مقارنة الاستجابة الزلزالية للمنشآت البيتونية المسلحة (جملة إطارية-جملة ثنائية) عند أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة(SSI)

م. محسن الحاج كنجو[1] د.م. أمجد الحلواني[2]

الملخص

يقدم البحث دراسة تحليلية لسلوك منشأ بيتوني مسلح من ثمانية طوابق لنوعين من الجمل الإنشائية جملة إطارية وجملة ثنائية مع اختلاف طبيعة الاستناد(موثوق–استناد مرن) تحت تأثير حمل ديناميكي (سبع هزات زلزالية)، تم بدايةً نمذجة المنشأ الإطاري باستناد موثوق وتمثيل حالة الاستناد المرن وفق حالتين (حالة نوابض وينكلر (BNWF) – حالة عناصر محدودة) وذلك وفق التحليل الديناميكي اللاخطي(السجل الزمني) بالاستعانة ببرنامج ABAQUS 2019، عند دراسة تطابق النموذج مع الدراسة المرجعية كانت النتائج متقاربة تحت تأثير الحمولات المطبقة، تم نمذجة منشأ الجملة الثنائية بإضافة جدار مسلح بالفتحة الثانية، وأخيراً المقارنة بين الجملتين الإطارية والثنائية. حيث إن إضافة الجدار أدى إلى تغيير أنماط استجابة المنشأ وكان أثر الاختلاف في قيم القص والدور والانتقالات وباختلاف طبيعة الأستناد في حالة الجملة الثنائية اكبر مما هو عليه في حالة الجملة الإطارية.

الكلمات المفتاحية: الاستناد المرن، طريقة العناصر المحدودة FEM، الجملة الثنائية الجملة الإطارية، نوابض وينكلر(BNWF).

[1] طالب ماجستير – قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة – المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة – جامعة دمشق – سورية.

[2] مدرّس في قسم الهندسة الإنشائيّة الزّلزاليّة – المعهد العالي للبحوث والدّراسات الزّلزاليّة – جامعة دمشق – سورية.

Comparison of the seismic response of reinforced concrete structures (Framed system-Dual system) Taking into soil - structure interaction (SSI)

Muhsen Alhaj Kanjo [1] Amjad ALhlwani [2]

Abstract.

This research presents analytical study of two eight stories reinforced concrete Building. The first one is framed building and the other is wall-frame dual system with the consideration of different types of supports (fixed- flexible supports). Fixed-supported Framed building was modeled then the flexibly-supported building using two techniques (Winkler, and Finite Element Method) with the help of ABAQUS 2019 software to achieve models with considerable similarities to actual conditions under applied loads. After that, Dual system building was modeled by adding shear wall in the second bay. Finally, the comparison between framed and dual system buildings was considered. As result, the addition of the shear wall altered the modes of vibration of the model. The different support types made bigger effect for the dual system than that of the frame system in the values of base shear, period and displacements.

Keywords: flexible repose, Finite Element Method (FEM), Dual System, Framed System.

[1] ***Master student in*** *the Structural Earthquake Engineering Department* at *Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR) - University of Damascus– Syria*.
[2] ***Assistant Prof. in*** *the Structural Earthquake Engineering Department* at *Higher Institute of Earthquake Studies and Research (HIESR) - University of Damascus– Syria.*

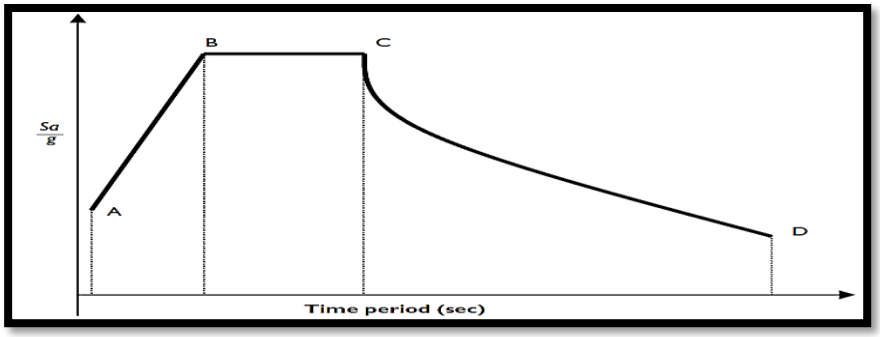
مقارنة الاستجابة الزلزالية للمنشآت البيتونية المسلحة (جملة إطارية–جملة ثنائية) عند أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة(SSI)

1–مقدمة البحث:

يهدف المصممين عادة لتصميم المنشآت ليكون هناك مجال للأمان قبل الإنهيار، الإستفادة من لاخطية المادة في العناصر الإنشائية بحيث تسلك سلوك لدن لاخطي**[1]**، حيث إن هذا السلوك يختلف بشكل واضح باختلاف الجملة الإنشائية، وأهم مايميز الجمل الثنائية بأنها تبرز أهمية الدور الذي تقوم به الجملة الإنشائية سواءاً إطارات أو جدران قص كلٍ على حدا، حيث يبرز دور الجملة الجدارية بشكل واضح في المجال المرن بينما يبرز دور الجملة الأطارية في المجال اللدن**[2]**، ومماسبق ولمعرفة السلوك الحقيقي للمنشآت لابد من أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة بعين الأعتبار، وفعل المنشأ على الاهتزازات الزلزالية يتأثر بالتفاعل المتبادل بين مكونات الجملة الثلاثة (التربة والأساس والمنشأ)**[1]**، ومن الممكن تلخيص العوامل الأساسية المؤثرة في التفاعل الديناميكي المتبادل بين المنشأ و التربة بالعوامل التالية: (خصائص الحمولة الديناميكية أو الهزة الأرضية، مواصفات التربة، مواصفات المنشأ وسلوك السطح البيني الفاصل بين التربة و الأساسات**[3]**. ومع التقدم العلمي وتطور الحاسوب أصبح ممكناً أخذ موضوع التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة بالحسبان حيث تبين أن إستجابة المنشأ تعتمد على شروط الإستناد وعلاقة المنشأ والتربة المراد التأسيس عليها، أصبح ضروريا إستخدام نماذج أكثر دقة في تمثيل هذا الإستناد**[1]**، حيث تبرز مدى أهمية تأثير التربة على المنشأ من خلال الشكل (1) والذي يبين منحني الاستجابة المستخدم في تصميم المنشآت على الزلازل حيث إن التسارعات الداخلة إلى المنشآت قد يحدث لها تضخيم او انخفاض مما يؤدي لتصميم خاطئ منذ

البداية (قد يحدث انهيار أو نحصل على وفرة اقتصادية) وذلك حسب نوع الترب المدروس ودور المنشأ المدروس، فمثلاً عند تصميم المنشأ على اعتباره موثوق نصادف حالتين:
الحالة الاولى قد ينهار عند أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة لأن دور المنشأ سوف يزداد وبالتالي ستزداد قيمة التسارع الخاضع له المنشأ في الأبنية ذات الدور القصير (الواقع ضمن المجال A–B على المخطط ادناه)، بينما الحالة الثانية يكون هناك هدر اقتصادي في المقاطع الإنشائية المصممة عند أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة لأن دور المنشأ سوف يزداد وبالتالي ستنخفض قيمة التسارع الخاضع له المنشأ في الأبنية ذات الدور الطويل (الواقع ضمن المجال C–D على المخطط ادناه)**[3]** .
اساليب نمذجة التربة مع المنشأ العلوي:

1- طريقة النوابض المكافئة للتربة أي نوابض ذات خصائص تحاكي التربة المدروسة وذالك في الاتجاهيين الأفقيين وفي الاتجاه الشاقولي ويتم ربطها مع الاساسات (تسمى نوابض وينكلر winkler).
2- طريقة العناصر المحدودة (FEM) حيث يتم تمثيل التربة بشكل كامل وفق طريقة العناصر المحدودة.
3- طريقة العناصر المحدودة (FEM) لحيز من التربة وطريقة العناصر المحيطية لأطراف التربة (بما يضمن عدم ارتداد الأمواج وبما يحقق الشروط المحيطية) وهذا المفهوم أصبح متداولا بشكل تدريجي. يبقى النموذج الأول هو الأكثر شيوعا في مسائل التصميم نظراً لبساطته والاقتصادية في عملية التحليل خصوصاً عند نمذجة المنشأ في وسط ثلاثي الأبعاد**[3]**.



الشكل(1): منحني التسارع المستخدم في تصميم المنشآت على الزلازل ويمكن تعميمه على كافة الكودات العالمية،**[3]**.

2-هدف البحث:

يهدف هذا البحث لدراسة أثر التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة عند حدوث الزلازل على المنشآت البيتونية المسلحة ذات الجمل الإطارية والثنائية المصممة لمقاومة الزلازل، وذلك باستخدام طريقة العناصر المحدودة باعتماد برنامج ABAQUS 2019 ، ويهدف أيضاً للمقارنة بين تأثير طبيعة الاستناد على نوعي الجمل الإنشائية المذكورة آنفاً.

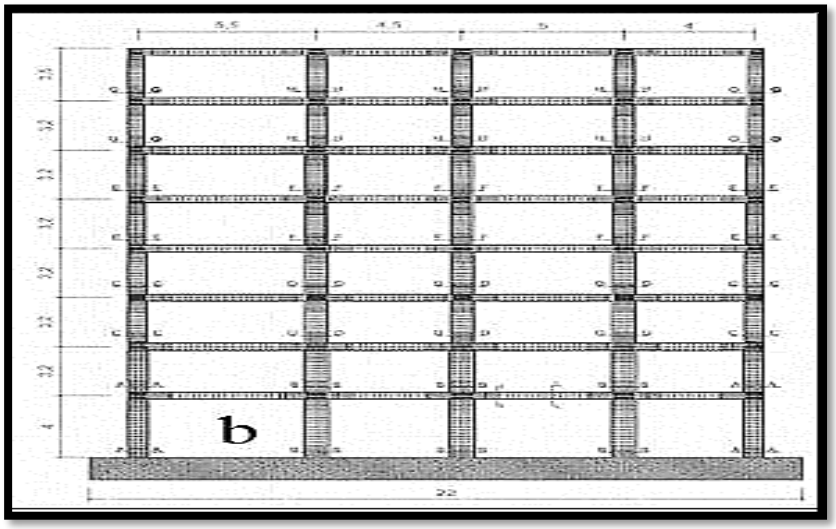
3- مواد وطرائق البحث:

3-1: معايرة المنشأ الإطاري:

تم اختيار نموذج تحليلي من الدراسة المرجعية**[4]**، وفي هذا البحث تم عرض نتائج التحليلات الديناميكية اللاخطية لإطارات خرسانية مقاومة للعزوم (RC MRF) آخذين بالاعتبار أثر التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة (SSI)، وتم التعبير عن المنشأ المدروس وفق عدة حالات:1- قاعدة ثابتة (FIX) ، 2- قاعدة مرنة (نمذجة التربة - تمثيل التربة بنوابض وينكلر).

3-1-1:توصيف النموذج التحليلي:

حيث تمت نمذجة المنشأ باستخدام طريقة العناصر المحدودة FEM اعتماداً على برنامج ABAQUS 2019 **[5]**، يوضح الشكل (2) مقطعاً طولياً للمنشأ المدروس. وتمت معايرة نتائج النموذج التحليلي تحت تأثير الحمل الديناميكي المطبق، ويبين الجدول(1) مواصفات المنشأ والجدول (2) أبعاد مقاطع الأعمدة والجوائز.



الشكل(2): مقطع طولي للمنشأ الإطاري المدروس.

الجدول (1):مواصفات المنشأ المدروس.

BUILDING	H (M)	TOTAL MASS (T)	ρ	Fc (mPa)	Fy (mPa)	E (mPa)	υ	EQ
8 FLOORS	26.7	692.8	$2.5\ {}^{T}/_{M^3}$	25	450	28500	0.18	تم تطبيق 7 هزات زلزالية بالاتجاه (X)

الجدول(2): أبعاد مقاطع الأعمدة والجوائز.					
SEC	ELEMENT	B (m)	H (m)	REINFORCEMENTS	
				LONGITUDINAL	TRANSVERSAL
A-A	COLUMN	0.5	0.65	16Ø20	Ø12/10 cm
B-B	COLUMN	0.5	0.8	18Ø20	Ø12/10 cm
C-C	COLUMN	0.5	0.6	14Ø18	Ø12/10 cm
D-D	COLUMN	0.5	0.75	18Ø18	Ø10/10 cm
E-E	COLUMN	0.5	0.55	14Ø16	Ø10/8 cm
F-F	COLUMN	0.5	0.7	18Ø16	Ø10/8 cm
G+G	COLUMN	0.5	0.5	12Ø16	Ø10/8 cm
H-H	COLUMN	0.5	0.65	16Ø16	Ø10/8 cm
I-I	BEAM	0.5	0.5	5Ø20 (M^-) 3Ø20 (M^+)	Ø8/8 cm
L-L	BEAM	0.5	0.5	3Ø20 (M^-) 3Ø20 (M^+)	Ø8/20 cm

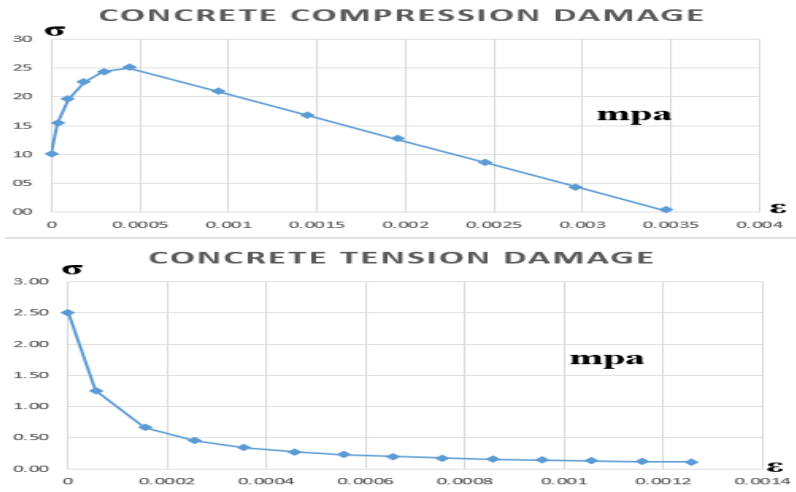
تمت نمذجة المبنى مع التربة باستخدام برنامج Abaqus 2019 حالة (PLANE – STRAIN) تشوهات مستوية، ونمذجة الجوائز والأعمدة كعناصر إطارية Frame

Beam element، والواحدات المستخدمة في النمذجة : N/m^2 وتم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي .

وكانت المواد المستخدمة في المنشأ كما هو موضح بالجدول(3) :

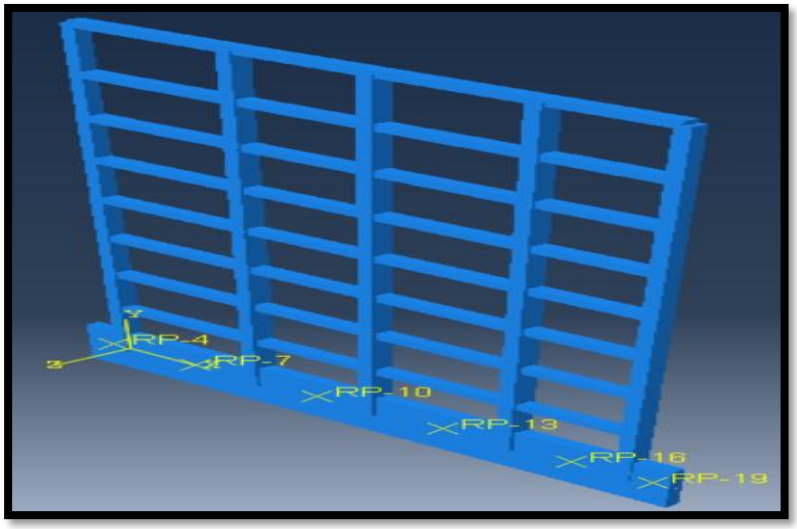
الجدول(3): خواص المواد المستخدمة.

خواص المواد	القيمة
إجهاد ضغط البيتون	f'_c = 25 Mpa
معامل مرونة البيتون	E_c = 28500 Mpa
معامل بواسون للبيتون	$\nu_{Concret} = 0.2$
الوزن الحجمي للبيتون	$\gamma_c = 25\ Kn/m^3$
حد السيلان لفولاذ التسليح الطولي	f_y = 450 Mpa
حد السيلان لفولاذ التسليح العرضي	f_{ys} = 250 Mpa
معامل مرونة الفولاذ	$MpaE_{St} = 210\ Gpa$
معامل بواسون للفولاذ	$\nu_{Steel} = 0.2$
الوزن الحجمي للفولاذ	$\gamma_{St} = 78.5\ Kn/m^3$



الشكل(3): سلوك مادة البيتون.

تم استخدام اساس شريطي بأبعاد تحقق سلوك صلب للاساسات، موضح بالشكل(4) النموذج التحليلي للمنشأ الموثوق.

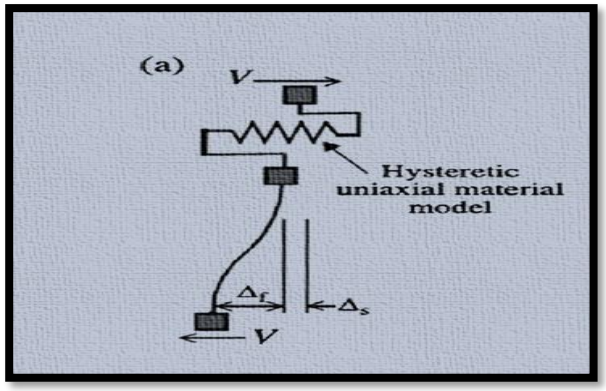


الشكل(4): النموذج التحليلي للمنشأ الموثوق.

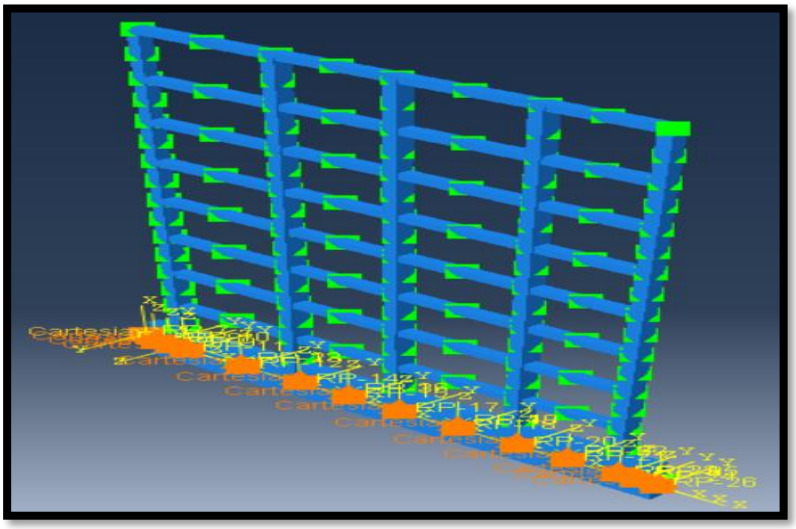
تم تعريف سلوك نوابض وينكلر بواسطة connector **[4]**، كما هو موضح بالشكل(5)، حيث كانت قيم ثابت نابض التربة الأفقي والشاقولي كما يلي :

$$K_Y = 315000\ kN/m \qquad K_X = 31500\ kN/m$$

موضح بالشكل(6) النموذج التحليلي للمنشأ مع نوابض وينكلر.

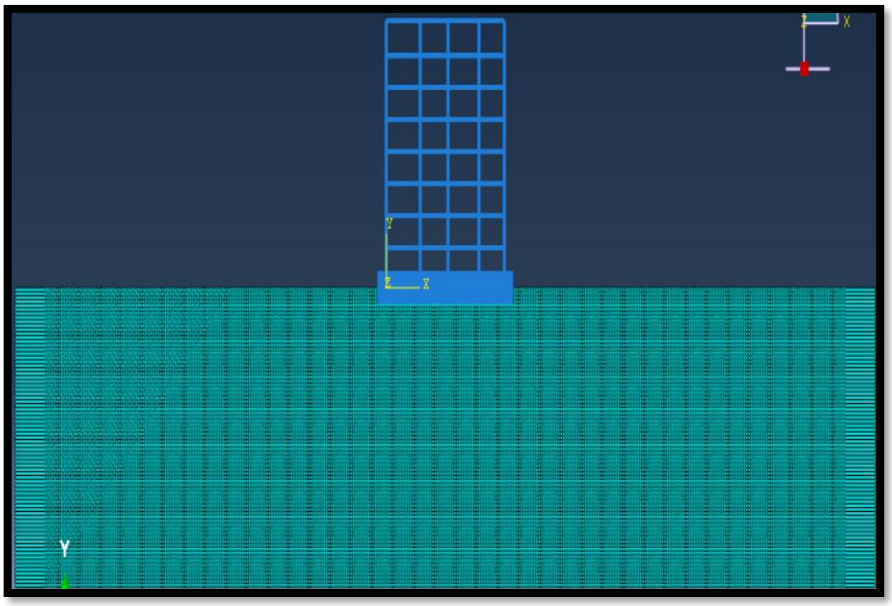


الشكل(5): نموذج نابض وينكلر،[4].



الشكل(6): النموذج التحليلي مع نوابض وينكلر.

تم استخدام معيار انهيار مور– كولومب لتوصيف سلوك التربة، وافتراض أن خصائص التربة نفسها على كامل العمق، موضحة بالجدول(4)، و الشكل(7) يبين النموذج التحليلي مع التربة.



الشكل(7): النموذج التحليلي مع التربة.

الجدول (4):مواصفات التربة.	
عمق التربة (H)	30 m
نوع التربة	تربة ذات خلائط بحصية غضارية
سرعة أمواج القص (V_{S0})	250 $^{m}/_{S}$
الكثافة (ρ)	2 $^{T}/_{m^3}$
التماسك (C)	65 kPa
معامل المرونة (E)	120 mPa
معامل القص الديناميكي (G_D)	127.4 mPa
معامل بواسون (υ)	0.3
دور التربة (T)	0.48 S
التردد الزاوي (ω)	13.1$^{RAD}/_{S}$
أبعاد التربة (B * H)	142*30 (m)
زاوية الاحتكاك (φ)	35
زاوية التوسع (ψ)	12

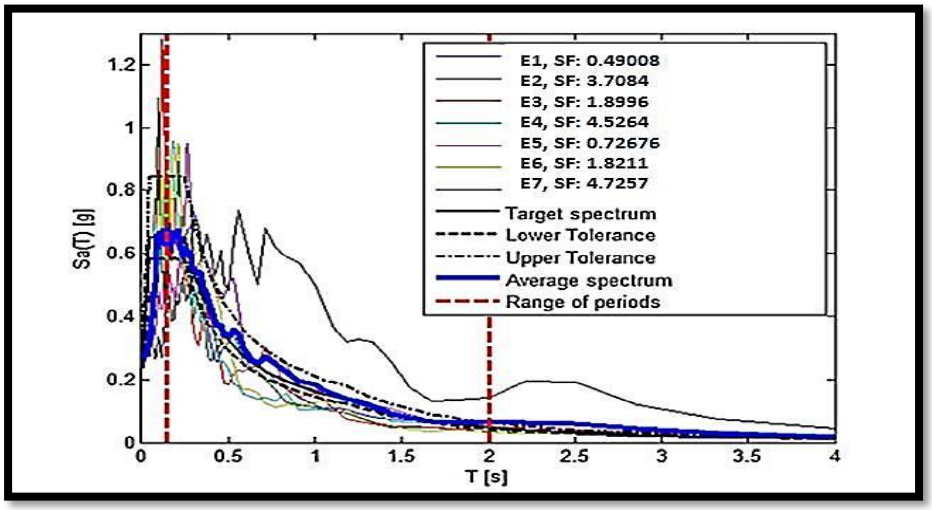
تم تمثيل الشروط المحيطية وتطبيق الحمل الزلزالي بالاتجاه x للحالات الثلاث للمنشأ : موثوق – استناد مرن (تربة – نوابض وينكلر)

أُجري تحليل ديناميكي لا خطي نوع السجل الزمني وفق برنامج Abaqus **[5]**، تم تطبيق 7 هزات مختلفة الشدة و أخذ الاستجابة الوسطية للحصول على نتائج المبنى، كما هو مبين بالجدول (5) والشكل (8)، كان الفرق في متوسط ال (PGA) بين هذه الهزات والهزات الموجودة ضمن الدراسة المرجعية (4%) حيث إن الهزات المستخدمة في المعايرة

تختلف عن الهزات الموجودة ضمن الدراسة المرجعية، تم تجميع سبع هزات**[6]** بحيث تحقق تقارب في قيمة الوسطي لل (PGA) ويعود ذلك لعدم تجاوب الدارس في كثرة الطلب للحصول على الهزات.

الجدول(5):الهزات المطبقة.

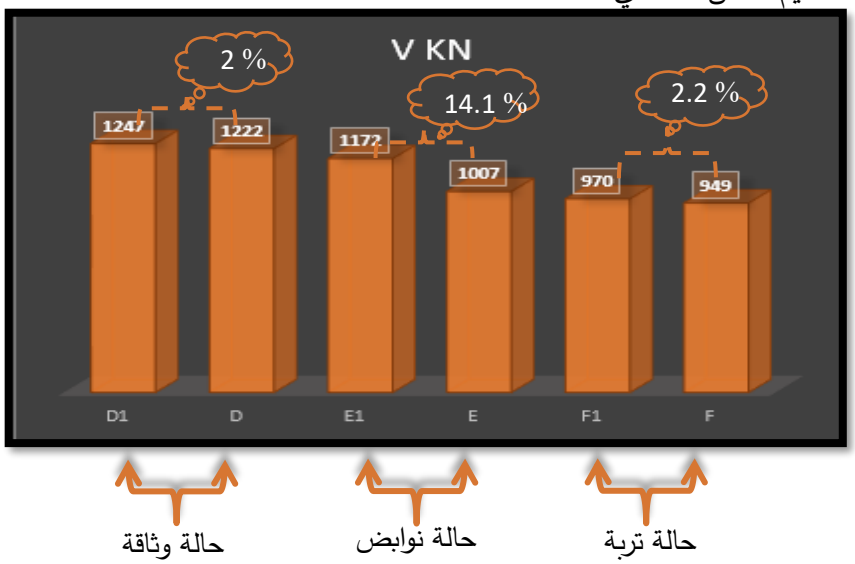
رقم الهزة	اسم الهزة	$PGA\ (G)$	$\mathrm{PGA}(^{m}/_{S^2})$	زمن الهزة
$E1$	DUZCE	0.1 G	0.981	42.32
$E2$	HOLLISTER	0.05 G	0.491	39.995
$E3$	IMPERIAL VALLEY	0.21 G	2.06	39.365
$E4$	KERN COUNTY	0.18 G	1.77	54.36
$E5$	LIVERMORE	0.06 G	0.59	39.99
$E6$	LOMA PRIETA	0.18 G	1.77	39.99
$E7$	VICTORIA	0.63 G	6.18	24.61



الشكل(8): الهزات المدروسة.

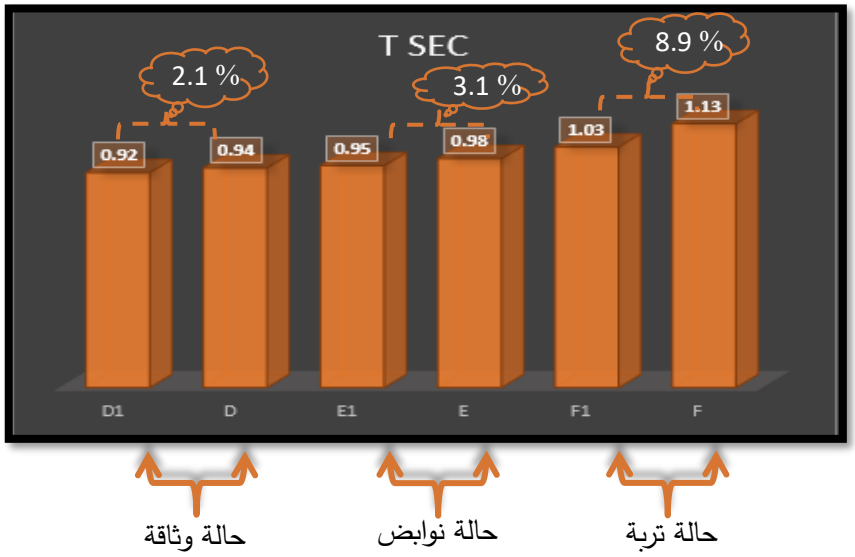
3-1-2: نتائج المعايرة ومناقشتها:

- قيم القص القاعدي:



الشكل(9): قيم القص القاعدي والفرق مع الدراسة المرجعية.

- **قيم الدور:**



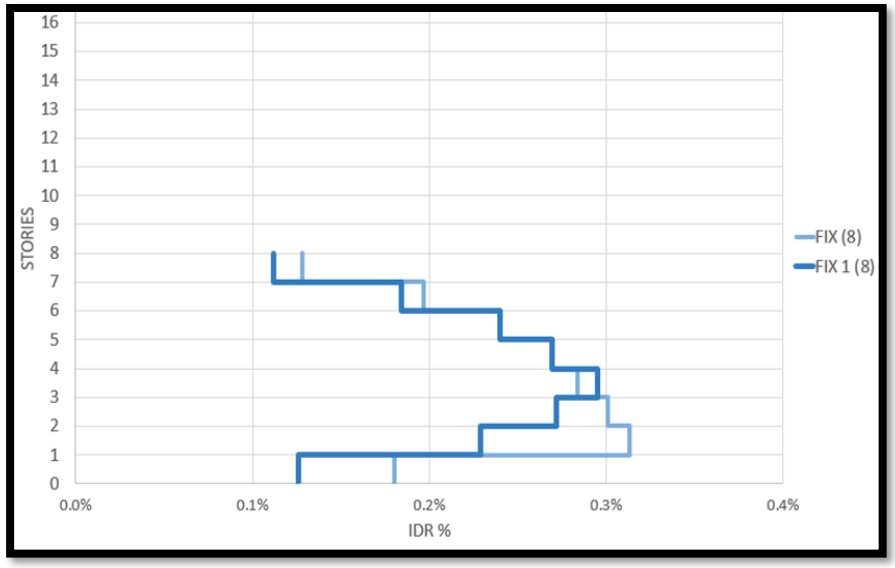
الشكل(10): قيم الدور والفرق مع الدراسة المرجعية.

- **الانزياح IDR%**:

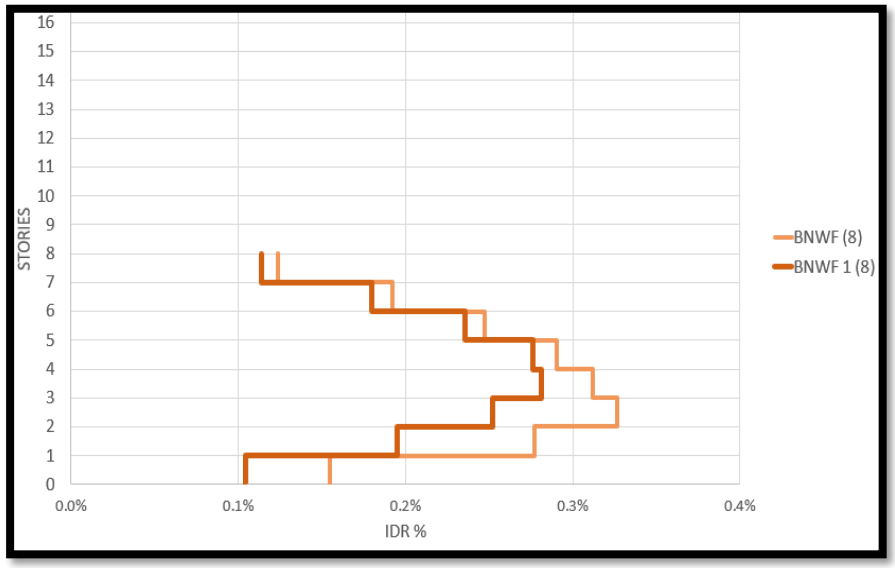
موضحة نسب الانزياح الداخلية والفرق بين الدراسة التحليلية والمرجعية بالجدول(6) والأشكال(11-1)،(11-2) و(11-3) لحالات الاستناد الثلاث.

جدول (6): نسب الانزياحات الطابقية IDR%

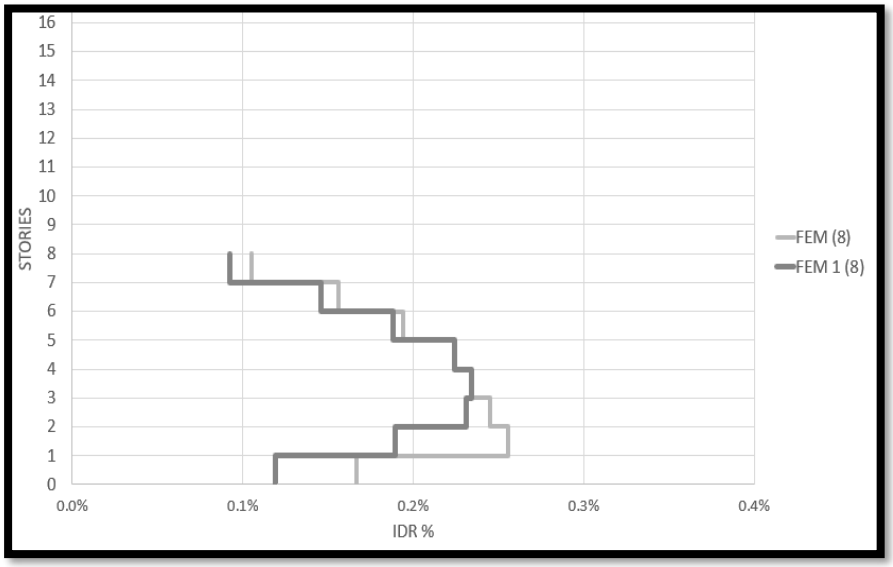
الطابق	الدراسة المرجعية			الدراسة التحليلية			الفرق النسبي %		
	طبيعة الاستناد وثاقة حالة (D1)	طبيعة الاستناد نوابض حالة (E1)	طبيعة الاستناد تربة حالة (F1)	طبيعة الاستناد وثاقة حالة (D)	طبيعة الاستناد نوابض حالة (E)	طبيعة الاستناد تربة حالة (F)	حالة وثاقة (ΔD)	حالة نوابض (ΔE)	حالة تربة (ΔF)
1	% 0.13	% 0.10	% 0.12	% 0.18	% 0.15	% 0.16	43 %	48 %	40 %
2	% 0.23	% 0.19	% 0.19	% 0.31	% 0.28	% 0.26	37 %	42 %	35 %
3	% 0.27	% 0.25	% 0.23	% 0.30	% 0.33	% 0.24	10.8 %	29.7 %	6 %
4	% 0.29	% 0.28	% 0.23	% 0.28	% 0.31	% 0.23	4 %	10.9 %	0 %
5	% 0.27	% 0.28	% 0.22	% 0.27	% 0.29	% 0.22	0 %	5 %	0 %
6	% 0.24	% 0.24	% 0.19	% 0.24	% 0.25	% 0.19	0 %	5 %	3 %
7	% 0.18	% 0.18	% 0.15	% 0.2	% 0.19	% 0.16	7 %	7 %	7 %
8	% 0.11	% 0.11	% 0.09	% 0.13	% 0.12	% 0.10	14 %	9 %	14 %



الشكل(11-1): مخطط الانزياحات لحالة الوثاقة.



الشكل(11-2): مخطط الانزياحات لحالة النوابض.



الشكل(11-3): مخطط الانزياحات لحالة التربة.

نتائج المعايرة:

1- الدور : بلغت أكبر زيادة لقيمة الدور في الدراسة التحليلية بمقدار (8.85 %) عن الدراسة المرجعية بحالة أخذ التربة.

2- القص القاعدي : بلغ أكبر انخفاض لقيمة القص القاعدي في الدراسة التحليلية بمقدار (14.1%) عن الدراسة المرجعية بحالة النوابض.

3- نسبة الانزياح (IDR %) : بلغ أكبر ازدياد لقيمة الانزياح الطابقي في الدراسة التحليلية بمقدار (48%) عن الدراسة المرجعية بحالة النوابض عند الطابق الأول.

3-2: دراسة منشأ الجملة الثنائية:

3-2-1:توصيف النموذج:

تم اعتماد النموذج السابق بعد التأكد من المعايرة وإضافة جدار قص في الفتحة الثانية بسماكة 30cm، ودراسة النماذج التالية على ثلاث أنواع من الاستناد:(وثاقة، نوابض و تربة ذات خلائط بحصية غضارية)، حيث تم تطبيق نفس الهزات المعتمدة في المعايرة (سبع هزات بالاتجاه X)، ومن ثم حساب معاملات التخميد للبيتون من العلاقة(2):

$$\alpha + \beta\omega_i^2 = 2\omega_i D_i \dots\dots (2)$$

حيث إنَّ α و β معاملات ريليه المتعلقة بكتلة وقساوة المنشأ ويتم حسابهما من أجل اطوار مختلفة, ω_i تعبر عن قيم تردد البناء وفق أنماط الاهتزاز , D_i تعبر عن قيم التخامد النسبي وتم فرضها (5 %)

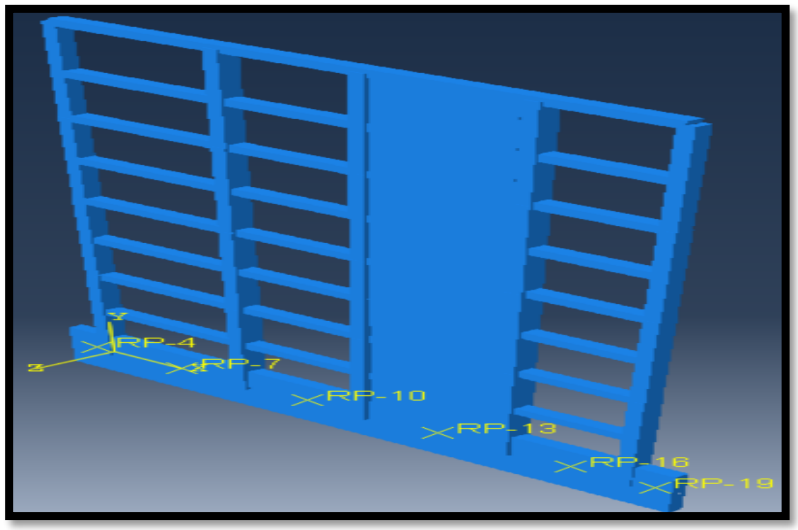
تم حساب معاملات التخميد للتربة من العلاقات (3) و(4):

$$\alpha = \frac{2\omega_1\omega_2(D_1\omega_2 - D_2\omega_1)}{(\omega_2^2 - \omega_1^2)} \dots\dots (3)$$

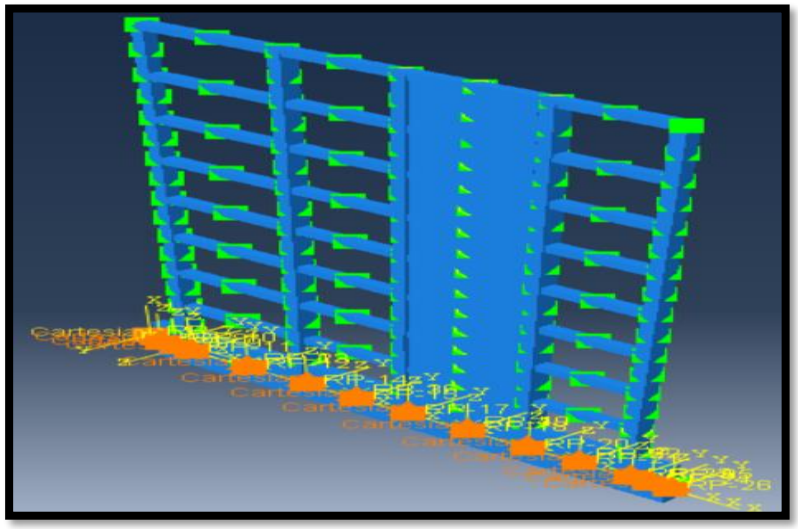
$$\beta = \frac{(D_2\omega_1 - D_1\omega_2)}{\pi(\omega_2^2 - \omega_1^2)} \dots\dots (4)$$

حيث إن ω_1,ω_2 تعبر عن قيم تردد التربة والهزة الزالزالية على الترتيب.

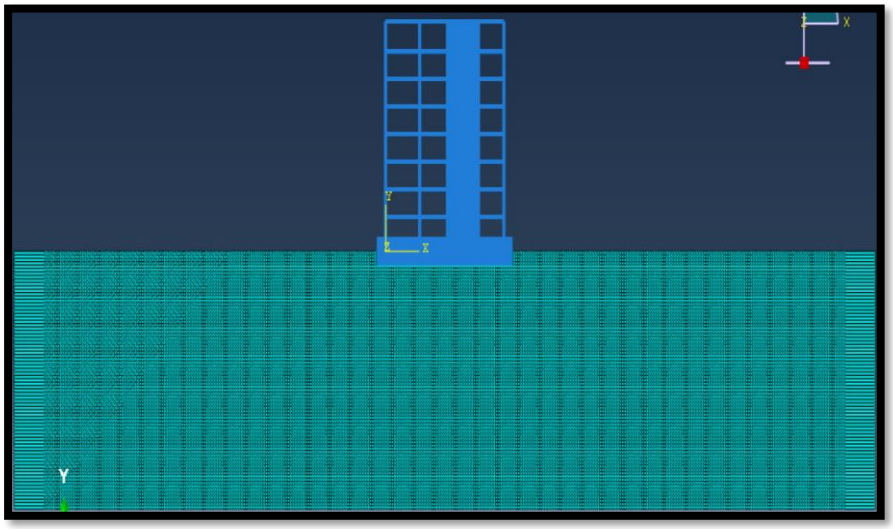
حيث إنَّ D_1,D_2 تعبر عن قيم تخامد التربة والهزة الزالزالية على الترتيب، حيث تم فرض $D_1 = D_2 = 5\ \%$، تبين الأشكال(1−12)،(2−12)و(3−12) النموذج التحليلي لمنشأ الجملة الثنائية بحالات الاستناد الثلاث.



الشكل(1−12):نموذج الجملة الثنائية باستناد موثوق.



الشكل(12-2):نموذج الجملة الثنائية باستناد نوابض.

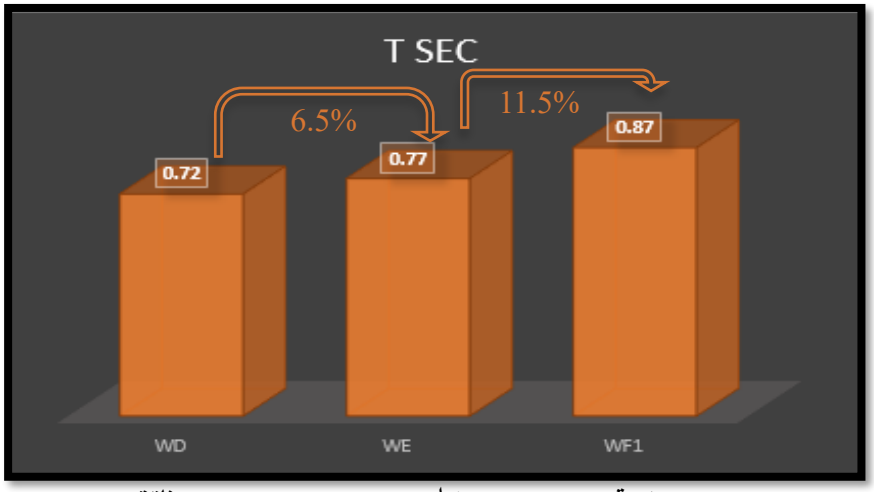


الشكل(12-3):نموذج الجملة الثنائية باستناد تربة.

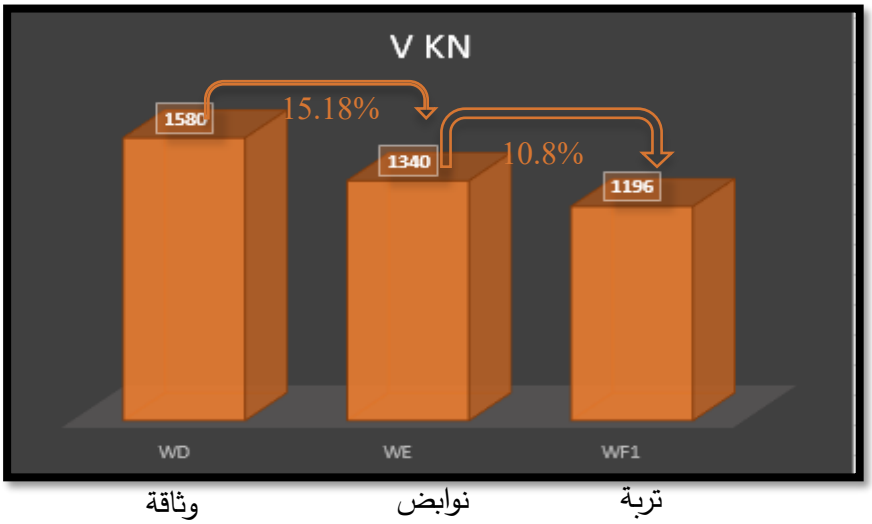
3-2-2:نتائج دراسة نموذج الجملة الثنائية:

بما يتعلق بقيمة الدور زادت قيمته بنسبة (6.5%) بحالة النوابض عن حالة الوثاقة وبنسبة (11.5 %) بحالة التربة ذات الخلائط البحصية الغضارية عن حالة النوابض، موضحة بالشكل(13)، بينما القص القاعدي انخفضت قيمته بنسبة (15.2%) بحالة النوابض عن حالة الوثاقة وبنسبة (10.8 %) بحالة التربة ذات الخلائط البحصية الغضارية عن حالة

النوابض، كما هو مبين بالشكل(14)، ومن أجل قيم الانزياح IDR% موضح بالجدول(7) والشكل(15).



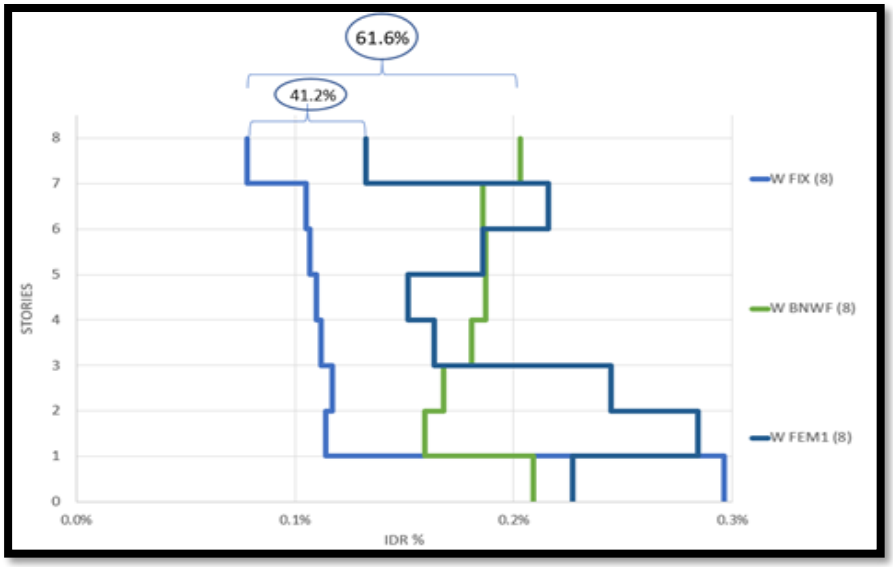
الشكل(13): قيم الدور لنموذج الجملة الثنائية.



الشكل(14): قيم القص القاعدي لنموذج الجملة الثنائية.

الجدول (7): نسب الانزياحات الطابقية%IDR

الطابق	طبيعة الاستناد وثاقة حالة (WD)	طبيعة الاستناد نوابض حالة (WE)	طبيعة الاستناد تربة ذات خلائط غضارية بحصية حالة (WF1)	الفرق النسبي %		
				ΔWF1−ΔWE	ΔWF1−ΔWD	ΔWE−ΔWD
1	0.296 %	0.209 %	0.227 %	7.79 %	30.51 %	41.54 %
2	0.114 %	0.159 %	0.284 %	43.92 %	59.91 %	28.52 %
3	0.117 %	0.168 %	0.244 %	31.35 %	52.13 %	30.27 %
4	0.112 %	0.181 %	0.164 %	10.33 %	31.61 %	38.01 %
5	0.110 %	0.187 %	0.152 %	23.52 %	27.42 %	41.24 %
6	0.107 %	0.187 %	0.186 %	0.65 %	42.5 %	42.87 %
7	0.105 %	0.186 %	0.216 %	13.96 %	51.37 %	43.48 %
8	0.078 %	0.203 %	0.133 %	53.18 %	41.16 %	61.59 %



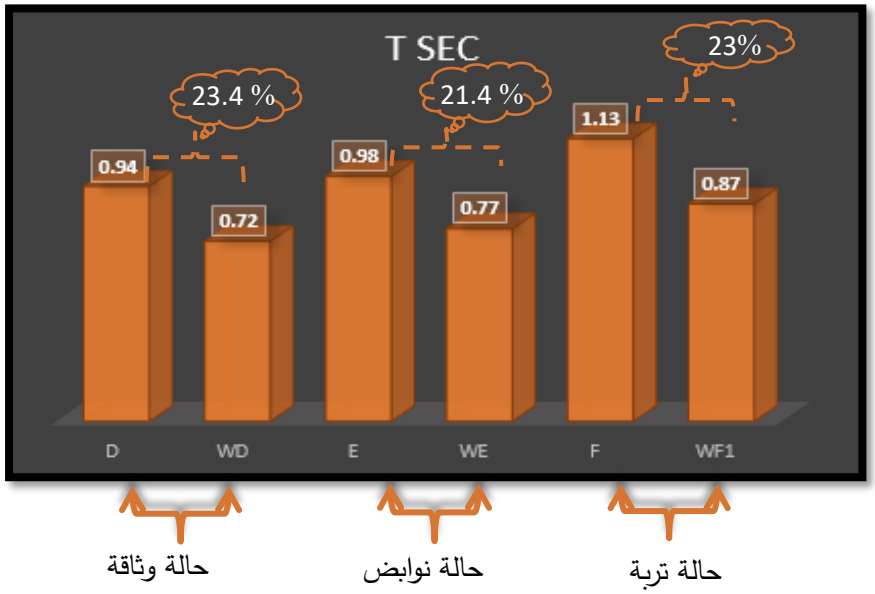
الشكل(15):نسب الانزياح %IDR.

كان الفرق في نسبة الإزاحة الطابقية للطابق الأخير بين حالة وثاقة وحالة تربة ذات خلائط بحصية غضارية بمقدار (41.2 %) وبين حالة وثاقة وحالة النوابض بمقدار (61.6 %).

3-3: استجابة نموذجي المنشأ باختلاف الجمل الإنشائية:

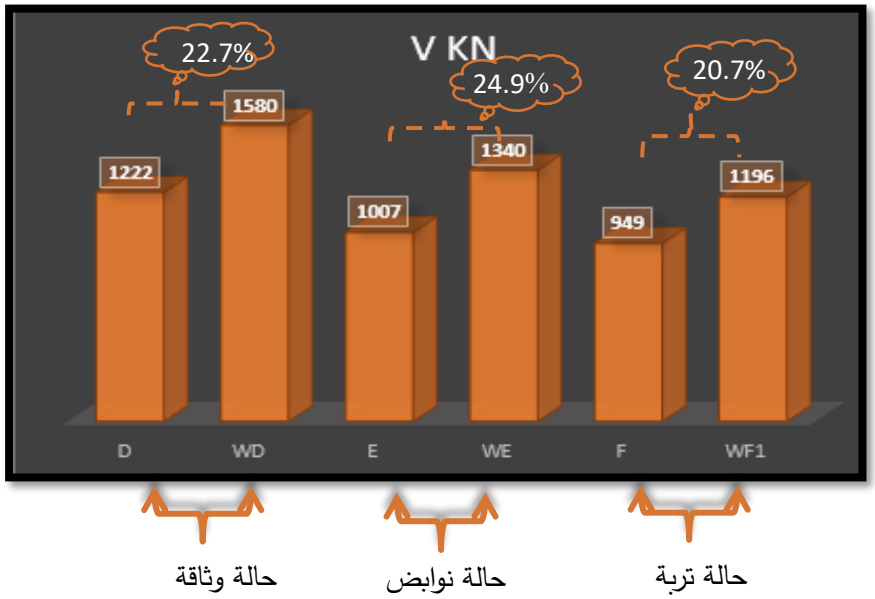
تمت مقارنة النتائج بين المنشأ الإطاري ومنشأ الجملة الثنائية من حيث قيم الدور والقص القاعدي ونسبة الانزياح الطابقية، انخفضت قيمة الدور في الجملة الثنائية عن الجملة الإطارية بنسب مختلفة باختلاف طبيعة الاستناد كانت أكبرها بمقدار(23.4%) في حالة الاستناد الموثوق، بينما زادت قيمة القص القاعدي في الجملة الثنائية عن الجملة الإطارية بنسب مختلفة باختلاف طبيعة الاستناد كانت أكبرها بمقدار(25%) في حالة الاستناد على نوابض، وانخفضت قيمة الانزياح الطابقي في الجملة الثنائية عن الجملة الإطارية بنسب مختلفة باختلاف طبيعة الاستناد كانت أكبرها بمقدار(64%) في حالة الاستناد على نوابض عند الطابق الأخير، كما هو مبين بالاشكال(16-1)،(16-2)،(17-1)، (17-2)،(18-1)،(18-2).

الشكل(16-1): قيم الدور باختلاف الجملة الإنشائية.

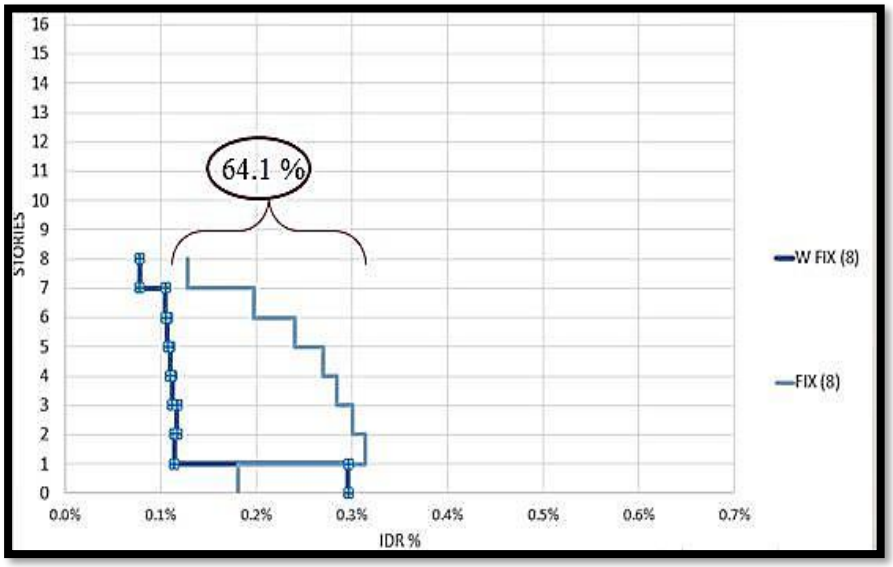


الشكل(16-2): الفرق النسبي لقيم الدور بالنموذجين.

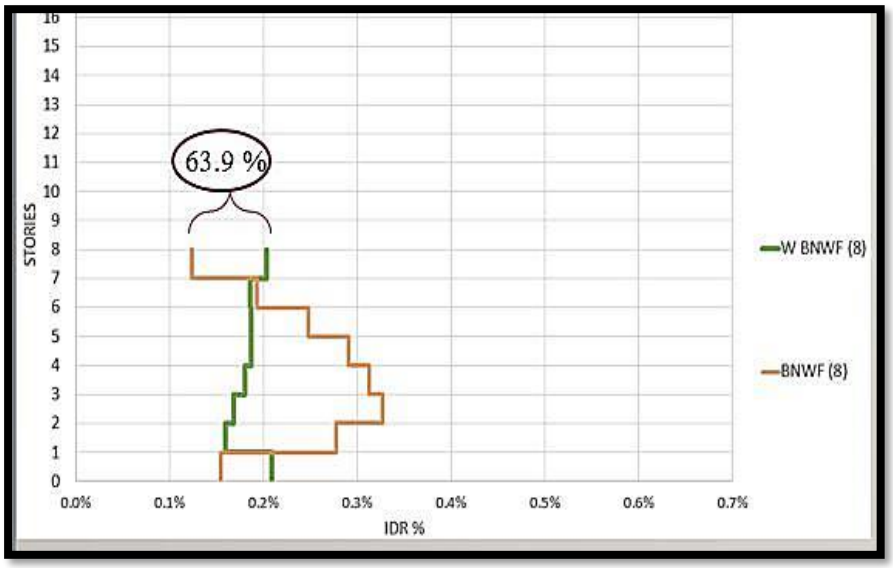
الشكل(17-1): قيم القص القاعدي باختلاف الجملة الإنشائية.



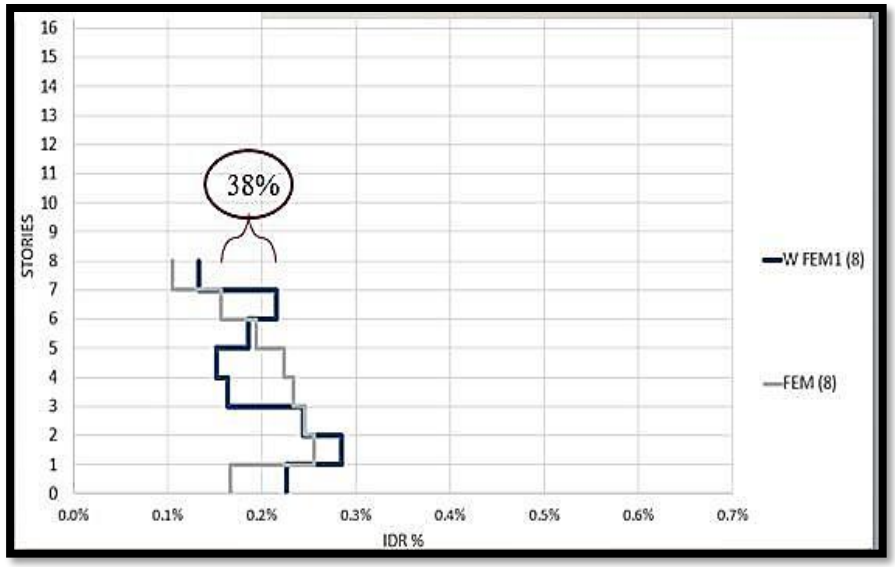
الشكل(17-2): الفرق النسبي لقيم القص القاعدي بالنموذجين.



الشكل(18-1): الفرق النسبي للانزياح الطابقي بالنموذجين بحالة استناد وثاقة.



الشكل(18-2): الفرق النسبي للانزياح الطابقي بالنموذجين بحالة استناد نوابض.



الشكل(18-3): الفرق النسبي للانزياح الطابقي بالنموذجين بحالة استناد تربة.

4- نتائج البحث:

تم في هذا البحث دراسة سلوك منشأ بيتوني مسلح بثمانية طوابق (بجملة إطارية وجملة ثنائية) مع أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة، حيث تم إجراء التحليل الديناميكي باستخدام طريقة العناصر المحدودة FEM ، كذلك تمت المقارنة بين سلوكي الجملتين باختلاف طبيعة الاستناد ، تم التوصل إلى النتائج التالية:

1- يمكن أن يتم تمثيل التربة عن طريق النوابض في حالة الجملة الإطارية ولكن في الجمل الثنائية لايمكن أن يتم الاستعاضة عن التربة بالنوابض لأنها لاتعبر عن السلوك الحقيقي الحاصل ويتم تمثيل تربة وفق العناصر المحدودة.

2- إن الاختلاف في قيم القص والدور والانتقالات في حالة الجمل الثنائية أكبر مما هو عليه في حالة الجمل الإطارية وذلك عند المقارنة بين حالتي الاستناد (وثاقة – ترب ذات خلائط بحصية غضارية).

3- تختلف الاستجابة الزلزالية للأبنية البيتونية (الجملة الإطارية – الجملة الثنائية) عند اعتبارها مستندة كوثاقة تامة عن استجابتها على اعتبارها مستندة استناد مرن (الحالة المدروسة ترب ذات خلائط بحصية غضارية) حيث تتغير الحالة الإجهادية للتربة

بسبب تغير حالة التربة (كحقل حر أو تحت المبنى) المختلف بتغير مواصفات التربة مما يؤثر على السلوك الفعلي للمنشأ لذلك يجب دراسة التربة تحت المنشأ، مما يؤكد ضرورة أخذ التأثير المتبادل بين المنشأ والتربة.

5- المراجع:

[1] فرح، بشار. (2012). **دراسة التفاعل بين المنشآت الهيكلية والتربة في المجال اللاخطي تحت تأثير الأحمال الزلزالية بطريقة البرمجة الرياضية**. رسالة ماجستير. الهندسة الإنشائية الزلزالية. المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. جامعة دمشق. سوريا. ص:178.

[2] Sigmund, V., Guljas, I. and Hadzima-Nyarko, M., 2008, October. **Base shear redistribution between the R/C dual system structural components**. In the 14th World conference on earthquake engineering.

[3] عفّاش، مهند. (2015). **محاضرات في التأثير الديناميكي المتبادل بين المنشآت وترب التأسيس**. جامعة دمشق/المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. دمشق.

[4] Tomeo, R., Pitilakis, D., Bilotta, A. and Nigro, E., 2018. **SSI effects on seismic demand of reinforced concrete moment resisting frames**. Engineering Structures, 173, pp.559-572.

[5] Getting Started with Abaqus, Version 6.14. (2014). **The Abaqus Software is a product of Dassault Systèmes Simulia Corp**. USA. 693p.

[6] http://www.eng.ucy.ac.cy/petros/Earthquakes, for seismic records.