

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

السلوك الحقيقي لعمل البلاطات (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية

أ.د.م عبد الحميد كيخيا*

الملخص

تعتبر البلاطات جزءاً مهماً وأساسياً من الجملة الإنشائية للأبنية العالية البيتونية المسلحة ، فهي تشكل حدود 50-70% من كتلة الهيكل الإنشائي . لذلك تلعب دوراً مهماً في تصميم الأبنية العالية على الزلازل .

يتم الاعتماد عادة ، عند تصميم الجمل الإنشائية في الأبنية البيتونية المسلحة في الكودات، على صلابات العناصر الشاقولية فقط وتهمل صلابة البلاطات ، حيث تعتبر البلاطة كعنصر أفقي صلب (RIGID) . وهذا الافتراض ليس صحيحاً دائماً ، ويؤدي أحياناً لأخطاء جسيمة في حساب قيم القوى والتشوهات الفعلية المتولدة في عناصر الجملة الإنشائية .

يتضمن البحث دراسة تحليلية لعدد من النماذج للجمل الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية من البيتون المسلح ، وذلك باعتبار البلاطات ديافراكمات صلبة (RIGID) أو لينة (FLEXIBLE) .

الهدف من البحث الوقوف على حقيقة العمل الإنشائي للبلاطات في الجمل الإنشائية للأبنية البيتونية المسلحة العالية عند تأثير الأحمال الزلزالية، وبيان الأخطاء المرتكبة باعتبار البلاطات ديافراكمات صلبة ، والبحث في إمكانية رفع كفاءة هذه الجمل بمعرفة السلوك الحقيقي لعناصرها الرئيسية .

الكلمات المفتاحية : الديافراكمات ، البلاطات ، البيتون المسلح ، القوى الزلزالية .

*- استاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق.

The Real Behavior of Diaphragm Slabs in the Structural System of High-Rise Reinforced-Concrete Buildings

* Dr. Abd alhamed kikhea

Abstract

Slabs are to be considered a main part from the structural system of the high-rise reinforced-concrete buildings since they cover 50% to 70% from the whole structures. Therefore, slabs play an important role in designing these buildings against earthquake.

In codes, the design usually takes only the rigidity of the vertical elements into account assuming that the slabs are commonly rigid. This assumption may guide to a mistake in the stress resultants obtained in the structural systems.

In this research, an analytical study is performed for different lateral resisting structural systems using slabs as rigid or flexible diaphragms.

The aim of this work is to demonstrate the role that slabs plays in RC high-rise buildings. This study shows the mistakes may be done by modeling slabs as rigid diaphragms. Then after, the rehabilitation ability of these systems can be more accurate.

Key words: Diaphragm, slabs, reinforced concrete, seismic forces.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

١. مقدمة:

إن التطور العلمي والأبحاث التجريبية التي أجريت وتجري على المنشآت البيتونية المسلحة ، تهدف بشكل عام لفهم جوهر عمل المنشآت والاقتراب قدر الإمكان من حقيقة عمل العناصر الإنشائية المكونة لها ، وعملها المشترك لمقاومة الحمولات والتأثيرات المطبقة على المنشآت .

من المعلوم أن أكثر طرق العملية لحساب المنشآت البيتونية المسلحة تقوم على أساس فرضيات محددة لحساب العناصر الإنشائية . التجارب التي تجرى باستمرار تضيف إلى علم البيتون المسلح فرضيات جديدة تعدل أو تلغي الفرضيات القديمة ، وذلك بهدف الوصول إلى حقيقة عمل المنشآت ، وبالتالي تصميمها بشكل متين واقتصادي .

لقد اعتدنا في حساباتنا العملية للأبنية العالية أن ننظر إلى البلاطات كعنصر إنشائي يعمل بشكل مستقل عن الجملة الإنشائية الشاقولية الرئيسية ، لينحصر دورها فقط إما في مقاومة الحمولات الشاقولية ونقلها للعناصر الإنشائية الرئيسية الأخرى (الأعمدة ، جدران القص، الجوائز ، النواة المركزية... الخ) ، أو بتوزيع القوى الأفقية على العناصر الإنشائية الشاقولية . ولكن الحقيقة غير ذلك ، إذ إن البلاطات تشكل جزءاً من الجملة الإنشائية ككل ، فهي تقاوم مع العناصر الإنشائية الأخرى الحمولات والقوى المطبقة بشتى أنواعها . ومن هنا يمكننا القول بأن البلاطات (الديافراكمات) تعتبر جزءاً رئيسي من الجملة الإنشائية و تتطلب انتباهاً في عملية التحليل والتصميم من قبل المهندس الإنشائي لضمان الأداء المناسب للجملة الإنشائية .

يطلب الكود الأوربي [4] تصميم البلاطات (الديافراكمات) كجزء أساسي من النظام المقاوم للحمولات التصميمية (الأفقية ، الشاقولية) و ذلك من أجل أي مبنى يتم تصميمه زلزاليا ضمن الفئات A,B,C,D,E . ويركز كود الجمعية الأمريكية للمهندسين المدنيين [3] على تحديد القوى التصميمية للديافراكمات (البلاطات) .

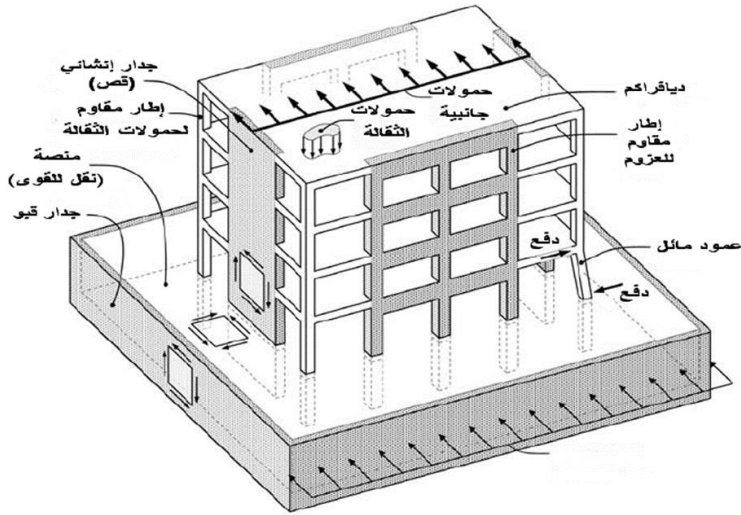
بالمقارنة مع المتطلبات والاشتراطات للعناصر الرأسية للنظام الإنشائي المقاوم للحمولات (الأفقية ، الشاقولية) المطبقة على المنشآت فإن اشتراطات الكودات للبلاطات

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

(الديافراكتات) مختصرة نسبيا وخصوصاً باعتبارها جزءاً من الجملة الإنشائية المقاومة للحمولات الأفقية (رياح ، زلازل) ، وبالتالي فان كثيراً من الجوانب المتعلقة بالديافراكتات (البلاطات) تركت مفتوحة لتفسير وتقدير المصمم بناء على خبرته وحسه الهندسي .

٢- دور البلاطات (الديافراكتات) في الجملة الإنشائية .

تقوم البلاطات (الديافراكتات) بلعب أكثر من دور أساسي في الجملة الإنشائية للبناء كما مبين على الشكل (1) .



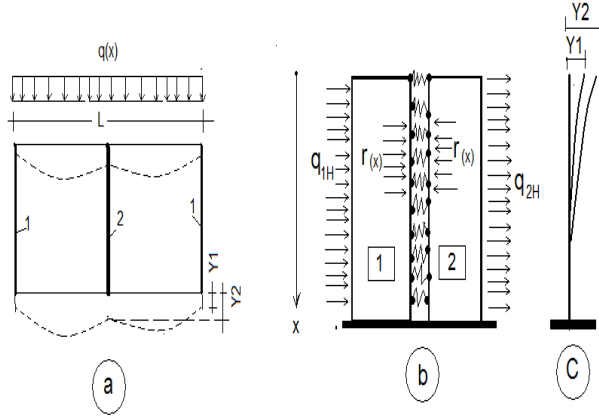
الشكل (1) دور البلاطات في الجملة الإنشائية .

حيث تقوم بمقاومة الحمولات (الأفقية ، الشاقولية) ، ثم نقلها (توزيعها) على العناصر الإنشائية الشاقولية ، كما إنها تقوم بدور المساند (المرنة ، الصلبة) للعناصر الإنشائية الشاقولية كما مبين على الشكل(2) ، للقيام بهذا الدور لا بد من تحديد صلابة البلاطات على القص والإنحاء في مستوايها .

عند حساب الأبنية العالية فإنه لسهولة الحساب وللتبسيط نعتبر أن البلاطات عناصر إنشائية ذات صلابة لا متناهية في مستوايها ، وهذه الفرضية تكون صحيحة في بعض الحالات الخاصة فقط ، مثلاً عند حساب الأبنية العالية التي تكون فيها العناصر الإنشائية

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

الشاقولية متشابهة ومتناظرة . إن هذه الفرضية في الحالة العامة لا تعطي تصوراً حقيقي عن كيفية توزع الحملات بين العناصر الإنشائية الشاقولية ، وذلك بسبب كون البلاطات ، إلى حد ما ، يمكن أن تنتسوه في مستويها .



الشكل (2) : المخطط الحسابي للجملة الإنشائية باعتبار البلاطة مرنة في مستويها

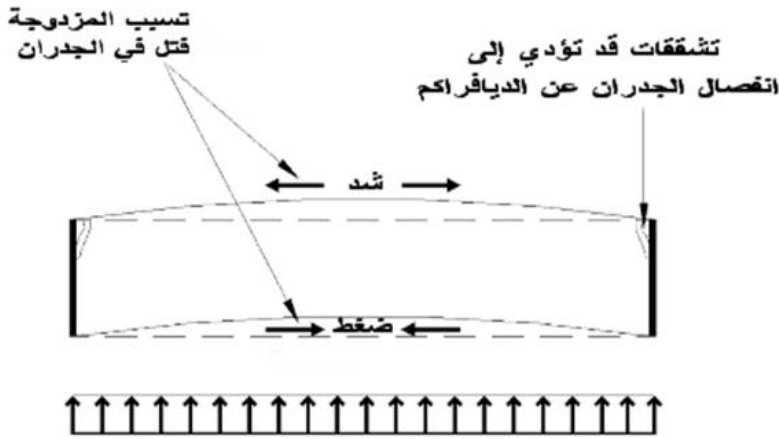
إن خصائص صلابة الديافراكمات تعتمد على خصائص مقطعها وعامل مرونة مادتها، وكلاهما مهم بحد ذاتها في تحديد سلوكها، إلا أن هذا لا يشكل العامل النهائي الذي يقرر فيما إذا كان الديافراكم سيسلك سلوكاً صلباً أو ليناً ، بل يجب أن تتم المقارنة مع الصلابة الجانبية للعناصر الرأسية في النظام الإنشائي .

٣- السلوك الإنشائي للبلاطات (الديافراكمات) في الأبنية البيتونية المسلحة .

غالباً ما يتم إهمال السلوك اللين للبلاطات (الديافراكمات) في مستويها في المنشآت البيتونية المسلحة ، ويؤدي هذا الافتراض أحيانا إلى أخطاء جسيمة في تمثيل سلوك المنشأ الحقيقي إضافة لتجاهل القوى التي ستنشأ في مستوي البلاطات . إن تحديد جميع الحالات التي ينبغي فيها إعطاء اهتمام خاص لتصميم وتفصيل الديافراكمات يتطلب حساً هندسياً وخبرة هندسية كبيرة ، علماً أن الأبنية ذات الارتفاعات المنخفضة والأبنية التي تمتلك جدران القص تكون غالباً أكثر عرضة وتأثراً بليونة الديافراكمات في مستويها بالمقارنة مع الأبنية المرتفعة.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

يتم في الأبنية ذات الديافراكمات الطويلة والضيقة تأمين المقاومة الجانبية للمنشأ بواسطة جدران قص متباعدة بمسافات كبيرة عن بعضها ، تتعرض الديافراكمات لما يسمى بالتأثير القوسي كما هو مبين بالشكل (3) [7] . هذا التأثير يعرض الجدران في الجوانب إلى تشوهات وإجهادات فتلية ، وإذا لم يتم توفير الترابط اللازم بين الديافراكمات والجدران الشاقولية سينفصلان عن بعضهما ابتداء من زوايا الجدار مما سيؤدي إلى زيادة كبيرة في فتل الجدار وقد يؤدي للانهيار .



الشكل (3) العمل القوسي للديافراكمات (مسقط أفقي) .

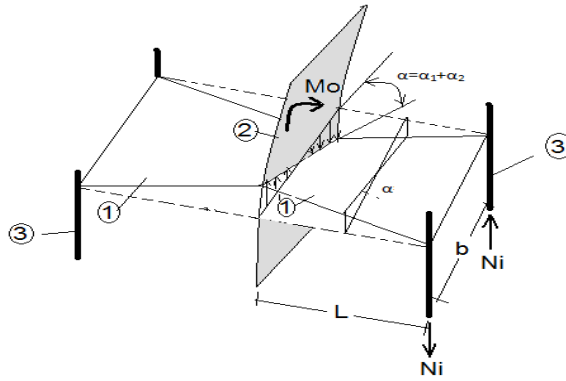
كمثال على ذلك ما حدث لأحد المباني في ولاية كاليفورنيا ، الذي تعرض لضرر جسيم خلال الزلازل الذي وقع 1952, قد تم إنجاز دراسة تحليلية على المبنى من قبل Jain, S.K., [7] وتوصل إلى أن انتقالات الديافراكمات سببت انفصال بينها وبين زوايا الجدار في الطابق الثاني للمبنى مما عرض الجدار لاجهادات فتيل أكبر من قدرة تحمله.

عند حساب الجملة الإنشائية الشاقولية في الأبنية العالية نعتبر أن البلاطات مرنة في المستوى العمودي على مستواها ، إي إنها لا تقاوم عزوم الفتل ، لكن في الواقع الفعلي البلاطات تمتلك صلابة معينة بالاتجاه العمودي على مستويها ، وبالتالي تقاوم عزوم الفتل الناتجة عن فرق التشوهات بين العناصر الإنشائية الشاقولية في مستوي محدد (مستوي البلاطة) .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

إن الأخذ بعين الاعتبار مقاومة البلاطة لعزوم الفتل يؤدي لإعادة توزيع القوى بين العناصر الإنشائية الشاقولية ، ولتوضيح ذلك لناخذ على سبيل المثال الجملة الإنشائية المبينة على الشكل (4) [9]. إن عزم الفتل في البلاطة ينتج من كون جدار القص المعرض للقوى الأفقية ينحني بزاوية α ، بينما الجوائز في الإطارات تبقى تقريباً مستوية (أفقية) ، وبالتالي عزم الفتل المؤثر على البلاطة i (M_{kpi}) يحسب من العلاقة التالية :

$$M_{kpi} = N_i \cdot b \quad (1)$$



الشكل (4) : عزم الفتل في البلاطة بتأثير عزم الإنعطاف على الجملة الإنشائية المختلطة (جدار قص مع إطار) ، 1- البلاطة ، 2- جدار قص ، 3- أعمدة .

إن العلاقة بين زاوية الدوران α وصلابة البلاطة للفتل D_{kp} تحدد من العلاقة التالية :

$$\alpha_i = \frac{M_{kpi} \cdot L}{D_{kp}} = \frac{N_i \cdot b \cdot L}{D_{kp}} \quad (2)$$

حيث : N_i - القوى الشاقولي المتولدة في الأعمدة نتيجة لعزم الفتل b, L - البعد بين محاور الأعمدة والبعد بين العمود وجدار القص ، كما مبين على الشكل (4) .

وإذا اعتبرنا إن البلاطات عبارة عن روابط موزعة بشكل مستمر ومنتظم على كامل إرتفاع البناء ، الشكل (2) فإنه يمكن التعبير عن القوة N_i بالشكل التالي :

$$dN = \frac{\vec{N}_i}{h} dx \rightarrow Ni \rightarrow = N' \cdot h \quad (3)$$

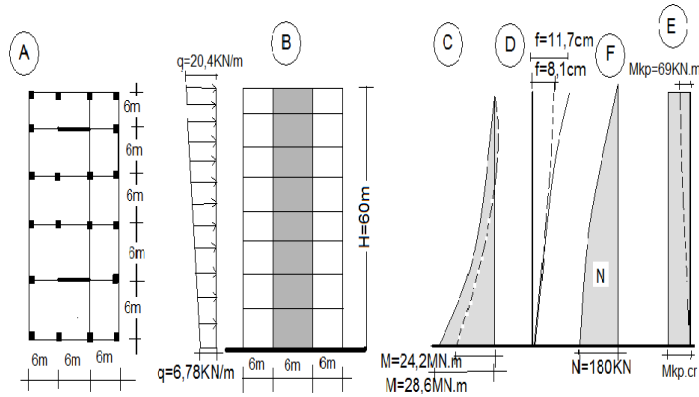
السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

بتعويض العلاقة (3) في العلاقة (2) نستطيع حساب زاوية دوران جدار القص α على ارتفاع معين x كما يلي :

$$\alpha(x) = \frac{h.b.L}{D_{kp}} N'_x = S_{kp} \cdot N'_x \quad (4)$$

حيث : $S_{kp} = \frac{h.b.L}{D_{kp}}$ عامل مرونة البلاطة للفتل في الإتجاه العمودي على مستواها.

الشكل (5) [9] يبين حساب بناء عالي بحالتين : مع الأخذ بعين الاعتبار مقاومة البلاطة للفتل أو اعتبارها غير مقاومة للفتل . من الشكل نلاحظ بأن اعتبار البلاطة مقاومة للفتل يقلل كثيراً من عزوم الإنعطاف ، المتولدة عن الحمولات الأفقية ، في جدران القص (15%) بالمقارنة مع اعتبار البلاطة غير مقاومة للفتل. وكذلك تقل الانتقالات في أعلى البناء بمقدار (30%) ، أما مقدار زيادة القوى الناظمية على الأعمدة نتيجة مقاومة البلاطة للفتل فتبلغ فقط (4%) من مجموع القوى الشاقولية . من هنا يمكن الإستنتاج بأن إهمال دور البلاطات (الديافراكتات) يعتبر غير مقبول .

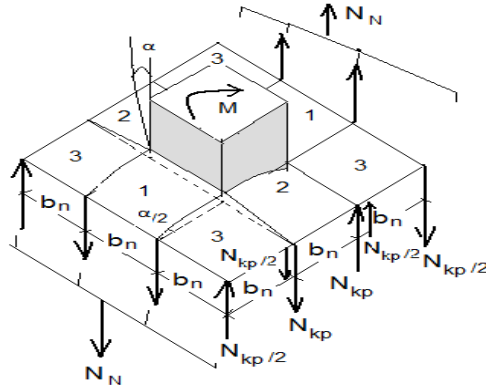


الشكل (5) . نتائج مثال لحساب بناء عال [9] ، A - مسقط البناء ، B - المخطط الحسابي ، C - مخطط عزم الإنعطاف في جدران القص مع وبدون اعتبار مقاومة البلاطة للفتل ، D - الانتقال مع وبدون اعتبار مقاومة البلاطة للفتل ، F - القوى الشاقولية الإضافية في الأعمدة نتيجة مقاومة البلاطة للفتل ، E - مخطط عزم الفتل في البلاطة وعزم الفتل الحدي للبلاطة .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

٤- البلاطات كعناصر إنشائية تقاوم الفتل والقص في الجمل الإنشائية المختلطة (إطارات ونواة مركزية)

رأينا سابقاً أن البلاطات في الأبنية العالية يمكن أن تلعب دور الرابط بين العناصر الشاقولية الذي يقاوم الفتل والقص ، إضافة إلى وظائفها الأخرى . الجملة الإنشائية المعبرة عن هذه الحالة هي الجملة الإطارية مع نواة مركزية في الوسط كما هو مبين على الشكل (6) [5] . أجزاء البلاطة التي تحمل الرقم (1) تخضع لقوى القص والإنعطاف ، والأجزاء التي تحمل الرقم (2) تتعرض للفتل ، الأجزاء التي تحمل الرقم (3) تتعرض للفتل والقص معاً .



الشكل (6) مخطط تشوه البلاطات ، المقاومة للقص والفتل

من حساب بناء عالي مؤلف من 36 طابق [9] تبين بأن الأخذ بعين الاعتبار عمل البلاطة مع النواة المركزية والأعمدة يؤدي إلى خفض قيمة العزم في النواة والانتقالات في أعلى البناء بمقدار 1.5 مرة ، بالمقارنة مع عدم اعتبارها ، علماً بأن زيادة الحمولة الشاقولية في الأعمدة لم تتجاوز 5-8% من القيم الأساسية.

٥- عمل البلاطة كرابط بين جدران القص

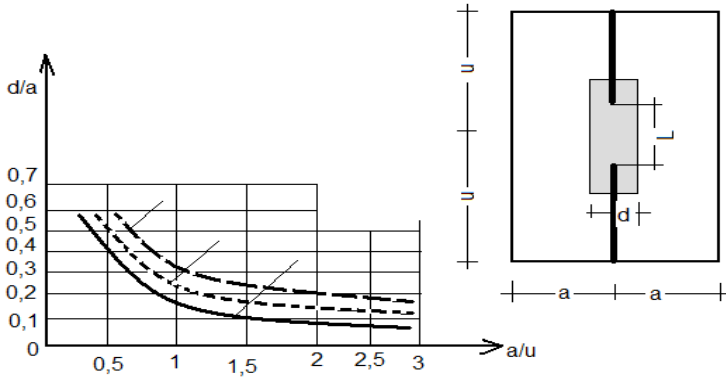
في حالة كون جدران القص لا تتصل مع بعضها بواسطة جوائز ، حيث يكون الإتصال فقط من خلال البلاطة فإن مطاوعة (مرونة) الرابط بين جدران القص S تحسب وفق ما يلي [2] : حسب أبعاد البلاطة المجاورة لجدران القص يحدد العرض الفعال للبلاطة ،

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

العامله كرابط بين جدران القص ، من المخطط المبين على الشكل (7)، بعد ذلك يحسب عامل المطاوعة للرباط S من العلاقة التالية :

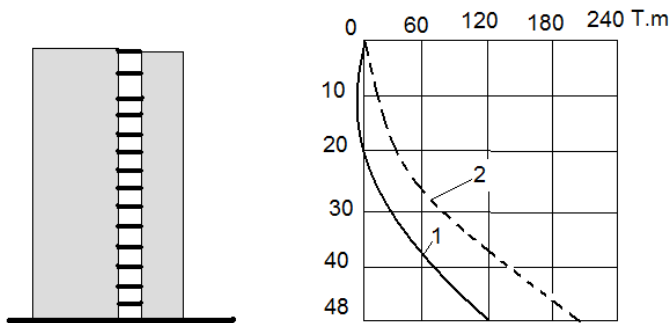
$$S = \frac{h.L^3}{b.E.d.t^2} \quad (5)$$

حيث : h - ارتفاع الطابق ، E - عامل المرونة ، t - سماكة البلاطة .



الشكل (7) مخطط لحساب العرض الفعال لعمل البلاطة d مع جدران القص .

لتقدير تأثير عمل البلاطة باعتبارها رابط قص بين جدران القص في الجملة الإنشائية المقاومة للحملات الأفقية ، تم حساب بناء عال مؤلف من 16 طابق على الحمولات الأفقية كما مبين على الشكل (8) [2] .



الشكل (8) : عزوم الإنعطاف في جدران القص . 1- مع الأخذ بعين الاعتبار عمل البلاطة كرابط قص بين الجدران ، 2- بدون اعتبار عمل البلاطة

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

نتيجة الحساب تبين بأن تأثير عمل البلاطة كبير جداً على عزوم الإنعطاف في جدران القص في المثال المدروس أنخفضت قيمة العزوم في جدران القص بمقدار 45% (أنظر الشكل 8) .

٦- مشكلة و أهمية البحث .

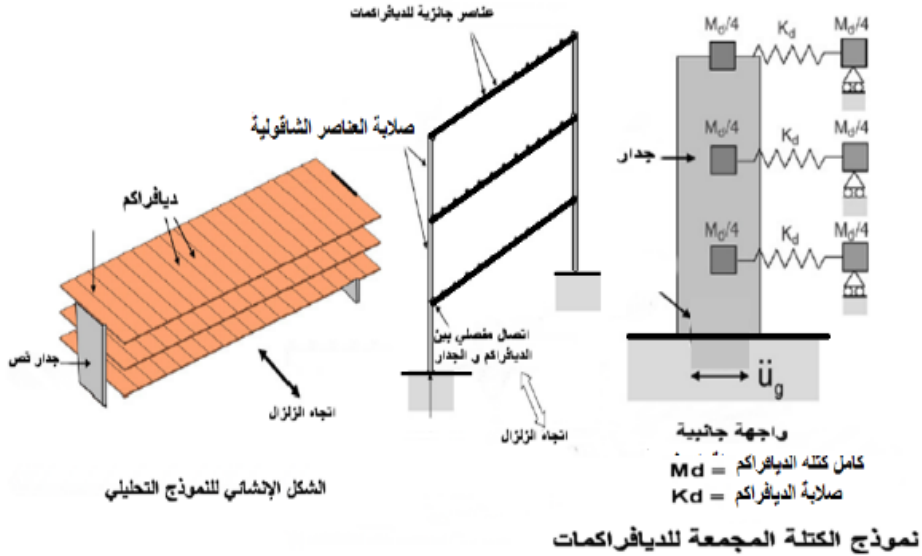
قبل انتشار برامج التحليل الإنشائي التي جعلت من العناصر المنتهية طريقة فعالة ومتوفرة في تحليل الإنشاءات ، استند تصميم الديافراكمات على التبسيط ، وذلك باعتبار أن البلاطات (الديافراكمات) لينة أو صلبة بالكامل. هذا ما تم تبنيه في الإصدارات الأولى لبرامج التحليل الإنشائي بغية تبسيط الحسابات وتوفير في الذاكرة وسرعة المعالجة .

بوجود برامج التحليل الإنشائي الحالية يمكننا نمذجة ليونة البلاطات (الديافراكمات) بشكل مباشر بتضمين خصائص الصلابة الحقيقية لها كمدخلات للبرنامج .

إن الدقة في نمذجة المنشأ والتحليل الإنشائي يؤثران على سلامة المنشأ وسلامة التصميم . وبالتالي فإن تضمين صلابة الديافراكمات في مستويها يساعد في الحصول على التمثيل المقبول للسلوك الزلزالي الحقيقي للبناء المدروس.

إن دور الديافراكمات في مقاومة القوى الأفقية يمكن تشبيهه بدور العناصر الأفقية في الإطارات كما هو مبين على الشكل (9) [1] . وكما هو معلوم فإن قيمة القوى الداخلية (M,Q,N) في عناصر الإطارات (الأعمدة ، الجوائز ، العقد) تتعلق بشكل رئيسي بصلابة كل من العناصر الشاقولية والأفقية . ومن هنا فالهدف الرئيس لهذا البحث هو تسليط الضوء على دور البلاطات (الديافراكمات) في عمل الجملة الإنشائية وخصوصاً لمقاومة الحمولات الأفقية (رياح ، زلازل) .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (9) التمثيل الإنشائي للديافراكتات (البلاطات)

٧- العمل الفعلي للديافراكتات في الجمل الإنشائية

يهدف الوقوف على حقيقة دور الديافراكتات في عمل الجملة الإنشائية في الأبنية العالية قمنا بدراسة تحليلية لمجموعة من النماذج للجمل الإنشائية المختلفة .

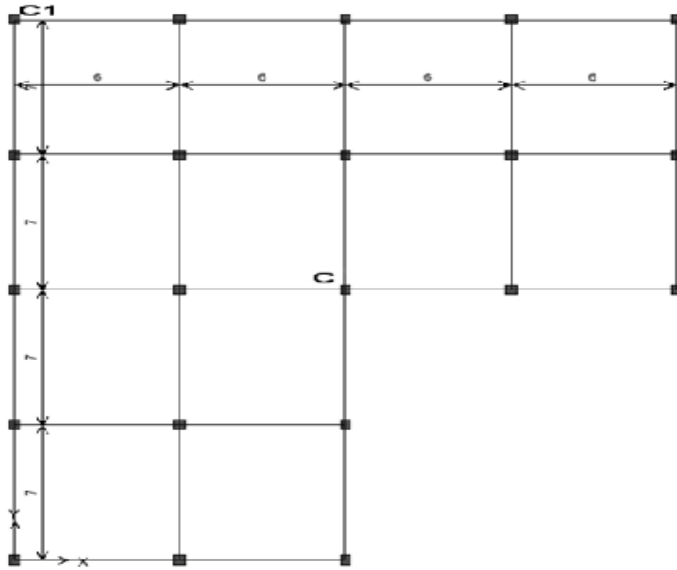
في المرحلة الأولى تم حساب مجموعة من الأبنية ذات الأشكال L,U إضافة إلى الشكل المستطيل المنتظم في المسقط الأفقي. تمت الدراسة باستخدام برنامج التحليل الإنشائي ETABS لانجاز التحليل الزلزالي المرن بطريقة طيف الاستجابة.

الأبنية المدروسة مكونة من خمسة طوابق ، وعشرة طوابق للأشكال L و الشكل المنتظم المستطيل في المسقط ، ارتفاع الطابق الأول 4m و ارتفاع بقية الطوابق 3m. الأبنية ذات جملة إطارية (أعمده-جوائز)، الديافراكتات هي بلاطات بيتونية مصمتة بسماكة $t_s=12\text{cm}$. تمت نمذجة الجوائز والأعمدة باستخدام عناصر خطية (frame elements) ، تم استخدام العنصر القشري لنمذجة البلاطة الأفقية (shell element) .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

تم استخدام طيف استجابة تصميمي مرن متفق مع ما ورد في الكود العربي السوري باستخدام القيمتين $C_a=0.33, C_v=0.45$ باعتبار أن المنطقة الزلزالية التي يقع فيها المبنى هي المنطقة (3) ونموذج المقطع الشاقولي للتربة SC.

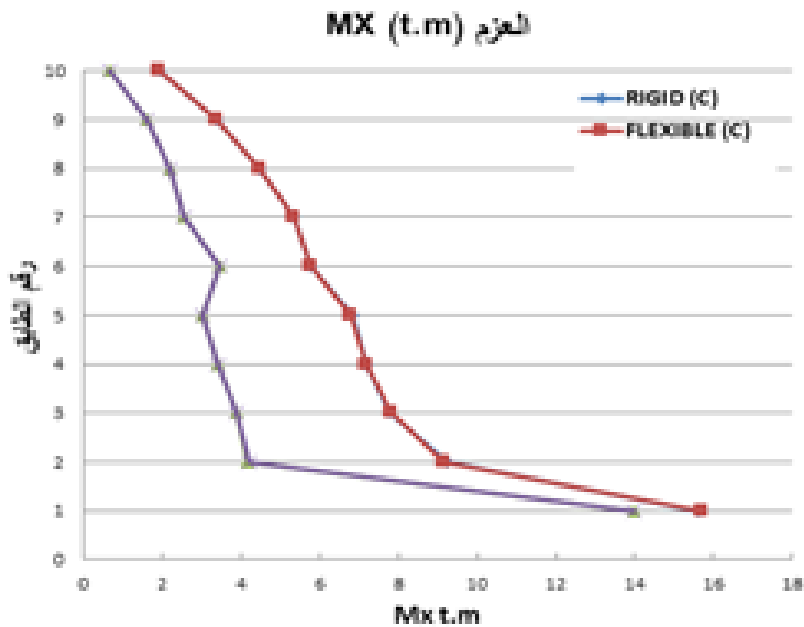
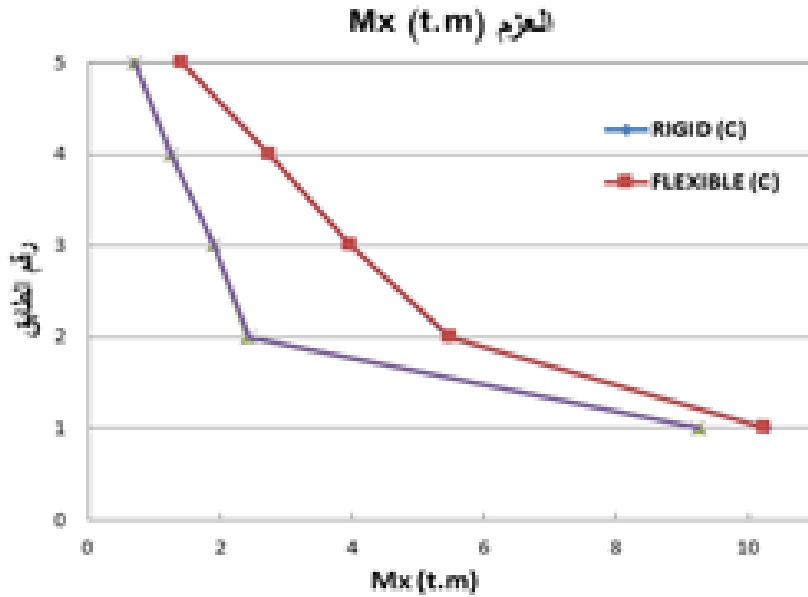
لإجراء التحليل تم تضمين عدد أنماط مساوي لـ $2 \times$ عدد الطوابق في حالة الديافراكمات الصلبة ، أما في حالة الديافراكمات اللينة فقمنا بزيادة عدد الأنماط الداخلة في التحليل بحيث نحصل في نهاية المطاف على مجموع مساهمات الكتل النمطية أكبر من 95% من مجموع الكتل الموجودة في المبنى . بين الشكل (10) مسقط المبنى المدروس



الشكل (١٠) مسقط المبنى المدروس بشكل L .

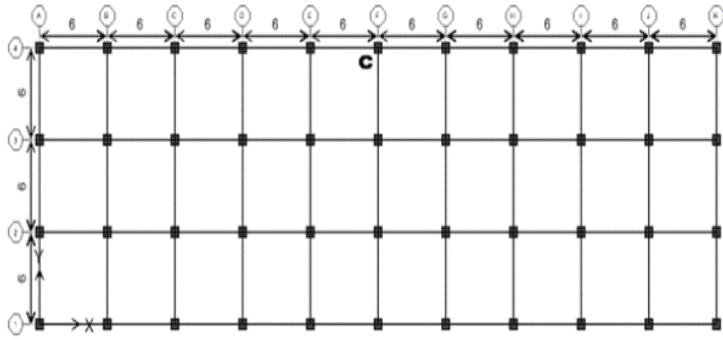
الشكل (11) يبين قيم العزوم الأعظمية في العمود C في حالة اعتبار الديافراكمات لينة أو صلبة ، لحالة عشرة طوابق أو خمسة طوابق .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (11) مخطط عزم الإنعطاف في العمود C في حالة خمسة أو عشرة طوابق ، باعتبار الديافراكمات لينة أو صلبة .
 النموذج الثاني : مسقط المبنى مستطيل مبين بالشكل (12).

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (12) مسقط البناء للنموذج الثالث .

المخطط (13) يبين قيم العزم في كافة المستويات الطابقية .

من الدراسة التي قمنا بإجرائها نلاحظ:

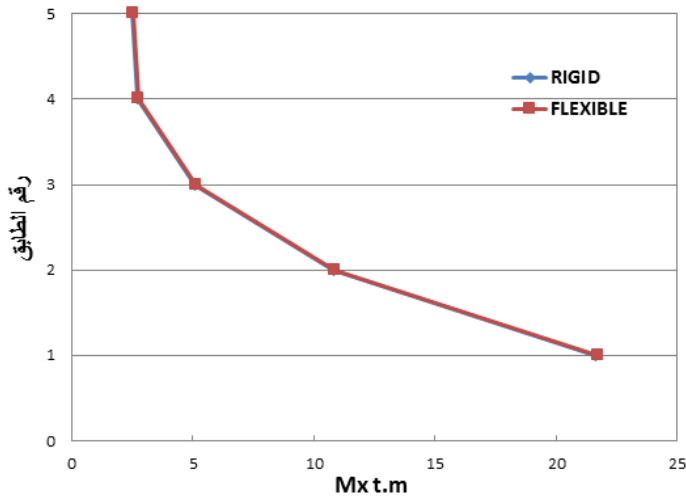
١ . وجود شبه تطابق في قيمه القص القاعدي ودور الاهتزاز الأساسي في كلتا الحالتين.

٢ . الاختلاف في قيمه القوى في الأعمدة ولا سيما عزم الانعطاف طفيف جدا و لم يتجاوز

ال 5% و كان الاختلاف أعظمية في الطوابق العليا ويقل بشكل كبير في مناسب

الطوابق الدنيا حيث تكون القيم متطابقة تقريبا .

العزم M_x في العمود C



الشكل (13) مخطط عزم الأنعطاف في العمود C

يمكن تفسير التشابه في النتائج من خلال أنماط الاهتزاز حيث انه في حالة الديافراكتات

اللينة كانت أنماط الاهتزاز الأولى مشابهة لأنماط الاهتزاز المقابلة لها في حالة الديافراكتات

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

الصلبة ، وأعطت المساهمة النمطية بمقدار 90% من مجموع الكتل في المبنى المطلوبة، أي ان الأنماط الإضافية ذات الرتب العليا والتي تمثل تشوه جدار القص الأفقي في مستويه ، كان لها مساهمة نمطية قليلة ، لا تتجاوز في حدها الأعلى 10% وذلك في حالة المبنى ذو المسقط U

المرحلة الثانية من الدراسة قمنا بدراسة نفس النموذج التحليلي الوارد في الفقرة السابقة من ناحية قيم الاحمال المطبقة وبارامترات التحليل الزلزالي وطريقة التحليل الديناميكي ، أما المبنى المدروس فهو نفس المبنى ذي المسقط المستطيل بخمسة طوابق وله نفس أبعاد المقاطع للإطارات ، ولكننا قمنا بإضافة جدران القص على جانبي المبنى بسماكة 20 cm وسنقوم بإنجاز التحليل الزلزالي على مرحلتين:

١. **المرحلة الاولى** : جدران القص تغطي الفتحتين الطرفيتين للمحورين A و K الواقعين على جانبي المبنى

٢. **المرحلة الثانية** : جدران القص تغطي كامل المحورين A و K الواقعين على جانبي المبنى

من أجل كل مرحلة سنقوم بإجراء التحليل الزلزالي وفق كلا الافتراضين الصلب (RIGID) و اللين (FLEXIBLE). وذلك من أجل ما يلي:

١. دور الاهتزاز الأساسي Ty، القص الطابقي Vst، و قيمة القص القاعدي الإجمالي Vy .

٢. نسبه مساهمه الإطارات و الجدران في تحمل القوى الزلزالية.

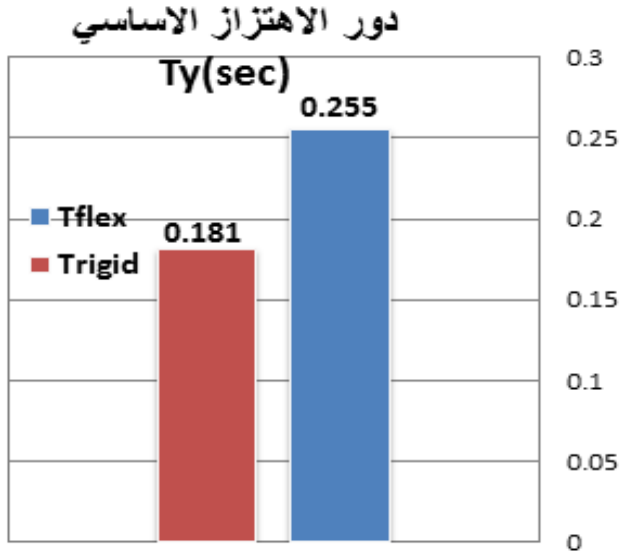
٣. توزيع قوى القص الزلزالي على الإطارات.

٤. قيمه عزم الانعطاف Mx في عمود C محدد على المسقط الأفقي للبناء.

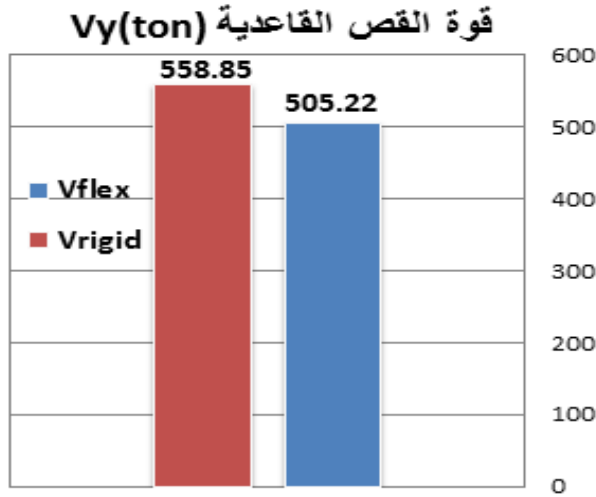
٥. الانتقالات الحاصلة عند المناسيب الطابقيه Uy والإزاحات الطابقيه Ust،(أي سنقوم بمقارنه الانزياح الطابقي في حاله جدار القص الأفقي الصلب مع الانزياح الطابقي الأعظمي الموجود في منتصف فتحه جدار القص الأفقي اللين) .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

النتائج مبينة على المخططات (14.. 17)

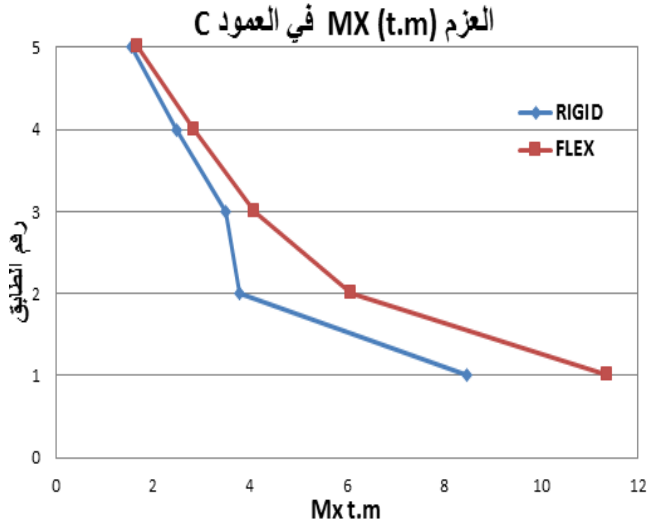


الشكل (14) دور الاهتزاز الأساسي .

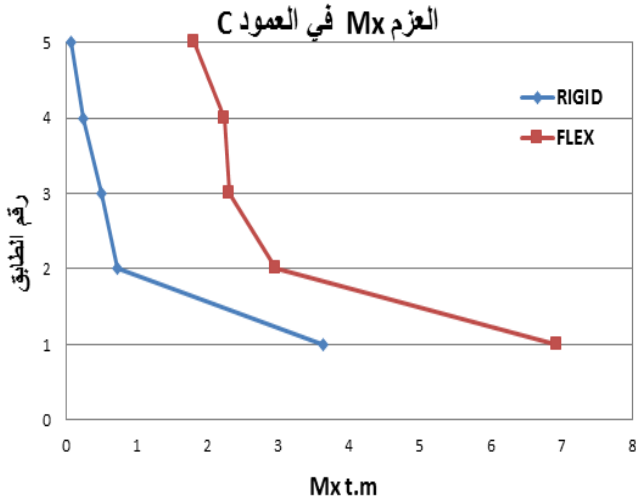


الشكل (15) قوة القص القاعدية .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية الببتونية المسلحة للأبنية العالية .



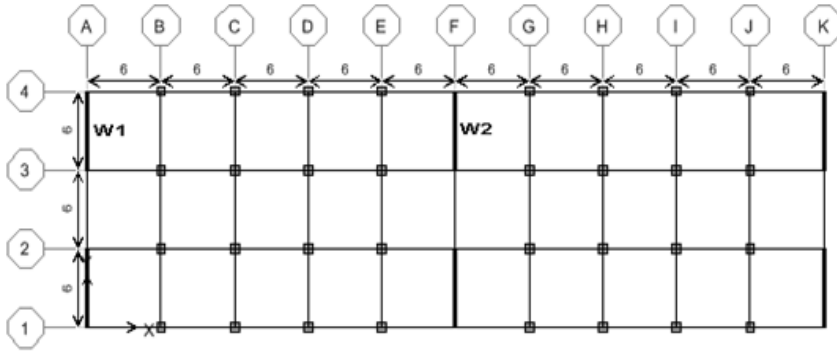
الشكل (16) عزم الإنعطاف للعمود C للمرحلة الأولى



الشكل (17) عزم الإنعطاف للعمود C للمرحلة الثانية

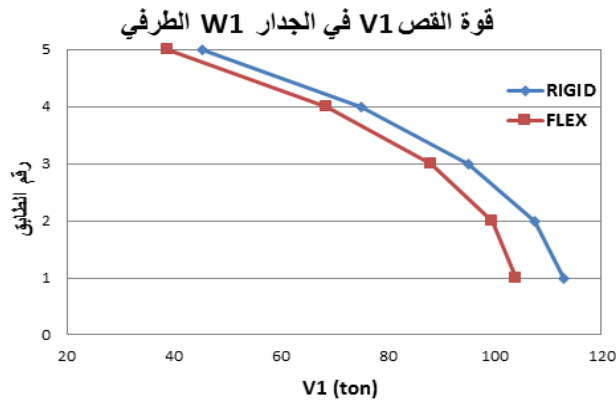
سنقوم بدراسة المبنى السابق من أجل ترتيب جديد لجدران القص بحيث تكون متوضعة على المحاور F، K، A، للبناء ، كما موضح في الشكل (18) .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

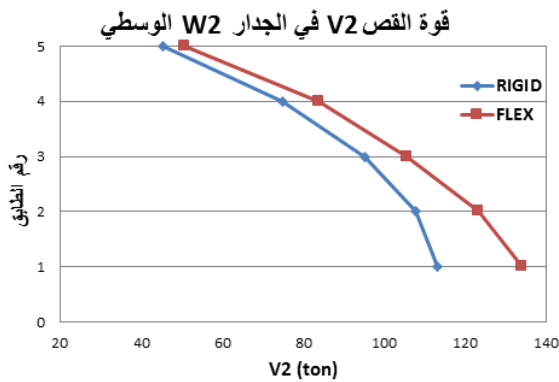


الشكل (18) مسقط البناء وفق المرحلة الثالثة

المخطط (19) يظهر القص الطابقي المنقول إلى الجدار W1 الطرفي والمخطط (20) يظهر القص المنقول إلى الجدار W2 عند تضمين ليونة الديافراكتات .



الشكل (19) قوة القص في الجدار الطرفي W1



الشكل (20) قوة القص في الجدار الوسطي W2

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

٨- دراسة تحليلية لتأثير تغير صلابة الديافراكمات على عمل الجملة الإنشائية للأبنية العالية .

مما سبق ومن خلال الدراسة التحليلية لاحظنا بأن هناك تأثيراً كبيراً للديافراكمات على السلوك الإنشائي للجملة الإنشائية للأبنية العالية ، ويتعلق ذلك بصلابة العناصر الشاقولية K_{WALL} للجملة الإنشائية (جدران قص وأعمدة) ، وبالتالي فإن العامل الدال على هذا الدور يتعلق بشكل أساسي بالنسبة :

$$\alpha = K_{SLAB} / K_{WALL}$$

نقوم فيما يلي بدراسة تحليلية بارامترية لبيان مدى تغير تأثير ليونة الديافراكمات على نتائج التحليل الزلزالي للأبنية ذات النمط المذكور سابقاً ، وسنقوم باختيار ثلاثة بارامترات وهي:

(١) عدد الطوابق في المبنى (N).

(٢) نسبة صلابة الديافراكمات (البلاطات) في مستوياتها إلى مجموع صلابات العناصر الشاقولية (α):

$$\alpha = K_{SLAB} / K_{WALL}$$

(٣) نسبة طول البناء إلى عرضه في المسقط الأفقي (L/W) عامل الشكل .

تم اعتماد نفس المواصفات للنموذج التحليلي الواردة سابقاً

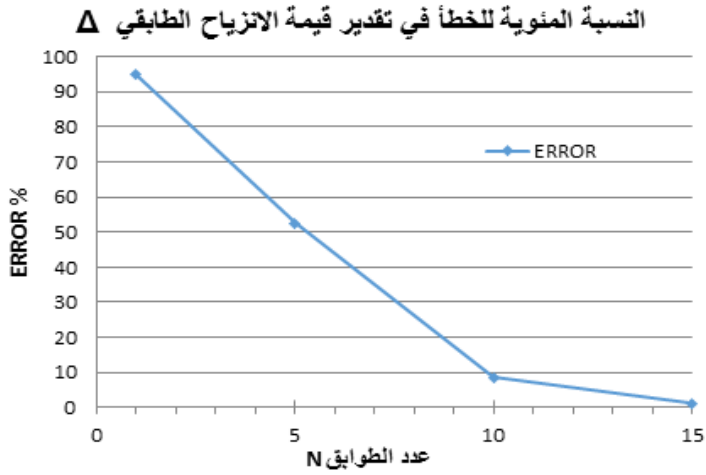
دراسة تأثير عدد الطوابق N .

في جميع الأبنية المدروسة سنقوم بتثبيت قيم البارامترات الأخرى وهي: نسبة طول المبنى إلى عرضه في المسقط الأفقي $L/W=3$ ، سماكة البلاطة $t=12\text{cm}$ ، و نقوم بتغيير عدد الطوابق فندرس اربعة ابنية ذات (15-10-5-1) طوابق على الترتيب ، وكل مبنى يدرس باستخدام الافتراض الجاسيء (rigid) و مره أخرى باستخدام الافتراض اللين للديافراكمات (flex) .

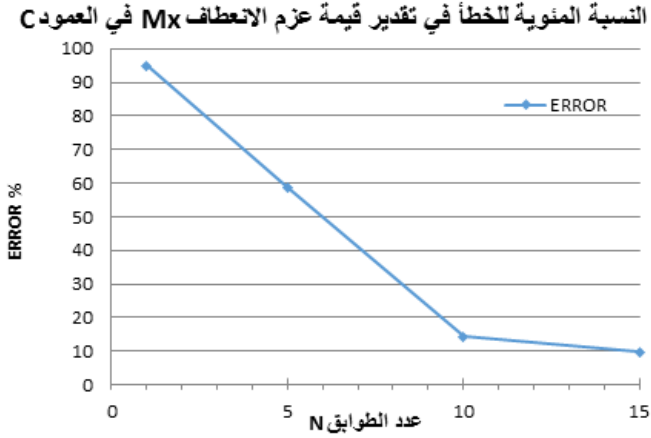
المخططات البيانية التالية (21 ... 24) ، نتائج الدراسة ، وذلك لعدد الطوابق

$N = 1, 5, 10, 15$ على الترتيب.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

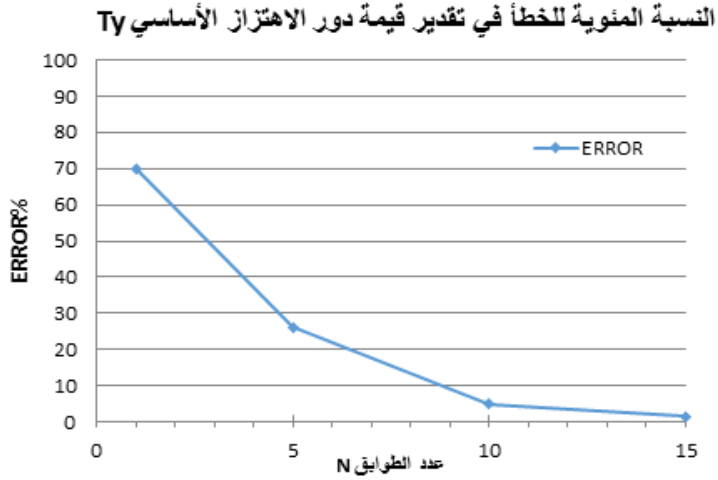


الشكل (21) النسبة المئوية للخطأ في تقدير الإنزياح الطابقي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً .

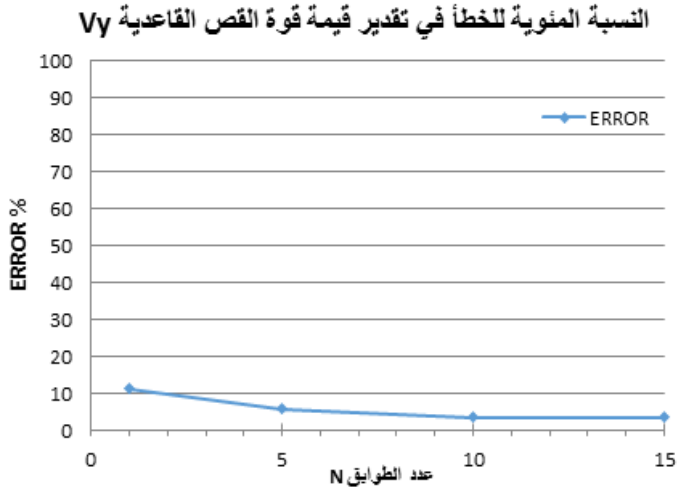


الشكل (22) النسبة المئوية للخطأ في تقدير عزم الإنعطاف في العمود C ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (23) النسبة المئوية للخطأ في تقدير دور الاهتزاز الأساسي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً .



الشكل (24) النسبة المئوية للخطأ في حساب قيمة قوة القص القاعدية ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً

نلاحظ من المخططات انخفاض قيمة الأخطاء الناتجة عن إهمال ليونة جدار القص الأفقي بزيادة عدد الطوابق N ، ونلاحظ القيمة الكبيرة للتشوه الحاصل في جدار القص الأفقي اللين والتباين الواضح عن شكل التشوه في حالة جدار القص الأفقي الصلب .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

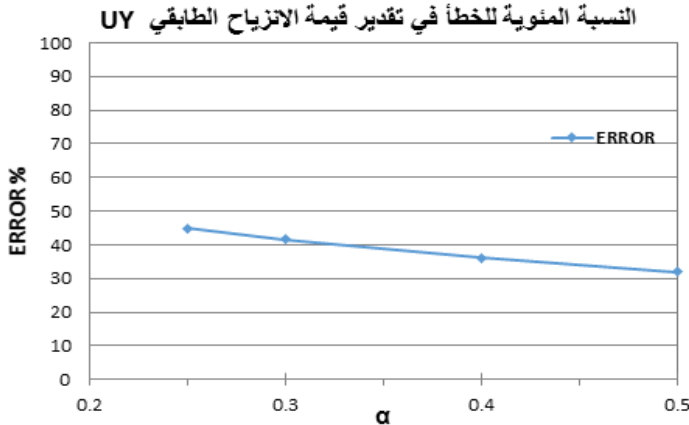
تبين الدراسة أن قيمة الخطأ في تتناقص بازدياد عدد الطوابق، كانت الأخطاء أعظمية في المبنى ذي الطابق الوحيد . ويمكن تفسير ذلك بأن ازدياد عدد الطوابق يخفض صلابة المبنى على الانتقال الجانبي ، وبالتالي يقل تأثير ليونة جدار القص الأفقي على نتائج التحليل.

٢- دراسة تغير النسبة $\alpha = K_{SLAB} / K_{WALL}$

إن الصلابة النسبية للديافراكمات في مستوياتها ، مقارنة بصلابة العناصر الشاقولية تلعب دوراً هاماً في تحديد مدى ليونة الديافراكمات ومقدار التشوه الحاصل في مستوياتها عند التعرض للأحمال الأفقية الزلزالية.

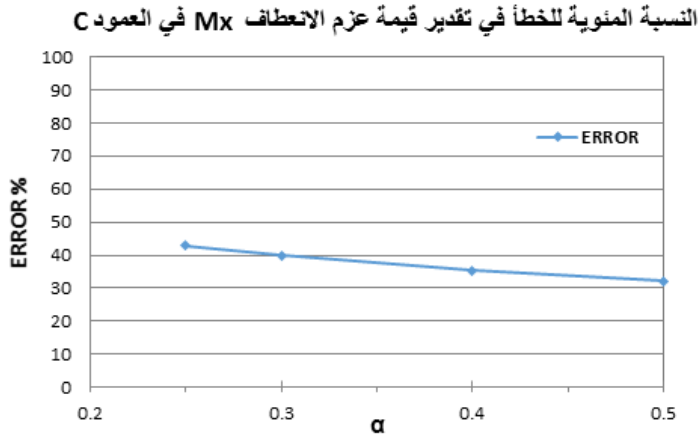
قمنا بتغيير النسبة α عن طريق تغيير سماكة البلاطة عبر أربع سماكات هي -10-12 cm ، و من 16-20 cm ، و من حساب القيم الموافقة لـ α من أجل كل سماكة تم تثبيت بقيه البارامترات : عدد الطوابق $N=5$ ، النسبة $L/W=3$.

تم دراسة المبنى باستخدام الافتراضين الجاسيء واللين ، من اجل كل قيمة لسماكة البلاطة ، ومن ثم تم حساب: قيم الأخطاء في تقدير الدور الاهتزازي الأساسي ، قوه القص القاعدي ، قيمه عزم الانعطاف للعمود c ، الانتقال الطابقي للطابق الأخير .
المخططات (25....28) تبين النتائج من اجل قيم البارامتر α (0,2 , 0,3 , 0,4 , 0,5) على الترتيب

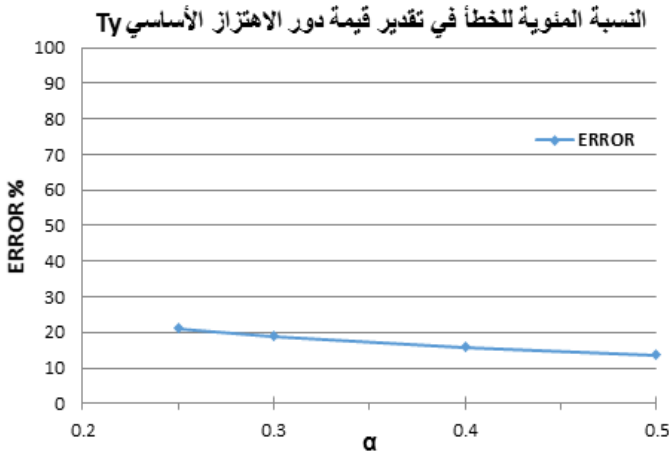


الشكل (25) النسبة المئوية للخطأ في تقدير الإنزياح الطابقي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وفقاً لتغير النسبة α

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

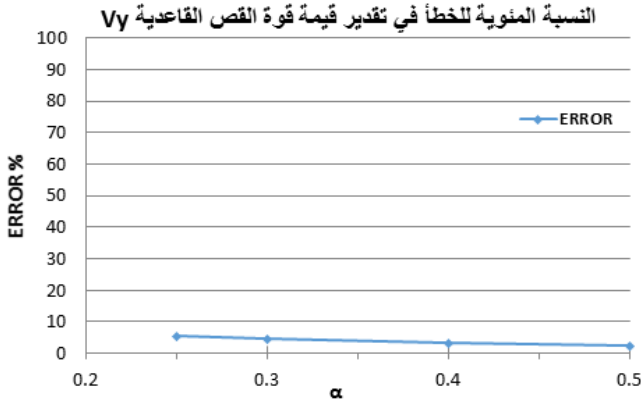


الشكل (26) النسبة المئوية للخطأ في حساب عزم الإنعطاف في العمود C ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وفقاً لتغير النسبة α



الشكل (27) النسبة المئوية للخطأ في حساب دور الاهتزاز الأساسي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وفقاً لتغير النسبة α .

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (28) النسبة المئوية للخطأ في حساب قوة القص القاعدي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وفقاً لتغير النسبة α .

نلاحظ أن قيم الأخطاء تقل بارتفاع قيمة α ، أي بازدياد صلابة البلاطة في مستويها مقارنة بالصلابة الجانبية للجدران ، مما يعطي جدار القص الأفقي صلابة إضافية لمقاومة التشوهات الحاصلة في مستويه ويخفف من أثر الليونة على نتائج التحليل. ويصبح الافتراض الجاسيء مقبولاً من أجل سماكات كبيره للبلاطة ، أما من أجل السماكات القليلة فان ذلك يؤدي إلى ازدياد في قيمة الأخطاء ولاسيما في قيم القوى والانتقالات الحاصلة في المنشأ.

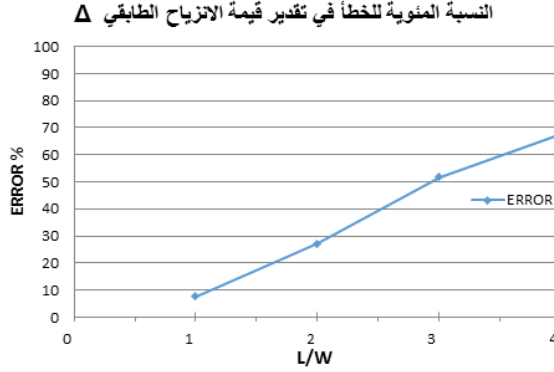
٣- دراسة نسبة أبعاد المسقط L/W .

سندرس علاقة هذه النسبة بليونة جدار القص الأفقي عبر اعتبارها بارامتر متغير ودراسة تغير قيم الأخطاء المرتكبة بتغير قيم هذه النسبة .

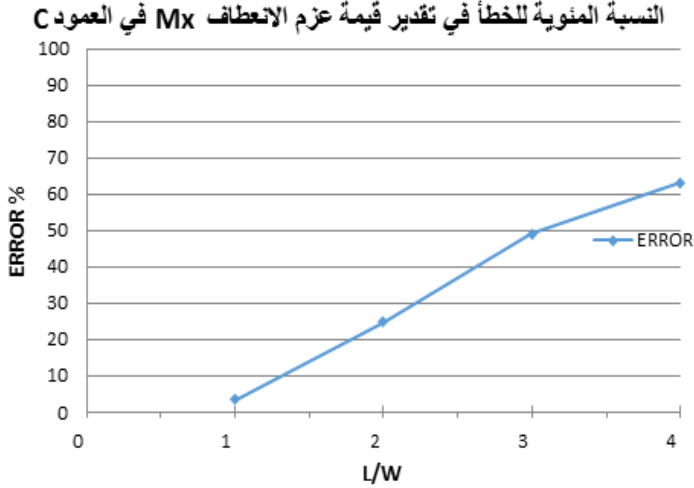
حيث نقوم بتثبيت قيم المقادير السابقة N ، α ونغير النسبة L/W عن طريق تغيير طول البناء L في المسقط الأفقي أي المحافظة على قيمة العرض w . سنقوم بدراسة أربعة مبانٍ لها النسب $L/W=1,2,3,4$ على التوالي ، أما بقية المواصفات فهي : عدد الطوابق في المباني المدروسة $N=5$ ، الارتفاع الطبقي $h=3.2m$ ، سماكة البلاطة $t=0.12m$.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكتات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

المخططات (29...31) تظهر الأخطاء المئوية لقيم الأنزياح الطابقي والقص القاعدي وعزم الانعطاف ، بتغير قيمة البارامتر L/W ، وفق كلا الافتراضين الجاسيء (RIGID) واللين (FLEXIBLE)

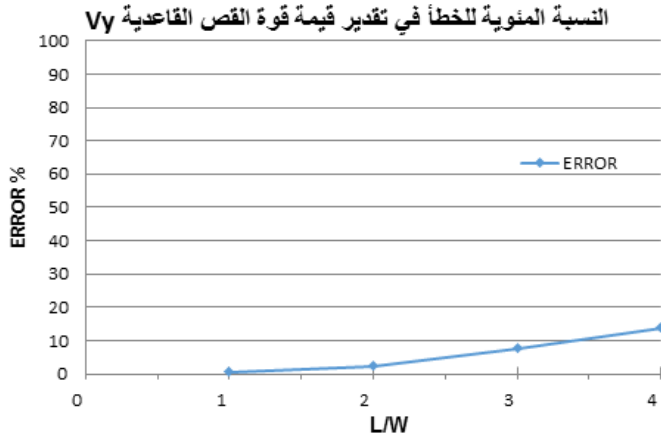


الشكل (29) النسبة المئوية للخطأ في حساب قيمة الأنزياح الطابقي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وبتغير قيمة L/W



الشكل (30) النسبة المئوية للخطأ في حساب عزم الانعطاف في العمود C ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وبتغير قيمة L/W

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .



الشكل (31) النسبة المئوية للخطأ في حساب قيمة قوة القص القاعدي ، باعتبار جدار القص الأفقي صلباً أو ليناً وبتغير قيمة L/W من الدراسة البارامترية السابقة يمكن أن نلاحظ مايلي:

- ١- الأخطاء كانت أكبر ما يمكن للمنشأ ذي الطابق الوحيد حيث وصلت قيمة الأخطاء في تقدير القوى والانتقالات إلى 90% وفي تقدير قيمة دور الاهتزاز الأساسي للمنشأ إلى 70% وهذا بسبب الصلابة الكبيرة للجدران .
- ٢- من أجل قيم α تتراوح بين 0,5 - 0,25 كان مجال تغير قيمة الأخطاء ضيقاً و محدوداً ولا يتجاوز الـ 10% للانتقالات والعزم ، وبالتالي الأخطاء الناتجة عن الافتراض الجاسيء لجدار القص الأفقي أكثر حساسية لعدد الطوابق N والنسبة L/W .

٣- يرتفع قيمة دور الاهتزاز الأساسي في حالة جدار القص الأفقي اللين عما هي عليه في حالة جدار القص الأفقي الصلب وهذا يؤدي دوماً إلى نشوء ارتفاع طفيف في تقدير قيمة القص القاعدي الإجمالي .

٩- النتائج النهائية والتوصيات:

مما سبق يمكن الوصول إلى النتائج التالية :

١. يفضل استخدام الافتراض الجاسيء الصلب للديافراكمات للأبنية المنتظمة وغير المنتظمة في المسقط لأفقي والتي تمتلك جملة إطاريه غير محتوية على جدران قص، حيث أن هذا الافتراض يعطي نتائج دقيقة ويخفض الزمن اللازم لإنجاز التحليل.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

٢. من أجل الأبنية مستطيلة المسقط الأفقي والمحتوية على جدران قص في جملتها المقاومة متوضعة على طرفي البناء فإن اعتبار البلاطات (كجدران قص أفقية) جاسئة يؤدي لأخطاء مهمة في تقدير قيمة الاستجابة الزلزالية ويصبح من المهم تضمين ليونة الديافراكمات أثناء التحليل لتمثيل السلوك الحقيقي للمنشأ والحصول على نتائج أكثر دقة.

٣. تتأثر قيم القوى الداخلية المحسوبة في العناصر الإطارية كالعزوم وقوى القص بشكل كبير بليوننة الديافراكمات ، فمن أجل مساهمات لجدران القص لا تزيد عن 80% في تحمل القص القاعدي كانت هذه الأخطاء في حساب القوى والانتقالات أعظمية في الطوابق الدنيا وتقل كلما اتجهنا إلى المناسيب في الأعلى. أما في حالة مساهمات كبيرة لجدران القص في تحمل القوى الجانبية(تزيد عن 90%) فإن هذه الأخطاء تزداد بشكل دراماتيكي ولا تأخذ نمطاً محدداً في تغييرها.

٤. في حالة وجود جدران قص وسطية ، إضافة إلى الجدران الطرفية ، فان ليونة الديافراكمات تؤدي لتباين في توزيع القص على الجدران وتكون الأخطاء المحسوبة لكل جدار أعظمية في الطوابق الدنيا وتقل باتجاه الطوابق العليا للمبنى ، علماً بأن دور الاهتزاز الأساسي يزداد بشكل ملحوظ عند زيادة صلابة الجدران الجانبية للبناء .

٥. إن قيم القوى الداخلية والتشوهات المحسوبة في عناصر الجملة الإنشائية (كالعزوم وقوى القص والانتقالات والإزاحات الطابقية) تختلف حسب اعتبار الديافراكمات (البلاطات) صلبة أو لينة وذلك تبعاً لنسبة صلابة الديافراكمات إلى صلابة العناصر الشاقولية المقاومة للحمولات الأفقية .

٦. يزداد تأثير مطاوعة الديافراكمات على عمل الجملة الإنشائية لمقاومة القوى الأفقية بانخفاض عدد الطوابق في المبنى المدروس ، وانخفاض القيمة α والتي تمثل نسبة صلابة البلاطة إلى صلابة العناصر الشاقولية ، وازدياد النسبة L/W التي تمثل نسبة طول مسقط المبنى إلى عرضه .

٧. ننصح بأن تتم دراسة تحليلية موسعة لمعرفة الصلابة المثالية للبلاطات (الديافراكمات) وكيفية توزيعها على ارتفاع المبنى ، والقيمة المثالية لنسبة صلابتها إلى صلابة العناصر الشاقولية مما يؤدي إلى أداء أفضل وكفاءة أعلى في عمل الجملة الإنشائية.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

المراجع

1. S.N.Tande,S.A.Devarshi, "Diaphragm Felicity in Buildings with shear walls " International journal of latest trends in Engineering and Technology , Vol.4, May 2014,pp265–272.
2. Saeed Ahmad , Asim Gulzar ,Huma Pervaiz, " INFLUENCE OF DIAPHRAGM ACTION UPON THE SEISMIC RESPONSE OF HIGH RISE MOMENT RESISTING BUILDING FREAMES" , Technical Journal , University of Engineering and Technology Taxila, 2011, PP20–31.
3. ASCE–7–02 , American Society of civil Engineers "Seismic Rehabilitation of Existing Buildings , 2010 .
4. Euro code 8 :Design of structures for earthquake resistance , part 1 : General rules , seismic actions and rules for Buildings,2003 .
5. K . Fouad , Z.Ali , " Structural Analyses With Flexibility Effect of the Floor Slabs" Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2011.
6. Barron JM, Hueste MBD. Diaphragm effects in rectangular reinforced concrete buildings. *ACI Structural Journal* 2004; **101**(5):615–624.
7. Jain SK and Mandal UK. Dynamics of buildings with V–shaped plan. *Journal of Engineering Mechanics* 1992; **118**(6):1093–1112.

السلوك الحقيقي لعمل (الديافراكمات) في الجمل الإنشائية البيتونية المسلحة للأبنية العالية .

8. Ju SH, Lin MC. Comparison of building analyses assuming rigid or flexible floors. *Journal of Earthquake Engineering and Structural Dynamics* 1999; **125**(1):25–31.
9. Fleischman RB, Farrow KT, Eastman K. Seismic performance of perimeter lateral system structures with highly flexible diaphragms. *Earthquake Spectra* 2002; **18**:251–286.
10. Lee HJ, Aschheim MA, Kuchma D. Interstorey drift estimates for low-rise diaphragm structures. *Journal of Engineering Structures* 2007; **29**:1375–1397.
11. Tremblay R, Berair T, Filiatrault A. Experimental behavior of low-rise steel buildings with flexible roof diaphragms. *12th World Conference on Earthquake Engineering* 2000. Paper No. 2567.