

# تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس

طالبة الدكتوراه: المهندسة براءه ابراهيم فرج - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث  
إشراف: 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 الفتل في المسقط الأفقي، حيث تم دراسة سلوك الجمل بالتحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس، بطريقة التكامل اللاخطي المباشر، باستخدام برنامج الـ ETABS، وتم اجراء مقارنة بين معايير الاستجابة الزلزالية للجمل غير المنتظمة والجمل المنتظمة . وبينت النتائج الأثر الكبير لوجود حالات عدم انتظام الفتل في المنشآت على معايير الاستجابة الزلزالية، وتأثير مقدار وموقع عدم انتظام الفتل والسبب الذي أدى إلى حدوث الفتل، وأهمية العمل على ايجاد علاقات أكثر دقة من العلاقات التي يعطيها الكود لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير منتظمة الفتل. كما بينت النتائج أن قيم الدور الأساسي للأبنية تزداد في حالة عدم الانتظام بنسب تصل لـ 5% عن حالة المبنى المنتظم، وأن قوة القص القاعدية التي يتحملها المبنى تنخفض بنسب تصل لـ 40%، و الانتقال الأفقي ينخفض بنسب تصل لـ 40%. واعتماداً على نتائج الدراسة التحليلية تم اقتراح دليل لتحديد عدم انتظام الفتل، كما تم اقتراح مجموعة من العلاقات تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية، حيث تم اقتراح إضافة معامل  $(\alpha_T)$  لعلاقة الدور الأساسي للمنشأ، ولعلاقة قوة القص القاعدية التصميمية معامل  $(\alpha_V)$ ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثير مقدار وموقع ونوع عدم انتظام الفتل 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 الفتل - الجمل الإنشائية المختلطة - التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمن المقيس - معايير الاستجابة الزلزالية.

## Evaluating of seismic response for dual structural systems including torsional irregularity by using scaled time history

### ABSTRACT:

This research presents an evaluation of the dual structural systems including torsional 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 torsional irregularities in buildings on seismic response parameters, and effect amount and location of irregular and the reason that led to torsion, 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 5%, The base shear force decreases by rates of up to 40%, and The maximum displacement reduces by rates of up to 40%. Based on the results of analytical study ,an irregularity index was proposed, and a set of relationships was proposed that relate properties of the structure to seismic response parameters, proposed adding coefficient ( $\alpha_T$ ) for the fundamental period relationship, and coefficient ( $\alpha_v$ ) for design base shear force relationship, which it considers the effect of type, location and magnitude of torsion 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 :

تصنف المنشآت بشكل عام أنها تحتوي عدم انتظام فتل في المسقط الأفقي عندما لا ينطبق مركز الكتلة مع مركز صلابة الجملة المقاومة للقوى الزلزالية. ومعظم الأبنية الحالية يمكن أن تتضمن عدم انتظام فتل نتيجة أسباب عديدة منها: وجود التوزيع غير المتناظر للكتلة في المسقط الأفقي، أو عدم تناظر الجملة المقاومة للزلازل. حيث أنه لأسباب وظيفية يمكن أن يتم اكساء الواجهات الخارجية للأبنية بشكل غير متناظر، أو توزيع غير متناظر للقواطع الداخلية، أو لجران القص أو للاطارات المقاومة. فهذه الأسباب تؤدي إلى حدوث لامركزية بين مركز الكتلة ومركز الصلابة للمنشأ مما يؤدي إلى زيادة تأثير القوة الزلزالية على المبنى، وبالتالي زيادة الضرر الانشائي الحاصل.

حسب الكود السوري [2] يعتبر عدم انتظام الفتل (اللي) موجوداً عندما تكون الازاحة العظمى للطابق، عند نهاية واحدة للمنشأ، تزيد عن 1,2 مرة من متوسط ازاحة نهايتي الطابق في المنشأ. كما يوصي الكود بالأخذ بالحسبان الزيادة في قوة القص الناتجة عن الفتل (اللي) الأفقي عندما تكون الدياتفرامات غير لينة، وذلك بإضافة قيمة تمثل الفتل الطارئ، ويتم تحديد عزم الفتل الطارئ بافتراض أن الكتلة انتقلت لمسافة تساوي 5% من بعد المبنى بالاتجاه المتعامد مع القوة المدروسة. وفي حال كان عدم انتظام الفتل موجوداً أوصى الكود بزيادة اللامركزية الطارئة بضررها بمعامل تكبير AS المعطى بالعلاقة :

$$A_S = \left[ \frac{\delta_{max}}{1.2 \cdot \delta_{avg}} \right]^2 \quad (1-1)$$

حيث:  $\delta_{max}$  الازاحة العظمى للطابق (عند نهاية واحدة للمنشأ)  
 $\delta_{avg}$  متوسط ازاحة نهايتي الطابق في المنشأ

## 2- أهمية البحث :

1- وضعت كودات التصميم الزلزالي [13],[12],[3],[2] حدوداً لعدم انتظام الفتل في المسقط الأفقي، من ناحية المقدار فقط، مهمة 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 مهمة 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 الطائفي 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 لتصميم المنشآت غير المنتظمة .  
لذا فإنه من الضروري دراسة تأثير حالات عدم انتظام الفتل من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام على معايير الاستجابة الزلزالية: (الدور الأساسي - قوة القص القاعدية - الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطائفي الأعظمي)، والعمل على اقتراح علاقات مبسطة لتقدير قيمة هذه المعايير للمنشآت المختلطة ذات عدم انتظام الفتل .

### 3- الدراسة المرجعية :

#### 1-3 حدود عدم انتظام الفتل:

تم تعريف عدم انتظام الفتل للأبنية في معظم الكودات [13],[12],[2] من خلال نسبة الانحراف الأعظمي للطابق في نهاية واحدة للمنشأ إلى الانحراف الوسطي للطابق ، وهذه النسبة محسوبة تحت تأثير الحمولات الستاتيكية ، فهي لا تأخذ بعين الاعتبار تأثير اللامركزية بالاتجاه الموازي للقوة الزلزالية ، والخصائص الديناميكية للبناء [5] . كما أنها حددت عدم انتظام الفتل من ناحية المقدار فقط بإهمال تأثير موقع عدم الانتظام. وبإهمال السبب الذي أدى إلى حدوث عدم الانتظام . وقد أكد العديد من الباحثين على عدم كفاية هذا الدليل لتحديد عدم انتظام الفتل للأبنية ، وعملوا على اقتراح دليل جديد لتحديد عدم انتظام الفتل للأبنية.

اقترح عدة باحثين [6] دليل لتحديد عدم انتظام الفتل بالاعتماد على الخصائص الديناميكية للبناء، وبحيث يأخذ بعين الاعتبار تأثير اللامركزية بالاتجاه الموازي للقوة

$$Q = \frac{M_x^x}{M_{(\theta)}^x} \quad (1-2) \quad \text{الزلزالية، وتم تعريفه بالعلاقة التالية :}$$

حيث  $M_x^x$  الكتلة المساهمة النمطية العظمى بالاتجاه ،  $XM_{(\theta)}^x$  الكتلة المساهمة النمطية العظمى بالدوران حول المحور Z

$$Q_R = \frac{Q}{\Omega^4} \quad (1-3) \quad \text{كما تم تطويره من قبل باحثين [7] ليصبح بالشكل :}$$

حيث  $\Omega$  : نسبة التردد الطبيعي الفتلي إلى نسبة التردد الطبيعي بالاتجاه X  
كما أكد العديد من الباحثين [8] من خلال دراسات تحليلية لأبنية ذات جمل اطارية مقاومة، أن اللامركزية الطارئة المحددة في الكود ( 5% من بعد البناء بالاتجاه المدروس) تؤدي إلى نسبة انحراف طابقي أعظمي إلى وسطي  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  أكبر من 1.2 ، مما يؤدي إلى تصنيف البناء كبناء غير منتظم فتلياً .

اعتمدت الأبحاث السابقة [6],[7],[8] لعدم انتظام الفتل في المسقط على تغيير مواقع مركز الكتلة CM ومركز الصلابة CR لتوليد اللامركزية ، وبعض الباحثين اعتمدوا على تغيير مقاومات العناصر المقاومة للزلازل لتغيير موقع مركز المقاومة ، وجميع هذه الأبحاث كانت محددة لجمل بمواصفات معينة ، ولم تأخذ بعين الاعتبار تأثير موقع عدم الانتظام على معايير الاستجابة الزلزالية .

### 2-3 تقدير قيمة معايير الاستجابة الزلزالية للمنشآت غير المنتظمة:

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  $\beta_c$  ، تم إضافته لعلاقة الدور الأساسي:

$$T = \delta_{11} (0.075 H^{0.75}) \quad (1-4)$$

حيث  $\delta_{11}$  معامل تصحيح معطى بدلالة  $\beta_c$  الذي يمثل دليل عدم الانتظام.

كما اقترح الباحث [4] معادلات لتقدير قيمة كل من ( الانتقال الأعظمي- الانحراف الطابقي الأعظمي) للأبنية غير المنتظمة، بحيث كانت مرتبطة بدليل عدم الانتظام المقترح

$\beta_c$  , ولإيجاد قيمة هذا الدليل يجب إيجاد قيم معاملات الأنماط للأبنية، مما جعل صعوبة في إيجاد قيمة الدليل المقترح، ولم يبسط اجراءات التصميم الزلزالي. 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.

وفي هذا البحث تم اقتراح صياغة جديدة لتقدير قيمة الدور الأساسي للمنشآت غير المنتظمة فتلياً، وتقدير قيمة قوة القص والانتقالات الناتجة، من خلال دراسة سلوك هذه المنشآت باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس الذي يمثل الاستجابة الحقيقية للمنشآت، واقتراح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت غير المنتظمة. وهذه الصيغة المقترحة يمكن أن تدمج في اجراءات التصميم الزلزالي لتقييم المتطلبات الزلزالية الواقعية .

### 3-3 طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس :

تعتبر من أدق طرق التحليل الزلزالي وأكثرها تطوراً، وتشمل الخطوات التالية : [5],[9]

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 .

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  $\Delta T$  ، ثم تحديد نموذج التخماد . كما يلي :

1- اختيار الخطوة الزمنية  $\Delta t$  : يجب أن يتم اختيار الخطوة الزمنية بدقة وقد أعطت

معظم المراجع [5] العلاقة التالية لتحديد قيمة الخطوة الزمنية :

$$\frac{\Delta t}{T_{min}} < \frac{1}{\pi} \quad (1-5)$$

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 :

$$C = a_0 \cdot m + a_1 \cdot k \quad (1-6)$$

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:

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

فالمعاملان  $a_0, a_1$  تحددان من علاقتي نسب التخماد  $\xi_j, \xi_i$  لأجل النمطين  $j, i$  على

التوالي ، كما يلي :

$$\xi_i = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_i} + \frac{a_1}{2} \cdot w_i \quad (1-8)$$

$$\xi_j = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_j} + \frac{a_1}{2} \cdot w_j \quad (1-9)$$

حيث  $W_i, W_j$  قيمة التردد للنمطين  $i, j$  على التوالي. بحل المعادلتين يمكن تحديد

المعاملات  $a_0, a_1$  ، وبفرض كلا النمطين له نفس نسبة التخماد، فتكون عندها المعاملات:

$$a_1 = \xi \cdot \frac{2}{w_i + w_j} \quad (1-10)$$

$$a_0 = \xi \cdot \frac{2 \cdot w_i \cdot w_j}{w_i + w_j} \quad (1-11)$$

وباعتبار نسبة التخماد للأنماط  $j, i$  هي ( $\xi = 5\%$ ) ، يمكننا تحديد قيمة  $a_1, a_0$  ،

كما أنه من المهم تحديد النمطين  $j, i$  بدقة، لأنها تمثل الأنماط المساهمة في الاستجابة

الزلزالية للمنشأ. حيث أن الأنماط بين النمطين  $j, i$  ستكون لها نسبة تخامد أصغر بشكل

بسيط من ( $\xi = 5\%$ ) ، أما الأنماط الأكبر من النمط  $j$  ستكون لها نسبة تخامد أكبر من

( $\xi = 5\%$ ) ، حيث أن نسبة التخماد تزداد أتوماتيكياً مع التردد ، و الاستجابة النمطية

الموافقة ستحذف لتخامدها العالي، ولعدم إهمال الأنماط المساهمة بشكل فعال في

الاستجابة الزلزالية يجب اختيار الأنماط  $j, i$  بدقة . وقد اعتمدنا في الدراسة المقدمة أن

النمط  $i$  هو النمط الأول بالاتجاه المدروس ، والنمط  $j$  هو النمط الموافق لعدد الطوابق

بالاتجاه المدروس كنمطين مع تخامد حرج 5%، بناءً على توصية المرجع [11] .

3- التحليل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل العددي المباشر: يتم التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس بطريقتين (التحليل النمطي السريع \_ التحليل بالتكامل المباشر ) [11] 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  $n\Delta t$  ,  $2\Delta t$  ,  $\Delta t$  وذلك بعد تحديد الشروط البدئية، ولإجراء التكامل تم اعتماد طريقة Newmark المطورة [11].

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 ، واقترح 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 المختلطة غير منتظمة الفتل ، 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 . واقترح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت غير المنتظمة.

#### 4- هدف البحث :

تقييم المنشآت ذات الجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل في المسقط الأفقي، 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 المختلطة ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار علاقة الدور الأساسي مع نوع ومقدار وموقع عدم الانتظام.
- 2- قيمة الانتقالات والتشوهات الناتجة: (الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطائفي الأعظمي)، حيث أن مقدار وموقع عدم الانتظام له تأثير كبير على التشوهات الناتجة .



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

#### 5- خطة البحث :

لإجراء البحث تم إعداد نماذج حاسوبية لجمل إنشائية مختلطة باستخدام برنامج ETABS وكانت المتغيرات الأساسية عدد الطوابق ، ومقدار عدم انتظام الفتل في المسقط الأفقي ، وموقع عدم الانتظام.

وتمت الدراسة لنماذج مؤلفة من (6-9-12-15) طابقاً ، ولأجل كل نموذج تم توليد حالات عدم انتظام الفتل ، وتم تطبيق عدم الانتظام في كل نموذج في الثلث السفلي من المنشأ ، ثم في الثلث الوسطي ، ثم في العلوي .

تمت دراسة الحالات التالية التي تؤدي إلى نشوء عدم انتظام الفتل في المسقط الأفقي: ( وجود فتحات في أحد جدران القص - وجود توزيع غير منتظم للكتلة في المسقط الأفقي - التوزيع غير المتناظر للإطارات المقاومة - التوزيع غير المتناظر لجدران القص) وتم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس للنماذج ، ودراسة تأثير هذه المتغيرات على معايير الاستجابة الزلزالية .

#### 6- النمذجة والدراسة التحليلية:

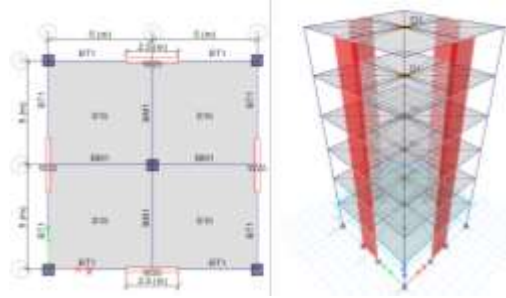
##### 1-6 إعداد النماذج :

تم إعداد نماذج أبنية منتظمة باستخدام برنامج الـ ETABS 2016 :

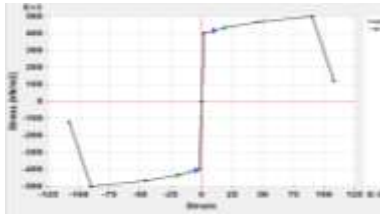
- عدد الطوابق تراوح بين ( 6-15) طابقاً - وارتفاع كل طابق 3.5m - ومجازاته ثابتة - 5m - وأبعاد مسقطه الأفقية 10x10 m - والحمولة الميتة (تغطية)  $2\text{KN/m}^2$  - والحية  $3\text{KN/m}^2$  - وحمولة الجدران الخارجية  $12\text{KN/m}'$  - والداخلية  $9\text{KN/m}'$  - والبلاطة مصمتة سماكة 15 cm - وجدران 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  $f'c=20\text{ Mpa}$  - إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح الرئيسي  $f_y=400\text{Mpa}$  - إجهاد الخضوع لفولاذ التسليح العرضي  $f_y=240\text{Mpa}$

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس

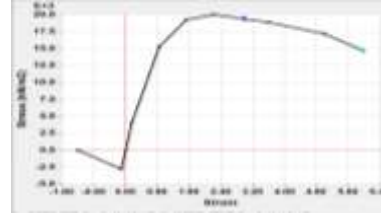
تم إجراء تحليل زلزالي للمبنى باستخدام الطريقة الستاتيكية المكافئة ، بفرض المبنى في المنطقة الزلزالية الرابعة ، وصنف مقطع التربة SD ، تكون المعاملات الزلزالية :  
 $Na=1$  ,  $Nv=1$  ,  $Cv=0.64$  ,  $Ca=0.44$  ورمزنا للنموذج المنتظم بالرمز M1



الشكل (1) النموذج M1 المدروس



الشكل (3) مخطط الاجهاد - التشوه للفولاذ المستخدم

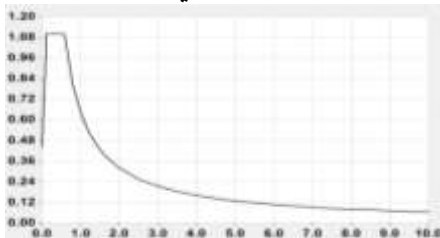


الشكل (2) مخطط الاجهاد- التشوه للبيتون المستخدم

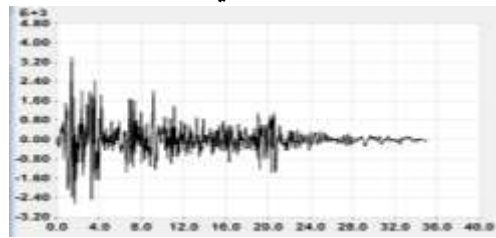
**2-6 تصميم العناصر الإنشائية:** صممت العناصر الإنشائية وفق التراكيب الواردة في الكود العربي السوري [2]. حيث تم اختيار أبعاد وتسليح العناصر الإنشائية بحيث كانت محققة تماما للقوى الزلزالية الناتجة عن الطريقة الستاتيكية المكافئة .

**3-6 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 لي مطابق الطيف التصميمي في مجال الزمن ) وذلك كما يلي :

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

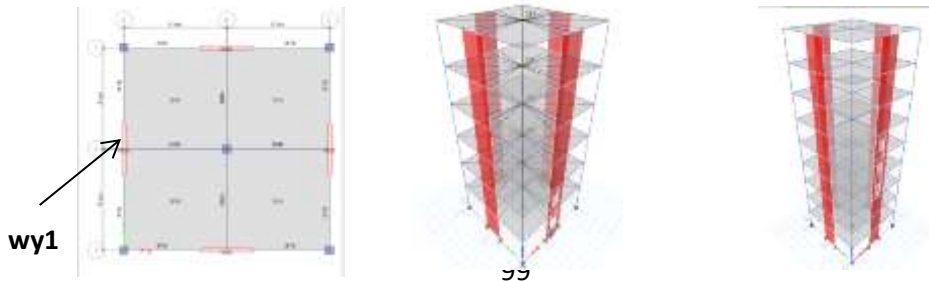


الشكل (5) طيف الاستجابة التصميمي

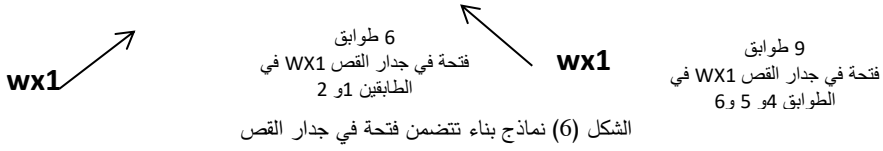


الشكل (4) السجل الزمني لزلزال Elcentro

- 2- معايرة السجل الزمني ليطابق الطيف التصميمي في مجال الزمن
- 1- تعريف حالة التحميل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل اللاخطي المباشر باستخدام تابع السجل الزمني المقيس لزلزال EL centro :
- 2- تم اختيار الخطوة الزمنية بحيث تحقق المعادلة (1-1) : للنماذج ذات (6-9) طوابق :  $\Delta t=0.005$  ، والنماذج ذات (12-15) طابق  $\Delta t=0.01$
- 3- تم تحديد معامل تخامد الكتلة  $a_0$  ومعامل تخامد الصلابة  $a_1$  من العلاقات (8-1) (9-1)
- 4- تم تعريف أبعاد وتسلح مقاطع الأعمدة والجوائز من خلال مصمم المقاطع Section Designer الموجود في البرنامج
- 5- تطبيق المفصلات اللدنة : المفصلات المطبقة على الجوائز من نوع M3 - على الأعمدة من نوع Fiber P-M2-M3 - جدران القص Fiber P-M3
- 6 - تم تسلح جدران القص من خلال خاصية تسلح جدار القص في المفصل اللدن.
- 4-6 حالات عدم انتظام الفتل المدروسة :
- تمت دراسة الحالات التالية التي تؤدي إلى نشوء عدم انتظام الفتل في المسقط الأفقي:
- 1- وجود فتحات في أحد جدران القص: تم احداث فتحات في جدار القص  $Wx1$  , في طوابق معينة
- 2- التوزيع غير المنتظم للكتلة في المسقط الأفقي: تم تغيير موقع مركز الكتلة بالاتجاه  $Y$
- 3- التوزيع غير المتناظر للإطارات المقاومة: تم تغيير موقع الاطار الوسطي من المركز بالاتجاه  $y$
- 4- التوزيع غير المتناظر لجدران القص: تغيير موقع جداري القص  $Wy1, Wy2$  بالاتجاه  $Y$  .
- وذلك كون السجل الزمني مطبق بالاتجاه  $X$  لذلك تم توليد اللامركزية بالاتجاه  $Y$



تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس



7- نتائج الدراسة التحليلية :

7-1 حالات عدم انتظام الفتل الناتجة عن وجود فتحات في جدار القص :

يعتبر الكود العربي السوري [2] عدم انتظام الفتل (اللي) موجوداً عندما تكون الازاحة العظمى للطابق (عند نهاية واحدة للمنشأ) أكبر من 1.2 مرة من متوسط ازاحة نهايتي الطابق في المنشأ

$$\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}} \geq 1.2 \quad (1-12)$$

❖ تم تطبيق عدم انتظام الفتل (عن طريق احداث فتحة في جدار القص WX1) في عدة طوابق , مما يؤدي إلى انحراف موقع مركز الصلابة في هذا الطابق.

❖ تم ايجاد قيم اللامركزية بين مركز الكتلة ومركز الصلابة في المسقط في كل طابق .

❖ تم تحليل المبنى بالتحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس .

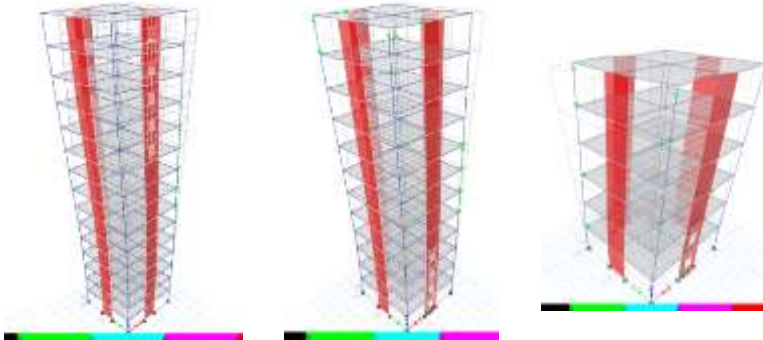
❖ ومن خلال نتائج التحليل تم ايجاد نسبة الازاحة العظمى (في أحد نهايات المسقط) إلى الازاحة المتوسطة في كل طابق, وقد تم في البحث اعتماد تعريف مقدار عدم انتظام الفتل بالنسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  طبقاً لما هو معتمد في الكود السوري، وتراوحت قيمتها في النماذج المدروسة من 1 إلى 1.15

❖ كما تراوحت نسب اللامركزية في النماذج المدروسة بين (0 - 30) % من طول

$$\frac{e_y}{L_y} = 0 \rightarrow 30\% \quad \text{المسقط}$$

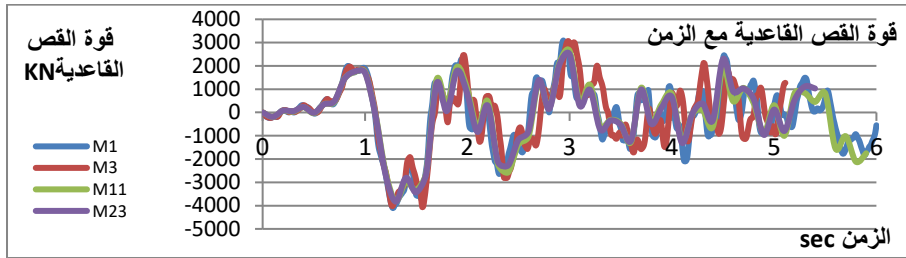
❖ تم احداث الفتحات في الجزء السفلي ، ثم في الجزء الوسطي ، ثم في الجزء العلوي

كما تبين الأشكال : في كل نموذج تم احداث فتحات في جدار القص بأبعاد تراوحت مساحتها بين 9% - 40% من مساحة الجدار(حيث تم تغيير أبعاد الفتحة لأجل كل نموذج).

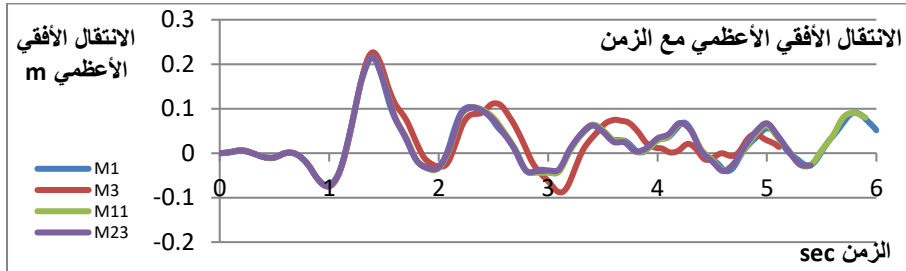


الشكل (7) نتائج الدراسة التحليلية لبعض النماذج ذات فتحات في جدار القص px1 في مواقع مختلفة تبين تشكل المفاصل اللدنة في النماذج في لحظات زمنية مختلفة (اللحظة الزمنية الموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أي من أعمدة المبنى)

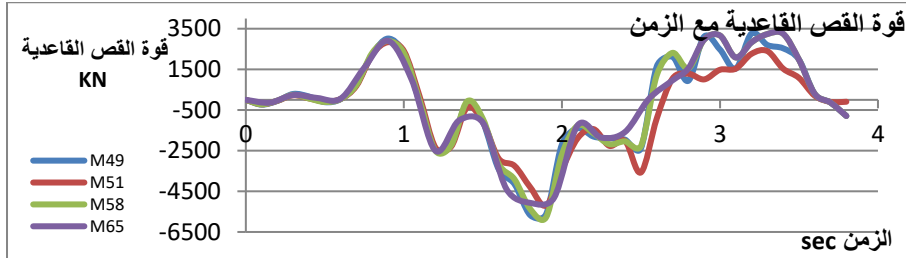
كما تبين المخططات التالية نتائج التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس لبعض النماذج المدروسة :



الشكل (8) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق

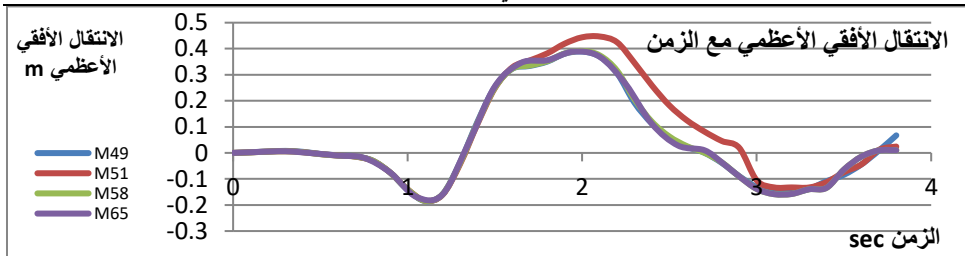


الشكل (9) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق



الشكل (10) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 12 طابق

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس



الشكل (11) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 12 طابق

يبين الجدول (1) نتائج الدراسة التحليلية :

الجدول (1) نتائج الدراسة التحليلية

دليل عدم الانتظام المقترح $\beta_c$	$\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$	قوة القص القاعدية	الانحراف الطائفي الأعظمي	الانتقال الأعظمي	دور البناء	نسبة اللامركزية بين مركز الكتلة والصلابة %	أبعاد الفتحة في جدار القص - أرقام الطوابق الموجود فيها الفتحة	موقع عدم الانتظام	عدد الطوابق	النموذج
1	1	3104	0.0046	0.0822	0.803	0%	بدون فتحات	منتظم	6	M1
0.998	1.03	3063	0.0045	0.0806	0.814	6.00%	(0.75mX1m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M2
0.9942	1.05	3095	0.0047	0.083	0.816	13.00%	(1mX1.5m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M3
0.9938	1.06	2936	0.00426	0.0766	0.819	18.20%	(1mX2m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M4
0.9932	1.078	1955	0.00418	0.0755	0.821	19.40%	(1mX2.25m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M5
0.9929	1.085	1950	0.0043	0.0752	0.822	20.13%	(1mX2.4m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M6
0.9927	1.081	1947	0.0042	0.0731	0.823	20.60%	(1mX2.5m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M7
0.9925	1.082	1945	0.00372	0.0656	0.823	21%	(1mX2.6m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M8
0.99	1.085	1980	0.0037	0.06	0.825	24%	(1.5mX2m)-(1+2)	عدم انتظام سفلي		M9
0.9988	1.004	3019	0.00461	0.0813	0.807	1.0%	(0.75mX1m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M10
0.9984	1.024	2960	0.00461	0.0803	0.811	1.4%	(1mX1.5m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M11
0.997	1.018	2987	0.00459	0.0797	0.814	2.0%	(1mX2m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M12
0.9961	1.021	2963	0.00456	0.0792	0.816	2.4%	(1mX2.3m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M13
0.996	1.026	2944	0.00455	0.0787	0.818	2.7%	(1mX2.5m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M14
0.995	1.03	2978	0.00468	0.0806	0.82	3.1%	(1mX2.7m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M15
0.994	1.037	2962	0.00471	0.0801	0.822	4%	(1.5mX2.4m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M16
0.993	1.042	2975	0.00483	0.0817	0.826	4.6%	(1.5mX2.7m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M17
0.992	1.045	2938	0.00467	0.0828	0.825	5.0%	(1.5mX2m)-(3+4)	عدم انتظام وسطي		M18
0.998	1.002	3129	0.00459	0.0818	0.805	0.48%	(0.75mX1m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M19
0.997	1.004	3109	0.00457	0.0817	0.805	0.50%	(1mX1m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M20
0.996	1.005	1986	0.00435	0.0718	0.806	0.52%	(1mX1.2m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M21
0.9955	1.006	1985	0.00435	0.0718	0.806	0.55%	(1mX1.3m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M22
0.995	1.007	1972	0.00437	0.0717	0.807	0.6%	(1mX1.5m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M23
0.993	1.008	1988	0.00441	0.0716	0.809	1.2%	(1mX2m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M24
0.99	1.014	1988	0.0045	0.0719	0.813	2.1%	(1mX2.5m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M25
0.988	1.01	1972	0.0045	0.0718	0.812	2.2%	(1.5mX2.5m)-(5+6)	عدم انتظام علوي		M26
1	1	3418	0.00678	0.148	1.303	0%	بدون فتحات	منتظم		M27
1	1.006	3323	0.00663	0.144	1.304	5.60%	(0.75mX1m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M28
0.9997	1.05	3174	0.00672	0.1484	1.323	15.70%	(1mX1.5m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M29
0.9985	1.056	3129	0.00554	0.1386	1.328	18.60%	(1mX2m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M30
0.998	1.083	2147	0.00464	0.12	1.335	21.10%	(1mX2.5m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M31
0.9977	1.086	2152	0.00406	0.103	1.339	22.10%	(1mX2.7m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M32
0.98	1.088	2165	0.00527	0.139	1.344	24.30%	(1.5mX2m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M33
0.978	1.089	2169	0.0041	0.106	1.352	28.70%	(1.5mX2.7m)-(1+2+3)	عدم انتظام سفلي		M34
0.99	1.004	3388	0.0068	0.147	1.308	0.58%	(0.75mX1m)-	عدم انتظام وسطي		M35

							(4+5+6)		
0.9963	1.03	3309	0.00685	0.146	1.313	0.87%	(1mX1.5m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M36
0.996	1.033	3266	0.00686	0.1447	1.318	1.46%	(1mX2m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M37
0.9936	1.049	3199	0.00683	0.1425	1.327	2.39%	(1mX2.5m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M38
0.9927	1.06	3170	0.00681	0.1413	1.332	2.89%	(1mX2.7m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M39
0.993	1.05	2076	0.0066	0.136	1.335	3.60%	(1.5mX2m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M40
0.992	1.049	2069	0.00692	0.137	1.336	3.82%	(1.5mX2.7m)-(4+5+6)	عدم انتظام وسطي	M41
0.998	1.004	3394	0.00676	0.148	1.304	0.55%	(0.75mX1m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M42
0.9817	1.008	3304	0.00673	0.1477	1.306	0.59%	(1mX1.5m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M43
0.979	1.012	2191	0.00519	0.1313	1.309	1.15%	(1mX2m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M44
0.9747	1.018	2215	0.00526	0.1296	1.314	2.18%	(1mX2.5m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M45
0.9722	1.025	2224	0.00534	0.1302	1.317	2.70%	(1mX2.7m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M46
0.989	1.026	2197	0.00456	0.131	1.318	2.16%	(1.5mX2m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M47
0.989	1.029	2176	0.00548	0.1302	1.319	2.60%	(1.5mX2.7m)-(7+8+9)	عدم انتظام علوي	M48
1	1	3072	0.00506	0.170	1.691	0%	بدون فتحات	منتظم	M49
0.99	1.008	3043	0.00532	0.170	1.705	0.92%	(0.75mX1m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M50
0.9867	1.06	3013	0.00491	0.1648	1.715	15.40%	(1mX1.5m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M51
0.985	1.063	2988	0.005	0.1646	1.723	18.30%	(1mX2m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M52
0.9846	1.08	2701	0.0039	0.1644	1.735	20.80%	(1mX2.5m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M53
0.984	1.09	2555	0.00335	0.15	1.742	21.90%	(1mX2.7m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M54
1.0255	1.095	2415	0.0033	0.1459	1.762	24.70%	(1.5mX2m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M55
1.026	1.099	2560	0.00372	0.145	1.758	28.60%	(1.5mX2.7m)-(1+2+3+4)	عدم انتظام سفلي	M56
1	1.006	3069	0.00519	0.17	1.701	0.80%	(0.75mX1m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M57
0.9695	1.009	3049	0.00512	0.1657	1.708	1.20%	(1mX1.5m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M58
0.966	1.022	3036	0.00623	0.185	1.717	2.00%	(1mX2m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M59
0.9625	1.022	3013	0.0054	0.1661	1.734	3.40%	(1mX2.5m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M60
0.962	1.024	2999	0.00549	0.1662	1.744	4.10%	(1mX2.7m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M61
0.9885	1.026	2964	0.00573	0.165	1.736	3.84%	(1.5mX2m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M62
0.988	1.028	2962	0.00546	0.16	1.744	4.60%	(1.5mX2.7m)-(5+6+7+8)	عدم انتظام وسطي	M63
1	1.006	3084	0.00491	0.165	1.694	0.68%	(0.75mX1m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M64
0.9776	1.008	3076	0.00494	0.165	1.695	0.71%	(1mX1.5m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M65
0.97	1.008	3080	0.00496	0.165	1.698	1.40%	(1mX2m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M66
0.9689	1.008	3080	0.00492	0.1594	1.703	2.66%	(1mX2.5m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M67
0.9665	1.008	3072	0.00493	0.1592	1.706	3.30%	(1mX2.7m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M68
0.96	1.008	3030	0.00495	0.158	1.699	2.60%	(1.5mX2m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M69
0.955	1.008	3044	0.00496	0.1585	1.703	3.15%	(1.5mX2.7m)-(9+10+11+12)	عدم انتظام علوي	M70
1	1	3502	0.0050	0.178	2.038	0%	بدون فتحات	منتظم	M71
1	1.008	3380	0.0050	0.176	2.061	12.30%	(0.75mX1m)-	عدم انتظام سفلي	M72

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل  
الزمني المقيس

							(1+2+3+4+5)		
0.9848	1.01	3359	0.005	0.171	2.04	10.30%	(1mX1.5m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M73
0.9811	1.08	3321	0.00486	0.1485	2.08	19.20%	(1mX2m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M74
0.98	1.09	3188	0.00464	0.1464	2.098	21.80%	(1mX2.5m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M75
0.975	1.103	2881	0.00452	0.114	2.11	22.80%	(1mX2.7m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M76
0.97	1.105	2802	0.00467	0.114	2.123	29%	(1.5mX2m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M77
0.96	1.121	2639	0.0048	0.108	2.146	33.50%	(1.5mX2.7m)- (1+2+3+4+5)	عدم انتظام سفلي	M78
1	1.006	3446	0.0050	0.178	2.052	1.08%	(0.75mX1m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M79
0.965	1.015	3398	0.0049	0.172	2.061	1.59%	(1mX1.5m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M80
0.961	1.026	3376	0.0050	0.1723	2.075	2.70%	(1mX2m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M81
0.959	1.03	3335	0.0051	0.1724	2.1	4.50%	(1mX2.5m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M82
0.958	1.04	3312	0.0051	0.1724	2.112	5.40%	(1mX2.7m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M83
0.955	1.045	3242	0.0056	0.1721	2.102	5.60%	(1.5mX2m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M84
0.95	1.046	3247	0.00514	0.1720	2.112	5.70%	(1.5mX2.7m)- (6+7+8+9+10)	عدم انتظام وسطي	M85
1	1.002	3424	0.00498	0.1820	2.042	1.10%	(0.75mX1m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M86
0.9763	1.003	3411	0.00496	0.1819	2.043	1.26%	(1mX1.5m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M87
0.966	1.005	3379	0.00494	0.1817	2.047	2.28%	(1mX2m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M88
0.9595	1.021	3314	0.00499	0.186	2.053	3.96%	(1mX2.5m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M89
0.95	1.015	3278	0.0050	0.186	2.057	4.77%	(1mX2.7m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M90
0.946	1.015	3252	0.0047	0.155	2.049	3.90%	(1.5mX2m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M91
0.94	1.016	3234	0.0051	0.1929	2.053	4.50%	(1.5mX2.75m)- (11+12+13+14+15)	عدم انتظام علوي	M92

كما تم إيجاد نسب زيادة أو نقصان معايير الاستجابة الزلزالية (قيم الدور الأساسي \_ قيم قوى القص القاعدي \_ الانتقال الأفقي الأعظمي \_ الانحراف الطائقي الأعظمي ) بين المبنى المنتظم ورمزه (R) و غير المنتظم ورمزه (IR) .

من نتائج الدراسة التحليلية نجد: عند تطبيق الفتحات في أحد جدران القص , في الجزء السفلي , أدى ذلك إلى تشكل لامركزية بين مركز الصلابة ومركز الكتلة , حيث تراوحت النسبة  $\frac{e_y}{L_y}$  بين (0% - 24%) , وبإجراء التحليل كانت النسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  بين (1 - 1.15) بينما عند تطبيق الفتحات في الجزء الوسطي والعلوي , تراوحت النسبة  $\frac{e_y}{L_y}$  بين (0% - 6%) , وبإجراء التحليل كانت النسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  بين (1 - 1.05) . أي نلاحظ أنه لأجل

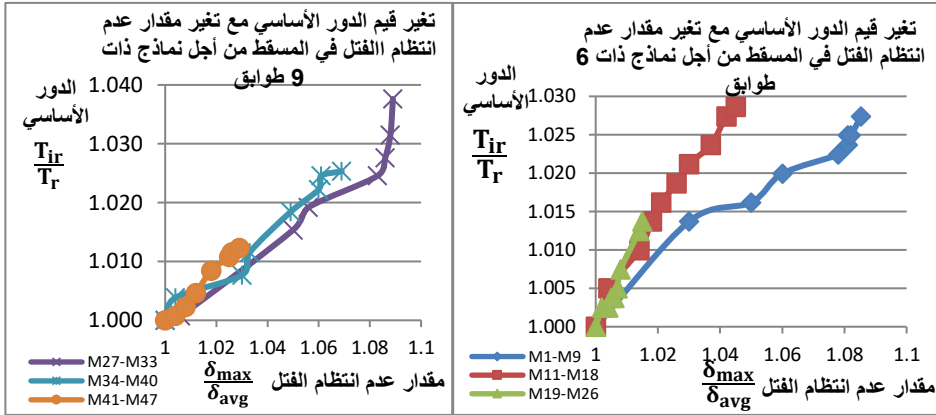


نفس النسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  تتغير قيمة اللامركزية وبالتالي تتغير استجابة المنشأ حسب موقع تطبيق عدم الانتظام. مما يدل على عدم كفاية الدليل  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  لتحديد عدم انتظام الفتل. على الرغم أن النسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}} \leq 1.2$  وبالتالي حسب تصنيف الكود فإن المبنى منتظم على الفتل , إلا أن مقاومة المنشأ انخفضت بشكل ملحوظ بنسب وصلت إلى 40% وهذا يبين عدم كفاية هذا الدليل لتعريف عدم الانتظام .ولذلك تم العمل على اقتراح دليل جديد لتحديد عدم انتظام الفتل ، وذلك بالاستفادة من الخصائص الديناميكية للمنشأ .

7-2 مقارنة نتائج تغيير مقدار وموقع عدم انتظام الفتل على معايير الاستجابة الزلزالية التالية:

الدور الأساسي للمبنى- قوة القص القاعدية(التي يتحملها المبنى والموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى)- الانتقال الأفقي الأعظمي- الانحراف الطائفي الأعظمي

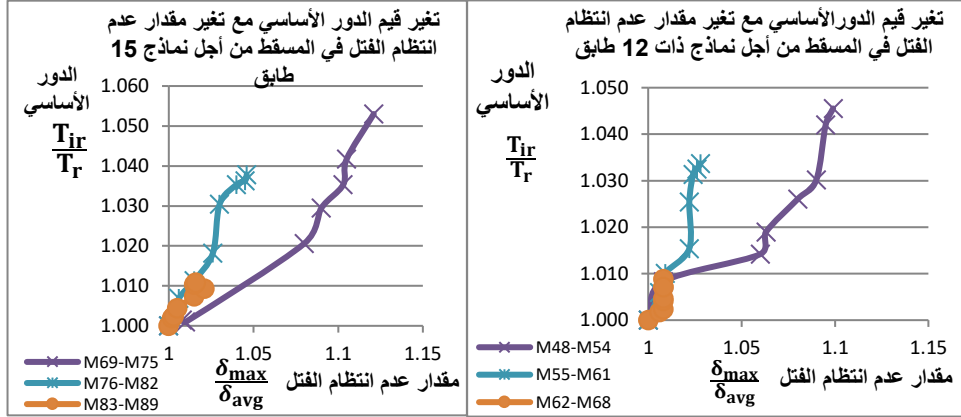
### 1. الدور الأساسي للمبنى :



الشكل (13) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)

الشكل (12) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

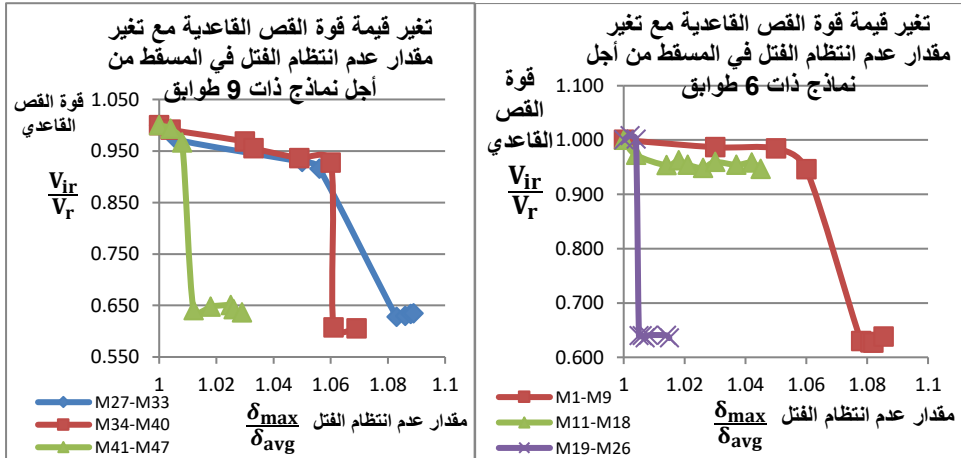
تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس



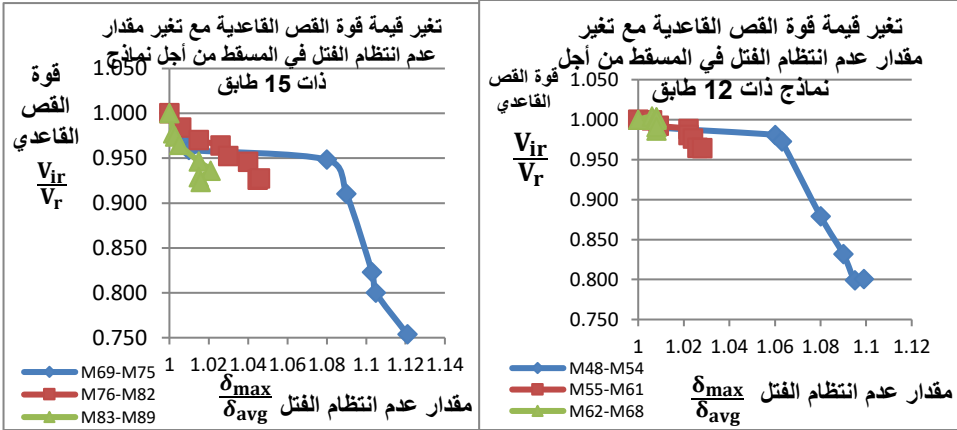
الشكل (14) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طوابق) وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M9 يمثل النماذج من M1 إلى M9 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

حيث :  $T_{ir}$  الدور الأساسي للمبنى غير المنتظم ،  $T_r$  الدور الأساسي للمبنى المنتظم . تبين الأشكال (12-13-14-15) أنه تزداد قيمة الدور الأساسي مع زيادة مقدار عدم انتظام الفتل بنسب تصل إلى 3% عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي من أجل النماذج ذات 6 طوابق و 9 و 12 طابق ، وينسب تصل إلى 5% من أجل 15 طابق .

2. قوة القص القاعدية :



الشكل (16) تغيير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق) والشكل (17) تغيير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)



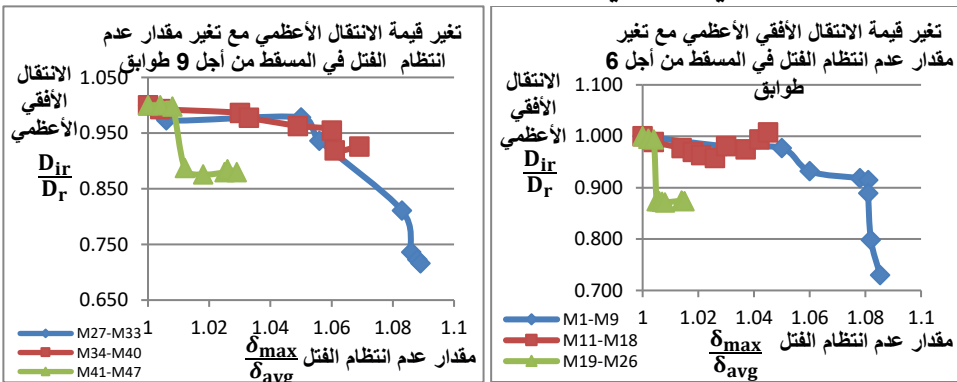
الشكل (19) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طوابق)

الشكل (18) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طوابق)

حيث :  $V_{ir}$  قوة القص القاعدية (التي يتحملها المبنى) للمبنى غير المنتظم ،  $V_r$  قوة القص القاعدية للمبنى المنتظم.

تبين الأشكال (16-17-18-19) أنه تتخفف قوة القص القاعدية التي يتحملها المبنى (والموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى) مع زيادة مقدار عدم انتظام الفتل بنسب تصل إلى 40% عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج ذات 6 و 9 طوابق . وبنسب تصل إلى 25 % عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج ذات 12 و 15 طابق . وانخفضت بنسب أقل (وصل إلى 8%) عند وجود عدم الانتظام في الجزء الوسطي والعلوي .

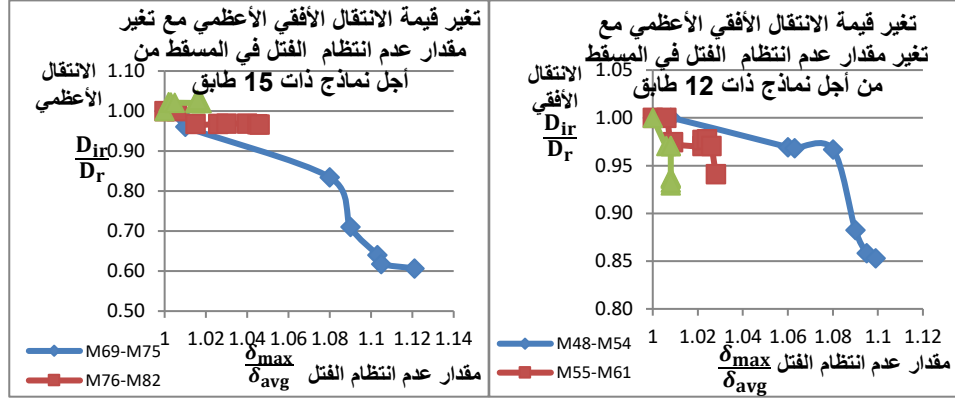
### 3. الانتقال الأفقي الأعظمي :



الشكل (21) تغير قيم الانتقال الأفقي الأعظمي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)

الشكل (20) تغير قيم الانتقال الأفقي الأعظمي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس



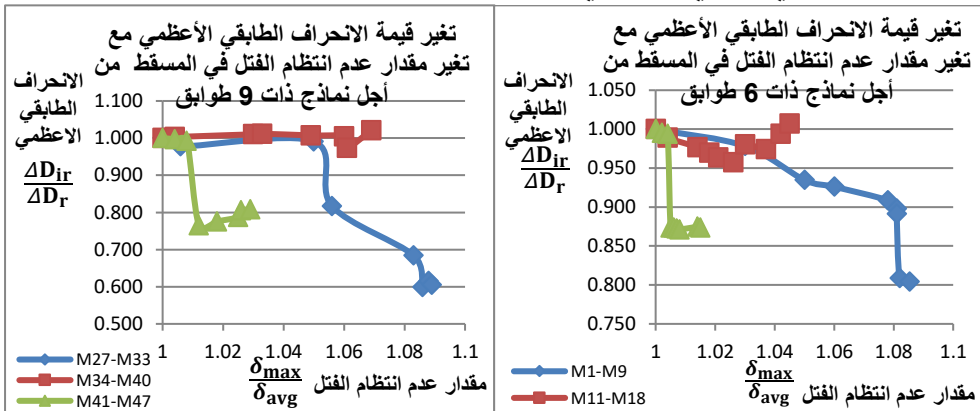
الشكل (23) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طوابق)

الشكل (22) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طوابق)

حيث :  $Dir$  الانتقال الأفقي (الذي يتحمله المبنى) للمبنى غير المنتظم ،  $Dr$  الانتقال الأفقي للمبنى المنتظم

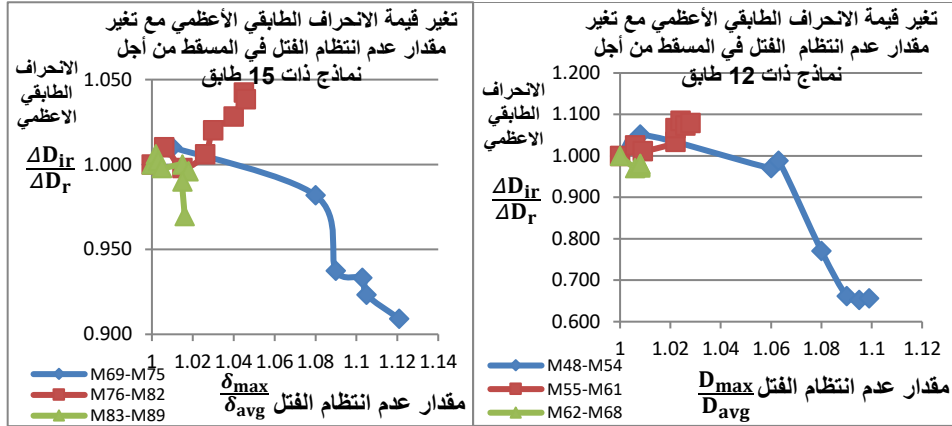
تبين الأشكال (20-21-22-23) أنه تتخفض قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي التي يتحملها المبنى (والموافقة لتشكّل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى ) مع زيادة مقدار عدم انتظام الفتل بنسب تصل إلى 30% عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج ذات 6 و 9 طوابق . وبنسب تصل إلى 40 % عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج 12 و 15 طابق . وانخفضت بنسب أقل (وصلت إلى 13%) عند وجود عدم الانتظام في الجزء الوسطي والعلوي .

4. الانحراف الطابقي النسبي الأعظمي :



الشكل (25) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)

الشكل (24) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)



الشكل (26) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طوابق)

تبيين الأشكال (24-25-26-27) أنه تنخفض قيمة الانحراف الطابقي الأعظمي التي يتحملها المبنى (والموافقة لتشكيل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى) مع زيادة مقدار عدم انتظام القتل بنسب تصل إلى 20% عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج ذات 6 طوابق وينسب وصلت إلى 40% في النماذج ذات 9 طوابق. وينسب تصل إلى 34% عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي في النماذج ذات 12 طابق. وانخفضت بنسب أقل (وصلت إلى 6%) عند وجود عدم الانتظام في الجزء الوسطي والعلوي.

## 2-7 عدم انتظام القتل الناتج عن عدم التوزيع المنتظم للكتلة في المسقط الأفقي :

تم دراسة نماذج تتضمن حالات عدم انتظام قتل ناتج عن تغيير موقع مركز الكتلة بالاتجاه  $\gamma$  ، ويبين الجدول التالي نتائج الدراسة التحليلية لهذه النماذج :

الجدول (2) لامركزية قتل ناتجة عن طريق تغيير موقع مركز الكتلة

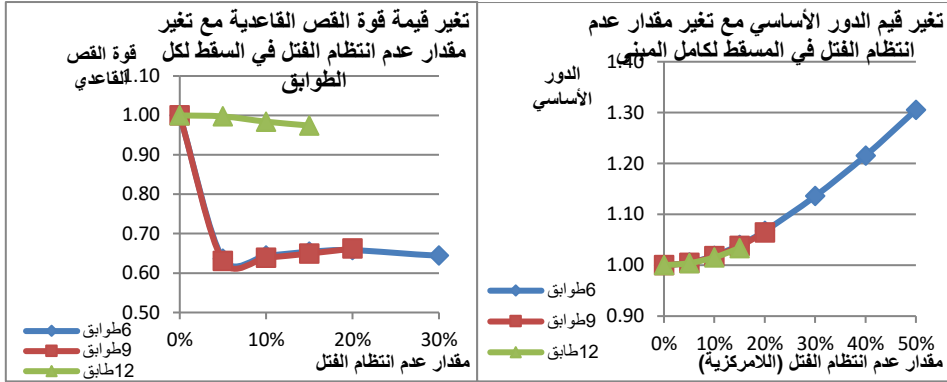
النموذج	عدد الطوابق	موقع عدم الانتظام	الفرق بين مركز الكتلة والصلابة m	مقدار عدم انتظام القتل %	$\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$	دور البناء	الانتقال الأعظمي	الانحراف الطابقي الأعظمي	قوة القص القاعدية
M92	6	في كل الطوابق	0.5	5.00%	1.08	0.807	0.0692	0.00422	1974
M93	6	في كل الطوابق	1	10.00%	1.12	0.818	0.068	0.00424	1999
M94	6	في كل الطوابق	1.5	15%	1.15	0.835	0.067	0.00428	2030
M99	9	في كل الطوابق	0.5	5.00%	1.06	1.309	0.129	0.00517	2154
M100	9	في كل الطوابق	1	10.00%	1.12	1.326	0.123	0.00511	2184
M101	9	في كل الطوابق	1.5	15%	1.2	1.352	0.12	0.0052	2220
M103	12	في كل الطوابق	0.5	5.00%	1.05	1.698	0.168	0.00532	3064
M104	12	في كل الطوابق	1	10.00%	1.11	1.717	0.165	0.00497	3023

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس

2993	0.0041	0.145	1.748	1.2	15%	1.5	في كل الطوابق	12	M105
3100	0.0051	0.167	2.11	1.1	5.00%	0.5	في كل الطوابق	15	M107
2995	0.0044	0.151	2.2	1.12	10.0%	1	في كل الطوابق	15	M108
2786	0.004	0.11	2.32	1.2	15%	1.5	في كل الطوابق	15	M109

يبين الجدول (2) تغيير موقع مركز الكتلة مما يحدث لامركزية تتراوح بين 5% إلى 40%

كما تبين المخططات التالية نتائج الدراسة التحليلية لهذه النماذج



الشكل (29) تغيير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار

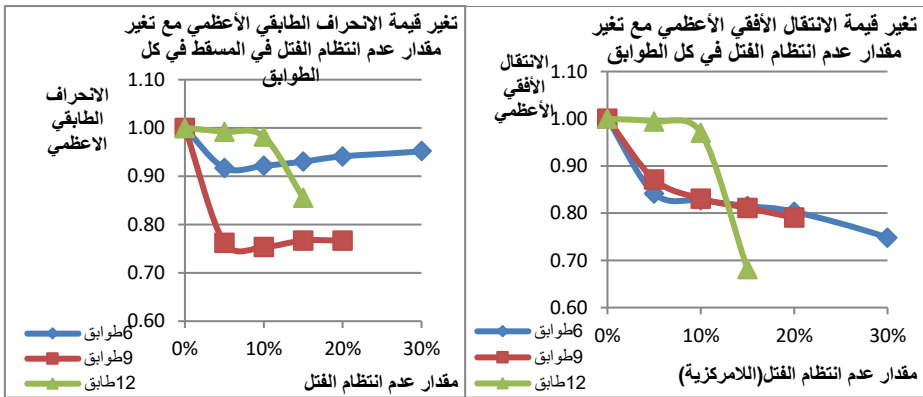
عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

الشكل (28) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار

عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

يبين الشكل (28) أن قيمة الدور ازدادت نتيجة عدم انتظام الفتل عن حالة المبنى المنتظم بنسب وصلت إلى 30%

يبين الشكل (29) أنه انخفضت قيمة قوة القص القاعدية بنسب وصلت إلى 38%



الشكل (31) تغيير قيم الانحراف الطائفي مع تغير مقدار عدم

انتظام الفتل على كامل طول المبنى

الشكل (30) تغيير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار

عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

يبين الشكل (30) أنه انخفضت قيمة الانتقال الأفقي بنسب وصلت إلى 33%

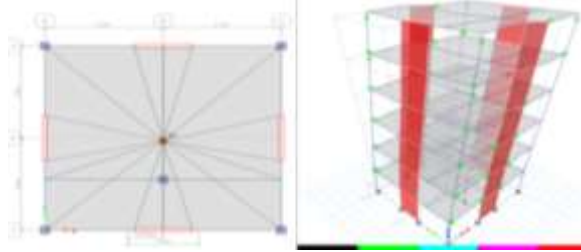
### 3-7 عدم انتظام الفتل الناتج عن عدم التوزيع المتناظر للإطارات المقاومة للزلازل في المسقط الأفقي :

تم توليد حالات عدم انتظام الفتل: من خلال تغيير موقع الاطار الوسطي بالاتجاه Y

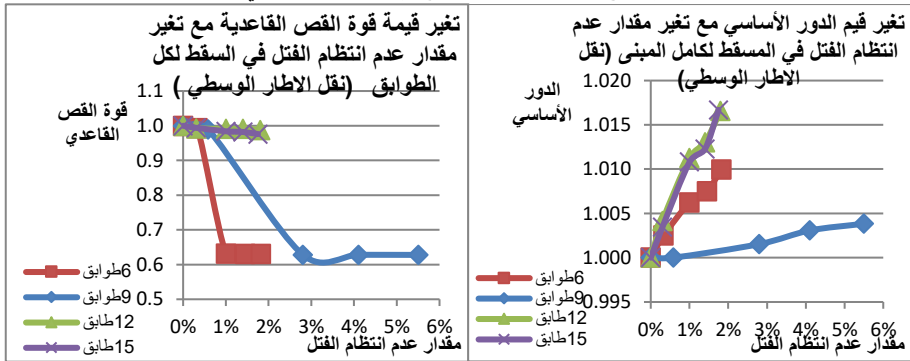
جدول (3) حالة عدم انتظام فتل ناتج عن نقل الاطار الوسطي من الوسط بالاتجاه y

عدد الطوابق	موقع عدم الانتظام	نقل الاطار الوسطي مسافة y m	نسبة اللامركزية %	$\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$	دور البناء	الانتقال الأعظمي	الانحراف الطائفي الأعظمي	قوة القص القاعدية
6	في كل الطوابق	1.25	0.33%	1.006	0.805	0.0816	0.00458	3085
6	في كل الطوابق	2.25	1%	1.007	0.808	0.0703	0.00419	1961
6	في كل الطوابق	2.75	1.45%	1.01	0.809	0.0702	0.0042	1960
9	في كل الطوابق	1.25	0.58%	1.008	1.303	0.148	0.0068	3384
9	في كل الطوابق	2.25	2.80%	1.009	1.305	0.128	0.0051	2148
9	في كل الطوابق	2.75	4%	1.012	1.307	0.123	0.00489	2147
12	في كل الطوابق	1.25	0.30%	1.004	1.698	0.16	0.0049	3050
12	في كل الطوابق	2.25	1.00%	1.01	1.71	0.16	0.00488	3045
12	في كل الطوابق	2.75	1.40%	1.013	1.713	0.16	0.0049	3045
15	في كل الطوابق	1.25	0.30%	1.011	2.045	0.161	0.0047	3481
15	في كل الطوابق	2.25	1.00%	1.013	2.06	0.149	0.0046	3446
15	في كل الطوابق	2.75	1.40%	1.1	2.063	0.155	0.0047	3439

تغيير موقع الاطار الوسطي مما يحدث لامركزية تراوحت بين 0.3% إلى 2%



الشكل (32) نتائج الدراسة التحليلية لنموذج تم نقل الاطار الوسطي فيه

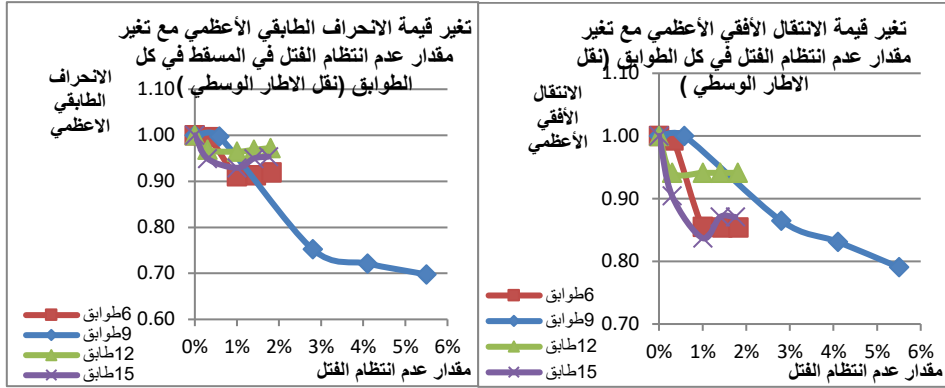


الشكل (34) تغيير قيم قوة القص القاعدية مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

الشكل (33) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل الزمني المقيس

من الشكلين (33-34) ازدادت قيمة الدور نتيجة عدم انتظام الفتل عن حالة المبنى المنتظم بنسب وصلت إلى 2% ، كما انخفضت قيمة قوة القص القاعدية بنسب وصلت إلى 38%



من الشكل (35) انخفضت قيمة الانتقال الأفقي بنسب وصلت إلى 20%

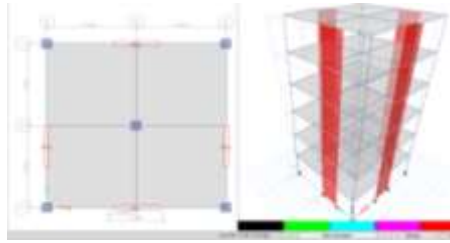
4-7 عدم انتظام الفتل الناتج عن عدم التوزيع المتناظر لجدران القص في المسقط الأفقي :

تم توليد حالات عدم انتظام الفتل من خلال تغيير موقع الجدارين PY1, PY2 بالاتجاه Y جدول (4) حالة عدم انتظام فتل ناتج عن نقل الجدارين 3 و4 بالاتجاه y

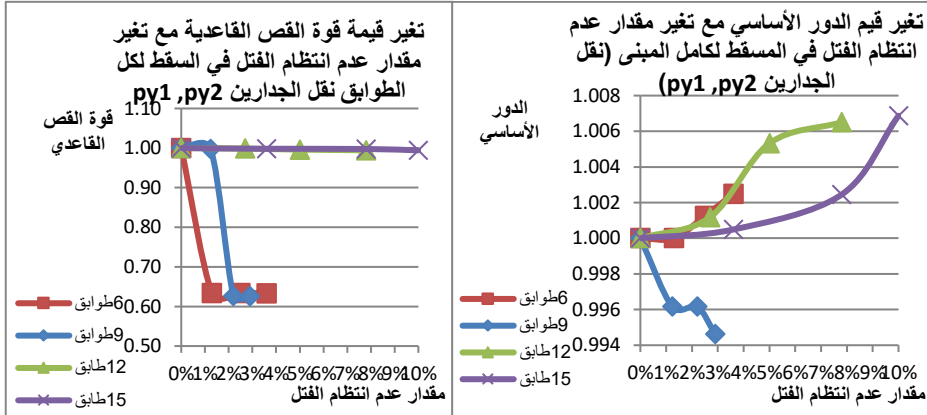
النموذج	عدد الطوابق	موقع عدم الانتظام	اللامركزية بين مركز الكتلة والصلابة m	نسبة اللامركزية %	$\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$	دور البناء	الانتقال الأعظمي	الانحراف الطابقي الأعظمي	قوة القص القاعدية
M122	6	في كل الطوابق	0.5	1.3%	1.005	0.803	0.0712	0.0042	1967
M123	6	في كل الطوابق	1.25	2.5%	1.009	0.804	0.07	0.0042	1968
M124	6	في كل الطوابق	1.75	3.6%	1.01	0.805	0.0695	0.0041	1965
M126	9	في كل الطوابق	0.5	1%	1.007	1.298	0.141	0.00662	3408
M127	9	في كل الطوابق	1.25	2%	1.015	1.298	0.125	0.00494	2142
M128	9	في كل الطوابق	1.75	3%	1.02	1.296	0.122	0.0048	2138
M129	12	في كل الطوابق	0.5	2.7%	1.006	1.693	0.167	0.00496	3068
M130	12	في كل الطوابق	1.25	5.0%	1.015	1.7	0.166	0.00499	3060
M131	12	في كل الطوابق	1.75	7.8%	1.02	1.702	0.17	0.00504	3055
M133	15	في كل الطوابق	1.25	3.60%	1.007	2.039	0.168	0.0048	3496
M134	15	في كل الطوابق	2.25	7.80%	1.012	2.043	0.169	0.0049	3494
M135	15	في كل الطوابق	2.75	10.00%	1.022	2.052	0.176	0.00497	3482

تغيير موقع جداري القص مما يحدث لامركزية تراوحت بين 0.3% إلى 2%





الشكل (37) نتائج الدراسة التحليلية لنموذج تم فيه تغيير موقع الجدارين py1, py2

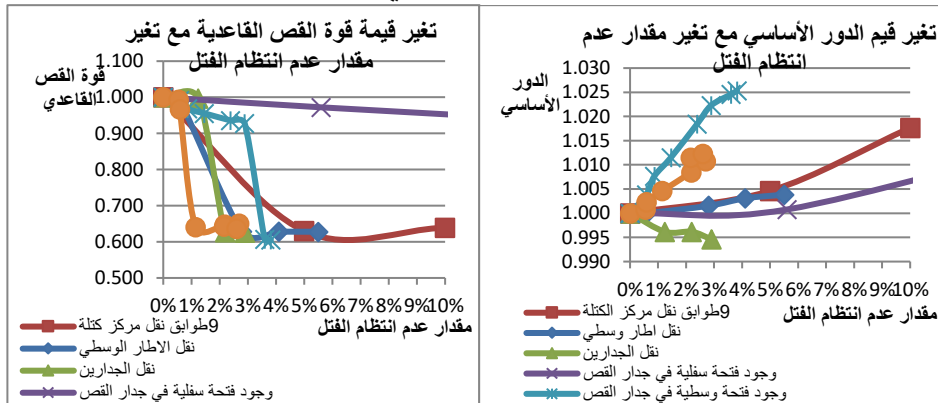


الشكل (38) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

الشكل (39) تغيير قيم قوة القص القاعدي مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

ازدادت قيمة الدور بنسب صغيرة جداً، وانخفضت قيمة قوة القص القاعدية بنسب وصلت إلى 33%، كما انخفضت قيمة الانتقال الأفقي بنسب وصلت إلى 16%

### 5-7 مقارنة الحالات الأربعة لعدم انتظام الفتل التي تمت دراستها:



الشكل (40) تغيير قيم الدور الأساسي مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

الشكل (41) تغيير قيم قوة القص القاعدي مع تغيير مقدار عدم انتظام الفتل على كامل طول المبنى

نلاحظ من المخططات في الشكلين (40-41) أنه من أجل نفس نسب اللامركزية تتغير معايير الاستجابة الزلزالية تبعاً للسبب الذي أدى إلى حدوث الفتل وموقعه، مما يبين عدم كفاية الدليل  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  للتعبير عن مقدار عدم انتظام الفتل. وقد بلغ عدد النماذج المدروسة لحالات عدم انتظام الفتل 135 نموذجاً.

#### 8- العلاقات المقترحة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية:

تم اعتماد المتغيرات التالية لإيجاد علاقات مبسطة تربط بين العوامل التالية وبين معايير الاستجابة الزلزالية:

1. n : عدد الطوابق
2. النسبة (a0/aw) : حيث (a0) مساحة الفتحة ، (aw) مساحة جدار القص .
3. النسبة (H/L) : حيث (H) ارتفاع البناء ، (L) بعد البناء بالاتجاه المدروس .
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 (الموجودة في الطابق الأرضي) ، (IW) مجموع عطالات جدران القص بالاتجاه المدروس .
6. النسبة ( nir/n ) : حيث (nir) عدد الطوابق المتضمنة عدم انتظام، (n) عدد الطوابق

#### 9- دليل عدم الانتظام المقترح :

عدم الانتظام يمكن أن يحدد من خلال الخصائص الديناميكية للمنشآت. بالاستفادة من الخصائص الديناميكية للنماذج المدروسة، تم اقتراح دليل عدم انتظام يربط بين الخصائص الهندسية والديناميكية وبين معايير الاستجابة الزلزالية :

$$\beta_c = \sum_j^k \frac{P_i}{P_r} \quad (1-13) \quad \text{دليل عدم الانتظام المقترح : يعطى بالعلاقة :}$$

$\beta_c$  دليل عدم الانتظام المقترح ،  $P_r$  نسبة الكتلة المساهمة للنمط K للأبنية المنتظمة .  
 $P_i$  نسبة الكتلة المساهمة للنمط K للأبنية غير المنتظمة .

$\sum_j^k$  مجموع الأنماط المساهمة بالاتجاه x من النمط j إلى النمط k.

$$P_K = \frac{M_K}{M_{mm}} \quad (1-14) \quad \text{وتعطى نسبة الكتلة المساهمة للنمط k بالعلاقة التالية :}$$

$M_K$  الكتلة النمطية المساهمة للنمط  $K$ . وتعطى بالعلاقة :

$$M_K = \frac{[\sum_1^n W_i \cdot \phi_{ik}]^2}{g \cdot [\sum_1^n W_i \cdot (\phi_{ik})^2]} \quad (1-15)$$

$M_{mm}$  الكتلة النمطية الكلية للبناء،  $W_i$  الوزن الزلزالي للطابق  $i$ ،

$$\phi_{ik} = \frac{U_{ik}}{[U_{ik}]_{max}} \quad (1-16) \quad \phi_{ik} \text{ معامل شكل النمط للنمط } k \text{ للطابق } i :$$

$U_{ik}$  انتقال مركز الكتلة في الطابق  $i$  الناتج من النمط  $k$ .

$[U_{ik}]_{max}$  الانتقال الأعظمي بالقيمة المطلقة الناتج من النمط  $k$ .

الجدول (5) كفاءة حساب دليل عدم الانتظام المقترح لبعض النماذج المدروسة

M9	M8	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	النموذج
Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	Pk(x)	رقم النمط
0.6903	0.6898	0.6904	0.6908	0.7106	0.7061	0.7018	0.703	0.6919	1
0.1639	0.1587	0.1593	0.1605	0.1636	0.1642	0.164	0.1639	0.1624	4
0	0.0689	0.0686	0.0689	0.0609	0.0643	0.0669	0.0663	0.0688	7
0.0327	0.0339	0.0349	0.0354	0.0375	0.0376	0.0376	0.0371	0.0366	10
0.0093	0.0005	0.0009	0.0136	0.0052	0.0059	0.0064	0.006	0.0196	12
0.8962	0.9518	0.9541	0.9692	0.9778	0.9781	0.9767	0.9763	0.9793	$\Sigma P$
0.917956	0.974905	0.977261	0.992728	0.998468	0.998775	0.997345	0.996937		$\beta_C = \Sigma P_i r / \Sigma P_r$

يبين الجدول (5) كفاءة حساب قيمة دليل عدم الانتظام المقترح  $\beta_C$  لبعض النماذج المدروسة، وفي الجدول (1) قيمة  $\beta_C$  لكل النماذج.

بالاستفادة من الجداول السابقة والمخططات البيانية وبمساعدة برنامج الاكسل يمكن الحصول على أقرب علاقة كثير حدود تربط بين العوامل السابقة وبين معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة منسوبة لحالة الأبنية المنتظمة، ونورد فيما يلي هذه العلاقات:

1- تم ايجاد علاقة تربط بين خصائص المنشأ، وبين دليل عدم الانتظام المقترح :

$$\beta_C = 0.0179 \cdot X_1 - 0.0169 \cdot X_2 + 1.74 \cdot 10^{-4} \cdot X_3 + 3.54 \cdot 10^{-5} \cdot X_4 - 2.6 \cdot 10^{-8} \cdot X_5 - 0.029 \cdot X_6 + 1.0081 \quad (1-17)$$

حيث أن متغيرات العلاقة (X1-X6) تحسب بالعلاقات التالية بدلالة العوامل المعرفة في

الفقرة (8)

$$X_1 = \left( \frac{a_0}{a_w} + \frac{Z_{ir}}{H} \right)^3 * n * \sqrt{\frac{\left( \frac{I_C}{I_W} \right)}{\left( \frac{H}{L} \right)^{*(n_{ir})}} \quad (1-18)$$

$$X_2 = \sqrt{\left( \frac{H}{L} \right) * \left( \frac{Z_{ir}}{H} \right) * n * \left( \frac{a_0}{a_w} + 0.1 \right)} \quad (1-19)$$

$$X_4 = \frac{\left( \frac{a_0}{a_w} + n \right)^2}{\sqrt{\left( \frac{Z_{ir}}{H} \right) * \left( \frac{I_C}{I_W} \right)}} \quad (1-21)$$

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل باستخدام السجل  
الزمني المقيس

$$X_3 = \frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{a_0 + 0.01}{a_w}\right)^2}{\left(\frac{I_c}{I_w}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1 - 20)$$

$$X_5 = \frac{\left(\frac{a_0 + 0.001}{a_w}\right)^3}{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^4 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^3 * \left(\frac{I_c}{I_w}\right)^3} \quad (1 - 22)$$

$$X_6 = \left(\sqrt{n} + \sqrt{\frac{a_0}{a_w}}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^3 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^{0.25} * \frac{\left(\frac{I_c}{I_w}\right)^{0.25}}{\left(\frac{H}{L}\right)^{0.75}} \quad (1 - 23)$$

وبالتالي نوجد علاقة تربط بين دليل عدم الانتظام المقترح  $\beta_c$  وبين معايير الاستجابة الزلزالية (الدور الأساسي-قوة القص القاعدية -الانتقال الأفقي الأعظمي-الانحراف الطابقي الأعظمي)

2- تم ايجاد علاقة مبسطة لحساب النسبة بين الدور الاساسي للأبنية ذات عدم انتظام

الفتل ( $T_{ir}$ ) إلى الدور الأساسي للأبنية المنتظمة ( $T_r$ )، ورمزنا لها بالرمز ( $\alpha_T$ ):

$$\alpha_T = \frac{T_{ir}}{T_r} = -0.0661 \cdot \beta_c + 1.081 \quad (1 - 24)$$

فعند تصميم الأبنية المتضمنة عدم انتظام فتل بالطريقة الستاتيكية المكافئة نوصي بإضافة المعامل ( $\alpha_T$ ) لعلاقة الدور الأساسي للحصول على قيمة أكثر دقة وأقرب للدور

$$T = \alpha_T \cdot 0.0488 \cdot H^{0.75} \quad (1 - 25)$$

3- علاقة حساب نسبة قوة القص القاعدية للمبنى ذو عدم انتظام الفتل ( $V_{ir}$ ) إلى قوة

القص القاعدية للمبنى المنتظم ( $V_r$ ) ، ورمزنا لها بالرمز ( $\alpha_V$ ):

$$\alpha_V = \frac{V_{ir}}{V_r} = -1.1575 \cdot \beta_c + 2.0165 \quad (1 - 26)$$

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

4- علاقة حساب نسبة الانتقال الأفقي للمبنى ذو عدم انتظام الفتل ( $D_{ir}$ ) إلى قوة

القص القاعدية للمبنى المنتظم ( $D_r$ ) :

$$\alpha_D = \frac{D_{ir}}{D_r} = -1.7023 \cdot \beta_c + 2.583 \quad (1 - 27)$$

5- علاقة حساب نسبة الانحراف الأفقي لحالة المبنى ذو عدم انتظام الفتل ( $\Delta D_{ir}$ ) إلى

الانحراف الأفقي للمبنى المنتظم ( $\Delta D_r$ ) :

$$\alpha_{\Delta D} = \frac{\Delta D_{ir}}{\Delta D_r} = -1.724 \cdot \beta_c + 2.651 \quad (1 - 28)$$

### 10- نتائج البحث :

1- يزداد الدور الأساسي للأبنية المختلطة المتضمنة عدم انتظام الفتل عن قيمته في الأبنية المنتظمة بنسب تصل لـ 5% ، وتتنخفض قوة القص القاعدية (التي تحملها المنشأ والموافقة لتشكيل أول مفصل لدن في أي من أعمدة المبنى) بنسب تصل لـ 40% ، وينخفض الانتقال الأفقي الأعظمي بنسب تصل لـ 40% ، كما ينخفض الانحراف الطابقي بنسب تصل لـ 34% .

2- بينت الدراسة التحليلية أنه من أجل الأبنية ذات النسبة  $\frac{\delta_{max}}{\delta_{avg}}$  أصغر من 1.2 ، حيث تصنف حسب الكودات أنها منتظمة فتلياً، إلا أن مقاومة هذه المنشآت انخفضت بشكل ملحوظ عن حالة المبنى المنتظم بسبب الفتل الحاصل، مما يبين عدم كفاية هذه النسبة لتحديد عدم انتظام الفتل .

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 فتل نوصي بإضافة المعامل  $(\alpha_T)$  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 بضربها بالمعامل  $(1/(\alpha_v))$  للحصول على تصميم آمن يراعي وجود حالة عدم انتظام الفتل من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام .

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. Ozhendekci, N. (2003). Spektral analiz teknikleri ve hassasiyet (Spectral analyses techniques and accuracy). Ph.D. thesis, Yildiz Technical University, Istanbul

7. N. Özhendekci and Z. Polat.2008..Torsional Irregularity of buildings . Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey.

8. Surana.M, Singh.Y and Dominik H. Effect of accidental eccentricity on collapse probabilities of mid- rise RC frame buildings . Indian Institute of Technology Roorkee, Roorkee, India

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

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

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

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

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