

دراسة الاستجابة الزلزالية للأبنية البيتونية

العالية مع أخذ أثر التربة بعين الاعتبار

م. وليد العزو المراد¹

د.م. أمجد الحلواني²

الملخص

تعرض الهياكل الإنشائية لقوى أفقية مدمرة أثناء تعرضها لزلزال قوية، إن تضرر الأبنية العالية سيهدد حياة السكان أو على الأقل ستتوقف هذه الأبنية عن تقديم المستوى المطلوب من الإشغال الوظيفي. لهذا السبب يجب تصميم هذه الأبنية وفقاً للشروط التي تضمن الأداء المناسب أثناء وبعد الزلزال. إن أحد العوامل التي تؤثر على تصميم الأبنية العالية هو التفاعل الديناميكي تربة منشأ (SSI) الذي يختلف اختلافاً كبيراً مع تباين العديد من الجوانب (تربة التأسيس - الجملة المقاومة للقوى الأفقية - العديد من العوامل الأخرى) في هذا البحث، تم أخذ أثر التربة اعتماداً على الطريقة المباشرة (وسط التربة FEM) حيث تم دراسة تأثير تغيير نوع التربة (تربة طرية وقاسية) على الاستجابة الزلزالية للبناء العالي المكون من 16 طابقاً، واعتماد الجملة الثنائية لمقاومة الحمل الزلزالي، واستخدام العناصر Semi-infinite من مكتبة العناصر الصلبة لنمذجة وسط التربة (simulia's Abaqus 6.14)، وإدخال السجل الزلزالي El-Centro. أظهرت نتائج التحليل وجود اختلافات بين أنواع التربة الطرية والقاسية خاصة فيما يتعلق بقيم الانتقالات والقص القاعدي والدور.

الكلمات المفتاحية: الأبنية العالية، النظام الثنائي، تفاعل تربة-منشأ، التحليل الزلزالي، طريقة العناصر المحدودة.

¹ طالب ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية - المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق - سوريا.

² مدرس في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية - المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق - سوريا.

Study on the seismic performance of Reinforced Concrete High-Rise Building considering the effect of Soil Structure

Eng. Waleed Alozzo Almorad¹

Dr. Amjad Al-Helwani²

Interaction

Abstract

During strong earthquakes, civil structures are subjected to damaging forces. Tall buildings if damaged would threaten the life safety of inhabitants or at least would cease to offer the same level of functions. For this reason, tall buildings should be designed in accordance with the seismic provisions that ensure suitable performance during and aftermath. One of the factors that dominate tall buildings' design is the dynamic soil-structure interaction (SSI) that differs significantly with the variation of several aspects. Soil type that incorporates the building's foundations, the height of the building, the type of lateral load resisting system, and many other factors. In this research authors have considered SSI using the direct method (i.e., FEM soil medium) and studied the effect of changing soil type (soft soils and hard soils) on the performance of the tall building under consideration. The building was taken to be 16 stories, wall-framed dual system for seismic loading resistance. Semi-infinite elements from Abaqus (simulia's Abaqus 6.14) solid element library were used to model the boundaries of soil media. The seismic loading input was El-Centro acceleration time-history record. Results of analysis showed differences between soft soil and hard soil types, especially on the displacements and base shear values.

Keywords: High rise buildings, Dual system, Soil–structure interaction, Seismic analysis, Finite element method.

¹Master student at Seismic Structural Engineering Department, Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR), Damascus University, Damascus, Syria.

² Lecture, Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR), Damascus University, Damascus, Syria.

1- مقدمة (Introduction):

تعتبر الأبنية العالية حلاً مرغوباً في المناطق الحضرية بسبب التزايد السكاني المستمر وتعتبر الأسباب التالية هي الدافع من أجل زيادة عدد وارتفاع هذه المباني: السبب الأول هو الأساليب الإبداعية للمهندسين المعماريين وأما السبب الثاني فهو ارتفاع تكلفة الأراضي المخصصة للبناء في المناطق الحضرية وضيق مساحتها وأما السبب الأخير فهو منع التوسع العمراني غير المضبوط. وتم البحث عن أنظمة إنشائية مناسبة لضمان أمان المنشأ العالي أثناء تعرضه للحمولات وقدرته على أداء الوظيفة المعمارية له أثناء التشغيل، إلا أن دراسة هذه الأبنية بصرف النظر عن تربة التأسيس يمكن أن يفضي إلى تصاميم إما عالية الكلفة أو غير آمنة، خاصة عند التأسيس على الترب الطرية ولذلك ظهر التعاون بين المهندسين الإنشائيين ومهندسي الجيو تكنولوجي من خلال التفاعل المشترك بين التربة والمنشأ (SSI) والذي يعد علم يربط بين الهندسة الإنشائية وهندسة الجيو تكنولوجي، وبما أن الحمل الزلزالي هو أحد الحمولات التي يمكن أن يتعرض لها المنشأ العالي خلال فترة الاستثمار كان لا بد من دراسة الاستجابة الزلزالية للأبنية البيتونية العالية وأخذ تغير استجابة هذه الأبنية بوجود التربة.

2- دراسات سابقة:

- أجرى بيهزاد فاتاهي وزملاؤه 2016 [14] دراسة حول تحديد الاستجابة الزلزالية لبناء مكون من 15 طابق بأبعاد 12×12 وارتفاع 45 متر، بجملة إطارية بقاعدة موثوقة في المرحلة الأولى، وفي المرحلة الثانية تم أخذ مرونة الأساس من خلال نمذجة حقل التربة تحت وحول الأساس باستخدام برنامج Abaqus وبتطبيق عدة سجلات زلزالية مع تغيير أبعاد الحصيرة (1.1B, 1.3B, 1.5B, 1.7B, 2.0B) حيث تمثل (B) عرض البناء = 12متر، تم نمذجة نوع واحد من التربة والمقارنة مع حالة الأساس الموثوق. تبين زيادة في قيم دور المنشأ والانتقالات الطابقية ونقصان القص القاعدي بحالة أخذ أثر التربة

بعين الاعتبار مقارنة بحالة الأساس الموثوق، وكانت النتائج تتقارب مع حالة الأساس الموثوق كلما زادت أبعاد الحصىرة.

- أجرى حميد تابانابايفر وزملاؤه 2014 [10] دراسة حول تحديد الاستجابة الزلزالية لمبنى إطاري مكون من 15 طابق مع أخذ ثلاثة أنواع من الترب طرية ومتوسطة وقاسية ، بأبعاد $12 \times 12 \text{m}^2$ وارتفاع 45m وأساس حصىرة بأبعاد $16 \times 16 \text{m}^2$ ، تم دراسة حالة القاعدة الموثوقة، ومن ثم تم أخذ مرونة الأساس من خلال نمذجة حقل تربة باستخدام برنامج $\text{FLAC}^{3\text{D}}$ وبتطبيق عدة سجلات زلزالية مع تغيير نوع التربة، حيث تبين زيادة في قيم دور المنشأ والانتقالات الطابقية ونقصان في القص القاعدي بحالة أخذ أثر التربة بعين الاعتبار مقارنة بحالة الأساس الموثوق وذلك لجميع السجلات الزلزالية، وكانت القيم السابقة تتقارب مع حالة الأساس الموثوق كلما زادت قساوة التربة.
- أجرى شينماي وزملاؤه 2016 [4] دراسة حول تحديد أثر التربة على الاستجابة الزلزالية لبناء متعدد الطوابق حيث قام الباحث بإنشاء نماذج لبناء إطاري مكون من (4-6-8-12-16) طابق، تدور هذه الدراسة حول المقارنة بين استجابة المنشأ الموثوق عند القاعدة مع إهمال تأثير تفاعل تربة - منشأ واستجابة المنشآت العالية المرنة عند القاعدة مع أخذ تأثير التفاعل المشترك بعين الاعتبار، حيث تم استخدام الطريقة المباشرة لنمذجة التربة (PML: perfectly matched layer) والتي هي عبارة عن طريقة الطبقات الحدية الماصة، واستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي بتطبيق السجل الزمني (Elcentro1) معدل وطريقة العناصر المحدودة في النمذجة باستخدام برنامج (LS-DYNA). واعتمدت هذه الدراسة كدراسة مرجعية من أجل عدد طوابق مساوي 16.
- تم في هذا البحث دراسة السلوك الزلزالي لبناء عالي نو نظام ثنائي بتوزع مختلف لجدران القص في المسقط الأفقي، وأثر ذلك على الدور والانتقالات الطابقية والقص القاعدي، حيث تم استخدام سجل زلزالي EL-Centro في الاتجاه Y، ومدة الهزة الزلزالية المطبقة 31 ثانية.
- تم أيضاً دراسة أثر تفاعل تربة - منشأ على قيم الانتقالات الطابقية والقص القاعدي والدور ومقارنتها بحالة الاتصال الموثوق.

- اعتمد بناء عالي ب 16 طابق الأبعاد في المسقط الأفقي $12 \times 12 \text{m}^2$ الارتفاع الكلي 48m، كثافة البيتون المستخدم 2400kg/m^3 ، ومقاومته 20Mpa، وفق طريقة العناصر المحدودة باستخدام برنامج Abaqus وتم اجراء التحليل الديناميكي (Dynamic Standard)، لحالة الاتصال الموثوق للقاعدة مع التربة (Fixed - base) مع اعتبار الاتصال بين الأعمدة والجوائز وثيقة تامة وكذلك الاتصال بين الجوائز والبلاطة، أما دراسة التفاعل بين التربة والمنشأ (Soil-Structure interaction) فتمت النمذجة في برنامج Abaqus باعتبار العناصر المحيطة لحقل التربة عناصر غير منتهية (Semi finite elements) وقُورنت قيم الانتقالات الطابقية والقص القاعدي والدور مع قيمها في حالة الاتصال الموثوق.

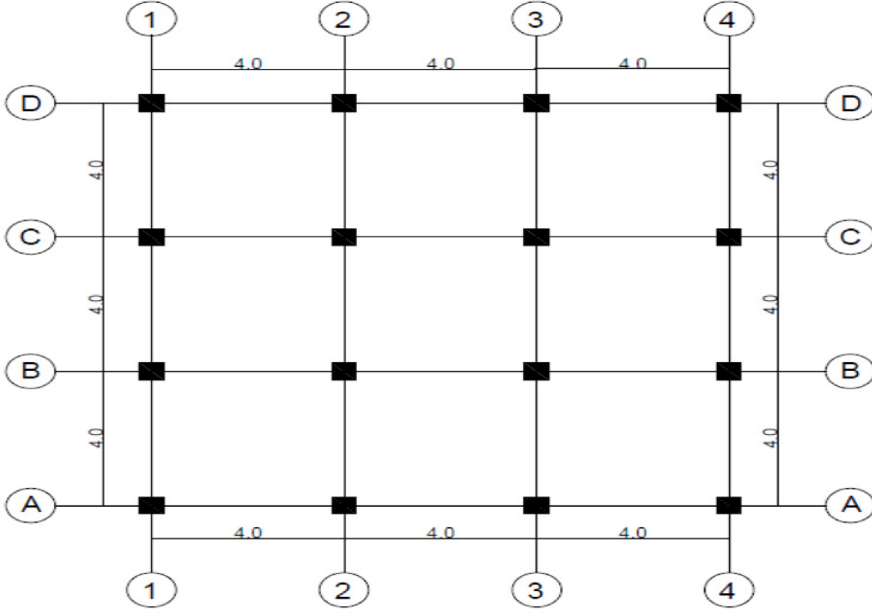
3- هدف البحث:

تكمن أهمية البحث في معرفة التوزع الأفضل لجدران القص في المسقط الأفقي الذي يعطي أفضل استجابة زلزالية في حالة الاتصال الموثوق للقاعدة مع البناء ويهدف أيضاً إلى معرفة تأثير تفاعل تربة منشأ على الاستجابة الزلزالية للأبنية العالية ذات النظام الثنائي وذلك لنوعين من الترب.

4- أبعاد البناء العالي المستخدم في الدراسة التحليلية وخواص المواد:

تم اعتماد الأبعاد الموضحة لنموذج البناء المعتمد في الدراسة التحليلية:

أبعاد المسقط الأفقي: (12m x 12m) بثلاث مجازات تباعد كل مجاز (4m) في كلا الاتجاهين وارتفاع كلي (48m) ب 16 طابقاً كما يوضح الشكل التالي:



الشكل (1) المسقط الأفقي لجملة الإطارات

أما بالنسبة لمادة البيتون تعتبر في مرحلة مرن لدن تام بمعامل مرونة 25000MPa واعتمدت نسبة تخميد 5%.

ويوضح الجدول التالي أبعاد العناصر المستخدمة في النمذجة:

أبعاد عناصر البناء (mm)		
العنصر الإنشائي	حتى الطابق الثالث	فوق الطابق الثالث
الأعمدة	600x600	500x500
الجوائز	230x230	230x230
سماكة البلاطة (150mm)		
ارتفاع الحصيصة (300mm)		

الجدول (1) أبعاد عناصر البناء المكون من 16 طابق

5- نمذجة البناء العالي باستخدام برنامج Abaqus V6.14 في حالة الاتصال الموثوق مع القاعدة:

تم بناء نموذج تحليلي وفق طريقة العناصر المحدودة

باستخدام برنامج Abaqus 6.14 الموضح في الشكل (2)

حيث يتألف النموذج بحسب النمذجة من:

- جزء إطار يحتوي على العناصر الخطية ذات الأطوال الكبيرة نسبياً بالنسبة لمقاطعها والتي تشكل أعمدة وجوائز المنشأ. استخدم في ذلك العنصر المنتهي الفراغي (B31) وهو عنصر جانزي (يتشوه بفعل القوى المحورية والقص والعزم إضافة إلى الفتل) يصلح هذا العنصر لنمذجة

الشكل (2) نموذج البناء العالي جملة إطارات

الجوائز والأعمدة. تم تقسيم الأعمدة والجوائز لعناصر من هذا النوع مع فرض طول العنصر 1000 mm بشكل وسطي في النموذج كما هو في الدراسة المرجعية.

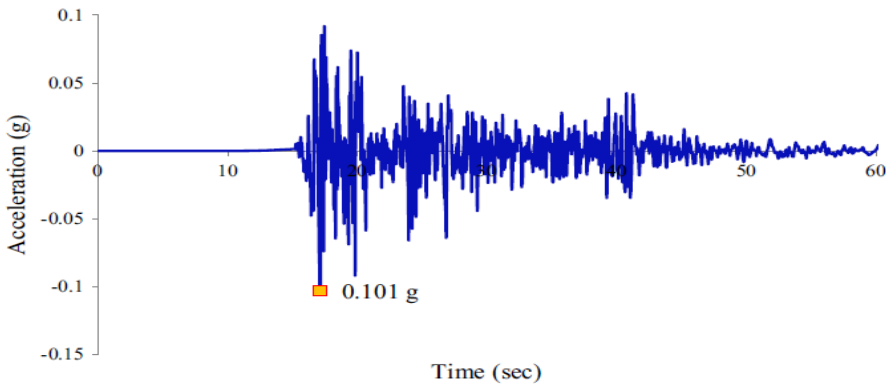
- جزء صفائحي يحتوي على العناصر السطحية المقصود بها العناصر ذات بعدين كبيرين بالنسبة للبعد الثالث الذي يقصد به السماكة، وهي تؤلف بلاطات وجدران المنشأ على اختلاف أنواعها. وفيها استخدم العنصر الصفائحي الفراغي (S4R) وهو عنصر قشري يتحمل القوى في مستوييه وخارج مستوييه يرتبط مع باقي العناصر بأربعة عقد على زواياه ذات نقاط تكامل مخفضة Reduced Integration Points تم فرض أبعاده بحيث تكون 1000×1000 mm².

- تم الربط بشكل كامل ما بين الجزء الإطار والجزء الصفائحي عند أماكن الالتقاء وبحيث ترتبط درجات الحرية في هذه النقاط بشكل كامل كما في الدراسة المرجعية.
- هناك فرضيتين لنمذجة سلوك بلاطات الطوابق، الفرضية الأولى هي فرضية الديافرام الصلب Rigid Diaphragm وهي فرضية مستخدمة على نطاق واسع عند نمذجة أبنية

البيتون المسلح خصوصاً تلك الحاوية على أنظمة البلاطات عالية القساوة في مستوياتها (البلاطات المعصبة والبلاطات الصلدة). وأما الفرضية الثانية فهي فرضية الديافرام نصف الصلب ويتم تطبيقها بحيث تؤخذ تشوهات البلاطات ضمن مستوياتها بعين الاعتبار أثناء التحليل الديناميكي تحت تأثير هزات زلزالية قوية على المنشأ. في نموذج الدراسة تم الاعتماد على نموذج فرضية الحجاب الطابقي الصلدة Rigid Diaphragm. تم إهمال التفاعل المشترك بين التربة والمنشأ أثناء التحليل الزلزالي في هذه الخطوة من التحليل لذلك لم يلجأ إلى نمذجة الأساسات بشكلها الفراغي بعد وفرضت وثاقات تامة أسفل الأعمدة والجدران عند قاعدة المنشأ لتوافق الدراسة المرجعية في مرحلتها الأولى. تم فرض حمولات خدمية ضمن المبنى على شكل كتل بغية إدخال أثرها العطالي في التحليل الديناميكي الخطي النمطي وتحليل التأريخ الزمني (Time-History).

6- الحمل المطبق:

تم تطبيق إضافةً لحمولة الوزن الذاتي، حمولة مية قدرها 400Kg/m^2 مطبقة على مساحة البلاطة، وأيضاً السجل الزلزالي Elcentro والسجل الزلزالي Elcentro المعدل - الذي تم استخدامه فقط في عملية المعايرة - (بحيث تكون أعلى قيمة تسارع 0.101g) في الاتجاه Y فقط كما يوضح الشكل التالي:



الشكل (3) السجل الزلزالي Elcentro المعدل المستخدم في المعايرة [4]

7- نموذج البناء العالي 16 طابق بجملة إطارات فقط:

من أجل التأكد من صحة النموذج ومعايرته في برنامج Abaqus تم دراسة الانتقالات العظمى والدور ونسبة القص القاعدي إلى وزن المنشأ ومقارنتها مع تلك الناتجة عن

النسب المئوية %			نتائج النموذج			نتائج الدراسة المرجعية			النموذج المدروس
			الدور (ثانية)	نسبة القص القاعدي	الانتقال (سم)	الدور (ثانية)	نسبة القص القاعدي	الانتقال (سم)	
0.333	1.156	9.279	2.99	0.0519	13.04	3	0.0513	11.83	نموذج الإطارات

الدراسة المرجعية جملة إطارات فقط، ويبين الجدول التالي نتائج الدراسة:

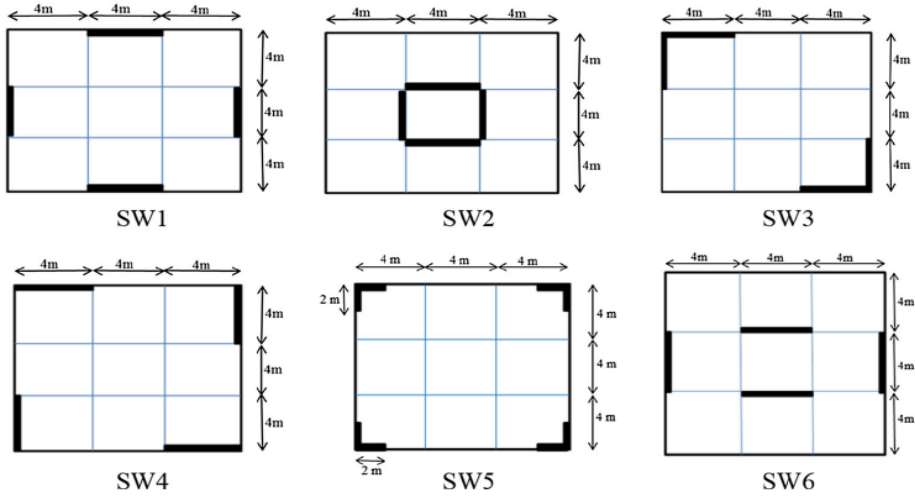
الجدول (2) نتائج الدراسة التحليلية والمقارنة مع الدراسة المرجعية

نلاحظ تقارب في قيمة الانتقال الأعظمي ودور المنشأ ونسبة القص القاعدي مقارنة مع الدراسة المرجعية المعتمدة حيث نسبة الاختلاف في نتائج الدور 0.333% وفي نتائج نسبة القص القاعدي 1.156% وفي نتائج الانتقالات 9.279%

8- تأثير وجود جدران القص في المسقط الأفقي نموذج 16 طابق:

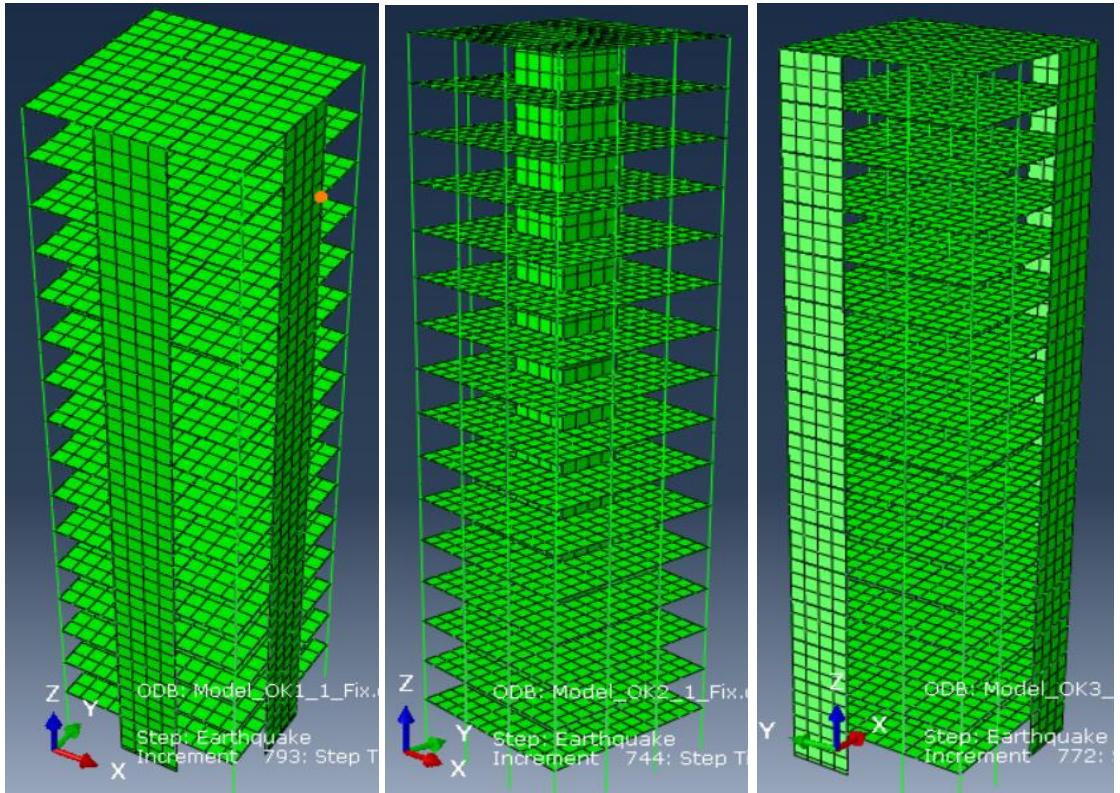
تم إضافة جدران قص كما في الشكل (4) لتحديد التوزيع الأفضل لجدران القص في المسقط الأفقي في حالة الاتصال الموثوق مع القاعدة:

تم دراسة عدة توضعات لجدران القص في المسقط الأفقي كما يبين الشكل (4)، وذلك بهدف الوصول لأفضل توزيع لجدران القص الذي يعطي أفضل استجابة زلزالية (أصغر انتقال وأصغر قص قاعدي)، حيث تم دراسة ست حالات لتوزيع الجدران في المسقط الأفقي، كما تبين الأشكال التالية:

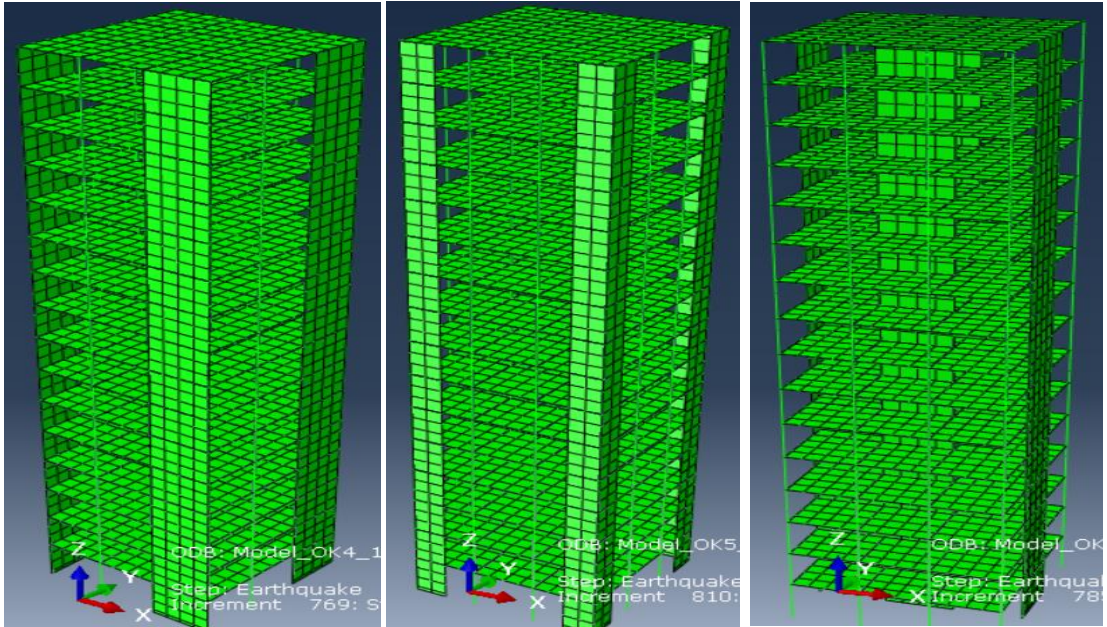


الشكل (4) توزيع مختلف لجدران القص في المسقط الأفقي

الأشكال التالية تبين النماذج الستة في حال الاتصال الموثوق عند القاعدة:



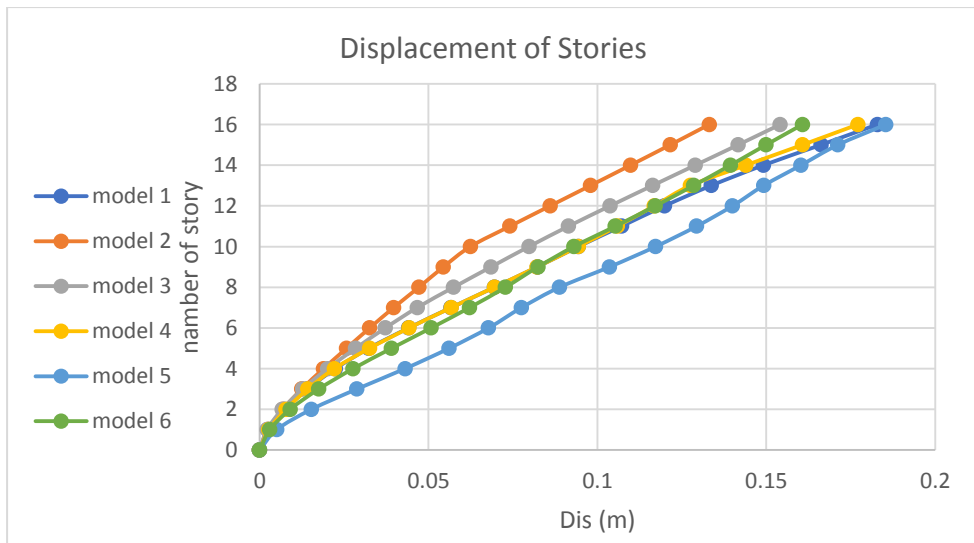
الشكل (5) النماذج التحليلية لتوزيع الجدران في المسقط الأفقي حالة النموذج الأول والثاني والثالث



الشكل (6) النماذج التحليلية لتوزيع الجدران في المسقط الأفقي حالة النموذج الرابع والخامس والسادس

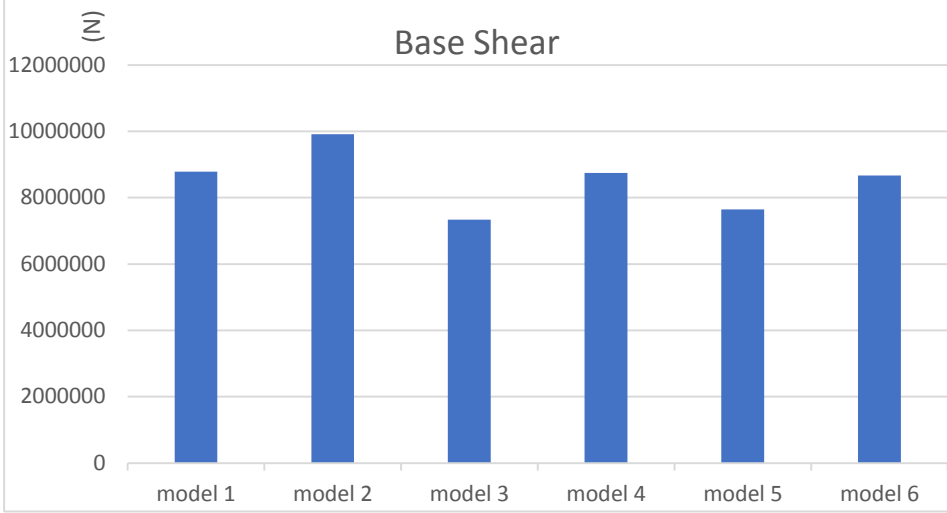
فكانت النتائج على النحو التالي:

الانتقالات الطابقية كما هو موضح في المخطط التالي:



الشكل (7) الانتقالات الطابقية لجميع النماذج حالة الأساس الموثوق

القص القاعدي كما هو موضح في المخطط التالي:



الشكل (8) القص القاعدي لجميع النماذج حالة الأساس الموثوق

الدور كما هو موضح في المخطط التالي:



الشكل (9) الدور لجميع النماذج حالة الأساس الموثوق

حيث تبين أن أصغر قيمة للانتقالات كانت في النموذج الثاني (13.3 cm) ومن ثم النموذج الثالث (18.5 cm) بينما أصغر قيمة للقصر القاعدي كانت في النموذج الثالث (7339988.75 N) وأصغر قيمة للدور في النموذج الثاني (1.42 Sec).

نلاحظ زيادة في قيمة القصر القاعدي ونقصان في قيمة الانتقالات في النظام الثنائي مقارنة مع حالة الجملة الإطارية وذلك بسبب زيادة في قساوة المنشأ.

9- نموذج جملة منشأ - تربة بإدخال أثر Soil Structure Interaction:

تم نمذجة حقل التربة في برنامج Abaqus باستخدام عناصر (infinite element) للعناصر المحيطة بالتربة والتي تستخدم عادة في المسائل التي تعرف بمجالات غير محدودة أو في المسائل التي تملك منطقة صغيرة ذات أهمية مقارنة بالوسط المحيط وعادة ما تكون مقرونة بعناصر منتهية.

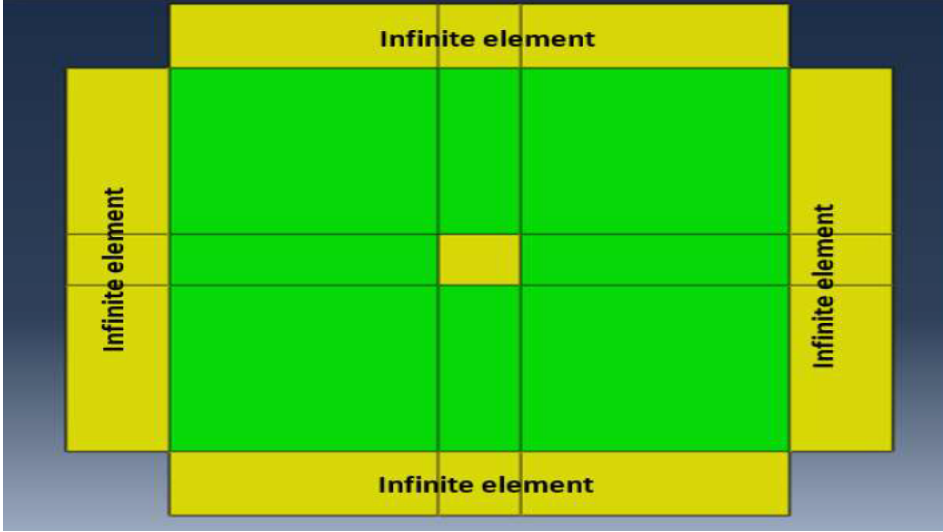
تم اعتماد معيار موهر كولومب في إدخال خصائص التربة.

تتضمن النمذجة الخطوات التالية:

- إدخال الأبعاد الهندسية للنموذج المستخدم (البناء العالي - حقل التربة)
- تعريف مواصفات وخواص المواد المستخدمة (البيتون - التربة) بالإضافة إلى تعريف تصرف مادة البيتون عند دخولها في مجال اللدونة والتخميد.
- نمذجة العناصر السابقة بالإضافة إلى نمذجة العناصر المحيطة للتربة بعناصر من نوع Infinite element
- تعريف الشروط المحيطة والحمولات المطبقة.
- إدراج خواص الفعل المتبادل بين البناء العالي والتربة.
- إجراء التحليل الديناميكي من نمط Dynamic Implicit
- نمذجة حقل التربة:

يتم تشكيل التربة عن طريق تشكيل حيز التربة تحت البناء ومن ثم اختيار أبعاد الحقل الحر للتربة على أساس اختبار تحليلي لقيم الاجهادات عند أطراف الحيز بشكل تماثل قيم الاجهادات للحقل الحر فعلاً بأبعاد حقل الحركة المستخدمة: (30m×120m×60m)

ثم يتم إضافة عناصر محيطية عند كل طرف حر للتربة (infinite element) كما في الشكل (10).

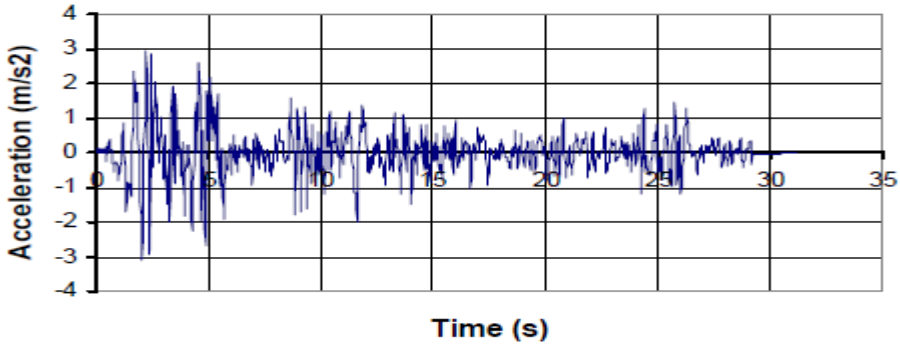


الشكل (10) العناصر المحيطية عند أطراف حقل التربة

الحمولات المطبقة:

تم تطبيق إضافةً لحمولة الوزن الذاتي، حمولة ميتة قدرها 400Kg/m^2 مطبقة على مساحة البلاطة، وأيضاً السجل الزلزالي ELCENTRO في الاتجاه Y فقط.

1940 El-Centro Time History



الشكل (11) السجل الزلزالي Elcentro

الجدول التالي يبين مواصفات أنواع الترب المستخدمة في التحليل:

Type of Soil	γ (k N/m ³)	Velocity (V) (m/sec)	Φ	Dilation angle (Ψ)	C (N/m)	Poisson ratio (ν)
Soft	16	150	26	0	1000	0.4
Hard	22	650	35	7	22000	0.25

الجدول (3) مواصفات التربة

E: معامل مرونة التربة، γ : الوزن الحجمي للتربة.

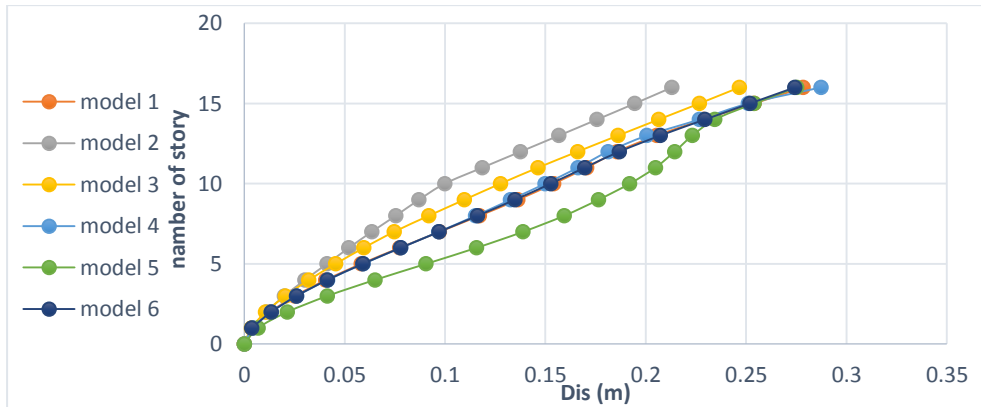
Φ : زاوية الاحتكاك الداخلي، C: معامل تماسك التربة.

Ψ : زاوية التشوه الحجمي للندن، U: معامل بواسون للتربة.

تم إجراء التحليل للنماذج السابقة باستخدام السجل الزلزالي Elcentro بالاتجاه Y فقط ولكن مع أخذ أثر التربة في حالتها الطرية والقاسية وفيما يلي استعراض لأهم النتائج:

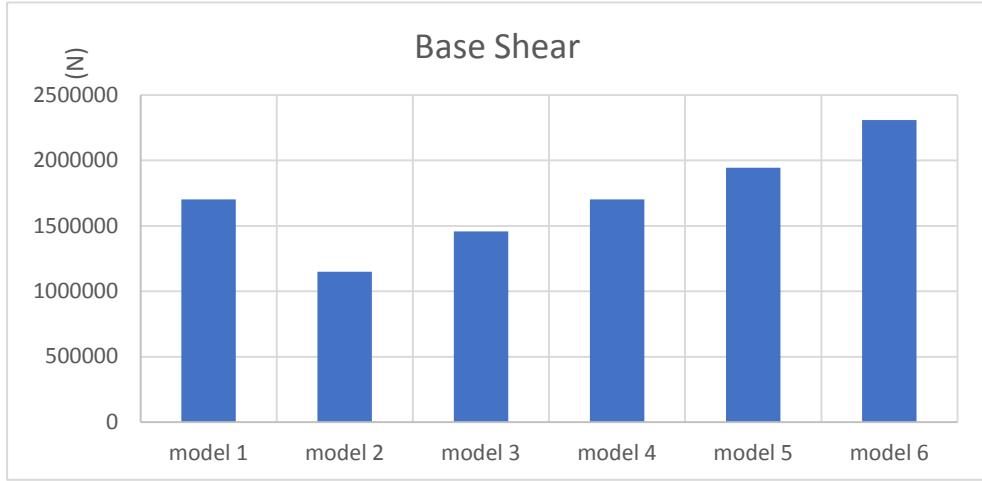
(I) حالة التربة الطرية:

الانتقالات الطابقية:



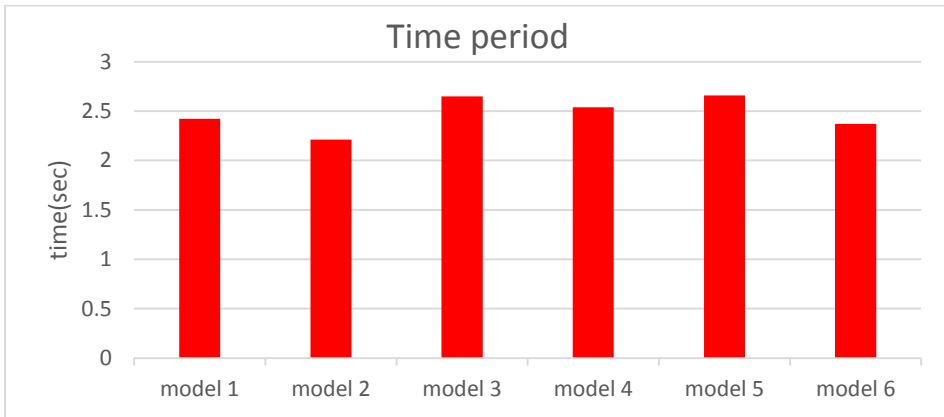
الشكل (12) الانتقالات الطابقية لجميع النماذج حالة التربة الطرية

القص القاعدي:



الشكل (13) القص القاعدي لجميع النماذج حالة التربة الطرية

الدور:

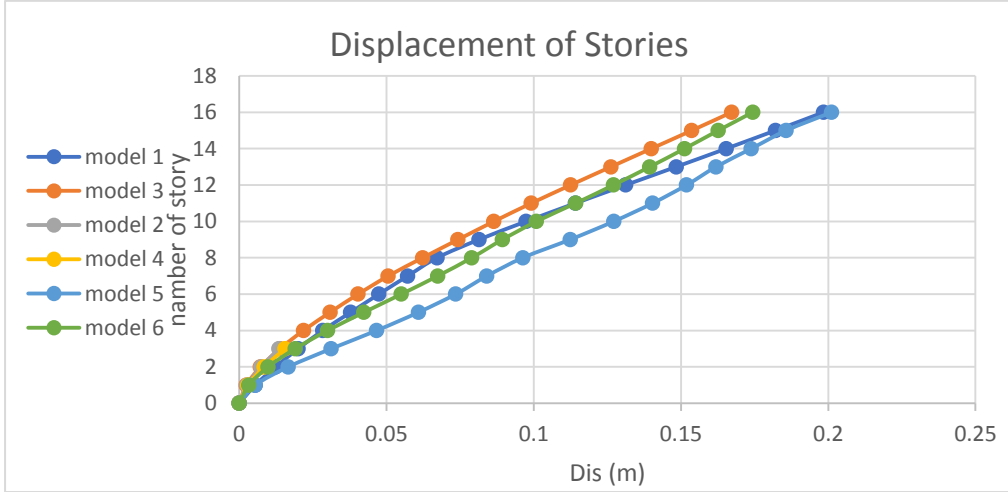


الشكل (14) الدور لجميع النماذج حالة التربة الطرية

حيث تبين أن أصغر قيمة للانتقالات كانت في النموذج الثاني (21.3cm) بينما أصغر قيمة للقص القاعدي كانت في النموذج الثالث (1148624.90 N) وأصغر قيمة للدور في النموذج الثاني (2.21 Sec).

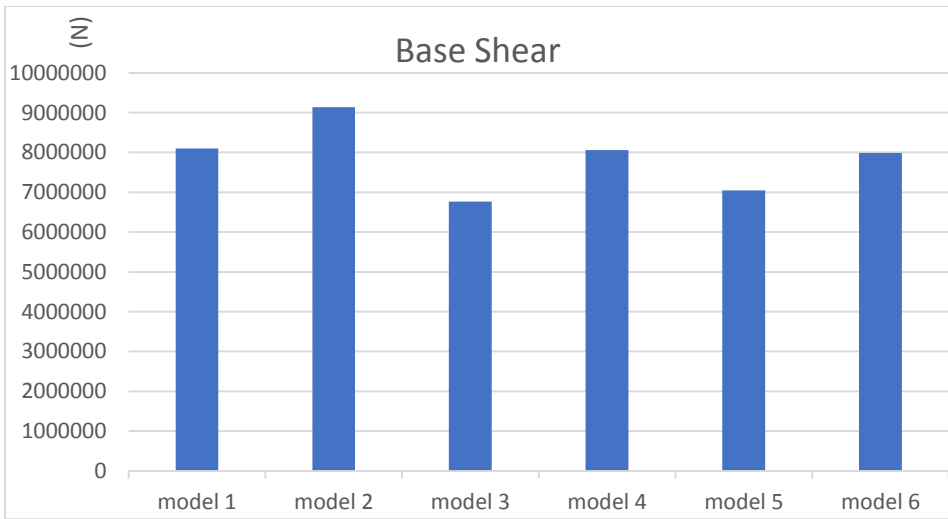
(II) حالة التربة القاسية:

الانتقالات الطابقية:



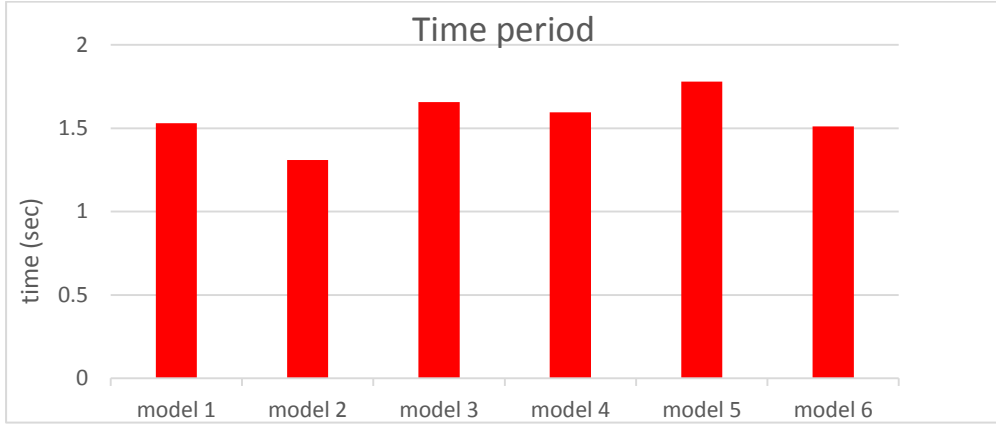
الشكل (15) الانتقالات لجميع النماذج حالة التربة القاسية

القص القاعدي:



الشكل (16) القص القاعدي لجميع النماذج حالة التربة القاسية

الدور:



الشكل (17) الدور لجميع النماذج حالة التربة القاسية

حيث تبين أن أصغر قيمة للانتقالات كانت في النموذج الثاني (14.44cm) بينما أصغر قيمة للقصر القاعدي كانت في النموذج الثالث (6764966.59 N) وأصغر قيمة للدور في النموذج الثاني (1.54 Sec).

نتائج التحليل:

يبين الجدول التالي قيم الدور والانتقالات والقصر القاعدي لجميع النماذج:

حالة تربة قاسية			حالة تربة طرية			حالة وثافة			اسم النموذج
الانتقالات (m)	القصر القاعدي (N)	الدور (sec)	الانتقالات (m)	القصر القاعدي (N)	الدور (sec)	الانتقالات (m)	القصر القاعدي (N)	الدور (sec)	
0.198	8097640.5	1.53	0.28	1702544.7	2.42	0.18	8785939.9	1.66	model 1
0.144	9132804.8	1.31	0.21	1148624.9	2.21	0.13	9909093.2	1.42	model 2
0.16	6764966.6	1.66	0.25	1458782.1	2.65	0.15	7339988.7	1.8	model 3
0.19	8057037.4	1.59	0.29	1702544.8	2.54	0.18	8741885.6	1.73	model 4
0.20	7045768.3	1.78	0.28	1944410.5	2.66	0.19	7644658.5	1.93	model 5
0.18	7987235.4	1.51	0.27	2310528.8	2.37	0.16	8666258.9	1.64	model 6

الجدول (4) قيم الدور والقصر القاعدي والانتقالات لجميع النماذج

ويبين الجدول التالي نسبة التغير لقيم الانتقالات والقص القاعدي والدور لجميع النماذج مقارنة مع النموذج الموثوق:

نسبة التغير في قيم التربة القاسية إلى قيم الوثاقه %			نسبة التغير في قيم التربة الطرية إلى قيم الوثاقه %			اسم النموذج
الانتقالات	القص القاعدي	الدور	الانتقالات	القص القاعدي	الدور	
10	7.84	7.83	55.56	80.62	45.78	model 1
10.77	7.85	7.75	61.54	88.41	55.63	model 2
11.33	7.86	7.62	66.67	80.13	47.47	model 3
5.56	7.82	8.09	61.11	80.52	46.82	model 4
5.26	7.81	7.77	47.37	74.57	37.82	model 5
12.5	7.89	7.93	68.75	73.34	44.51	model 6

الجدول (5) نسبة التغير في قيم حالي التربة الطرية والقاسية مقارنة مع حالة الوثاقه

نلاحظ تقارب نتائج جميع القيم في حالة التربة القاسية مع حالة الوثاقه حيث أكبر قيمة للاختلاف بين القيم كانت 12.5% وهذا يدل على أن أثر التربة القاسية صغير، بينما نلاحظ أن أثر التربة الطرية كبير حيث وصلت نسبة الاختلاف إلى 68.75% في النموذج الخامس وهذا يدل على ضرورة أخذ أثر التربة بعين الاعتبار عند التصميم على الترب الطرية.

10- الاستنتاجات والتوصيات:

- قدمت هذه المقالة دراسة تحليلية للأبنية العالية والمعرضة لقوى زلزالية لحالة الاتصال الموثوق مع التربة ودراسة أثر التربة على الانتقالات والقص القاعدي والدور الأساسي للبناء، وأظهرت نتائج التحليل التالي:
- (1) زيادة قيم الانتقالات عند أخذ أثر التفاعل تربة - منشأ في حالة التربة الطرية مقارنة مع الاتصال الموثوق حيث وصلت نسبة الاختلاف إلى قيمة عظمى مساوية إلى 68.75% في النموذج السادس، بينما تقترب قيم الانتقالات في التربة القاسية من حالة الاتصال الموثوق لتصل في النموذج الخامس إلى قيمة دنيا مساوية إلى 5.26%.
 - (2) نقصان قيم القص القاعدي عند أخذ أثر التفاعل تربة - منشأ في حالة التربة الطرية مقارنة مع حالة الاتصال الموثوق حيث وصلت نسبة الاختلاف إلى قيمة عظمى مساوية إلى 88.41% في النموذج الثاني، بينما تقترب قيم القص القاعدي في التربة القاسية من حالة الاتصال الموثوق لتصل في النموذج الخامس إلى قيمة دنيا مساوية إلى 7.81%.
 - (3) زيادة قيم الدور عند أخذ أثر التفاعل تربة - منشأ في حالة التربة الطرية مقارنة مع حالة الاتصال الموثوق حيث وصلت نسبة الاختلاف إلى قيمة عظمى مساوية إلى 55.63% في النموذج الثاني، بينما تقترب قيم الدور في حالة التربة القاسية من حالة الاتصال الموثوق لتصل في النموذج الثالث إلى قيمة دنيا مساوية إلى 7.62%.
 - (4) إن التموضع المحيطي لجدران القص عند الزوايا أعطى أصغر قيمة للانتقالات والقص القاعدي مقارنة مع باقي التوضعات في حال التربة القاسية، أما في حال الترب الطرية كان التوضع لجدران القص عند النواة هو الأفضل حيث أعطى أصغر قيمة للانتقال والقص القاعدي.
 - (5) يوصى بتجنب إنشاء الأبنية العالية في مناطق الترب الطرية وفي حال لا بد من ذلك فيجب دراسة السلوك الديناميكي للاخطي للتربة الطرية وأخذ أثر ذلك على البناء العالي.
 - (6) يوصى بدراسة أثر ارتفاع البناء العالي على قيم الانتقالات والقص القاعدي والدور في حالتي الترب الطرية والقاسية.

11- المراجع:

- [1] ABAQUS, Version 6.14 (2014), Abaqus/Standard User's Manual, DASSAULT SYSTEMES, Simulia Inc.
- [2] Quoc Van Nguyen, Behzad Fatahi, Aslan S. Hokmabadi. Structural Engineering and Mechanics: The effects of foundation size on the seismic performance of buildings considering the soil-foundation-structure interaction. Vol. 58, No. 6 (2016) 1045–1075.
- [3] Ali Gandomzadeh, 2011, Dynamic soil-structure interaction: effect of nonlinear soil behavior. Other [q-bio.OT]. Université Paris-Est, 2011. English. NNT: 2011PEST1080.
- [4] B. R. Jayalekshmi, H. K. Chinmayi, (2016), Effect of soil stiffness on seismic response of reinforced concrete buildings with shear walls, Springer International Publishing Switzerland, Innov. Infrastruct. Solut, 10.1007/s41062-016-0004-0.
- [5] Chandrakanth Bolisetti, STRUCTURE INTERACTION FOR PERFORMANCE ASSESSMENT OF BUILDINGS AND NUCLEAR STRUCTURES, 2014, A dissertation submitted to the Faculty of the Graduate School of the University at Buffalo, State University of New York, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.
- [6] Dr. S. S. Patil, Dyawarkonda S. S., 2107, Parametric Study of R C Frames with Raft Foundation Considering Soil Structure Interaction, International Journal of Scientific Research in Science, Engineering and Technology, Volume 3. Issue 2 [322-326].
- [7] Harry Far, Advanced computation methods for soil-structure interaction analysis of structures resting on soft soils, Int. J. Geotech. Eng. 13 (4) (2019) 352–359, <https://doi.org/10.1080/19386362.2017.1354510>.
- [8] M. Halis Gunel, H. Emre Ilgin, A proposal for the classification of structural systems of tall buildings, Build. Environ. 42 (7) (2007) 2667–2675, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.07.007>.
- [9] Mir M. Ali, Kyoung Sun Moon, Structural developments in tall buildings: current trends and future prospects, Architect. Sci. Rev. 50 (3) (2007) 205–223, <https://doi.org/10.3763/asre.2007.5027>.

- [10] Mohammed Hashim Basheer, K. Sandeep Kumar, D. Chandra Mouli, T.Hari Babu, 2016, Dynamic Behaviour of a High-Rise Reinforced Cement Concrete-RCC Structure for Different Orientation of Shear Wall with and without Soil-Structure Interaction, International Journal of Engineering Science and Computing, Volume 6 Issue No. 4.
- [11] Nien-Yin Chang, 2008, Soil-Structure Interaction Effects of High Rise Buildings, Sixth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, paper No.1.58.
- [12] Andrea Santoni, Stefan Schoenwald, Bart Van Damme, Patrizio Fausti, Determination of the elastic and stiffness characteristics of cross-laminated timber plates from flexural wave velocity measurements, J. Sound Vib. 400 (2017) 387–401, <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2017.04.018>.
- [13] Mohsen Zaker Esteghamati, Mehdi Banazadeh, Qindan Huang, The effect of design drift limit on the seismic performance of RC dual high-rise buildings, Struct. Design Tall Spec. Build. 27 (8) (2018) e1464, <https://doi.org/10.1002/tal.1464>.
- [14] Aslan S. Hokmabadi, Behzad Fatahi Bijan Samali, (2017), Physical Modeling of Seismic Soil-Pile-Structure Interaction for Buildings on Soft Soils, Int. J. Geomech, 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622-0000396.
- [15] Venkatesh M. B., R. D. Deshpande, 2107, Analysis of R.C. building frame with raft foundation considering soil structure interaction, International Research Journal of Engineering and Technology, Volume: 04 Issue: 05.
- [16] Bungale S. Taranath, Steel, Concrete, and Composite Design of Tall Building. CRC Press Taylor and Francis Group.