	-5627.68	1401.82	1.01



الشكل (15-6): مخطط الترابط للعمود الواقع على المحورين (1) و (E)
حيث نلاحظ من الشكل (15-6) أن جميع تراكيب الأحمال واقعة خارج مخطط الترابط ومنه نستنتج
أن العمود المدروس غير محقق على الضغط اللامركزي.

نتيجة:

بما أن أغلب الجوانز غير متحققة على الانعطاف بالاتجاه X وأغلب الأعمدة غير متحققة على الضغط اللامركزي لا بد من الانتقال إلى مرحلة رفع كفاءة المبنى كما ذكرنا سابقاً بإضافة جدران قص بالاتجاه X على المحورين C, B كما هو مبين في الشكل (16-6).



الشكل (16-6)

▪ تحديد الأبعاد الأولية

الجدران $wall_5$ و $wall_6$ على المحاور C، B على الترتيب

يجب ألا تقل سماكة الجدار عن $L_u/16$ وذلك لدعم الجدار ومنعه من التحنّب والخروج عن مستويه. حيث L_u : ارتفاع الجدار الصافي بين طابقين.

باعتبار $Lu = 374cm$ في القبو الأول $t_{min} = \frac{374}{16} = 23.37cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 50cm$

باعتبار $Lu = 374cm$ في الطابق الأرضي $t_{min} = \frac{374}{16} = 23.37cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 50cm$ الجدار

باعتبار $Lu = 285cm$ في بقية الطوابق $t_{min} = \frac{285}{16} = 17.81cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 40cm$ للطوابق من الأول وحتى السادس.

الجدران $wall_4$ و $wall_3$ على المحور 10 و $wall_2$ و $wall_1$ على المحور 5.

يجب ألا تقل سماكة الجدار عن $L_u/16$ وذلك لدعم الجدار ومنعه من التحنّب والخروج عن مستويه. حيث L_u : ارتفاع الجدار الصافي بين طابقين.

باعتبار $Lu = 374cm$ في القبو الأول $t_{min} = \frac{374}{16} = 23.37cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 50cm$

باعتبار $Lu = 374cm$ في الطابق الأرضي $t_{min} = \frac{374}{16} = 23.37cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 50cm$

باعتبار $Lu = 265cm$ في بقية الطوابق $t_{min} = \frac{265}{16} = 16.56cm \Leftarrow$ نختار سماكة الجدار $t = 40cm$ للطوابق من الثالث وحتى السادس و $t = 30cm$ للطوابق من السابع وحتى العاشر.

▪ تصميم الجوانز الرابطة:

الجدران $wall_5$ و $wall_6$ على المحاور C، B على الترتيب

تعتمد كمية وشكل تسلیح الجوانز الرابطة على النسبة l_n/h وعلى مستوى إجهاد القص فيها للجانز الرابط في الطابقين القبو الأول والأرضي $\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \iff l_n/h = \frac{1}{1} < 2$

$$\text{لبقية الجوانز الرابطة} \iff l_n/h = \frac{1}{1} < 2$$

بما أن $l_n/h > 2$ يجب استخدام تسلیح قطري إذا كانت الجوانز الرابطة تتعرض لقص مصعد أكبر

من $(1/3)A_{cp} \cdot \sqrt{f_c}$ حيث A_{cp} مساحة المقطع العرضي للجانز.

$$(1/3)A_{cp} \cdot \sqrt{f_c} = (1/3) \cdot 1800 \cdot 1000 \sqrt{25} = 3000 kN$$

$$\text{القبو والأرضي} \quad (1/3)A_{cp} \cdot \sqrt{f_c} = (1/3) \cdot 1000 \cdot 1000 \sqrt{25} = 1666.67 kN$$

وبالتالي لا داعي للتسلیح القطري في الجوانز الرابطة وإنما تسلیح أفقی لمقاومة الانعطاف وأسوار شاقولیة لمقاومة القص كما هو موضح في الجدولين (18-6)، (19-6) وهذا أقل كلفة.

الجدول (18-6): تسلیح الجوانز الرابطة للجدار (wall 5)

الطابق	wall 5				
	الارتفاع	العرض	التسلیح الرئیسي	التسلیح الأفقي	التسلیح الشاقولي
العاشر	100	40	5T18	2X5T10/m`	2X5T18/m`
التاسع	100	40	5T18	2X5T10/m`	2X5T18/m`
الثامن	100	40	5T18	2X5T10/m`	2X5T18/m`
السابع	100	40	5T20	2X5T10/m`	2X5T18/m`
السادس	100	50	5T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الخامس	100	50	6T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الرابع	100	50	6T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الثالث	100	50	6T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الثاني	100	50	7T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الأول	100	50	7T20	2X5T12/m`	2X5T20/m`
الأرضي	180	50	8T20	2X5T16/m`	2X5T20/m`
القبو الأول	180	50	8T20	2X5T16/m`	2X5T20/m`

الجدول (6-19): تسلیح الجوائز الرابطة للجدار (wall 6)

الطبق	wall 6				
	الارتفاع	العرض	التسلیح الرئیسي	التسلیح الأفقي	التسلیح الشاقولي
العاشر	100	40	5T18	2X5T10/m'	2X5T18/m'
التاسع	100	40	5T18	2X5T10/m'	2X5T18/m'
الثامن	100	40	5T18	2X5T10/m'	2X5T18/m'
السابع	100	40	5T20	2X5T10/m'	2X5T18/m'
السادس	100	50	5T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الخامس	100	50	6T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الرابع	100	50	6T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الثالث	100	50	6T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الثاني	100	50	7T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الأول	100	50	7T20	2X5T12/m'	2X5T20/m'
الأرضي	180	50	8T20	2X5T16/m'	2X5T20/m'
القبو الأول	180	50	8T20	2X5T16/m'	2X5T20/m'

▪ تصميم عناصر الجدار على القص

الجدران $wall_5$ و $wall_6$ على المحاور C، B على الترتيب

عند تصميم الجدار على القص يجب تحقيق المتطلبات التالية:

تحسب مقاومة القص الإسمية V_n للجدار باستخدام العلاقة التالية:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \cdot \sqrt{f_c} + \rho_n f_y) \leq \frac{2}{3} A_{cv} \sqrt{f_c}$$

$$\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \quad \text{عندما } \alpha_c = \frac{1}{4}$$

$$\frac{h_w}{L_w} \geq 2 \quad \text{عندما } \alpha_c = \frac{1}{6}$$

$$2 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \quad \text{عندما } \alpha_c = \frac{1}{6} \quad \text{و } \alpha_c = \frac{1}{4} \quad \text{تحول خطياً بين } \alpha_c$$

$$\text{نحدد النسبة } \frac{h_w}{L_w} = \frac{40}{15} = 2.67 > 2 \Rightarrow \alpha_c = \frac{1}{6}$$

سيتم حساب مقاومة القص الإسمية V_n للجدار بالمتر الطولي

للأرضي والقبو:

$$V_n = 500 \times 1000 \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} + 0.0025 \times 400 \right) \leq \frac{2}{3} 500 \times 1000 \sqrt{25}$$

$$V_n = 916.67kN \leq 1666.67kN \Rightarrow ok$$

لباقي الطوابق:

$$V_n = 400 \times 1000 \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} + 0.0025 \times 400 \right) \leq \frac{2}{3} 400 \times 1000 \sqrt{25}$$

$$V_n = 733.33kN \leq 1333.33kN \Rightarrow ok$$

وبالتالي التسلیح الأفقي عبارة عن شبکتی تسلیح.

الجدران $wall_4$ و $wall_3$ على المحور 10 و $wall_2$ و $wall_1$ على المحور 5.

تحسب مقاومة القص الإسمية V_n للجدار باستخدام العلاقة التالية:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \cdot \sqrt{f_c} + \rho_n f_y) \leq \frac{2}{3} A_{cv} \sqrt{f_c}$$

$$\frac{h_w}{L_w} \leq 1.5 \text{ عندما } \alpha_c = \frac{1}{4}$$

$$\frac{h_w}{L_w} \geq 2 \text{ عندما } \alpha_c = \frac{1}{6}$$

$2 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 1.5$ عندما $\alpha_c = \frac{1}{6}$ و $\alpha_c = \frac{1}{4}$ تتحول خطياً بين

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{40}{5.05} = 7.92 > 2 \Rightarrow \alpha_c = \frac{1}{6}$$

سيتم حساب مقاومة القص الإسمية V_n للجدار بالمتر الطولي

للقبو:

$$V_n = 500 \times 1000 \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} + 0.0025 \times 400 \right) \leq \frac{2}{3} 500 \times 1000 \sqrt{25}$$

$$V_n = 916.67kN \leq 1666.67kN \Rightarrow ok$$

للطوابق الخامس والسادس:

$$V_n = 400 \times 1000 \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} + 0.0025 \times 400 \right) \leq \frac{2}{3} 400 \times 1000 \sqrt{25}$$

$$V_n = 733.33kN \leq 1333.33kN \Rightarrow ok$$

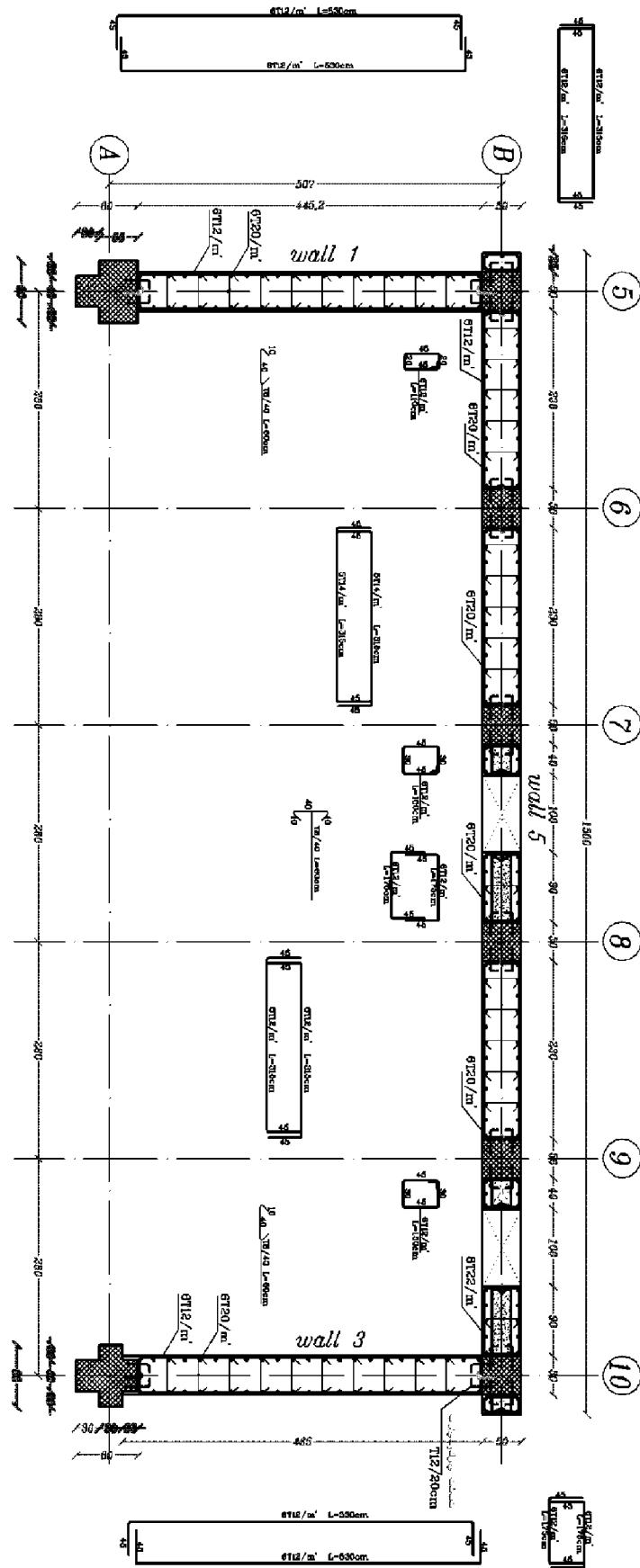
للطوابق السابع والثامن:

$$V_n = 300 \times 1000 \left(\frac{1}{6} \times \sqrt{25} + 0.0025 \times 400 \right) \leq \frac{2}{3} 300 \times 1000 \sqrt{25}$$

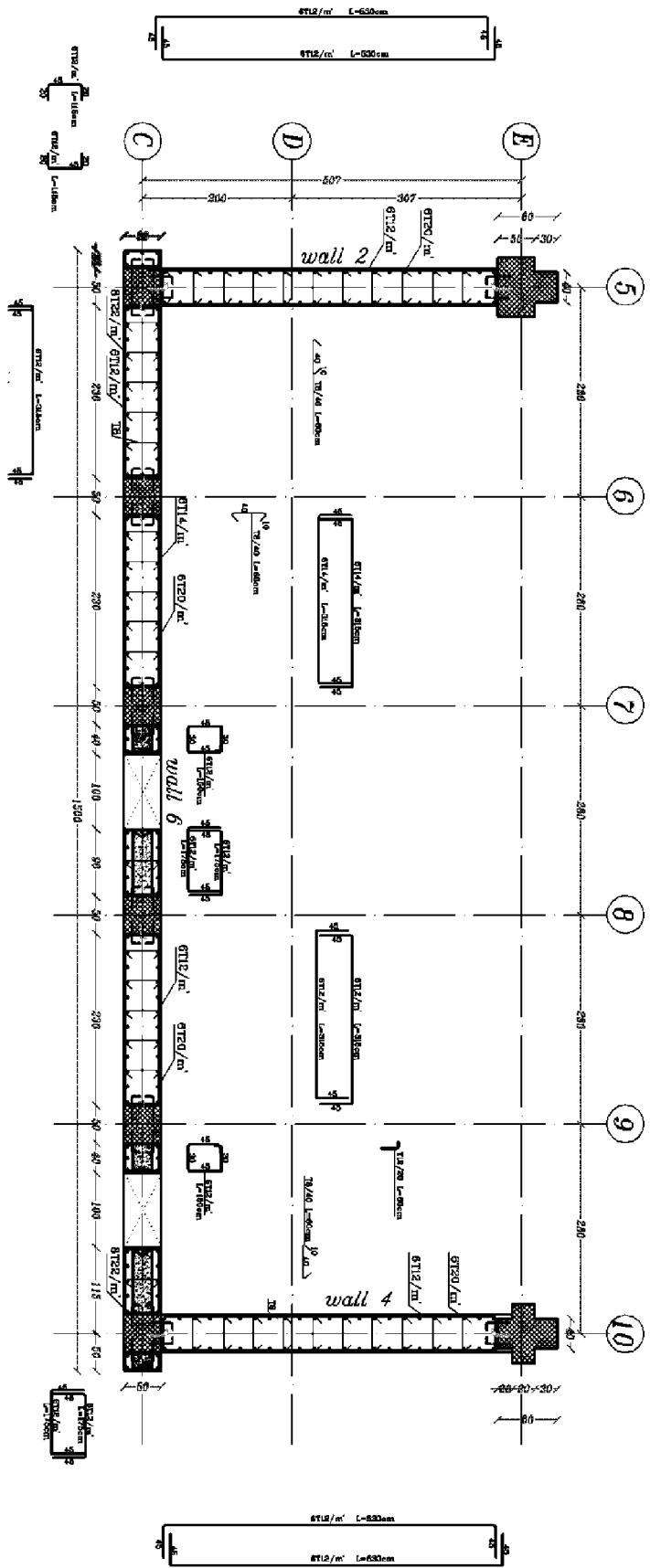
$$V_n = 550kN \leq 1000kN \Rightarrow ok$$

وبالتالي التسلیح الأفقي عبارة عن شبکتی تسلیح.

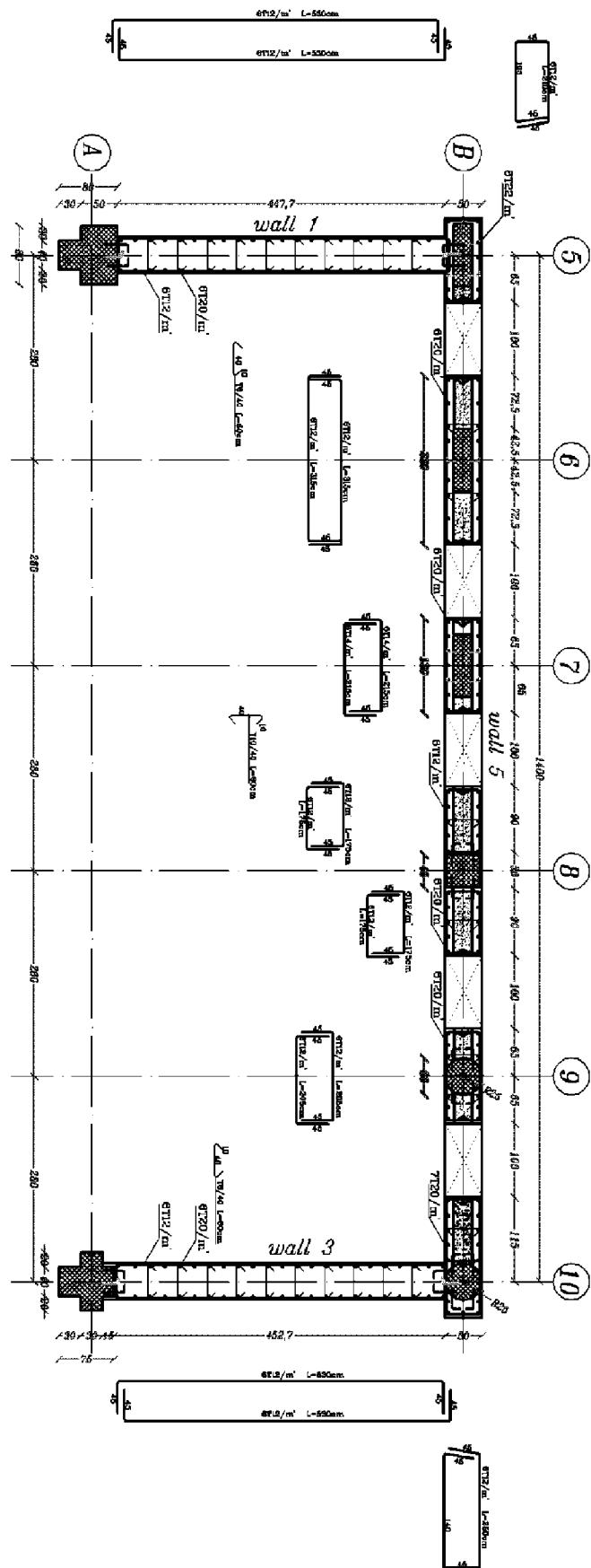
سيتم توضیح تفاصیل التسلیح الأفقي و الشاقولي للجدران الواقعة في القبو في الشکلين (17-6)، (18-6) والجدران الواقعة في الأرضی في الشکلين (19-6)، (20-6) والجدران الواقعة في الطابقین السادس والسابع في الشکلين (21-6)، (22-6).



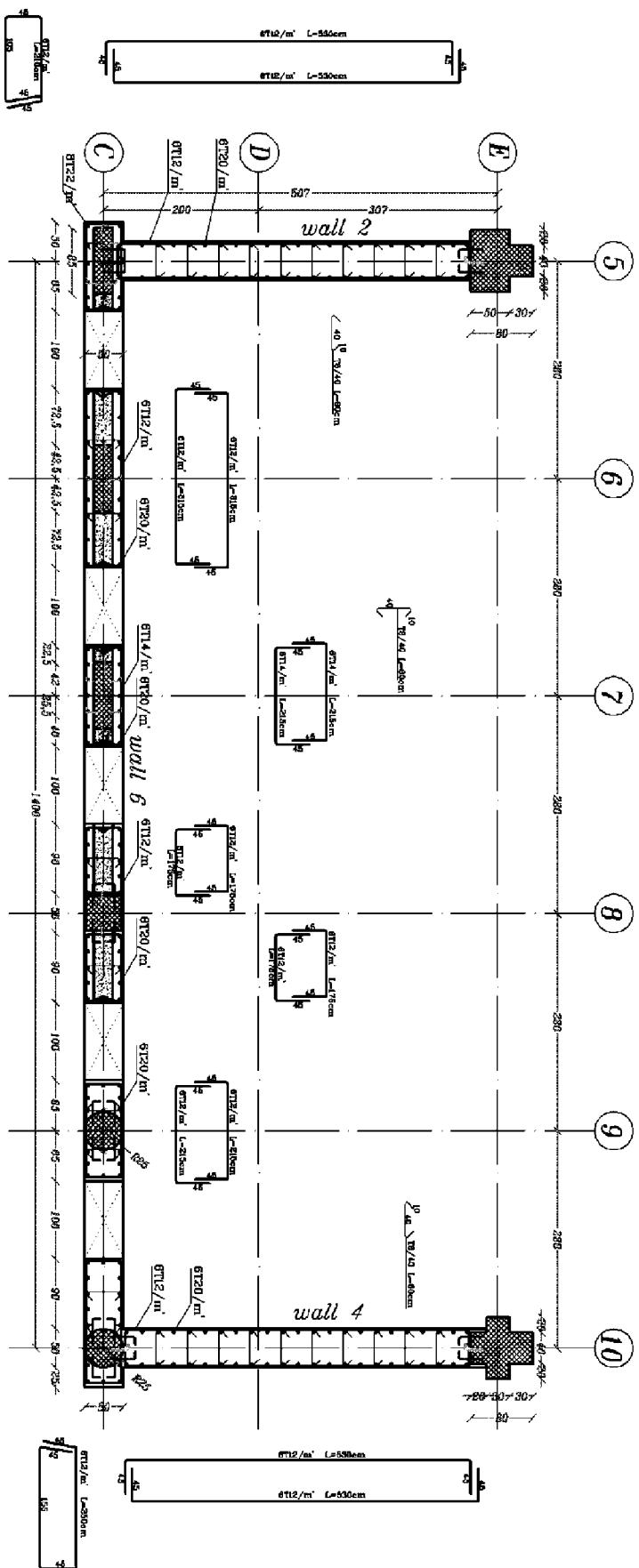
الشكل (17-6): تفاصيل تسلیح الجدران wall1, wall3, wall5 في القبو



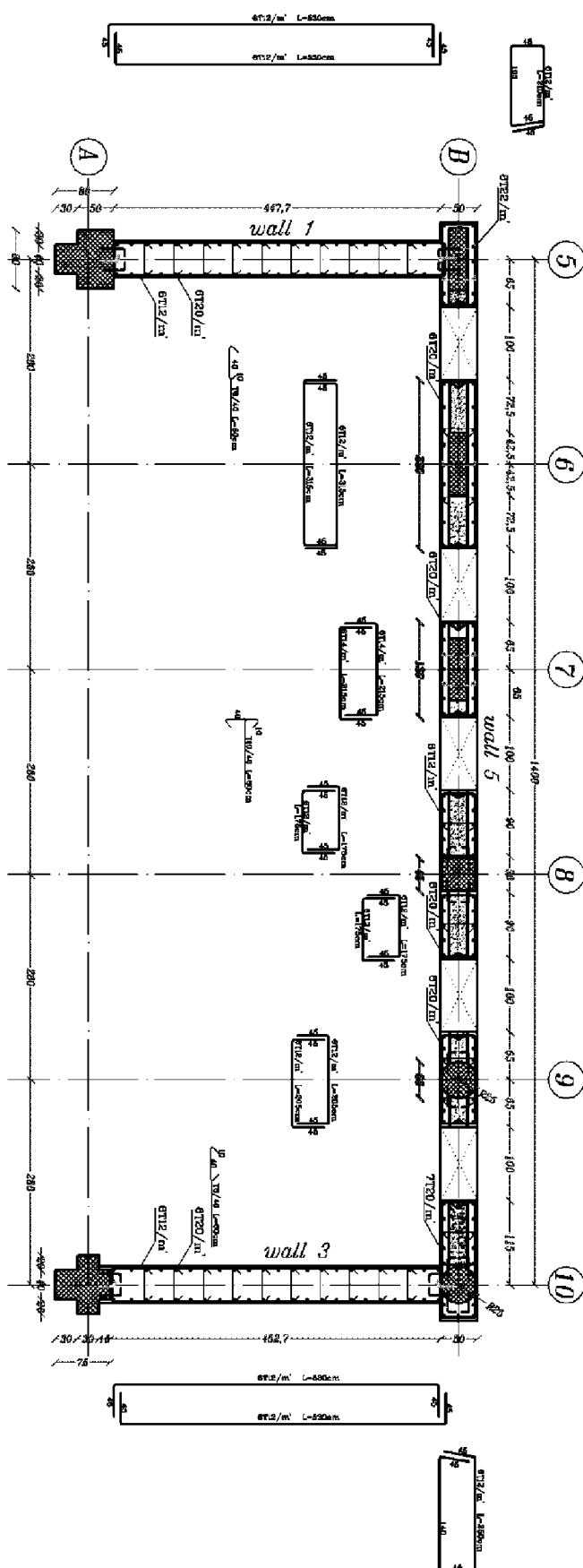
الشكل (6-18): تفاصيل تسلیح الجدران wall2، wall4، wall6 في القبو



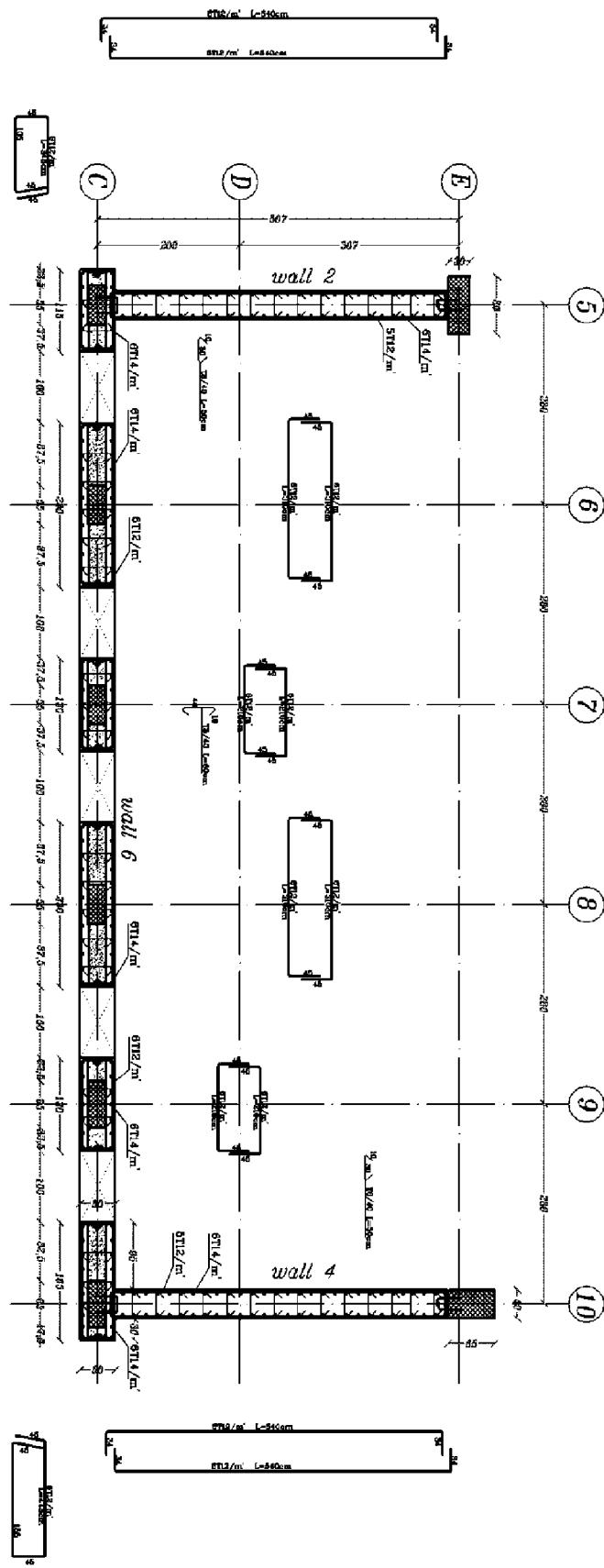
الشكل (6-19): تفاصيل تسليح الجدران wall3، wall11، wall15 في الارضي



الشكل (6-20): تفاصيل تسلیح الجدران wall2، wall4، wall6 في الارضي

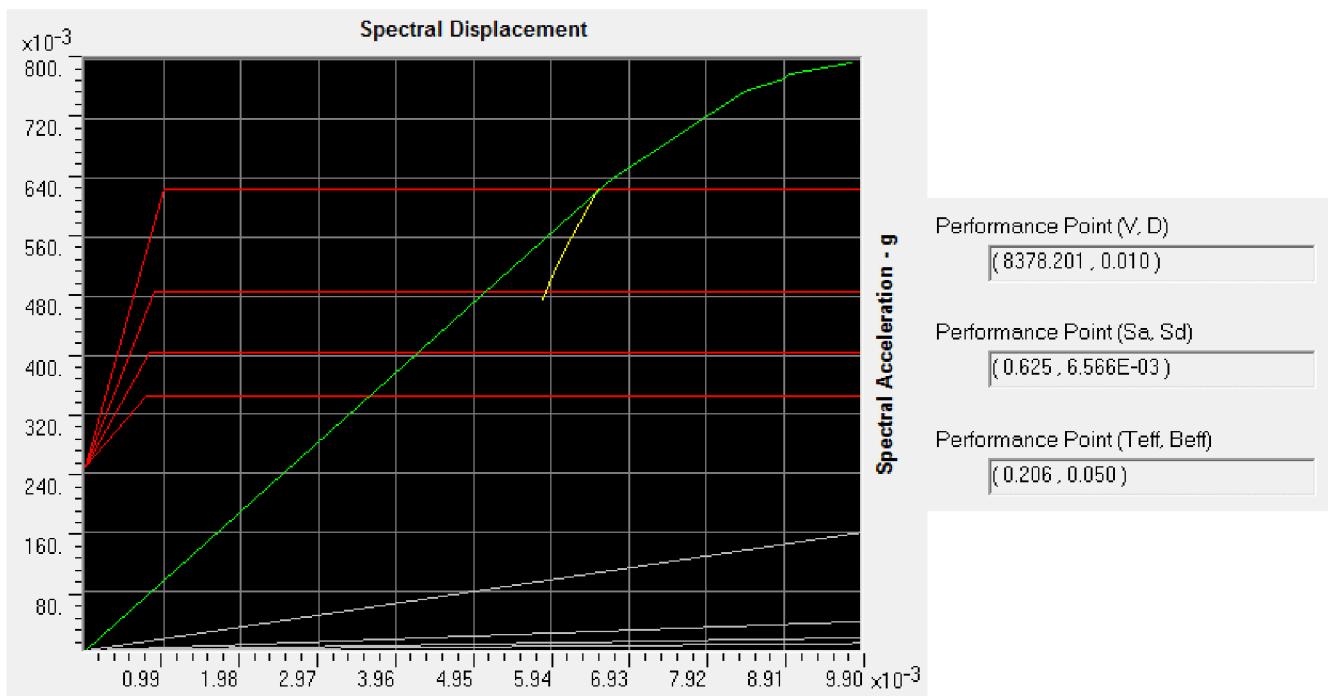


الشكل (21-6): تفاصيل تسلیح الجدران wall1، wall3، wall5 في الطابقين السادس والسابع



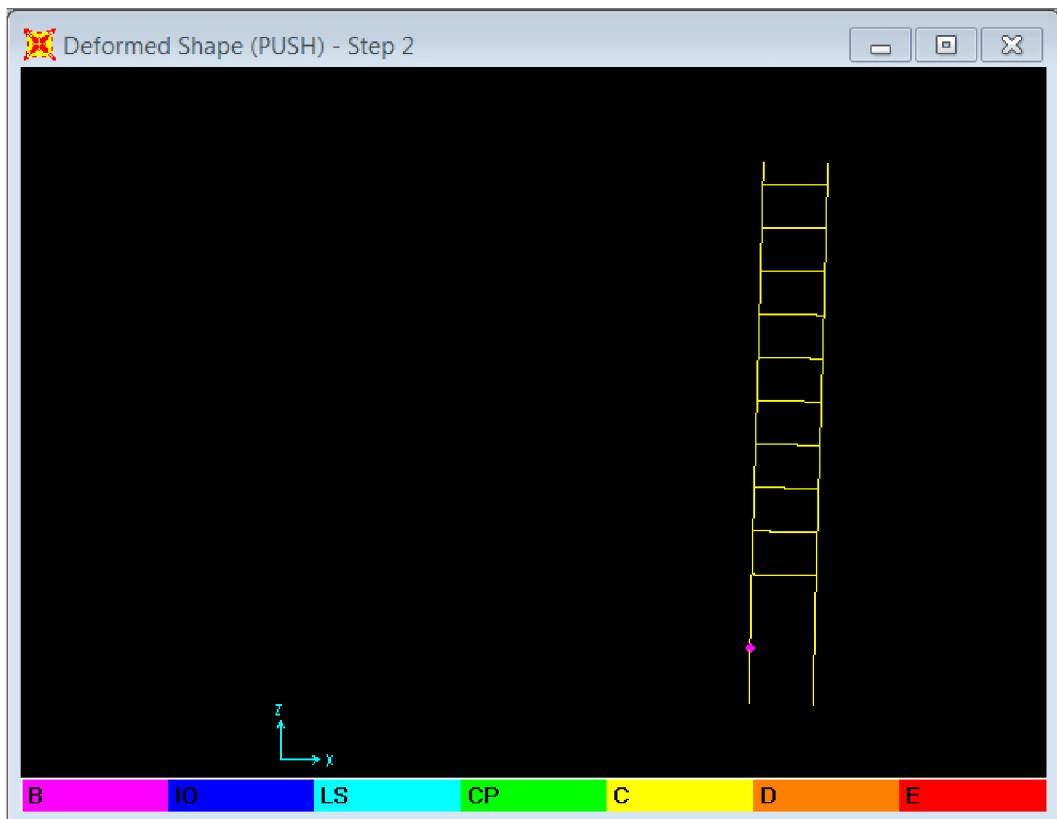
الشكل (6-22): تفاصيل تسلیح الجدران wall2، wall4، wall6 في الطابقين السادس والسابع

باختبار أداء المبنى بعد إضافة جدران قص على المحاور C، B، C نجد نقطة الأداء الناتجة عن تقاطع طيف الاستطاعة مع طيف الطلب المخصوص كما هو موضح في الشكل (23-6) (23-6).



الشكل (23-6)

إن المفاصل المتشكلة في عناصر المنشأ تحت تأثير قوة الدفع الجانبي عند نقطة الأداء موضحة في الشكل (24-6) إذ أن المفاصل المتشكلة في الجوانز هي مفاصل على العزم أما المفاصل المتشكلة في بالأعمدة فهي مفاصل على القوى P-M-M ولم يتشكل أي مفصل على القوة المحورية أو القص.



الشكل (24-6)

ومنه نجد أن أداء جميع المفاصل واقع عند مستوى الإشغال الفوري.

- حساب القص القاعدي في الاتجاه (Y)

يحدد الدور الأساسي باعتبار الجملة الإنسانية جملة إطارات خرسانية:

$$T_a = C_t (h_n)^{3/4} = 0.0731 (40)^{3/4} = 1.16 \text{ sec}$$

ومن التحليل динамический ينتج:

وبالتالي يكون الدور المستخدم:

وعليه يحدد القص القاعدي:

باعتبار أن دور المنشأ $T > 0.7 \text{ sec}$ لا بد من حساب القوة الزلزالية الواجب تركيزها في أعلى البناء

توزيع هذه القوة على ارتفاع البناء كما هو مبين في الجدول (20-6) وفق العلاقة التالية:

$$F_z = (V_y - F_t) \frac{w_z h_z}{\sum w_i h_i}$$

الجدول (20-6)

Fz	الديافرام	الطبق
1399.61	D13	STORY10
858.44	D12	STORY9
789.15	D11	STORY8
711.93	D10	STORY7
647.78	D9	STORY6
579.4	D8	STORY5
496.99	D7	STORY4
413.66	D6	STORY3
334.05	D5	STORY2
251.28	D4	STORY1
184.98	D3	GROUND
52	D2	BASE 1

التحليل статики الالخطي بالاتجاه Y

الإجراءات المتبعة لتحديد منحنى الاستطاعة

الاستطاعة : هي تمثيل لقدرة المنشأ على مقاومة الطلب الزلالي و يعتمد ذلك على مقاومة العناصر و قدرتها على التشوه في المرحلة ما بعد المرونة.

- 1- نمذجة المنشأ حاسوبياً : نقوم بنمذجة كافة الناصر الإنسانية و تحديد خواصها المرنة واللدنة والأماكن المحتملة لتشكل المفاصل اللدنة و الأساسات.
- 2- تصنيف كل عنصر في النموذج على أنه رئيسي أو ثانوي.
- 3- تطبيق القوى الجانبية التي تتناسب مع كتلة الطوابق و نمط الاهتزاز الأساسي و هذا التحليل يتضمن أيضاً تطبيق القوى الشاقولية (قوى الجذب) وفق تراكمات الأحمال التالية:

$$QG = 1.1(QD + QL + QS)$$

$$QG = 0.9QD$$

حيث

QD: الحمل الميت المطبق

QL : الحمل الحي الفعال ويساوي 25% من الحمل التصميمي بشرط أن لا يقل عن الحمل

الحي المحسوب

QS : حمل الثلوج ويساوي 70% من حمل الثلوج الكلي التصميمي

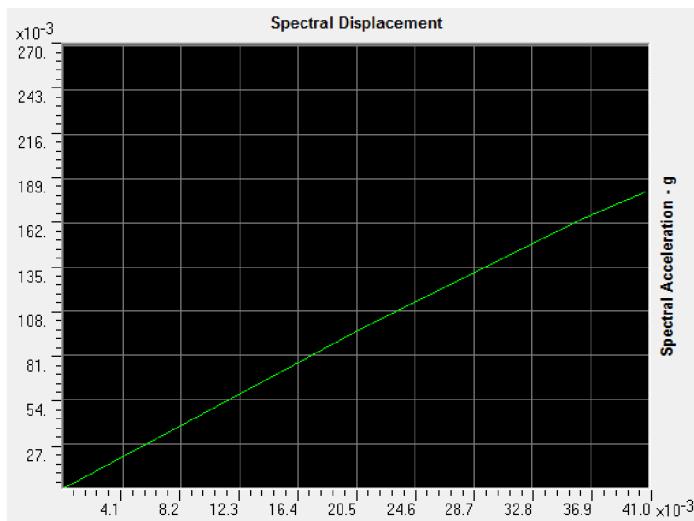
بعد انتهاء التحميل بالحمولات الشاقولية نقوم بتعريف حالة دفع جانبي بالاتجاه X وبعدها يتم إجراء تحليل الدفع الجانبي للحصول على منحنى الاستطاعة ($V-D$) حيث يمثل V : القص القاعدي و D : انتقال السطح (انتقال مركز الكتلة في أعلى البناء) الموضح في الشكل (25-6) حيث الوحدات المستخدمة هي (kN,m).



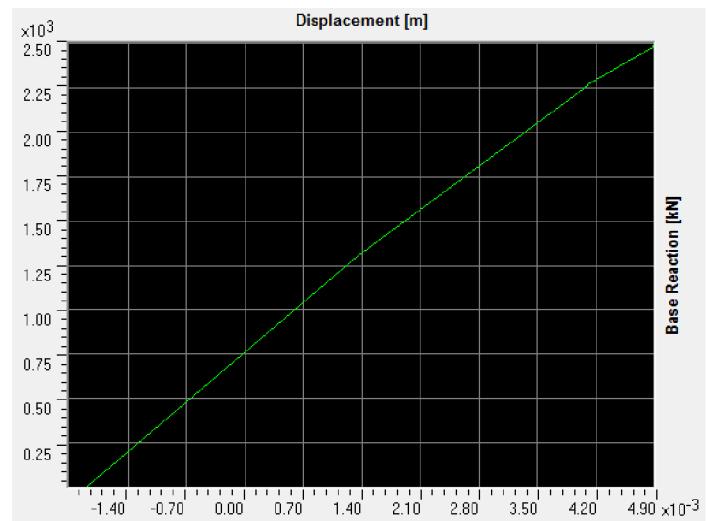
الشكل (25-6): منحنى استطاعة المنشأ

تحويل منحنى الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

حيث يتم تحويل منحنى الاستطاعة الممثل بالعلاقة ما بين القص القاعدي و انتقال مركز الكتلة السقف الأخير لنظام متعدد درجات الحرية إلى طيف الاستطاعة لنظام أحادي درجة حرية مكافئ و الذي يمثل العلاقة ما بين الانتقال الطيفي و التسارع الطيفي لنمط الاهتزاز الأول (ADRS) أي علاقة ما بين S_d , S_a كما هو موضح في الشكل (26-6).



طيف الاستطاعة



منحني الاستطاعة

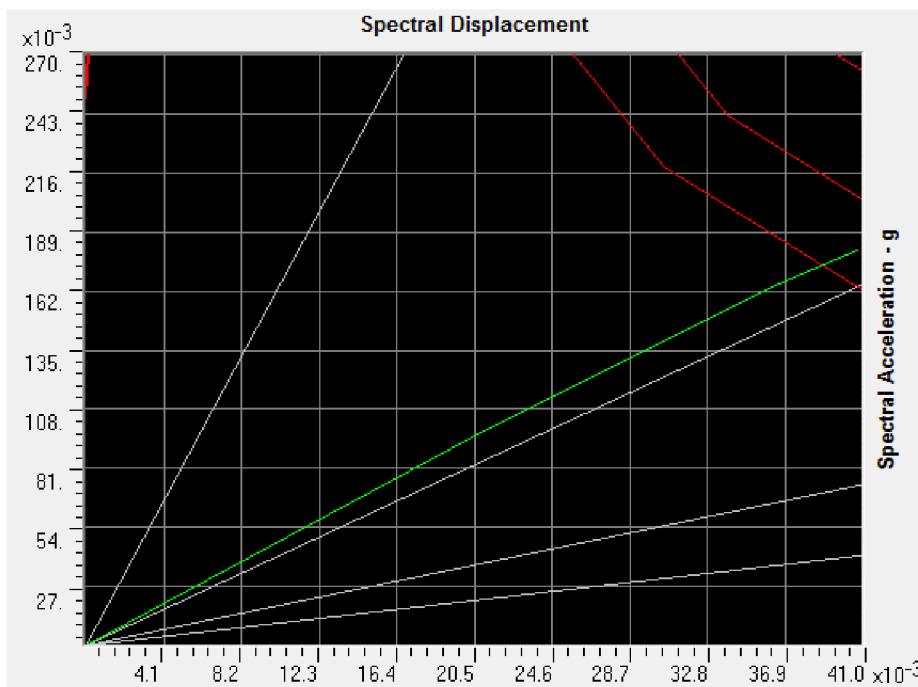
الشكل (6-26): تحويل منحني الاستطاعة إلى طيف الاستطاعة

إيجاد نقطة الأداء باستخدام طريقة طيف الاستطاعة

يجب أن تحقق نقطة الأداء الشرطين التاليين:

- 1- أن تكون النقطة منتمية لطيف الاستطاعة لتمثيل المنشأ عند الانتقال المطلوب.
- 2- أن تتنبئ طيف الطلب المخفي لتمثل القوة الزلزالية التي يتعرض لها المنشأ عند نفس الانتقال المطلوب.

حيث تنتج نقطة الأداء من تقاطع طيف الطلب المخفي مع طيف الاستطاعة



Performance Point (V, D)	N.A.
Performance Point (Sa, Sd)	N.A.
Performance Point (Teff, Beff)	N.A.

الشكل (27-6)

نتيجة:

ومنه نجد أن نقطة الأداء غير موجودة كما هو واضح في الشكل (6-27) وبالتالي المبني غير قادر على مقاومة الاهزة لذلك لابد من رفع الكفاءة والتي يمكن أن يتم بأحد أسلوبين إما بتغيير أبعاد العناصر المقاومة للأحمال الجانبية أو بتغيير الجملة الإنسانية وقد وجدنا من خلال تصميم المبني أن تغيير أبعاد العناصر هو حل غير مجيء لذا توجهنا لتغيير الجملة الإنسانية بإضافة جدران قص بالاتجاه Z على المحورين 5,10.

- حساب إجهاد القص في أعمدة الإطار البيتونى (التحقق وفق الكود الهندى)

$$\tau_{col} = \left(\frac{n_c}{n_c - n_f} \right) \left(\frac{V_j}{A_c} \right)$$

n_c : العدد الكلى للأعمدة المقاومة للأحمال الجانبية باتجاه التحميل

n_f : العدد الكلى للإطارات باتجاه التحميل

A_c : مجموع مساحات المقاطع العرضية للأعمدة في الطابق المأخوذة بعين الاعتبار

V_j : القص الطابقى الأعظمى عند المنسوب الطابقى j

ويوضح الجدول (6-21) إجهادات القص في الأعمدة.

الجدول (21-6)

Story	n_c	n_f	$A_c [m^2]$	$V_j [kN]$	$\tau_{col} [Mpa]$
STORY10	56	15	7.67	1399.61	0.25
STORY9	56	15	7.67	2258.05	0.40
STORY8	56	15	9.21	3047.2	0.45
STORY7	56	15	9.21	3759.13	0.56
STORY6	56	15	12	4406.91	0.50
STORY5	56	15	12	4986.31	0.57
STORY4	56	15	12.3	5483.3	0.61
STORY3	56	15	12.3	5896.96	0.65
STORY2	56	15	14.7	6231.01	0.58
STORY1	56	15	14.7	6482.29	0.60
GROUND	56	15	15.07	6667.27	0.60
BASE1	56	15	16.42	6719.27	0.56

وكما هو وارد في الفقرة (1-4-1-2) يحدد إجهاد القص المسموح في الأعمدة كما يلي:

$$(\tau_{col})_{all} = 0.1\sqrt{f_{ek}} = 0.1\sqrt{30.12} = 0.55 Mpa \quad \text{أو} \quad (\tau_{col})_{all} = 0.4 Mpa$$

$$(\tau_{col})_{all} = 0.4 Mpa$$

$$\tau_{col} > (\tau_{col})_{all}$$

- حساب الإجهاد الناظمي في الإطارات المقاومة للعزوم (التحقق وفق الكود الهندي)

$$F_{\circ} = \frac{2}{3} \left(\frac{V_B}{n_f} \right) \left(\frac{H}{l} \right)$$

القص القاعدي: V_B

العدد الكلي للإطارات باتجاه التحميل = 15 : n_f

H : الارتفاع الكلي للمبني = 40m

l : طول المبني = 16.7m

$$F_o = \frac{2}{3} \left(\frac{6719.27}{15} \right) \left(\frac{40}{16.7} \right) = 715.29 [kN]$$

$$\sigma = \frac{715.29 \times 10^3}{0.25 \times 0.25 \times 10^6} = 11.44 MPa$$

الإجهاد المحوري الناظمي

وكما هو وارد في الفقرة (4-4-1-2) يحدد الإجهاد الناظمي المسموح في الإطارات المقاومة للعزم كما يلي:

$$\sigma_{all} = 0.25 f_{ck} = 7.53 MPa$$

$$\sigma > \sigma_{all} \Rightarrow notok$$

وبالتالي ننتقل إلى التقييم التفصيلي لأن كل من إجهاد القص والإجهاد الناظمي قد تجاوز المسموح.

التقييم التفصيلي

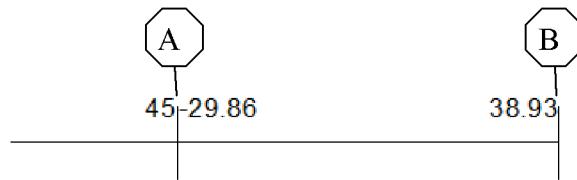
- حساب العزم الإضافي الناتج عن الفتن

حيث يتم توضيحه في الجدول (22-6):

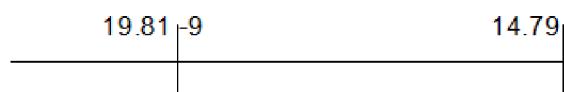
الجدول (22-6)

الطباق	الديافراغم	Fz	XCM	XCR	ex [m]	MT [kN.m]
STORY10	D13	1399.6	1850.74	2510.74	6.6	9242.88
STORY9	D12	858.44	1830.87	2312.895	4.82	10501.32
STORY8	D11	789.15	1830.45	2340.889	5.10	14529.45
STORY7	D10	711.93	1826.96	2362.315	5.35	18340.79
STORY6	D9	647.78	1834.35	2389.968	5.56	21939.97
STORY5	D8	579.4	1829.87	2415.583	5.86	25333.62
STORY4	D7	496.99	1831.69	2437.602	6.06	28344.92
STORY3	D6	413.66	1833.84	2462.075	6.28	30943.68
STORY2	D5	334.05	1835.13	2477.395	6.42	33089.17
STORY1	D4	251.28	1847.09	2484.617	6.38	34691.15
GROUND	D3	184.98	1894.41	2437.703	5.43	35696.13
BASE 1	D2	52	1888.15	1637.471	2.51	35826.48

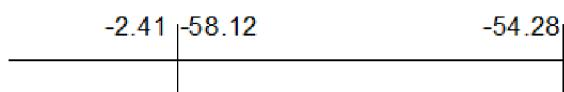
ويعطي تحليل المبنى نتائج القص التالية للجائز الواقع على المحور (5) في الطابق السادس:



القص الناتج عن الأحمال الميئية [kN]

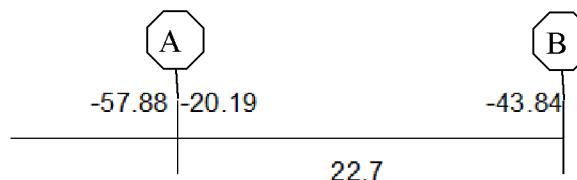


القص الناتج عن الأحمال الحية [kN]

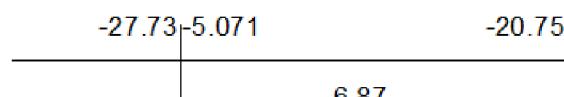


القص الناتج عن الأحمال الزلزالية [kN]

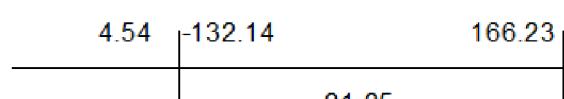
ونتائج العزوم التالية للجائز الواقع على المحور (5) في الطابق السادس:



العزوم الناتجة عن الأحمال الميئية [kN.m]



العزوم الناتجة عن الأحمال الحية [kN.m]



العزوم الناتجة عن الأحمال الزلزالية [kN.m]

- تراكبات الأحمال

$$\begin{aligned} & 1.5D + 1.8L \\ & 1.1(1.2D \pm E + f_1 L) \\ & 1.1(0.9D \pm E) \end{aligned}$$

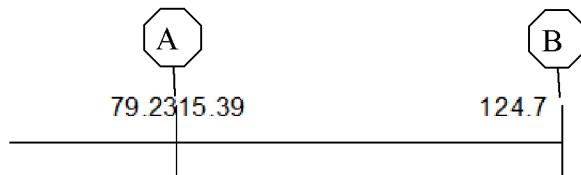
$E = \rho E_h + E_v$: الأفعال الناتجة عن الزلزال وتحدد من العلاقة التالية:

E_h : الأفعال الناتجة عن المركبة الأفقية للهزة الأرضية وتحسب من القص القاعدي V .
 ρ : معامل الوثوقية ودرجة عدم التقرير ويساوي 1 بما أن المبني بالمنطقة الزلالية الثانية.
 E_v : الأفعال الناتجة عن المركبة الشاقولية للهزة الأرضية وتعطى بالعلاقة التالية:

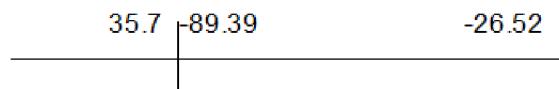
$$E_v = 0.5C_a ID = 0.5 \times 0.25 \times 1 \times D = 0.125D$$

$$\left. \begin{array}{l} 1.1(1.2D + 0.5L \pm (E_h + 0.125D)) \Rightarrow 1.1(1.325D + 0.5L \pm E_h) \\ 1.46D + 0.55L \pm 1.1E_h \\ 1.1(0.9D \pm (E_h + 0.125D)) \Rightarrow 1.1(0.775D \pm E_h) \\ 0.8525D \pm 1.1E_h \end{array} \right\} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} 1.5D + 1.8L \\ 1.46D + 0.55L + 1.1E_h \\ 1.46D + 0.55L - 1.1E_h \\ 0.8525D + 1.1E_h \\ 0.8525D - 1.1E_h \end{array} \right\}$$

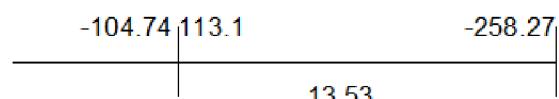
وبالتالي تكون قيم القص بالـ [kN] الناتجة عن تركيب الأحمال كما يلي: $1.46D + 0.55L - 1.1E_h$



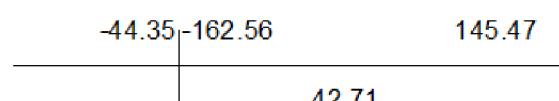
قيم القص بالـ [kN] الناتجة عن تركيب الأحمال $0.8525D + 1.1E_h$ كما يلي:



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تركيب الأحمال $1.46D + 0.55L - 1.1E_h$ كما يلي:



قيم العزوم بالـ [kN.m] الناتجة عن تركيب الأحمال $0.8525D + 1.1E_h$ كما يلي:



- التحقق على الانعطاف للجائز الواقع على المحور (5) في الطابق السادس:

أبعاده 20X55cm وتسلیحه الطولي السفلي قضيبین قطر 18mm وكذا تسلیحه الطولي العلوي عبارة عن قضيبین قطر 18mm. وسيتم في الجدول (23-6) توضیح قیم عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز.

الجدول (23-6): عزوم الانعطاف في المقاطع الحرجة للجائز

الموقع	Mu[kN.m]	التسلیح الموجود	y [cm]	عمق المنطقة المضغوطة [cm]	$\Omega M_n[kN.m]$	التحقق
عند وجه العمود على يسار المحور A	-104.74	2T18	5.09	79.84	65.98	Not ok
عند وجه العمود على يمين المحور A	-162.56	2T18	5.09	79.84	65.98	Not ok
وسط المجاز	42.71	2T18	5.09	79.84	65.98	ok
عند وجه العمود على يسار المحور B	-258.27	2T18	5.09	79.84	65.98	Not ok

$$A_{s\min} = \frac{0.9}{f_y} b_w d = \frac{0.9}{415} \times 200 \times 500 = 225 mm^2 = 2.25 cm^2$$

$$A_{s\max} = 0.5 A_{sb} = 0.5 \times \frac{455}{630 + f_y} \frac{f_c}{f_y} b_w d$$

$$\Rightarrow A_{s\max} = 0.5 \times \frac{455}{630 + 400} \frac{25}{400} \times 200 \times 500 = 1380.47 mm^2 = 13.8 cm^2$$

وبالتالي من الجدول (23-6) يتضح أن $M_u > \Omega M_n$ و $A_{s\min} < A_s < A_{s\max}$ ومنه نستنتج أن الجائز غير محق على الانعطاف.

- التتحقق على القص للجائز الواقع على المحور (5) في الطابق السادس:

أبعاده 20X55cm وتسلیحه العرضي:

✓ التسلیح الإنثائي إسوارة $\Phi 10mm @ 30cm$ في الوسط

✓ التسلیح الحسابي إسوارة $\Phi 10mm @ 15cm$ عند الطرفين

$$\tau_u = \frac{V_u}{0.85 b_w d}$$

$$\tau_u = \frac{124.7 * 10^3}{0.85 * 200 * 500} = 1.47 MPa$$

$$\tau_{cu} = 0.23 \sqrt{f'_c} = 0.23 \sqrt{25} = 1.15 MPa$$

$$\tau_{tension} > \tau_{cu}$$

$$n \times ast = \frac{0.35}{f_{yt}} b_w S$$

بما أن $n = 2$ و قطر الإسوارة $10mm$

$$2 \times 78.54 = \frac{0.35}{400} \times 200 \times S$$

$$S = 89.76cm$$

وبالتالي التسلیح الانشائی إسوارة $\Phi 10mm @ 30cm$ محقق.

$$n * ast = \frac{(\tau_u - \tau_{ou})}{f_y} b_w S$$

بما أن $n = 2$ و قطر الإسوارة $10mm$

$$2 \times 78.54 = \frac{(1.36 - 0.35 \times 1.15)}{400} \times 200 \times S \rightarrow S = 32.81cm$$

وبالتالي التسلیح الحسابی إسوارة $\Phi 10mm @ 15cm$ محقق.

على ألا يزيد التباعد بين الأسوار عن الأصغر ما بين:

$$\begin{aligned} d/2 &= 50/2 = 25cm \\ 300mm &= 30cm \end{aligned}$$

وبحيث تحقق مساحة التسلیح العلاقة التالية:

$$A_{s\min} \geq \begin{cases} \frac{1}{6} \sqrt{f_c'} b_w S / f_{yt} = 62.5mm^2 \\ 0.33 b_w S / f_{yt} = 24.75mm^2 \end{cases}$$

$$A_s = 100.52mm^2 > A_{s\min} = 62.5mm^2$$

- التحقق من العمود الواقع في الطابق الأرضي على المحور (1,E):

أبعاده $80 \times 30cm$ وتسلیح طولي $.10T20mm$.

نحدد مجموع القوى الشاقولية (حية ومتة) كما يلي:

$$\begin{aligned} \sum P_D &= 1699.18[kN] \\ \sum P_L &= 2203[kN] \end{aligned}$$

دراسة تأثير النحافة على زيادة العزم المطبق:

$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} = 4700\sqrt{25} = 2.35 \times 10^4 \text{ Mpa}$$

$$I_{col} = 0.8 \times \left(\frac{30 \times 80^3}{12} \right) = 102.4 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\frac{E_c I_{col}}{L_c} = \frac{2.35 \times 10^4 \times 102.4 \times 10^4 \times 10}{400} = 6 \times 10^8 \text{ kg/cm}$$

$$I_B = 0.4 \times \left(\frac{30 \times 55^3}{12} \right) = 16.6 \times 10^4 \text{ cm}^4$$

$$\frac{E_c I_B}{L_B} = \frac{2.35 \times 10^4 \times 16.6 \times 10^4 \times 10}{300} = 1.3 \times 10^8 \text{ kg/cm}$$

$$\psi_A = \psi_B = \frac{\sum \frac{E_c I_{col}}{L_c}}{\sum \frac{E_c I_B}{L_B}} = \frac{2 \times 6 \times 10^8}{1.3 \times 10^8} = 9.23$$

$$\psi_m = (\psi_A + \psi_B) / 2 = 9.23$$

ومنه يحدد عامل الطول الفعال من العلاقة التالية:

$$k = 0.9 \sqrt{1 + \psi_m} = 0.9 \sqrt{1 + 9.23} = 2.88$$

$$\frac{kL_u}{r} = \frac{2.88 \times (400 - 55)}{0.3 \times 80} = 41.4 > 22$$

: الطول غير المسند من العمود.

r : نصف قطر عطالة مقطع العمود ويمكن أن يؤخذ مساوياً $0.3h$ حيث h بعد العمود في الاتجاه المدرس.

إذاً يؤخذ تأثير النحافة بالحساب يتم حساب العزم في نهايتي العمود بتطبيق العلاقات التاليتين:

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s M_{1s} , M_2 = M_{2ns} + \delta_s M_{2s}$$

: العزم في كل من نهايتي العمود M_1, M_2

: العزم الناتج عن الأحمال التي لا تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود. M_{1ns}, M_{2ns}

: العزم الناتج عن الأحمال التي تنتج انزياحاً جانبياً في كل من نهايتي العمود. M_{1s}, M_{2s}

: عامل تضخيم العزم ويحدد من أجل كل حالة تراكب أحمال بالعلاقة التالية: δ_s

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0.75 \sum P_c}} \geq 1$$

$\sum P_u$: مجموع الأحمال الشاقولية وفقاً لحالة تراكب الأحمال المعتبرة.

$\sum P_c$: مجموع القوى المحورية الحرجة لكل أعمدة الطابق قيد الدراسة والتي سيتم توضيحها في الجدول (24-6) حيث تحدد P_c لكل عمود وفق العلاقة التالية:

$$EI = \frac{0.4 E_c I_g}{1 + \beta_d} , \quad P_c = \frac{\pi^2 EI}{(k L_u)^2}$$

: عزم عطلة مقطع العمود غير المتشتق. I_g

في حالة أحتمال الزلازل والرياح. $\beta_d = 0$

الجدول (24-6)

عدد الأعمدة	عرض مقطع العمود [cm]	طول مقطع العمود [cm]	k	Pc [kN]
2	30	65	2.25	3082.32
19	25	55	0.98	16230.30
1	25	80	1.01	1161.60
1	30	100	1.46	13339.21
1	30	90	1.33	11692.80
1	25	105	2.62	3995.40
3	30	45	1.17	5654.87
1	25	90	1.65	6362.63
2	30	45	1.40	2668.72
10	40	60	1.21	24923.24
9	30	80	1.09	15685.64
1	40	65	1.23	2603.03
1	30	90	0.97	2446.09
1	30	60	1.07	1339.24
1	40	90	1.45	13195.23
1	40	65	1.64	3891.95
1	25	70	1.17	5922.71
ΣP_c				134194.96

و حددت الحمولة الناظمية وعزم الانعطاف عند أعلى وأسفل العمود من خلال تحليل نموذج المنشآت ثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج Etabs وكانت كما هو مبين في الجدول (25-6):

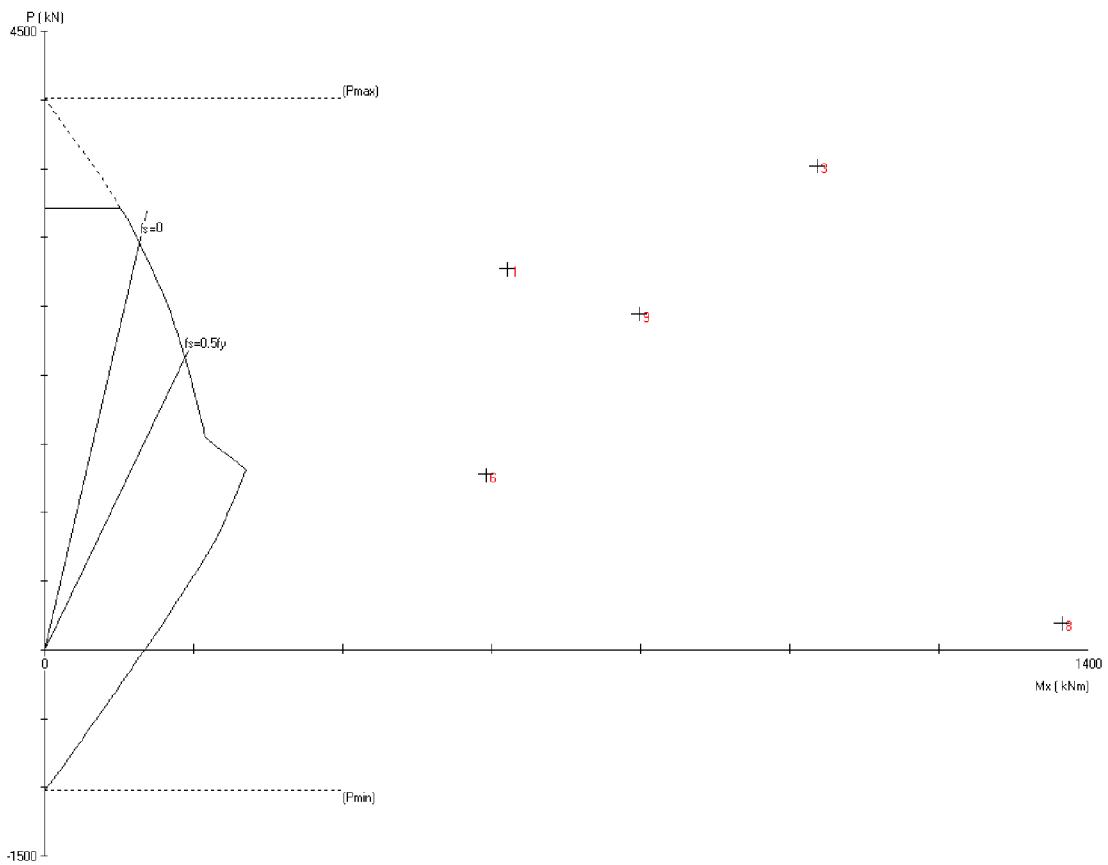
الجدول (25-6)

حالة التحميل	الحولية الناظمية	عزم الانعطاف أعلى العمود	عزم الانعطاف أسفل العمود
الحمل الميت (D)	1549.12	-325.20	-1013.53
الحمل الحي (L)	249.37	-73.97	-284.40
الحمل الزلالي (Eh)	1022.24	-473.24	-2025.26

ويوضح الجدول (26-6) قيم العزوم للعمود المدروس والتي تم تمثيلها على مخطط الترابط الموضح في الشكل (28-6):

الجدول (6-26)

No	فراغ الأفضل	المحور A النظيرية										M1	M2	Ω
		حالة العمل	المحور A العمودي	عزم الانعطاف أعلى العدور	عزم الانعطاف أسفل العدور	M1	M2	M _{ns}	M _{rs}	M _s	ΣP_u			
1	1.5D+1.8L	2759.05	-620.95	-2032.22	-620.95	-2032.22					-620.95	-2032.22	0.7	
2	1.4D+0.55L+1.1Eh	4020.97	-1262.81	-4824.97	-1262.81	-4824.97	-515.48	-1636.17	-520.56	-2227.79	3692.45	1.04	-1055.87	
3	1.4D+0.55L+1.1Eh	827.49	215.60	1501.94	215.60	1501.94	-515.48	-1636.17	520.56	2227.79	3692.45	1.04	24.91	
8	0.8525D+1.1Eh	2867.34	-1007.49	-3999.62	-1007.49	-3999.62	-277.23	-864.03	-520.56	-2227.79	1401.82	1.01	-805.15	
9	0.8525D+1.1Eh	679.47	226.92	1486.88	226.92	1486.88	-277.23	-864.03	520.56	2227.79	1401.82	1.01	250.68	
											1395.22	0.7		

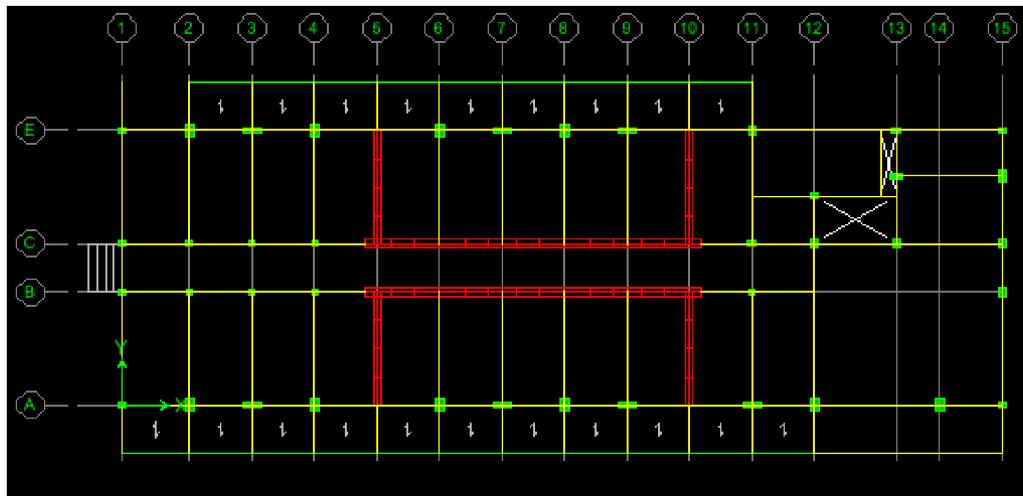


الشكل (6-28): مخطط الترابط للعمود الواقع على المحورين (1) و (E)

حيث نلاحظ من الشكل (6-28) أن جميع تراكيب الأحمال واقعة خارج مخطط الترابط ومنه نستنتج أن العمود المدروس غير محقق على الضغط اللامركزي.

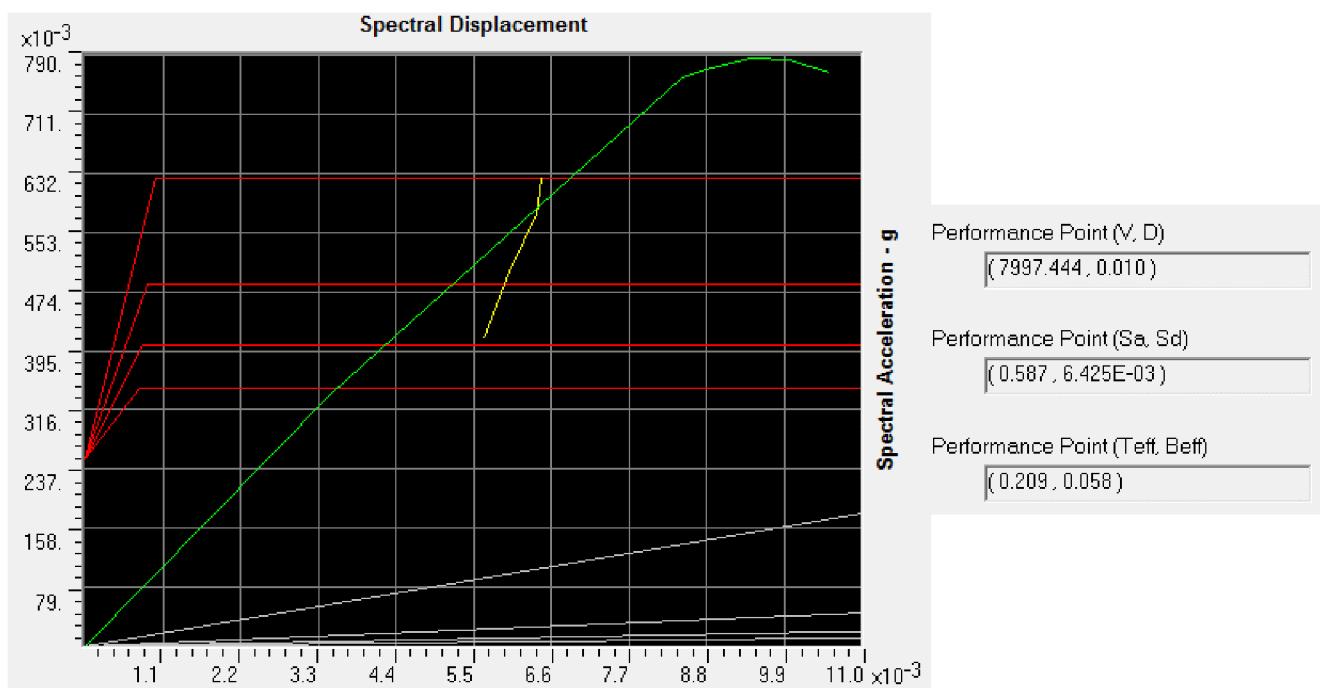
نتيجة:

وبالتالي بما أن أغلب الجوانز غير متحققة على الانعطاف بالاتجاه Y وأغلب الأعمدة غير متحققة على الضغط اللامركزي لا بد من الانتقال إلى مرحلة رفع كفاءة المبني كما ذكرنا سابقاً بإضافة جدران قص بالاتجاه Y على المحورين 10،5 كما هو مبين في الشكل (6-29).



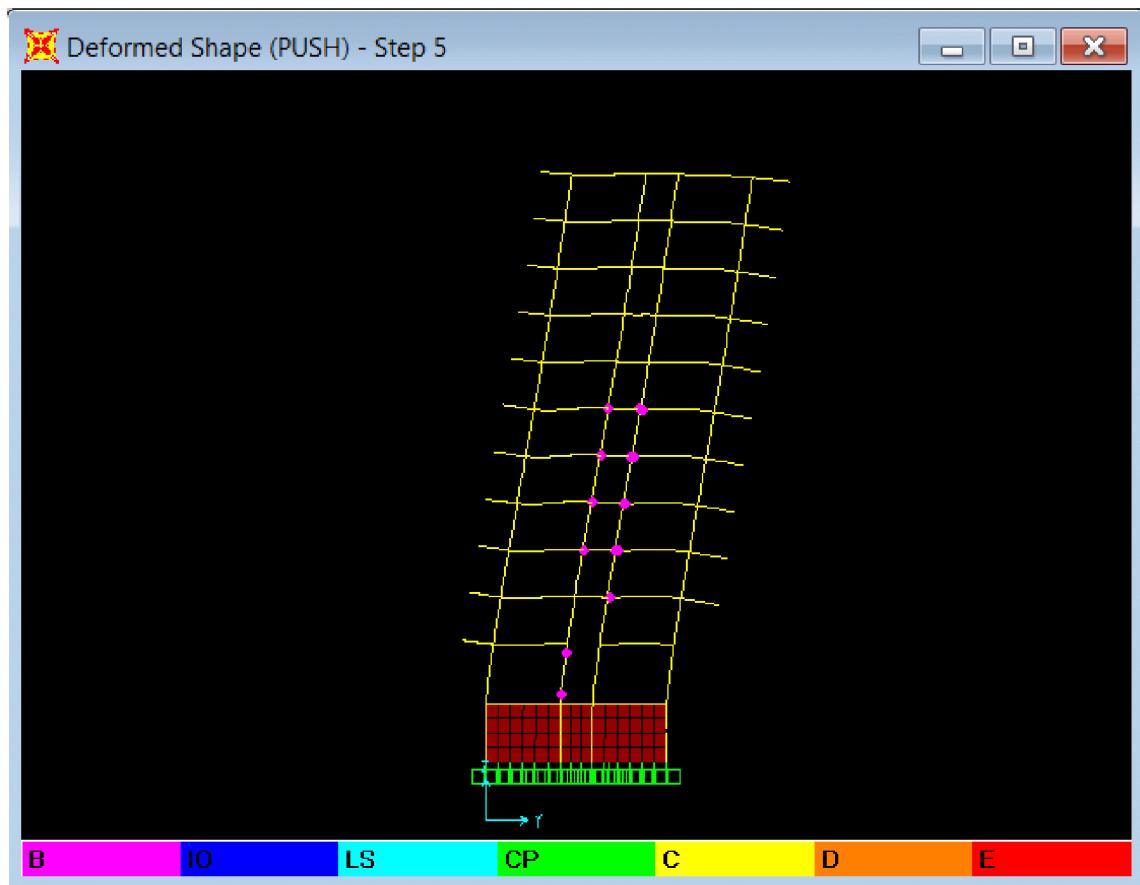
الشكل (29-6)

باختبار أداء المبنى بعد إضافة جدران قص على المحاور 5، 10، 11، 12، 13، 14، 15 نجد نقطة الأداء الناتجة عن تقاطع طيف الطلب المخفض وطيف الاستطاعة كما هو موضح في الشكل (30-6). $V=7997.444[\text{kN}]$, $D=0.01[\text{m}]$



الشكل (30-6)

إن المفاصل المتشكلة في عناصر المنشآت تحت تأثير قوة الدفع الجانبي عند نقطة الأداء موضحة في الشكل (31-6).
إذ أن المفاصل المتشكلة في الجوانز هي مفاصل على العزم أما المفاصل المتشكلة في بالأعمدة فهي مفاصل على القوى P-M-M ولم يتتشكل أي مفصل على القوة المحورية أو القص.



(31-6) الشكل

ومنه نجد أن أداء جميع المفاصل واقع عند مستوى الإشغال الفوري.

نتيجة:

لدى إضافة الجدران تبين أن أداء المبنى يقع في مستوى الإشغال الفوري وهذا يعني هامش أمان.

الفصل السابع

النتائج و التوصيات

Conclusion and Recommendations

1- النتائج

من خلال ما تم عرضه في هذا البحث يمكن الحصول على النتائج التالية

- إن طريقة القوى المتبعة في الكود الهندي والتي تستند إلى UBC97 أو الكود السوري هي طريقة محافظة وتعطي عوامل أمان أكبر من اللازم وبالتالي لا بد من استخدام طريقة التحليل статики الالحظي لإيجاد أداء المبني في أي عملية تقييم.
- لا بد من استخدام منهجيات وأسس رفع الكفاءة الزلزالية وفق ATC40 و FEMA356 في أي عملية تقييم وعدم الاكتفاء بطرائق التقييم التقليدية مما يؤمن رؤية أفضل لمستوى أداء المبني إضافة إلى الاقتصادية.

2- التوصيات

- إدخال منهجيات رفع الكفاءة المعتمول بها عالمياً في الطبعات القادمة من الكود السوري للوصول إلى رؤية أفضل لمستوى أداء المبني إضافة إلى الاقتصادية.

المراجع

المراجع الأجنبية

- [1] Jirsa, J.O. and Kreger, M. (1989), "Recent Research on Repair and Strengthening of Reinforced Concrete Structures," Proceedings, ASCE Structures Congress, Vol. 1.
- [2] Munshi, J.A. (1998), "Energy Dissipation of Viscoelastically Damped Reinforced Concrete Systems," 6th U.S. National Conference on Earthquake Engineering, Proceedings.
- [3] Fu, Y. (1996), "Frame Retrofit by Using Viscous and Viscoelastic Dampers," 11th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 428.
- [4] Pekcan, G., Mander, J.B., and Chen, S.S. (1995), "The Seismic Response of a 1:3 Scale Model R.C. Structure with Elastomeric Spring Dampers," Earthquake Spectra, Vol. 11, No. 2, pp. 249-267.
- [5] Altin, S., Ersoy, U., and Tankut, T. 1992 Hysteretic response of reinforce concrete infilled frames. ASCE J. Struct. Eng., 118(8): 2133–2150
- [6] Albanesi, T., Biondi, S., Candigliota, E., and Nuti, C. 2006 Experimental analysis on a regular full scale infilled frame. Proceedings of the First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology, Geneva, Paper No. 1608.
- [7] Kaplan Hassan, Salih Yilmaz, Nihat Cetinkaya, and Ergin Atimtay. "Seismic strengthening of RC structures with exterior shear walls," Vol. 36, Part 1, February 2011, pp. 17–34.
- [8] Bush, T. D., Wyllie, L. A., and Jirsa, J. O. 1991 Observations on two seismic strengthening schemes for concrete frames. Earth. Spectra, 7(4): 511–527.
- [9] Higashi, Y., Endo, T., and Shimizu, Y. 1982 Effects on behaviours of reinforced concrete frames by adding shear walls. Proceedings of the Third Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Michigan, pp. 265–290.

- [10] Baran M 2005 Precast concrete panel infill walls for seismic strengthening of reinforced concrete framed structures. PhD thesis, Middle East Technical University, Ankara
- [11] Frosch R J, Wanzhi L, Jirsa J O and Kreger M E 1996 Retrofit of non-ductile moment-resisting frames using precast infill wall panels. *Earth. Spectra*, 12(4): 741–760.
- [12] Tudor Postelnicu, Viorel Popa Assist, Dragos Cotofana Assist, Basarab Chesca, Raluca Ionescu Assoc, Radu Vacareanu – responsible. “Study on seismic performance of existing buildings in Romania,” Technical University of Civil Engineering, Bucharest, March 2005.
- [13] Moehle, J.P. (2000), “State of Research on Seismic Retrofit of Concrete Building Structures in the US,” US-Japan Symposium and Workshop on Seismic Retrofit of Concrete Structures.
- [14] Goel, S.C., Masri, A.C. (1996), “Seismic Strengthening of an RC Slab-Column Frames with Ductile Steel Bracing,” 11th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 506.
- [15] Gilmore A T, Bertero V V and Youssef N F G 1996 Seismic rehabilitation of infilled non-ductile frame buildings using post-tensioned steel braces. *Earth. Spectra*, 12(4): 863–882
- [16] Ohmura T, Hayashi S, Kanata K and Fujimura T 2006 Seismic retrofit of reinforced concrete frames by steel braces using no anchors. Proceedings Of The 8th National Conference On Earthquake Engineering, California.
- [17] Perera R, Gómez S and Alarcón E 2004 Experimental and analytical study of masonry infill reinforced concrete frames retrofitted with steel braces. *ASCE J. Struct. Eng.*, 130(12): 2032–2039.
- [18] Durgesh C. Rai, Seismic Evaluation and Strengthening of Existing Buildings, Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Kanpur Kanpur, 2005.
- [19] Farzad Naeim, The Seismic design handbook, Kluwer Academic Pub. 2001.

- [20] IS1893(Part1)
- [21] Uniform Building Code، 1997. Volum2.
- [22] ACI Standard "Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI318M-02)"، American Concrete Institute، 2002.
- [23] Applied Technology Council ،(1996)، ATC40،Volume 1،Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Building.
- [24] Fema 273،October،1997،Nehrhp Guidelines for The Seismic Rehabilitation of Buildings.
- [25] Fema 356،November 2000،Prestandard and Commentary for The Seismic Rehabilitation of Buildings.
- [26] Etabs Manual Version 9.2.
- [27] SAP2000 Manual Version 14.

المراجع العربية

- [28] العرب، ميساء، رسالة ماجستير "تصميم المنشآت الهيكلية على الأداء باستخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي" ، جامعة دمشق، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية، 2009.
- [29] السمارة، محمد أحمد، كتاب "أساسيات ديناميك المنشآت والهندسة الزلزالية" ، 2006.

Abstract

This paper explain the criteria for evaluating the seismic performance of existing buildings based on durability, which includes two levels key for evaluation are the preliminary evaluation and the detailed terms involve preliminary evaluation broad assessment of the buildings physical condition, durability, safety, construction and be addressed to assess the detailed when the results of the initial evaluation is unacceptable.

As this research deals with the definition of standards of performance structural and non-structural and performance levels of construction and an explanation of the seismic hazard levels. Has been reviewing some of the typical defects that lead to poor performance of the building under the influence of earthquakes and work to correct them and reduce the seismic risk of up to an acceptable level by following the appropriate strategies to upgrade the buildings.

It also deals with the search test the performance of these buildings seismically through an analysis of static nonlinear and that the definition of state to pay both sides of the direction haphazard start after vertical loading and after the analysis is performed payment profile for capacity curve and from the point of performance the intersection of the capacity spectrum with the reduced demand spectrum to determine the level of performance which is located where the performance of the building.

Having been in this search application evaluation criteria on realistic buildings and to demonstrate their need to raise the efficiency or not and if they need to choose the appropriate strategy to improve the seismic performance and reduce the seismic risk of up to an acceptable level.

Damascus University
Faculty Of Civil Engineering
Structural Engineering



Seismic Evaluation and Retrofit Strategies and Their Applications On Existing Reinforced Concrete Buildings

A dissertation submitted in partial fulfillment of the Master
Degree in Structural Engineering

Prepared by:
Eng. Weaam Mansour

Supervised by:
Prof.Dr.Eng. Mohammad Alsamara

2013