

تأثير الجائز الشبكي الرابط والمدادات على الإزاحات والانتقالات الطابقية في الأبنية المختلطة العالية

وسام علي ماوردي*

(تاريخ الإيداع 10 / 8 / 2015. قُبل للنشر في 21 / 1 / 2016)

□ ملخص □

يعتبر شرط عدم خروج المنشأ عن الاستثمار نتيجة الإزاحات النسبية (Storey Drifts) والانتقالات الطابقية (Storey Displacements) غالباً هو المتحكم في تصميم الأبنية العالية، ومن الأنظمة الأكثر شيوعاً والمستخدمه في الأبنية العالية لتقليل تلك الانتقالات هي نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات.

يشمل هذا البحث إجراء مقارنة للإزاحات النسبية والانتقالات الطابقية في مبنى عالٍ مختلط معرض لقوى الزلازل مؤلف من أعمدة خارجية معدنية ذات مقطع (W) و (HP) وفق مواصفات الكود الأمريكي، ونواة داخلية بيتونية ذات مقطع (4*4m)، وذلك في أربع حالات [المبنى دون نظام الجائز الشبكي الرابط و المدادات (MWB T)، والمبنى مع نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات (MBT2) عند الارتفاعين (0.5H, H)، والمبنى مع نظام الجائز الشبكي والمدادات (MBT3) عند الارتفاع (0.33H, 0.67H, H)، والمبنى مع نظام الجائز الشبكي والمدادات (MBT4) عند الارتفاع (0.25H, 0.5H, 0.75H, H).

تم حساب الإزاحات النسبية والانتقالات الطابقية للنموذج في الحالات السابقة باستخدام تحليل ثلاثي الأبعاد للنموذج الإنشائي المفترض وبمساعدة برنامج التحليل الإنشائي (SAP2000)، وقد تبين أن التخفيضات في الانتقالات الطابقية هي على التوالي (41.8%، 67.5%، 75.9%)، مقارنة مع الانتقالات الطابقية للمبنى دون وجود الجائز الشبكي الرابط والمدادات.

الكلمات المفتاحية: أبنية مختلطة عالية، الجائز الشبكي الرابط، المدادات، الإزاحات الطابقية، قوى الزلازل.

* قائمة بالأعمال - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية

The effect of using belt truss and outriggers system on storey displacements and storey drifts in high-rise composite building

Wesam Ali Mawardy*

(Received 10 / 8 / 2015. Accepted 21 / 1 / 2016)

□ ABSTRACT □

The design of high-rise building by its serviceability often depends on storey displacements and storey drifts. One of the most effective techniques is the use of outriggers and belt truss system in composite structures that can reduce lateral deflection and storey drifts in High-rise buildings. This research studies the use of outriggers and belt truss system for high-rise composite building subjected to earthquake load, consists of columns (W) and (HP), and beams (W), and central concrete core. Using (SAP2000) in three-dimensional (3D) analysis of building, storey displacements and storey drifts has been compared in four cases:

1. (MWBT): Model without belt truss and outriggers.
2. (MBT2): Model with two belt truss and outriggers at the levels (0.5H, H).
3. (MBT3): Model with three belt truss and outriggers at the levels (0.33H, 0.67H, H).
4. (MBT4): Model with four belt truss and outriggers at the levels (0.25H, 0.5H, 0.75H, H).

Displacements reduction were 41.8%, 67.5%, 75.9%, respectively as compared to a model without any belt truss and outrigger system. So, using outrigger and belt truss system in high-rise buildings increase the stiffness and makes the structural form efficient under lateral load.

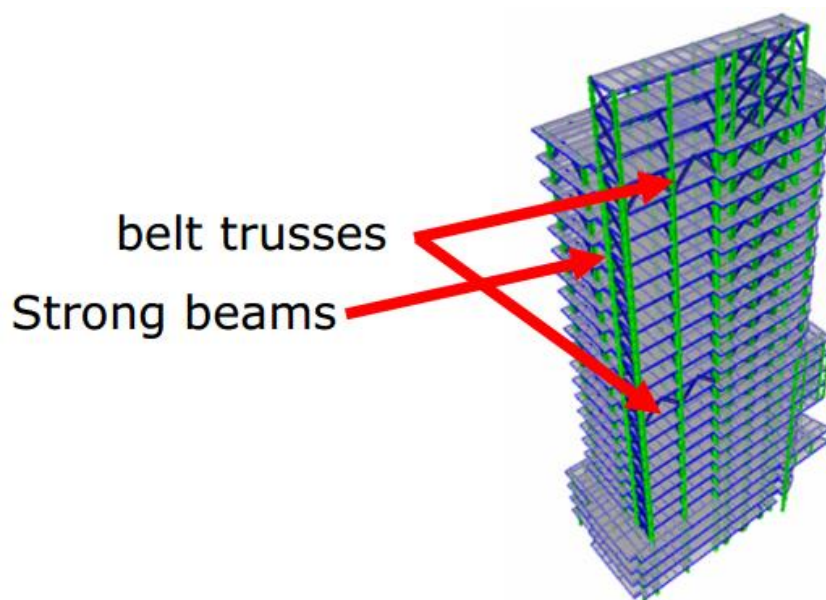
Keywords: High composite buildings, belt truss, outriggers, storey drifts, earthquake load.

*Academic Assistant, Department Of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

استخدم نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات في الكثير من الأبنية المختلطة العالية حول العالم خلال العقود الأخيرة، كإحدى الطرق الإنشائية للتحكم بالإزاحات الزائدة المتولدة عن القوى الجانبية، وذلك لم له من أهمية في تقليل الأضرار الإنشائية والغير إنشائية التي تسببها القوى الجانبية الصغيرة والمتوسطة المتولدة عن كل من الرياح والزلازل. إذ يربط الجائز الشبكي الأعمدة الخارجية للمبنى، بينما تربط المدادات الأعمدة الخارجية مع النواة المركزية، وهكذا تقيد الأعمدة الخارجية النواة من الدوران من خلال المدادات.

أحد الأبنية المختلطة العالية المزودة بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات هو البرج المركزي العالمي في بوخارست - رومانيا (Tower Center International Bucharest, Romania)، الذي صمم وفق الكود الأوروبي EN1998-1 كما يظهر الشكل (1)، إذ تم تزويد المبنى بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات عند مستويين من ارتفاع المبنى.



الشكل (1) البرج المركزي العالمي في بوخارست - رومانيا

على الرغم من فعالية نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات إلا أن هناك اعتراض على إشغال المدادات لمساحة كبيرة من الطابق، وقد تم التغلب على تلك المشكلة باستعمال مدادات قطرية على خط واحد من الأعمدة.

أهمية البحث وأهدافه:

تتلخص أهمية البحث في دراسة تأثير استخدام الجائز الشبكي الرابط للحد من الإزاحات النسبية تحت تأثير الحملات الزلزالية لم لها من أهمية في التصميم وتقليل الأضرار الإنشائية والغير إنشائية التي قد تؤدي بحياة المستخدمين.

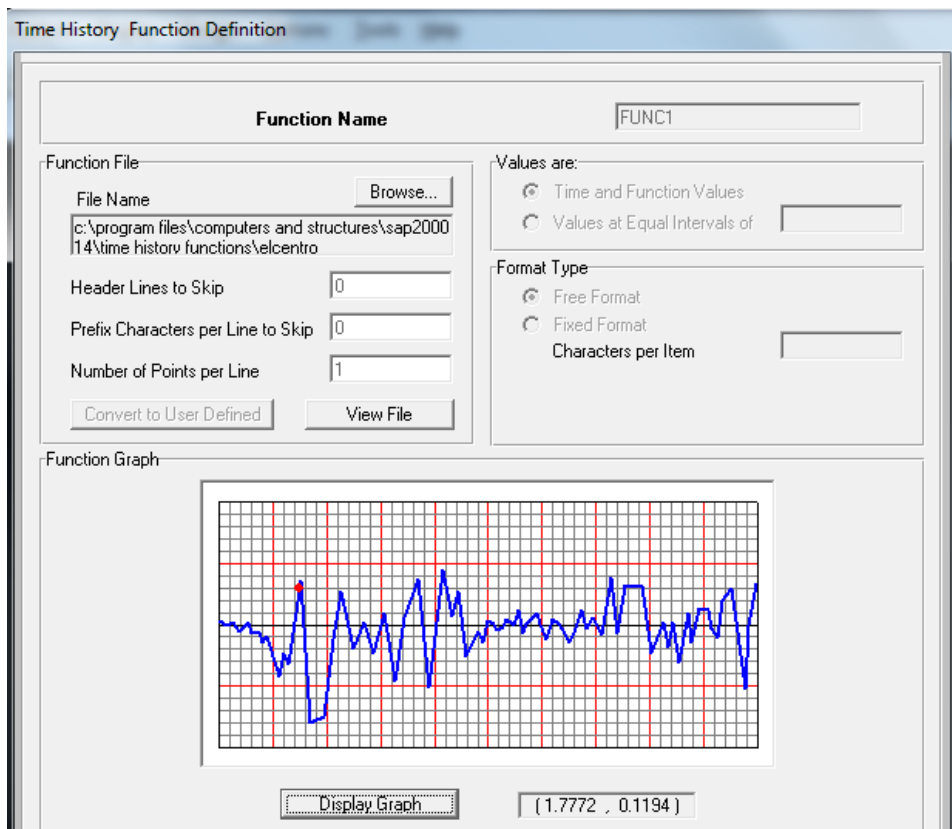
يهدف البحث إلى إجراء مقارنة للمبنى قبل وبعد تزويده بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات عند أكثر من مستو كما يظهر الجدول (1)، للحصول على أفضل نتيجة يحققها ذلك النظام بالاعتماد على توصيات الكود العربي السوري [1] في تحديد الحمولات الزلزالية وإجراء التراكبات الأساسية للأحمال المؤثرة، وحساب الإزاحات النسبية والانتقالات الطابقية ومقارنتها مع الحدود المسموحة.

جدول (1) مستويات الجائز الشبكي الرابط والمدادات

النموذج	ارتفاع الطابق (m)			
MBT2	60	120		
MBT3	39	81	120	
MBT4	30	60	90	120

طرائق البحث ومواده:

لقد أنجز هذا البحث اعتماداً على البرنامج الهندسي (SAP2000) حيث تم تحليل المنشأ تحت تأثير القوى الزلزالية وفق معطيات السجل الزلزالي العالمي (Elecentro) [2] كما يظهر الشكل (2).



الشكل (2) السجل الزلزالي للزلزال Elecentro

وتبعاً لتوصيات الكود العربي السوري [1] تم اعتماد التراكبات الأساسية في حالة الحد الأقصى التالية:

$$1.5D+1.8L$$

$$1.32D+1.1E+1.1*0.5*L$$

$$0.99D+1.1E$$

D الأحمال الميتة أو الدائمة (Dead loads):

وتشمل هذه الأحمال وزن المنشأة ذاتها

L الأحمال الحية (Live loads):

وتشمل الأحمال الناتجة عن استثمار المبنى أو المنشأة ولا تشمل الأحمال الناتجة عن البيئة المحيطة بالمبنى

كأحمال الرياح أو الثلج أو المطر أو الزلازل أو الفيضانات أو ما شابه.

E: القوة الناتجة عن الهزة الأرضية

بعد إدخال الأحمال السابقة تم التحليل وفق البرنامج الهندسي (SAP2000)، وبما أن ارتفاع المبنى يزيد على

(73m) لابد من التحليل الديناميكي وفق اشتراطات الكود العربي السوري، باعتماد طريقة - التحليل باستعمال التاريخ

الزمني (التسجيلات الزمنية) (Time History) _ وهو تحليل للاستجابة الديناميكية للمنشأة عند كل زيادة في الزمن

وذلك عندما تخضع قاعدة المنشأة إلى حركة محددة للأرض لها تاريخ (تسجيل) زمني [3].

تهدف الدراسة التحليلية للجمل الإنشائية إلى إيجاد الإجهادات الداخلية في كل عنصر من عناصر هذه الجملة،

وتحديد أشكال التشوهات والإزاحات والهبوطات، من خلال حل المسائل المتعلقة بسلوك تلك الجملة تحت تأثير

الحمولات المختلفة [4].

تمت مقارنة الإزاحات النسبية الناتجة مع الحدود المسموحة لها وفق الكود العربي السوري، الذي يوصي بحساب

الإزاحات النسبية باستعمال الانتقال الأعظمي الناتج عن الاستجابة اللامرنة (Δ_M)، حيث لا تتجاوز الإزاحة النسبية

(إزاحة الدور) المحسوبة باستعمال (Δ_M) المقدار (0.02) مرة من ارتفاع الطابق للمنشآت التي فترتها الأساسية

(دورها) أكثر أو تساوي (0.7sec).

بحسب الانتقال الأعظمي (Δ_M) الناتج عن الاستجابة (الحركة) اللامرنة كما يلي [1]:

$$\Delta_M = 0.7 * R * \Delta_s$$

تحديد قيمة R:

وهو معامل الجملة الإنشائية لمقاومة القوى الجانبية.

عندما يزيد ارتفاع المنشآت على (49m) يجب استعمال تراكيب الجمل الثنائية والإطارات الخاصة المقاومة

للعزوم في مقاومة القوى الزلزالية وعليه تأخذ R القيمة 8 وفق ملحق الكود 2012 الخاص بالزلازل.

Δ_s الإزاحة النسبية (Storey Drift):

وهي الفرق بين الانتقال الجانبي عند منسوب طابق معين، والانتقال الجانبي عند منسوب الطابق أسفل هذا

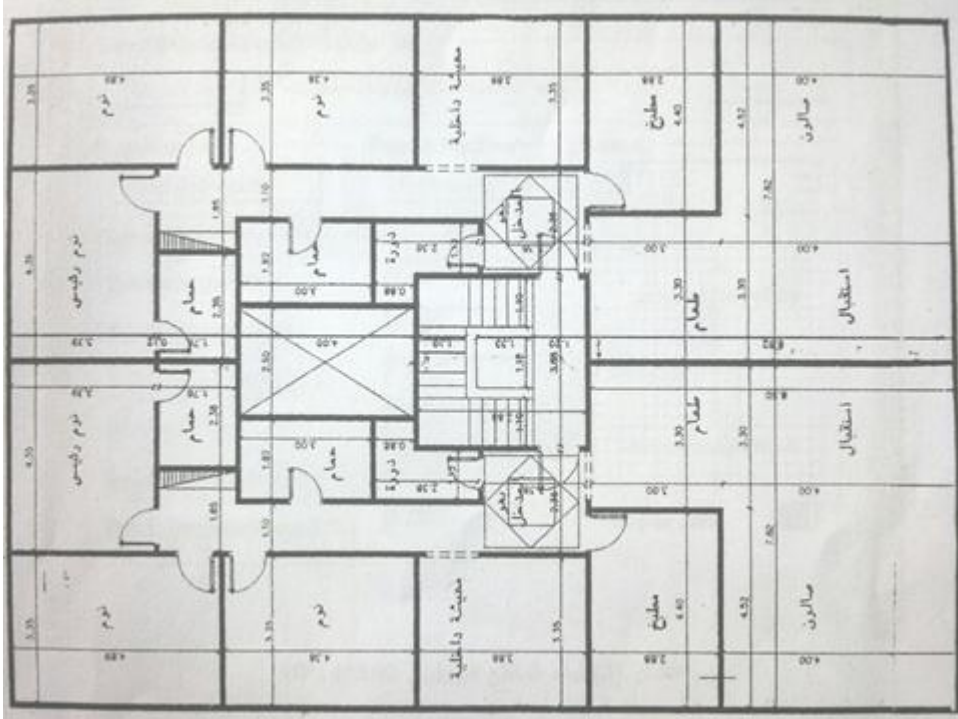
المنسوب أو أعلاه.

الانتقال الطائقي (Storey Displacement):

يمثل انتقال الطابق (الدور) عند المنسوب X بالنسبة إلى قاعدة المبنى أو المنشأة.

وصف النموذج:

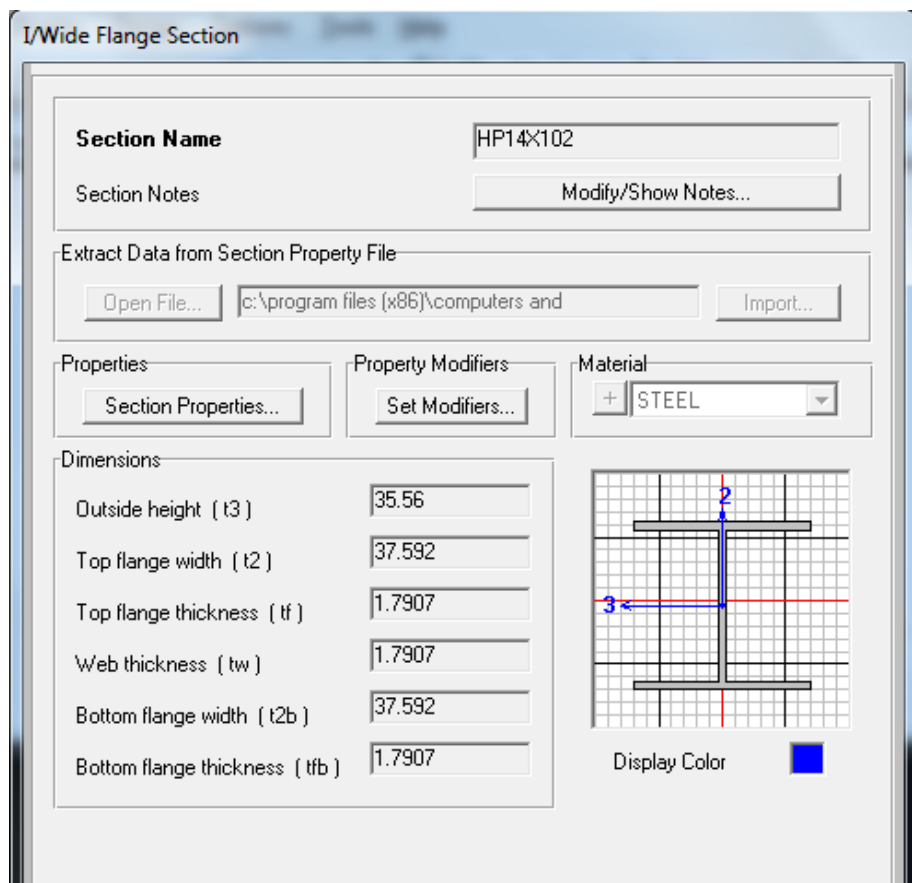
يتألف المبنى من (40) طابقاً، بارتفاع (3m) للطابق، والارتفاع الكلي للمبنى (123m).
يبين الشكل (3) مسقطاً أفقياً للمبنى المدروس.



الشكل (3) المسقط الأفقي للمبنى المدروس

العناصر الإنشائية المستخدمة:

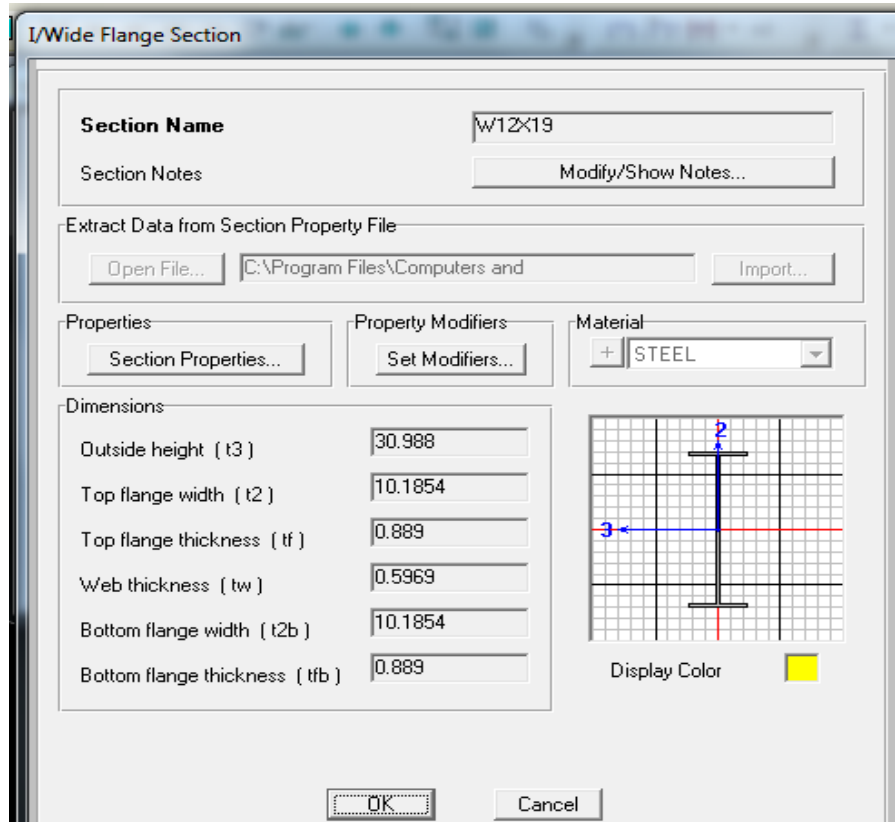
- 1 الأعمدة: تم اختيار أعمدة فولاذية ذات مقطع (HP) و (W) وفق مواصفات الكود الأمريكي، باتصال مفصلي مع الجوائز [5] موضحة في الشكل (4) و (5).
- 2 تواء بيتونية مسلحة موثوقة عند القاعدة بأبعاد (4*4m)، وسماكة (30cm)، تظهر في الشكل (6).
- 3 للجوائز: تم اختيار جوائز معدنية ثانوية ورئيسية بمقاطع من السلسلة (W)، باتصال مفصلي، تقوم بنقل الأحمال الشاقولية إلى الأعمدة ومنها إلى القواعد، موضحة بالجدول (2) [6].
- 4 للبلطة: وهي عبارة عن أرضية بيتونية ذات سماكة (25cm).
- 5 للجانز الشبكي الرابط والمدادات [7]: تم اختيار مقاطع زوايا مزدوجة متساوية الضلعين (10*150*150) وفق مواصفات الكود الأمريكي، الشكل (7).



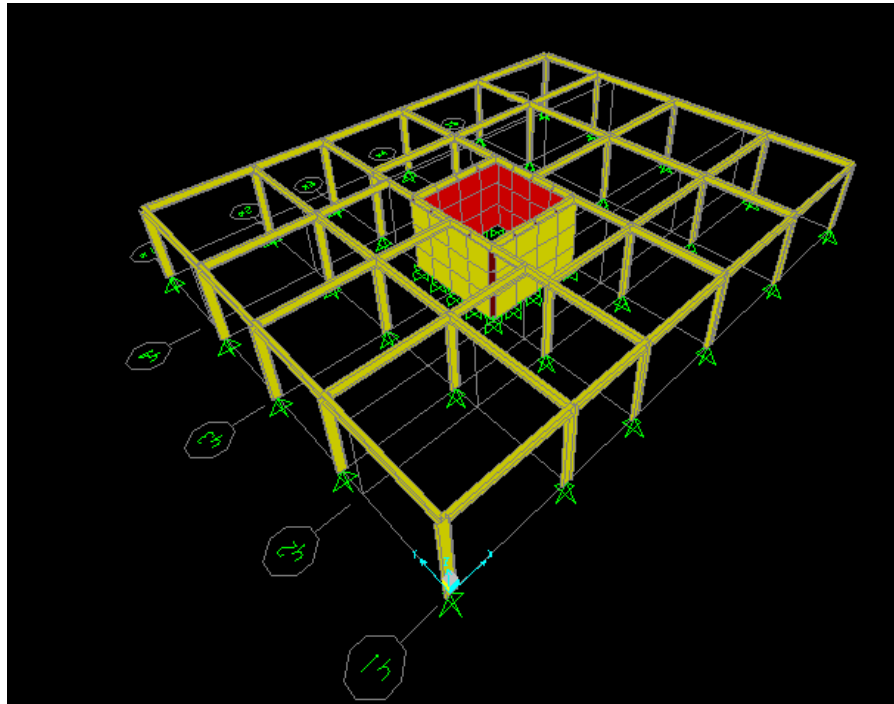
الشكل (4) أبعاد المقطع البروفيلي HP14*102

جدول (2) مقاطع الأعمدة والجوائز المستخدمة

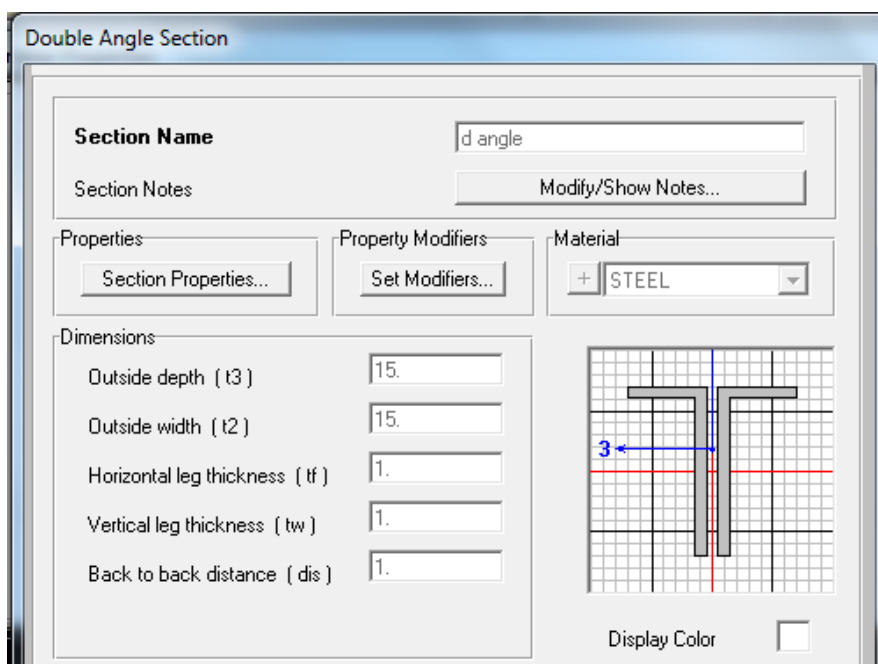
رقم الطابق	مقطع العمود	مقطع الجائز
1-5	W14*211	W16*26
5-10	W30*191	W16*26
10-15	W14*159	W10*12
15*20	W14*132	W10*12
20-25	HP14*102	W12*19
25-30	HP14*73	W12*16
30-35	HP10*42	W12*14
35-40	W8*28	W12*14



الشكل (5) أبعاد المقطع البروفيلي W12*19



الشكل (6) النواة البيتونية المسلحة

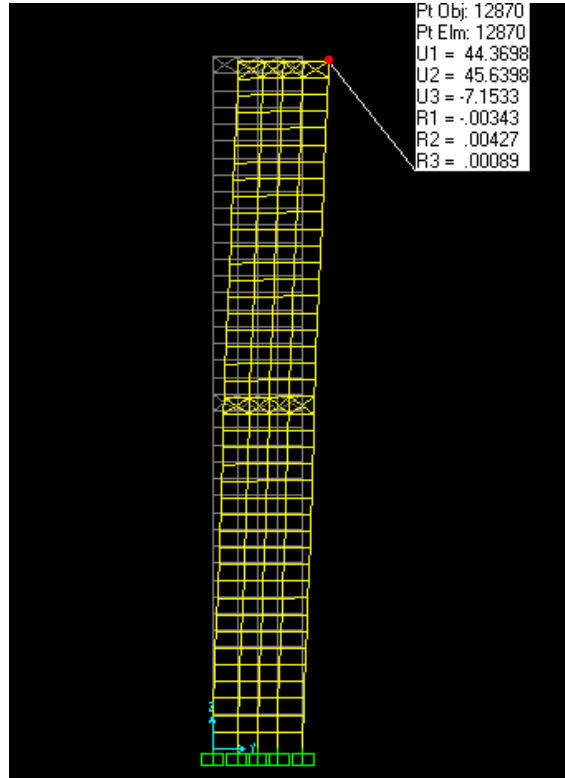


الشكل (7) أبعاد المقطع البروفيلي 2L 150*150*10 المستخدم في الجائز الشبكي الرابط والمدادات

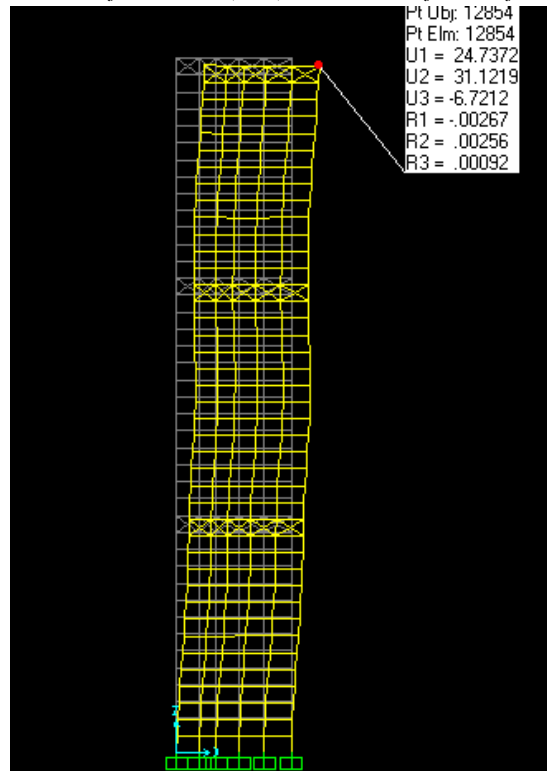
النتائج والمناقشة:

تظهر الدراسة المقدمة لمبنى مختلط عال تم تزويده بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات أن استخدام هذا النظام يحسن من استثمار وخدمة المنشأ وخصوصاً "بمجال تقليل الأضرار الغير إنشائية التي أصبحت من التصاميم المسيطرة على دراسة المنشأ.

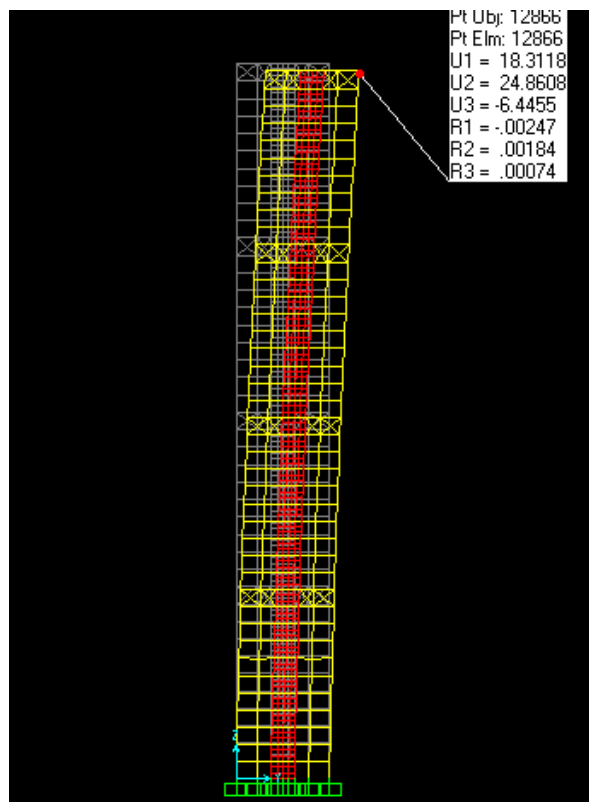
بعد تحليل المنشأ بالاعتماد على البرنامج الهندسي الإنشائي (SAP2000) تم الحصول على الانتقالات الطابقية للمبنى في حالاته الثلاث (MBT2) و (MBT3) و (MBT4) كما يظهرها الشكل (8) و (9) و (10) على التوالي، ومقارنتها مع الانتقالات الطابقية للمبنى قبل وضع نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات، ونظمت النتائج في الجدول (3) الذي يبين الإزاحات النسبية والانتقالات الطابقية للمبنى الناتجة عن الحمولات المعرفة سابقاً.



الشكل (8) الانتقال الطابقى الأعظمى للمبنى باستخدام نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات عند مستويين



الشكل (9) الانتقال الطابقى الأعظمى للمبنى باستخدام نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات عند ثلاث مستويات



الشكل (10) الانتقال الطابقي الأعظمي للمبنى باستخدام نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات عند أربعة مستويات

جدول (3) الإزاحات النسبية والانتقالات الطابقية للمبنى مقدره بال (cm)

النموذج	MWBT	MBT2	MBT3	MBT4
الانتقال الطابقي الأعظمي	76.24	44.37	24.74	18.31
Δs	1.39	1.28	0.77	0.55
ΔM	8.27	7.62	4.58	3.27
نسبة التخفيض %	—	41.8	67.5	75.9
الإزاحة النسبية المسموحة	6	6	6	6

- سنعتبر التسمية (MWBT) للنموذج بدون وجود نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات.
 - التسمية (MBT) للنموذج مع نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات، وفيه تم تحليل النموذج من أجل مواقع مختلفة للجانز الشبكي الرابط.
- أظهرت النتائج الموضحة في الجدول (3):
- التخفيض في الانتقال الطابقي باستخدام نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات عند وضعه على الارتفاع (H, 0.5H) كان 41.8%
- ويوضع نظام الجانز الشبكي الرابط والمدادات عند الارتفاع (H, 0.67H, 0.33H) كان التخفيض 67.5%

بينما وضع نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات على الارتفاع ($H, 0.75H, 0.5H, 0.25H$) أعطى تخفيضاً قدره 75.9%

نظراً للنتائج المعروضة سابقاً يتبين لنا مدى فعالية استخدام نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات في الأبنية العالية للتقليل من الانتقالات الطابقية الناتجة عن القوى الزلزالية.

الاستنتاجات والتوصيات:

لا تقتصر فعالية الجائز الشبكي الرابط والمدادات على الانتقالات الطابقية الأفقية، إنما له تأثير أيضاً في الحد من الإزاحات النسبية في الأبنية المختلطة العالية.

إن تزويد الأبنية العالية المختلطة بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات يحد من الانتقالات الطابقية والإزاحات الجانبية الناتجة عن القوى الزلزالية، إذ تبين الدراسة المقدمة أن استخدام نظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات عند ثلاثة مستويات من ارتفاع المبنى، قلل من الانتقالات والإزاحات النسبية وجعلها ضمن الحدود المسموحة وفق اشتراطات الكود العربي السوري، في حين تزويد المبنى بنظام الجائز الشبكي الرابط والمدادات عند مستويين قلل من الانتقالات والإزاحات النسبية لكن لم يجعلها ضمن الحدود المسموحة.

لذا ينصح باستخدام نظام الجائز الشبكي الرابط عند أكثر من مستو في الأبنية المختلطة العالية وخاصة النحيفة وذلك للحصول على صلابة كافية وتجنب الاهتزازات الغير مرغوب فيها والتي تزجج المستخدمين، وبالتالي تحقيق الاستقرار ضد القوى الجانبية المؤثرة.

المراجع:

- 1- الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، نقابة المهندسين، دمشق 2012، 47-95.
- 2- IYENGAR, HAL, *Composite and Steel High Rise Systems*. Habitat and The High-Rise, Tradition & Innovation. In Proceedings of The Fifth World Congress. Amsterdam, The Netherlands, Bethlehem, Pa: Council on Tall Building and Urban Habitat, Lehigh University, May 1995,14-19
- 3- SMITH B.S ET AL, *Offset Outrigger Concepts for Tall Building Structures*. Tall Building Structure-A World View. In Proceedings of 67th Regional Conference in Conjunction with ASCE Structures Congress XIV, Chicago, Illinois, USA. Bethlehem, pa: Council on Tall Building and Urban Habitat Lehigh University, April 1996, 15-18.
- 4- TARANATH, B. *Structural Analysis & Design of Tall Buildings*. New York, Mc Graw Hill, 1998.
- 5- R. S. NAIR, *Belt Trusses and Basements as "Virtual" Outriggers for Tall Buildings*. Engineering Journal / Fourth Quarter/ 1998.
- 6- P.S. KIAN and F.T. SIAHAAN, The use of outrigger and belt truss system for high-rise concrete buildings. Dimensi Teknit Sipil, Volume 3, No1, March 2001, 36-41.
- 7- SCHUELLER, WOLFGANG. *The Vertical Building Structures*. New York, Van Nostrand Reinhold, 1990.