

دراسة أثر توضع البلاطات الناقلة على الإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية للأبنية البيتونية وفق طريقتي طيف الاستجابة والتأريخ الزمني

م. عبد الكريم حداد* أ.د.م. عبد الرزاق سالم** أ.د.م. منيب العلاف

(الإيداع: 24 آب 2020 ، القبول: 21 تشرين الأول 2020)

المُلخَص:

تهدف هذه الدراسة الى البحث في سلوك استجابة الأبنية الخرسانية ذات الجمل الانشائية التفاعلية (المؤلفة من جدران قص وإطارات) المقاومة للزلازل ، المحتوية على بلاطة نقل مُصممة واحدة في أحد مناسيب طوابقها، بحيث يتم توضيح البلاطة في أربعة مناسيب نسبة الى الإرتفاع الكلي للبناء ، وهي H. (50-30-20-10) % بحيث يكون كل منها في نموذج بناء منفرد لمجموعات الطوابق المؤلفة من 10-15-20 طابقاً ، ويتم دراسة واستخراج مخططات تغيرات الإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية تحت تأثير وجود هذه البلاطة . وهذه البلاطة هي عبارة عن صفيحة مصممة فطرية تتقطع عندها العناصر الحاملة وترتكز فوقها ، ولا تستمر أسفلها في جزء معين من الطابق وذلك بهدف تشكيل مساحات واسعة أسفل هذه البلاطة ، تلي الحاجة المعمارية التي تتطلب وجود صالات واسعة في أحد الطوابق من الأبنية العالية ، لذا كان لا بد من دراسة أثر توضع هذه البلاطة وإعطاء تصور مبدئي للمصممين لاحقاً لاختيار الموقع الذي يتناسب مع طبيعة تصميم البناء . ما يُميز هذه البلاطة هي الكتلة الضخمة فوجودها هو نتيجة لتغير توزيع العناصر الحاملة واستمرارها مما يشكل عدم انتظام شاقولي في الجملة الانشائية ، لذا اختيرت الطرق الديناميكية المتقدمة للبحث في الأثر الزلزالي على الإزاحات الطابقية النسبية منها طريقة التحليل الزلزالي اعتماداً على طيف الاستجابة وفق كود البناء المؤحد UBC 97 المرن وغير المرن ، وطريقة التحليل وفق التأريخ الزمني اللاخطي لسجل زلزال (Chi-Chi 1999) ، وعليه تم دراسة التغيرات النسبية للإزاحات الطابقية ، و وجد أن التغير النسبي الأعظمي للإزاحة الطابقية النسبية يكون في منسوبي البلاطة H. (50-10) % والتغيرات الأقل نسبياً تكون في مجال المنسوبين H. (30-20) % .

الكلمات المفتاحية: الصفيحة الناقلة ، بلاطات التحويل، القص القاعدي ، الدورالديناميكي ، الإزاحات الطابقية النسبية ، الديافرامات ، التأريخ الزمني THA ، طيف الاستجابة RSA ، المنشآت البيتونية المسلحة ، مقاومة الزلازل .

*طالب ماجستير - قسم الهندسة الانشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

**أستاذ مساعد في البيتون المسلح - قسم الهندسة الانشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة حماة.

***أستاذ مساعد في البيتون المسلح - قسم الهندسة الانشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث.

Studying The Effect of Transfer Slab placements on the inter-story Drifts of the concrete according to the methods of response spectrum and Time History

***Abdulkarem Haddad ** Prof.Dr. AbdulRazaq Salem ***Prof.Dr. Munib AL- Allaf**

(Received: 24 August 2020, Accepted: 21 October 2020)

Abstract:

This study aims to investigate the Seismic response behavior of concrete buildings with interactive structural systems consisting of (shear walls and frames), which containing a single solid Transfer slab in one of its floors , with 10-20-30-50%.of total height of building, Studying building, Studying relative changes in the inter story Drifts. This slab is a Flat solid plate in which supports the elements above, whereas don't continue underneath of it in a Certain part of the floor that is to form large areas below this slab, so the architectural requirement is the main need of it and as the architectural designs require the presence of large halls on one of the floors of high buildings. Hence, it was necessary to study the effect of the placements of this slab and give a preliminary concept to the designers to later choose the site that matches the nature of the building design. As a result of this slab with a huge mass which placed in a particular floor and whose presence changes the distribution of the lateral resisting elements , all of these will form a vertical irregularity in the Structural system. Therefore, advanced dynamic methods were chosen to calculate the inter-story Drifts, seismic analysis depending on the dynamic response spectrum UBC 97, and Nonlinear Time History of (Chi-Chi 1999) record, and accordingly the maximum relative changes of inter-story Drifts were found in levels of the slab 10-50%.H and Relatively least, with levels of 20-30% and more ductility demand.

Key words: Transfer Plates , Transfer Slabs , Base Shear , Dynamic Period , Inter Story Drifts , Diaphragms , Time History Analysis , Response Spectrum Analysis , Concrete Structures , Seismic Resistance .

*** Master's student at Structural Engineering Department –Faculty of Civil Engineering –Al- Baath University.**

****Assistant Professor in Reinforced Concrete at Structural Engineering Department –Faculty of Civil Engineering – Hamah University.**

****Assistant Professor in Reinforced Concrete at Structural Engineering Department –Faculty of Civil Engineering – Al-Baath University.**

1- المقدمة :

تُعرّف البلاطة الناقلة Transfer slab أو الصفيحة الناقلة Transfer Plate على أنها عنصر أفقي قشري Horizontal Shell Element ، يمتد فوق جزء معين من الطابق أو على امتداد مسطح الطابق كله ، فهو كمصطلح تم استخدامه للبلاطات المسطحة التي تحمل حمولات مركزة من الأعمدة والجدران القاصة الواقعة فوقها والتي تقوم بنقلها إلى جُملة حاملة أسفلها، بحيث لا يكون هنالك أي استمرارية لجملة الأعمدة والجدران ضمن الطابق الذي يحتويها في بعض النقاط .

فقد تم تشبيهها في بعض المراجع بالحصيرة المرتفعة من حيث مبدأ نقل الحمولات لا من حيث العمل الوظيفي والإنشائي. ففي المدن الكبيرة والمكتظة بالسكان ، تزداد وبشكل واضح الحاجة إلى المباني ذات المتطلبات التشغيلية المختلفة، لاستيعاب وتحقيق المتطلبات المعمارية والسكانية المتعددة ، فقد تكون هناك الحاجة إلى التغيير في مواقع و نوع عناصر مقاومة الحمل الرأسي والجانبية في طابق معين من طوابق المبنى .

وفي مثل هذه الحالات ، يتم بشكل واسع استخدام أرضية نقل لحل هذا التضارب الإنشائي المعماري الراهن والمتواصل. فأرضية النقل Transfer Floor هي نظام طابقي يسند فوقه جُملة من العناصر المقاومة للأحمال الرأسية والجانبية ، والذي بدوره يقوم بنقل الجهود من الجملة العلوية الى جُملة عناصر مقاومة أسفله .

تستخدم أنظمة النقل عموماً في المنشآت المتعددة الوظائف ،حيث تُستخدم الطوابق السفلية للمبنى عادةً كمناطق عامة مفتوحة ، بينما يمكن ان تحتوي الطوابق التي تعلو نظام التحويل هذا على فراغات سكنية او مكتبية نموذجية. يمكن استخدام العديد من الانظمة الانشائية لهذه الابنية ، كأنظمة المقاومة الجانبية الموجودة أسفل/أعلى أرضية النقل ، والتي قد تكون عبارة عن إطارات مقاومة للعزوم أو نواة جدارية أو جدران قصية إنشائية.

وفي مناقشة بحثية جرت بين الباحثين (Yoshimura, 1997) و (Li C.S., et al., 2006) ، دلت على أن التغيير الهائل والحاصل في الصلابة الجانبية بوجود بلاطة النقل ، في حالة وجود جُملة جدران قص صلبة Stiff shear wall system فوق البلاطة الناقلة ، لتتغير الى جُملة جوائز وأعمدة مرنة نسبياً أسفل البلاطة الناقلة ، وهذا التغير في الصلابة قد يؤدي الى نشوء ظاهرة طابق لين و ظاهرة طابق ضعيف والذي يتكفل بأن يجعل مبدأ التصميم الزلزالي المعهود (عمود قوي_جائز ضعيف) غير محققاً .

خلّصت دراسة الباحث (Yoshimura, 1997) ، أيضاً الى أنه وفي حالة بدء تشكل ميكانيزم ظاهرة الطابق اللين عند الطابق الأول First Story Mechanism ، فقد يكون الانهيار أمراً لا مفر منه حتى بالنسبة لتلك المباني المقاومة لقوى القص القاعدية والتي قد تصل الى 60% من الوزن الاجمالي للهيكل.

لذلك فقد أوصى الباحثون (Yong L., et al., 1999) بأنه اذا لم يتم اخذ حالة عدم الانتظام الإنشائي في الاعتبار اثناء مراحل التصميم ، فقد يُصبح عدم الانتظام الإنشائي مصدراً رئيسياً لحدوث أضرار في البناء وخاصة اثناء الزلازل القوية. وتوصل الباحثان (Priestley و Paulay , 1992) في وقت سابق أنه من الأفضل الأخذ بالاعتبار القوى المتولدة عن الانتقالات Displacements والتي يسببها الزلزال بدلاً من الأحمال التقليدية وذلك في التصميم الإنشائي المقاوم للزلازل (Paulay T., et al., 1992) .

وعلاوة على ذلك ، فإنه في الاستجابة المطاوعة "Ductile Response" للأبنية على الزلازل ، فمن المتوقع حدوث تشوهات ضغط عالية في العناصر الشاقولية بسبب التأثير المشترك للقوة المحورية و عزم الانعطاف.

وبالتالي، مالم يتم وضع التسليح العرضي بشكل مناسب ومتقارب بالمسافات في منطقة العقد اللدنة ، فإنه سيحدث تشطي للخرسانة متبوعاً بعدم استقرار لتسليح الضغط ،خاصة في حالات عدم الانتظام الشاقولي بحيث يكون من الصعب أن يتحقق مبدأ عمود قوي _ جائر ضعيف .

وهذا ما يفرض على المصممين بأن يسعوا الى تبديد الطاقة الزلزالية في المفاصل اللدنة للجوائز أولاً .
أوصى الباحثان (Paulay T., et al., 1992) ايضاً بأن النماذج التحليلية يجب أن تكون قادرة على تحديد مواقع التشوهات Localization of Straining Actions عند محيط العناصر المنقطة وعلى منسوب عُصرالنقل.
اذ يجب أن تكون النماذج قادرة ايضاً على التنبؤ بقيم هذه التشوهات والتي يزداد أثرها بزيادة الشدة الزلزالية.
2- الهدف من البحث :

يهدف البحث إلى الوصول الى مخططات مقارنة الاستجابة الزلزالية للأبنية الخرسانية ذات الجمل الانشائية التفاعلية وذلك في المنطقة الزلزالية الثالثة وبارتفاعات مبانٍ بدءاً من 10 طوابق وحتى 20 طابقاً، مما ينتج امكانية الحصول على استقرار تقريبي لاحق للمصممين باختيار الموقع الذي يتناسب مع التصميم الموافق والمقترح من قبلهم وذلك قبل البدء بتفاصيل الدراسة.

3- المواد والطرائق :

3-1 المواد المستخدمة :

$f_{ys} = 240 \text{ Mpa}$: اجهاد خضوع التسليح العرضي . $E_s = 210000 \text{ Mpa}$: معامل مرونة الفولاذ.

$f_y = 400 \text{ Mpa}$: اجهاد خضوع التسليح الطولي الرئيسي. $\omega_s = 78.5 \text{ KN/m}^3$ الوزن الحجمي للفولاذ.

$f_{yu} = 500 \text{ Mpa}$: الاجهاد الحدي (حد الانقطاع) للتسليح الطولي الرئيسي.

$f'_c = 35 \text{ Mpa}$: المقاومة المميزة الأسطوانية على الضغط للبيتون.

$q_a = 3 \text{ Kg/cm}^2$: قدرة تحمل التربة المسموحة على الضغط .

$E_{co} = 5700\sqrt{f'_c} = 33721 \text{ Mpa}$: معامل المرونة اللحظي للبيتون .

$E_c = 1900\sqrt{f'_c} = 11240 \text{ Mpa}$: معامل المرونة طويل الأمد للبيتون .

$\omega_c = 25 \text{ KN/m}^3$: الوزن الحجمي للبيتون المسلح .

$\nu = 0.2$: معامل التشوه العرض للبيتون "معامل بواسون" .

$G = \frac{E_c}{2.(1+\nu)} = 14050.42 \text{ Mpa}$: معامل المرونة القصي للبيتون .

3-2 مُعطيات التحليل الزلزالي :

يُطبق على المبنى حمولات مساحية على البلاطات المصممة العادية المتكررة ، حمولة دائمة تقدر بـ 3KN/m^2 وحمولة حية 2KN/m^2 ، بالإضافة الى الوزن الذاتي للعناصر حيث يُحسب بشكل تلقائي ضمن البرنامج .

تم تحميل الجوائز كلها بحمولة خطية تمثل حمولة جدران البلوك "القواطع" وتساوي 7KN/m

المنطقة الزلزالية الثالثة (3) ، ونموذج مقطع التربة هو من الصنف **SC** .

ومنه يكون $C_a = 0.33$, $C_v = 0.45$ والجملة الانشائية المقاومة للأحمال الجانبية هي جملة مختلطة مؤلفة من جدران قص واطارات متوسطة مقاومة للعزوم ، وبالتالي يكون معامل مطاوعة المنشأ $R = 6.5$ ، معامل أهمية المنشأ $I = 1$.
يتم التحليل الزلزالي وفق كود البناء الموحد **UBC 97** . تم اعتبار مصدر الكتلة Mass Source هو الحمولة الدائمة فقط ، تم اعتماد لا مركزية طارئة مبدئية في كل من الاتجاهين تساوي الى $(0.5\% \text{ Dx,Dy})$ ، حيث Dx,Dy تمثل طول بعدي المبنى في الاتجاه X , Y على التوالي .

ولأخذ التشققات بعين الاعتبار تم اعتبار عزوم العطالة للعناصر المتشقة وفق الجدول (1-3)
الجدول رقم (1-3): معاملات تخفيض صلابات العناصر الانشائية المتشقة

عزم العطالة	العنصر
0.8 Ig	الجران القصية
0.7 Ig	الاعمدة
0.35 Ig	الجوائز
0.25 Ig	البلاطات

3-3 الطرائق المستخدمة :

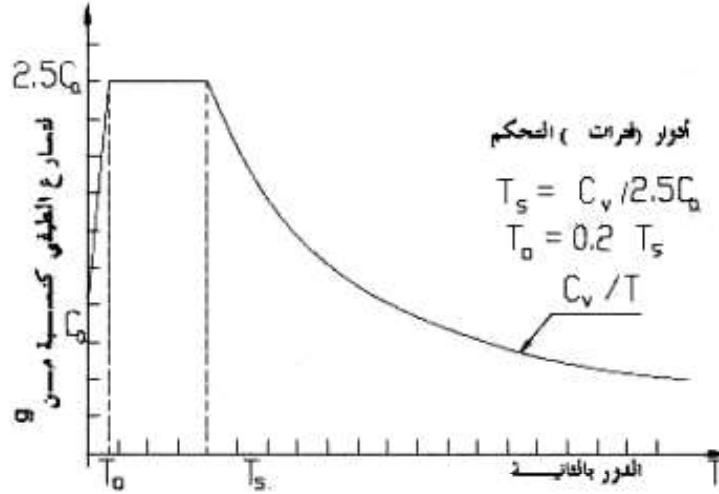
تم اتباع الطرق التالية في حسابات التحليل الزلزالي وهي :

- طريقة التحليل الديناميكي اعتماداً على طيف الاستجابة المرنة (Dynamic Elastic Response Spectrum)
- طريقة التحليل الديناميكي اعتماداً على طيف الاستجابة غير المرنة . (Dynamic Inelastic Response Spectrum)
- طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي وفق سجلات زمنية لزلزال سابقة مُسجلة " التأريخ الزمني " (Nonlinear Time History Analysis)

تم استخدام برامج شركة Csi في تحليل النماذج العددية (ETABS16.0.0 , SAFE16.0.2 , SAP2000.v21) حيث تمت دراسة البلاطة الناقلة وفي كل موضع من المواضع المدروسة على برنامج SAFE لكونه متخصص في دراسة البلاطات المُسطحة ، و تم دراسة التحليلات الزلزالية المرنة على برنامج ETABS والتحليلات اللاخطية وغير المرنة على برنامج SAP2000.

3-4 مُوجَز عن طُرُق التَّحليل :

تُعبر كل طريقة تحليل عن سلوك البناء وفق منهجية تحليل ديناميكية مُحددة ، فالتحليل وفق طريقة طيف الاستجابة المرنة والمحسوب وفق كود البناء المُوحد UBC 97 تبعاً للعوامل الزلزالية المرنة C_v , C_a والتي تأخذ بالحسبان السلوك المرنة لجملة البناء ، وفق منحنى طيف الاستجابة الموافق لتغير الزمن مع التسارع الارضي ، الشكل (1-3) ، حيث أن قيم الإزاحات الطابقية النسبية وفق هذه الطريقة كانت الأقل وذلك حسب ما هو موضح في الأشكال (4-5) ، (4-6) ، (4-7) ، (4-8) .



الشكل رقم (3-1): منحنى طيف الاستجابة وفق كود البناء الموحّد 97 UBC

أما بالنسبة للتحليل وفق طريقة طيف الاستجابة غير المرن والمحسوب وفق كود البناء الموحّد تبعاً للعوامل الزلزالية غير المرنة والتي تأخذ في الحسبان السلوك غير المرن لجملة البناء أثناء الهزة الأرضية ووفقاً لكل زمن وطور مُحدد ، وتبعاً للعوامل المُحصّلة في برامج التحليل ، إذ كانت نتائج الإزاحات الطابقية النسبية في هذه الطريقة هي الأكبر في القيم من بين الطرق المحسوبة في البحث وهذا ما بينته الأشكال (4-5) ، (4-6) ، (4-7) ، (4-8) .

وبالنسبة للتحليل وفق طريقة التأريخ الزمني تم اعتماد سجل زلزال (Chi-Chi 1999) في الدراسة التحليلية للمباني ، إذ تم تعديل السجل الزلزالي على برنامج التحليل وذلك بما يتوافق مع طيف الاستجابة التصميمي المرن وفق كود البناء الموحّد لتحقيق التوافق في المنحني الطيفي لزلزال (Chi-Chi 1999) ومقاربة الشدة الزلزالية بين الأطياف للمقارنة، الشكل (4-4) ، ومنه كانت الإزاحات الطابقية النسبية متوسطة في القيم بين تلك المحسوبة وفق طريقتي طيفي الاستجابة الديناميكي المرن و غير المرن وتميل أكثر إلى القيم الناتجة عن طيف الاستجابة المرن ، الأشكال (4-5) ، (4-6) ، (4-7) ، (4-8) .

3-4 مُعطيات ومُتغيرات النماذج :

اعتمدت الدراسة على انقطاع في الجملة الإنشائية للأعمدة وجدران القص في طابق مُحدد " الطابق الناقل" بحيث يكون فيه جملة افقية تتحمل القوى المستندة إليها وغير المستمرة ضمن هذا الطابق .
 إذ تُنفذ وتصمم بلاطة ناقلة " Transfer Slab " تؤدي الغرض الإنشائي لنقل هذه الحمولات المنقطعة الاستمرارية عبر هذه البلاطة الى جملة حاملة عند المنسوب الاسفل للطابق المذكور .
 وبهذه الدراسة تم اعتماد المسقط الموضح سابقاً و تم اقتطاع الجملة التي تتوسط البناء ، بحيث تشكل مساحة مناسبة ومتناظرة تستخدم لصاله او قاعة واسعة المجازات حسب المتطلب المعماري المطلوب.
 ابعاد المسقط الكلي هي (35 x 35 m) تمثل ابعاد كبرى بدون فواصل تمتد ، تم اقتطاع القسم الوسطي من المسقط ما بين المحور (C) و المحور (I) وفق الاتجاه X من المسقط الافقي ، و بين المحور (3) والمحور (9) وفق الاتجاه Y .
 وبذلك تم ازالة الاعمدة و الجدران القاصة الواقعة على تقاطع المحاور ، (4,5,6,7,8) وفق الاتجاه Y ، و المحاور (D,E,F,G,H) وفق الاتجاه X.

عدد الاعمدة المُزاله : 13 عموداً ، عدد جدران القص المُزاله : 4 جدران متناظرة حسب فرضية الدراسة.

الابعاد المفرغة والواقعة بين المحاور (I , C) و (9 , 3) هي وبشكل متناظر تساوي (21 m) بالاتجاهين

أي ان المساحة المقتطعة منها الجملة الشاقولية تساوي : $21m \times 21m = 441 m^2$

والمساحة الكلية للمسقط تساوي : $35m \times 35m = 1225 m^2$

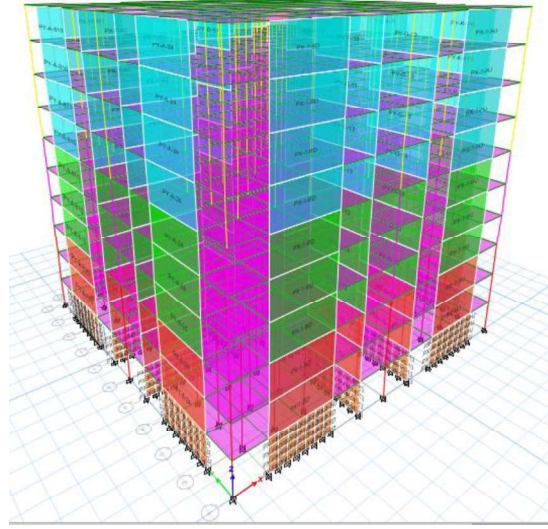
وتكون نسبة الاقتطاع التي بُنيت عليها الدراسة تساوي : $\frac{441}{1225} \times 100 = 36\%$

يتم ازالة كافة الجوائز في المسقط الافقي في مكان توضع البلاطة الناقلة ، و وضع بلاطة مصممة بسماكة مناسبة للمنسوب التي هي فيه ، وذلك على كامل المسقط لتأمين الاستناد الكافي على العناصر الساندة اسفل البلاطة. بحيث يتبقى من الاعمدة الساندة للبلاطة اسفلها 48 عموداً متوزعة على المحيط ، و 16 جداراً قصياً ، موزعة بالتساوي أي ثمانية منها مسابرة تماماً لمحيط البناء الخارجي ، وثمانية اخرى متعامدة على محيط البناء ، كلاً منها متساوي في العدد على الاتجاهات الاحداثية (X , Y) . تمت دراسة كافة النماذج ، الموضحة وفق الجدول التالي (2-3) .

الجدول رقم (2-3): تحديد الطوابق التي تمثل نسب المناسيب من ارتفاع الأبنية وفقاً للمجموعات المدروسة

النسبة من ارتفاع البناء الكلي	الطابق الموافق في المجموعة محل البحث		
	الأولى	الثانية	الثالثة
10 % .H	St-1	St-1	St-1
20 % .H	St-2	St-3	St-4
30 % .H	St-3	St-4	St-6
50 % .H	St-5	St-7	St-10

تتوضح جُملة البناء بالشكل الفراغي في النموذج المعياري الأول في مجموعة العشر طوابق كما هي في الشكل (2-3) والمنمذج على برنامج ETABS .



الشكل رقم (3-2): النموذج المعياري الأول المستخدم في التحليل على برنامج التحليل ETABS

تم اعتماد دراسة ثلاث مجموعات من الأبنية :

- المجموعة الاولى : تتألف من 10 طوابق.
- المجموعة الثانية : تتألف من 15 طوابق.
- المجموعة الثالثة : تتألف من 20 طوابق.

بحيث تم وضع البلاطة الناقلة في كل نموذج مدروس على منسوب مُعيّن كل منها على حدا، وفق التالي:

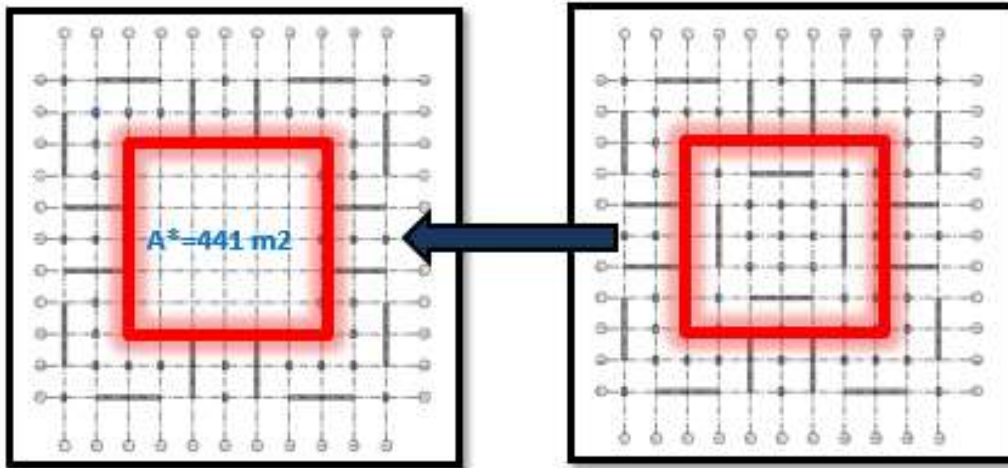
- المنسوب الأول : 10%.H
- المنسوب الثاني : 20%.H
- المنسوب الثالث : 30%.H
- المنسوب الرابع : 50%.H

حيث أن H : يمثل الارتفاع الكلي للبناء المدروس ، وأبعاد المسقط $Dx = Dy = 35m$.

الجدول رقم (3-3): جدول حالات عدم الانتظام الشاقولي الواردة في ملحق الزلازل للكود العربي السوري

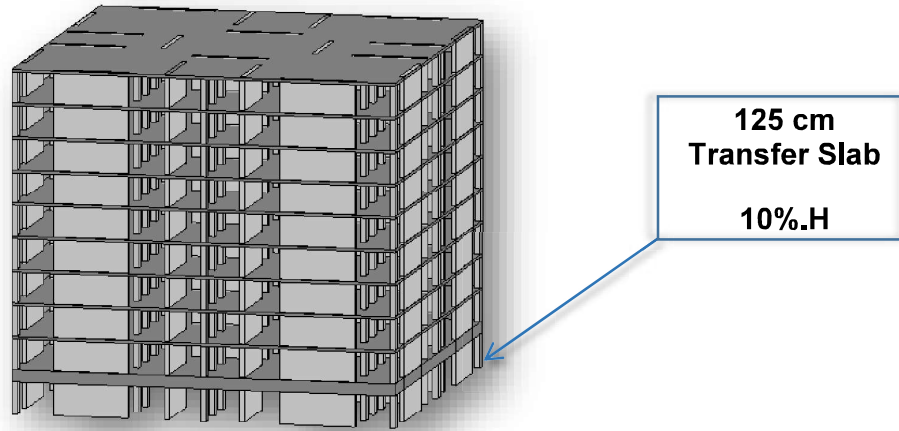
شكل عدم الانتظام وتعريفه	
(1)	عدم انتظام في المساواة - الطابق اللين: يكون الطابق ليناً إذا كانت قسارته الجانبية أقل من 70% من قساوات الطابق الذي يعلوه أو أقل من 80% من متوسط المساواة للطوابق الثلاثة التي تعلوه.
(2)	عدم انتظام في الوزن (الكتلة): يعتبر عدم الانتظام هذا موجوداً عندما تكون الكتلة الفعالة لأي طابق أكبر من 150% من الكتلة الفعالة لطابق مجاور. وعندما يكون السقف الأخير أخف وزناً من الطابق الذي تحته، فعند الانتظام هذا لا يؤخذ بالحسبان.
(3)	عدم انتظام هتديسي في الاتجاه الرأسى (الشاقولي): يلزم أخذ عدم الانتظام هذا في الحسبان عندما يكون البعد الأفقى للعناصر الرأسية المقاومة للقوى الجانبية في أي طابق تزيد على 130% البعد الأفقى للطابق (الدور) المجاور ولا داعي لأخذ الملحق المتراجع ذي الطابق الواحد في هذا التعريف.
(4)	انقطاع في المستوى في العناصر الرأسية لمقاومة القوى الجانبية: وهو إنزياح في المستوي لعنصر ما من عناصر مقاومة القوى الجانبية (في طابق أو أكثر) يفرق طول هذا العنصر (مقاساً في المستوى الأفقى).
(5)	انقطاع في الاستطاعة - الطابق الضعيف: الطابق الضعيف هو طابق مناته (مقاومته) أقل من 80% من الطابق الذي يعلوه. إن متانة الطابق هي المتانة الكلية لكافة مساهمات العناصر المقاومة للزلازل على القص لهذا الطابق وذلك بالاتجاه المدروس. وتحسب مساهمة كل عنصر من طاقة تحمل العنصر للعزم بأعلى وأسفل الطابق.

تم دراسة كافة حالات عدم الانتظام الواردة في الجدول (3-3) أعلاه والتحقق منها و دراسة أثرها على كل نموذج على حدا ، ولكون المباني تحوي حالات عدم انتظام فكان لا بد من تقييم الحسابات وفق الطرق المتقدمة ، يوضح الشكل (3-3) على اليسار ، منطقة انقطاع الجملة الانشائية الشاقولية المؤلفة من أعمدة وجدران قص في الطابق الذي هو تحت البلاطة الناقلة مباشرة ، وعلى اليمين عودة استمرار العناصر الشاقولية لبقية الطوابق.



الشكل رقم (3-3): مسقط البناء المدروس أعلى واسفل البلاطة الناقلة وتوضيح مكان انقطاع الجملة الحاملة

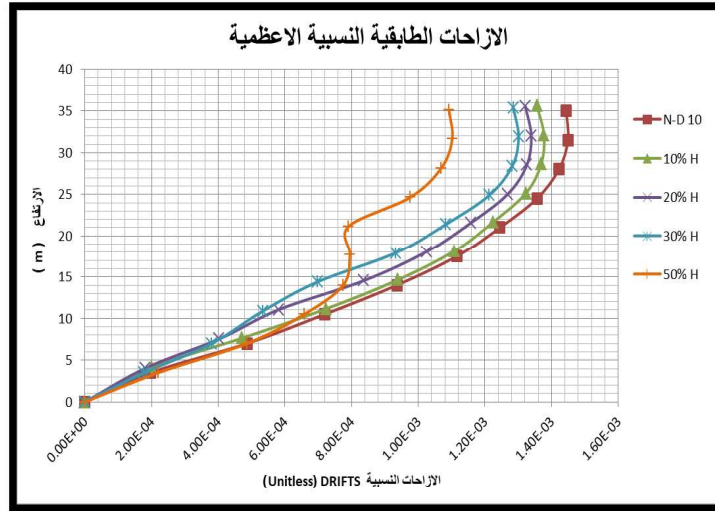
تم دراسة كل بلاطة ناقلة في موضعها و تحقيق الإجهادات وحسابات المقطع و حسابات السهوم الطويلة الأمد وفق طريقة None-Linear-Cracked Long term Deflection : للوصول الى سماكة مناسبة لهذه البلاطة عند كل موضع ضمن الارتفاع الشاقولي للمبنى وفي كل نموذج من نماذج المجموعات محل البحث ، وبعد دراسة وتصميم البلاطات على برنامج SAFE المُخصص لدراسة البلاطات والأساسات والحصائر تم تعريف البلاطة الناقلة ضمنه على أنها من نوع (Thick Plate) وذلك كما يتم تعريف الحصائر ذات السماكات العالية ، ومن تلك الدراسة كانت قيم سماكة البلاطات الناقلة تتراوح ما بين (75 cm ~ 265 cm) ، وبتسليح سفلي يتراوح بحديه الأعلى والأدنى وذلك على التوالي، ما بين (7T22/m') على اربع طبقات و (5T18/m') على طبقتين ، الشكل (3-4) يوضح النموذج الأول المدروس في المجموعة الأولى ذات العشر طوابق ، بحيث تتوضع البلاطة الناقلة في منسوب الطابق الأول والذي يُمثل 10%.H .



الشكل رقم (3-4): مكان توضع البلاطة الناقلة في الطابق الأول من نماذج المجموعة الأولى

4- النتائج والمناقشة :

تم تصميم كل بلاطة بموضعها بشكل مُنفرد كما هو مذكور سابقاً وذلك تبعاً للحمولات المُختلفة المُطبقة عليها في كل موضع من المواضع المذكورة أعلاه ، وعليه تم وضع مُخططات نتائج الاستجابة للإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية ومُخططات التغير النسبي لها . و تبعاً لطريقة التحليل الديناميكي وفق طيف الاستجابة المرن وفق كود البناء الموحد UBC 97 و بمعاملات زلزالية $Ca=0.33$ و $Cv=0.45$ و معامل تخميد Damping Ratio يساوي الى 5% . تُعرض النتائج وفق مُخططات الإزاحات الطابقية النسبية نسبةً إلى ارتفاع المبنى في كل مجموعة من المجموعات المدروسة ، بوجود منحنى الخاص بالنماذج المعيارية لمقارنة التغير الحاصل لكل منحنى عنه. فكانت النتائج تُظهر التغير الأكبر الحاصل هو عند وجود البلاطة في موضع 50%.H في كل المجموعات ، الأشكال (1-4) ، (2-4) ، (3-4) و بالنسبة لبقية التوضعات للبلاطة الناقلة ، فكانت مُتقاربة جداً من منحنى النموذج المعياري وخاصة عند الطوابق السفلى ، أما في المجموعة الثانية والثالثة ، فقد بدأت المنحنيات الخاصة بتوضعات البلاطة الناقلة عند منسوبي (20%.H , 30%.H) في التغير نقصاناً وبشكل أكبر عن المنحنيات للنماذج المعيارية الأشكال، (2-4) ، (3-4) . (4)



الشكل رقم (4-1): منحنيات المقارنة في الإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية للنماذج مع النموذج المعياري وفق طريقة طيف الاستجابة المرن UBC 97 (المجموعة الأولى المؤلفة من 10 طوابق)

حيث أن :

N-D-10 : النموذج المعياري للمجموعة الأولى ذات العشر طوابق.

N-D-15 : النموذج المعياري للمجموعة الثانية ذات الخمسة عشر طابقاً.

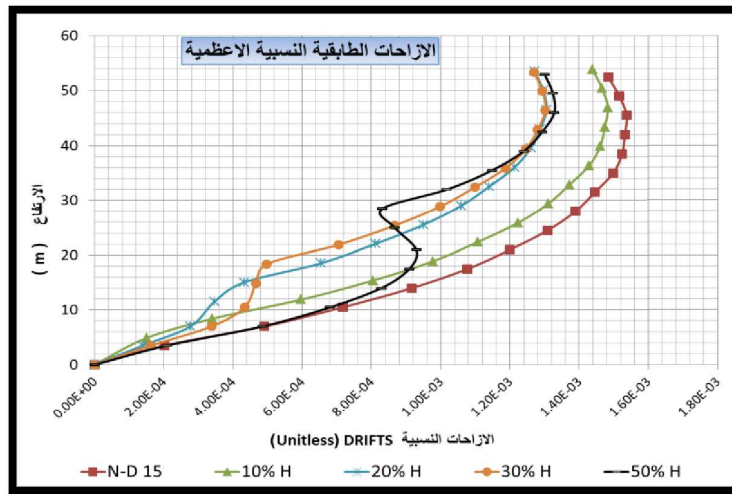
N-D-20 : النموذج المعياري للمجموعة الثالثة ذات العشرين طابقاً.

10%.H : النموذج الذي يحتوي على البلاطة الناقلة عند المنسوب الذي يمثل 10% من ارتفاع المبنى الكلي.

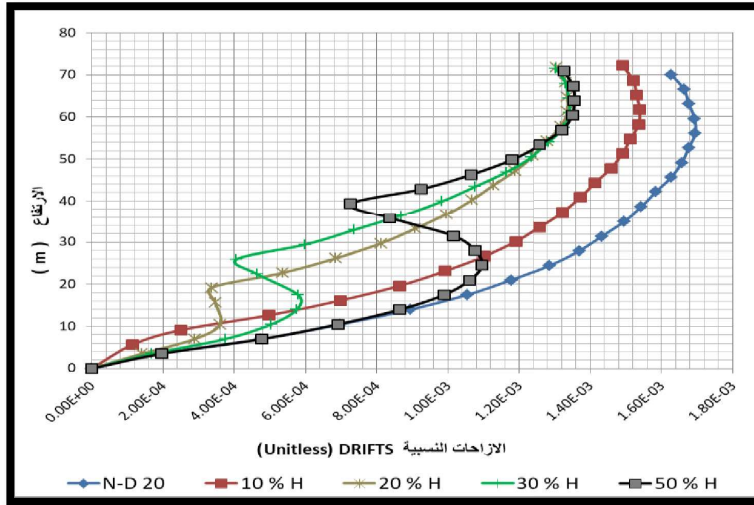
20%.H : النموذج الذي يحتوي على البلاطة الناقلة عند المنسوب الذي يمثل 20% من ارتفاع المبنى الكلي.

30%.H : النموذج الذي يحتوي على البلاطة الناقلة عند المنسوب الذي يمثل 30% من ارتفاع المبنى الكلي.

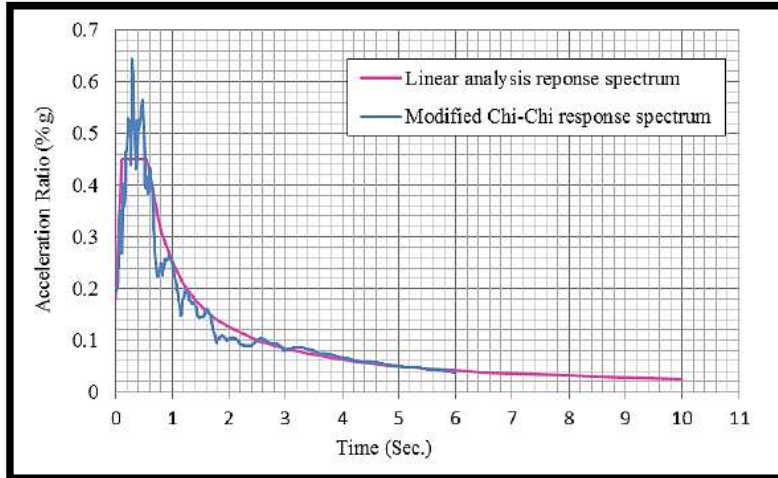
50%.H : النموذج الذي يحتوي على البلاطة الناقلة عند المنسوب الذي يمثل 50% من ارتفاع المبنى الكلي.



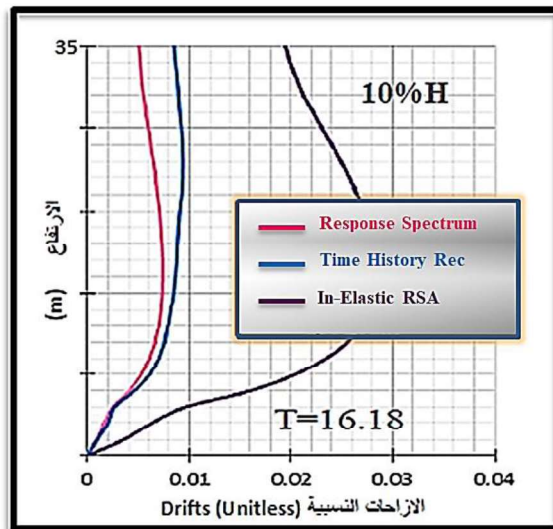
الشكل رقم (4-2): منحنيات المقارنة في الإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية للنماذج مع النموذج المعياري وفق طريقة طيف الاستجابة المرن UBC 97 (المجموعة الثانية المؤلفة من 15 طابقاً)



الشكل رقم (3-4): منحنيات المقارنة في الإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية للنماذج مع النموذج المعياري وفق طريقة طيف الاستجابة المرن UBC 97 (المجموعة الثالثة المؤلفة من 20 طابقاً) وبإعادة التحليل وفق طريقة التأريخ الزمني لسجل زلزال (Chi-Chi. Taiwan 1999) وتعديله بما يتوافق مع طيف الاستجابة التصميمي الموافق للمنطقة الزلزالية وشدتها ، الشكل (4-4) ، و طريقة طيف الاستجابة غير المرن وفق كود البناء الموحد.

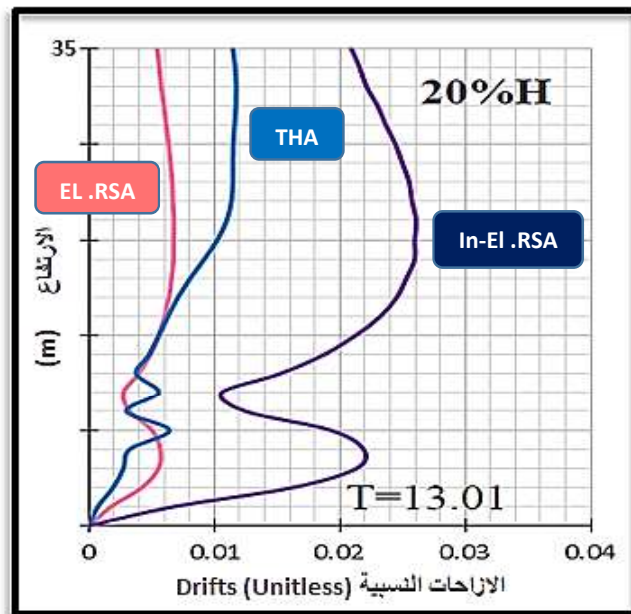


الشكل رقم (4-4): مخطط طيف الاستجابة المعدل وفق سجل الزلزال (Chi-Chi 1999) كانت نتائج الاستجابة للإزاحات الطابقية النسبية الأعظمية وعند كل دور مُحدد ، هي كما في المخططات التالية:



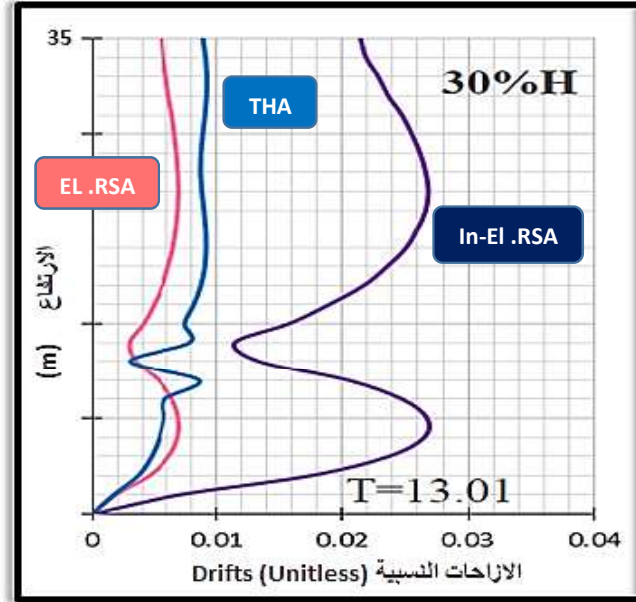
الشكل رقم (4-5): مقارنة منحنيات الإزاحات الطابقية النسبية الاعظمية وُفق كل تحليل بوجود البلاطة عند منسوب

10%.H



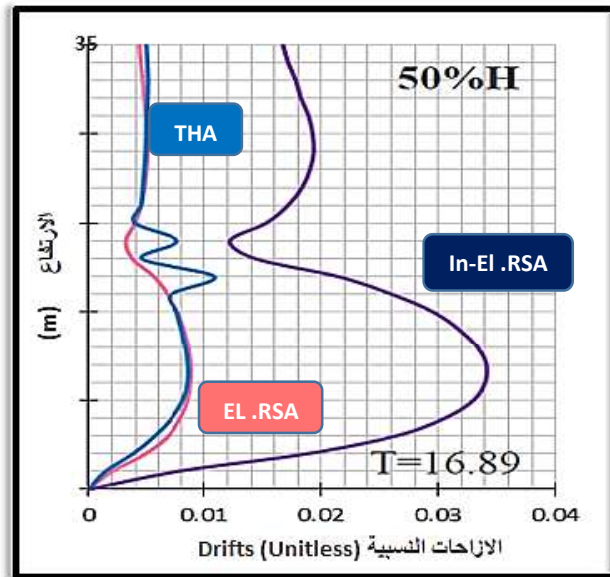
الشكل رقم (4-6): مقارنة منحنيات الإزاحات الطابقية النسبية الاعظمية وفق كل تحليل بوجود البلاطة عند منسوب

20%.H



الشكل (7-4) مقارنة منحنيات الإزاحات الطابقية النسبية الاعظمية وفق كل تحليل بوجود البلاطة عند منسوب

30%.H



الشكل رقم (8-4): مقارنة منحنيات الإزاحات الطابقية النسبية الاعظمية وفق كل تحليل بوجود البلاطة عند منسوب

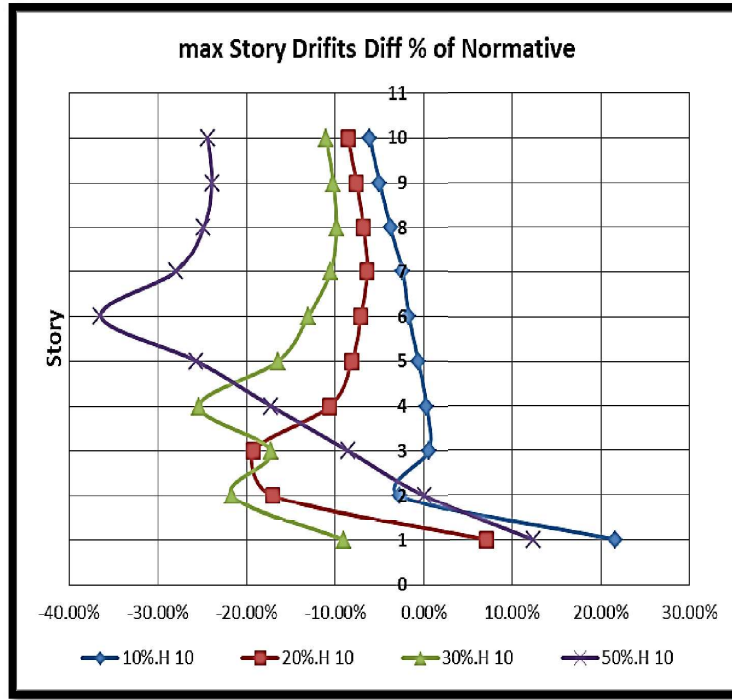
50%.H

حسابات التغير النسبي عن النموذج المعياري : تعتمد حسابات التغير النسبي على نتائج المعادلة التالية .

$$Diff \% = \frac{Ti - N}{N} \times 100$$

حيث أن :

(Ti) تمثل قيم الإزاحات الطابقية النسبية Inter Story-Drifts عند كل طابق و من كل نموذج .
 (N) تمثل قيم الإزاحات الطابقية النسبية عند كل طابق موافق من النموذج المعياري
 وكانت التغيرات النسبية للإزاحات الطابقية النسبية الاعظمية ولمجموعة الأبنية ذات العشر طوابق هي كالتالي.



الشكل رقم (9-4): منحنيات التغير النسبي للإزاحة الطابقية النسبية الاعظمية

المناقشة :

يُلاحظ من التغيرات النسبية أنها لم تسلك سلوكاً خطياً في كل المنحنيات مع تغيّر منسوب البلاطة الناقلة عن منسوب التأسيس و نسبة من الارتفاع الكلي للبناء (H) .

اذ أنّ التغير النسبي للإزاحة Inter Story-Drifts في النموذج الذي تكون فيه البلاطة الناقلة عند منسوب 10%.H بدأ بالازدياد وذلك عند منسوب الطابق الأول (الذي يحتوي على البلاطة الناقلة) بقيمة +21% تقريباً ، لتتخفّف بعدها عند منسوب الطابق الثاني بقيمة 3%- و تعاود الزيادة بين منسوبي الطابقين الثالث والرابع بشكل بسيط وبعدها تتخفّف بشكل تدريجي حتى منسوب الطابق الأخير ليصل الى نسبة انخفاض 6%- تقريباً وهذه النسبة هي العظمى .

أما في المنحني الذي يُمثل وجود البلاطة الناقلة عند منسوب 20%.H فكان يسلك سلوكاً مشابه تقريباً للنموذج السابق الا أن الزيادة الحاصلة في التغير النسبي الحاصل عند منسوب الطابق الأول بدأت بالانخفاض واصبحت تساوي 8%+ ومن بعدها استمرت النسب بالانخفاض حتى منسوب الطابق الأخير ، الا أنه بدأت تظهر النسبة العظمى في غير مكان الطابق الأخير كما هو الحال في النموذج السابق وانما ظهرت عند منسوب الطابق الثالث الذي يعلو الطابق المُحتوي على البلاطة الناقلة مباشرة بقيمة 20%- .

المنحني الثالث والذي يُمثل وجود البلاطة الناقلة عند منسوب H. 30% فكان يسلك سلوك متذبذب في جزء منه إذ بدأ بنسبة انخفاض 9%- عند منسوب الطابق الأول و تابع الانخفاض حتى الطابق الثاني و من ثم تراجع حتى الطابق الثالث وبعدها عاود الانخفاض حتى منسوب الطابق الرابع بقيمته العظمى عندها والتي هي في المنسوب الذي يعلو الطابق الناقل مباشرة والتي تساوي 26%- ، و من بعد ذلك بدأ يتراجع المنحني بشكل متعرج حتى منسوب الطابق الأخير. لوحظ أن قيم النسب في المنحنيات الثلاثة وعن منسوب الطابق الاخير متقاربة .

المنحني الرابع والذي يُمثل وجود البلاطة الناقلة عند منسوب H. 50% عاد سلوك المنحني الى أمثاله كما في المنحنيين الاول والثاني ، إذ بدأ بقيمة زائدة تساوي 12%+ عند منسوب الطابق الأول وبعدها استمر بالانخفاض لقيمته العظمى التي تساوي 37%- عند منسوب الطابق السادس الذي يعلو مباشرةً الطابق الحاوي على البلاطة الناقلة وبعدها تراجع بشكل متعرج حتى منسوب الطابق الأخير بقيمة انخفاض والتي تساوي 24%- وهي اكبر بكثير من المنحنيات الثلاث الاولى .

التعليق على النتائج :

إن وجود البلاطة الناقلة والتي تتمثل بكتلة ضخمة في أحد مناسيب المبنى ، سيؤدي بذلك إلى حدوث حالة عدم انتظام واضح في جُملة المبنى الشاقولية ، وعليه فإن التغير الحاصل في قيم الإزاحات الطابقية النسبية سينتج بشكل تلقائي ، ولكن بنسب مختلفة عند كل توضع للبلاطة الناقلة ، فارتفاع البلاطة الناقلة في المنسوب سيخفف من حجمها وكتلتها لكون الحمولات فوقها ستخفف ويقل تأثيرها ، مما يسبب انخفاضاً واضحاً في المنحنيات ، وكون الجُملة المقاومة للأحمال الجانبية تنقطع فقط في الطابق أسفل البلاطة الناقلة وتستمر بعدها حتى الاساسات ، فهذا سيعطي مقاومة جيدة لجُملة البناء التحتية مما يساهم أيضاً في تخفيض نسب التغير الحاصل في الإزاحات الطابقية النسبية.

5- الاستنتاجات :

1. بالمقارنة بالنموذج المعياري (الذي لا يحتوي على بلاطة ناقلة) فإن الإزاحات الطابقية النسبية كانت أكبر ما يمكن في النموذج الذي تتوضع فيه البلاطة الناقلة عند H. 10% ، أما القيمة الأكثر انخفاضاً في منحنيات التغير النسبي فقد كانت في النموذج الذي تكون فيه البلاطة الناقلة عند منسوب H. 50% .
- وَأما التغيرات في المنحنيات عند منسوبي H. 30% ، H. 20%، فقد كانت تميل للانخفاض غالباً وبشكل متوسط عن النموذجين المذكورين أعلاه ، (اي مع النموذجين H. 50% & H. 10%).
2. كلما ارتفع منسوب البلاطة الناقلة فإن التغيرات النسبية تميل للتغير بشكل كبير ما بين زيادة وانخفاض على كامل طوابق المبنى ، وتحدث الزيادة في متطلبات المطاوعة عندما تقع بلاطة النقل في منتصف ارتفاع المبنى .
3. جميع المنحنيات أبدت انخفاضاً في نسبة التغير النسبي في منسوب الطابق الذي يعلو البلاطة الناقلة مباشرة ، وكل هذه النتائج تعطي استقراراً واضحاً لاختيار الموضع الامثل للبلاطة الناقلة والذي يستحسن أن يكون في المجال الواقع بين المنسوبيين H. (20 ~ 30%)
4. في حالة وجود بلاطة النقل في المنسوب الأعلى ، حيث يسيطر النمط الأول على استجابة المبنى ، يميل المبنى في سلوكه الى الحصول على درجة حرية واحدة وتشكل ميكانزم انهيار، ويبالغ تحليل طيف الاستجابة الخطي Linear Response Spectrum في تقدير استجابة المبنى .
5. إن اختلاف طرق التحليل أعطت تصوراً واضحاً لسلوك الأبنية تحت تأثير الزلازل ، و الفروق الحاصلة بين كل طريقة وأخرى ، في الحالات المرنة وغير المرنة .

6- التوصيات :

يُوصى بالقيام بإجراء تحليلات زلزالية لاخطية على الأبراج العالية High Rise Buildings والبحث في الجمل الانشائية المقاومة الأخرى ، والبحث في تطور تشكل المفاصل اللدنة في الإطارات المقاومة للعزوم وفقاً لتنوع الجمل الانشائية المساهمة معها اعتماداً على توضعات البلاطة الناقلة محل البحث.

7-المراجع :

1. الكود الأساس العربي السوري . الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة . الطبعة الرابعة دمشق 2012 .
2. الملحق (2) من الكود العربي السوري (2013) . تصميم و تحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل . الطبعة الثانية . دمشق . 2013 .
3. Chopra A. K., "Dynamics of Structures (2001)." Theory and Applications to Earthquake Engineering" , 2nd Ed., Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 2001.
4. Martínez-Rueda J. M and Elnashai A.S (1997). " Confined Concrete Model under Cyclic Load", Materials and Structures/Materiaux et Constructions, Vol. 30, April 1997, pp 139-147
5. Li C.S., Lam S. S. E., Zhang M. Z., and Wong Y. L and Li et al. (2006)." Shaking Table Test of a 1:20 Scale High-Rise Building with a Transfer Plate System". USA : ASCE Journal of Structural Engineering, Vol. 132, No. 11, 2006.
6. Paulay T., and Priestley M. J. N. and Paulay and Priestley. 1992. "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building" . USA : John Wiley & Sons, New York, 1992.
7. Paz, M., & Leigh, W. 2004. Structural dynamics, 5th edition: Updated with SAP 2000. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Pub.USA. 2004 .
8. Yong L., Tassios T.P., Zhang G.F., and Vintzileou E. and Yong L et al. 1999. "Seismic Response of Reinforced Concrete Frames with Strength and Stiffness Irregularities". China : ACI Structural Journal, Vol. 96,No. 2, 1999. Title no. 96-S24.
9. Yoshimura, M. 1997. "Nonlinear Analysis of a Reinforced Concrete Building with a Soft First Storey Collapsed by the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake" . China : Cement and Concrete Composites, 1997.