مجلة جامعة دمشق لعلوم الزلازل والكوارث
المجلد 1 العدد(2) – 2024: 21-33

Damascus University Journal of seismology and disasters
Vo 1 number (2) -2024: 21-33

دراسة السلوك الزلزالي للأعمدة القصيرة في منشأ بيتوني مسلّح قائم بإدخال تأثير عدة أنواع من التربة

محسن محمد محمد[*1] ريم سلمان الصحناوي[2] داليا نجار[3]

[*1]. طالب ماجستير، مهندس، المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية.
mohsen.mouhammad@damascusuniversity.edu.sy

[2]. مدرس، دكتورة، مهندسة، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية.
reem1.salman@damascusuniversity.edu.sy

[3]. مدرس، دكتور، مهندس، قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية.
DaliaNajjar@Damascusuniversity.edu.sy

الملخّص:

تتعرض الأعمدة القصيرة في المنشآت البيتونية المسلحة إلى قوى قص كبيرة وغالباً ما تبدي أداءً ضعيفاً تحت تأثير أحمال الزلازل بسبب استجابتها الغير مطاوعة. عند تصميم الأبنية يجب التركيز على مرونة التربة بدلاً من التركيز على فكرة أن هذه الأبنية موثوقة في الأرض لأن مرونة التربة لها أهمية كبيرة على الخصائص الديناميكية للمبنى واستجابته. يتناول البحث الحالي دراسة السلوك الديناميكي للأعمدة القصيرة الواقعة ضمن مبنى سكني قائم في مدينة طرطوس من خلال مقارنتها مع أعمدة ذات ارتفاع أكبر في نفس المبنى وذلك تحت تأثير الأحمال الزلزالية بالاستعانة ببرنامج ETABS – 2016. تم أخذ تأثير التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة عن طريق تمثيل التربة باستخدام مجموعة من النوابض المرنة حيث تم اختيار ثلاثة أنواع من التربة ذات خصائص مختلفة. أجريت مقارنة للاستجابة الزلزالية لهذه الأعمدة القصيرة من خلال مقارنة الانتقالات الجانبية، الانزياحات الجانبية النسبية، وقوى القص في حالة القاعدة الموثوقة وبعد إدخال التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة. أظهرت النتائج زيادة في قيمة الانتقالات الأفقية والانزياحات النسبية وقوى القص في الأعمدة القصيرة والأعمدة ذات الارتفاع الأكبر عند إدخال تأثير التربة حيث كانت قيم الانتقالات والانزياحات في الأعمدة القصيرة أصغر منها في الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر بينما كانت قيم قوى القص في الأعمدة القصيرة أكبر منها في حالة الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر.

الكلمات المفتاحية: الأعمدة القصيرة، التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة، النوابض، نوع التربة.

تاريخ الايداع: 2023/7/8
تاريخ القبول: 2023/10/28

حقوق النشر: جامعة دمشق –سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب CC BY-NC-SA

Studying the Seismic Behavior of Short Columns in Existing RC Building Considering the Effect of Different Types of Soils

Mohsen Mouhammad Mouhammad*[1] Reem Salman Alsehnawi[2] Dalia Najjar[3]

*[1]. Master, Eng, Student in Department of Seismic Structural Engineering, Higher Institute of Earthquake Studies & Research. mohsen.mouhammad@damascusuniversity.edu.sy

[2]. Assistant Professor in Department of Seismic Structural Engineering, Higher Institute of Earthquake Studies & Research., reem1.salman@damascusuniversity.edu.sy

[3]. Assistant Professor in Department of Seismic Structural Engineering, Higher Institute of Earthquake Studies & Research. DaliaNajjar@Damascusuniversity.edu.sy

Received: 8 /7/2023
Accepted: 28/10/2023

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

Short columns in reinforced concrete structures are subjected to large shear forces and often show weak performance under the influence of earthquake loads due to their non-ductile response. When designing buildings we must concentrate on the elasticity of soil rather than concentrating on the idea that these buildings are fixed to the ground because elasticity of soil is of a very fundamental importance on the dynamic properties of the building and its response. The current research deals with the study of the dynamic behavior of short columns in an existing residential building located in Tartous city by comparing them with columns of greater height in the same building under the influence of seismic loads using ETABS-2016 software. The effect of soil-structure interaction was taken into consideration in representing the soil by using a set of elastic springs by selecting three types of soil with different properties. A comparison of the seismic response of the short columns was made by comparing the lateral displacements, lateral drift ratios and shear forces when the base is fixed and when applying the soil-structure interaction. The results showed an increase in the lateral displacements, drift ratios and shear forces in short columns and columns of greater height after the soil effect is taken into account so that the values of displacements and drifts in short columns were smaller than in columns of greater height but the values of shear forces in short columns were greater than in columns of greater height.

Key words: Short Columns, Short Columns, Springs, Soil Type.

المقدّمة (Introduction):

يُلقي تحليل التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة الضوء على استجابة الأساسات ضمن وسط التربة المشوه، وقد يؤثر تشوه التربة بسبب تحميل الأساس على الإجهادات في الأساس والعناصر الإنشائية المجاورة والتي قد يكون لها آثار تصميمية هامة. يُمكن تعريف التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة بأنه تأثير سلوك التربة على حركة المنشأ وكذلك تأثير حركة المنشأ على سلوك التربة. يتضمن النموذج الأكثر استخداماً في تجسيد السلوك المرن الخطي للتربة استخدام نوابض وينكلر (Winkler) المستقلة لتمثيل تفاعل التربة (Al-Hussaini,2016,1-2).

إن سلوك الأعمدة القصيرة ضمن المنشآت البيتونية المسلحة يختلف عن سلوك بقية الأعمدة بسبب الارتفاع القليل، وبالتالي قوى القص الكبيرة التي تتعرض لها مثل تلك الأعمدة (Guevara et al.,2005,153) كذلك فإن العديد من الزلازل السابقة التي حصلت سببت ضرراً واضحاً في الأعمدة القصيرة، لذلك كان لا بُد من التركيز على دراسة السلوك الزلزالي لهذه الأعمدة القصيرة تفادياً لحدوث أضرار كبيرة في هذه الأعمدة وبالتالي في المنشأ ككل(Dogan,2010,684).

قام Priyanka وآخرون (2012) بدراسة مبنى إطاري مكون من 10 طوابق تحت تأثير عدة أنواع من الترب، تم تحليل البناء بطريقة طيف الاستجابة وإجراء المقارنة في حالة القاعدة الموثوقة والقاعدة مرنة، أبدت النتائج ازدياد قيمة كل من الانتقالات والقص القاعدي كلما تناقصت صلابة التربة.

قدم Ramin وآخرون (2014) مقارنة بين مبنيين مؤلفين من 4 طوابق أحدهما على أرض مستوية والآخر يميل بزاوية 20° عن الأفق، شمل البحث إجراء التحليل بطريقتين: تحليل ستاتيكي خطي وتحليل لا خطي، أظهرت النتائج أن وجود الأعمدة القصيرة يسبب ازدياداً في صلابة الطابق مما ينتج عنه تناقص في قيمة الانتقال في هذا الطابق وبالتالي في المنشأ ككل.

قام Ghosh وآخرون (2019) بدراسة مبنى مكون من 5 طوابق بارتفاع كلي 15m بزوايا انحدار (0°, 15°, 30°, 45°)، تم إجراء تحليل ستاتيكي مكافئ وتحليل ديناميكي باستخدام طيف الاستجابة، التربة متوسطة الصلابة، من أهم النتائج التي تم التوصل إليها تناقُص الدور الطبيعي والانتقالات بزيادة زاوية الانحدار مع تزايد القيم عند أخذ التأثير المتبادل بعين الاعتبار وكذلك تزايُد عزم الانعطاف في الأعمدة القصيرة عند زيادة الزاوية.

1. أهميّة البحث وأهدافه (ResearchImportance and Objectives):

باعتبار أن سلوك العمود القصير ضمن المنشآت البيتونية المسلحة يختلف عن سلوك بقية الأعمدة بسبب القص الكبير الذي يتعرض له، لذلك لا بد من دراسة سلوك مثل هذه الأعمدة القصيرة. وكما هو معلوم بأنه عند تصميم المنشآت الواقعة في مناطق زلزالية فإنه يتم اعتبارها موثوقة في القاعدة دون الأخذ بالحسبان مرونة التربة وما تحدثه من تأثيرات في المنشأ. من هنا جاء هذا البحث ليدرس السلوك الزلزالي الدقيق للمنشآت البيتونية المسلحة الحاوية على أعمدة قصيرة بأخذ تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ بعين الاعتبار. يهدف هذا البحث إلى دراسة السلوك الزلزالي للأعمدة القصيرة الواقعة ضمن أحد المنشآت البيتونية المسلحة القائمة في مدينة طرطوس تحت تأثير الأحمال الزلزالية بإدخال التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة، وذلك من خلال دراسة تأثير ثلاثة أنواع من الترب، حيث تم تقييم السلوك وإيجاد قيم كل من قوى القص، الانتقالات الأفقية، الانزياحات الأفقية النسبية للأعمدة القصيرة.

2. مواد البحث وطرائقه (Materials and Methods):

1.2. توصيف المبنى المدروس:

إن المبنى المدروس عبارة عن مبنى سكني من البيتون المسلح يقع في مدينة طرطوس في منطقة تجمع تجاري تسمى شارع الوكالات وهو مؤلف من قبو وطابق أرضي وطابق خدمي

(نصاصي) و 13 طابق متكرر، تم تشييده في العام 2020 وهو يقع ضمن المنطقة الزلزالية 2C، تربة التأسيس هي عبارة عن تربة غضارية متماسكة والأساسات المستخدمة هي عبارة عن حصيرة عامة، تبين الجداول (1) و (2) خصائص المواد المستخدمة ومواصفات البناء المدروس، على التوالي، و يبين الجدول (3) الخصائص الزلزالية. كما تبين الأشكال (1) و (2) مسقط الطابق المدروس والمبنى بالشكل الفراغي، على التوالي.

الجدول (1) خصائص المواد المستخدمة

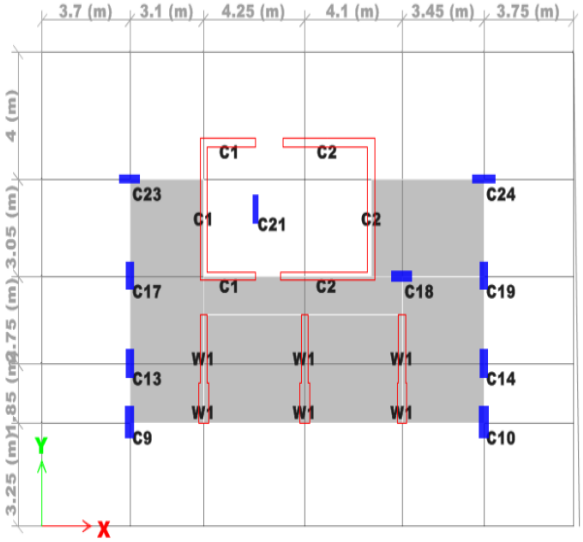
الوزن الحجمي للبيتون	25 kN/m^3
المقاومة المميزة للبيتون	22.5 x 10^3 kN/m^2
إجهاد الخضوع للتسليح الرئيسي	4 x 10^5 kN/m^2
إجهاد الخضوع للتسليح الثانوي	24 x 10^4 kN/m^2

الجدول (2) مواصفات البناء المدروس

عدد الطوابق	16
ارتفاع القبو	3.35m
ارتفاع الطابق النصاصي	2.6m
ارتفاع الطابق المتكرر	3.5m
الحمولة الميتة	300 kg/m^2
الحمولة الحية	(300→500) kg/m^2
سماكة البلاطة (m)	0.25
أبعاد الجوائز (m)	0.8x0.25, 0.4x0.25, 0.3x0.6, 0.25x0.5
أبعاد الأعمدة (m)	0.3x0.6, 0.4x1, 0.35x1, 0.3x1, 0.35x0.9, 0.3x0.9, 0.3x0.8, 0.3x0.7, 0.25x0.7, 0.25x0.6, 0.25x0.8, 0.25x0.5, 0.25x1
سماكة الجدران (m)	0.25, 0.3, 0.35, 0.4
معامل المرونة	E= 25495 x 10^3 kN/m^2
معامل بواسون	v= 0.2
معامل القص	G= 10623 x 10^3 kN/m^2

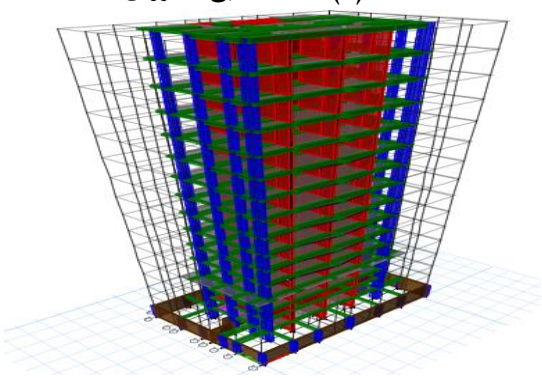
الجدول (3) الخصائص الزلزالية

المنطقة الزلزالية	2C
الجملة المقاومة للقوى الجانبية	جملة ثنائية مكونة جدران قص وإطارات متوسطة من النوع IMRF
معامل تعديل الاستجابة	R=6.5
المعاملات الزلزالية لتربة الموقع	Ca =0.3 , Cv = 0.41
المعاملات الزلزالية للتربة الرملية الكثيفة	Ca =0.25 , Cv = 0.25
المعاملات الزلزالية للتربة الصخرية	Ca =0.2 , Cv = 0.2
معامل أهمية المنشأ	I=1
التخامد	0.05



3

الشكل (1) مسقط الطابق المدروس



الشكل (2) المبنى بالشكل ثلاثي الأبعاد

2.3. نمذجة التربة بإدخال تأثير النوابض:

تبين العلاقات التالية كيفية حساب القساوة للأساسات الواقعة فوق سطح الأرض (Soil Structure,2012,43):

1- الانتقال باتجاه المحور Z:

$$K_{z,sur} = \frac{G\,B}{1-\nu}\,[\,3.1\,(\frac{L}{B})^{0.75} + 1.6]$$

2- الانتقال باتجاه المحور Y:

$$K_{y,sur} = \frac{G\,B}{2-\nu}\,[6.8\,(\frac{L}{B})^{0.65} + 0.8\,(\frac{L}{B}) + 1.6]$$

3- الانتقال باتجاه المحور X:

$$K_{x,sur} = \frac{G\,B}{2-\nu}\,[6.8\,(\frac{L}{B})^{0.65} + 0.8\,(\frac{L}{B}) + 1.6]$$

L : نصف البعد الأكبر لقاعدة البناء.

B : نصف البعد الأصغر لقاعدة البناء.

ν : نسبة بواسون.

G : عامل المرونة القصي.

إن عمق التأسيس أسفل سطح الأرض يزيد من قساوة الأساس وبالتالي إذا كان الأساس مطمور فيجب ضرب العلاقات السابقة بمعاملات تصحيح كما يلي(Soil Structure,2012,4):

$$\eta_z = [1+ (0.25+ \frac{0.25}{L/B}) (\frac{D}{B})^{0.8}]$$

$$\eta_y = [1+ (0.33+ \frac{1.34}{1+L/B}) (\frac{D}{B})^{0.8}]$$

$$\eta_x \approx \eta_y$$

D : عمق الأساس المطمور.

وبالتالي تصبح العلاقات في حالة الأساس المطمور على الشكل التالي:

$$K_{z,emb} = \eta_z \times K_{z,sur}$$
$$K_{y,emb} = \eta_y \times K_{y,sur}$$
$$K_{x,emb} = \eta_x \times K_{x,sur}$$

3.3. الترب المستخدمة في الدراسة:

تم اختيار الترب من الملحق (5) للكود العربي السوري (كود الأساسات،2012،25). تم اختيار هذه الترب بحيث يكون الإجهاد المسموح لها أكبر من الإجهاد المسموح لتربة الموقع، يبين الجدول (4) خصائص هذه الترب (Yasir et al.,2018,7):

الجدول (4) خصائص الترب المستخدمة

نوع التربة	عامل المرونة الطولي Es (kN/m^2)	نسبة بواسون ν	عامل المرونة القصي G (kN/m^2)
تربة غضارية شديدة التماسك	10000	0.4	3571.42
تربة رملية كثيفة	80000	0.3	30769.23
تربة صخرية	200000	0.2	83333.33

يوضح الجدول (5) صلابات النوابض للترب المدروسة بالاعتماد على العلاقات السابقة:

الجدول (5) صلابات النوابض للترب المدروسة.

صلابة النابض (kN/m)	نوع التربة		
	غضارية شديدة التماسك	رملية كثيفة	صخرية
$K_{z,emb}$	316152	2334661	5532660
$K_{y,emb}$	284381.1	2305932	5898274
$K_{x,emb}$	274253.1	2223808	5688212

4.3. مراحل الدراسة:

تمت الدراسة على مرحلتين:

المرحلة الأولى:

تم اعتبار المبنى المدروس موثوق من الأسفل (حالة النموذج الشائع)، حيث تم تحليل المبنى باستخدام طريقة التحليل الستاتيكية المكافئة ومن ثم معايرتها مع طريقة التحليل الديناميكي الخطي (طيف الاستجابة) وذلك باستخدام برنامج ETABS.

المرحلة الثانية:

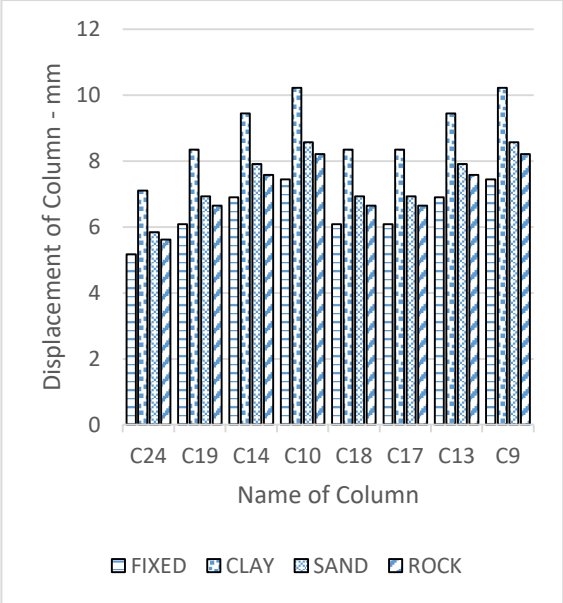
تم أخذ تأثير الفعل المتبادل (تربة – منشأ) بعين الاعتبار عن طريق نمذجة التربة على شكل نوابض، ومن ثم إعادة التحليل الديناميكي. تم دراسة سلوك الأعمدة القصيرة ضمن المنشأ والواقعة في أحد الطوابق بارتفاع 2.6m ومقارنتها مع أعمدة أطول منها ضمن نفس المنشأ بارتفاع 3.5m وذلك مع وبدون أخذ تأثير التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة.

يبين الشكل (3) والشكل (4) مقارنة قيم الانتقال الأفقي للأعمدة القصيرة في الاتجاهين X و Y على التوالي. ويبين الشكل (5) والشكل (6) قيم الانزياح النسبي بالاتجاهين X و Y. كما تم إظهار قوى القص في الأعمدة في الشكلين (7) و (8).

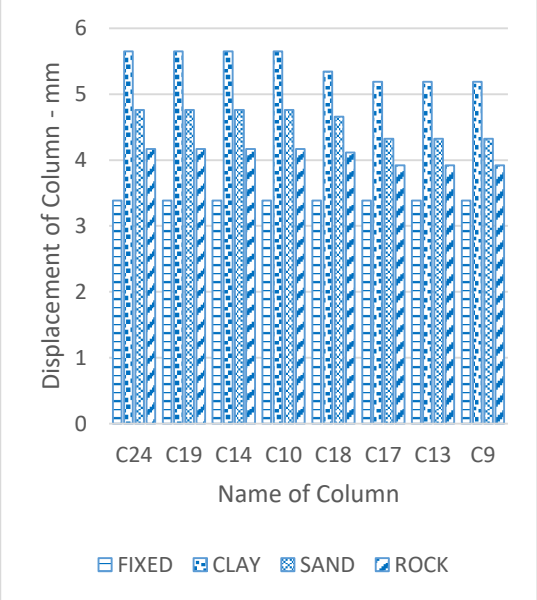
يبين الشكل (9) والشكل (10) مقارنة قيم الانتقال الأفقي للأعمدة ذات الطول الأكبر في الاتجاهين X و Y على التوالي. ويبين الشكل (11) والشكل (12) قيم الانزياح النسبي بالاتجاهين X و Y. كما تم إظهار قوى القص في الأعمدة في الشكلين (13) و (14).

3. النتائج والمناقشة Results and Discussion:

تم دراسة الاستجابة الزلزالية في الأعمدة والمتمثلة في (الانتقالات الأفقية، الانزياحات الأفقية النسبية، وقوى القص) وتم مقارنة النتائج بين هذه الأعمدة في حالة المنشأ الموثوق وحالة المنشأ مع أخذ تأثير نوع التربة.



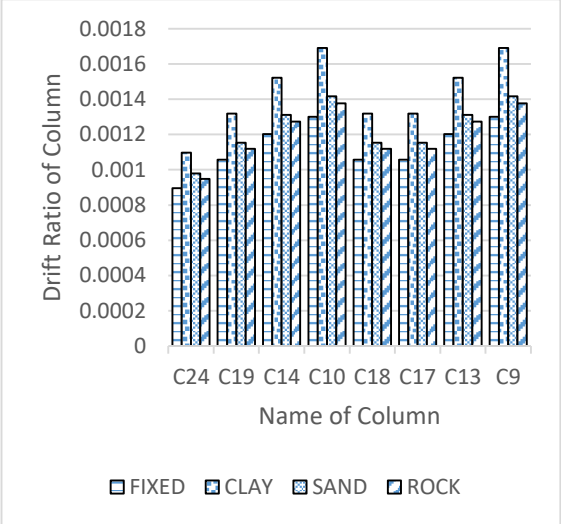
الشّكل (3) الانتقال الأفقي للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



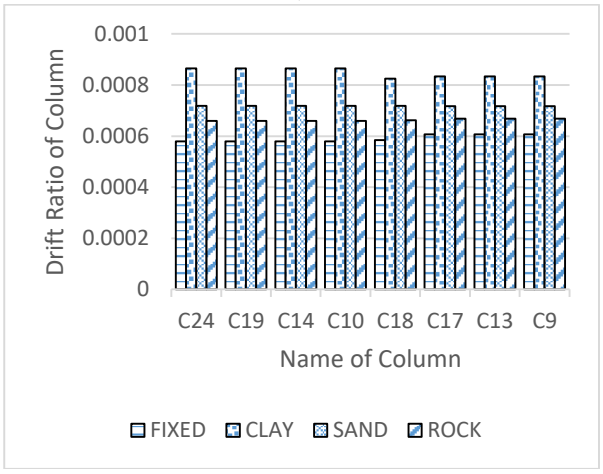
الشّكل (4) الانتقال الأفقي للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يظهر الشكلان (3) و(4) الانتقالات الأفقية للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، حيث بلغت قيم الانتقالات من (3.4mm وحتى 7.5mm) في حالة المنشأ الموثوق ومن

(5.2mm وحتى 10.2mm) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (4.3mm وحتى 8.6mm) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (3.9mm وحتى 8.2mm) في التربة الصخرية، وبالتالي فإنه عند إدخال تأثير التربة نلاحظ أن قيمة الانتقال الأفقي تزداد، وتبلغ قيمتها العظمى في حالة التربة الغضارية.



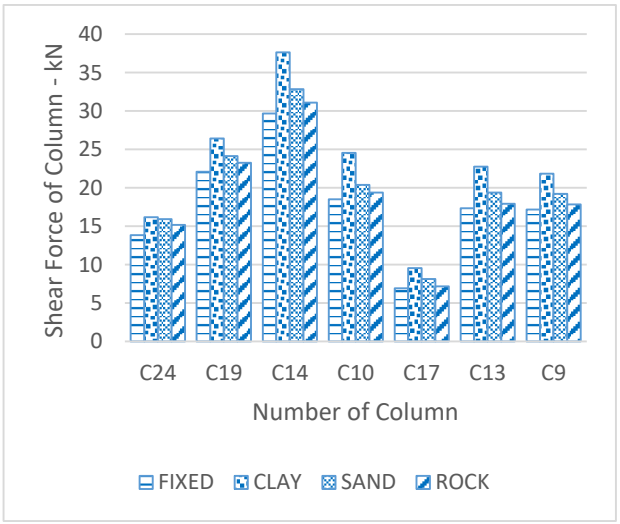
الشّكل (5) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



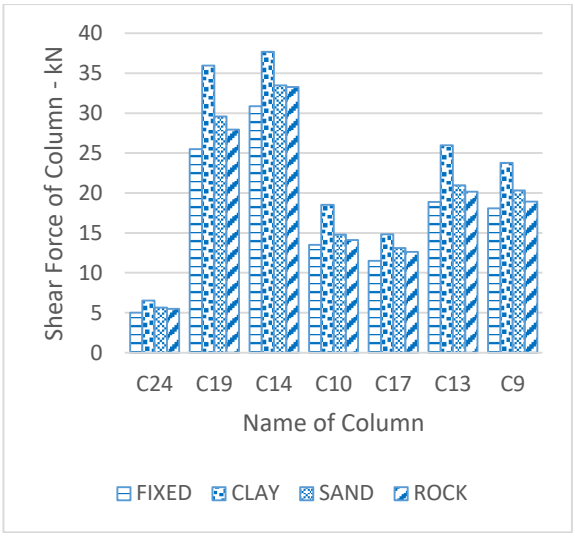
الشّكل (6) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يبين الشكلان (5) و(6) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، كانت قيمة الانزياحات من (0.00058 وحتى 0.0013) في حالة المنشأ الموثوق ومن (0.00083 وحتى 0.0017) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (0.00072 وحتى 0.0015) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (0.00066 وحتى 0.0014) في التربة الصخرية.

يمكن ملاحظة أن الانزياح النسبي في حالة المنشأ الموثوق كان أقل بالمقارنة مع حالة المنشأ بعد إضافة النوابض له، كما أنه يزداد كلما قلت صلابة التربة ويبلغ القيمة العظمى في حالة التربة الغضارية.



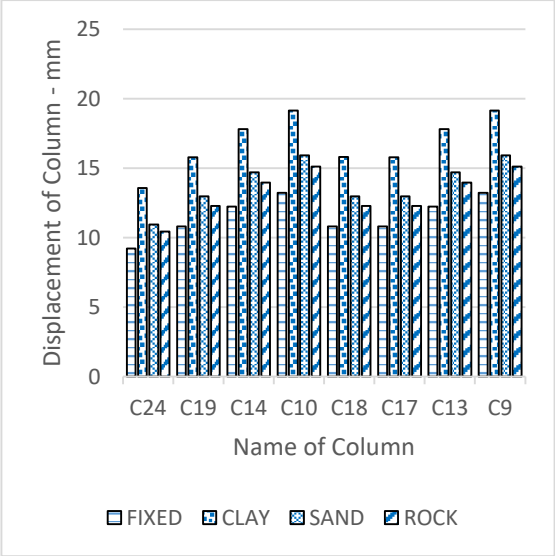
الشّكل (7) قوة القص للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



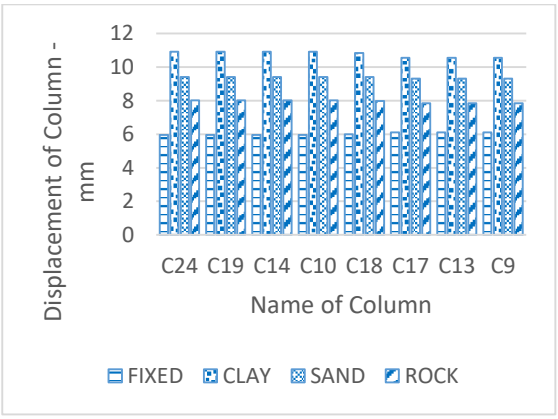
الشّكل (8) قوة القص للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يظهر الشكلان (7) و(8) قوة القص للأعمدة القصيرة في الطابق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، حيث بلغت قيم قوى القص من (5kN وحتى 31kN) في حالة المنشأ الموثوق ومن (8kN وحتى 39kN) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (7kN وحتى 35kN) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (5.5kN وحتى 33kN) في التربة الصخرية.

نلاحظ أن قوة القص تزداد عند إدخال التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة بعين الاعتبار، وتزداد هذه القيمة كلما ازدادت مرونة التربة لتصبح في أعلى قيمها في حالة التربة الغضارية.



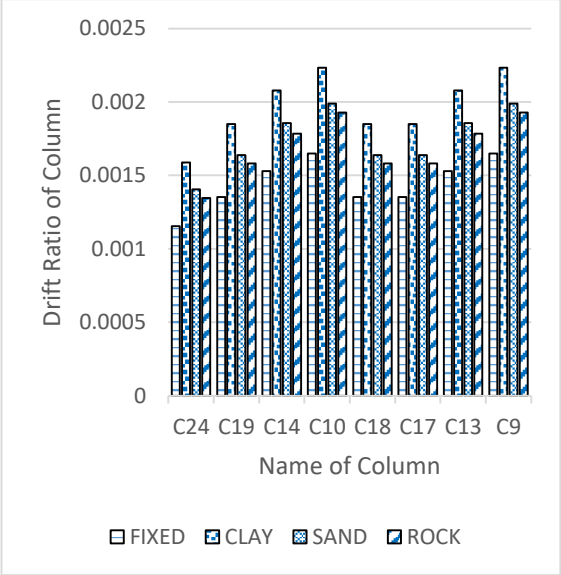
الشّكل (9) الانتقال الأفقي للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



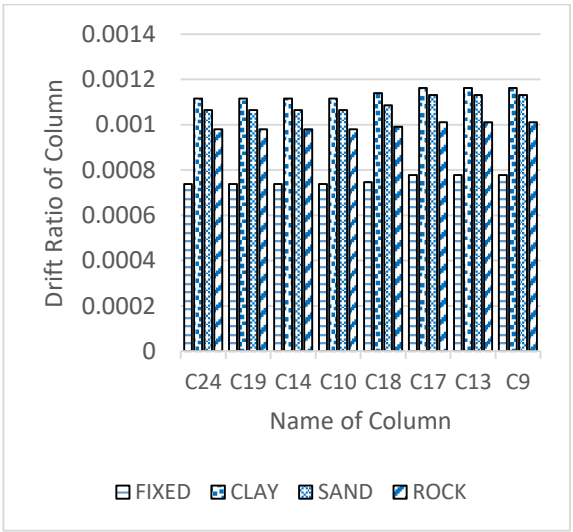
الشّكل (10) الانتقال الأفقي للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يظهر الشكلان (9) و(10) الانتقالات الأفقية للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، حيث بلغت قيم الانتقالات من (6mm وحتى 13.2mm) في حالة المنشأ الموثوق ومن (10.5mm وحتى 19.2mm) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (9.3mm وحتى 15.9mm) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (7.9mm وحتى

15.1mm) في التربة الصخرية، وبالتالي عند إدخال تأثير التربة نلاحظ أن قيمة الانتقال الأفقي تزداد، وتبلغ قيمتها العظمى في حالة التربة الغضارية.



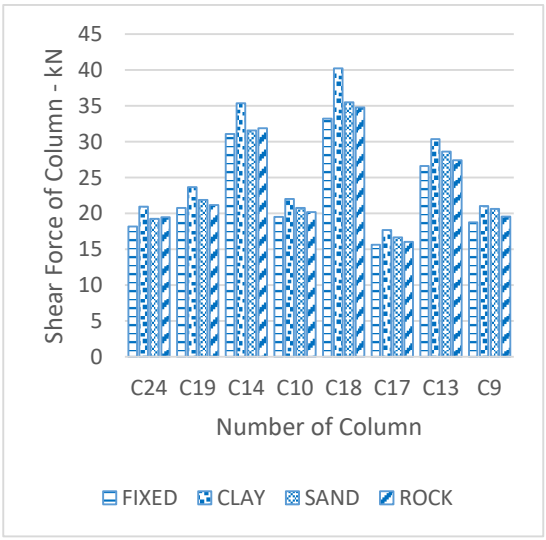
الشّكل (11) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



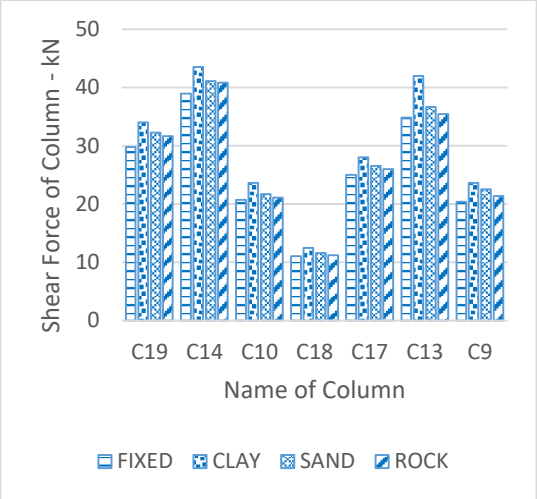
الشّكل (12) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يبين الشكلان (11) و (12) الانزياح الأفقي النسبي للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، كانت قيمة الانزياحات من (0.00074 وحتى 0.0016) في حالة المنشأ الموثوق ومن (0.00111 وحتى 0.0022) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (0.00106 وحتى 0.002) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (0.00098 وحتى 0.0019) في التربة الصخرية.

يمكن ملاحظة أن الانزياح النسبي في حالة المنشأ الموثوق كان أقل بالمقارنة مع حالة المنشأ بعد إضافة النوابض له، كما أنه يزداد كلما قلت صلابة التربة ويبلغ القيمة العظمى في حالة التربة الغضارية.



الشّكل (13) قوة القص للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه X في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.



الشّكل (14) قوة القص للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاه Y في حالة المبنى الموثوق والمبنى بعد إدخال تأثير التربة.

يظهر الشكلان (13) و(14) قوة القص للأعمدة ذات الارتفاع 3.5m في الطابق فوق النصاصي بالاتجاهين X,Y في حالة المبنى الموثوق وبعد إدخال تأثير التربة، حيث بلغت قيم قوى القص من (11kN وحتى 38kN) في حالة المنشأ الموثوق ومن (14kN وحتى 44kN) في حالة التربة الغضارية شديدة التماسك ومن (13kN وحتى 41kN) في حالة التربة الرملية الكثيفة ومن (12kN وحتى 40kN) في التربة الصخرية.

نلاحظ أن قوة القص تزداد عند إدخال التأثير المتبادل بين المنشأس والتربة بعين الاعتبار، وتزداد هذه القيمة كلما ازدادت مرونة التربة لتصبح في أعلى قيمها في حالة التربة الغضارية.

1.3. التحقق من قيم الانزياحات النسبية:

يُحسب الانتقال الأعظمي Δ_M الناتج عن الاستجابة (الحركة) اللامرنة كما يلي(الملحق رقم 2 للكود العربي السوري،2015،78):

$$\Delta_M = 0.7 \times R \times \Delta_s$$

R: معامل المطاوعة

Δ_s: الانزياح الطابقي المرن

يجب أن لا تتجاوز الإزاحة الطابقية المحسوبة باستعمال Δ_M المقدار 0.025 مرة من ارتفاع الطابق، وذلك للمنشآت التي فترتها الأساسية (دورها) أقل من 0.7sec أما المنشآت التي فترتها الأساسية تساوي 0.7sec أو أكبر، فإن الإزاحة الطابقية المحسوبة يجب أن لا تتجاوز 0.02 مرة ارتفاع الطابق.

إن دور المنشأ المدروس أكبر من 0.7sec وبالتالي فإن:

$$\Delta_M \leq 0.02h \rightarrow 0.7 \times R \times \Delta_s \leq 0.02h \rightarrow$$
$$(\Delta s)/h \leq (0.02)/(0.7 \times R)$$

وبالتالي تكون قيمة الانزياح النسبي المسموح:

$$(0.02)/(0.7 \times R) = (0.02)/(0.7 \times 6.5) = 0.00439$$

تم مقارنة قيم الانزياحات النسبية لجميع الأعمدة مع قيمة الانزياح النسبي المسموح وتبين أن جميع الأعمدة المدروسة أقل من القيمة المسموحة.

4. الاستنتاجات (Discussions):

1- نلاحظ ازدياد قيمة كل من (الانتقالات الأفقية – الانزياحات النسبية – قوى القص) في الأعمدة القصيرة عند إدخال التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة.

2- نلاحظ أيضاً زيادة قيمة كل من (الانتقالات الأفقية – الانزياحات النسبية – قوى القص) في الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر عند أخذ تأثير التربة بعين الاعتبار.

3- بالنسبة للفروقات النسبية فقد بلغت الزيادة في الانتقالات الأفقية ضمن الأعمدة القصيرة (من 37% حتى 66%) في التربة الغضارية شديدة التماسك، كما بلغت الزيادة (من 12% حتى 40%) في التربة الرملية الكثيفة، و(من 8% حتى 23%) في التربة الصخرية وذلك مقارنةً مع المبنى الموثوق، في حين بلغت الزيادة في الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر (من 45% حتى 83%) في التربة الغضارية شديدة التماسك، كما بلغت الزيادة (من 18% حتى 57%) في التربة الرملية الكثيفة، و(من 13% حتى 34%) في التربة الصخرية بالمقارنة مع المبنى الموثوق.

4- في ما يخص الإزاحات الأفقية ضمن الأعمدة القصيرة فقد تراوحت نسب الزيادة بين (23% و 49%) بالنسبة للتربة

الغضارية شديدة التماسك، وبين (9% و 24%) بالنسبة للتربة الرملية الكثيفة، وبين (6% و 14%) بالنسبة للتربة الصخرية وذلك مقارنةً مع المبنى الموثوق، في حين بلغت الزيادة في الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر (من 35% حتى 51%) في التربة الغضارية شديدة التماسك، كما بلغت الزيادة (من 21% حتى 45%) في التربة الرملية الكثيفة، و(من 16% حتى 32%) في التربة الصخرية مقارنةً مع المبنى الموثوق.

5- بالنسبة لقوى القص ضمن الأعمدة القصيرة فقد كانت الزيادة ضمن المجال %(41 - 15) في التربة الغضارية شديدة التماسك، وضمن المجال %(16 - 8) في التربة الرملية الكثيفة، وضمن المجال %(9 - 3) في التربة الصخرية وذلك مقارنةً مع المبنى الموثوق، في حين بلغت الزيادة في الأعمدة ذات الارتفاع الأكبر (من 11% حتى 21%) في التربة الغضارية شديدة التماسك، كما بلغت الزيادة (من 5% حتى 10%) في التربة الرملية الكثيفة، و(من 2% حتى 6%) في التربة الصخرية بالمقارنةً مع المبنى الموثوق.

5. التوصيات (Recommendations):

1- ضرورة أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة بعين الاعتبار وعدم الاكتفاء فقط بحالة الاتصال الموثوق بين المنشأ والتربة.

2- دراسة أثر الفتل على سلوك الأعمدة القصيرة.

3- إجراء تحليلات ديناميكية لا خطية تحت تأثير سجلات زمنية مختلفة ومقارنة النتائج مع طريقة التحليل الديناميكي الخطي (طيف الاستجابة).

4- إجراء دراسات لحالات أخرى لأماكن تواجد الأعمدة القصيرة كالأعمدة القصيرة المتشكلة نتيجة الملء الجزئي لجدران البلوك أو الأعمدة القصيرة المتشكلة في بيت الدرج نتيجة وجود الميدات وغيرها من الحالات.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل(501100020595).

6. (References):

[1] الكود العربي السوري، 2012، تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة، كود الأساسات (الملحق رقم 5) ، دمشق، سوريا.

[2] الملحق رقم (2) للكود العربي السوري، 2015، تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، دمشق، سوريا.

[3] Al-Hussaini, T. 2016, Soil Foundation Structure Interaction Analysis, Department of Civil Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka, Bangladesh.

[4] Dogan, M. 2010, Failure analysis of shear columns to seismic events, Engineering Failure Analysis, Vol. 140No.18, pp: 682-693.

[5] ETABS Integrated Building Design Software, Version 16.2.1, Computers and Structures. Inc, USA, 2018.

[6] Gevara, T.L., Eeri, M., Garcia, E.L., 2005, The Captive and Short Column Effects, Earthquake Engineering Research Institute, Vol. 21 No. 1, pp: 141-160.

[7] Ghosh, R. and Debbarma, R. 2019, Effect of slope angle variation on the structures resting on hilly region considering soil–structure interaction, International Journal of Advanced Structural Engineering, Vol. 11, pp: 67-77.

[8] Jenifer Priyanka, R.M., Anand, N., Justin S. 2012, Studies on Soil Structure Interaction of Multi Storeyed Buildings with Rigid and Flexible Foundation, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Vol. 2, pp: 111-118, Chennai, India.

[9] Ramin, K. and Mehrabpour, F. 2014, Study of Short Column Behavior Originated from the Level Difference on Sloping Lots during Earthquake (Special Case: Reinforced Concrete Buildings), Open Journal of Civil Engineering, Vol. 4, pp: 23-34, Kermanshah, Iran.

[10] Soil-Structure Interaction for Building Structures, 2012, the Applied Technology Council and the consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering, Gaithersburg, Maryland.

[11] Yasir, S.F., Abbas, H.A., Jani, J., 2018 - Estimation of soil young modulus based on the electrical resistivity imaging (ERI) by usinsg regression equation, AIP Conference Proceedings, Malaysia.