مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1997

دراسة تحليلية حول التدعيم الزلزالي لجملة بناء مشيد

الـــــدكتور نائـــــل حســـــن*
الـــــدكتور دريـــــد ســـــلوم**

(قبل للنشر في 1997/7/1)

❐ ملخص ❐

تهتم هذه المقالة بدراسة تحليلية لبناء مشيد في المنطقة الساحلية بهدف تقييم الجملة الإنشائية للبناء تحت تأثير القوة الزلزالية الممكن حدوثها في المنطقة (4) تبعاً للخارطة الزلزالية السورية.

تبين من خلال تحديد المواصفات الديناميكية (التردد، الدور، أنماط الاهتزاز) وحساب الجهود الداخلية والانتقالات تحت تأثير القوة الزلزالية، أن جملة البناء المدروسة تتصف بـ:

آ- ضعف صلابتها الجانبية لحد كبير،

ب- تجاوز الانتقالات على كامل ارتفاع البناء للحدود المسموح بها،

جـ- تعرض العناصر لجهود داخلية (N,Q,M) أكبر من الجهود الحدية التي تستطيع مقاطعها تحملها،

د- عجز التفصيلات التنفيذية للوصلات عن تأمين السلوك المطاوع للعناصر وبالتالي للجملة بشكل عام.

بناءً على المعطيات لن تستطيع هذه الجملة مقاومة القوى الزلزالية في المنطقة المدروسة، لذلك وجب تحسين أداء الجملة بإضافة أنظمة تدعيم مناسبة.

اختير بالاعتماد على التجربة العالمية، نظام التدعيم بإضافة تربيط فولاذي وفق مخططين يراعيان الشروط المعمارية والوظيفية للبناء. استخدم برنامج COSMOS/M في حساب الخواص الديناميكية والجهود الداخلية والانتقالات للجمل الإنشائية الأصلية والمدعمة وفق موديلات حسابية فراغية.

نوقشت فعالية مخططات التدعيم عن طريق مقارنة الخواص الديناميكية ونتائج تحليلها الستاتيكية مع الجملة الأصلية. تمكنت الجمل المدعمة من مقاومة القوة الزلزالية من خلال تجاوز سلبيات الجملة الأصلية الموضحة أعلاه، لكن في الوقت نفسه تبين أن بعض الأعمدة تخضع لقوة محورية ضاغطة أكبر، وتتحول في بعضها الآخر إلى قوى شادة، مما يستدعي المعالجة الدقيقة لكافة عناصر الجملة بحيث يتم ضبط كافة التغيرات والمظاهر الجديدة التي يمكن أن تخضع لها هذه العناصر. تم الإشارة إلى أن مدى تغير القوى المحورية في أعمدة الجملة يتعلق بشكل المخطط التدعيمي المقترح وغالباً، يكون المخطط الأفضل، هو المخطط الذي يخفض المصروف الإضافي اللازم لتدعيم هذه الأعمدة إلى حدوده الدنيا، ومن هنا تأتي أهمية الكمبيوتر في إجراء مقارنة بين جملة الاقتراحات الممكن تنفيذها واعتماد الأمثل منها.

---

* مدرس في قسم الهندسة الإنسائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
** مدرس في قسم الهندسة الإنسائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية - سلسلة العلوم الهندسية المجلد (19) العدد (5) 1997
Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research –Engineering Science Series Vol. (19) No (5) 1997

ANALYTICAL STUDY OF SEISMIC RETROFIT OF AN EXISTING BUILDING

Dr. Nayel HASSAN*
Dr. Doraid SALLOUM**

(Accepted 1/7/1997)

❐ ABSTRACT ❐

Paper presents an analytical study on the application of commonly used retrofit schemes for an existing eight-story apartment building in the Syrian coastal region. The dynamic and static analysis's showed that the origin building had:

a) Weak lateral stiffness,
b) Large displacements,
c) Large internal forces more than the sections can resist,
d) Weak connections between members.

So it is felt that this building can not resist the seismic forces due to earthquakes in the mentioned above region.

Because of the special functional and architectural conditions of the building, a retrofit scheme of addition of steel bracing was used in this study. The effectiveness of the studied retrofit schemes was discussed by comparing their dynamic structural specification and the results of static analysis with respect to those of the origin structure. It is concluded that many aspects need to be evaluated in seismic retrofit plan for a given building structure and often, the best alternative form the structural viewpoint may not be best alternative overall.

* Lecturer at Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.
** Lecturer at Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

صنفت منطقة الساحل السوري إضافة لمناطق المدن السورية الكبرى ضمن المنطقة (4) ذات الشدة الزلزالية الأكبر، وذلك تبعاً للخارطة الزلزالية للجمهورية العربية السورية والصادرة حديثاً ضمن الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة عام 1996م[1].

نفذت الغالبية العظمى من أبنية ومنشآت المنطقة الساحلية وفق تصاميم ودراسات لا تأخذ بعين الاعتبار تأثيرات القوة الزلزالية، التي يمكن أن تشكل تهديداً لأمن وسلامة المنشآت الواقعة ضمن نطاقات النشاط الزلزالي.

تهتم هذه المقالة بدراسة نموذج لبناء سكني يمثل شريحة لقسم كبير من الأبنية السكنية والإدارية المنتشرة في المنطقة الساحلية من حيث نوع الجملة الإنشائية الحاملة، المواد المستخدمة، والتفصيلات التنفيذية لعناصر هذه الجملة، حيث تتصف هذه الجمل بـ:

آ- ضعف صلابتها الجانبية لحد كبير،

ب- عجز التفصيلات التنفيذية لتسليح العناصر والعقد (مقارنة بالكودات الزلزالية) عن تأمين السلوك المطاوع للعناصر وبالتالي للجملة بشكل عام،

جـ- عدم مقدرة مقاطع الأعمدة على مقاومة قوى القص الكبيرة،

د- استخدام الأساسات المنفردة،

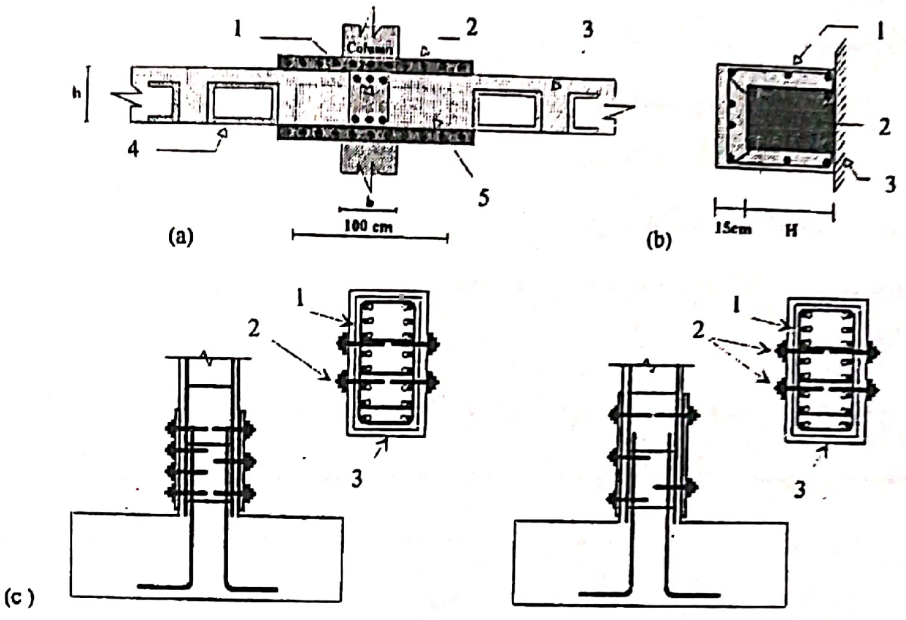
هـ- تدني مستوى التنفيذ والذي قد يصل لحد عدم الالتزام بمعطيات الدراسة التنفيذية،

و- انتشار ظاهرة تلاصق الأبنية والتي تسبب تصادم الأبنية مع بعضها وبالتالي تعرضها لضربات ديناميكية أثناء حدوث الزلزال.

تسبب مجموعة الصفات المذكورة أعلاه أضراراً إنشائية بالغة تحت تأثير القوة الزلزالية، ومن هنا كانت الحاجة لإيجاد الحلول الناجعة من خلال إضافة أنظمة تدعيمية تتناسب مع الجمل الإنشائية المشادة وتأخذ بالاعتبار العامل الاقتصادي والوظيفي، بحيث تكون فعالة واقتصادية.

استخدمت العديد من تقنيات تدعيم الأبنية المشادة لتصبح مقاومة للقوى الزلزالية في مناطق مختلفة من العالم ذات نشاط زلزالي متوسط وشديد (اليابان، الولايات المتحدة الأمريكية، المكسيك وغيرها). من أهم الحلول المستخدمة عالمياً ما يلي:

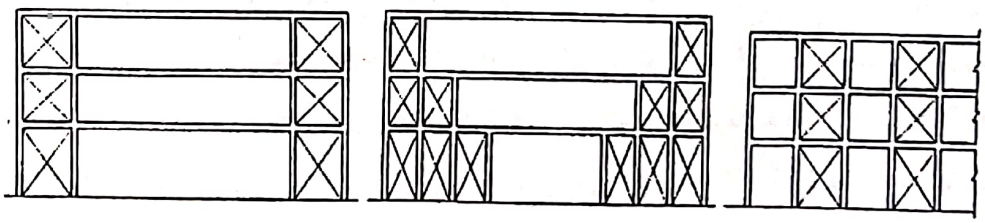
1- جاكيت العمود والجائز (Column and beam jacketing): هو حل اقتصادي يسمح بزيادة المقاومة من الناحية المبدئية ويحسن مطاوعة العناصر المغلفة باستخدام جاكيتات إما بيتونية مسلحة[2] أو جاكيتات فولاذية[7]. يزيد التغليف (عملية وضع الجاكيت) من المقاومة الكلية والمطاوعة للأبنية المدعمة، إلا أن تأثيره ضعيف على المواصفات الديناميكية للمنشأة عندما يستخدم بمفرده. إضافة إلى أنه لا يمكن أن يكون الحل الأفضل للمنشآت ذات الاستجابة الطنينية الممكنة مع الأرض، الشكل رقم (1).



الشكل (1): التدعيم باستخدام جاكيت العمود والجائز.

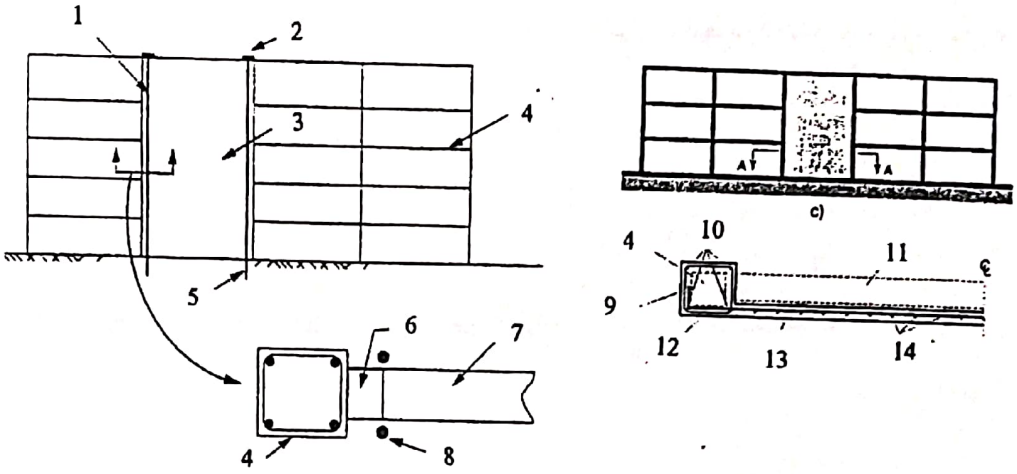
(a): التغليف البيتوني المسلح للجائز: 1- العصب الرئيسي الأصلي؛ 2- جاكيت للبلاطة؛ 3- الأعصاب الثانوية؛ 4- بلوك هوردي؛ 5- تاج العمود، (b): التغليف البيتوني المسلح للعمود: 1- جاكيت بيتونية مسحلة؛ 2- العمود الأصلي؛ 3- خط حدود الملكية، (c): التغليف الفولاذي للعمود: 1- أسمنت مائع (Grout) بسماكة 2.5سم؛ 2- برغي تثبيت؛ 3- جاكيت فولاذي.

2- إضافة تربيط فولاذي (Addition of steel bracing): تزيد هذه التقنية الصلابة الجانبية ومقاومة البناء المدعم، لكن المطاوعة الكلية تقل، لذلك يجب أخذ الحذر تجاه ذلك. لقد كان هذا الحل ناجحاً في التدعيم الزلزالي لأبنية البيتون المسلح في مدينة مكسيكو التي صمدت في زلزال (Michoacon, 1985) مع عدم وجود أضرار إنشائية هامة[3]، الشكل رقم (2).



الشكل (2): بعض مخططات التربيط الفولاذي.

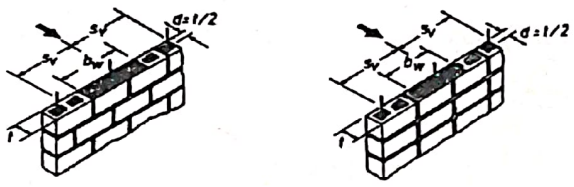
3- إضافة جدران بيتونية مسلحة (Addition of RC walls): يزيد هذا الحل من الصلابة الجانبية والمقاومة الكلية للبناء الأصلي، إلا أنه يزيد كتلته بنسب لا يستهان بها ويخفض مطاوعته الكلية. يتناقص الدور الطبيعي (Natural period) للبناء المدعم بشكل ملحوظ إلا أن هذا الحل يمكن أن لا يكون الأفضل من أجل الأبنية ذات الاستجابة الطنينية مع الأرض[5]، الشكل رقم (3).



الشكل (3): بعض مخططات التدعيم بإضافة جدران بيتونية.

1- فولاذ لاحق الشد؛ 2- مثبتات للفولاذ لاحق الشد؛ 3- جدار ملء؛ 4- إطار البناء الأصلي؛ 5- تثبيت الأساس؛ 6- حشوة وصل؛ 7- جدار مسبق الصنع؛ 8- كبل لاحق الشد؛ 9- جاكيت العمود؛ 10- تسليح إضافي؛ 11- جائز أصلي؛ 12- أساور مضافة؛ 13- تسليح عرضي؛ 14- تسليح طولي.

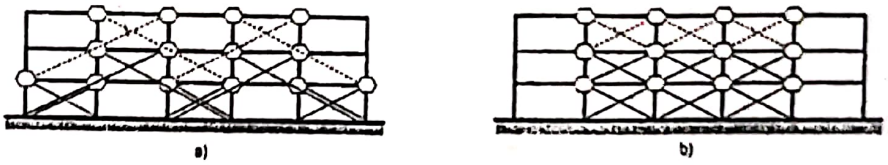
4- إضافة جدران ملء بيتونية مسلحة أو جدران كتلية (Addition of infill RC or masonry walls): يستخدم هذا الحل بشكل رئيسي في الإطارات الخارجية حيث توجد حاجة لضبط الانتقالات وزيادة الصلابة الجانبية للإطار. يحتاج هذا الحل إلى تفصيلات دقيقة للتأكد من أن عناصر الجملة الأساسية لن تتضرر، إضافة لمنع حدوث أشكال الانهيار الهش في هذه الجدران[3]، الشكل رقم (4).



الشكل (4): بعض مخططات التدعيم بإضافة جدران ملئ بيتونية مسلحة.

5- إضافة إطارات بيتونية مسلحة محيطية (Peripheral RC macroframes): استخدام هذا الحل في تدعيم عدة أبنية بيتونية مسلحة في منطقة (Tlatelolco) في مدينة المكسيك بعد زلازل 1985 يحسن هذا الحل الصلابة الجانبية والمقاومة للجمل المدعمة، لكن تزداد الكتلة بشكل ملحوظ. يحتاج هذه المخطط إلى دراسات تجريبية إضافية للتأكد من طبيعة سلوكه الفعلي أثناء الحدث الزلزالي.

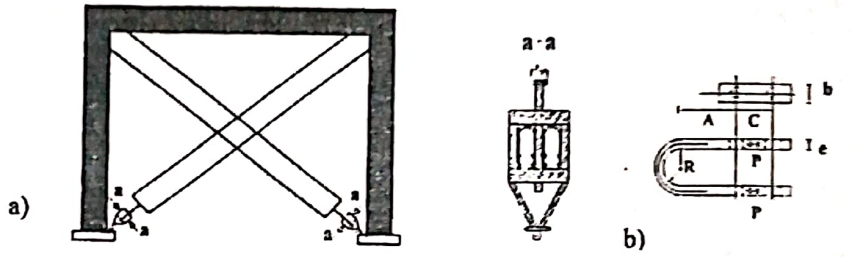
6- التربيط الفولاذي لاحق الشد (Post-tensioned bracing): استخدمت هذه التقنية في تدعيم أبنية المدارس منخفضة الارتفاع في مدينة المكسيك بعد زلزال (Michoacon, 1985). يزيد هذا الحل من الصلابة الجانبية والمقاومة للمنشأ المدعم بشكل ملحوظ، إضافة إلى أنه يقود لاستجابات مرنة عند التعويض لتسارع زلزالي مشابه للزلزال المذكور أعلاه[6،9]، الشكل رقم (5).



الشكل (5): بعض مخططات التدعيم بإضافة تربيط فولاذي لاحق الشد.
(a): توزيع شطرنجي، (b): توزيع منتظم.

7- إزالة الطوابق العلوية (Removal of top floors): يستخدم هذا الحل عند حدوث انهيار في الطوابق العلوية أو في حالات الحاجة لتخفيض وزن المنشأة بغية تحسين خواصها الديناميكية كما كان الحال في بعض أبنية مدينة المكسيك بعد زلزال (Michoacon, 1985) يمكن اللجوء لهذا الحل عندما لا يتوفر الفراغ اللازم لإضافة مخططات التدعيم المناسبة، شرط أن تكون الخواص الديناميكية للبناء غير قريبة من استجابات الطنين مع الأرض[9].

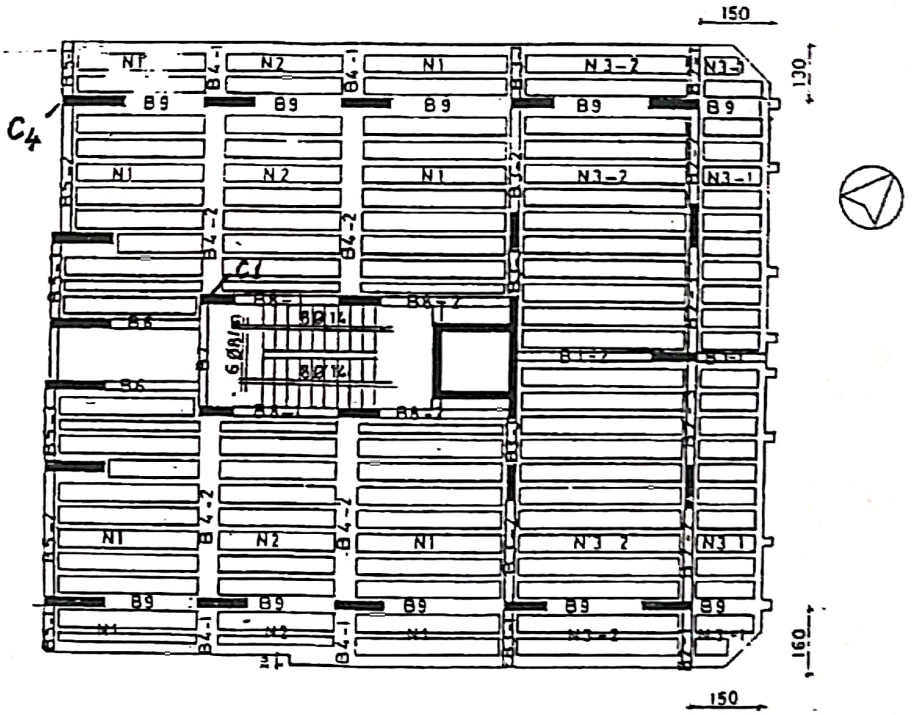
8- إضافة أجهزة تخميد سلبية للطاقة (Addition of passive energy dissipation): تحسن هذه الأجهزة السلوك الكلي للمنشأة عن طريق زيادة تخامد الداخلي بفضل تبديد الطاقة بواسطة التشوهات غير المرنة لهذه الأجهزة الخاصة. بالنتيجة، فإن الاستجابة الديناميكية الإنشائية تُخفض بشكل ملحوظ، خاصة في العناصر الأصلية للمنشأة. إضافة إلى ذلك فإن الصلابة الجانبية للمنشأة تزداد كون هذه الأجهزة تُثبت بالروابط الفولاذية المستخدمة في تدعيم البناء[9]، الشكل رقم (6).



الشكل (6): مخطط نموذجي يوضح أماكن تثبيت وأشكال أجهزة تخميد الطاقة.
(a): إطار مثبت عليه عناصر فولاذية قطرية تنتهي بأجهزة تخميد طاقة، (b): أشكال تفصيلية لجهاز تخميد الطاقة مبين عليها متحولات الأبعاد التي توصف في نورمات الشركات المصنعة بالاعتماد على القوة الزلزالية المطبقة.

1- وصف البناء المدروس:

يقع البناء المدروس في مدينة اللاذقية وهو مؤلف من ثمانية طوابق، استخدمت فيه بلاطات بيتونية مسلحة معصبة باتجاه واحد (هوردي)، مستندة على أعمدة ونواة بيتونية مسلحة على شكل حرف U، عن طريق جيزان رئيسية مخفية ومتدلية، الشكل رقم (7).



الشكل (7): مسقط أفقي يوضح توزع عناصر البلاطة المتكررة.

يملك البناء مسقط أبعاده (15.5×11.9m) ارتفاع الطابق المتكرر (3m). المقاطع العرضية للأعمدة مستطيلة أبعادها الكبرى موازية للاتجاه شمال شرق (N.E) تتراوح أبعاد المقطع العرضي للأعمدة من (25×80cm) إلى (25×120cm) في الطابق الأول، ومن (20×40cm) إلى (20×80cm) في الطابق الثامن. تتنوع نسب التسليح في الأعمدة μ من (0.0045) إلى (0.01). تبلغ مقاومة الخضوع لفولاذ التسليح ($f_y = 2400kg/vm^2$) والمقاومة المميزة للبيتون في الضغط ($f_c =$ $180kg/vm^2$). يملك البناء نواة بيتونية مسلحة بسماكة (20cm) تبتعد عن مركز البناء قليلاً نحو الشمال الشرقي. نفذت أغلب الأساسات منفردة عدا بعض الأساسات المشتركة للأعمدة المتقاربة وللنواة البيتونية المسلحة وجميعها بارتفاع (80cm). تتألف تربة موقع البناء من طبقة غضارية رملية.

الهدف من هذه المقالة هو إجراء دراسة تحليلية لتقصي السلوك الزلزالي لجملة البناء الأصلي والجمل المدعمة المقترحة من خلال توضيح سلبيات الجملة الأصلية وما قدمته الجمل المدعمة من إيجابيات مع الانتهاء باستخلاص للنتائج.

2- الدراسة التحليلية:

تم اختيار البناء المدروس بتفصيلاته التنفيذية، باعتباره ممثلاً لجملة إنشائية متوسطة الارتفاع في المنطقة الساحلية، جرى تقييم أداء الجملة المدروسة والجمل المدعمة المقترحة على القوة الستاتيكية المكافئة المحسوبة وفقاً للكود العربي السوري والكود الفرنسي[9،11]، وذلك بالاعتماد على المواصفات الديناميكية الناتجة لجملة البناء (الترددات الذاتية، الأدوار الزمنية وأنماط الاهتزاز الأساسية) باستخدام البرنامج COSMOS/M للتحليل الإنشائي بطريقة العناصر المنتهية.

جرت دراسة جملة البناء الأصلي والجمل المدعمة المقترحة بواسطة التحليل الديناميكي والستاتيكي فراغياً (ثلاثي الأبعاد) بواسطة البرنامج المذكور أعلاه، وذلك بعد صياغة الموديل الحسابي للجمل المدروسة باعتماد العناصر المنتهية التالية[10]:

آ- اعتماد عنصر جائزي منتهي ثلاثي الأبعاد Beam 3D لتمثيل الأعمدة مع اعتبارها مستمرة على طول البناء.

ب- اعتماد عنصر جائزي منتهي ثلاث الأبعاد Beam 3D متمفصل في نهايتيه لتمثيل الجيزان المخفية وآخر ذو نهايتين صلبين لتمثيل الجيزان المتدلية، بهدف الاقتراب ما أمكن من واقعية العمل الفعلي لعقد المنشأة.

جـ- اعتماد عنصر سطحي منتهي ثلاث الأبعاد Shell 3D لتمثيل النواة البيتونية المسلحة.

د- اعتماد عنصر جائزي منتهي ثلاث الأبعاد Beam 3D بمقطع T لتمثيل مجموعة الأعصاب الواصلة بين الجيزان الرئيسية في البلاطات.

هـ- اعتماد عنصر شبكي منتهي ثلاث الأبعاد Truss 3D لتمثيل مجموعة عناصر التربيط الفولاذية المقترحة والواصلة بين عقد المنشأة.

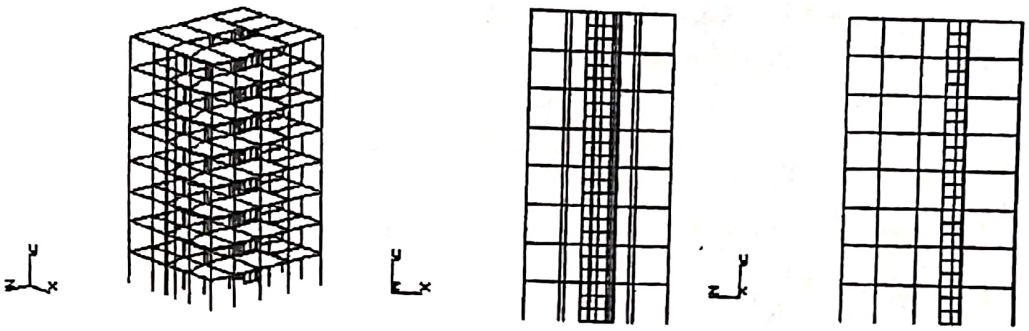
اعتمدت في هذه الدراسة جمل تدعيم مؤلفة من تربيط فولاذي على شكل (X و Λ) وفقاً لاقتراحين أساسيين يراعيان المتطلبات الخاصة بالبناء، الأول بإضافة التربيط إلى الإطارات المحيطية، والثاني بإضافة التربيط إلى الإطارات المحيطية والداخلية. صممت جمل التدعيم هذه لتحسين مستويات الصلابة الجانبية في كلا الاتجاهين الأساسيين للبناء، وكذلك لتحسين الصلابة الدورانية الفتلية الضعيفة في البناء الأصلي غير المتناظر، إضافة لخفض الجهود الداخلية في عناصر الجملة تحت تأثير القوة الزلزالية المطبقة.

اعتمد في حساب المواصفات الديناميكية أن الكتل الناتجة عن الأوزان الذاتية لعناصر الجملة موزعة على كامل أطوال ومساحات هذه العناصر (الجيزان، الأعمدة، النواة، البلاطات والتربيط الإضافي) (Distributed masses)، أما الكتل التي تمثل الحمولات الإضافية فاعتبرت مركزة في عقد الجملة الإنشائية (Lumped masses). كما اعتمدت نسبة تخامد وسطية (5%) لكل الجمل المدروسة. اعتبرت مساند الجمل موثوقة[8].

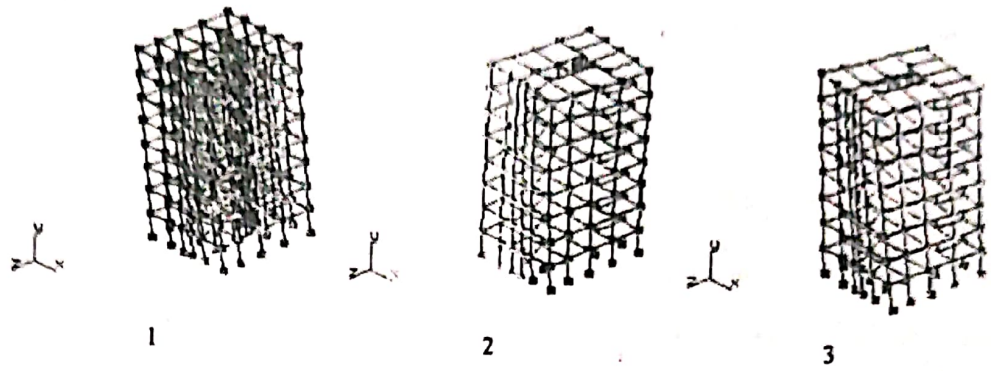
2-1: نماذج البناء الأصلي:

جرت دراسة جملة البناء الأصلي المبينة في الشكل رقم (8) بواسطة التحليل الديناميكي والستاتيكي، حيث حددت المواصفات الديناميكية (الترددات الذاتية، الأدوار الزمنية وأنماط الاهتزاز الأساسية) باستخدام التحليل الترددي Frequency analysis ضمن البرنامج COSMOS/M.

نفذ هذا التحليل وفقاً لعشرة أنماط اهتزاز، اختير منها الأنماط الرئيسية الثلاثة الأولى المبينة في الشكل رقم (9) لاعتمادها في الدراسة، حيث أهملت بقية الأنماط بسبب ضعف تأثيرها. يبين الجدول رقم (1) قيم الترددات الذاتية والأدوار الزمنية والاتجاهات المعتمدة في الدراسة.



الشكل (8): منظور ومسقطين أماميين للجملة الإنشائية للبناء الأصلي.



الشكل (9): أنماط الاهتزاز الثلاثة الأولى المعتمدة على الدراسة.

الجدول (1): الخواص الديناميكية لجملة البناء الأصلي

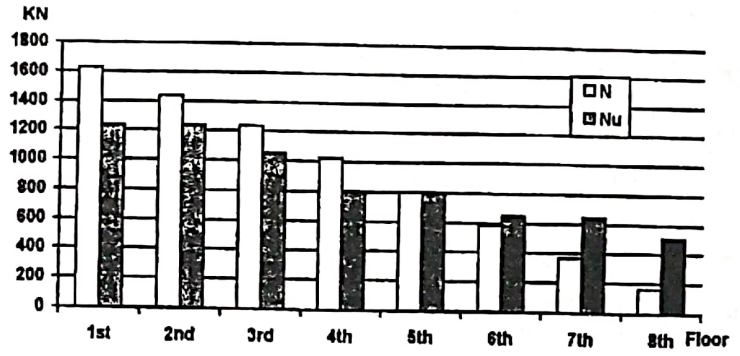
نمـــــط الاهتزاز	الاتجاه	الدور Sec	التردد الذاتي	
			cyc/sec	rad/sec
1	N.E.	1.722	0.581	3.468
2	S.E.	1.596	0.626	3.936
3	Torsion	0.848	1.178	7.401

كما حددت القوى الستاتيكية المكافئة بحسب الكود العربي السوري باعتماد معامـــل زلزاليـــة المنطقة الساحلية (المنطقة (4) تبعاً للخارطة الزلزالية السورية)[1]، أيضاً الكود الفرنسي بعد الأخـــذ بعين الاعتبار مفهوم الحماية الزلزالية التي تستند عليها الخارطة الزلزالية الفرنسية، اعتمد عامل الشد الزلزالية $\alpha = 1$[11]. يبين الجدول رقم (2) قيم قوى قص القاعدة والانتقالات الأعظمية في أعلى البناء تبعاً لقيم الأدوار المحسوبة وذلك وفق الكود العربي السوري والكود الفرنسي.

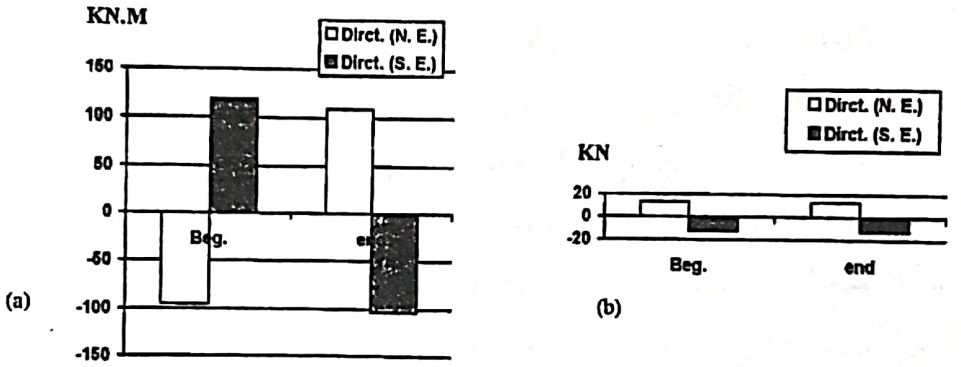
الجدول (2): نتائج التحليل الستاتيكي لجملة البناء الأصلي

نمط الاهتزاز	الاتجاه	الدور Sec	الكود العربي السوري		الكود الفرنسي	
			الانتقالات الأعظمية cm	قوى قص القاعدة Ton	الانتقالات الأعظمية cm	قوى قص القاعدة Ton
1	N.E.	1.722	4.32	70.837	6.46	114.994
2	S.E.	1.596	3.17	72.509	4.78	117.277
3	Torsion	0.848	2.01	100.944	3.21	145.802

من خلال دراسة نتائج التحليل الستاتيكي (الجهود الداخلية والانتقالات) لعناصر جملة البناء الأصلي، لوحظ ما يلي:زيادة قيم القوى الناظمية في أغلب الأعمدة خاصة في الطوابق الأولى، عن القيم الحدية القصوى التي يمكن للمقطع أن يتحملها في حالة اللامركزية المركبة[1]. للإيضاح تم مقارنة القوة الناظمية الناتجة عن التحليل على القوى الزلزالية للعمود C1 مع القيم الحدية القصوى التي يمكن لمقطع العمود أن يتحملها وفقاً للكود العربي السوري، الشكل رقم (10)، وبالتالي يمكن توقع تطور اللدونة لتسليح الأعمدة (حالة اللامركزية الكبيرة)، أو حدوث انهيار في البيتون (حالة اللامركزية الصغيرة).زيادة قيم العزوم (M) في الجيزان المتدلية في أغلب طوابق البناء بنسب كبيرة عن القيم الحدية القصوى التي يمكن للمقطع أن يتحملها (Mu)، (مثلاً تراوحت قيمة هذه النسبة للجيزان B8-1 وB8-2 في الطوابق المتكررة (M/Mu = 1.76 to 2.88))، وبالتالي يمكن توقع انهيار في هذه الجيزان.تعرض الجيزان المتدلية لتغير في إشارات الجهود الداخلية الحاصلة من عزوم وقوى محورية مرافقة أثناء الحدث الزلزالي، تصل في بعض الجيزان لحالة شد لامركزي. يبين الشكل رقم (11) تناوب قيم العزوم والقوة المحورية المرافقة في بداية ونهاية الجائز B8-1 في الطابق الثالث تبعاً لاتجاه القوى المطبقة.بالنظر للحالة الإجهادية للأجزاء السفلية من الأعمدة، كما ذكر أعلاه (تطور اللدونة لتسليح الأعمدة أو حدوث انهيار محيطي في البيتون) ولتفصيلات التسليح العرضي المعتمدة في تنفيذ البناء (عدم مراعاة المتطلبات الزلزالية وخصوصاً مطاوعة العناصر) يتوقع انخفاض مقاومة القوى القاصة لحدود قد تصل للانهيار على القص.تجاوز قيم الانتقالات الأعظمية الناتجة في أعلى البناء للحدود المسموح بها وفق الكودات العالمية (H/1000 = 2.4cm)[11]. يبين الجدول رقم (2) قيم هذه اللاانتقالات.



الشكل (10): مقارنة القوة الناظمية الناتجة عن التحليل على القوى الزلزالية للعمود C1(N)، مع القيم الحدية القصوى التي يمكن لمقطع العمود أن يتحملها (Nu).



الشكل (11): تناوب قيم العزوم والقوى المحورية المرافقة في بداية (Beg.) ونهاية (End) الجائز B8-1 في الطابق الثالث تبعاً لاتجاه القوى المطبقة (الاتجاه (N.E.) أو الاتجاه (S.E.)).

(a): تناوب قيم العزوم حول المحور الأفقي للمقطع باعتبار الإشارة الموجبة شد الألياف العلوية والإشارة السالبة شد الألياف السفلية، (b): تناوب قيم القوى المحورية المرافقة باعتبار الإشارة الموجبة ضغط والإشارة السالبة شد.

2-2: مخططات التدعيم المقترحة:

بالاعتماد على نتائج تحليل الجملة الأصلية للبناء (ضعف الصلابة الجانبية، تجاوز قيم الانتقالات والاجهادات للقيم المسموح بها، انخفاض مطاوعة عناصر الجملة وبالتالي انخفاض المطاوعة العامة للبناء) ثبت فشل هذه الجملة في مقاومة القوى الزلزالية للمنطقة المدروسة سواءً حسب الكود العربي السوري أو حسب الكود الفرنسي، ولذلك لابد من تحسين أداء الجملة بإضافة أنظمة تدعيم مناسبة.

تم اختيار نظام التدعيم بإضافة تربيط فولاذي باعتباره أحد الحلول المستخدمة عالمياً، وبغض النظر عن أهمية مقارنة الحلول التدعيمية المذكورة أعلاه فيما بينها من النواحي الإنشائية والاقتصادية، إلا أنه انطلاقاً من الظروف والشروط المحيطة بجملة البناء المدروس كان توجه المؤلفين في اختيار هذا النوع من التدعيم.نذكر فيما يلي بعض من هذه الظروف والشروط المحيطة بجملة البناء:

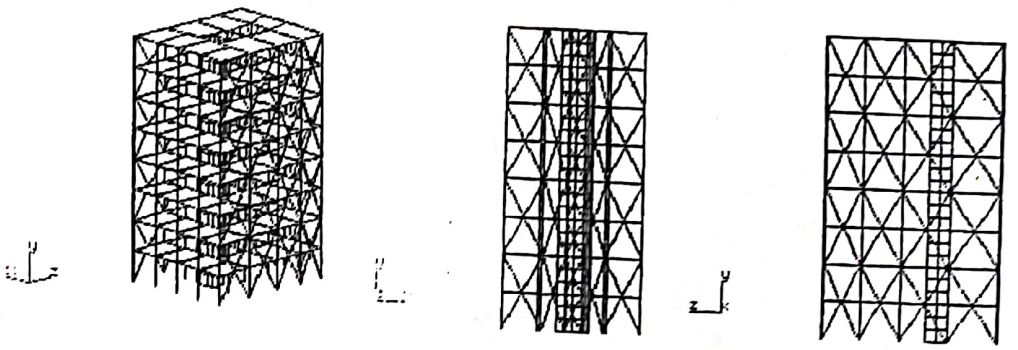
ملاصقة البناء المدروس لأبنية مجاورة كما هي حال أغلب الأبنية في مدينة اللاذقية، وهذا يعيق تنفيذ مخططات التدعيم البيتوني المسلحة.

الحاجة لزيادة الصلابة الجانبية ومقاومة البناء المدعم دون زيادة ملحوظة في كتلة البناء، حيث أن زيادة الكتلة تؤدي إلى تعديل الخواص الديناميكية للجملة باتجاه معاكس لفعل الصلابة الناتج عن الحلول البيتونية المسلحة (زيادة الكتلة تؤدي لانخفاض قيم التردد الذاتي أما زيادة الصلابة فتؤدي لزيادة قيمه)[9].

الحفاظ على الشكل والوظيفة المعمارية لواجهات البناء قد الإمكان.

2-2-1: المخطط التدعيمي الأول:

يبين الشكل رقم (12) مسقطين أماميين ومنظور فراغي للجمة الإنشائية للبناء وفق المخطط التدعيمي الأول، حيث تم وضع التربيط الفولاذي (X) في ثلاث واجهات مقابلة للنواة بهدف جعل الجملة الإنشائية متناظرة قدر الإمكان ومحققة لشروط الانتقالات المسموحة. استخدم في تصميم التربيط (X) مقطع صندوقي من الفولاذ CT-3 كما يلي (160×8mm) من الطابق الأول إلى الخامس، و(125×8mm) من الطابق السادس إلى الثامن.



الشكل (12): مسقطان أماميان ومنظور فراغي لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الأول.

حددت المواصفات الديناميكية لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الأول، حيث نفذ التحليل الترددي Frequency Analysis باعتبار عشرة أنماط اهتزاز، اعتمد منها الأنماط الثلاثة الأولى

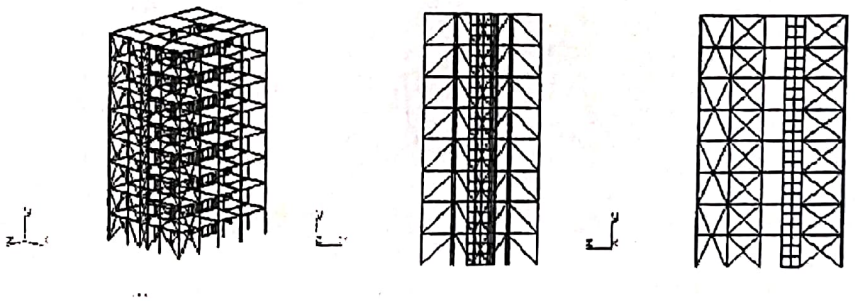
لتحديد القوى المكافئة وإجراء التحليل الستاتيكي. يبين الجدول رقم (3) قيم قوى قص القاعدة والانتقالات الأعظمية في أعلى البناء لمخطط التدعيم الأول تبعاً لقيم الأدوار المحسوبة وذلك وفق الكودين العربي السوري والفرنسي.

الجدول (3): نتائج التحليل الستاتيكي لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الأول

نمط الاهتزاز	الاتجاه	الدور Sec	الكود العربي السوري		الكود الفرنسي	
			الانتقالات الأعظمية cm	قوى قص القاعدة Ton	الانتقالات الأعظمية cm	قوى قص القاعدة Ton
1	N.E.	1.022	1.67	91.194	2.43	141.441
2	S.E.	1.000	1.65	91.286	2.39	141.683
3	Torsion	0.775	1.01	105.595	1.84	150.060

2-2-2: المخطط التدعيمي الثاني:

يبين الشكل رقم (13) مسقطين أماميين ومنظور لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الثاني، حيث تم وضع التربيط الفولاذي (X و Λ) ضمن الإطارات الداخلية للبناء وفق الاتجاه (N.E.) وفي الواجهة البعيدة عن النواة البيتونية وفق الاتجاه (S.E.) بهدف جعل الجملة الإنشائية متناظرة قدر الإمكان وزيادة الصلابة الجانبية، أيضاً استخدم في تصميم التربيط الفولاذي لهذا المخطط التدعيمي مقطع صندوقي من الفولاذ CT-3 أبعاده (160×8mm) للطوابق من الأول حتى الخامس، و(125×8mm) للطوابق من السادس حتى الثامن.



الشكل (13): مسقطين أماميين ومنظور لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الثاني.

حددت المواصفات الديناميكية لهذه الجملة باعتبار عشرة أنماط اهتزاز، اعتمد منها الأنماط الثلاثة الأولى لتحديد القوى المكافئة وإجراء التحليل الستاتيكي، ونظمت قيم قوى قص القاعدة

والانتقالات الأعظمية في أعلى البناء لهذه الجملة في الجدول رقم (4)، وذلك وفق الكـــودين العربـــي السوري والفرنسي.

الجدول (4): نتائج التحليل الستاتيكي لجملة البناء وفق المخطط التدعيمي الثاني

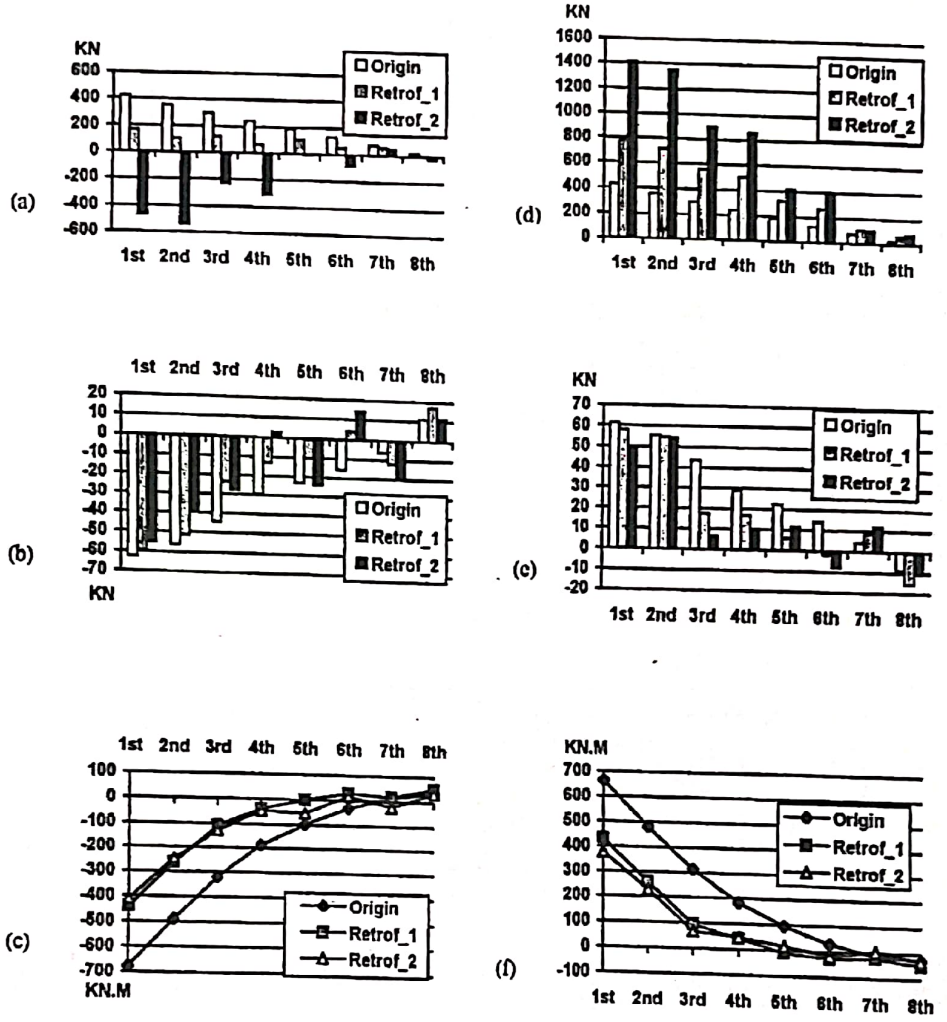
نمط الاهتزاز	الاتجاه	الدور Sec	الكود العربي السوري		الكود الفرنسي	
			الانتقـــالات الأعظمية cm	قـــوى قـــص القاعدة Ton	الانتقـــالات الأعظمية cm	قـــوى قـــص القاعدة Ton
1	N.E.	1.042	1.81	91.101	2.67	141.261
2	S.E.	0.981	1.57	91.611	2.23	141.942
3	Torsion	0.815	0.92	102.972	1.73	147.623

نلاحظ من خلال دراسة نتائج التحليل الستاتيكي (الجهود الداخلية والانتقالات) لعناصر جملـــة البناء وفق مخططي التدعيم الأول والثاني، وجود زيادة جوهرية في الصلابة الجانبية للبنـــاء، حيـــث أصبحت الانتقالات الأعظمية في أعلى البناء والانحرافات النسبية داخل الطابق ضمن الحدود المسموح بها. انخفض الدور الأساسي لاهتزاز البناء من القيمة (1.722sec) بالنسبة للبناء الأصلي إلى القيمـــة (1.022sec) بالنسبة لمخطط التدعيم الأول وإلى القيمة (1.042sec) بالنسبة لمخطط التدعيم الثاني. انخفضت قيم العزوم والقوى المحورية المرافقة بشكل ملحوظ في الجيزان المتدلية للجمـــل المدعمـــة مقارنة بتلك، الناتجة في الجملة الأصلية، مما يعني تجاوز مشكلة نقص مقاومة الانحناء فـــي جيـــزان الجملة الأصلية. أما بالنسبة للأعمدة في كل جملتي التدعيم، فقد انخفضت قيم العـــزوم فـــي مقـــاطع الأعمدة مقارنة بالجملة الأصلية، الأشكال (14-15)، وهذا يعني انخفـــاض قـــيم لامركزيـــة القـــوى المؤثرة، وبالتالي يزادة مقدرة الأعمدة على تحم لقوى محورية أكبر من التي كانت قادرة على تحملها في الجملة الأصلية. بالنسبة للروابط الفولاذية في كلا جملتي التدعيم، فقد تبين نتيجة لتحقيق المقاطع المستخدمة على المتانة والاستقرار (خاصة في الطوابق الأولى)، أنها كانت في حالة شد لم تصل إلى حد الخضوع، أو حالة ضغط ينتج عنها تحنيب مرن فقط.

اختلف بشكل عام أداء مخططي التدعيم الأول والثاني من وجهة نظر التعديل الحاصـــل فـــي توزع القوى الداخلية في العناصر البيتونية المسلحة، فقد انخفضت قيم العزوم والقوى المحورية فـــي جيزان الجمل المدعمة مقارنة بالجملة الأصلية، وكانت نسب الانخفاض أكبر في مخطط التدعيم الأول، أما قيم العزوم في الأعمدة فقد انخفضت في مخططي التدعيم الأول والثاني بنفس النسبة تقريباً، أيضاً انخفضت قيم قوى القص في الأعمدة، إنما بنسبة أكبر في مخطط التدعيم الثاني، الأشكال (14-15). بالنسبة للقوى المحورية في أعمدة الجمل المدعمة، فقد تعرضت لزيادة كبيرة في قيمها (بنسب أكبر في

مخطط التدعيم الثاني) مقارنة بالجملة الأصلية، مع تحولها في بعض الأعمدة إلى قوى شـــادة، وهـــذا يتطلب اتخاذ إجراءات مناسبة لتجنب الانهيار السابق لأوانه على الشد أو الضغط. من هنا تأتي أهمية دراسة نتائج تحليل مخطط التدعيم المقترح تفصيلياً وتحديد الأعمدة التي تتجاوز فيها القوى المحورية حدود السعة الحملية، وبشكل خاص الأعمدة التي تنشأ فيها قوى شادة، تمهيداً لتحديد المعالجة اللازمة لهذه الأعمدة (إضافة عناصر فولاذية أو قمصان بيتونية مسلحة)، وللأساسات المرتبطة بها[6].

يلاحظ مما ذكر أعلاه أن هناك تفاوتاً كبيراً في نسب تغير قيم القوى المحورية فـــي أعمـــدة الجملة المدعمة (إضافة تربيط فولاذي) بين مخطط تدعيم وآخر، ويمكن أن يشكل هذا الأمـــر عـــاملاً هاماً في تفضيل مخطط تدعيمي عن آخر، حيث يؤدي اختيار المخطط التدعيمم الأفضل إلى خفـــض المصروف الإضافي اللازم لتدعيم هذه الأعمدة إلى حدود الدنيا، ومن هنا تأتي أهمية الكمبيـــوتر فـــي إجراء مقارنة بين جملة الاقتراحات الممكن تنفيذها واعتماد الأمثل منها.

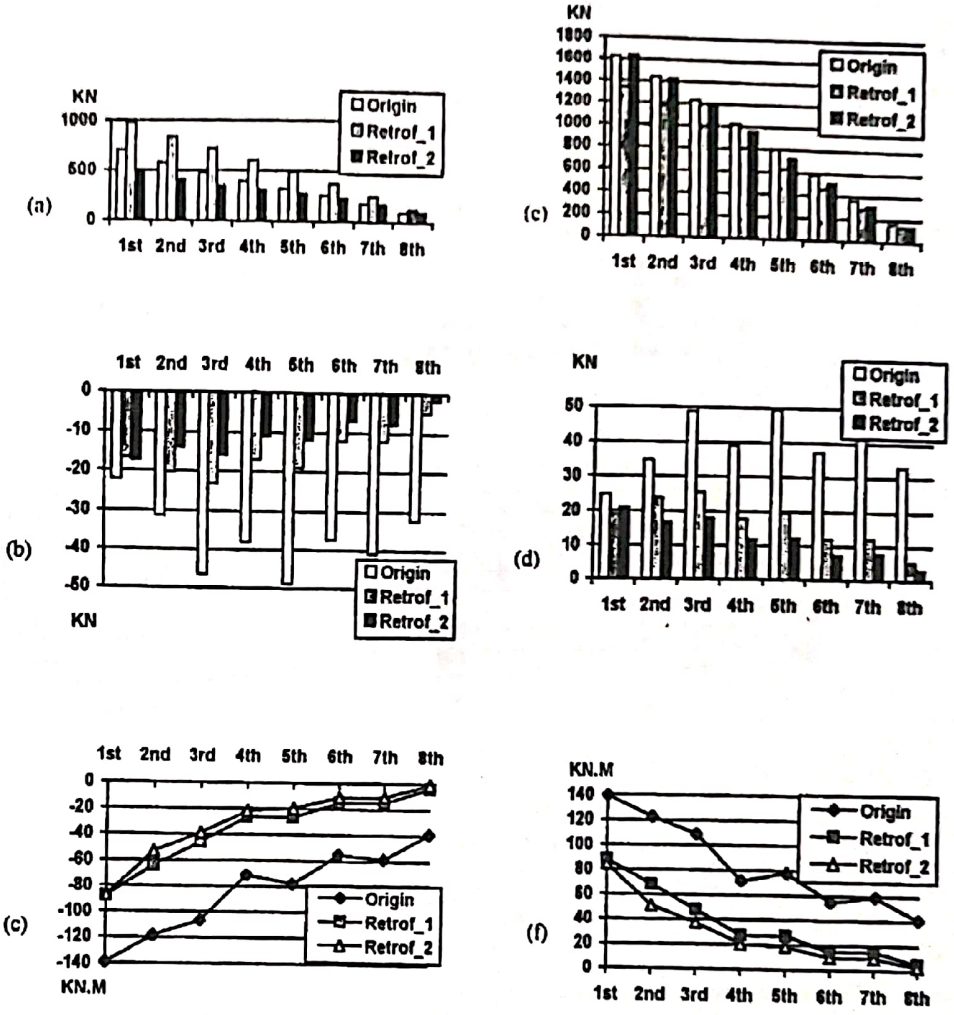


الشكل (14): مخططات مقارنة الجهود الداخلية في الجملة الأصلية (Origin) والجملة المدعمة الأولى (Retrof_1) والجملة المدعمة الثانية (Retrof_2) للعمود (C4).

1- القوى الستاتيكية المكافئة باتجاه (N.E.): (a): القوى المحورية، (b): قوى القص، (c): عزوم الانعطاف.

2- القوى الستاتيكية المكافئة باتجاه (S.W.): (d): القوى المحورية، (e): قوى القص، (f): عزوم الانعطاف.

(قيم قوى القص وعزوم الانعطاف مأخوذة في المقطع السفلي للعمود)



الشكل (15): مخططات مقارنة الجهود الداخلية في الجملة الأصلية (Origin) والجملة المدعمة الأولى (Retrof_1) والجملة المدعمة الثانية (Retrof_2) للعمود (C1).

1- القوى الستاتيكية المكافئة باتجاه (N.E.): (a): القوى المحورية، (b): قـوى القـص، (c): عـزوم الانعطاف.

2- القوى الستاتيكية المكافئة باتجاه (S.W.): (d): القوى المحورية، (e): قـوى القـص، (f): عـزوم الانعطاف.

(قيم قوى القص وعزوم الانعطاف مأخوذة في المقطع السفلي للعمود)

نشير هنا إلى أن النتائج البيانية الموضحة في الأشكال (15،14،10)، تمثل قيم الجهود الداخلية في العناصر والناتجة عن التحليل المرن نتيجة التأثير الزلزالي في اتجاهين متعامدين للجملة الأصـلية وجملتي التدعيم. لا يمكن أن تصل الحالة الإجهادية في العناصر المدروسة للقيم المشار إليها أعـلاه، كونها تتجاوز القيم التي تستطيع المقاطع المنفذة تحملها. أضف إلى ذلك أن هذه القوى تتحول أحيانـاً

لقوى شادة تتطلب تدعيم خاص بها. بالاعتماد على ما سبق فإن هذه النتائج تمثل دلائل وقيم رقمية بانحراف نسبي يمكن قبوله للإشارة إلى العناصر التي فشلت في تحمل الجهود الداخلية المطبقة من جهة، ومن جهة أخرى توضح مدى درجة تجاوز قيم الجهود الداخلية عن القيم التي تستطيع المقاطع تحملها.

مثلاً، نتيجة التأثير الزلزالي تتراوح نسبة تجاوز قيم الجهود الداخلية عن القيم التي تستطيع المقاطع تحملها في أعمدة الجملة الأصلية (30-40%)، وفي الجيزان (20-80%).

3- النتائج:

اتصفت الجملة الأصلية للبناء المدروس تحت تأثير الحدث الزلزالي -وهي تمثل شريحة لقسم كبير من أبنية المنطقة الساحلية- بضعف الصلابة الجانبية، انخفاض المطاوعة العامة وتجاوز قيم الانتقالات والإجهادات للقيم المسموح بها، مما جعل هذه الجملة غير قادرة على مقاومة القوى الزلزالية الممكن حدوثها ضمن المنطقة (4) حسب الخارطة الزلزالية السورية.

بينت مخططات التدعيم المستخدمة (إضافة تربيط فولاذي)، أنها إحدى الحلول المناسبة للجملة المدروسة تبعاً للظروف والشروط الإنشائية والمعمارية المحيطة بالبناء.

انخفض الدور الأساسي لاهتزاز البناء من القيمة (1.722sec) للبناء الأصلي إلى (1.02sec) لمخطط التدعيم الأول، إلى (1.04sec) لمخطط التدعيم الثاني.

انخفضت قيم العزوم والقوى المحورية بشكل ملحوظ في الجيزان المتدلية للجمل المدعمة مقارنة بتلك الناتجة في الجملة الأصلية. كما انخفضت قيم العزوم وقوى القص في مقاطع أعمدة الجمل المدعمة بشكل كبير.

زادت قيم القوى المحورية الضاغطة في أعمدة جملتي التدعيم بشكل كبير وتحولت في بعض الأعمدة إلى قوى شادة.

يتعلق مدى تغير القوى المحورية في أعمدة الجملة بشكل المخطط التدعيمي المقترح وغالباً، يكون المخطط الأفضل، هو المخطط الذي يخفض المصروف الإضافي اللازم لتدعيم هذه الأعمدة إلى حدوده الدنيا، ومن هنا تأتي أهمية الكمبيوتر في إجراء مقارنة بين جملة الاقتراحات الممكن تنفيذها واعتماد الأمثل منها.

زادت قيم القوى الستاتيكية المكافئة المحسوبة وفق الكود الفرنسي عن القيم المحسوبة وفق الكود العربي السوري للجمل المدروسة بنسب)%55-40).

REFERENCES المراجع

الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، 1996.

Alcocer, S.M., "RC frame connections rehabilitated jacketing", ASCE Journal of Structural Engineering, 1993, Vol.119, No.5, pp.1413-1431.

James Ambrose, Dimitry Vergun, Simplified building design for wind and earthquake forces, 1995, 353p., John Wiley & Sons, Inc.

J.O. Jirsa, R.S. Aboutaha, M.D. Engelhardt, M.E. Kreger, "Retrofit of Columns by the use of rectangular steel jackets", Earthquake Spectra, 1996, Vol.12, No.4, pp.693-714.

J.O. Jirsa, R.J. Frosch, W.Li, M.E. Kreger, "Retrofit of non-ductile mement-resisting frames", Earthquake Spectra, 1996, Vol.12, No.4, pp.741-760.

Jose A. Pincheira, James O. Jirsa, "Seismic response of RC frames retrofitted with steel braces of walls", ASCE Journal of Structural Engineering, 1995, Vol.121, No.8, pp.1225-1235.

Pristley, N., F. Seible and Y.II. Chai, "Design guidelines for assessment retrofit and repair of bridges for seismic performance", Report SSRP-92/01, Department of applied mechanics and engineering sciences, University of California, San Diego, 1992.

T. Paulay, M.J.N. Priestley, Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings, 1992. John Wiley & Sons, Inc.

Tena-Colunga a. Enrique Del Valle Dalila pérez-Moreno "Issues on the seismic retrofit of a building near resonant response and structural pounding", Earthquake Spectra, 1996, Vol.12, No.3, pp.567-597.

Dr. M.P. Divakar, Dr. M. Lashkari, COSMOS/M 1.65 A Computer program, 1993, Structural Research and Analysis Corporation.

REGLES PARASISMIQUES; PS69-82; R ECOMENDATIONS AFPS90 Presses de l'E.N.P.C.; Paris.