

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً باستخدام السجل الزمني المقيس

طالبة الدكتوراه: المهندسة براءة ابراهيم فرج - قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث
إشراف: أ.د علي الجراش - أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث
د.م سليمان العامودي أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة المدنية جامعة البعث

ملخص البحث :

يقدم البحث تقييماً للمنشآت ذات الجمل المختلطة والتي تتضمن حالات عدم انتظام صلابة شاقولي، حيث تم دراسة سلوك الجمل بالتحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس، بطريقة التكامل اللاخطي المباشر، وباستخدام برنامج الـ ETABS ، وتم اجراء مقارنة بين معايير الاستجابة الزلزالية للجمل غير المنتظمة والمنتظمة . وبينت النتائج الأثر الكبير لوجود حالات عدم الانتظام في المنشآت على معايير الاستجابة الزلزالية، وأهمية العمل على ايجاد علاقات أكثر دقة من العلاقات التي يعطيها الكود لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة . بينت النتائج أن قيم الدور الأساسي للأبنية تزداد في حالة عدم الانتظام بنسب تصل لـ 14% عن حالة المبنى المنتظم، وتخفض قوة القص القاعدية بنسب تصل لـ 42%، وينخفض الانتقال الأفقي بنسب تصل لـ 44%.

واعتماداً على نتائج الدراسة التحليلية تم اقتراح مجموعة من العلاقات تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية، حيث تم اقتراح إضافة معامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للمنشأ، و لعلاقة قوة القص القاعدية التصميمية معامل (α_v) ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على قيمة الدور الأساسي وقوة القص القاعدية التصميمية، مما يساعد في الوصول إلى نتائج أكثر دقة، وبالتالي الحصول على تصميم آمن واقتصادي.

الكلمات المفتاحية: عدم انتظام الصلابة الإنشائي - الجمل الإنشائية المختلطة - التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمن المقيس - معايير الاستجابة الزلزالية.

Evaluating of seismic response for dual structural systems with vertical stiffness irregularity by using scaled time history

ABSTRACT:

This research presents an evaluation of the dual structural systems with vertical stiffness irregularity, where the behavior of these systems has been studied using nonlinear dynamic analysis of the scaled time history, by the method of nonlinear direct integration, using ETABS program. and a comparison was made between seismic response parameters for irregular systems and regular systems. The results showed the significant impact of the presence of irregularities in buildings on seismic response parameters, and the importance of working to find more accurate relationships than the relationships given by the code to estimate the values of seismic response parameters for irregular buildings. Where the results showed that fundamental time period increases in case of stiffness irregularity than in the case of the regular by rates of up to 14%, The base shear force decreases by rates of up to 42%, and The maximum displacement reduces by rates of up to 44%.

Based on the results of analytical study , a set of relationships was proposed that relate properties of the structure to seismic response parameters, proposed adding coefficient (α_T) for the fundamental period relationship, and coefficient (α_v) for design base shear force relationship, which it considers the effect of location and magnitude of vertical stiffness irregularity. This helps to achieve more accurate results, then obtaining safe and economical design.

Key words : vertical stiffness irregularity, dual structural systems, nonlinear dynamic analysis of the scaled time history, the seismic response parameters.

1- مقدمة :

إن الأبنية غير المنتظمة شائعة الاستخدام بشكل كبير لأسباب عديدة وظيفية وجمالية، وإن حالات عدم الانتظام لها تأثير كبير على الاستجابة الزلزالية لهذه الأبنية، إلا أنه لا توجد لها معالجة كافية من قبل الكودات ، التي وضعت حدوداً لعدم الانتظام من ناحية المقدار فقط، مهملة تأثير موقع عدم الانتظام في تقييم معايير الاستجابة الزلزالية .

يصنف المنشأ أنه ذو عدم انتظام إنشائي عندما يتضمن توزيع غير منتظم للكتلة ، الصلابة ، المقاومة ، أبو بسبب توزيعات هندسية غير منتظمة . كما يصنف عدم الانتظام الإنشائي لنوعين [2]:

1-عدم الانتظام الشاقولي : ويتضمن الأنواع التالية : (عدم انتظام الصلابة الشاقولي، المقاومة، الكتلة، وجود التراجع الطابقي)

2-عدم الانتظام الأفقي: ويتضمن الأنواع التالية: (توزيع غير منتظم للكتلة، الصلابة، أو المقاومة في المسقط، انقطاع الحاجب (الديافرام) ، وجود الزوايا الداخلية، شكل المسقط غير المنتظم)

في هذا البحث تم دراسة عدم انتظام الصلابة الشاقولي في الجمل الإنشائية المختلطة المكونة من اطارات وجدران قص مقاومة للزلازل .

2- أهمية البحث :

1- وضعت كودات التصميم الزلزالي حدوداً لعدم انتظام الصلابة الإنشائي، من ناحية المقدار فقط، مهملة تأثير موقع عدم الانتظام، كما أهملت حالات عدم الانتظام في صياغة منهجيات التصميم الزلزالي.

2- إن تحديد قيمة الدور الأساسي للمبنى تعتبر خطوة مهمة في عملية التصميم الزلزالي ، والذي يعتمد بشكل أساسي على خصائص البناء مثل الكتلة، الصلابة، ارتفاع الطابق، عدد الطوابق، والشدة الزلزالية، كما أنه يتأثر بشكل كبير بعدم الانتظام (نوع ومقدار وموقع عدم الانتظام). وهذه العوامل مهملة في الكودات، حيث وضعت علاقات لتقدير قيمة الدور الأساسي مرتبطة فقط بارتفاع المنشأ، لذا فإن هذه العلاقات غير مناسبة لتقدير المتطلبات الزلزالية الواقعية للمنشأ .

3- إن تقييم معايير الاستجابة الزلزالية (الانتقال الأفقي الأعظمي، الانحراف الطابقي الأعظمي، قوة القص القاعدية) خطوة هامة في عملية التصميم الزلزالي، وقد حدد الكود حدود التشوه الأعظمي من ناحية الارتفاع فقط، وتم إهمال حالات المنشآت التي تحتوي عدم انتظام، لذلك فإن هذه الحدود غير واقعية وغير مناسبة لتصميم المنشآت غير المنتظمة .

لذا فإنه من الضروري دراسة تأثير حالات عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام على معايير الاستجابة الزلزالية: (الدور الأساسي - قوة القص القاعدية - الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطابقي الأعظمي)، والعمل على اقتراح علاقات مبسطة لتقدير قيمة هذه المعايير للمنشآت المختلطة ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي .

3- الدراسة المرجعية :

1-3 حدود عدم الانتظام :

حدد الكود العربي السوري [2] والكودات الزلزالية [3],[11],[12] حدوداً لعدم انتظام الصلابة الشاقولي لأجل تطبيق منهجية التصميم الزلزالي المعتمدة في هذه الكودات، حيث اعتبرت أن المنشأ يحتوي عدم انتظام صلابة شاقولي إذا كانت صلابة الطابق أقل من 70% من صلابة الطابق الأعلى، أو إذا كانت صلابة الطابق أقل من 80% من متوسط صلابة الطوابق الثلاثة الأعلى منه. أي أنها حددت عدم انتظام الصلابة من ناحية المقدار فقط بإهمال تأثير موقع عدم الانتظام.

2-3 تقدير قيمة الدور الأساسي للمنشآت:

ظهرت عدة علاقات تجريبية لتقدير الدور الأساسي للبناء، كان أولها في كود البناء الأمريكي ATC1978 [13] الذي وضع معادلة مستندة لدراسة تجريبية لأبنية في كاليفورنيا خلال زلزال San Fernando ، كما اقترح عدة باحثين [8] تطوير علاقة الدور الأساسي، حيث جمعوا قيم الدور الفعلية لثمان زلازل حدثت في كاليفورنيا تبدأ ب زلزال (San Fernando 1971) وانتهاءً بزلزال (Northridge 1994)، واقترحوا معادلات معممة لتقدير قيمة الدور:

$$T = \alpha h \cdot H \beta h \quad (1-1)$$

حيث: αh , βh ثوابت تختلف باختلاف تسارع الحركة الأرضية. كما اقترح باحثين في كوريا [9] علاقة مبسطة لقيمة الدور للجمل الانشائية بجدران القص، وذلك تجريبياً لأبنية جنوب شرق آسيا.

وبسبب اختلاف شروط التربة والمناخ و سلوك الأبنية فهذه الصيغة تعتبر غير مناسبة لمنطقتنا، وهذه المعادلات المقترحة مرتبطة بارتفاع المنشأ فقط ولم تأخذ بعين الاعتبار تأثير حالات عدم انتظام الصلابة من حيث المقدار والموقع على قيمة الدور .

كما قام الباحث [4] بدراسة تأثير حالات عدم الانتظام في الجمل الاطارية على معايير الاستجابة الزلزالية حيث درس تأثير عدم الانتظام من ناحية المقدار وموقع عدم الانتظام، واقترح دليل لتمثيل عدم الانتظام لاضافته لعلاقة الدور الأساسي:

$$T = \delta_{11} (0.075 H^{0.75}) \quad (1-2)$$

حيث δ_{11} معامل تصحيح معطى بدلالة βc الذي يمثل دليل عدم الانتظام.

ويجب لإيجاد قيمة هذا الدليل ايجاد قيم معاملات الأنماط للأبنية ، مما جعل صعوبة في إيجاد قيمة الدليل المقترح ، و لم يبسط اجراءات التصميم الزلزالي .وفي هذا البحث تم اقتراح صياغة جديدة لتقدير قيمة الدور الأساسي للمنشآت غير المنتظمة الصلابة ، من خلال دراسة سلوك هذه المنشآت باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس الذي يمثل الاستجابة الحقيقية للمنشآت، وهذه الصيغة المقترحة يمكن أن تدمج في اجراءات التصميم الزلزالي لتقييم المتطلبات الزلزالية الواقعية .

3-3 تحديد معايير التشوه اللامرن :

1- صنفت معظم الكودات [3],[11],[12] حدود التشوه الأعظمي (الانحراف الطابقي) من ناحية الارتفاع الطابقي فقط ، وهذه الحدود تم وضعها بالاعتماد على التحليل المرن ، وتم اهمال حالات عدم الانتظام الانشائي بشكل واضح ، لذلك فإن هذه الحدود غير واقعية وغير مناسبة في تصميم المنشأ . كما أن أغلب الأعمال البحثية السابقة لمعايير التشوه (الانتقال الأعظمي ، الانحراف الطابقي ، والدوران الأعظمي) أكدت على عدم كفاية الحدود الموضوعية في الكودات وأنها بالغالب تعطي نتائج غير اقتصادية.

2- اقترح الباحث [4] معادلات لتقدير قيمة كل من (الانتقال الأعظمي - الانحراف الطائفي الأعظمي) للأبنية غير المنتظمة ، وكانت المعادلات المقترحة محدودة للجمل الاطارية وللترب الصلبة ومجازات الاطارات 4 م ، كما تم التحليل باستخدام طيف الاستجابة حسب الكود الأوروبي EC8 ، كما أنها مرتبطة بدليل عدم الانتظام المقترح مما جعل صعوبة باستخدام هذه العلاقات. ولا بد من دراسة تأثير حالات عدم الانتظام على قيمة الانتقالات والتشوهات الناتجة، و اقترح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت الغير منتظمة.

4-3 طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس :

تعتبر من أدق طرق التحليل الزلزالي وأكثرها تطوراً، وتشمل الخطوات التالية : [5],[6]

1- تقيس السجل الزمني مع طيف الاستجابة التصميمي : الغاية من تقيس السجل الزمني هو الوصول لسجل زمني ذو محتوى ترددي مشابه لطيف الاستجابة التصميمي ، وتتم عملية التقيس بإحدى الطريقتين :

أ- طريقة التردد المسيطر ب- طريقة الدور المسيطر

ويتم اختيار الطريقة التي ينتج عنها سجل مقيس ذو تسارع طيفي أعظمي مقارب لقيمة التسارع الطيفي التصميمي المقابل للدور الأساسي للمنشأ . ولإعداد معايير الربط بشكل نموذجي من الأفضل أن يتم الربط للسجل الزمني لجزء من الترددات وليس على المجال كاملاً .(حسب الكودات يفضل الربط في المجال من $0.2T_1$ إلى $1.5T_1$ حيث T_1 : الدور الأساسي للمنشأ).

2- تعريف حالة التحليل الديناميكي اللاخطي : يتم تعريف حالة التحليل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل اللاخطي المباشر وباستخدام السجل الزمني المقيس كتابع تحريض، ثم اختيار الخطوة الزمنية ΔT ، ثم تحديد نموذج التخميد . كما يلي :

1- اختيار الخطوة الزمنية Δt : يجب أن يتم اختيار الخطوة الزمنية بدقة وقد أعطت معظم المراجع [5] العلاقة التالية لتحديد قيمة الخطوة الزمنية :

$$\frac{\Delta t}{T_{min}} < \frac{1}{\pi} \quad (1-3)$$

حيث T_{min} الدور الطبيعي الأصغر للمنشأ

2- تحديد نموذج التخماد : النموذج الشائع للتخماد هو نموذج تخامد ريلي [5] ، ويتضمن تخامد متناسب مع الكتلة وتخماد متناسب مع الصلابة ، ويعطى بالعلاقة :

$$C = a_0 \cdot m + a_1 \cdot k \quad (1-4)$$

حيث : C مصفوفة التخماد، m مصفوفة الكتلة، k مصفوفة الصلابة
 a_0 معامل تخامد الكتلة، a_1 معامل تخامد الصلابة، وتحسب هذه المعاملات كما يلي:
 نسبة التخماد لأجل النمط n لكل جملة يعطى بالعلاقة:

$$\xi_n = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_n} + \frac{a_1}{2} \cdot w_n \quad (1-5)$$

فالمعاملان a_0, a_1 تحددان من علاقتي نسب التخماد ξ_j, ξ_i لأجل النمطين z, i على التوالي ، كما يلي :

$$\xi_i = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_i} + \frac{a_1}{2} \cdot w_i \quad (1-6)$$

$$\xi_j = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_j} + \frac{a_1}{2} \cdot w_j \quad (1-7)$$

حيث w_i, w_j قيمة التردد للنمطين z , i على التوالي. بحل المعادلتين يمكن تحديد المعاملات a_0, a_1 ، ويفرض كلا النمطين له نفس نسبة التخماد، فتكون عندها المعاملات:

$$a_1 = \xi \cdot \frac{2}{w_i + w_j} \quad (1-8)$$

$$a_0 = \xi \cdot \frac{2 \cdot w_i \cdot w_j}{w_i + w_j} \quad (1-9)$$

وباعتبار نسبة التخماد للأنماط z, i هي ($\xi = 5\%$) ، يمكننا تحديد قيمة a_1, a_0 ، كما أنه من المهم تحديد النمطين z, i بدقة، لأنها تمثل الأنماط المساهمة في الاستجابة الزلزالية للمنشأ. حيث أن الأنماط بين النمطين z, i ستكون لها نسبة تخامد أصغر بشكل بسيط من ($\xi = 5\%$) ، أما الأنماط الأكبر من النمط z ستكون لها نسبة تخامد أكبر من ($\xi = 5\%$) ، حيث أن نسبة التخماد تزداد أوتوماتيكياً مع التردد ، و الاستجابة النمطية الموافقة ستحذف لتخامدها العالي، ولعدم إهمال الأنماط المساهمة بشكل فعال في الاستجابة الزلزالية يجب اختيار الأنماط z, i بدقة . وقد اعتمدنا في الدراسة المقدمة أن النمط i هو النمط الأول بالاتجاه المدروس ، والنمط z هو النمط الموافق لعدد الطوابق بالاتجاه المدروس كنمطين مع تخامد حرج 5%، بناءً على توصية المرجع [6] .

3- التحليل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل العددي المباشر: يتم التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس بطريقتين (التحليل النمطي السريع _ التحليل بالتكامل المباشر) [7] وتم اعتماد طريقة التكامل العددي المباشر في البحث، وتعتمد الطريقة على إيجاد التكامل المباشر لمعادلات الحركة تدريجياً ، حيث تحل معادلات الحركة عند خطوات زمنية متساوية $\Delta t , 2\Delta t , \dots, n\Delta t$ وذلك بعد تحديد الشروط البدئية، ولإجراء التكامل تم اعتماد طريقة Newmark المطورة [7].

فمن خلال الدراسات المرجعية السابقة نلاحظ أنها أكدت على أهمية دراسة تأثير حالات عدم الانتظام في الأبنية من حيث النوع والمقدار والموقع على معايير الاستجابة الزلزالية، كما أكدت على النقص الواضح في الكودات في معالجة حالات عدم الانتظام ، واقتراح صيغ جديدة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للمنشآت غير المنتظمة ، لكن معظم هذه الدراسات كانت محدودة لجمال معينة ، وتم تحليلها وفقاً لطيف استجابة محدد. لذلك في هذا البحث تم اقتراح صياغة جديدة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للمنشآت المختلفة غير منتظمة الصلابة شاقولياً ، من خلال دراسة سلوك هذه المنشآت باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس الذي يمثل الاستجابة الحقيقية للمنشآت، وباستخدام طيف الاستجابة التصميمي UBC 97 . واقتراح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت غير المنتظمة.

5- هدف البحث :

- تقييم المنشآت المختلفة ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي، والعمل على إيجاد علاقات أكثر دقة من العلاقات التي يعطيها الكود لتقدير قيمة كل من المعايير التالية:
- 1- قيمة الدور الأساسي للبناء في المنشآت غير المنتظمة ذات الجمل المختلفة ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار علاقة الدور الأساسي مع نوع ومقدار وموقع عدم الانتظام.
 - 2- قيمة الانتقالات والتشوهات الناتجة: (الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطابقي الأعظمي)، حيث أن مقدار وموقع عدم الانتظام له تأثير كبير على التشوهات الناتجة .

3- قوة القص التصميمية للأبنية ذات الجمل المختلطة والمتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي (قوة القص القاعدي الأعظمي التي يتحملها المبنى) ، والتي تتأثر بشكل كبير بنوع ومقدار وموقع عدم الانتظام .

6- خطة البحث :

لإجراء البحث تم إعداد نماذج حاسوبية لجمل إنشائية مختلطة باستخدام برنامج الـ ETABS وكانت المتغيرات الأساسية عدد الطوابق ، ومقدار عدم انتظام الصلابة الشاقولي ، وموقع عدم الانتظام.

وتمت الدراسة لنماذج مؤلفة من (6-9-12-15) طابقاً ، ولأجل كل نموذج تم توليد حالات عدم انتظام الصلابة بجعل الارتفاع الطابقي للطابق المستهدف أكبر من باقي الطوابق مع الحفاظ على الارتفاع الكامل للمبنى في كل نموذج ، وتراوح مقدار عدم انتظام الصلابة الشاقولي بين (90% - 50%) ، وتم تطبيق عدم الانتظام في كل نموذج في الثلث السفلي من المنشأ ، ثم في الثلث الوسطي ، ثم في العلوي . كما تم تطبيق عدم انتظام الصلابة في طابق واحد و في عدة طوابق.

وتم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس للنماذج ، ودراسة تأثير هذه المتغيرات على معايير الاستجابة الزلزالية .

7- النمذجة والدراسة التحليلية:

1-8 إعداد النماذج :

تم إعداد نماذج أبنية منتظمة باستخدام برنامج الـ ETABS 2016 :

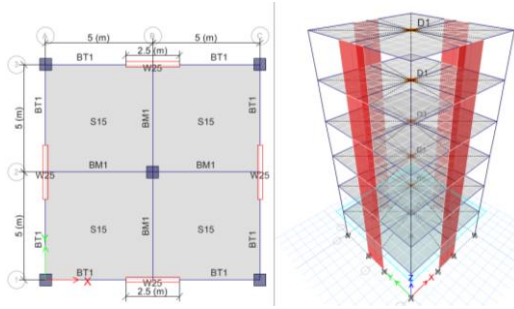
- عدد الطوابق تراوح بين (6-15) طابقاً - وارتفاع كل طابق 3.5m - ومجازاته ثابتة - 5m - وأبعاد مسقطه الأفقية 10x10 m - والحمولة الميتة (تغطية) 2KN/m^2 - والحية 3KN/m^2 - وحمولة الجدران الخارجية $12\text{KN/m}'$ - والداخلية $9\text{KN/m}'$ - والبلاطة مصمتة سماكة 15 cm - وجدران القص بطول 2.5 m - ومقاطع الأعمدة والجوائز وسماكة جدران القص تم تحديدها من خلال تحليل وتصميم نماذج الأبنية بالطريقة الستاتيكية المكافئة وحسب تراكيب التصميم الأساسية - المقاومة المميزة للبيتون

إجهاد الخضوع $f_c=20 \text{ Mpa}$ - إجهاد الخضوع لفلوآذ التسليح الرئيسي $f_y=400 \text{ Mpa}$ - إجهاد الخضوع لفلوآذ التسليح العرضي $f_y=240 \text{ Mpa}$

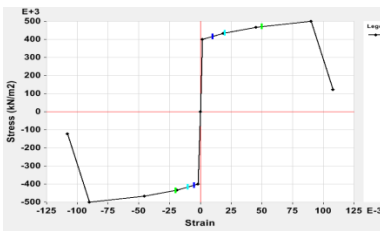
- تم إجراء تحليل زلزالي للمبنى باستخدام الطريقة الستاتيكية المكافئة ، بفرض المبنى في المنطقة الزلزالية الرابعة ، وصنف مقطع التربة SD ، تكون المعاملات الزلزالية :

$$Ca=0.44 \quad , \quad Cv=0.64 \quad Na=1 \quad , \quad Nv=1$$

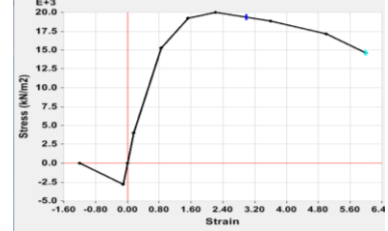
ورمزنا للنموذج المنتظم بالرمز M1



الشكل (1) النموذج المنتظم M1 المدروس



الشكل (3) مخطط الاجهاد - التشوه للفلوآذ المستخدم



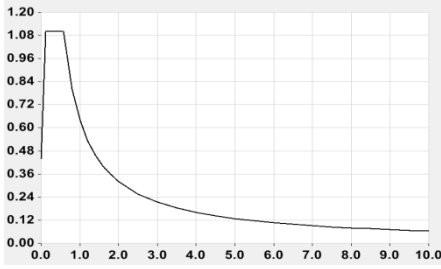
الشكل (2) مخطط الاجهاد- التشوه للبيتون المستخدم

2-8 تصميم العناصر الإنشائية: صممت العناصر الإنشائية وفق التراكيب الواردة في الكود العربي السوري [2]. حيث تم اختيار أبعاد وتسليح العناصر الإنشائية بحيث كانت محققة تماماً للقوى الزلزالية الناتجة عن الطريقة الستاتيكية المكافئة .

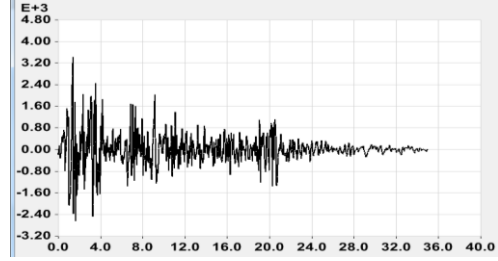
3-8 التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس : تم في البحث :

- إجراء تحليل ديناميكي لاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس كتابع تحريض (السجل الزمني لزلزال السنترو، وذلك بعد أن تمت معايرة السجل الزمني ليطباق الطيف التصميمي في مجال الزمن) وذلك كما يلي :

1 - تعريف السجل الزمني لزلزال السنترو، و طيف الاستجابة التصميمي وفق UBS97



الشكل (5) طيف الاستجابة التصميمي



الشكل (4) السجل الزمني لزلزال Elcentro

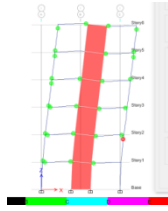
- 2- معايرة السجل الزمني ليطابق الطيف التصميمي في مجال الزمن
- 3- تعريف حالة التحميل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل اللاخطي المباشر باستخدام تابع السجل الزمني المقيس لزلزال EL centro :
- تم اختيار الخطوة الزمنية بحيث تحقق المعادلة (1-1) :
- للمناذج ذات (6-9) طوابق : $\Delta t=0.005$ ، والنماذج ذات (12-15) طابق $\Delta t=0.01$
- تم تحديد معامل تخامد الكتلة a_0 ومعامل تخامد الصلابة a_1 من العلاقات (1-8) (1-9)

- تم تعريف أبعاد وتسلية مقاطع الأعمدة والجوائز من خلال مصمم المقاطع Section Designer الموجود في البرنامج

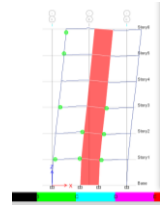
5- تطبيق المفاصل اللدنة :

- المفاصل المطبقة على الجوائز من نوع M3 - على الأعمدة من نوع P-M2-M3
- Fiber - جدران القص Fiber P-M3
- 6 - تم تسليح جدران القص من خلال خاصية تسليح جدار القص في المفصل اللدن.
- 4-8 نتائج الدراسة التحليلية :

تم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي للمبنى المنتظم (ذو 6 طوابق) ورمزه M1 ، والمبين مسقطه في الشكل (1)، وبين الشكل (6) المفاصل المتشكلة في المبنى عند الزمن 1.22 sec حيث تشكل أول مفصل لدن في أعمدة الطابق السادس ، وكانت قوة القص القاعدية الموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 3104 KN والانتقال الأعظمي الموافق لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 8.2 cm والانحراف الطائفي النسبي الأعظمي الموافق 0.0046 والحاصل في الطابق الرابع .



الشكل (7) النموذج M1 المفاصل المتشكلة عند الزمن 9.62 sec (عند الانهيار التام)



الشكل (6) النموذج M1 المفاصل المتشكلة عند الزمن 1.22sec (الموافقة لظهور أول مفصل لدن في أعمدة المبنى)

كما يبين الشكل (7) المفاصل المتشكلة عند الزمن 9.62sec ووصول المفصل اللدن في عمود الطابق الثاني للحالة E (الانهيار) .

5-8 توليد حالات عدم انتظام الصلابة شاقولياً :

من أجل النموذج M5 ذو عدم انتظام سفلي : الارتفاع الطابقي للطابق السفلي 6.5 m والارتفاع الطابقي لباقي الطوابق 2.9 m ، ومقدار عدم الانتظام 77%

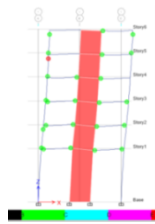
تم اجراء التحليل الديناميكي اللاخطي ، ويبين الشكل (8) المفاصل المتشكلة في المبنى

عند الزمن 1.22 sec حيث تشكل أول مفصل لدن في أعمدة الطابق الثاني ، وكانت

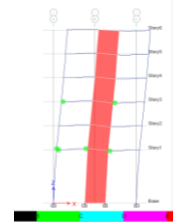
قوة القص القاعدية الموافقة لتشكيل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 2758 KN

والانتقال الأعظمي الموافق لتشكيل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 8.3 cm

والانحراف الطابقي النسبي الأعظمي الموافق 0.0049 والحاصل في الطابق الثالث .



الشكل (9) النموذج M2 المفاصل المتشكلة عند الزمن 2.86sec (عند الانهيار التام)



الشكل (8) النموذج M2 المفاصل المتشكلة عند الزمن 1.22sec (الموافقة لظهور أول مفصل لدن في أعمدة المبنى)

كما يبين الشكل (9) المفاصل المتشكلة عند الزمن 2.86sec ووصول المفصل اللدن في عمود الطابق الخامس للحالة E (الانهيار) .

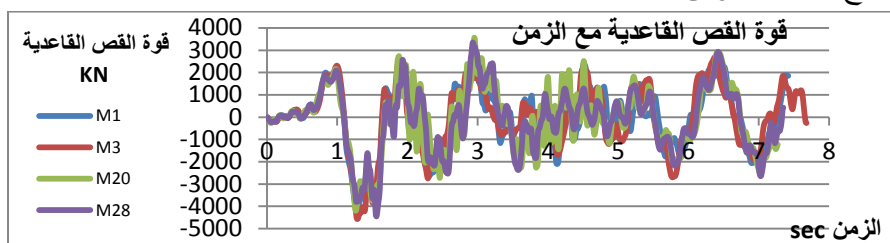
وبنفس الطريقة تم توليد عدم انتظام الصلابة الشاقولي لباقي النماذج حيث بلغ عدد

النماذج المدروسة 134 نموذج .

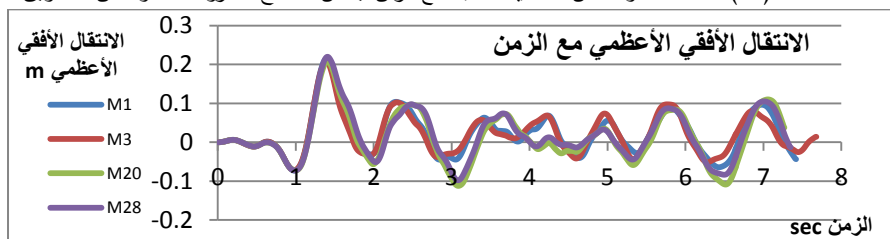
6-8 نتائج الدراسة التحليلية :

تبين المخططات التالية نتائج التحليل الديناميكي اللاخطي، حيث تبين قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن، والانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لأجل بعض النماذج المدروس .

نماذج ذات 6 طوابق

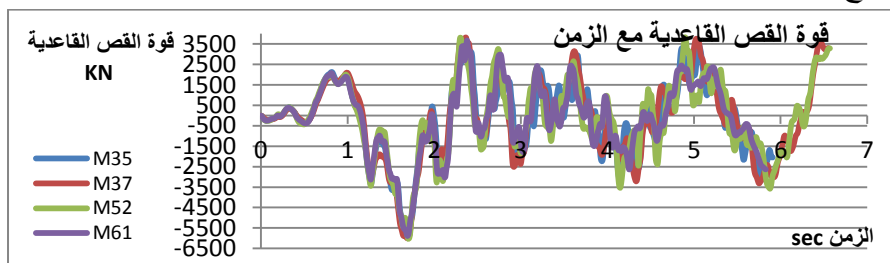


الشكل (10) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق

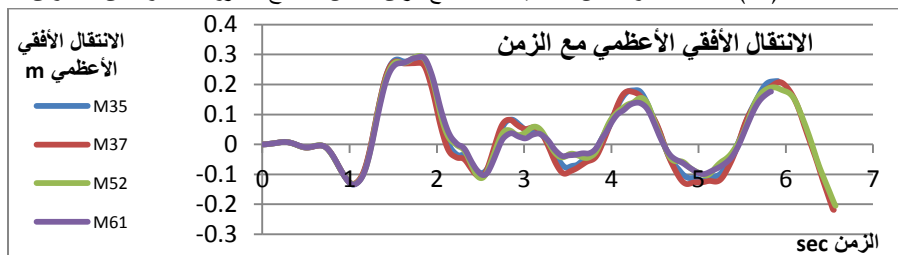


الشكل (11) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق

نماذج ذات 9 طوابق

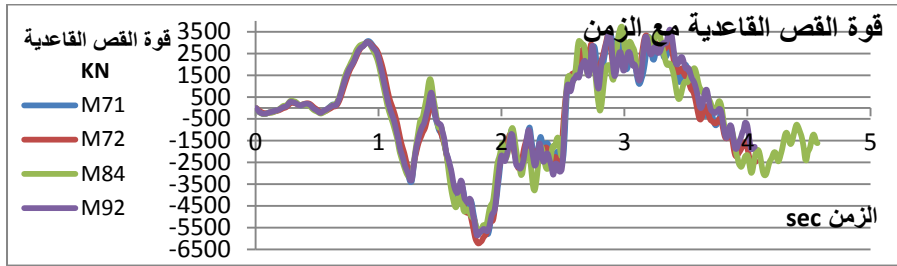


الشكل (12) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 9 طوابق

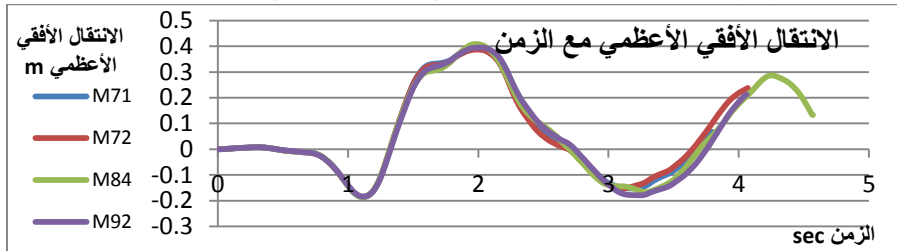


الشكل (13) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 9 طوابق

نماذج ذات 12 طوابق

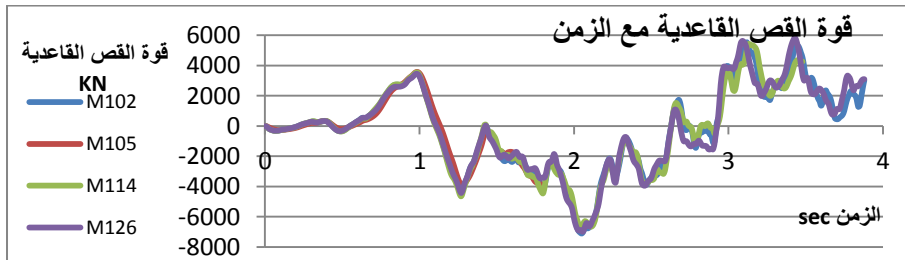


الشكل (14) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 12 طابقاً

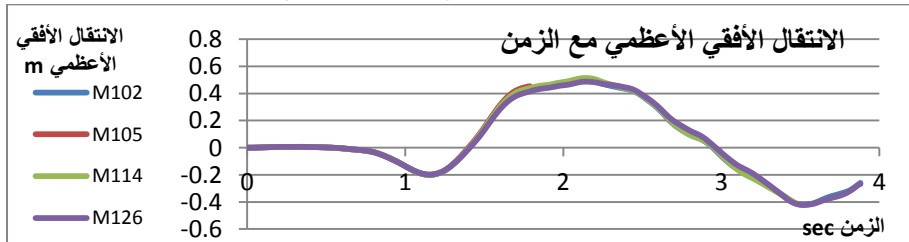


الشكل (15) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 12 طابقاً

نماذج ذات 15 طابق



الشكل (16) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 15 طابقاً



الشكل (17) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 15 طابقاً

يبين الجدول التالي نتائج الدراسة التحليلية للنماذج المدروسة (قيم الدور الأساسي وقيم قوى القص القاعدي والانتقال الأفقي الأعظمي والانحراف الطابقي الأعظمي الموافق لتشكل أول مفصل لن في أي من أعمدة المبنى) ، كما يبين خصائص النماذج المدروسة

(عدد الطوابق، مقدار عدم انتظام الصلابة ، وموقع عدم الانتظام) حيث نسبة مساهمة جدران القص (60 %).

الجدول (1) يبين نتائج الدراسة لتحليلية للنماذج المدروسة

موقع الانحدار القص القاعدية KN	قوة القص القاعدية KN	الانحراف الطائفي الأعظمي النسبي	الانتقال الأعظمي m	دور البناء sec	مقدار عدم الانتظام	النموذج (ارتفاع الطابق × عدد الطوابق)	موقع عدم الانتظام	عدد الطوابق	النموذج
4	3104	0.0046	0.0822	0.861	1	3.5x6	منتظم		M1
3	2807	0.0048	0.0834	0.864	0.99	5.7x1+3.06x5	عدم انتظام سفلي		M2
3	2784	0.00487	0.083	0.867	0.896	6x1+3x5	عدم انتظام سفلي		M3
3	2771	0.0049	0.0832	0.871	0.829	6.25x1+2.95x5	عدم انتظام سفلي		M4
3	2758	0.0049	0.083	0.875	0.77	6.5x1+2.9x5	عدم انتظام سفلي		M5
3	2730	0.0049	0.082	0.885	0.666	7x1+2.8x5	عدم انتظام سفلي		M6
2	2716	0.005	0.0821	0.891	0.62	7.25x1+2.75x5	عدم انتظام سفلي		M7
2	2711	0.005	0.0817	0.897	0.58	7.5x1+2.7x5	عدم انتظام سفلي		M8
2	2577	0.0047	0.075	0.91	0.506	8X1+2.6X5	عدم انتظام سفلي		M9
2	2615	0.0048	0.074	0.925	0.444	8.5X1+2.5X5	عدم انتظام سفلي		M10
3	2870	0.00483	0.0845	0.879	0.938	4.3x2+3.1x4	عدم انتظام سفلي		M11
3	2770	0.00479	0.0831	0.881	0.842	4.5x2+3x4	عدم انتظام سفلي		M12
3	2686	0.0052	0.0895	0.902	0.659	5x2+2.75x4	عدم انتظام سفلي		M13
3	2343	0.0044	0.0719	0.915	0.597	5.2x2+2.65x4	عدم انتظام سفلي		M14
3	2230	0.0043	0.071	0.92	0.569	5.3x2+2.6x4	عدم انتظام سفلي		M15
4	2885	0.0044	0.0781	0.882	0.9	3.3x2+4.5x1+3.3x3	عدم انتظام وسطي		M16
4	2994	0.0046	0.0812	0.893	0.78	3.2x2+5x1+3.2x3	عدم انتظام وسطي		M17
4	3011	0.0045	0.0798	0.9	0.727	3.15x2+5.25x1+3.15x3	عدم انتظام وسطي	6	M18
3	3072	0.00445	0.078	0.906	0.68	3.1x2+5.5x1+3.1x3	عدم انتظام وسطي		M19
3	3346	0.00498	0.086	0.909	0.593	3x2+6x1+3x3	عدم انتظام وسطي		M20
3	3507	0.00529	0.0899	0.917	0.557	2.95x2+6.25x1+2.95x3	عدم انتظام وسطي		M21
3	3713	0.0056	0.0937	0.924	0.524	2.9X2+6.5+2.9X3	عدم انتظام وسطي		M22
4	2738	0.0043	0.0751	0.896	0.897	3.1x2+4.3x2+3.1x2	عدم انتظام وسطي		M23
4	2901	0.00454	0.0783	0.898	0.816	3x2+4.5x2+3x2	عدم انتظام وسطي		M24
4	3225	0.00485	0.084	0.917	0.689	2.8x2+4.9x2+2.8x2	عدم انتظام وسطي		M25
4	3421	0.005	0.0869	0.93	0.633	2.7x2+5.1x2+2.7x2	عدم انتظام وسطي		M26
4	1838	0.004	0.067	0.897	0.978	3.75x5+2.25x1	عدم انتظام علوي		M27
4	1824	0.004	0.066	0.902	0.853	3.8x5+2x1	عدم انتظام علوي		M28
4	1811	0.004	0.065	0.911	0.735	3.85x5+1.75	عدم انتظام علوي		M29
4	1800	0.004	0.063	0.92	0.62	3.9X5+1.5	عدم انتظام علوي		M30
4	2811	0.0046	0.0812	0.888	0.939	3.8x4+2.9x2	عدم انتظام علوي		M31
3	2861	0.0048	0.0839	0.899	0.843	3.9x4+2.7x2	عدم انتظام علوي		M32
3	2824	0.0048	0.082	0.906	0.797	3.95x4+2.6x2	عدم انتظام علوي		M33
3	2942	0.00507	0.0863	0.912	0.753	4x4+2.5x2	عدم انتظام علوي		M34
5	3418	0.00678	0.148	1.381	1	3.5x9	منتظم		M35
4	2999	0.00577	0.132	1.396	0.955	6.14x1+3.17x8	عدم انتظام سفلي		M36
4	2969	0.00577	0.123	1.398	0.915	6.3x1+3.15x8	عدم انتظام سفلي		M37
4	2159	0.00526	0.131	1.404	0.825	6.7x1+3.1x8	عدم انتظام سفلي		M38
4	2140	0.0051	0.128	1.407	0.777	6.94x1+3.07x8	عدم انتظام سفلي		M39
4	2175	0.00502	0.1278	1.411	0.746	7.1x1+3.05x8	عدم انتظام سفلي		M40
4	2187	0.00491	0.125	1.402	0.674	7.5x1+3x8	عدم انتظام سفلي		M41
4	2170	0.0048	0.124	1.405	0.649	7.66x1+2.98x8	عدم انتظام سفلي		M42
4	2194	0.00487	0.1235	1.408	0.626	7.82x1+2.96x8	عدم انتظام سفلي	9	M43
4	2184	0.00475	0.12	1.42	0.561	8.3x1+2.9x8	عدم انتظام سفلي		M44
4	2687	0.00656	0.15	1.431	0.799	4.3x3+3.1x6	عدم انتظام سفلي		M45
4	2506	0.00655	0.153	1.435	0.72	4.5x3+3x6	عدم انتظام سفلي		M46
4	2369	0.00652	0.155	1.453	0.65	4.7x3+2.9x6	عدم انتظام سفلي		M47
4	2235	0.0063	0.15	1.473	0.591	4.9x3+2.8x6	عدم انتظام سفلي		M48
4	2163	0.00637	0.154	1.484	0.563	5x3+2.75x6	عدم انتظام سفلي		M49
5	3447	0.00674	0.146	1.395	0.92	3.42x4+4.14x1+3.42x4	عدم انتظام وسطي		M50

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً باستخدام السجل الزمني المقيس

5	3446	0.0067	0.143	1.406	0.788	$3.35x4+4.7x1+3.35x_4$	عدم انتظام وسطي	M51
5	2052	0.00585	0.133	1.417	0.71	$3.3x4+5.1x1+3.3x4$	عدم انتظام وسطي	M52
5	2080	0.00588	0.133	1.426	0.644	$3.25x4+5.5x1+3.25x_4$	عدم انتظام وسطي	M53
5	2097	0.00585	0.133	1.436	0.587	$3.2x4+5.9x1+3.2x4$	عدم انتظام وسطي	M54
5	2124	0.00582	0.133	1.471	0.419	$3.1x4+6.7x1+3.1x4$	عدم انتظام وسطي	M55
5	3413	0.00668	0.141	1.443	0.781	$3.1x3+4.3x3+3.1x3$	عدم انتظام وسطي	M56
5	3321	0.00667	0.138	1.466	0.647	$2.9x3+4.7x3+2.9x3$	عدم انتظام وسطي	M57
5	3261	0.0065	0.134	1.484	0.592	$2.8x3+4.9x3+2.8x3$	عدم انتظام وسطي	M58
5	3195	0.00654	0.134	1.509	0.54	$2.7x3+5.1x3+2.7x3$	عدم انتظام وسطي	M59
5	3151	0.00642	0.135	1.518	0.517	$2.65x3+5.2x3+2.65x_3$	عدم انتظام وسطي	M60
5	2092	0.00563	0.134	1.436	0.823	$3.68x8+2.06$	عدم انتظام علوي	M61
5	2090	0.0057	0.1344	1.44	0.749	$3.7x8+1.9$	عدم انتظام علوي	M62
5	2089	0.00572	0.135	1.447	0.681	$3.72x8+1.74$	عدم انتظام علوي	M63
6	2089	0.00498	0.135	1.45	0.646	$3.73x8+1.66$	عدم انتظام علوي	M64
5	2089	0.00518	0.13	1.457	0.579	$3.75x8+1.5$	عدم انتظام علوي	M65
5	2971	0.0069	0.149	1.45	0.78	$3.85x6+2.8x3$	عدم انتظام علوي	M66
5	2896	0.00674	0.146	1.462	0.737	$3.9x6+2.7x3$	عدم انتظام علوي	M67
5	2812	0.00687	0.149	1.474	0.695	$3.95x6+2.6x3$	عدم انتظام علوي	M68
5	2627	0.00687	0.149	1.509	0.615	$4.05x6+2.4x3$	عدم انتظام علوي	M69
5	2535	0.00674	0.146	1.522	0.578	$4.1x6+2.3x3$	عدم انتظام علوي	M70
6	3072	0.00506	0.170	1.769	1	$3.5x12$	منتظم	M71
5	2993	0.00493	0.165	1.793	0.958	$6.25x1+3.25x11$	عدم انتظام سفلي	M72
3	2965	0.00477	0.148	1.802	0.838	$6.8x1+3.2x11$	عدم انتظام سفلي	M73
3	2927	0.00482	0.142	1.813	0.738	$7.35+3.15x11$	عدم انتظام سفلي	M74
3	2914	0.00484	0.142	1.817	0.703	$7.57+3.13x11$	عدم انتظام سفلي	M75
3	2894	0.00482	0.135	1.825	0.655	$7.9+3.1x11$	عدم انتظام سفلي	M76
4	2748	0.00513	0.169	1.847	0.781	$4.2x4+3.15x8$	عدم انتظام سفلي	M77
4	2598	0.00533	0.173	1.871	0.666	$4.5x4+3x8$	عدم انتظام سفلي	M78
4	2503	0.0054	0.173	1.903	0.604	$4.7x4+2.9x8$	عدم انتظام سفلي	M79
4	2413	0.00555	0.176	1.938	0.549	$4.9x4+2.8x8$	عدم انتظام سفلي	M80
4	2322	0.0056	0.176	1.984	0.497	$5.1x4+2.7x8$	عدم انتظام سفلي	M81
4	3040	0.00552	0.179	1.787	0.848	$3.43x5+4.27+3.43x6$	عدم انتظام وسطي	M82
7	3027	0.00558	0.179	1.794	0.774	$3.4x5+4.6+3.4x6$	عدم انتظام وسطي	M83
7	3002	0.00547	0.176	1.809	0.671	$3.35x5+5.15+3.35x6$	عدم انتظام وسطي	M84
6	2966	0.00549	0.173	1.841	0.522	$3.25x5+6.25+3.25x6$	عدم انتظام وسطي	M85
6	3017	0.00546	0.169	1.879	0.419	$3.15x5+7.35+3.15x6$	عدم انتظام وسطي	M86
7	3057	0.0059	0.18	1.839	0.802	$3.15x4+4.2x4+3.15x_4$	عدم انتظام وسطي	M87
7	3015	0.00588	0.177	1.856	0.692	$3x4+4.5x4+3x4$	عدم انتظام وسطي	M88
7	2998	0.00597	0.177	1.879	0.631	$2.9x4+4.7x4+2.9x4$	عدم انتظام وسطي	M89
7	3008	0.00614	0.176	1.942	0.525	$2.7x4+5.1x4+2.7x4$	عدم انتظام وسطي	M90
7	3002	0.0062	0.176	1.696	0.479	$2.6x4+5.3x4+2.6x4$	عدم انتظام وسطي	M91
6	3011	0.0052	0.173	1.811	0.958	$3.6x11+2.4$	عدم انتظام علوي	M92
6	2979	0.00523	0.172	1.832	0.719	$3.65x11+1.85$	عدم انتظام علوي	M93
6	2966	0.00522	0.172	1.84	0.627	$3.67x11+1.63$	عدم انتظام علوي	M94
6	2972	0.0052	0.172	1.836	0.672	$3.66x11+1.74$	عدم انتظام علوي	M95
6	2959	0.00522	0.172	1.845	0.581	$3.68x11+1.52$	عدم انتظام علوي	M96
6	2833	0.00552	0.174	1.879	0.743	$3.88x8+2.74x4$	عدم انتظام علوي	M97
6	2799	0.00556	0.174	1.902	0.685	$3.95x8+2.6x4$	عدم انتظام علوي	M98
6	2780	0.00559	0.173	1.92	0.645	$4x8+2.5x4$	عدم انتظام علوي	M99
6	2738	0.0056	0.173	1.975	0.568	$4.1x8+2.3x4$	عدم انتظام علوي	M100
6	2694	0.00585	0.175	2.011	0.499	$4.2x8+2.1x4$	عدم انتظام علوي	M101
6	3502	0.0050	0.178	2.098	1	$3.5x15$	منتظم	M102
4	3420	0.00415	0.11	2.107	0.948	$6.3+3.3x14$	عدم انتظام سفلي	M103
3	3418	0.00416	0.11	2.11	0.885	$6.58+3.28x14$	عدم انتظام سفلي	M104
3	3321	0.0041	0.1	2.114	0.802	$7+3.25x14$	عدم انتظام سفلي	M105
3	3318	0.00412	0.104	2.12	0.729	$7.42+3.22x14$	عدم انتظام سفلي	M106
2	3223	0.0041	0.099	2.138	0.594	$8.4+3.15x14$	عدم انتظام سفلي	M107
2	3220	0.0041	0.099	2.141	0.578	$8.54+3.14x14$	عدم انتظام سفلي	M108
5	3244	0.0052	0.176	2.193	0.761	$4.2x5+3.15x10$	عدم انتظام سفلي	M109
5	3076	0.0052	0.176	2.219	0.65	$4.5x5+3x10$	عدم انتظام سفلي	M110
4	2864	0.0054	0.18	2.3	0.536	$4.9x5+2.8x10$	عدم انتظام سفلي	M111

4	2821	0.0054	0.18	2.322	0.511	5x5+2.75x10	عدم انتظام سفلي	M112
4	2739	0.0055	0.184	2.383	0.463	5.2X5+2.65X10	عدم انتظام سفلي	M113
7	3545	0.005	0.183	2.112	0.857	3.45x7+4.2+3.45x7	عدم انتظام وسطي	M114
7	3560	0.00504	0.183	2.117	0.793	3.43x7+4.48+3.43x7	عدم انتظام وسطي	M115
7	3589	0.00507	0.184	2.134	0.662	3.38x7+5.18+3.38x7	عدم انتظام وسطي	M116
8	3599	0.00545	0.192	2.143	0.6	3.35x7+5.6+3.35x7	عدم انتظام وسطي	M117
8	3603	0.00532	0.189	2.164	0.515	3.3x7+6.3+3.3x7	عدم انتظام وسطي	M118
8	3596	0.00542	0.19	2.184	0.448	3.25x7+7+3.25x7	عدم انتظام وسطي	M119
8	3469	0.0055	0.192	2.179	0.805	3.2X5+4.1X5+3.2X5	عدم انتظام وسطي	M120
8	3440	0.0056	0.192	2.204	0.733	3.1X5+4.3X5+3.1X5	عدم انتظام وسطي	M121
8	3401	0.00551	0.188	2.212	0.66	3X5+4.5X5+3X5	عدم انتظام وسطي	M122
8	3309	0.0057	0.188	2.274	0.549	2.8X5+4.9X5+2.8X5	عدم انتظام وسطي	M123
8	3273	0.00558	0.183	2.347	0.477	2.65X5+5.2X5+2.65X5	عدم انتظام وسطي	M124
6	3470	0.00503	0.181	2.139	0.897	3.58x14+2.38	عدم انتظام علوي	M125
6	3456	0.00504	0.181	2.15	0.783	3.6x14+2.1	عدم انتظام علوي	M126
6	3440	0.00504	0.18	2.16	0.666	3.62x14+1.82	عدم انتظام علوي	M127
7	3430	0.00507	0.184	2.165	0.611	3.63x14+1.68	عدم انتظام علوي	M128
6	3422	0.0051	0.184	2.171	0.556	3.64x14+1.54	عدم انتظام علوي	M129
6	3329	0.0052	0.185	2.219	0.74	3.85X10+2.8X5	عدم انتظام علوي	M130
6	3304	0.0052	0.185	2.239	0.699	3.9X10+2.7X5	عدم انتظام علوي	M131
6	3279	0.00524	0.185	2.26	0.659	3.95X10+2.6X5	عدم انتظام علوي	M132
7	3253	0.00534	0.188	2.28	0.620	4X10+2.5X5	عدم انتظام علوي	M133
8	3159	0.00574	0.194	2.397	0.479	4.2X10+2.1X5	عدم انتظام علوي	M134

حيث تم التعبير عن النماذج كما يلي :

$6x1+3x5$ تعني مبنى ذو 6 طوابق، الطابق الأول 6m والطوابق الخمسة 3m

$3x2+6x1+3x3$ تعني الطابقين الأول والثاني 3m والطابق الثالث 6m والطابق الرابع والخامس

والسادس 3m .

كما تم إيجاد نسب زيادة أو نقصان معايير الاستجابة الزلزالية (قيم الدور الأساسي _ قيم

قوى القص القاعدي _ الانتقال الأفقي الأعظمي _ الانحراف الطابقي الأعظمي) بين

الطابق المنتظم (R) و غير المنتظم (IR)

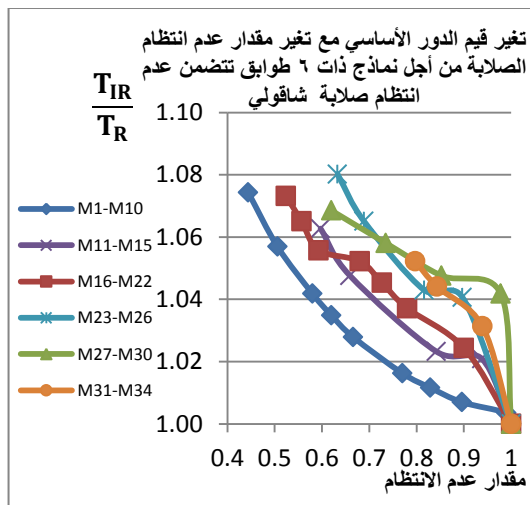
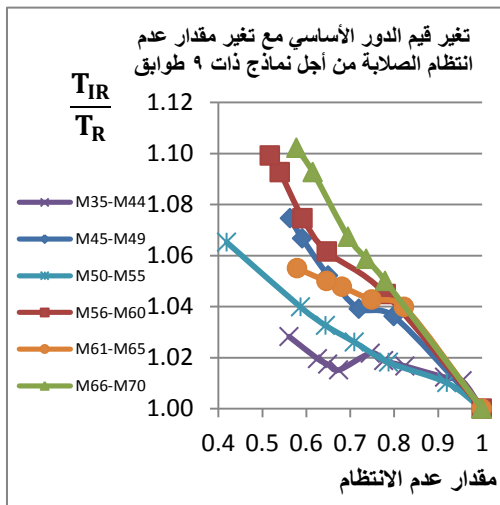
8-7 مقارنة نتائج الدراسة التحليلية:

تبين المخططات التالية نتائج تغيير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على معايير

الاستجابة الزلزالية (الدور الأساسي للمبنى _ قوة القص القاعدي _ الانتقال الأفقي

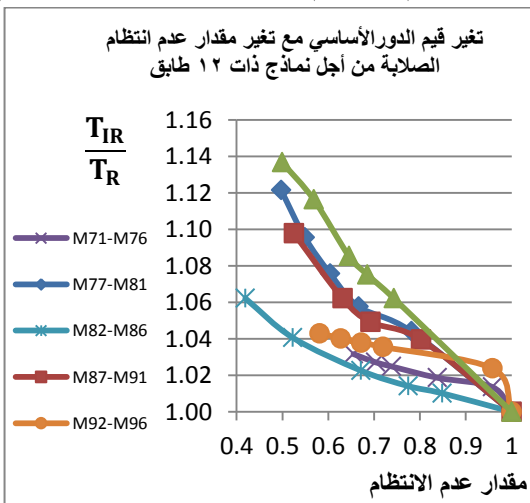
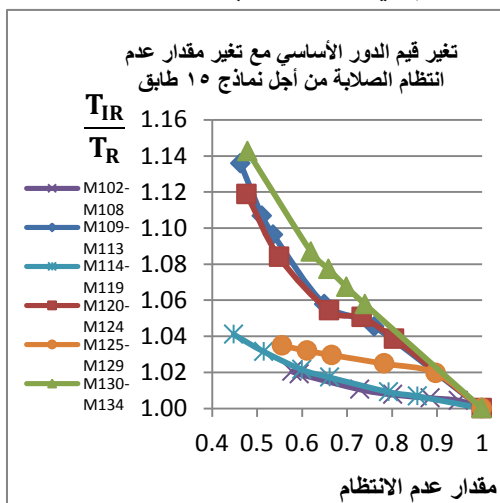
الأعظمي _ الانحراف الطابقي الأعظمي) :

1- الدور الأساسي للمبنى :



الشكل (19) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق) وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحنى M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

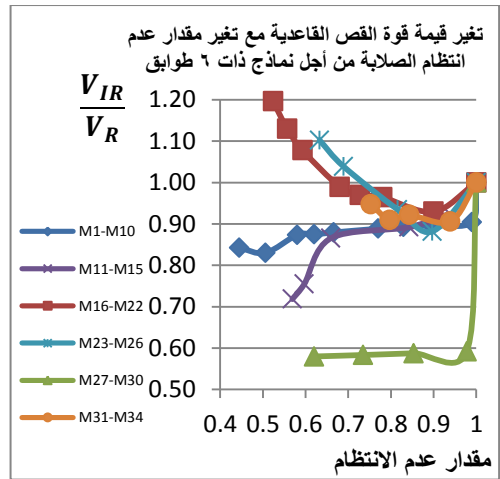
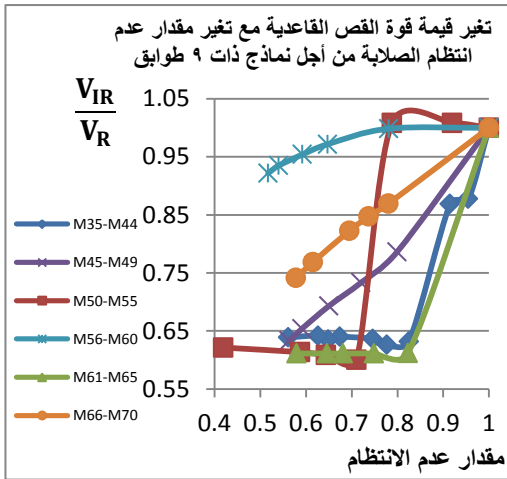
الشكل (18) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق) ويبين الشكل (18) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق) يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 7% ، ويزداد تأثير عدم الانتظام بشكل أكبر عندما يكون عدم الانتظام في الجزء الوسطي. ويبين الشكل (19) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 10% ، ويزداد تأثير عدم الانتظام بشكل أكبر عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي .



الشكل (20) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طاباً) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M71-M76 يمثل النماذج من M71 إلى M76 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

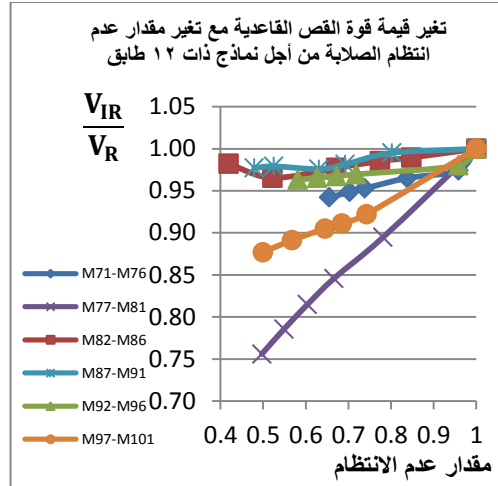
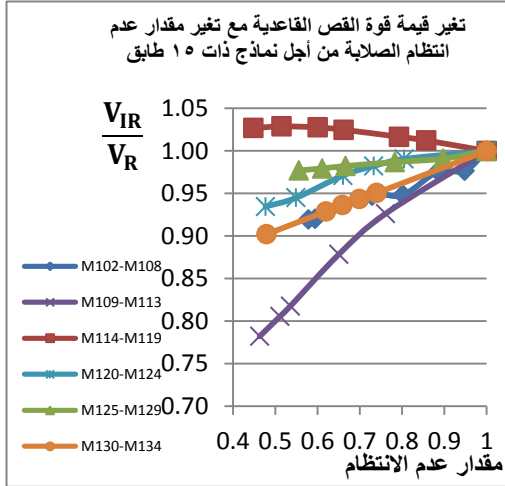
وبين الشكلين (20) و (21) أنه في النماذج المؤلفة من (12-15) طاباً يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 14% ويكون تأثيره أكبر عند وجود عدم الانتظام في الجزء العلوي .

2- قوة القص القاعدية :



الشكل (22) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

يبين الشكل (22) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق) تنخفض قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 42%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي. ويبين الشكل (23) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) تنخفض قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 40%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي والوسطي .

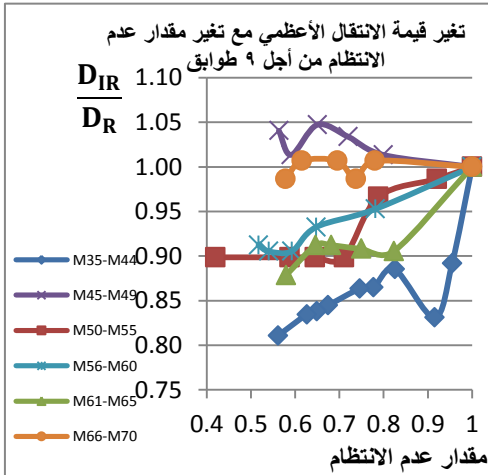


الشكل (25) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً)

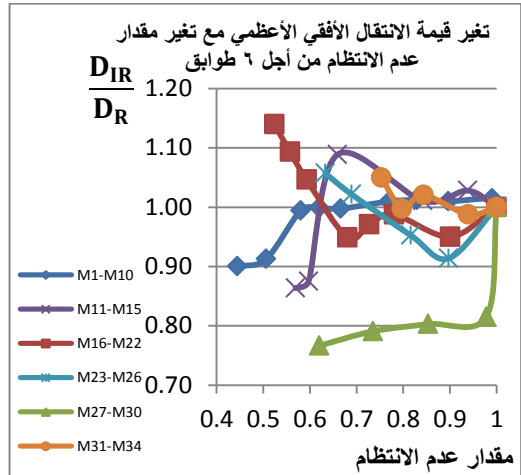
الشكل (24) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً)

ويبين الشكلين (24) و (25) أنه في النماذج المؤلفة من (12 - 15 طابق) : تتخضع قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 24%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر في الجزء السفلي .

1- الانتقال الأفقي الأعظمي :



الشكل (27) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)

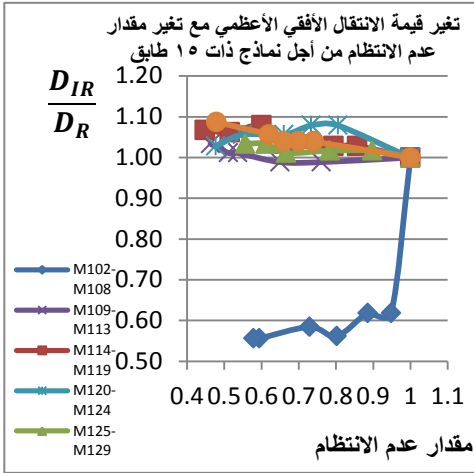


الشكل (26) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

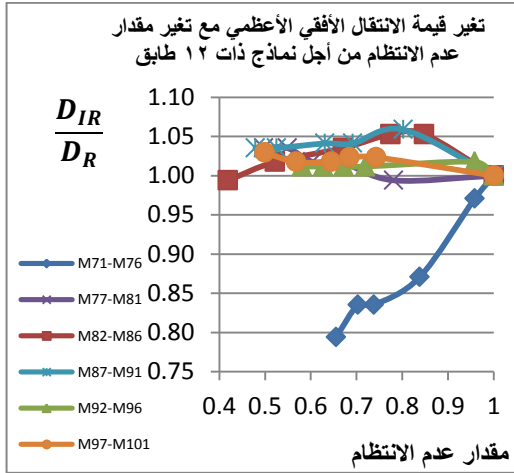
وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

يبين الشكل (26) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق): تتخض قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 23%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي .

وبين الشكل (27) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 20%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي



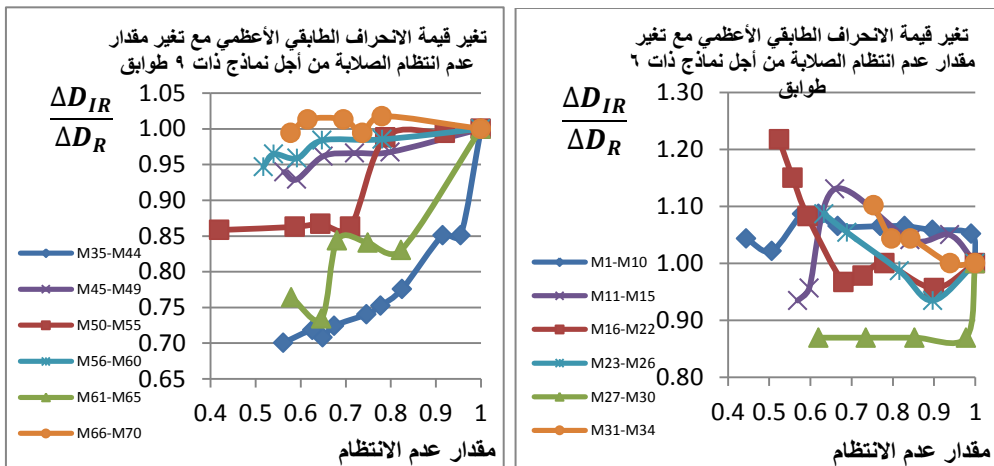
الشكل (29) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً)



الشكل (28) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً)

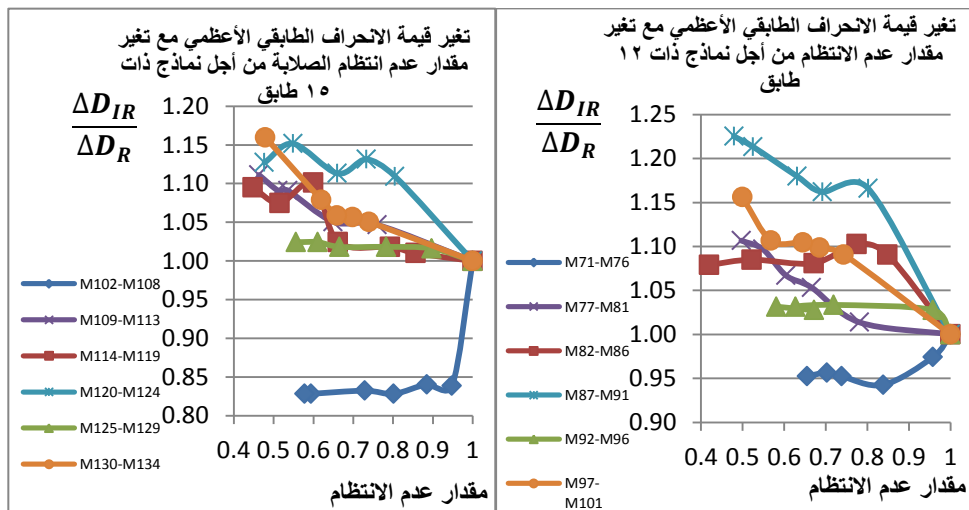
يبين الشكل (28) أنه في النماذج المؤلفة من (12 طابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 21%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي. ويبين الشكل (29) أنه في النماذج المؤلفة من (15 طابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 44%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي.

2- الانحراف الطابقي الأعظمي :



الشكل (30) تغيير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

يبين الشكل (31) أنه في النماذج المؤلفة من 6 طوابق ينخفض الانحراف الطابقي بنسب تصل إلى 13% ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عند وجود عدم الانتظام في الجزء العلوي



الشكل (32) تغيير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام

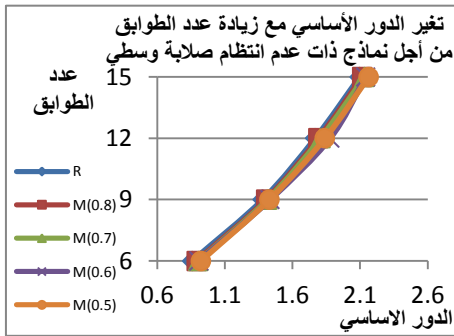
الشكل (33) تغيير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً)

تبين الأشكال (31) و(32) و(33) أنه في النماذج المؤلفة من (9-12-15 طابق) ينخفض الانحراف الطائفي بنسب تصل إلى 30% ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي .

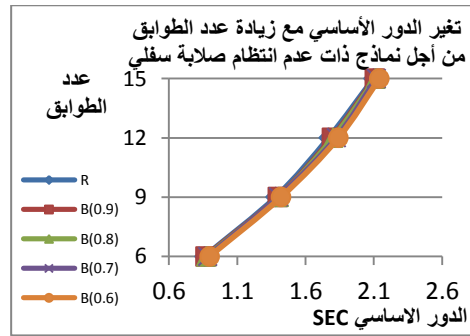
8-8 مقارنة نتائج حالات عدم انتظام الصلابة الشاقولي مع حالة المبنى المنتظم من أجل نماذج أبنية ذات ارتفاعات مختلفة (أعداد طوابق مختلفة) :

تبين المخططات التالية تأثير تغير ارتفاع المبنى مع تغير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على معايير الاستجابة الزلزالية:

1- الدور الأساسي للمبنى :



الشكل (35) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)



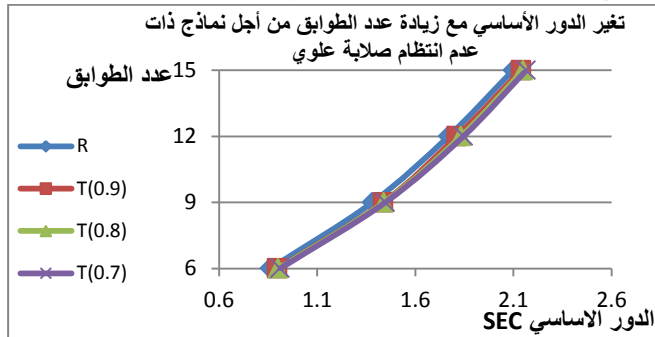
الشكل (34) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي حيث :
 المنحنى R يمثل نماذج الأبنية المنتظمة

المنحنى B(0.9) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة السفلي ومقدار عدم الانتظام 90%

المنحنى B(0.7) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة السفلي ومقدار عدم الانتظام 70%

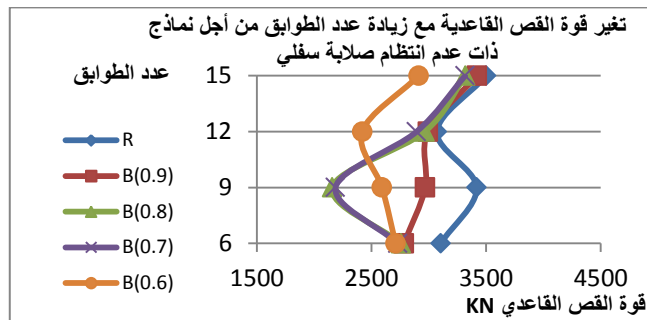
المنحنى M(0.7) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الوسطي ومقدار عدم الانتظام 70%



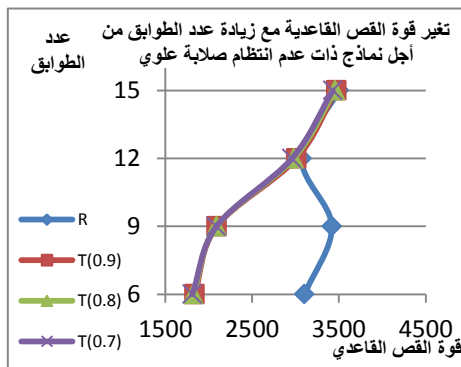
الشكل (36) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الشاقولي، حيث المنحنى $T(0.7)$ يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام صلابة علوي ومقدار عدم الانتظام 70%

تبين الأشكال (34) (35) (36) أنه تزداد قيمة الدور الأساسي في حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي عن حالة المبنى المنتظم بنسبة (7%) من أجل عدد الطوابق (6 طوابق و 9 طوابق) ، و 8% من أجل (12 طابق) ، و 14 % من أجل (15 طابق).

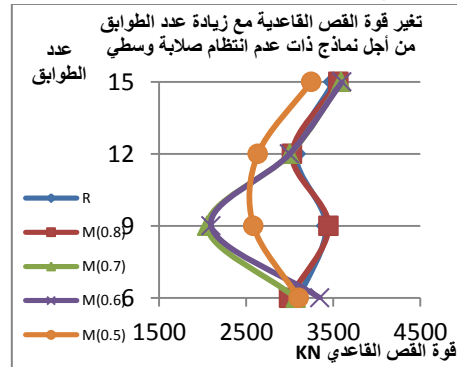
2- قوة القص القاعدية :



الشكل (37) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي



الشكل (39) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي)



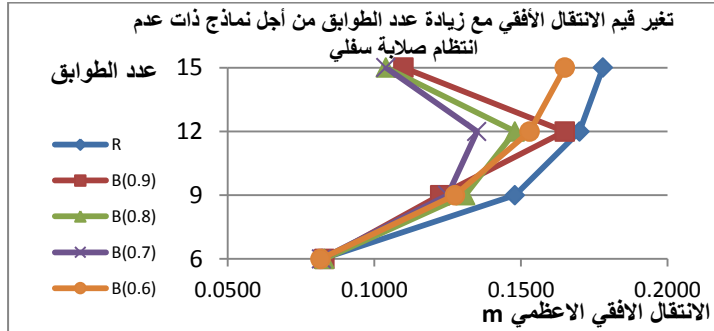
الشكل (38) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي

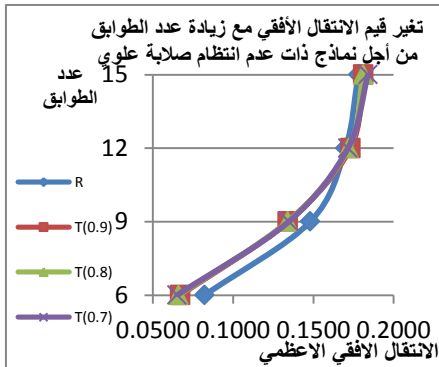
تبين الأشكال (37) (38) (39) أنه تنخفض قيمة قوة القص القاعدية في الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي عن حالة المبنى المنتظم ، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي من أجل (6 طوابق) حيث تنخفض

بنسبة 42% . أما من أجل (12 طابق و 15 طابق) يكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء السفلي ، حيث تنخفض بنسبة 24% .

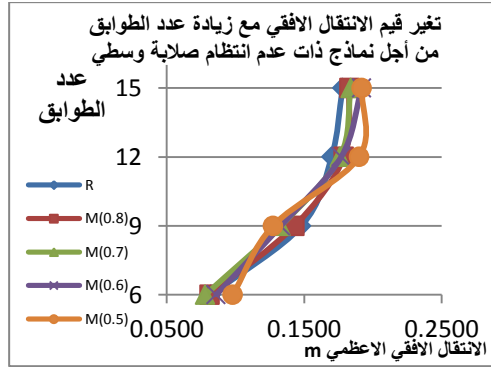
3- الانتقال الأفقي الأعظمي :



الشكل (40) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي



الشكل (42) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي)



الشكل (41) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي

تبين الأشكال (40) (41) (42) أن قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي تنخفض في الأبنية غير منتظمة الصلابة شاقولياً عن حالة المبنى المنتظم ، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي من أجل (6 طوابق) حيث ينخفض بنسبة 23% ، أما من أجل (9-12-15 طابق) يكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون في الجزء السفلي حيث ينخفض بنسب تصل إلى 44%

8-9 العوامل المؤثرة في تغير قيم الاستجابة الزلزالية:

تم اعتماد المتغيرات التالية لإيجاد علاقات مبسطة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية:

1. n : عدد الطوابق
2. النسبة (H/L) : حيث (H) ارتفاع البناء ، (L) بعد البناء بالاتجاه المدروس .
3. النسبة (hir/hr) : حيث (hir) الارتفاع الطابق للطابق المتضمن عدم انتظام ، (hr) الارتفاع الطابق للطابق المنتظمة .
4. النسبة (Zir/H) : حيث (Zir) ارتفاع الطابق المتضمن عدم انتظام عن القاعدة، (H) ارتفاع المبنى
5. النسبة (IC/IW) : حيث (IC) مجموع عطالات الأعمدة ، (IW) مجموع عطالات جدران القص بالاتجاه المدروس .

6. النسبة (nir/n) : حيث (nir) عدد الطوابق المتضمنة عدم انتظام، (n) عدد الطوابق

10-8 العلاقات المقترحة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية:

بالاعتماد على برنامج الاكسل تم ايجاد مجموعة علاقات مبسطة تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة منسوبة لحالة الأبنية المنتظمة ، ونورد فيما يلي هذه العلاقات :

1- تم ايجاد علاقة مبسطة لحساب النسبة بين الدور الاساسي للأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي (Tir) إلى الدور الأساسي للأبنية المنتظمة (Tr)، ورمزنا لها بالرمز (α_T) :

$$\alpha_T = \frac{T_{ir}}{T_r} = 0.0365 \cdot X_1 + 0.0665 \cdot X_2 - 1.12 \cdot X_3 - 5.113 \cdot 10^{-5} \cdot X_4 + 0.00135 \cdot X_5 - 0.0121 \cdot X_6 + 0.0781 \cdot X_7 + 0.957 \quad (1-10)$$

حيث متغيرات العلاقة (X1- X7) تحسب بالعلاقات التالية بدلالة العوامل المعروفة في الفقرة (9-8):

$$X_1 = \frac{\sqrt{n_{ir}}}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)} \quad (1-11) \quad X_2 = \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-12)$$

$$X_3 = \frac{n^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^9 * \left(\frac{I_C}{I_w}\right)^4}{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^4} \quad (1-13) \quad X_4 = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}} \quad (1-14)$$

$$X_5 = \frac{n^2 * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \sqrt{\left(\frac{I_C}{I_w}\right)}}{\left(\frac{H}{L}\right)} \quad (1-15) \quad X_6 = \frac{\sqrt{n} * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{I_C}{I_w}\right)}} \quad (1-16)$$

$$X_7 = \frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{n * n_{ir}} \quad (1-17)$$

أي أنه عند تصميم الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي بالطريقة الستاتيكية المكافئة نوصي بإضافة المعامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للحصول على قيمة أكثر دقة وأقرب للدور الديناميكي الفعلي للمبنى : $T = \alpha_T \cdot 0.0488 \cdot H^{0.75}$

2- علاقة حساب نسبة قوة القص القاعدية للمبنى ذو عدم انتظام الصلابة (Vir) إلى قوة القص القاعدية للمبنى المنتظم (Vr) ، ورمزنا لها بالرمز (α_V) :

$$\alpha_V = \frac{V_{ir}}{V_r} = -0.0025 \cdot X_8 - 0.248 \cdot X_9 - 0.0008 \cdot X_{10} + 0.081 \cdot X_{11} - 15.25 \cdot X_{12} + 0.025 \cdot X_{13} - 5.8 \cdot 10^{-16} \cdot X_{14} + 1.03 \quad (1-18)$$

حيث متغيرات العلاقة (X8- X14) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_8 = \frac{n^2 * \sqrt{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)}}{\frac{Z_{ir}}{H} * \sqrt{\frac{h_{ir}}{h_r}}} \quad (1-19)$$

$$X_9 = \frac{1}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \sqrt{n * \frac{Z_{ir}}{H}}} \quad (1-20)$$

$$X_{10} = \frac{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{H}{L}\right)}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-21)$$

$$X_{11} = \frac{\sqrt{n}}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-22)$$

$$X_{12} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^3 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^3 * \left(\sqrt{\frac{n_{ir}}{n}}\right)}{n^3} \quad (1-23)$$

$$X_{13} = \frac{\sqrt{n} * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^3}{\frac{I_C}{I_W}} \quad (1-24)$$

$$X_{14} = \frac{1}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^9 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^4 * \sqrt{\left(\frac{H}{L}\right)}} \quad (1-25)$$

أي أنه عند تصميم الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي بالطريقة الاستاتيكية المكافئة نوصي بزيادة قوة القص القاعدية المحسوبة حسب علاقة الكود السوري بضررها بالمعامل $(1/(\alpha_V))$ للحصول على تصميم آمن يراعي وجود حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام .

3- علاقة حساب نسبة الانتقال الأفقي للمبنى ذو عدم انتظام الصلابة (Dir) إلى قوة القص القاعدية للمبنى المنتظم (Dr) :

$$\alpha_D = \frac{D_{ir}}{D_r} = 0.552 \cdot X_{15} - 0.0138 \cdot X_{16} - 0.00058 \cdot X_{17} + 5.24 \cdot 10^{-5} \cdot X_{18} - 0.04 \cdot X_{19} - 4.94 \cdot 10^{-5} \cdot X_{20} + 0.0148 \cdot X_{21} + 1.00 \quad (1-26)$$

حيث متغيرات العلاقة (X15- X21) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_{15} = \sqrt{\frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}{n}} \quad (1-27)$$

$$X_{16} = \frac{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^2 * \left(\frac{H}{L}\right)^3} \quad (1-28)$$

$$X_{17} = \frac{n^3 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2} \quad (1-29)$$

$$X_{18} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^9 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^5} \quad (1-30)$$

$$X_{19} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-31)$$

$$X_{20} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2} \quad (1-32)$$

$$X_{21} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-33)$$

4- علاقة حساب نسبة الانحراف الأفقي لحالة المبنى ذو عدم انتظام الصلابة (ΔDir)

إلى الانحراف الأفقي للمبنى المنتظم (ΔDr) :

$$\alpha_{\Delta D} = \frac{\Delta D_{ir}}{\Delta D_r} = 0.101 \cdot X_{22} - 0.04 \cdot X_{23} + 5.93 \cdot 10^{-7} \cdot X_{24} - 92.592 \cdot 10^3 \cdot X_{25} + 2.45 \cdot X_{26} - 2.913 \cdot 10^{-9} \cdot X_{27} - 0.036 \cdot X_{28} + 1.315 \quad (1-34)$$

حيث متغيرات العلاقة (X22- X28) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_{22} = \sqrt{\frac{n * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)}} \quad (1-35)$$

$$X_{23} = \sqrt{n} * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^6 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^8 \quad (1-36)$$

$$X_{24} = \frac{n^4 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^3}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2 * \left(\frac{H}{L}\right)^3} \quad (1-37)$$

$$X_{25} = \frac{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^6 * \sqrt{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}}{\sqrt{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}} \quad (1-38)$$

$$X_{26} = \frac{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-39)$$

$$X_{27} = \frac{\sqrt{n * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^6} \quad (1-40)$$

$$X_{28} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}} \quad (1-41)$$

5- علاقة حساب الانتقال الأفقي لحالة المبنى المتضمن عدم انتظام صلابة (Dir) :

حيث يمكن تقدير قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي للمبنى المتضمن عدم انتظام صلابة

شاقولي من خلال العلاقة :

$$D_{ir} = 0.00725 \cdot X_{29} - 0.659 \cdot X_{30} - 0.00127 \cdot X_{31} - 0.0217 \cdot X_{32} - 0.141 \cdot X_{33} - 0.00433 \cdot X_{34} + 0.0031 \cdot X_{35} + 0.155 \quad (1-42)$$

$$X_{29} = \left(\frac{H}{L}\right)^2 * \sqrt{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-43)$$

$$X_{30} = \frac{\sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{\sqrt{\frac{h_{ir}}{h_r} * \left(\frac{H}{L}\right)^3}} \quad (1-44)$$

$$X_{31} = \frac{n^3 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^3 * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\frac{Z_{ir}}{H}} \quad (1-45)$$

$$X_{32} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^2 * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-46)$$

$$X_{33} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right)} \quad (1-47)$$

$$X_{34} = n * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) \quad (1-48)$$

$$X_{35} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-49)$$

8- نتائج البحث :

1- يزداد الدور الأساسي للأبنية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً عن قيمته في الأبنية المنتظمة بنسب تصل لـ 14% ، وتنخفض قوة القص القاعدية (التي يتحملها المنشأ والموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أي من أعمدة المبنى) بنسب تصل لـ 42% ، وينخفض الانتقال الأفقي الأعظمي بنسب تصل لـ 44% ، كما يختلف الانحراف الطابقي بنسب تصل لـ 30% .

2- نلاحظ أن النماذج الحاوية على طابق لين تشكل فيها أول مفصل لدن في الأعمدة عند قيم لقوى القص أقل من النماذج المنتظمة ، أي وجود طابق لين حدّ من قدرة تحمل المنشأ لمقاومة القوة الجانبية، كما أن زيادة عدد الطوابق يزيد من تأثير الطابق اللين.

3- تم اقتراح مجموعة علاقات مبسطة تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة منسوبة لحالة الأبنية المنتظمة .

4- في الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي نوصي بإضافة المعامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للحصول على قيمة أكثر دقة وأقرب للدور الديناميكي الحقيقي للمنشأ : $T = \alpha_T \cdot 0.0488 \cdot H^{0.75}$ ، كما نوصي بزيادة قوة القص القاعدية المحسوبة حسب علاقة الكود السوري بضرئها بالمعامل $(1/(\alpha_v))$ للحصول على تصميم آمن يراعي وجود حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة الشاقولي.

المراجع المستخدمة :

المراجع العربية :

1. الكود العربي السوري

2. الملحق رقم (2) للكود العربي السوري – تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل

المراجع الأجنبية :

3. FEMA- 273 , (1997) , NEHRP Guidelines For the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency management Agency , Washington , D.C.

4. VARADHARAJAN, S. 2014- Study of Irregular RC Buildings under Seismic effect. Institute of technology Kurukshetra-136119, INDIA

5. Chopra, A.K.1995, Dynamics of structures- Theory and Applications to Earthquake. University of California at Berkeley.794

6. WILSON,E.L. 2002. Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures . University Avenue Berkeley, California.423

7. CSI Analysis Reference Manual For ETABS2016, Computers and Structures, Inc. University Avenue, Berkeley, California.556

8. Chopra, A.K. and Goel, R.K. 2000 — Building period formulas for estimating seismic displacements||, Technical Note, Earthquake spectra , 16 (2), 533-536

9. Lee L, Chang K, Chun Y. (2000). Experimental formula for the fundamental period of RC buildings with shear wall dominated systems. Structural Design of Tall and special Buildings, Vol.9, No.4, pp. 295-307.

10. Wallace, J.W., and Moehle, J. P. (1992), - Ductility and detailing requirements of bearing wall buildings, Journal of Structural engineering, ASCE, Vol. 118, No.6, pp.1625–1644.

11. ACI (2002), —Building code requirements for structural concrete||, ACI 318, American concrete institute, U.S.A.

12. ASCE (2005), —Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI 7- 05)||, American Society of Civil Engineers, New York, U.S.A.

13. ATC- 40 (1996), Seismic evaluation and Retrofit of Concrete Building, Applied technology council, redwood city, California ,USA .