

مجلة جامعة البعث

سلسلة علوم الهندسة المدنية والمعمارية



مجلة علمية محكمة دورية

المجلد 43 . العدد 16

1442 هـ - 2021 م

الأستاذ الدكتور عبد الباسط الخطيب

رئيس جامعة البعث

المدير المسؤول عن المجلة

رئيس هيئة التحرير

أ. د. ناصر سعد الدين

رئيس التحرير

أ. د. درغام سلوم

مديرة مكتب مجلة جامعة البعث

بشرى مصطفى

عضو هيئة التحرير	د. محمد هلال
عضو هيئة التحرير	د. فهد شريباتي
عضو هيئة التحرير	د. معن سلامة
عضو هيئة التحرير	د. جمال العلي
عضو هيئة التحرير	د. عباد كاسوحة
عضو هيئة التحرير	د. محمود عامر
عضو هيئة التحرير	د. أحمد الحسن
عضو هيئة التحرير	د. سونيا عطية
عضو هيئة التحرير	د. ريم ديب
عضو هيئة التحرير	د. حسن مشرقي
عضو هيئة التحرير	د. هيثم حسن
عضو هيئة التحرير	د. نزار عبشي

تهدف المجلة إلى نشر البحوث العلمية الأصيلة، ويمكن للراغبين في طلبها

الاتصال بالعنوان التالي:

رئيس تحرير مجلة جامعة البعث

سورية . حمص . جامعة البعث . الإدارة المركزية . ص . ب (77)

. هاتف / فاكس : ++ 963 31 2138071

. موقع الإنترنت : www.albaath-univ.edu.sy

. البريد الإلكتروني : [magazine@ albaath-univ.edu.sy](mailto:magazine@albaath-univ.edu.sy)

ISSN: 1022-467X

شروط النشر في مجلة جامعة البعث

الأوراق المطلوبة:

- 2 نسخة ورقية من البحث بدون اسم الباحث / الكلية / الجامعة) + CD / word من البحث منسق حسب شروط المجلة.
 - طابع بحث علمي + طابع نقابة معلمين.
 - إذا كان الباحث طالب دراسات عليا:
يجب إرفاق قرار تسجيل الدكتوراه / ماجستير + كتاب من الدكتور المشرف بموافقة على النشر في المجلة.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية:
يجب إرفاق قرار المجلس المختص بإنجاز البحث أو قرار قسم بالموافقة على اعتماده حسب الحال.
 - إذا كان الباحث عضو هيئة تدريسية من خارج جامعة البعث :
يجب إحضار كتاب من عمادة كليته تثبت أنه عضو بالهيئة التدريسية و على رأس عمله حتى تاريخه.
 - إذا كان الباحث عضواً في الهيئة الفنية :
يجب إرفاق كتاب يحدد فيه مكان و زمان إجراء البحث ، وما يثبت صفته وأنه على رأس عمله.
 - يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (العلوم الطبية والهندسية والأساسية والتطبيقية):
عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).
- 1- مقدمة
 - 2- هدف البحث
 - 3- مواد وطرق البحث
 - 4- النتائج ومناقشتها .
 - 5- الاستنتاجات والتوصيات .
 - 6- المراجع.

- يتم ترتيب البحث على النحو الآتي بالنسبة لكليات (الآداب - الاقتصاد - التربية - الحقوق - السياحة - التربية الموسيقية وجميع العلوم الإنسانية):
- عنوان البحث .. ملخص عربي و إنكليزي (كلمات مفتاحية في نهاية الملخصين).

1. مقدمة.
 2. مشكلة البحث وأهميته والجديد فيه.
 3. أهداف البحث و أسئلته.
 4. فرضيات البحث و حدوده.
 5. مصطلحات البحث و تعريفاته الإجرائية.
 6. الإطار النظري و الدراسات السابقة.
 7. منهج البحث و إجراءاته.
 8. عرض البحث و المناقشة والتحليل
 9. نتائج البحث.
 10. مقترحات البحث إن وجدت.
 11. قائمة المصادر والمراجع.
- 7- يجب اعتماد الإعدادات الآتية أثناء طباعة البحث على الكمبيوتر:
- أ- قياس الورق 25×17.5 B5.
- ب- هوامش الصفحة: أعلى 2.54- أسفل 2.54 - يمين 2.5- يسار 2.5 سم
- ت- رأس الصفحة 1.6 / تذييل الصفحة 1.8
- ث- نوع الخط وقياسه: العنوان . Monotype Koufi قياس 20
- . كتابة النص Simplified Arabic قياس 13 عادي . العناوين الفرعية Simplified Arabic قياس 13 عريض.
- ج . يجب مراعاة أن يكون قياس الصور والجداول المدرجة في البحث لا يتعدى 12سم.
- 8- في حال عدم إجراء البحث وفقاً لما ورد أعلاه من إشارات فإن البحث سيهمل ولا يرد البحث إلى صاحبه.
- 9- تقديم أي بحث للنشر في المجلة يدل ضمناً على عدم نشره في أي مكان آخر، وفي حال قبول البحث للنشر في مجلة جامعة البعث يجب عدم نشره في أي مجلة أخرى.
- 10- الناشر غير مسؤول عن محتوى ما ينشر من مادة الموضوعات التي تنشر في المجلة

11- تكتب المراجع ضمن النص على الشكل التالي: [1] ثم رقم الصفحة ويفضل استخدام التهميش الإلكتروني المعمول به في نظام وورد WORD حيث يشير الرقم إلى رقم المرجع الوارد في قائمة المراجع.

تكتب جميع المراجع باللغة الانكليزية (الأحرف الرومانية) وفق التالي:
آ . إذا كان المرجع أجنبياً:

الكنية بالأحرف الكبيرة . الحرف الأول من الاسم تتبعه فاصلة . سنة النشر . وتتبعها معترضة (-) عنوان الكتاب ويوضع تحته خط وتتبعه نقطة . دار النشر وتتبعها فاصلة . الطبعة (ثانية . ثالثة) . بلد النشر وتتبعها فاصلة . عدد صفحات الكتاب وتتبعها نقطة .
وفيما يلي مثال على ذلك:

-MAVRODEANUS, R1986- Flame Spectroscopy. Willy, New York, 373p.

ب . إذا كان المرجع بحثاً منشوراً في مجلة باللغة الأجنبية:

. بعد الكنية والاسم وسنة النشر يضاف عنوان البحث وتتبعه فاصلة، اسم المجلد ويوضع تحته خط وتتبعه فاصلة . المجلد والعدد (كتابة مختزلة) وبعدها فاصلة . أرقام الصفحات الخاصة بالبحث ضمن المجلة.
مثال على ذلك:

BUSSE,E 1980 Organic Brain Diseases Clinical Psychiatry News ,
Vol. 4. 20 – 60

ج . إذا كان المرجع أو البحث منشوراً باللغة العربية فيجب تحويله إلى اللغة الإنكليزية و
التقيد

بالبنود (أ و ب) ويكتب في نهاية المراجع العربية: (المراجع In Arabic)

رسوم النشر في مجلة جامعة البعث

1. دفع رسم نشر (20000) ل.س عشرون ألف ليرة سورية عن كل بحث لكل باحث يريد نشره في مجلة جامعة البعث.
2. دفع رسم نشر (50000) ل.س خمسون ألف ليرة سورية عن كل بحث للباحثين من الجامعة الخاصة والافتراضية .
3. دفع رسم نشر (200) مننأ دولار أمريكي فقط للباحثين من خارج القطر العربي السوري .
4. دفع مبلغ (3000) ل.س ثلاثة آلاف ليرة سورية رسم موافقة على النشر من كافة الباحثين.

المحتوى

الصفحة	اسم الباحث	اسم البحث
40-11	حليمة الحريري د. هالة حسن	تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية
70- 41	براءه فرج أ.د علي الجراش د.م سليمان العامودي	تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإثنائية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً باستخدام السجل الزمني المقيس
100-71	جوليت الفرحات د.م.نضال سطوف	أثر تطور التكنولوجيا في تصميم وإنشاء الملاعب الرياضية
128-101	حليمة الحريري هالة حسن	تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية
148-129	علاء سعادات د. عبد الحميد كيخيا	دراسة تجريبية لأثر استخدام المشابك في رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة على الثقب

تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية

طالبة الماجستير: حليلة الحريري

المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق

الدكتورة المشرفة: هالة حسن

الملخص

تناول هذا البحث دراسة تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ على الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية كونها الجمل الأكثر استخداماً في سوريا ، من خلال دراسة السلوك الديناميكي الخطي لهذه الجمل على أساس سطحي. تم نمذجة التربة والعناصر المشكلة للجمل باستخدام برنامج (SAP2000). اعتمدت منهجية البحث على دراسة مرجعية لمعايرة النموذج المدروس ومن ثم إجراء دراسة وفق متغيرات تشمل عدد الطوابق، ومواصفات الزلزال، ونوع التربة، وطريقة نمذجة التربة لمعرفة تأثير ذلك على الاستجابة العامة للجمل والقوى التصميمية ومعامل تعديل الاستجابة الزلزالية. بينت الدراسة زيادة العزوم الداخلية والمقاطع التصميمية في عناصر الجمل مقارنة مع المنشأ الموثوق. كما بينت ضرورة تطوير الكودات لقيم معامل تعديل الاستجابة الزلزالية الذي يتأثر بعدة متغيرات لنوع الجمل الواحدة منها عدد الطوابق ونوع التربة.

الكلمات المفتاحية: تحليل ديناميكي - تفاعل متبادل (تربة - منشأ) - جمل ثنائية -
Dynamic Analysis- Dual System- Soil Structure Interaction

Effect of Soil Structure Interaction in Seismic Response of Dual System

Abstract

This research deals with the study of the effect of soil structure interaction on the seismic response of dual system, being the most used system in Syria, by studying the linear dynamic behavior of these system on a surface bases. Both the soil and structure elements of the system were modeled using SAP2000 program.

The research methodology relied on a reference study to calibrate the model and then conduct a parametric study according to parameters, number of floors, earthquake frequency, soil type, soil modelling method, to see the impact on the overall response of the system, design forces and seismic response modification factor. The study showed an increase internal moment in the elements of the structure and designed sections compared to fixed base. It also showed the need to develop cods for the values of the seismic response modification factor, which is affected by several parameters per structure type, including the number of floors and the type of soil.

Key word: Dynamic Analysis, soil-structure interaction, Dual system.

تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية

1. مقدمة:

تؤثر التربة بشكل أساسي على استجابة المنشأ حيث أن الاستجابة الديناميكية للمنشأ المستند لتربة صلبة قريبة من استجابته في حالة الوثاقفة، أما إذا كانت تربة الاستناد منخفضة الصلابة فإن استجابة المنشأ ستتأثر بخواصها، وتكون مختلفة عن حالة الوثاقفة نتيجة التفاعل المتبادل مع التربة. يتكون مفهوم التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ من التفاعل العطالي والحركي وتشوه الأساس. ويمكن تبويب طرق نمذجة التربة وفق طريقتين أساسيتين، الطريقة المباشرة (Direct Method) وتعتمد على تحليل كامل الجملة (تربة - منشأ) بخطوة واحدة؛ وطريقة الجزء السفلي من المنشأ (Substructure Method) وهي طريقة متعددة الخطوات وتكون الاستجابة الكلية فيها تجميع استجابة كل الخطوات [10]. ويعتبر التفاعل المتبادل ذو أثر مهم في حالة جدران القص النحيفة والطويلة والمنشآت الهامة والاستراتيجية [3].

1.1 مراجعة تاريخية للأبحاث التي تناولت موضوع التفاعل المتبادل :

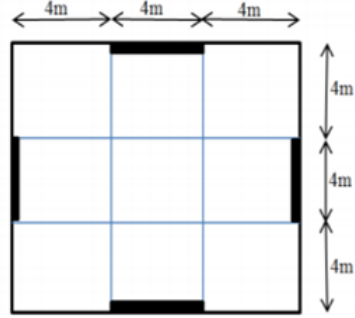
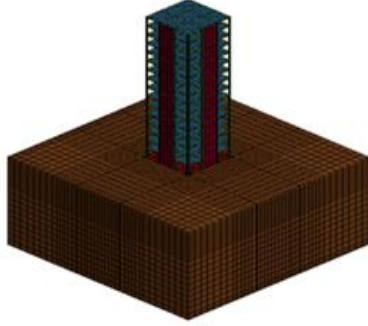
أشارت العديد من الأبحاث إلى أهمية دراسة أثر التفاعل المتبادل على استجابة الجمل الإنشائية فقد شرح بشار الفرح في رسالته [13] التفاعل بين المنشآت الهيكلية والتراب في المجال اللاخطي تحت تأثير الأحمال الزلزالية بطريقة البرمجة الرياضية باستخدام برنامج (MatLab) ، وقارن النتائج مع برنامج (Sap2000). وجد الباحث أن الانتقالات الأعظمية في حالة التحليل اللدن-مرن أقل منها في حالة التحليل المرن. كما لاحظ زيادة الانتقالات اللدنة المرنة وانخفاض الانتقالات المرنة في بعض الحالات عند دراسة التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة. كانت النتائج مقاربية بين البرنامجين بنسبة تصل 0.2%.

قدمت الدراسة [6] بحثاً حول أثر قساوة التربة على الاستجابة الزلزالية لمباني من البيتون المسلح إطارات وجدران قص وتأثير تغيير أماكن توضع هذه الجدران، وقارن بين طريقتي تمثيل منطقة التربة اللامحدودة (Far Field) بطريقة الطبقة الماصة (PML) وطريقة الحدود الماصة (non – reflecting boundary) على جمل بيتونية (إطارات فقط وجمل إطارات وجدران قص) متعددة الطوابق وفق نسب شكل مختلفة. كانت النتائج متقاربة بين الطريقتين الفرق فقط بالقص القاعدي بنسبة 1%. كما وضحت أن موقع جدران القص في الزوايا هو الأفضل في حالة بناء مشاد على تربة سرعة موجات القص فيها أكبر أو يساوي 300 متر/ثانية ($V_s \geq 300$ m/s) وفي النواحي حالة الاستناد لتربة سرعة الموجات فيها أقل من 300 متر/ثانية ($V_s < 300$ m/s) حيث يكون القص القاعدي أقل ما يمكن.

تم في البحث [4] دراسة التحليل الزلزالي لمبنى قائم 12 طابق مع أخذ تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ باستخدام ثلاثة أنواع من التربة، وتحليل تاريخ زمني خطي وفق زلزال ألتادينا (Altadena)، نمذجت التربة وفق الطريقة المباشرة (Direct Method)، واستخدام الكود الأوروبي وبرنامج التحليل (Sap2000, v19). وجد الباحث زيادة قيم الاستجابة بشكل عام مقارنة بحالة الوثيقة مع انخفاض صلابة التربة حيث تراوحت نسبة زيادة الانحراف الطائفي بين (128-39)%.

شرحت الدراسة المرجعية [5] تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ على بناء 16 طابق إطارات بيتونية مسلحة مع جدران قص على حصى سطحية. استخدمت الطريقة المباشرة (Direct Method) لتمثيل التربة. استخدمت أربعة أنواع من التربة، استخدام برنامج (LS-DYNA) لإجراء تحليل تاريخ زمني خطي سجل زلزالي بعد تخفيض تسارع الذروة (PGA) إلى (0.09g). وقورنت النتائج مع حالة الوثيقة. حيث وجد أن الانحراف الجانبي والدور يزيد مع انخفاض صلابة التربة بينما ينخفض القص بنسب تراوحت بين (72-51)%. تبين الأشكال (1) و(2) المسقط الأفقي للبناء حالة الجملة الثنائية و نموذج ثلاثي بعد للجملة المدروسة، والأشكال (3) و(4) تبين نتائج الانحراف الجانبي للدراسة المرجعية و المركبة الأفقية للسجل الزلزالي بعد النقيس لزلزال

السينترو (El Centro (0.09g)). الجدول (1) مواصفات التربة وفق الدراسة المرجعية ،
والجدول (2) يبين مواصفات النموذج المدروس. تبين الجداول (3) و (4) نتائج قيم القص
القاعدي والدور في الدراسة المرجعية.



الشكل (1) المسقط الأفقي للبناء بحالة الجملة الثنائية وفق الدراسة المرجعية
الشكل (2) نموذج ثلاثي بعد للجملة المدروسة وفق الدراسة المرجعية

الجدول (1) مواصفات التربة وفق الدراسة المرجعية:

مقطع التربة Soil Profile	الوصف Description	سرعة موجات القص Shear Wave Velocity(m/sec)	نسبة بواسون Poisson's ratio	وحدة الوزن Unit weight(ρ) (kN/m ³)
SB	صخر Rock	1200	0.3	22
SC	تربة ذات كثافة عالية وصخر طري (كونغولوميرات) Dense soil	600	0.3	20
SD	تربة صلبة Stiff Soil	300	0.35	18
SE	تربة طرية Soft Soil	150	0.4	16

الجدول (2) مواصفات النموذج المدروس وفق الدراسة المرجعية

المعامل	القيمة	سماعة السقف m	0.15
عدد الطوابق	16	أبعاد الحصىرة m	0.3*13*13
عدد الفتحات بالاتجاه X و Y	4	الحمولات الحية	2.5 KN/m ²
طول الفتحة بالاتجاهين m	4	الحمولات الميتة	1.6 KN/m ²
الارتفاع الطابق m	3	عمق التأسيس	0
سماعة البلاطة m	0.15	عيار البيتون	M 20
أبعاد الأعمدة m	0.6*0.6 تحت ثلاث طوابق	مقاومة الحديد	Fe 415 Mpa
أبعاد الأعمدة m	0.5*0.5 فوق ثلاث طوابق	الوزن الحجمي للبيتون	25 KN/m ³

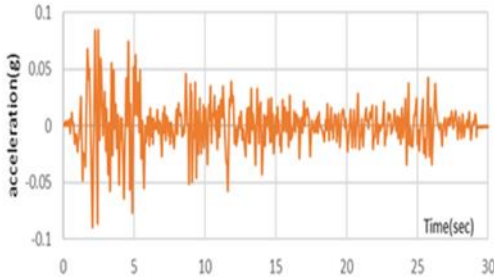
أبعاد الجوائز m	0.23*0.23	معامل مرونة البيتون	22360 KN/m ²
نسبة بواسون للبيتون	0.15	تخميد المنشأ	5%
المنطقة الزلزالية	Zone111 PGA=0.09	تخميد التربة	7%

الجدول (3) نتائج الدراسة المرجعية لقيم القص نتيجة إدخال أثر التربة على الجمل المدروسة

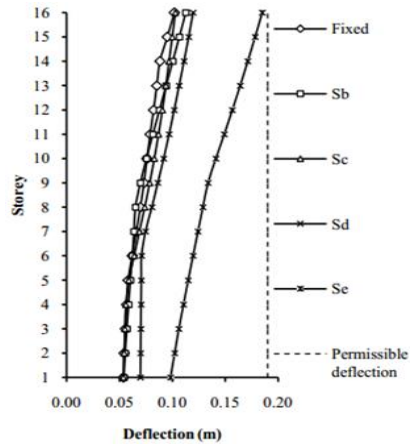
نوع البناء building type	نوع التربة Soil type	القص القاعدي Base shear(KN)		التغير في القص القاعدي Variation in base shear%
		Without SSI بدون تفاعل متبادل	With SSI مع تفاعل متبادل	Due to soil بسبب التربة
Frames and shear wall	SB	2543.20	1242.8	-51.13
	SC		688.83	-72.91
	SD		390.18	-84.66
	SE		520.24	-79.54

الجدول (4) نتائج الدراسة المرجعية لقيم الدور نتيجة إدخال أثر التربة على الجمل المدروسة

نوع البناء building type	نوع التربة Soil type	الدور الطبيعي Natural period(sec)		التغير في القص القاعدي Variation in Natural period %
		Without SSI بدون تفاعل متبادل	With SSI مع تفاعل متبادل	Due to soil بسبب التربة
Frames and shear wall	SB	1.58	1.64	3.63
	SC		1.73	9.43
	SD		1.98	25.04
	SE		2.41	52.58



الشكل (4) المربكة الأفقية للسجل الزلزالي بعد التقيس (El-Centro (0.09g))



الشكل (3) نتائج الدراسة المرجعية لقيم الانحراف الجانبي

2.1 تعريف معامل تعديل الاستجابة الزلزالية، مكوناته والعلاقات الحاكمة له:

يعد معامل تعديل الاستجابة الزلزالية من أدوات التصميم الزلزالي التي تحدد مستوى اللدونة المتوقع في الأنظمة الإنشائية خلال الزلزال وهو يعكس قدرة المنشأ على تبديد الطاقة من خلال السلوك غير المرن ويتم استخدامه لتقليل قوى التصميم المقاوم للزلازل وحساب التخمين وقدرة تبديد الطاقة والقوة الزائدة للهيكل.

عرف كود ATC19 [2] المعامل من خلال خصائص الجملة الإنشائية (المقاومة، المطاوعة، ودرجة عدم التقرير) وأوصى بالتخمين كاعتبار تصميمي.

$$R = R_S R_\mu R_R$$

▪ معامل زيادة المقاومة (**Over strength facto**) : R_S

$$R_S = \Omega = \frac{V_Y}{V_d}$$

V_Y : تمثل قوة القص عند الخضوع مقدرة (KN)، V_d : قوة القص التصميمية المأخوذة من كودات التصميم مثل [1] مقدرة (KN)، T: يمثل الدور الأساسي للجملة مقدراً بالثانية.

▪ معامل تخفيض المطاوعة (**Ductility Reduction factor**) : R_μ

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y} \quad \text{معامل المطاوعة}$$

$$Newmark \text{ and Hall: } \begin{cases} R_\mu = 1 & T < 0.03 \text{ SEC} \\ R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} & 0.1 < T < 0.5 \text{ SEC} \\ R_\mu = \sqrt{(2\mu - 1) + 2(T - 0.5)(\mu - \sqrt{2\mu - 1})} & 0.5 < T < 1 \\ R_\mu = \mu & T > 1 \text{ SEC} \end{cases}$$

Δ_{max} : الانتقال الهدف ويؤخذ من المنحني ثنائي الخطية (m)، Δ_y : انتقال الخضوع (m)

▪ معامل درجة عدم التقرير (**Redundancy Factor**) : R_R قيمته تؤخذ (1).

3.1 مقارنة قيم معامل تعديل الاستجابة بين بعض الكودات العالمية:

قدمت الكودات العالمية قيمة ثابتة وحيدة لمعامل تعديل الاستجابة الزلزالية لكل نوع من أنواع الجمل الإنشائية، ولم تذكر شيء عن العوامل المؤثرة فيه، ولا عن تأثير التربة على قيمته، يوضح الجدول (5) قيم معامل تعديل الاستجابة الزلزالية الواردة في الكود العربي السوري [14] ، و بعض الكودات العالمية [12][8] و [11] ،

الجدول(5) قيم معامل تعديل الاستجابة الزلزالية في الكود العربي السوري وبعض الكودات العالمية

م	اسم الكود	الجملة الإنشائية	قيمة R
1	الكود العربي السوري، ملحق 2	الطريقة المكافئة (الجدول)	
		جملة ثنائية (جدران قص + إطارات متوسطة بنسبة مساهمة 25%)	5
		جملة ثنائية (جدران قص + إطارات متوسطة بنسبة مساهمة 50%)	5.5
		جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة بنسبة مساهمة 25%)	6
		جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة بنسبة مساهمة 50%)	7
		الطريقة المكافئة المطورة	
		جملة ثنائية (جدران قص عادية +إطارات متوسطة مقاومة للعزوم)	5.5
		جملة ثنائية (جدران قص مطاوعة +إطارات متوسطة مقاومة للعزوم)	6.5
		جملة ثنائية (جدران قص مطاوعة +إطارات خاصة مقاومة للعزوم)	7
		جملة ثنائية (جدران قص عادية +إطارات خاصة مقاومة للعزوم)	6
2	الكود الأمريكي UBC97	جدران قص مع IMRF	6.5
		جدران قص مع SMRF	8.5
3	الكود الهندي IS1893	جدران قص مطاوعة مع OMRF	4.5
		جدران قص مطاوعة مع SMRF	5
		جدران قص عادية مع OMRF	3
4	الكود النيوزيلندي New Zealand	جدران قص ثنائية (اطارات +جدران قص) متوسطة المطاوعة	4.5
		جملة ثنائية (اطارات +جدران قص) عالية المطاوعة	6
5	الكود الأوروبي Europe	جملة ثنائية (اطارات +جدران قص)	5.85
		اطارات خرسانية مقاومة للعزوم	5.85
6	الكود الياباني Japan (NBCC)2005	اطارات مطاوعة مقاومة للعزوم	R=Ro*Rd 6.8
		اطارات متوسطة المطاوعة مقاومة للعزوم	Rd 1.7 Ro 4 3.5
		جدران قص مطاوعة	1.4 2.5 5.6

2.8	1.4	2	جدران قص متوسطة المطاوعة
2	1.3	1.5	انشاء تقليدي (اطارات مقاومة للعزوم + جدران قص)

2. هدف البحث:

يهدف البحث لدراسة السلوك الديناميكي الخطي للجمل الثنائية على أساسات سطحية مع إدخال تأثير التفاعل بين التربة والمنشأة وسيتم ذلك من خلال:

- (a) معايرة النموذج التحليلي مع نموذج الدراسة المرجعية ومقارنة عناصر الاستجابة الرئيسية (دور، قص قاعدي، انحراف جانبي).
- (b) دراسة تأثير تغيير عدة متغيرات تشمل ثلاثة أنواع من التربة (SB, SC, SE)، وتغيير عدد الطوابق (4-8-16)، وثلاثة سجلات زلزالية ذات مواصفات مختلفة على القوى الداخلية، وانعكاس ذلك على القيم التصميمية.
- (c) دراسة تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأة على قيم معامل تعديل الاستجابة الزلزالية وفق المتغيرات السابقة.

3. مواد وطرق البحث:

تم استخدام مواصفات المواد الواردة في الدراسة المرجعية [5] ، كما هو في الجدول (2).

1.3 العناصر المستخدمة في النمذجة في برنامج (SAP2000, V22):

- **نمذجة العناصر الإنشائية:** تمت نمذجة الأعمدة والجوائز بعناصر إطارية، والبلاطات وجدران القص والحصيرة كعناصر قشرية بسماكة ثابتة، تم تعريف (Diaphragm) عند مستوى الطوابق والحصيرة للحصول على انتقالات متساوية في كل مستوى.
- **نمذجة التربة:** تم استخدام عناصر (solid) لنمذجة التربة القريبة المقطعة (near field) وفق طريقة (Direct Method)، أبعاد التربة المقطعة وعمقها هي أربعة أمثال ومثلي عرض الحصيرة على التوالي. تم التعويض عن التربة اللامحدودة (far field) بالحدود الماصة (مخمدات ماسية وناظمية) وفق العلاقات الواردة في [9] والتي تم تبسيطها لتأخذ الشكل التالي:

$$T_n = \rho A v_p \quad \text{و} \quad T_s = \rho A v_s \quad \text{حيث}$$

$$K = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \text{ و } G = \frac{E}{2(1+\mu)} \text{ و } v_p = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}} \text{ و } v_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

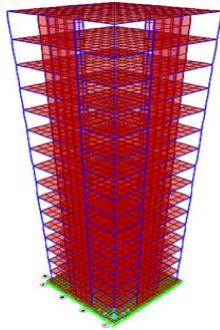
Tn: المخمد بالاتجاه الناظمي و Ts: المخمد بالاتجاه المماسي و vs: سرعة موجات

القص (m/sec) و vp: سرعة الموجات العرضية (التوسعية) (m/sec)، و A: المساحة الكلية لجميع العناصر حول العقدة المعنية (m²).

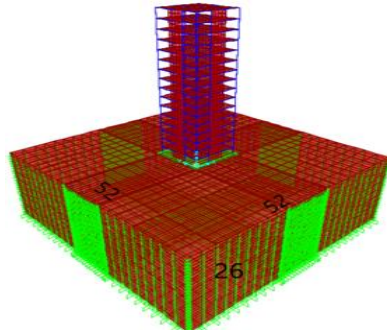
تمت نمذجة التربة في طريقة الجزء السفلي من المنشأ (Substructure Method) باستخدام عناصر (links) ذات صلابة وتخمد حسب من العلاقات التي قدمها [7] وكانت قيم الصلابة والتخميد الديناميكي وفق الجدول (6). تبين الأشكال (5) و (6) النموذج التحليلي وفق طريقتي نمذجة التربة.

الجدول (6) قيم معاملات الصلابة والتخميد الديناميكية

dynamic	KX	KY	KZ	rx	ry	rt	cx	cy	cz	crx	cry	crz
Sb القيم الموزعة/م	6.58E+05	6.58E+05	8.06E+05	1.90E+06	1.89E+06	1.54E+06	1.27E+04	1.24E+04	1.59E+04	2.95E+04	2.94E+04	2.39E+04
Sc القيم الموزعة/م	1.49E+05	1.49E+05	1.83E+05	4.26E+05	4.21E+05	3.46E+05	3.43E+03	3.29E+03	4.38E+03	6.64E+03	6.57E+03	5.39E+03
Se القيم الموزعة/م	7939.3	7859.9	10145.8	23220.9	22128.4	16514.5	343.7	316.0	523.4	400.9	384.0	278.9



الشكل (6) النموذج التحليلي - طريقة الجزء السفلي



الشكل (05) النموذج التحليلي - الطريقة المباشرة

من المنشأ Substructure Method باستخدام برنامج (SAP2000,V22).
Direct Method باستخدام برنامج (SAP2000,V22).

2.3 نموذج المعايرة:

تم إنشاء نموذج تحليلي (16 طابق) باستخدام برنامج (SAP2000) مطابق لمعطيات الدراسة المرجعية [5] للمعايرة والتحقق، أدرجت نتائج المعايرة في الجدول (14) الذي سيرد لاحقاً.

3.3 وصف النماذج التحليلية :

المرحلة الأولى: تصميم نماذج تحليلية باستخدام الكود [8] وإجراء تحليل ديناميكي خطي لدراسة تأثير ذلك على القوى الداخلية المؤثرة في العناصر من خلال مقارنتها مع قيمها في حالة الوثاقفة وفق المتغيرات التالية:

- عدد الطوابق: الجملة الثنائية ذات المسقط المبين في الشكل (1) مع تغيير عدد الطوابق 16 طابق - 8 طوابق - 4 طوابق. الجدول (7) يبين الأبعاد التصميمية للجمل في حالات الطوابق المدروسة.
- ثلاثة سجلات زلزالية مختلفة المواصفات . كما هو مبين في الجدول (8) و الأشكال (7) و (8) و (9) .
- ثلاثة أنواع مختلفة من التربة كما هو مبين في الجدول (1). يبين الجدول (9) ترددات مكونات النموذج (تربة- منشأ-هزة).

الجدول (7) الأبعاد التصميمية للجمل في حالات الطوابق المدروسة

عدد الطوابق	حتى 3 طوابق	فوق 3 طوابق	سماكة جدران القص
4	0.35*0.35	0.35*0.35	0.15
8	0.40*0.40	0.35*0.35	0.20
16	0.6*0.6	0.5*0.5	0.25

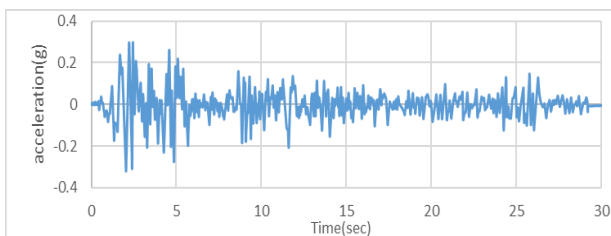
الجدول (8) مواصفات الهزات المستخدمة في التحليل

اسم الهزة الارضية			خصائص الهزة
Northridge	Erzincan	El-Centro	
0.87g	0.42g	0.32g	التسارع الارضي الاعظمي
4.91	2.76	2.16	التردد المسيطر (HZ)
14.94	20.77	30	المدة
U.S.A	Turkey	U.S.A	مكان حدوث الهزة

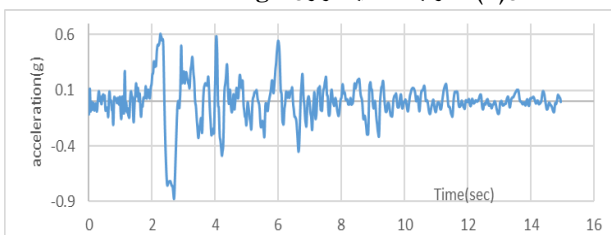
1994	1992	1940	العام
------	------	------	-------

الجدول (9) ترددات مكونات النموذج (تربة - منشأ - هزة)

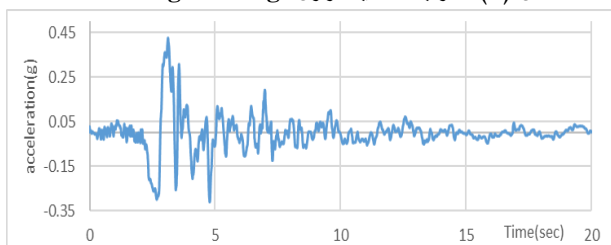
عدد الطوابق	التردد	التربة	التردد	الهزة الأرضية	التردد
16	0.62 (0.496-0.744)	SB	11.5 (9.2-13.8)	El-Centro	2.16 (1.728-2.59)
8	1.61 (1.28-1.93)	SC	5.77 (4.6-6.9)	Erzincan	2.76 (2.208-3.312)
4	4.3 (3.44-5.16)	SE	1.44 (1.152-1.728)	Northridge	4.91 (3.93-5.89)



الشكل (7) المركبة الأفقية لزلزال El Centro - 0.32g



الشكل (8) المركبة الأفقية لزلزال Northridge - 0.87g



الشكل (9) المركبة الأفقية لزلزال Erzincan - 0.42g

المرحلة الثانية: تم تصميم الجملة الإنشائية للبناء وفق المتطلبات الزلزالية لمدينة دمشق باستخدام الطريقة الاستاتيكية المطورة الواردة في الكود العربي السوري، الملحق 2، [14] حيث المنطقة الزلزالية $Z=0.25g$ ومقطع تربة SE في ثلاث حالات (16-8-4) طابق، وتم اختيار التصميم على مقطع تربة SE وذلك للحصول على نموذج يحقق

نقطة أداء في جميع الحالات. أبعاد المقاطع وتسليحها كما هو مبين في الجداول (10)-
(13-12-11).

الجدول (10) أبعاد المقاطع التصميمية المستخدمة في الدراسة وتسليحها:

الأعمدة	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
الأبعاد	30*30	35*35	40*40	40*40	50*50	60*60	80*80	90*90
نسبة التسليح %	1%	1.5%	1.5%	2.3%	2%	2.5%	2.3%	2.3%
B1	35*35		B2	30*30		B3	25*25	
W1								
W2								
W3								

الجدول (11) المقاطع التصميمية في حالة 16 طابق:

بناء 16 طابق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الطرفي	جدار القص
16-15-14-13	C2	C5	C5	W1
12-11-10-9-8-7	C3	C6	C6	W1
6-5-4-3	C5	C7	C7	W2
2-1	C7	C8	C8	W3

الجدول (12) المقاطع التصميمية في حالة 8 طابق:

بناء 8 طواق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الطرفي	جدار القص
4-5-6-7-8	C2	C2	C2	W1
1-2-3	C3	C3	C4	W2

الجدول (13) المقاطع التصميمية في حالة 4 طابق:

بناء 8 طواق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الوسطي	جدار القص
4	C1	C1	C1	W1
1-2-3	C3	C3	C3	W1

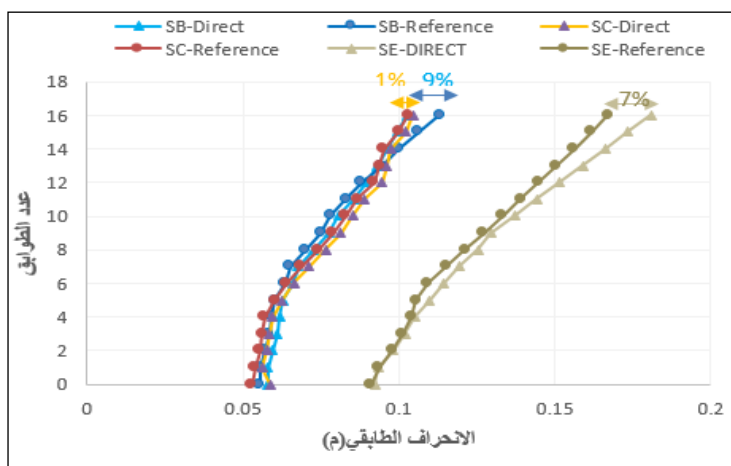
4. نتائج التحليل ومناقشتها:

1.4 نتائج معايرة النموذج مع الدراسة المرجعية [5] :

تمت إدراج نتائج المعايرة مع الدراسة المرجعية في حالة الجملة الثنائية حالة الاستناد لأنواع مختلفة من التربة كما هو مبين في الجدول (14). كانت النتائج متوافقة في قيم الدور في كل أنواع التربة. هناك اختلاف في قيم القص في التربة (SB) بحدود 3% وفي (SC) بحدود 5% وفي التربة (SE) يصل لـ (10) %. الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SB) هو (9%). الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SC) هو (1%). الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SE) (7%). وعليه سيتم اعتماد النموذج وفق المدخلات السابقة لإكمال البحث. يبين الشكل (10) معايرة الانحراف الجانبي للنموذج المدروس مع الدراسة المرجعية.

الجدول (14) نتائج معايرة النموذج التحليلي مع الدراسة المرجعية

جملة اطارية جدارية	الدور(sec)		القص(KN)		الانحراف الجانبي (m)		الفرق النسبي في الدور%	الفرق النسبي في القص%	الفرق النسبي في انحراف الطابق الأخير%
	الدراسة المرجعية LS DYNA	نموذج SAP2000	الدراسة المرجعية LS DYNA	نموذج SAP 2000	الدراسة المرجعية LS DYNA	نموذج SAP2000			
SB	1.64	1.64	1242	1209	0.113	0.102	0	3	9
SC	1.73	1.74	688	727	0.103	0.104	0	5	1
SE	2.41	2.40	.520	576	0.18	0.167	0	10	7



الشكل (10) معايرة الانحراف الجانبي للنموذج المدروس مع الدراسة المرجعية

2.4 نتائج الدراسة التحليلية وفق متغيرات البحث على القوى الداخلية:

1.2.4 نتائج تحليل نموذج 16 طابق:

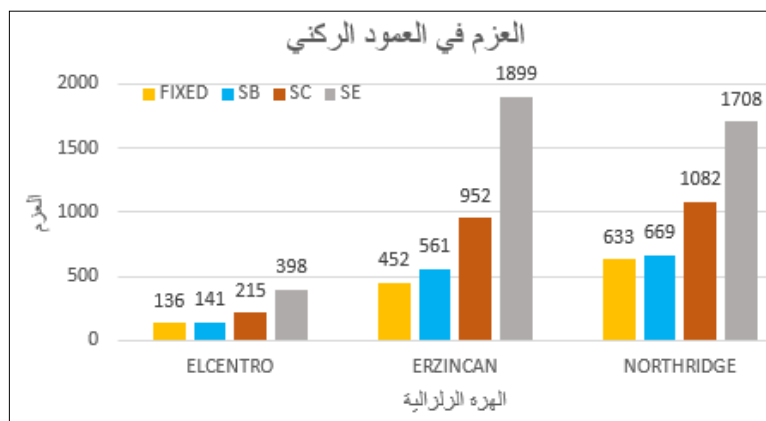
■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي:

تبين بعد تحليل ودراسة المنشأ أن الإطار المحيطي بجوار جدران القص هو الإطار الأخطر من ناحية القوى الداخلية لذلك تم مقارنة قيم القوى الداخلية المؤثرة في عموده الركني وجانزه في الطابق الأرضي مع القيم في حالة الوثيقة، يوضح الجدول (15) نتائج

القوى المحورية والعزوم في العمود الركني بعد تحليل النموذج في برنامج (SAP2000,V22). انخفضت القوة المحورية بنسب متفاوتة في التربة (SB, SC) في كل الزلازل بينما زادت بنسبة (3.4%) مع زلزال السينترو (El Centro) فقط. زادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وبنسب مختلفة حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال إيرزكان (Erzincan). يوضح الشكل (11) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل الزلازل.

الجدول (15) نتائج القوى المحورية والعزم في العمود الركني للنموذج المدروس حالة 16 طابق

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية KN	El-Centro	872	638	626	902	-26	-28	+3.4
	Erzincan	3209	2778	2888	2524	-13	-10	-21
	Northridge	4531	3889	3924	2350	-14	-38	-48
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	136	141	215	398	+3.6	+58	+192
	Erzincan	452	561	952	1899	+24	+110	+320
	Northridge	633	669	1082	1708	+5.7	+71	+170



الشكل (11) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (16 طابق)

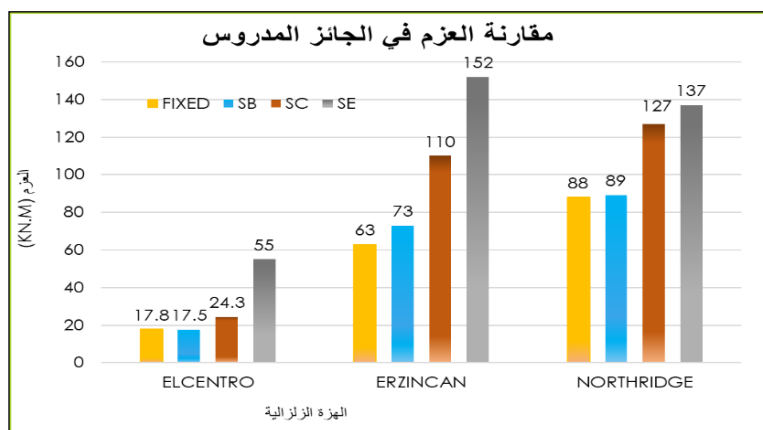
■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جوائز الطابق الأرضي (16 طابق) :

تزداد عزوم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة

مقارنة بالوثاقفة، كما هو موضح في الجدول (16). كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال السينترو (El-Centro) لقوة القص (207%) ولعزم الانعطاف (210%). يوضح الشكل (12) مقارنة العزم في الجائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال.

الجدول (16) نتائج قوى القص والعزم في الجائز المدروس حالة 16 طابق.

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	17.8	17.5	24.3	55.2	-2	+36	+210
	Erzincan	63	73	110	152	+15	+74	+141
	Northridge	87.9	89	127	137	+1	+44	+55
قوة القص (KN)	El-Centro	26	25.5	35	80	-3	+35	+207
	Erzincan	91	106	160	222	+15	+75	+143
	Northridge	128	129	184	200	+1	+44	+56



الشكل (12) مقارنة العزم في الجائز المدروس باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (16 طابق)

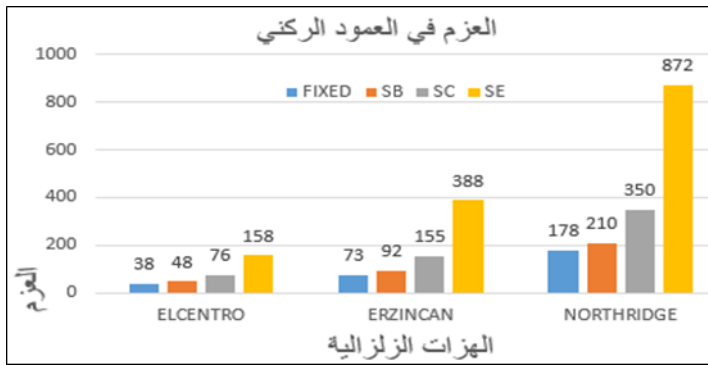
2.2.4 نتائج تحليل نموذج 8 طوابق:

تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي: يظهر الجدول (17) قيم القوى المحورية والعزوم في العمود الركني حيث تبين اختلاف سلوك العمود مع انخفاض عدد الطوابق. تغيرت قيم القوة المحورية بنسب مختلفة حسب نوع التربة وتردد الزلزال، وزادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وبنسب مختلفة حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال إيرزكان (Erzincan)

بنسبة فرق (440%) . يبين الشكل (13) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والإستناد لكل زلزال (8 طابق).

الجدول (17) نتائج القوى المحورية والعزم في العمود الركني للنموذج المدروس حالة 8 طوابق

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية (KN)	El-Centro	341	350	334	263	+3	-3	-23
	Erzincan	562	531	641	926	-3	+16	+67
	Northridge	1409	1231	1453	1475	-13	+3	+5
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	38	48	76	158	+26	100	+415
	Erzincan	73	92	155	388	+27	+115	+440
	Northridge	178	210	350	872	+18	+96	+390



الشكل (13) مقارنة العزم في العمود الركني باختلاف نوع التربة والإستناد لكل زلزال (8 طابق)

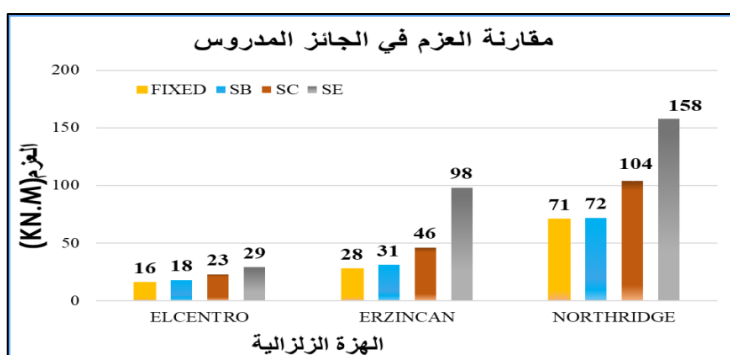
■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جائر الطابق الأرضي حالة 8 طوابق:

يبين الجدول (18) قوى القص والعزم في الجائر المدروس حيث زادت عزوم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة. كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال ايرزنكان (Erzincan) لعزم الانعطاف (250%) والقص (239%). أعطى زلزال السينترو (El-Centro) أكبر نسب زيادة في التربة (SB) (12.5%) للعزم و(10%) للقص، بينما أعطى زلزال ايرزنكان (Erzincan) أكبر زيادة

في التربة (SC) (64%) للعزم و(58%) للقصر. يبين الشكل(14) مقارنة العزم في الجائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال في حالة (8 طابق).

الجدول(18) نتائج قوى القصر والعزم في الجائز المدروس حالة 8 طوابق.

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانعطاف (KN.m)	El-Centro	16	18	23	29	+12.5	+43	+81
	Erzincan	28	31	46	98	+11	+64	+250
	Northridge	71	72	104	158	+1	+46	+122
قوة القصر (KN)	El-Centro	20	22	28	35	+10	+40	+75
	Erzincan	36	39	57	122	+8	+58	+239
	Northridge	88	89	130	197	+1	+48	+124



الشكل(14) مقارنة العزم في الجائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال حالة 8 طوابق.

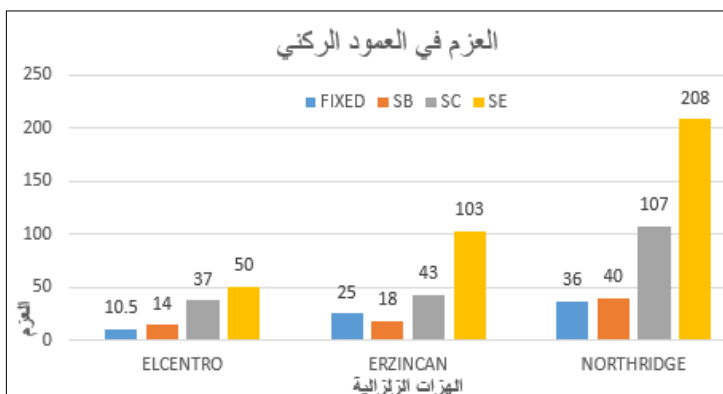
3.2.4 نتائج تحليل نموذج 4 طوابق:

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي: يظهر الجدول (19) قيم القوى المحورية والعزوم في العمود الركني حيث زادت القوة المحورية بنسب مختلفة حسب نوع التربة والزلزال ويقوم أكبر من حالة 8 طوابق. بينما زادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وبنسب تختلف حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال نورثريديج (Northridge) الذي أدى إلى زيادة في العزم بنسبة (477%) وزيادة في القوة المحورية بنسبة (77%) حالة التربة (SE). بينما أدى

زلزال السينترو (El Centro) إلى زيادة في العزم بنسبة (236%) وزيادة في القوة المحورية بنسبة (154%) مع التربة (SC). تصرفت التربة (SB) بشكل مختلف في كل زلزال. يبين الشكل (15) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال.

الجدول (19) نتائج القوى المحورية والعزم في العمود الركني حالة 4 طوابق

القوى المدروسة	earthquake	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية	El-Centro	35	40	89	56	+11	+154	+60
	Erzincan	85	54	98	108	-36	+15	+27
	Northridge	122	117	234	217	-4	+91	+77
عزم الانعطاف	El-Centro	10.5-	14	37	50	+36	+236	+351
	Erzincan	25	18	43	103	-30	+42	+315
	Northridge	36	40	107	208	+14	+157	+477



الشكل (15) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (4 طوابق)

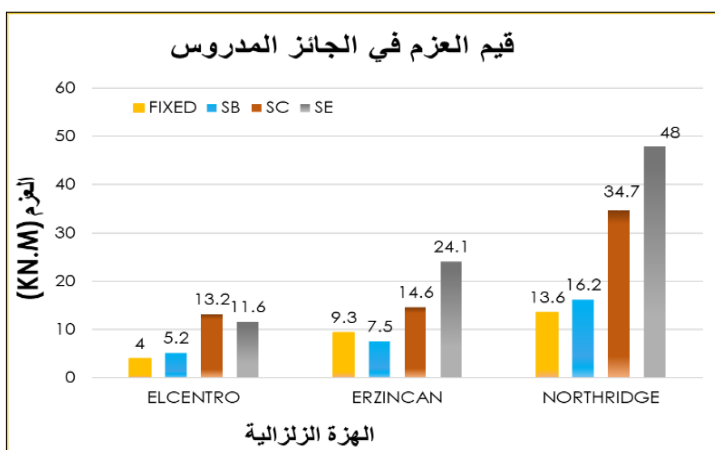
■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جوائز الطابق الأرضي حالة 4 طوابق:

تبين زيادة عزم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة كما هو موضح في الجدول (20) حيث كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال نورثريديج (Northridge) لعزم الانعطاف (252%) والقص (496%). أعطى زلزال السينترو (El Centro) أكبر نسب زيادة في التربة (SB) (30%) للعزم و(106%)

للقص، والترتبة (SC) (230%) للعزم و(365%) للقص. يوضح الشكل (16) مقارنة قيم القص والعزم في الجائز المدروس حالة 4 طوابق. وبناءً على ماسبق نجد أن إدخال التفاعل المتبادل يقود إلى زيادة أبعاد المقاطع التصميمية للأعمدة والجوائز.

الجدول(20) نتائج قوى القص والعزم في الجائز حالة 4 طوابق.

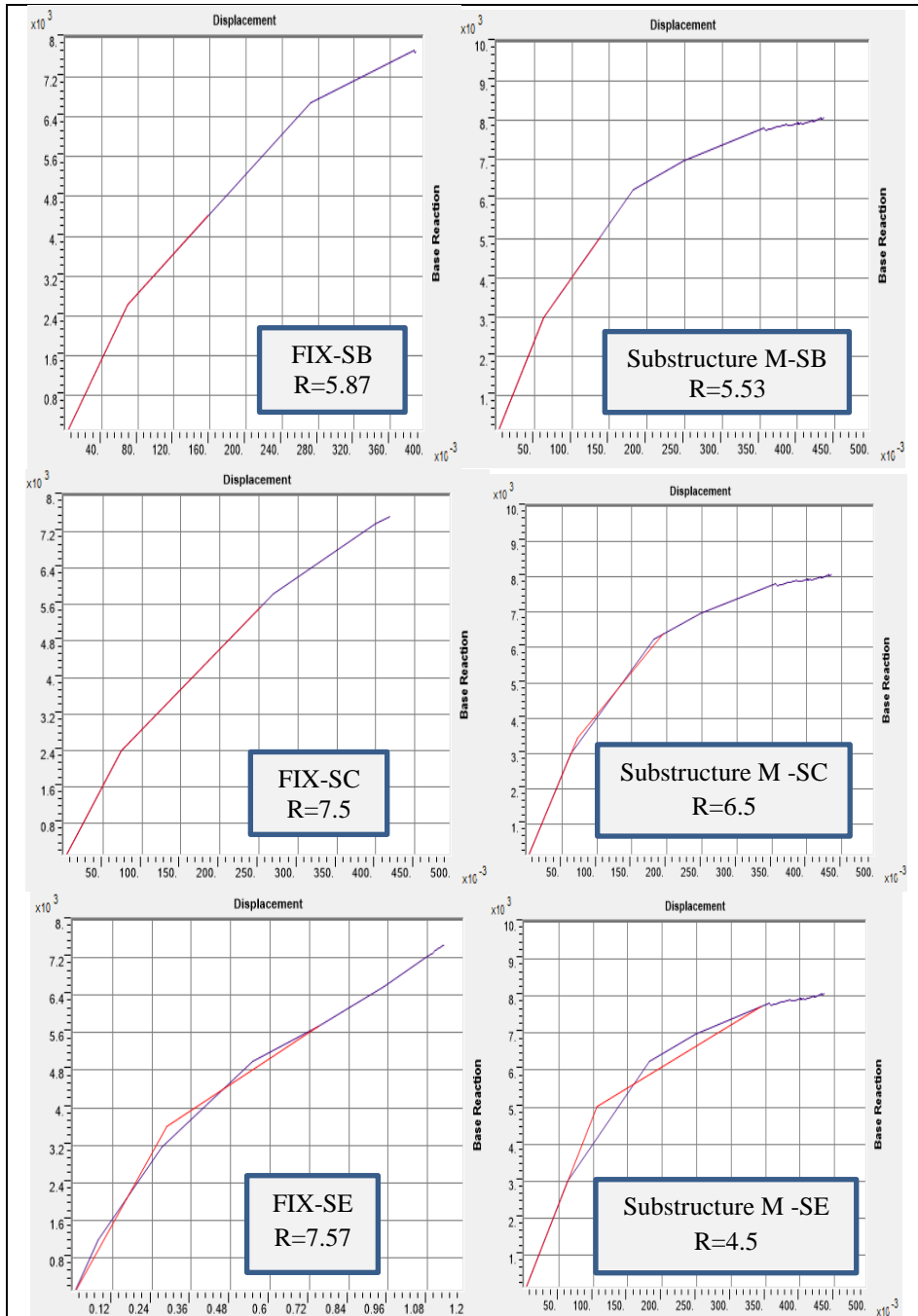
القوى المدروسة	earthquake	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانتعاط	El-Centro	4	5.2	13.2	11.6	+30	+230	+90
	Erzincan	9.3	7.5	14.6	24.1	-19	+57	+159
	Northridge	13.6	16.2	34.7	48	+19	+155	+252
قوة القص	El-Centro	3.4	7	15.8	17	+10 6	+365	+400
	Erzincan	8.2	9	17.5	35	+10	+113	+327
	Northridge	11.9	20	41.5	71	+68	+249	+496



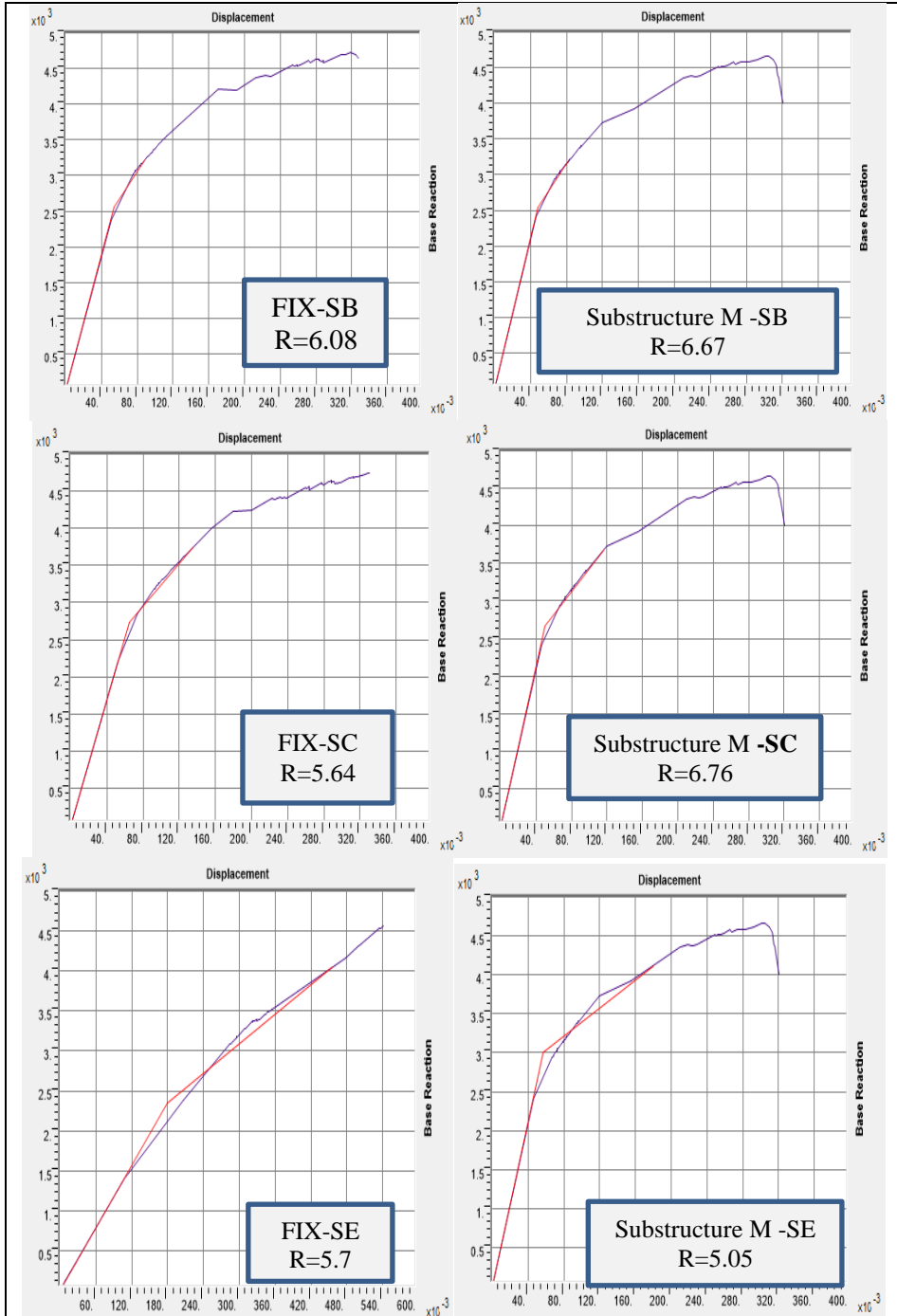
الشكل(16) مقارنة العزم في الجائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال حالة 4 طوابق.

3.4 دراسة تأثير التفاعل المتبادل على قيم معامل تعديل الاستجابة للنماذج المدروسة: تم حساب العوامل المكونة لمعامل تعديل الاستجابة بعد إجراء تحليل الدفع الجانبي للنماذج المدروسة (PUSHOVER) وبمساعدة المنحنيات ثنائية الخطية في الحالات المختلفة لتربة الاستناد وعدد الطوابق. يوضح الشكل (17) المنحنيات الناتجة في حالة 16 طابق، والشكل(18) في حالة 8 طابق، والشكل(19) في حالة 4 طابق

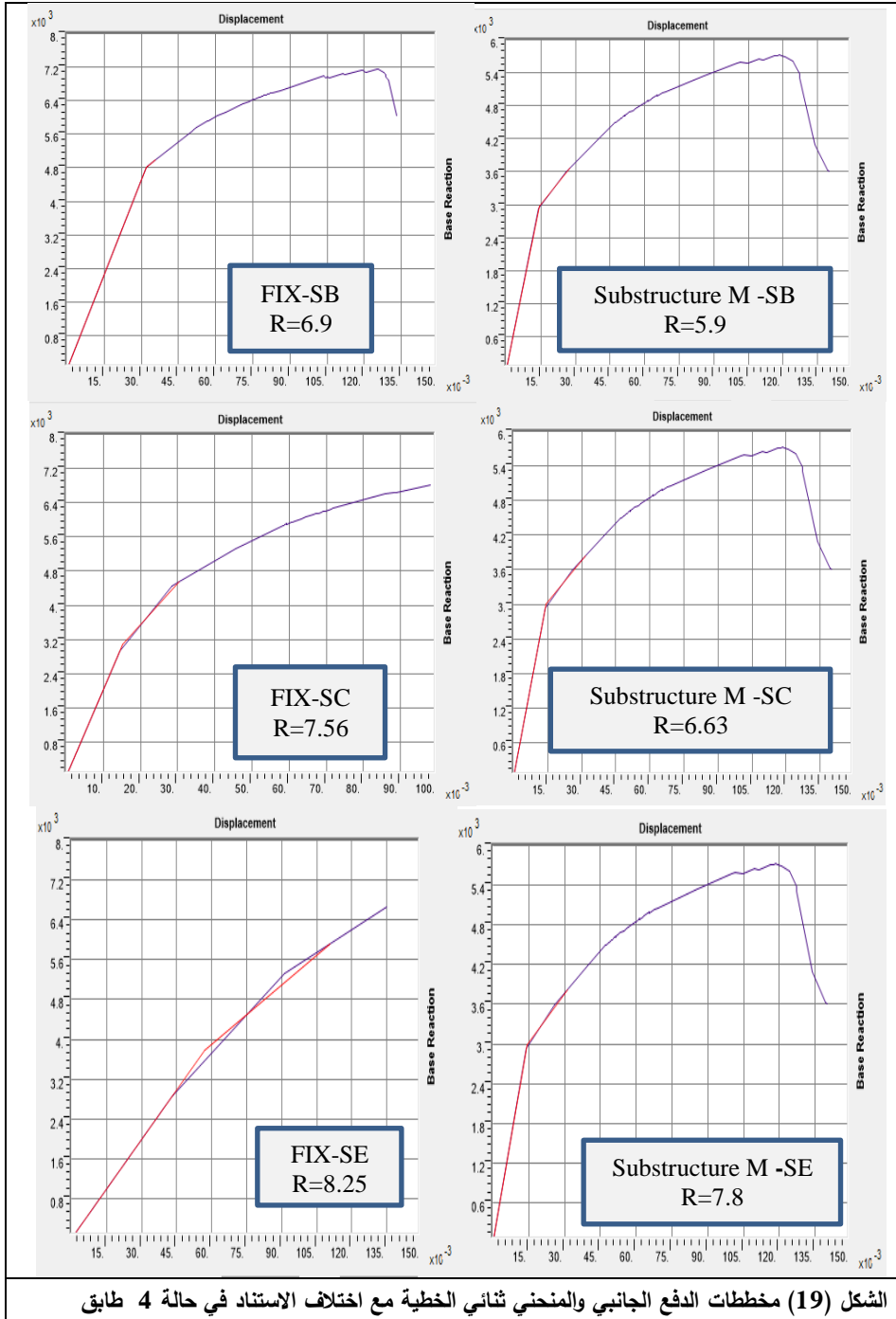
مع إيضاح القيم عليها في حالة الاستناد على تربة وحالة الوثاقه.



الشكل (17) مخططات الدفع الجانبي والمنحني ثنائي الخطية مع اختلاف الاستناد في حالة 16 طبق



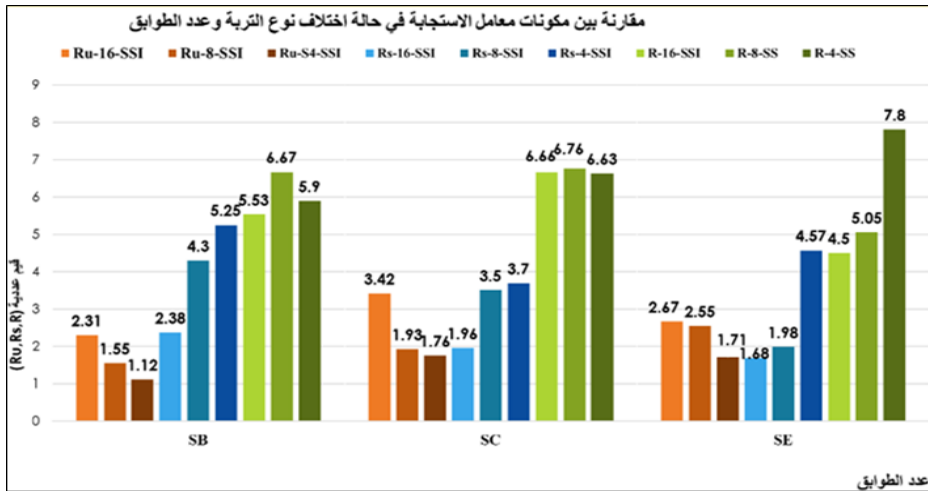
الشكل (18) مخططات الدفع الجانبي والمنحني ثنائي الخطية مع اختلاف الاستناد في حالة 8 طابق



1.3.4 دراسة تأثير المتغيرات على معامل تعديل الاستجابة الزلزالية:

■ تأثير اختلاف عدد الطوابق مع تثبيت نوع التربة:

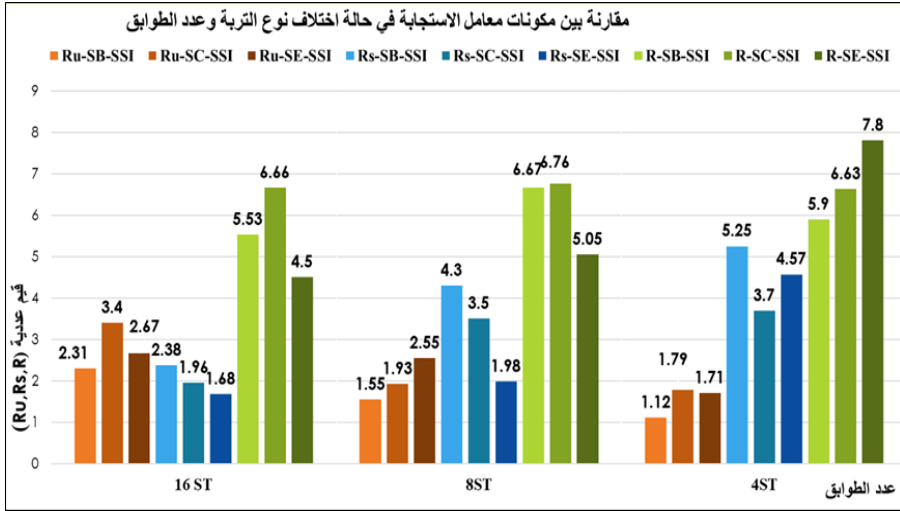
يبين الشكل (20) مقارنة قيم معامل تعديل الاستجابة لكل تربة باختلاف عدد الطوابق، فقد أعطت حالة 8 طوابق أكبر قيمة لمعامل تعديل الاستجابة الزلزالية (6.67) و (6.76) في التربة (SB) والتربة (SC) على التوالي. بينما أعطت حالة 4 طوابق أكبر قيم للمعامل (7.8) في التربة (SE). أي تختلف قيم معامل تعديل الاستجابة باختلاف نوع التربة وعدد الطوابق.



الشكل (20) مقارنة مكونات معامل تعديل الاستجابة الزلزالية حالة اختلاف عدد الطوابق وتثبيت نوع التربة

■ تأثير اختلاف نوع التربة مع تثبيت عدد الطوابق:

يبين الشكل (21) مقارنة تأثير تغير نوع التربة مع تثبيت عدد الطوابق حيث وجد أن قيم معامل تعديل الاستجابة تزيد مع انخفاض صلابة التربة في حالة 4 طابق وتنخفض في حالة 8 و 16 طابق ماعدا التربة (SC)، حيث أعطت قيم مقارنة في كل أنواع التربة (6.66) في حالة 16 طابق، (6.76) في حالة 8 طوابق، (6.63) في حالة 4 طوابق.



الشكل (21) مقارنة مكونات معامل تعديل الاستجابة الزلزالية حالة اختلاف نوع التربة وتثبيت عدد الطوابق

5. نتائج البحث:

■ يحدث التضخيم في الاستجابة في حال توافق أحد ترددات البناء الطبيعية مع مجال تردد التربة أو الزلزال أو كليهما، يعبر عن توافق تردد التربة مع مجال تردد زلزال (حالة التربة (SC) مع زلزال Northridge) بالتأثير المحلي للتربة، ويعبر عن توافق تردد البناء مع مجال تردد التربة (في حالة (4) طوابق في مجال تردد التربة (SC) ، وحالة (8) طوابق ضمن مجال تردد التربة الرملية (SE))، وتردد البناء مع مجال تردد الهزة (في حالة (8) طوابق مع (Erzincan , El Centro) وحالة (4) طوابق مع (Northridge))، بالرنين أو تضخيم الاستجابة والذي أدى في كل الحالات إلى زيادة القوى الداخلية باختلاف عدد الطوابق.

■ تزداد العزوم الداخلية في الأعمدة والجوائز مقارنة بالوثاق مع انخفاض صلابة التربة باختلاف عدد الطوابق ومواصفات الزلزال (أكبر نسبة زيادة في الجوائز كانت في حالة 4 طوابق التربة SE مع زلزال نورثردج 496%، وفي العمود 477%) بسبب التضخيم الناتج من توافق تواترات مكونات الجملة.

■ تتغير قيم معامل تعديل الاستجابة باختلاف نوع التربة وعدد الطوابق عند ادخال التفاعل المتبادل مقارنة بحالة الاستناد الموثوق وتميل إلى الزيادة مع انخفاض عدد

الطوابق بقيم مختلفة حسب نوع التربة (أكبر قيمة كانت 7.8 للتربة SE حالة 4 طوابق وأصغر قيمة كانت 4.5 للتربة SE مع 16 طابق).

■ اعتبرت الكودات قيمة واحدة لمعامل تعديل الاستجابة للجمل الثنائية (في الكود العربي السوري $R=6.5$) بغض النظر عن خصائص الجملة والارتفاع الطابقي وطبيعة الاستناد (وثاق أو تربة) وهو غير كافي لأن قيمه تختلف باختلاف هذه الخصائص للنوع الواحد من الجمل وبالتالي فإن ربط الكودات قيمة R بقيمة ثابتة لنوع الجملة غير كافي.

■ يزيد إدخال أثر التفاعل المتبادل متطلبات التصميم حيث يزيد أبعاد مقاطع الجملة وزمن التحليل وبالتالي هو ذو كلفة أعلى.

■ ضرورة إدخال تأثير التفاعل المتبادل في جميع الدراسات والتصاميم لأن إهماله يعطي تصميم بعيد عن الواقع .

6. المراجع

- [1] ASCE 7-10. 2010- **Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.**
- [2] ATC-19. 1995- **Structural Response Modification Factors.** Applied Technology Council. Redwood City, California, USA.
- [3] ATC40 (Applied Technology Council). 1996- **Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings.** Vol: 1 Ch.: 10. USA.
- [4] Bakhtyar, Saleh Ahmmad. 2017- **Earthquake Analysis of 12 Story Building Considering Built on Three Type of Soil Include Effect of Soil Structure.**" Gaziantep University. Turkey. 75 p.
- [5] Chinmayi H.K., Jayalekshmi B.R. 2013- **Soil-Structure interaction effects on seismic response of a 16 story RC framed building with shear wall"**. National Institute of Technology Karnataka, India.
- [6] Chinmayi. H. K, and Jayalekshmi, B. R. 2016- **Effect of soil stiffness on seismic response of reinforced concrete buildings with shear walls.** National Institute of Technology Karnataka, Mangalore, India.
- [7] Gazetas G. (1991). **Foundation vibrations.** In: Fang HY, editor. Foundation engineering handbook. 2nd ed. New York: Van Nostrand Reinhold's. p. 93-553.
- [8] IS 1893. 2000- Indian Standard. **Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures.** Part: 1. India.
- [9] Lysmer. J, and Kuhlemeyer. R. L., 1969- **FINITE DYNAMIC MODEL FOR INFINITE MEDIA.** Journal of the ENGINEERING MECHANICS DIVISION Proceedings of the American Society of Civil Engineers USA. P:859-877.
- [10] NEHERP ,2012- **Soil Structure Interaction for Building Structure.** NEHRP Consultants Joint Venture A partnership of the Applied Technology Council and the

Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering.

- [11] Priestley, M.J.N et al., 2007- **Direct Displacement-Based Seismic Design of Structures**. North Carolina State University, USA.
- [12] UBC.1997- **Uniform Building Code. Structural Design Requirement**. USA. 545 p

المراجع العربية

- [13] الفرّح، بشار. (2012) - دراسة التفاعل بين المنشآت الهيكلية والترتبة في المجال اللاخطي تحت تأثير الحمال الزلزالية بطريقة البرمجة الرياضية. رسالة ماجستير. الهندسة الإنشائية الزلزالية. المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية. جامعة دمشق. ص:178
- [14] الكود العربي السوري ، الملحق 2، 2013- تصميم وتحقق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل. نقابة المهندسين السورية، الطبعة الثانية، دمشق، 270ص.

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً باستخدام السجل الزمني المقيس

طالبة الدكتوراه: المهندسة براءة ابراهيم فرج - قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث
إشراف: أ.د علي الجراش - أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث
د.م سليمان العامودي أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية كلية الهندسة المدنية جامعة البعث

ملخص البحث :

يقدم البحث تقييماً للمنشآت ذات الجمل المختلطة والتي تتضمن حالات عدم انتظام صلابة شاقولي، حيث تم دراسة سلوك الجمل بالتحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس، بطريقة التكامل اللاخطي المباشر، وباستخدام برنامج الـ ETABS ، وتم اجراء مقارنة بين معايير الاستجابة الزلزالية للجمل غير المنتظمة والمنتظمة . وبينت النتائج الأثر الكبير لوجود حالات عدم الانتظام في المنشآت على معايير الاستجابة الزلزالية، وأهمية العمل على ايجاد علاقات أكثر دقة من العلاقات التي يعطيها الكود لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة . بينت النتائج أن قيم الدور الأساسي للأبنية تزداد في حالة عدم الانتظام بنسب تصل لـ 14% عن حالة المبنى المنتظم، وتخفض قوة القص القاعدية بنسب تصل لـ 42%، وينخفض الانتقال الأفقي بنسب تصل لـ 44%.

واعتماداً على نتائج الدراسة التحليلية تم اقتراح مجموعة من العلاقات تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية، حيث تم اقتراح إضافة معامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للمنشأ، و لعلاقة قوة القص القاعدية التصميمية معامل (α_V) ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار تأثير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على قيمة الدور الأساسي وقوة القص القاعدية التصميمية، مما يساعد في الوصول إلى نتائج أكثر دقة، وبالتالي الحصول على تصميم آمن واقتصادي.

الكلمات المفتاحية: عدم انتظام الصلابة الإنشائي - الجمل الإنشائية المختلطة - التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمن المقيس - معايير الاستجابة الزلزالية.

Evaluating of seismic response for dual structural systems with vertical stiffness irregularity by using scaled time history

ABSTRACT:

This research presents an evaluation of the dual structural systems with vertical stiffness irregularity, where the behavior of these systems has been studied using nonlinear dynamic analysis of the scaled time history, by the method of nonlinear direct integration, using ETABS program. and a comparison was made between seismic response parameters for irregular systems and regular systems. The results showed the significant impact of the presence of irregularities in buildings on seismic response parameters, and the importance of working to find more accurate relationships than the relationships given by the code to estimate the values of seismic response parameters for irregular buildings. Where the results showed that fundamental time period increases in case of stiffness irregularity than in the case of the regular by rates of up to 14%, The base shear force decreases by rates of up to 42%, and The maximum displacement reduces by rates of up to 44%.

Based on the results of analytical study , a set of relationships was proposed that relate properties of the structure to seismic response parameters, proposed adding coefficient (α_T) for the fundamental period relationship, and coefficient (α_v) for design base shear force relationship, which it considers the effect of location and magnitude of vertical stiffness irregularity. This helps to achieve more accurate results, then obtaining safe and economical design.

Key words : vertical stiffness irregularity, dual structural systems, nonlinear dynamic analysis of the scaled time history, the seismic response parameters.

1- مقدمة :

إن الأبنية غير المنتظمة شائعة الاستخدام بشكل كبير لأسباب عديدة وظيفية وجمالية، وإن حالات عدم الانتظام لها تأثير كبير على الاستجابة الزلزالية لهذه الأبنية، إلا أنه لا توجد لها معالجة كافية من قبل الكودات ، التي وضعت حدوداً لعدم الانتظام من ناحية المقدار فقط، مهملة تأثير موقع عدم الانتظام في تقييم معايير الاستجابة الزلزالية .

يصنف المنشأ أنه ذو عدم انتظام إنشائي عندما يتضمن توزيع غير منتظم للكتلة ، الصلابة ، المقاومة ، أبو بسبب توزيعات هندسية غير منتظمة . كما يصنف عدم الانتظام الإنشائي لنوعين [2]:

1- عدم الانتظام الشاقولي : ويتضمن الأنواع التالية : (عدم انتظام الصلابة الشاقولي، المقاومة، الكتلة، وجود التراجع الطابقي)

2- عدم الانتظام الأفقي: ويتضمن الأنواع التالية: (توزيع غير منتظم للكتلة، الصلابة، أو المقاومة في المسقط، انقطاع الحاجب (الديافرام) ، وجود الزوايا الداخلية، شكل المسقط غير المنتظم)

في هذا البحث تم دراسة عدم انتظام الصلابة الشاقولي في الجمل الإنشائية المختلطة المكونة من اطارات وجدران قص مقاومة للزلازل .

2- أهمية البحث :

1- وضعت كودات التصميم الزلزالي حدوداً لعدم انتظام الصلابة الإنشائي، من ناحية المقدار فقط، مهملة تأثير موقع عدم الانتظام، كما أهملت حالات عدم الانتظام في صياغة منهجيات التصميم الزلزالي.

2- إن تحديد قيمة الدور الأساسي للمبنى تعتبر خطوة مهمة في عملية التصميم الزلزالي ، والذي يعتمد بشكل أساسي على خصائص البناء مثل الكتلة، الصلابة، ارتفاع الطابق، عدد الطوابق، والشدة الزلزالية، كما أنه يتأثر بشكل كبير بعدم الانتظام (نوع ومقدار وموقع عدم الانتظام). وهذه العوامل مهملة في الكودات، حيث وضعت علاقات لتقدير قيمة الدور الأساسي مرتبطة فقط بارتفاع المنشأ، لذا فإن هذه العلاقات غير مناسبة لتقدير المتطلبات الزلزالية الواقعية للمنشأ .

3-إن تقييم معايير الاستجابة الزلزالية (الانتقال الأفقي الأعظمي، الانحراف الطابقي الأعظمي، قوة القص القاعدية) خطوة هامة في عملية التصميم الزلزالي، وقد حدد الكود حدود التشوه الأعظمي من ناحية الارتفاع فقط، وتم اهمال حالات المنشآت التي تحتوي عدم انتظام، لذلك فإن هذه الحدود غير واقعية وغير مناسبة لتصميم المنشآت غير المنتظمة .

لذا فإنه من الضروري دراسة تأثير حالات عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام على معايير الاستجابة الزلزالية: (الدور الأساسي - قوة القص القاعدية - الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطابقي الأعظمي)، والعمل على اقتراح علاقات مبسطة لتقدير قيمة هذه المعايير للمنشآت المختلطة ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي .

3- الدراسة المرجعية :

1-3 حدود عدم الانتظام :

حدد الكود العربي السوري [2] والكودات الزلزالية [3],[11],[12] حدوداً لعدم انتظام الصلابة الشاقولي لأجل تطبيق منهجية التصميم الزلزالي المعتمدة في هذه الكودات، حيث اعتبرت أن المنشأ يحتوي عدم انتظام صلابة شاقولي إذا كانت صلابة الطابق أقل من 70% من صلابة الطابق الأعلى، أو إذا كانت صلابة الطابق أقل من 80% من متوسط صلابة الطوابق الثلاثة الأعلى منه. أي أنها حددت عدم انتظام الصلابة من ناحية المقدار فقط بإهمال تأثير موقع عدم الانتظام.

2-3 تقدير قيمة الدور الأساسي للمنشآت:

ظهرت عدة علاقات تجريبية لتقدير الدور الأساسي للبناء، كان أولها في كود البناء الأمريكي ATC1978 [13] الذي وضع معادلة مستندة لدراسة تجريبية لأبنية في كاليفورنيا خلال زلزال San Fernando ، كما اقترح عدة باحثين [8] تطوير علاقة الدور الأساسي، حيث جمعوا قيم الدور الفعلية لثمان زلازل حدثت في كاليفورنيا تبدأ ب زلزال (San Fernando 1971) وانتهاءً بزلزال (Northridge 1994)، واقترحوا معادلات معممة لتقدير قيمة الدور:

$$T = \alpha h \cdot H \beta h \quad (1-1)$$

حيث: αh , βh ثوابت تختلف باختلاف تسارع الحركة الأرضية. كما اقترح باحثين في كوريا [9] علاقة مبسطة لقيمة الدور للجمل الانشائية بجدران القص، وذلك تجريبياً لأبنية جنوب شرق آسيا.

وبسبب اختلاف شروط التربة والمناخ و سلوك الأبنية فهذه الصيغة تعتبر غير مناسبة لمنطقتنا، وهذه المعادلات المقترحة مرتبطة بارتفاع المنشأ فقط ولم تأخذ بعين الاعتبار تأثير حالات عدم انتظام الصلابة من حيث المقدار والموقع على قيمة الدور .

كما قام الباحث [4] بدراسة تأثير حالات عدم الانتظام في الجمل الاطارية على معايير الاستجابة الزلزالية حيث درس تأثير عدم الانتظام من ناحية المقدار وموقع عدم الانتظام، واقترح دليل لتمثيل عدم الانتظام لاضافته لعلاقة الدور الأساسي:

$$T = \delta_{11} (0.075 H^{0.75}) \quad (1-2)$$

حيث δ_{11} معامل تصحيح معطى بدلالة βc الذي يمثل دليل عدم الانتظام.

ويجب لإيجاد قيمة هذا الدليل ايجاد قيم معاملات الأنماط للأبنية ، مما جعل صعوبة في إيجاد قيمة الدليل المقترح ، و لم يبسط اجراءات التصميم الزلزالي .وفي هذا البحث تم اقتراح صياغة جديدة لتقدير قيمة الدور الأساسي للمنشآت غير المنتظمة الصلابة ،من خلال دراسة سلوك هذه المنشآت باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس الذي يمثل الاستجابة الحقيقية للمنشآت، وهذه الصيغة المقترحة يمكن أن تدمج في اجراءات التصميم الزلزالي لتقييم المتطلبات الزلزالية الواقعية .

3-3 تحديد معايير التشوه اللامرن :

1- صنفت معظم الكودات [3],[11],[12] حدود التشوه الأعظمي (الانحراف الطابقي) من ناحية الارتفاع الطابقي فقط ، وهذه الحدود تم وضعها بالاعتماد على التحليل المرن ، وتم اهمال حالات عدم الانتظام الانشائي بشكل واضح ، لذلك فإن هذه الحدود غير واقعية وغير مناسبة في تصميم المنشأ . كما أن أغلب الأعمال البحثية السابقة لمعايير التشوه (الانتقال الأعظمي ، الانحراف الطابقي ، والدوران الأعظمي) أكدت على عدم كفاية الحدود الموضوعية في الكودات وأنها بالغالب تعطي نتائج غير اقتصادية.

2- اقترح الباحث [4] معادلات لتقدير قيمة كل من (الانتقال الأعظمي - الانحراف الطائفي الأعظمي) للأبنية غير المنتظمة ، وكانت المعادلات المقترحة محدودة للجمل الاطارية وللترب الصلبة ومجازات الاطارات 4 م ، كما تم التحليل باستخدام طيف الاستجابة حسب الكود الأوروبي EC8 ، كما أنها مرتبطة بدليل عدم الانتظام المقترح مما جعل صعوبة باستخدام هذه العلاقات. ولا بد من دراسة تأثير حالات عدم الانتظام على قيمة الانتقالات والتشوهات الناتجة، و اقترح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت الغير منتظمة.

4-3 طريقة التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس :

تعتبر من أدق طرق التحليل الزلزالي وأكثرها تطوراً، وتشمل الخطوات التالية : [5],[6]

1- تقيس السجل الزمني مع طيف الاستجابة التصميمي : الغاية من تقيس السجل الزمني هو الوصول لسجل زمني ذو محتوى ترددي مشابه لطيف الاستجابة التصميمي ، وتتم عملية التقيس بإحدى الطريقتين :

أ- طريقة التردد المسيطر ب- طريقة الدور المسيطر

ويتم اختيار الطريقة التي ينتج عنها سجل مقيس ذو تسارع طيفي أعظمي مقارب لقيمة التسارع الطيفي التصميمي المقابل للدور الأساسي للمنشأ . ولإعداد معايير الربط بشكل نموذجي من الأفضل أن يتم الربط للسجل الزمني لجزء من الترددات وليس على المجال كاملاً .(حسب الكودات يفضل الربط في المجال من $0.2T_1$ إلى $1.5T_1$ حيث T_1 : الدور الأساسي للمنشأ).

2- تعريف حالة التحليل الديناميكي اللاخطي : يتم تعريف حالة التحليل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل اللاخطي المباشر وباستخدام السجل الزمني المقيس كتابع تحريض، ثم اختيار الخطوة الزمنية ΔT ، ثم تحديد نموذج التخادم . كما يلي :

1- اختيار الخطوة الزمنية Δt : يجب أن يتم اختيار الخطوة الزمنية بدقة وقد أعطت معظم المراجع [5] العلاقة التالية لتحديد قيمة الخطوة الزمنية :

$$\frac{\Delta t}{T_{min}} < \frac{1}{\pi} \quad (1-3)$$

حيث T_{min} الدور الطبيعي الأصغر للمنشأ

2- تحديد نموذج التخماد : النموذج الشائع للتخماد هو نموذج تخامد ريلي [5] ، ويتضمن تخامد متناسب مع الكتلة وتخماد متناسب مع الصلابة ، ويعطى بالعلاقة :

$$C = a_0 \cdot m + a_1 \cdot k \quad (1-4)$$

حيث : C مصفوفة التخماد، m مصفوفة الكتلة، k مصفوفة الصلابة
 a_0 معامل تخامد الكتلة، a_1 معامل تخامد الصلابة، وتحسب هذه المعاملات كما يلي:
 نسبة التخماد لأجل النمط n لكل جملة يعطى بالعلاقة:

$$\xi_n = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_n} + \frac{a_1}{2} \cdot w_n \quad (1-5)$$

فالمعاملان a_0, a_1 تحددان من علاقتي نسب التخماد ξ_i, ξ_j لأجل النمطين z, i على التوالي ، كما يلي :

$$\xi_i = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_i} + \frac{a_1}{2} \cdot w_i \quad (1-6)$$

$$\xi_j = \frac{a_0}{2} \cdot \frac{1}{w_j} + \frac{a_1}{2} \cdot w_j \quad (1-7)$$

حيث w_i, w_j قيمة التردد للنمطين z , i على التوالي. بحل المعادلتين يمكن تحديد المعاملات a_0, a_1 ، ويفرض كلا النمطين له نفس نسبة التخماد، فتكون عندها المعاملات:

$$a_1 = \xi \cdot \frac{2}{w_i + w_j} \quad (1-8)$$

$$a_0 = \xi \cdot \frac{2 \cdot w_i \cdot w_j}{w_i + w_j} \quad (1-9)$$

وباعتبار نسبة التخماد للأنماط z, i هي ($\xi = 5\%$) ، يمكننا تحديد قيمة a_1, a_0 ، كما أنه من المهم تحديد النمطين z, i بدقة، لأنها تمثل الأنماط المساهمة في الاستجابة الزلزالية للمنشأ. حيث أن الأنماط بين النمطين z, i ستكون لها نسبة تخامد أصغر بشكل بسيط من ($\xi = 5\%$) ، أما الأنماط الأكبر من النمط z ستكون لها نسبة تخامد أكبر من ($\xi = 5\%$) ، حيث أن نسبة التخماد تزداد أوتوماتيكياً مع التردد ، و الاستجابة النمطية الموافقة ستحذف لتخامدها العالي، ولعدم إهمال الأنماط المساهمة بشكل فعال في الاستجابة الزلزالية يجب اختيار الأنماط z, i بدقة . وقد اعتمدنا في الدراسة المقدمة أن النمط i هو النمط الأول بالاتجاه المدروس ، والنمط z هو النمط الموافق لعدد الطوابق بالاتجاه المدروس كنمطين مع تخامد حرج 5%، بناءً على توصية المرجع [6] .

3- التحليل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل العددي المباشر: يتم التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس بطريقتين (التحليل النمطي السريع _ التحليل بالتكامل المباشر) [7] وتم اعتماد طريقة التكامل العددي المباشر في البحث، وتعتمد الطريقة على إيجاد التكامل المباشر لمعادلات الحركة تدريجياً ، حيث تحل معادلات الحركة عند خطوات زمنية متساوية $\Delta t , 2\Delta t , \dots, n\Delta t$ وذلك بعد تحديد الشروط البدئية، ولإجراء التكامل تم اعتماد طريقة Newmark المطورة [7].

فمن خلال الدراسات المرجعية السابقة نلاحظ أنها أكدت على أهمية دراسة تأثير حالات عدم الانتظام في الأبنية من حيث النوع والمقدار والموقع على معايير الاستجابة الزلزالية، كما أكدت على النقص الواضح في الكودات في معالجة حالات عدم الانتظام ، واقتراح صيغ جديدة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للمنشآت غير المنتظمة ، لكن معظم هذه الدراسات كانت محدودة لجمال معينة ، وتم تحليلها وفقاً لطيف استجابة محدد. لذلك في هذا البحث تم اقتراح صياغة جديدة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية للمنشآت المختلفة غير منتظمة الصلابة شاقولياً ، من خلال دراسة سلوك هذه المنشآت باستخدام التحليل الديناميكي اللاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس الذي يمثل الاستجابة الحقيقية للمنشآت، وباستخدام طيف الاستجابة التصميمي UBC 97 . واقتراح معادلات قابلة للتطبيق لتقييم الاستجابة الزلزالية الواقعية للمنشآت غير المنتظمة.

5- هدف البحث :

- تقييم المنشآت المختلفة ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي، والعمل على إيجاد علاقات أكثر دقة من العلاقات التي يعطيها الكود لتقدير قيمة كل من المعايير التالية:
- 1- قيمة الدور الأساسي للبناء في المنشآت غير المنتظمة ذات الجمل المختلفة ، بحيث تأخذ بعين الاعتبار علاقة الدور الأساسي مع نوع ومقدار وموقع عدم الانتظام.
 - 2- قيمة الانتقالات والتشوهات الناتجة: (الانتقال الأفقي الأعظمي - الانحراف الطابقي الأعظمي)، حيث أن مقدار وموقع عدم الانتظام له تأثير كبير على التشوهات الناتجة .

3- قوة القص التصميمية للأبنية ذات الجمل المختلطة والمتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي (قوة القص القاعدي الأعظمي التي يتحملها المبنى) ، والتي تتأثر بشكل كبير بنوع ومقدار وموقع عدم الانتظام .

6- خطة البحث :

لإجراء البحث تم إعداد نماذج حاسوبية لجمل إنشائية مختلطة باستخدام برنامج الـ ETABS وكانت المتغيرات الأساسية عدد الطوابق ، ومقدار عدم انتظام الصلابة الشاقولي ، وموقع عدم الانتظام.

وتمت الدراسة لنماذج مؤلفة من (6-9-12-15) طابقاً ، ولأجل كل نموذج تم توليد حالات عدم انتظام الصلابة بجعل الارتفاع الطابقي للطابق المستهدف أكبر من باقي الطوابق مع الحفاظ على الارتفاع الكامل للمبنى في كل نموذج ، وتراوح مقدار عدم انتظام الصلابة الشاقولي بين (90% - 50%) ، وتم تطبيق عدم الانتظام في كل نموذج في الثلث السفلي من المنشأ ، ثم في الثلث الوسطي ، ثم في العلوي . كما تم تطبيق عدم انتظام الصلابة في طابق واحد و في عدة طوابق.

وتم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس للنماذج ، ودراسة تأثير هذه المتغيرات على معايير الاستجابة الزلزالية .

7- النمذجة والدراسة التحليلية:

1-8 إعداد النماذج :

تم إعداد نماذج أبنية منتظمة باستخدام برنامج الـ ETABS 2016 :

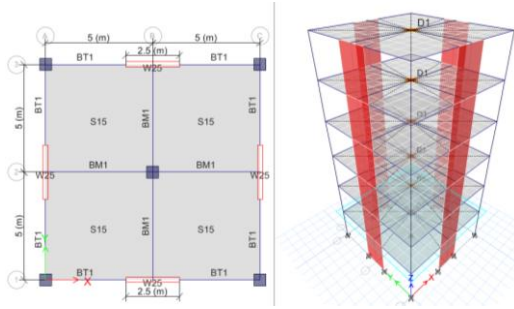
- عدد الطوابق تراوح بين (6-15) طابقاً - وارتفاع كل طابق 3.5m - ومجازاته ثابتة - 5m - وأبعاد مسقطه الأفقية 10x10 m - والحمولة الميتة (تغطية) 2KN/m^2 - والحية 3KN/m^2 - وحمولة الجدران الخارجية $12\text{KN/m}'$ - والداخلية $9\text{KN/m}'$ - والبلاطة مصمتة سماكة 15 cm - وجدران القص بطول 2.5 m - ومقاطع الأعمدة والجوائز وسماكة جدران القص تم تحديدها من خلال تحليل وتصميم نماذج الأبنية بالطريقة الستاتيكية المكافئة وحسب تراكيب التصميم الأساسية - المقاومة المميزة للبيتون

إجهاد الخضوع $f_c=20 \text{ Mpa}$ - إجهاد الخضوع لفلوآذ التسليح الرئيسي $f_y=400 \text{ Mpa}$ - إجهاد الخضوع لفلوآذ التسليح العرضي $f_y=240 \text{ Mpa}$

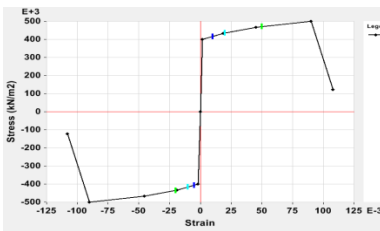
- تم إجراء تحليل زلزالي للمبنى باستخدام الطريقة الستاتيكية المكافئة ، بفرض المبنى في المنطقة الزلزالية الرابعة ، وصنف مقطع التربة SD ، تكون المعاملات الزلزالية :

$$Ca=0.44 \quad , \quad Cv=0.64 \quad Na=1 \quad , \quad Nv=1$$

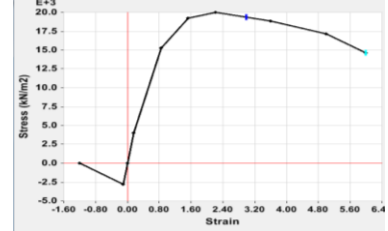
ورمزنا للنموذج المنتظم بالرمز M1



الشكل (1) النموذج المنتظم بالرمز M1 المدروس



الشكل (3) مخطط الاجهاد - التشوه للفلوآذ المستخدم



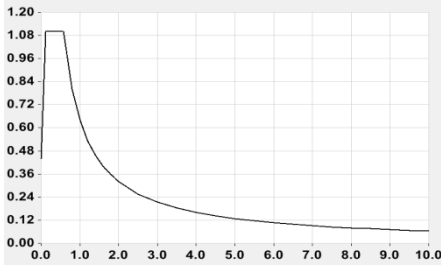
الشكل (2) مخطط الاجهاد- التشوه للبيتون المستخدم

2-8 تصميم العناصر الإنشائية: صممت العناصر الإنشائية وفق التراكيب الواردة في الكود العربي السوري [2]. حيث تم اختيار أبعاد وتسليح العناصر الإنشائية بحيث كانت محققة تماماً للقوى الزلزالية الناتجة عن الطريقة الستاتيكية المكافئة .

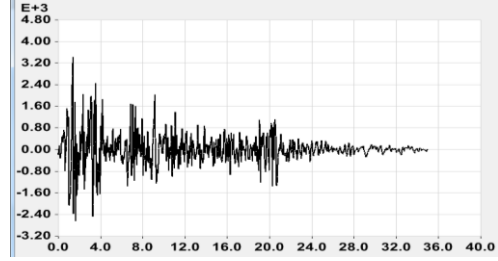
3-8 التحليل الديناميكي اللاخطي بالسجل الزمني المقيس : تم في البحث :

- إجراء تحليل ديناميكي لاخطي باستخدام السجل الزمني المقيس كتابع تحريض (السجل الزمني لزلزال السنترو، وذلك بعد أن تمت معايرة السجل الزمني ليطباق الطيف التصميمي في مجال الزمن) وذلك كما يلي :

1 - تعريف السجل الزمني لزلزال السنترو، و طيف الاستجابة التصميمي وفق UBS97



الشكل (5) طيف الاستجابة التصميمي



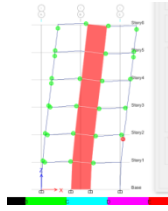
الشكل (4) السجل الزمني لزلزال Elcentro

- 2- معايرة السجل الزمني ليُطابق الطيف التصميمي في مجال الزمن
- 3- تعريف حالة التحميل الديناميكي اللاخطي بطريقة التكامل اللاخطي المباشر باستخدام تابع السجل الزمني المقيس لزلزال EL centro :
- تم اختيار الخطوة الزمنية بحيث تحقق المعادلة (1-1) :
- للمناذج ذات (6-9) طوابق : $\Delta t=0.005$ ، والنماذج ذات (12-15) طابق $\Delta t=0.01$
- تم تحديد معامل تخادم الكتلة a_0 ومعامل تخادم الصلابة a_1 من العلاقات (1-8) (1-9)

- تم تعريف أبعاد وتسلية مقاطع الأعمدة والجوائز من خلال مصمم المقاطع Section Designer الموجود في البرنامج
- 5- تطبيق المفاصل اللدنة :

- المفاصل المطبقة على الجوائز من نوع M3 - على الأعمدة من نوع P-M2-M3
- Fiber - جدران القص Fiber P-M3
- 6 - تم تسلية جدران القص من خلال خاصية تسلية جدار القص في المفصل اللدن.
- 4-8 نتائج الدراسة التحليلية :

- تم إجراء التحليل الديناميكي اللاخطي للمبنى المنتظم (ذو 6 طوابق) ورمزه M1 ، والمبين مسقطه في الشكل (1)، وبين الشكل (6) المفاصل المتشكلة في المبنى عند الزمن 1.22 sec حيث تشكل أول مفصل لدن في أعمدة الطابق السادس ، وكانت قوة القص القاعدية الموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 3104 KN والانتقال الأعظمي الموافق لتشكل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 8.2 cm والانحراف الطابقي النسبي الأعظمي الموافق 0.0046 والحاصل في الطابق الرابع .



الشكل (7) النموذج M1 المفاصل المتشكلة عند الزمن 9.62 sec (عند الانهيار التام)

الشكل (6) النموذج M1 المفاصل المتشكلة عند الزمن 1.22sec (الموافقة لظهور أول مفصل لدن في أعمدة المبنى)

كما يبين الشكل (7) المفاصل المتشكلة عند الزمن 9.62sec ووصول المفصل اللدن في عمود الطابق الثاني للحالة E (الانهيار) .

5-8 توليد حالات عدم انتظام الصلابة شاقولياً :

من أجل النموذج M5 ذو عدم انتظام سفلي : الارتفاع الطابقي للطابق السفلي 6.5 m والارتفاع الطابقي لباقي الطوابق 2.9 m ، ومقدار عدم الانتظام 77%

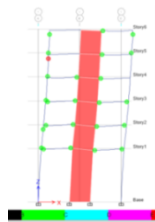
تم اجراء التحليل الديناميكي اللاخطي ، ويبين الشكل (8) المفاصل المتشكلة في المبنى

عند الزمن 1.22 sec حيث تشكل أول مفصل لدن في أعمدة الطابق الثاني ، وكانت

قوة القص القاعدية الموافقة لتشكيل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 2758 KN

والانتقال الأعظمي الموافق لتشكيل أول مفصل لدن في أعمدة المبنى 8.3 cm

والانحراف الطابقي النسبي الأعظمي الموافق 0.0049 والحاصل في الطابق الثالث .



الشكل (9) النموذج M2 المفاصل المتشكلة عند الزمن 2.86sec (عند الانهيار التام)

الشكل (8) النموذج M2 المفاصل المتشكلة عند الزمن 1.22sec (الموافقة لظهور أول مفصل لدن في أعمدة المبنى)

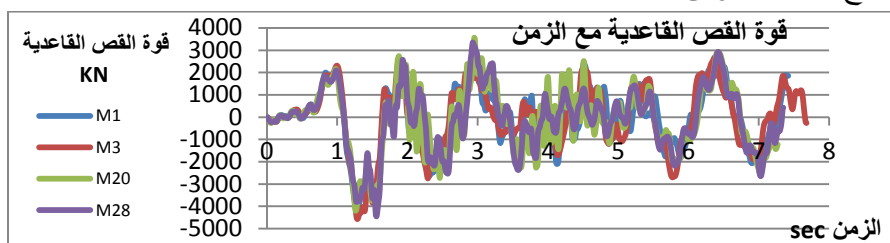
كما يبين الشكل (9) المفاصل المتشكلة عند الزمن 2.86sec ووصول المفصل اللدن في عمود الطابق الخامس للحالة E (الانهيار) .

وبنفس الطريقة تم توليد عدم انتظام الصلابة الشاقولي لباقي النماذج حيث بلغ عدد النماذج المدروسة 134 نموذج .

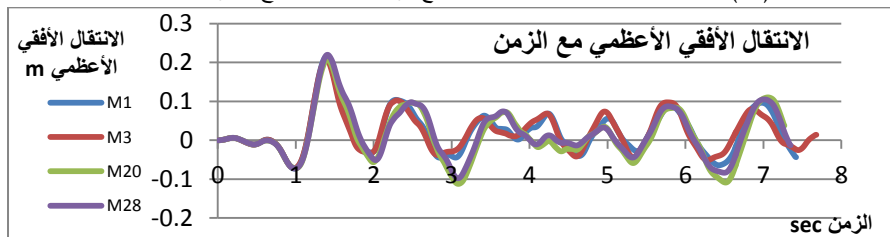
6-8 نتائج الدراسة التحليلية :

تبين المخططات التالية نتائج التحليل الديناميكي اللاخطي، حيث تبين قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن، والانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لأجل بعض النماذج المدروس .

نماذج ذات 6 طوابق

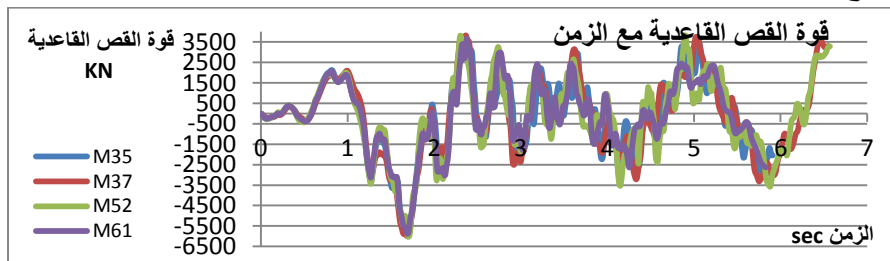


الشكل (10) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق

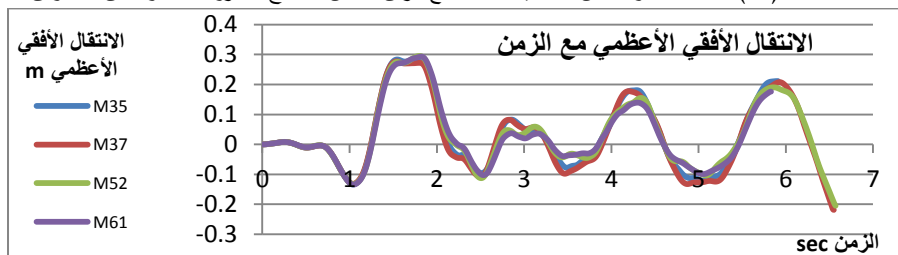


الشكل (11) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 6 طوابق

نماذج ذات 9 طوابق

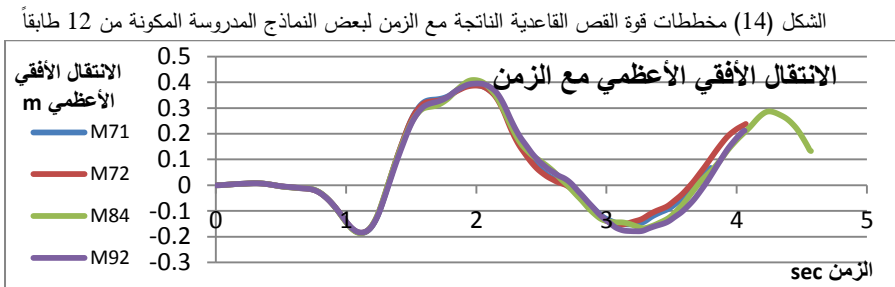
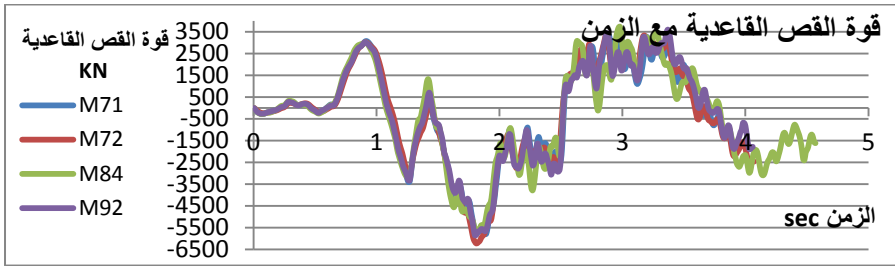


الشكل (12) مخططات قوة القص القاعدية الناتجة مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 9 طوابق

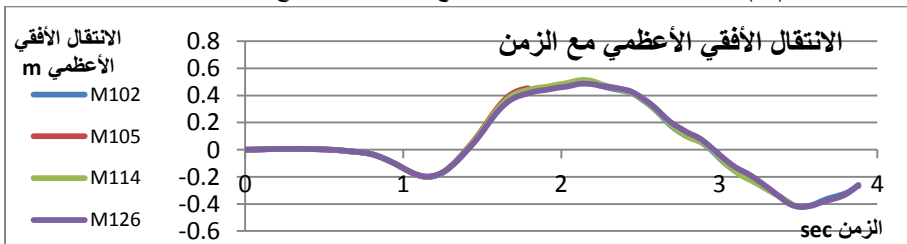
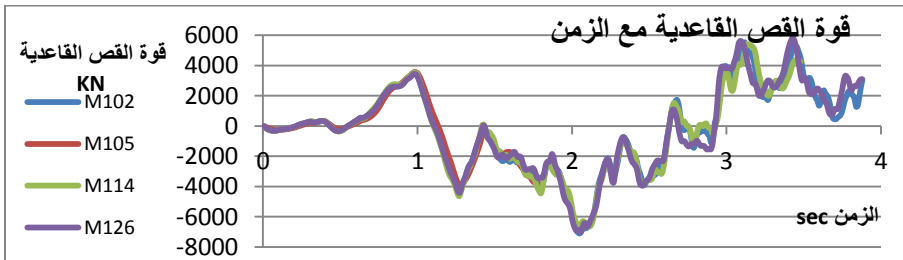


الشكل (13) مخططات الانتقال الأفقي الناتج في السطح الأخير مع الزمن لبعض النماذج المدروسة المكونة من 9 طوابق

نماذج ذات 12 طوابق



نماذج ذات 15 طابق



يبين الجدول التالي نتائج الدراسة التحليلية للنماذج المدروسة (قيم الدور الأساسي وقيم قوى القص القاعدية والانتقال الأفقي الأعظمي والانحراف الطابقي الأعظمي الموافق لتشكل أول مفصل لدن في أي من أعمدة المبنى) ، كما يبين خصائص النماذج المدروسة

(عدد الطوابق، مقدار عدم انتظام الصلابة ، وموقع عدم الانتظام) حيث نسبة مساهمة جدران القص (60 %).

الجدول (1) يبين نتائج الدراسة لتحليلية للنماذج المدروسة

موقع الانحدار القص القاعدية KN	الانحراف الطائفي الأعظمي النسبي	الانتقال الأعظمي m	دور البناء sec	مقدار عدم الانتظام	النموذج (ارتفاع الطابق × عدد الطوابق)	موقع عدم الانتظام	عدد ال طوابق	النموذج
3104	0.0046	0.0822	0.861	1	3.5x6	منتظم	6	M1
2807	0.0048	0.0834	0.864	0.99	5.7x1+3.06x5	عدم انتظام سفلي		M2
2784	0.00487	0.083	0.867	0.896	6x1+3x5	عدم انتظام سفلي		M3
2771	0.0049	0.0832	0.871	0.829	6.25x1+2.95x5	عدم انتظام سفلي		M4
2758	0.0049	0.083	0.875	0.77	6.5x1+2.9x5	عدم انتظام سفلي		M5
2730	0.0049	0.082	0.885	0.666	7x1+2.8x5	عدم انتظام سفلي		M6
2716	0.005	0.0821	0.891	0.62	7.25x1+2.75x5	عدم انتظام سفلي		M7
2711	0.005	0.0817	0.897	0.58	7.5x1+2.7x5	عدم انتظام سفلي		M8
2577	0.0047	0.075	0.91	0.506	8X1+2.6X5	عدم انتظام سفلي		M9
2615	0.0048	0.074	0.925	0.444	8.5X1+2.5X5	عدم انتظام سفلي		M10
2870	0.00483	0.0845	0.879	0.938	4.3x2+3.1x4	عدم انتظام سفلي		M11
2770	0.00479	0.0831	0.881	0.842	4.5x2+3x4	عدم انتظام سفلي		M12
2686	0.0052	0.0895	0.902	0.659	5x2+2.75x4	عدم انتظام سفلي		M13
2343	0.0044	0.0719	0.915	0.597	5.2x2+2.65x4	عدم انتظام سفلي		M14
2230	0.0043	0.071	0.92	0.569	5.3x2+2.6x4	عدم انتظام سفلي		M15
2885	0.0044	0.0781	0.882	0.9	3.3x2+4.5x1+3.3x3	عدم انتظام وسطي		M16
2994	0.0046	0.0812	0.893	0.78	3.2x2+5x1+3.2x3	عدم انتظام وسطي		M17
3011	0.0045	0.0798	0.9	0.727	3.15x2+5.25x1+3.15x3	عدم انتظام وسطي	M18	
3072	0.00445	0.078	0.906	0.68	3.1x2+5.5x1+3.1x3	عدم انتظام وسطي	M19	
3346	0.00498	0.086	0.909	0.593	3x2+6x1+3x3	عدم انتظام وسطي	M20	
3507	0.00529	0.0899	0.917	0.557	2.95x2+6.25x1+2.95x3	عدم انتظام وسطي	M21	
3713	0.0056	0.0937	0.924	0.524	2.9X2+6.5+2.9X3	عدم انتظام وسطي	M22	
2738	0.0043	0.0751	0.896	0.897	3.1x2+4.3x2+3.1x2	عدم انتظام وسطي	M23	
2901	0.00454	0.0783	0.898	0.816	3x2+4.5x2+3x2	عدم انتظام وسطي	M24	
3225	0.00485	0.084	0.917	0.689	2.8x2+4.9x2+2.8x2	عدم انتظام وسطي	M25	
3421	0.005	0.0869	0.93	0.633	2.7x2+5.1x2+2.7x2	عدم انتظام وسطي	M26	
1838	0.004	0.067	0.897	0.978	3.75x5+2.25x1	عدم انتظام علوي	M27	
1824	0.004	0.066	0.902	0.853	3.8x5+2x1	عدم انتظام علوي	M28	
1811	0.004	0.065	0.911	0.735	3.85x5+1.75	عدم انتظام علوي	M29	
1800	0.004	0.063	0.92	0.62	3.9X5+1.5	عدم انتظام علوي	M30	
2811	0.0046	0.0812	0.888	0.939	3.8x4+2.9x2	عدم انتظام علوي	M31	
2861	0.0048	0.0839	0.899	0.843	3.9x4+2.7x2	عدم انتظام علوي	M32	
2824	0.0048	0.082	0.906	0.797	3.95x4+2.6x2	عدم انتظام علوي	M33	
2942	0.00507	0.0863	0.912	0.753	4x4+2.5x2	عدم انتظام علوي	M34	
3418	0.00678	0.148	1.381	1	3.5x9	منتظم	M35	
2999	0.00577	0.132	1.396	0.955	6.14x1+3.17x8	عدم انتظام سفلي	M36	
2969	0.00577	0.123	1.398	0.915	6.3x1+3.15x8	عدم انتظام سفلي	M37	
2159	0.00526	0.131	1.404	0.825	6.7x1+3.1x8	عدم انتظام سفلي	M38	
2140	0.0051	0.128	1.407	0.777	6.94x1+3.07x8	عدم انتظام سفلي	M39	
2175	0.00502	0.1278	1.411	0.746	7.1x1+3.05x8	عدم انتظام سفلي	M40	
2187	0.00491	0.125	1.402	0.674	7.5x1+3x8	عدم انتظام سفلي	M41	
2170	0.0048	0.124	1.405	0.649	7.66x1+2.98x8	عدم انتظام سفلي	M42	
2194	0.00487	0.1235	1.408	0.626	7.82x1+2.96x8	عدم انتظام سفلي	M43	
2184	0.00475	0.12	1.42	0.561	8.3x1+2.9x8	عدم انتظام سفلي	M44	
2687	0.00656	0.15	1.431	0.799	4.3x3+3.1x6	عدم انتظام سفلي	M45	
2506	0.00655	0.153	1.435	0.72	4.5x3+3x6	عدم انتظام سفلي	M46	
2369	0.00652	0.155	1.453	0.65	4.7x3+2.9x6	عدم انتظام سفلي	M47	
2235	0.0063	0.15	1.473	0.591	4.9x3+2.8x6	عدم انتظام سفلي	M48	
2163	0.00637	0.154	1.484	0.563	5x3+2.75x6	عدم انتظام سفلي	M49	
3447	0.00674	0.146	1.395	0.92	3.42x4+4.14x1+3.42x4	عدم انتظام وسطي	M50	

تقييم الاستجابة الزلزالية للجمل الإنشائية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً باستخدام السجل الزمني المقيس

5	3446	0.0067	0.143	1.406	0.788	$3.35x4+4.7x1+3.35x_4$	عدم انتظام وسطي	M51
5	2052	0.00585	0.133	1.417	0.71	$3.3x4+5.1x1+3.3x4$	عدم انتظام وسطي	M52
5	2080	0.00588	0.133	1.426	0.644	$3.25x4+5.5x1+3.25x_4$	عدم انتظام وسطي	M53
5	2097	0.00585	0.133	1.436	0.587	$3.2x4+5.9x1+3.2x4$	عدم انتظام وسطي	M54
5	2124	0.00582	0.133	1.471	0.419	$3.1x4+6.7x1+3.1x4$	عدم انتظام وسطي	M55
5	3413	0.00668	0.141	1.443	0.781	$3.1x3+4.3x3+3.1x3$	عدم انتظام وسطي	M56
5	3321	0.00667	0.138	1.466	0.647	$2.9x3+4.7x3+2.9x3$	عدم انتظام وسطي	M57
5	3261	0.0065	0.134	1.484	0.592	$2.8x3+4.9x3+2.8x3$	عدم انتظام وسطي	M58
5	3195	0.00654	0.134	1.509	0.54	$2.7x3+5.1x3+2.7x3$	عدم انتظام وسطي	M59
5	3151	0.00642	0.135	1.518	0.517	$2.65x3+5.2x3+2.65x_3$	عدم انتظام وسطي	M60
5	2092	0.00563	0.134	1.436	0.823	$3.68x8+2.06$	عدم انتظام علوي	M61
5	2090	0.0057	0.1344	1.44	0.749	$3.7x8+1.9$	عدم انتظام علوي	M62
5	2089	0.00572	0.135	1.447	0.681	$3.72x8+1.74$	عدم انتظام علوي	M63
6	2089	0.00498	0.135	1.45	0.646	$3.73x8+1.66$	عدم انتظام علوي	M64
5	2089	0.00518	0.13	1.457	0.579	$3.75x8+1.5$	عدم انتظام علوي	M65
5	2971	0.0069	0.149	1.45	0.78	$3.85x6+2.8x3$	عدم انتظام علوي	M66
5	2896	0.00674	0.146	1.462	0.737	$3.9x6+2.7x3$	عدم انتظام علوي	M67
5	2812	0.00687	0.149	1.474	0.695	$3.95x6+2.6x3$	عدم انتظام علوي	M68
5	2627	0.00687	0.149	1.509	0.615	$4.05x6+2.4x3$	عدم انتظام علوي	M69
5	2535	0.00674	0.146	1.522	0.578	$4.1x6+2.3x3$	عدم انتظام علوي	M70
6	3072	0.00506	0.170	1.769	1	$3.5x12$	منتظم	M71
5	2993	0.00493	0.165	1.793	0.958	$6.25x1+3.25x11$	عدم انتظام سفلي	M72
3	2965	0.00477	0.148	1.802	0.838	$6.8x1+3.2x11$	عدم انتظام سفلي	M73
3	2927	0.00482	0.142	1.813	0.738	$7.35+3.15x11$	عدم انتظام سفلي	M74
3	2914	0.00484	0.142	1.817	0.703	$7.57+3.13x11$	عدم انتظام سفلي	M75
3	2894	0.00482	0.135	1.825	0.655	$7.9+3.1x11$	عدم انتظام سفلي	M76
4	2748	0.00513	0.169	1.847	0.781	$4.2x4+3.15x8$	عدم انتظام سفلي	M77
4	2598	0.00533	0.173	1.871	0.666	$4.5x4+3x8$	عدم انتظام سفلي	M78
4	2503	0.0054	0.173	1.903	0.604	$4.7x4+2.9x8$	عدم انتظام سفلي	M79
4	2413	0.00555	0.176	1.938	0.549	$4.9x4+2.8x8$	عدم انتظام سفلي	M80
4	2322	0.0056	0.176	1.984	0.497	$5.1x4+2.7x8$	عدم انتظام سفلي	M81
4	3040	0.00552	0.179	1.787	0.848	$3.43x5+4.27+3.43x6$	عدم انتظام وسطي	M82
7	3027	0.00558	0.179	1.794	0.774	$3.4x5+4.6+3.4x6$	عدم انتظام وسطي	M83
7	3002	0.00547	0.176	1.809	0.671	$3.35x5+5.15+3.35x6$	عدم انتظام وسطي	M84
6	2966	0.00549	0.173	1.841	0.522	$3.25x5+6.25+3.25x6$	عدم انتظام وسطي	M85
6	3017	0.00546	0.169	1.879	0.419	$3.15x5+7.35+3.15x6$	عدم انتظام وسطي	M86
7	3057	0.0059	0.18	1.839	0.802	$3.15x4+4.2x4+3.15x_4$	عدم انتظام وسطي	M87
7	3015	0.00588	0.177	1.856	0.692	$3x4+4.5x4+3x4$	عدم انتظام وسطي	M88
7	2998	0.00597	0.177	1.879	0.631	$2.9x4+4.7x4+2.9x4$	عدم انتظام وسطي	M89
7	3008	0.00614	0.176	1.942	0.525	$2.7x4+5.1x4+2.7x4$	عدم انتظام وسطي	M90
7	3002	0.0062	0.176	1.696	0.479	$2.6x4+5.3x4+2.6x4$	عدم انتظام وسطي	M91
6	3011	0.0052	0.173	1.811	0.958	$3.6x11+2.4$	عدم انتظام علوي	M92
6	2979	0.00523	0.172	1.832	0.719	$3.65x11+1.85$	عدم انتظام علوي	M93
6	2966	0.00522	0.172	1.84	0.627	$3.67x11+1.63$	عدم انتظام علوي	M94
6	2972	0.0052	0.172	1.836	0.672	$3.66x11+1.74$	عدم انتظام علوي	M95
6	2959	0.00522	0.172	1.845	0.581	$3.68x11+1.52$	عدم انتظام علوي	M96
6	2833	0.00552	0.174	1.879	0.743	$3.88x8+2.74x4$	عدم انتظام علوي	M97
6	2799	0.00556	0.174	1.902	0.685	$3.95x8+2.6x4$	عدم انتظام علوي	M98
6	2780	0.00559	0.173	1.92	0.645	$4x8+2.5x4$	عدم انتظام علوي	M99
6	2738	0.0056	0.173	1.975	0.568	$4.1x8+2.3x4$	عدم انتظام علوي	M100
6	2694	0.00585	0.175	2.011	0.499	$4.2x8+2.1x4$	عدم انتظام علوي	M101
6	3502	0.0050	0.178	2.098	1	$3.5x15$	منتظم	M102
4	3420	0.00415	0.11	2.107	0.948	$6.3+3.3x14$	عدم انتظام سفلي	M103
3	3418	0.00416	0.11	2.11	0.885	$6.58+3.28x14$	عدم انتظام سفلي	M104
3	3321	0.0041	0.1	2.114	0.802	$7+3.25x14$	عدم انتظام سفلي	M105
3	3318	0.00412	0.104	2.12	0.729	$7.42+3.22x14$	عدم انتظام سفلي	M106
2	3223	0.0041	0.099	2.138	0.594	$8.4+3.15x14$	عدم انتظام سفلي	M107
2	3220	0.0041	0.099	2.141	0.578	$8.54+3.14x14$	عدم انتظام سفلي	M108
5	3244	0.0052	0.176	2.193	0.761	$4.2x5+3.15x10$	عدم انتظام سفلي	M109
5	3076	0.0052	0.176	2.219	0.65	$4.5x5+3x10$	عدم انتظام سفلي	M110
4	2864	0.0054	0.18	2.3	0.536	$4.9x5+2.8x10$	عدم انتظام سفلي	M111

4	2821	0.0054	0.18	2.322	0.511	5x5+2.75x10	عدم انتظام سفلي	M112
4	2739	0.0055	0.184	2.383	0.463	5.2X5+2.65X10	عدم انتظام سفلي	M113
7	3545	0.005	0.183	2.112	0.857	3.45x7+4.2+3.45x7	عدم انتظام وسطي	M114
7	3560	0.00504	0.183	2.117	0.793	3.43x7+4.48+3.43x7	عدم انتظام وسطي	M115
7	3589	0.00507	0.184	2.134	0.662	3.38x7+5.18+3.38x7	عدم انتظام وسطي	M116
8	3599	0.00545	0.192	2.143	0.6	3.35x7+5.6+3.35x7	عدم انتظام وسطي	M117
8	3603	0.00532	0.189	2.164	0.515	3.3x7+6.3+3.3x7	عدم انتظام وسطي	M118
8	3596	0.00542	0.19	2.184	0.448	3.25x7+7+3.25x7	عدم انتظام وسطي	M119
8	3469	0.0055	0.192	2.179	0.805	3.2X5+4.1X5+3.2X5	عدم انتظام وسطي	M120
8	3440	0.0056	0.192	2.204	0.733	3.1X5+4.3X5+3.1X5	عدم انتظام وسطي	M121
8	3401	0.00551	0.188	2.212	0.66	3X5+4.5X5+3X5	عدم انتظام وسطي	M122
8	3309	0.0057	0.188	2.274	0.549	2.8X5+4.9X5+2.8X5	عدم انتظام وسطي	M123
8	3273	0.00558	0.183	2.347	0.477	2.65X5+5.2X5+2.65X5	عدم انتظام وسطي	M124
6	3470	0.00503	0.181	2.139	0.897	3.58x14+2.38	عدم انتظام علوي	M125
6	3456	0.00504	0.181	2.15	0.783	3.6x14+2.1	عدم انتظام علوي	M126
6	3440	0.00504	0.18	2.16	0.666	3.62x14+1.82	عدم انتظام علوي	M127
7	3430	0.00507	0.184	2.165	0.611	3.63x14+1.68	عدم انتظام علوي	M128
6	3422	0.0051	0.184	2.171	0.556	3.64x14+1.54	عدم انتظام علوي	M129
6	3329	0.0052	0.185	2.219	0.74	3.85X10+2.8X5	عدم انتظام علوي	M130
6	3304	0.0052	0.185	2.239	0.699	3.9X10+2.7X5	عدم انتظام علوي	M131
6	3279	0.00524	0.185	2.26	0.659	3.95X10+2.6X5	عدم انتظام علوي	M132
7	3253	0.00534	0.188	2.28	0.620	4X10+2.5X5	عدم انتظام علوي	M133
8	3159	0.00574	0.194	2.397	0.479	4.2X10+2.1X5	عدم انتظام علوي	M134

حيث تم التعبير عن النماذج كما يلي :

$6x1+3x5$ تعني مبنى ذو 6 طوابق، الطابق الأول 6m والطوابق الخمسة 3m

$3x2+6x1+3x3$ تعني الطابقين الأول والثاني 3m والطابق الثالث 6m والطابق الرابع والخامس

والسادس 3m .

كما تم إيجاد نسب زيادة أو نقصان معايير الاستجابة الزلزالية (قيم الدور الأساسي _ قيم

قوى القص القاعدي _ الانتقال الأفقي الأعظمي _ الانحراف الطبقي الأعظمي) بين

الطابق المنتظم (R) و غير المنتظم (IR)

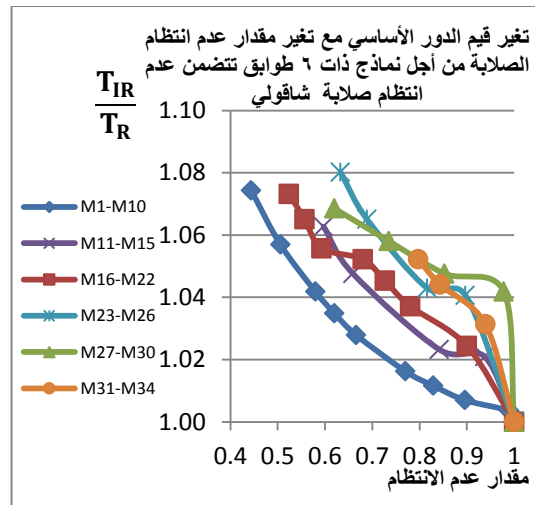
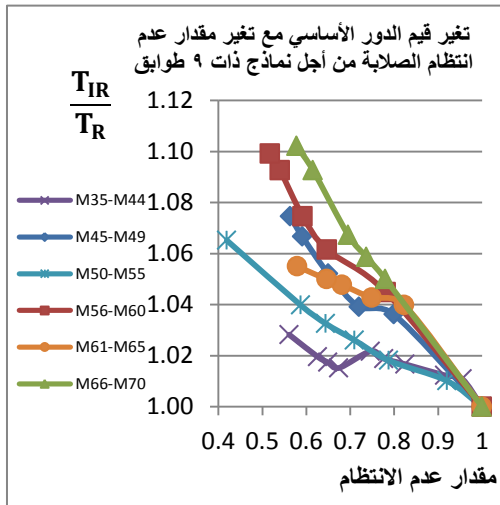
8-7 مقارنة نتائج الدراسة التحليلية:

تبين المخططات التالية نتائج تغيير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على معايير

الاستجابة الزلزالية (الدور الأساسي للمبنى _ قوة القص القاعدي _ الانتقال الأفقي

الأعظمي _ الانحراف الطبقي الأعظمي) :

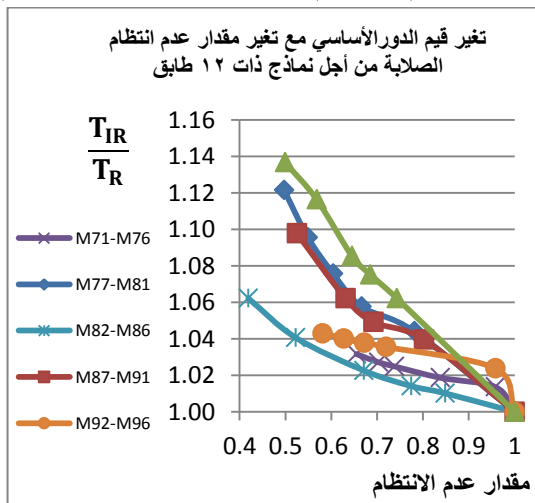
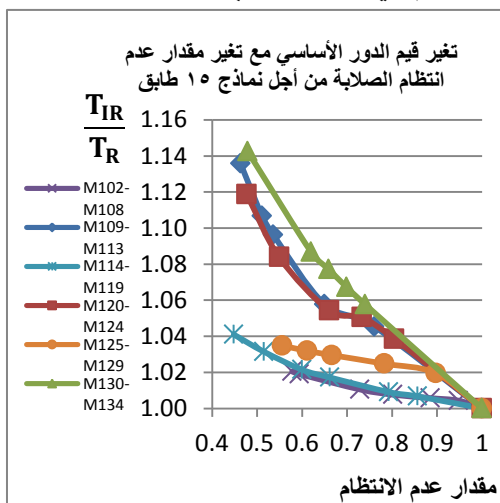
1- الدور الأساسي للمبنى :



الشكل (19) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق) وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحنى M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

الشكل (18) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق) وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحنى M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

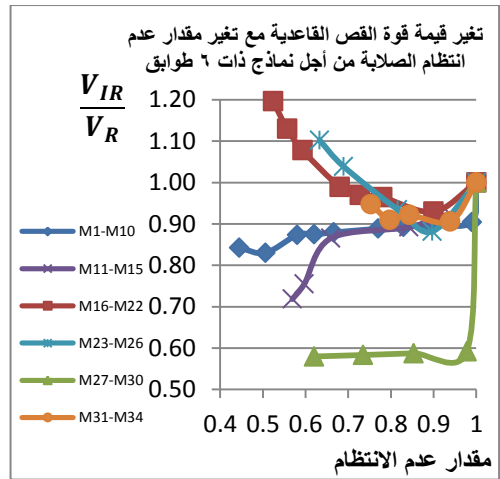
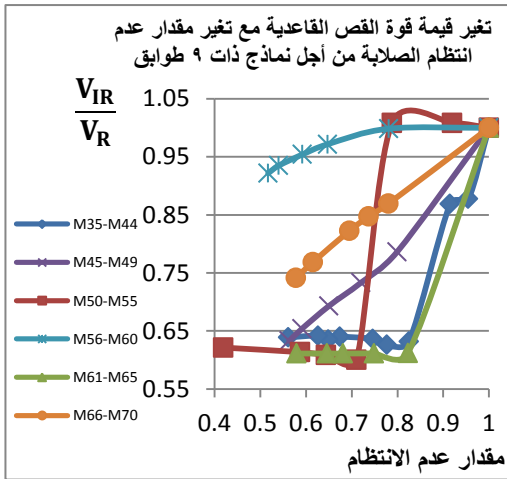
يبين الشكل (18) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق) يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 7% ، ويزداد تأثير عدم الانتظام بشكل أكبر عندما يكون عدم الانتظام في الجزء الوسطي. ويبين الشكل (19) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 10% ، ويزداد تأثير عدم الانتظام بشكل أكبر عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي .



الشكل (20) تغير قيم الدور الأساسي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طاباً) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M71-M76 يمثل النماذج من M71 إلى M76 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

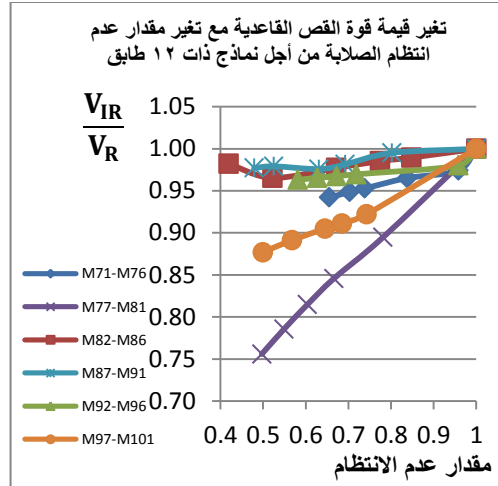
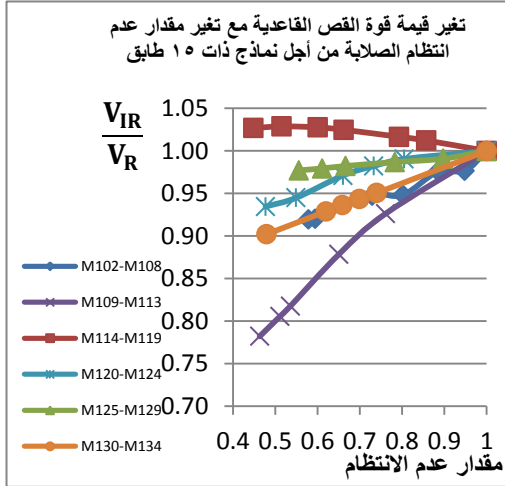
ويبين الشكلين (20) و (21) أنه في النماذج المؤلفة من (12-15) طاباً يزداد الدور مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 14% ويكون تأثيره أكبر عند وجود عدم الانتظام في الجزء العلوي .

2- قوة القص القاعدية :



الشكل (22) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

يبين الشكل (22) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق) تنخفض قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 42%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي. ويبين الشكل (23) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) تنخفض قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 40%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي والوسطي .

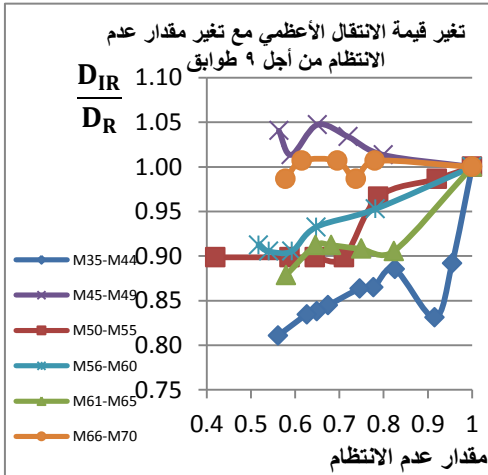


الشكل (25) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً)

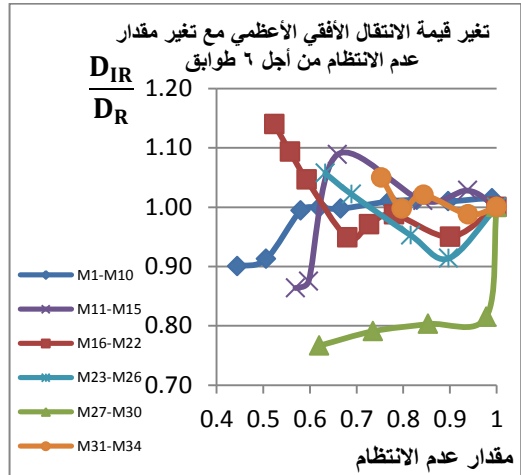
الشكل (24) تغير قيم قوة القص القاعدية مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً)

ويبين الشكلين (24) و (25) أنه في النماذج المؤلفة من (12 - 15 طابق) : تتخضع قيمة قوة القص القاعدية مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 24%. ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر في الجزء السفلي .

1- الانتقال الأفقي الأعظمي :



الشكل (27) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق)

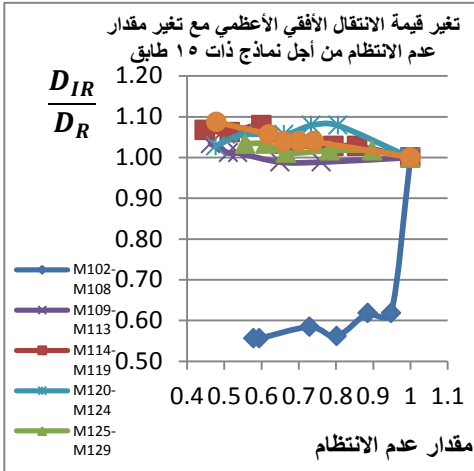


الشكل (26) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق)

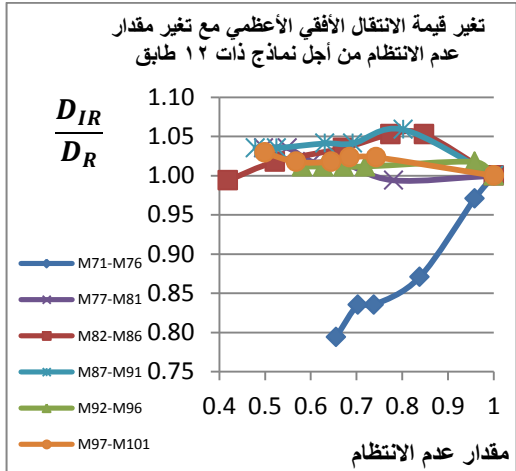
وكل منحنى يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

يبين الشكل (26) أنه في النماذج المؤلفة من (6 طوابق): تتخض قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي مع نقصان مقدار عدم الانتظام بنسب تصل إلى 23%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء العلوي .

ويبين الشكل (27) أنه في النماذج المؤلفة من (9 طوابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 20%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي



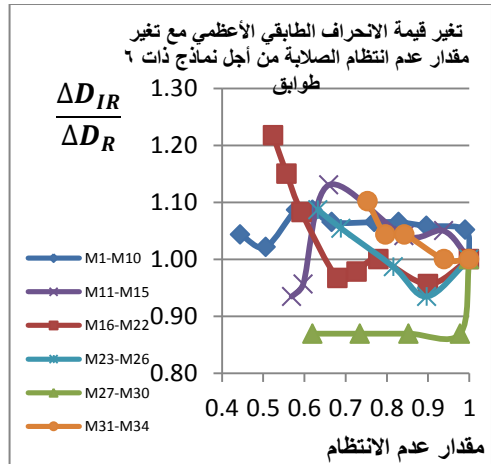
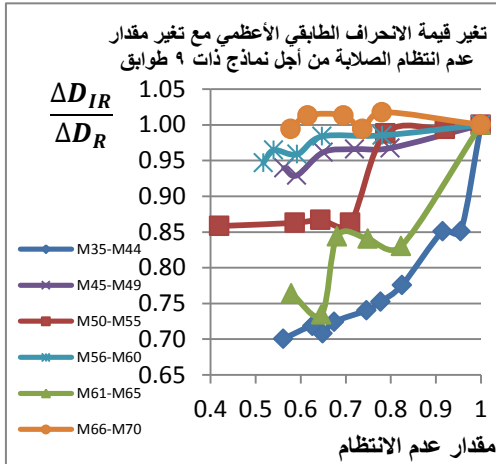
الشكل (29) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً)



الشكل (28) تغير قيم الانتقال الأفقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً)

يبين الشكل (28) أنه في النماذج المؤلفة من (12 طابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 21%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي. ويبين الشكل (29) أنه في النماذج المؤلفة من (15 طابق) : تتخض قيمته بنسب تصل إلى 44%، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر عندما يكون موقع عدم الانتظام في الجزء السفلي.

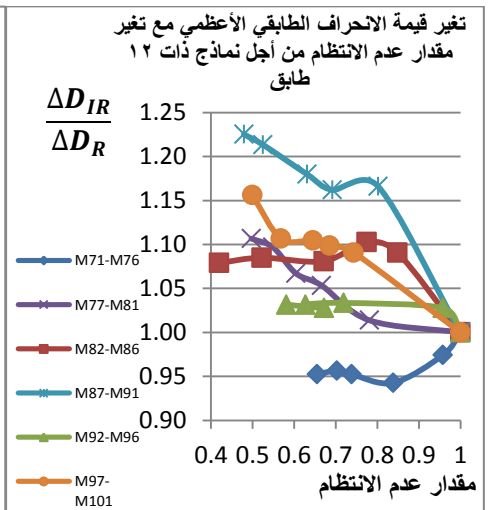
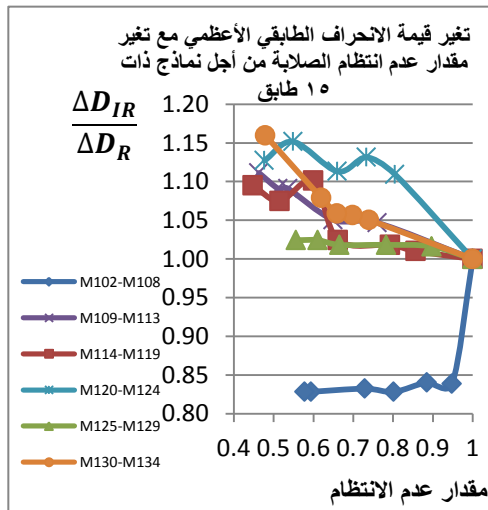
2- الانحراف الطابقي الأعظمي :



الشكل (31) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 9 طوابق) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

الشكل (30) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 6 طوابق) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام (المنحني M1-M10 يمثل النماذج من M1 إلى M10 ... وهكذا لباقي أسماء المنحنيات..)

يبين الشكل (31) أنه في النماذج المؤلفة من 6 طوابق ينخفض الانحراف الطابقي بنسب تصل إلى 13% ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عند وجود عدم الانتظام في الجزء العلوي



الشكل (33) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 15 طابقاً) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام

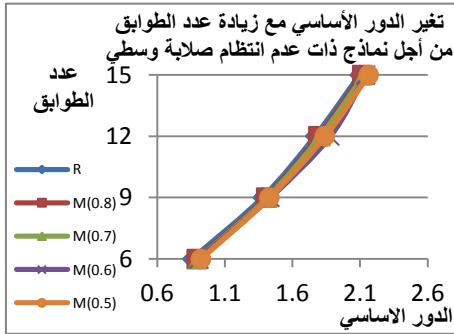
الشكل (32) تغير قيم الانحراف الطابقي مع تغير مقدار عدم الانتظام (نماذج مكونة من 12 طابقاً) وكل منحني يمثل موقع مختلف لعدم الانتظام

تبين الأشكال (31) و(32) و(33) أنه في النماذج المؤلفة من (9-12-15 طابق) ينخفض الانحراف الطائفي بنسب تصل إلى 30% ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عند وجود عدم الانتظام في الجزء السفلي .

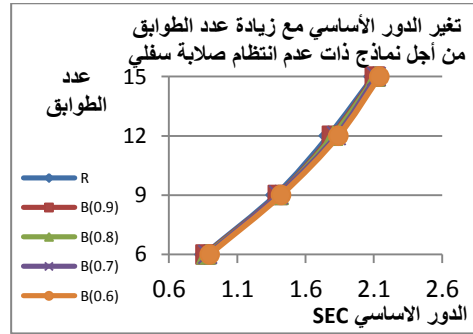
8-8 مقارنة نتائج حالات عدم انتظام الصلابة الشاقولي مع حالة المبنى المنتظم من أجل نماذج أبنية ذات ارتفاعات مختلفة (أعداد طوابق مختلفة) :

تبين المخططات التالية تأثير تغير ارتفاع المبنى مع تغير مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة على معايير الاستجابة الزلزالية:

1- الدور الأساسي للمبنى :



الشكل (35) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)



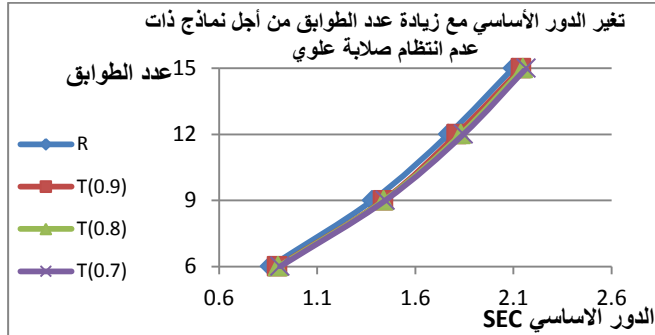
الشكل (34) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي حيث :
المنحنى R يمثل نماذج الأبنية المنتظمة

المنحنى B(0.9) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة السفلي ومقدار عدم الانتظام 90%

المنحنى B(0.7) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة السفلي ومقدار عدم الانتظام 70%

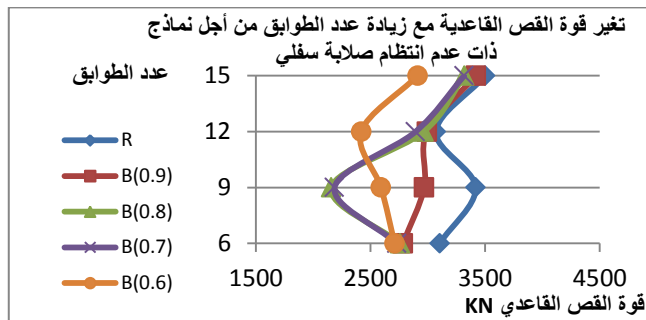
المنحنى M(0.7) يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الوسطي ومقدار عدم الانتظام 70%



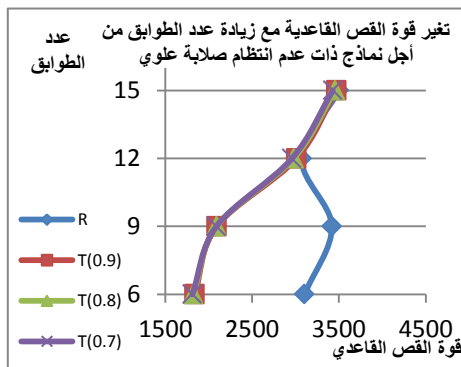
الشكل (36) تغير قيم الدور الأساسي مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الشاقولي، حيث المنحنى $T(0.7)$ يمثل نماذج الأبنية ذات عدم انتظام صلابة علوي ومقدار عدم الانتظام 70%

تبين الأشكال (34) (35) (36) أنه تزداد قيمة الدور الأساسي في حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي عن حالة المبنى المنتظم بنسبة (7%) من أجل عدد الطوابق (6 طوابق و 9 طوابق) ، و 8% من أجل (12 طابق) ، و 14 % من أجل (15 طابق).

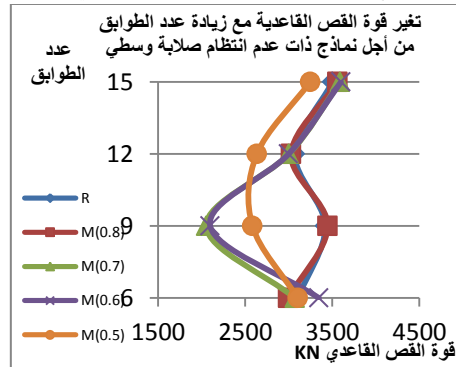
2- قوة القص القاعدية :



الشكل (37) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي



الشكل (39) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي)



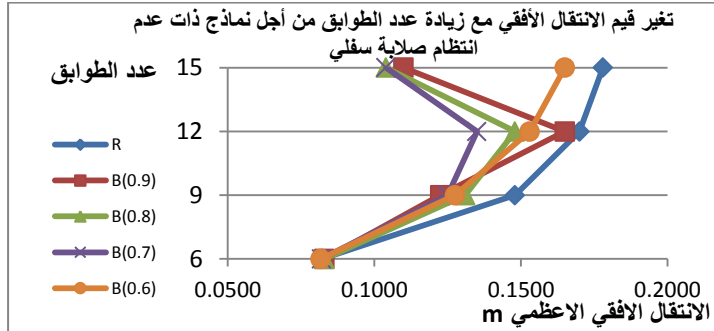
الشكل (38) تغير قيم قوة القص القاعدية مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي

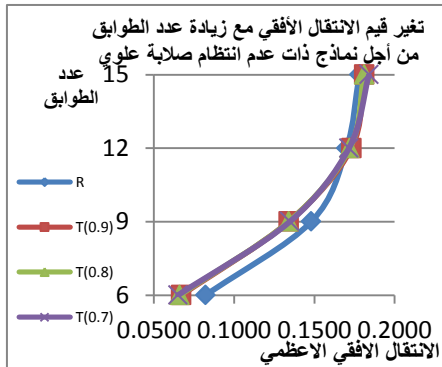
تبين الأشكال (37) (38) (39) أنه تنخفض قيمة قوة القص القاعدية في الأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي عن حالة المبنى المنتظم ، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي من أجل (6 طوابق) حيث تنخفض

بنسبة 42% . أما من أجل (12 طابق و 15 طابق) يكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء السفلي ، حيث تنخفض بنسبة 24% .

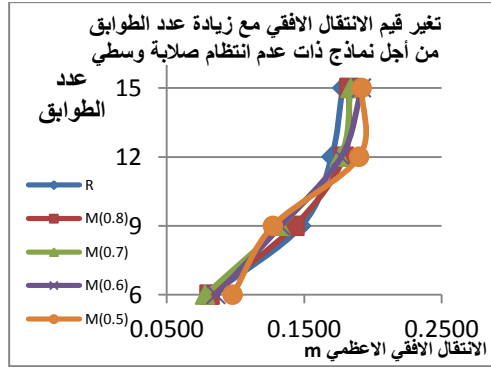
3- الانتقال الأفقي الأعظمي :



الشكل (40) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق ، (نماذج ذات عدم انتظام صلابة سفلي) وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي



الشكل (42) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة علوي)



الشكل (41) تغير قيم الانتقال الأفقي مع زيادة عدد الطوابق (نماذج ذات عدم انتظام صلابة وسطي)

وكل منحنى يمثل مقدار وموقع مختلف لعدم الانتظام الصلابة الشاقولي

تبين الأشكال (40) (41) (42) أن قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي تنخفض في الأبنية غير منتظمة الصلابة شاقولياً عن حالة المبنى المنتظم ، ويكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون عدم الانتظام في الجزء العلوي من أجل (6 طوابق) حيث ينخفض بنسبة 23% ، أما من أجل (9-12-15 طابق) يكون تأثير عدم الانتظام أكبر ما يمكن عندما يكون في الجزء السفلي حيث ينخفض بنسب تصل إلى 44%

8-9 العوامل المؤثرة في تغير قيم الاستجابة الزلزالية:

تم اعتماد المتغيرات التالية لإيجاد علاقات مبسطة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية:

1. n : عدد الطوابق
2. النسبة (H/L) : حيث (H) ارتفاع البناء ، (L) بعد البناء بالاتجاه المدروس .
3. النسبة (hir/hr) : حيث (hir) الارتفاع الطابقي للطابق المتضمن عدم انتظام ، (hr) الارتفاع الطابقي للطابق المنتظمة .
4. النسبة (Zir/H) : حيث (Zir) ارتفاع الطابق المتضمن عدم انتظام عن القاعدة، (H) ارتفاع المبنى
5. النسبة (IC/IW) : حيث (IC) مجموع عطالات الأعمدة ، (IW) مجموع عطالات جدران القص بالاتجاه المدروس .

6. النسبة (nir/n) : حيث (nir) عدد الطوابق المتضمنة عدم انتظام، (n) عدد الطوابق

10-8 العلاقات المقترحة لتقدير قيم معايير الاستجابة الزلزالية:

بالاعتماد على برنامج الاكسل تم ايجاد مجموعة علاقات مبسطة تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة منسوبة لحالة الأبنية المنتظمة ، ونورد فيما يلي هذه العلاقات :

1- تم ايجاد علاقة مبسطة لحساب النسبة بين الدور الاساسي للأبنية ذات عدم انتظام الصلابة الشاقولي (Tir) إلى الدور الأساسي للأبنية المنتظمة (Tr)، ورمزنا لها بالرمز (α_T) :

$$\alpha_T = \frac{T_{ir}}{T_r} = 0.0365 \cdot X_1 + 0.0665 \cdot X_2 - 1.12 \cdot X_3 - 5.113 \cdot 10^{-5} \cdot X_4 + 0.00135 \cdot X_5 - 0.0121 \cdot X_6 + 0.0781 \cdot X_7 + 0.957 \quad (1-10)$$

حيث متغيرات العلاقة (X1- X7) تحسب بالعلاقات التالية بدلالة العوامل المعروفة في الفقرة (9-8):

$$X_1 = \frac{\sqrt{n_{ir}}}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)} \quad (1-11) \quad X_2 = \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-12)$$

$$X_3 = \frac{n^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^9 * \left(\frac{I_C}{I_w}\right)^4}{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^4} \quad (1-13) \quad X_4 = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}} \quad (1-14)$$

$$X_5 = \frac{n^2 * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \sqrt{\left(\frac{I_C}{I_w}\right)}}{\left(\frac{H}{L}\right)} \quad (1-15) \quad X_6 = \frac{\sqrt{n} * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2}{\sqrt{\left(\frac{I_C}{I_w}\right)}} \quad (1-16)$$

$$X_7 = \frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{n * n_{ir}} \quad (1-17)$$

أي أنه عند تصميم الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي بالطريقة الستاتيكية المكافئة نوصي بإضافة المعامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للحصول على قيمة أكثر دقة وأقرب للدور الديناميكي الفعلي للمبنى : $T = \alpha_T \cdot 0.0488 \cdot H^{0.75}$

2- علاقة حساب نسبة قوة القص القاعدية للمبنى ذو عدم انتظام الصلابة (Vir) إلى قوة القص القاعدية للمبنى المنتظم (Vr) ، ورمزنا لها بالرمز (α_V) :

$$\alpha_V = \frac{V_{ir}}{V_r} = -0.0025 \cdot X_8 - 0.248 \cdot X_9 - 0.0008 \cdot X_{10} + 0.081 \cdot X_{11} - 15.25 \cdot X_{12} + 0.025 \cdot X_{13} - 5.8 \cdot 10^{-16} \cdot X_{14} + 1.03 \quad (1-18)$$

حيث متغيرات العلاقة (X8- X14) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_8 = \frac{n^2 * \sqrt{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)}}{\frac{Z_{ir}}{H} * \sqrt{\frac{h_{ir}}{h_r}}} \quad (1-19)$$

$$X_9 = \frac{1}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \sqrt{n * \frac{Z_{ir}}{H}}} \quad (1-20)$$

$$X_{10} = \frac{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{H}{L}\right)}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-21)$$

$$X_{11} = \frac{\sqrt{n}}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-22)$$

$$X_{12} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^3 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^3 * \left(\sqrt{\frac{n_{ir}}{n}}\right)}{n^3} \quad (1-23)$$

$$X_{13} = \frac{\sqrt{n} * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^3}{\frac{I_C}{I_W}} \quad (1-24)$$

$$X_{14} = \frac{1}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^9 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^4 * \sqrt{\left(\frac{H}{L}\right)}} \quad (1-25)$$

أي أنه عند تصميم الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي بالطريقة الاستاتيكية المكافئة نوصي بزيادة قوة القص القاعدية المحسوبة حسب علاقة الكود السوري بضرها بالمعامل $(1/(\alpha_V))$ للحصول على تصميم آمن يراعي وجود حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم الانتظام .

3- علاقة حساب نسبة الانتقال الأفقي للمبنى ذو عدم انتظام الصلابة (Dir) إلى قوة القص القاعدية للمبنى المنتظم (Dr) :

$$\alpha_D = \frac{D_{ir}}{D_r} = 0.552 \cdot X_{15} - 0.0138 \cdot X_{16} - 0.00058 \cdot X_{17} + 5.24 \cdot 10^{-5} \cdot X_{18} - 0.04 \cdot X_{19} - 4.94 \cdot 10^{-5} \cdot X_{20} + 0.0148 \cdot X_{21} + 1.00 \quad (1-26)$$

حيث متغيرات العلاقة (X15- X21) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_{15} = \sqrt{\frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}{n}} \quad (1-27)$$

$$X_{16} = \frac{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^2 * \left(\frac{H}{L}\right)^3} \quad (1-28)$$

$$X_{17} = \frac{n^3 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^2} \quad (1-29)$$

$$X_{18} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^9 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^5} \quad (1-30)$$

$$X_{19} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-31)$$

$$X_{20} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2} \quad (1-32)$$

$$X_{21} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-33)$$

4- علاقة حساب نسبة الانحراف الأفقي لحالة المبنى ذو عدم انتظام الصلابة (ΔDir)

إلى الانحراف الأفقي للمبنى المنتظم (ΔDr):

$$\alpha_{\Delta D} = \frac{\Delta D_{ir}}{\Delta D_r} = 0.101 \cdot X_{22} - 0.04 \cdot X_{23} + 5.93 \cdot 10^{-7} \cdot X_{24} - 92.592 \cdot 10^3 \cdot X_{25} + 2.45 \cdot X_{26} - 2.913 \cdot 10^{-9} \cdot X_{27} - 0.036 \cdot X_{28} + 1.315 \quad (1-34)$$

حيث متغيرات العلاقة (X22- X28) تحسب بالعلاقات التالية :

$$X_{22} = \sqrt{\frac{n * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)}} \quad (1-35)$$

$$X_{23} = \sqrt{n} * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)^6 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^8 \quad (1-36)$$

$$X_{24} = \frac{n^4 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^3}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2 * \left(\frac{H}{L}\right)^3} \quad (1-37)$$

$$X_{25} = \frac{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^6 * \sqrt{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}}{\sqrt{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}} \quad (1-38)$$

$$X_{26} = \frac{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right)^2 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-39)$$

$$X_{27} = \frac{\sqrt{n * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{\left(\frac{I_C}{I_W}\right)^6} \quad (1-40)$$

$$X_{28} = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)}} \quad (1-41)$$

5- علاقة حساب الانتقال الأفقي لحالة المبنى المتضمن عدم انتظام صلابة (Dir):

حيث يمكن تقدير قيمة الانتقال الأفقي الأعظمي للمبنى المتضمن عدم انتظام صلابة

شاقولي من خلال العلاقة :

$$D_{ir} = 0.00725 \cdot X_{29} - 0.659 \cdot X_{30} - 0.00127 \cdot X_{31} - 0.0217 \cdot X_{32} - 0.141 \cdot X_{33} - 0.00433 \cdot X_{34} + 0.0031 \cdot X_{35} + 0.155 \quad (1-42)$$

$$X_{29} = \left(\frac{H}{L}\right)^2 * \sqrt{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-43)$$

$$X_{30} = \frac{\sqrt{\left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}}{\sqrt{\frac{h_{ir}}{h_r} * \left(\frac{H}{L}\right)^3}} \quad (1-44)$$

$$X_{31} = \frac{n^3 * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right)^3 * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\frac{Z_{ir}}{H}} \quad (1-45)$$

$$X_{32} = \frac{\left(\frac{H}{L}\right)^2 * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)^2}{\left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right)^2 * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)} \quad (1-46)$$

$$X_{33} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right)}{\left(\frac{H}{L}\right)} \quad (1-47)$$

$$X_{34} = n * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right) * \left(\frac{n_{ir}}{n}\right) \quad (1-48)$$

$$X_{35} = \frac{n * \left(\frac{h_{ir}}{h_r}\right) * \left(\frac{I_C}{I_W}\right) * \left(\frac{Z_{ir}}{H}\right)}{\left(\frac{n_{ir}}{n}\right)} \quad (1-49)$$

8- نتائج البحث :

1- يزداد الدور الأساسي للأبنية المختلطة غير منتظمة الصلابة شاقولياً عن قيمته في الأبنية المنتظمة بنسب تصل لـ 14% ، وتنخفض قوة القص القاعدية (التي يتحملها المنشأ والموافقة لتشكل أول مفصل لدن في أي من أعمدة المبنى) بنسب تصل لـ 42% ، وينخفض الانتقال الأفقي الأعظمي بنسب تصل لـ 44% ، كما يختلف الانحراف الطابقي بنسب تصل لـ 30% .

2- نلاحظ أن النماذج الحاوية على طابق لين تشكل فيها أول مفصل لدن في الأعمدة عند قيم لقوى القص أقل من النماذج المنتظمة ، أي وجود طابق لين حدّ من قدرة تحمل المنشأ لمقاومة القوة الجانبية، كما أن زيادة عدد الطوابق يزيد من تأثير الطابق اللين.

3- تم اقتراح مجموعة علاقات مبسطة تربط بين خصائص المنشأ وبين معايير الاستجابة الزلزالية للأبنية غير المنتظمة منسوبة لحالة الأبنية المنتظمة .

4- في الأبنية المتضمنة عدم انتظام صلابة شاقولي نوصي بإضافة المعامل (α_T) لعلاقة الدور الأساسي للحصول على قيمة أكثر دقة وأقرب للدور الديناميكي الحقيقي للمنشأ : $T = \alpha_T \cdot 0.0488 \cdot H^{0.75}$ ، كما نوصي بزيادة قوة القص القاعدية المحسوبة حسب علاقة الكود السوري بضرئها بالمعامل $(1/(\alpha_v))$ للحصول على تصميم آمن يراعي وجود حالة عدم انتظام الصلابة الشاقولي من حيث مقدار وموقع عدم انتظام الصلابة الشاقولي.

المراجع المستخدمة :

المراجع العربية :

1. الكود العربي السوري

2. الملحق رقم (2) للكود العربي السوري – تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل

المراجع الأجنبية :

3. FEMA- 273 , (1997) , NEHRP Guidelines For the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency management Agency , Washington , D.C.

4. VARADHARAJAN, S. 2014- Study of Irregular RC Buildings under Seismic effect. Institute of technology Kurukshetra-136119, INDIA

5. Chopra, A.K.1995, Dynamics of structures- Theory and Applications to Earthquake. University of California at Berkeley.794

6. WILSON,E.L. 2002. Three-Dimensional Static and Dynamic Analysis of Structures . University Avenue Berkeley, California.423

7. CSI Analysis Reference Manual For ETABS2016, Computers and Structures, Inc. University Avenue, Berkeley, California.556

8. Chopra, A.K. and Goel, R.K. 2000 — Building period formulas for estimating seismic displacements||, Technical Note, Earthquake spectra , 16 (2), 533-536

9. Lee L, Chang K, Chun Y. (2000). Experimental formula for the fundamental period of RC buildings with shear wall dominated systems. Structural Design of Tall and special Buildings, Vol.9, No.4, pp. 295-307.

10. Wallace, J.W., and Moehle, J. P. (1992), - Ductility and detailing requirements of bearing wall buildings, Journal of Structural engineering, ASCE, Vol. 118, No.6, pp.1625–1644.

11. ACI (2002), —Building code requirements for structural concrete||, ACI 318, American concrete institute, U.S.A.

12. ASCE (2005), —Minimum Design Loads for Building and Other Structures (ASCE/SEI 7- 05)||, American Society of Civil Engineers, New York, U.S.A.

13. ATC- 40 (1996), Seismic evaluation and Retrofit of Concrete Building, Applied technology council, redwood city, California ,USA .

أثر تطور التكنولوجيا في تصميم وإنشاء الملاعب الرياضية

الاسم: م.جوليت الفرحات -جامعة البعث -كلية الهندسة المعمارية
إشراف: د.م.نضال سطوف -جامعة البعث -كلية الهندسة المعمارية

ملخص البحث

تأثر تصميم وتشبيد الملاعب الرياضية، كباقي المباني والمنشآت، بالتطور التكنولوجي والتقدم العلمي الحاصل في كافة المجالات، ونوقشت العديد من متطلبات وتقنيات النهج المحوسب لتصميم وإنشاء الملاعب، في عصر باتت فيه تكنولوجيا التصميم والنظم الإنشائية مصدر الإبداع في النتاج المعماري بشكل عام. ونظراً للعلاقة الوثيقة بين تطور التكنولوجيا وتقدمها في تصميم وإنشاء الملاعب الرياضية، فقد تم في هذا البحث دراسة دور تلك العلاقة وأثرها في تصميم وإنتاج ملاعب رياضية جديدة، يتوافق فيها التصميم مع التطور التكنولوجي، عبر دراسة تقنيات تصميم ونظم إنشاء الملاعب من مواد بناء وطرق تشبيد فضلاً عن الثورة الرقمية وما وفرته من إمكانيات واسعة في التصميم المعماري والإنشائي في سبيل خلق تكوينات جديدة لملاعب رياضية متميزة وتتلاءم مع البيئة المحيطة. كما تم تحليل ومناقشة واستنتاج مدى تأثير ذلك التطور في تصميم وإنتاج ملاعب معاصرة تواكب التقدم والتطور التكنولوجي.

الكلمات المفتاحية: التطور التكنولوجي - تصميم الملاعب.

The impact of technology development on the design and construction of sport stadiums

Research Summary

The design of sports stadiums, like other buildings and facilities, was affected by technological development and scientific progress in all fields. Many of the requirements and techniques of a computerized approach to the design and construction of stadiums were discussed, as design technology and construction systems were considered the source of creativity in architectural production in general.

In view of the close relationship between the development of technology and its progress in the design and construction of sports stadiums, in this research the role of that relationship and its impact on the design and production of new sports stadiums, in which the design is compatible with technological development, has been studied, through the study of design techniques and systems for the construction of stadiums from building materials and construction methods as well as On the digital revolution and the wide possibilities it provided in architectural and construction design in order to create new configurations for distinguished sports stadiums. The impact of that development on the design and production of contemporary stadiums that keep pace with technological progress and development was also analyzed, discussed and concluded.

The key word: Technological development –stadiums design.

أثر تطور التكنولوجيا في تصميم وإنشاء الملاعب الرياضية

مقدمة:

يعتبر التصميم المعماري للملاعب الرياضية من أكثر الجوانب تأثراً بالتطور التكنولوجي، الذي انعكس على عملية تصميم الشكل والهيكل الخارجي للملعب، نظراً لعلاقته بالتقنيات المتطورة وبرامج الحاسوب التي تفتح باباً واسعاً أمام تصميم واجهات وكثل الملاعب المعاصرة بمواد بناء جديدة، وقد أصبح لهذا التطور صوراً عديدة تبرز في تصميم أشكال متعددة ومتنوعة من المباني الرياضية وتحديداً ملاعب كرة القدم، التي أصبحت معلماً ورمزاً حضارياً لكثير من المدن والبلدان، واتخذت الملاعب ذات التعبيرات المعمارية الجديدة مظاهر مكانية تخلق صورة جديدة للمدن المضيفة. وقد ساعد التحول الجذري في عملية التصميم على دمج العديد من التطبيقات التكنولوجية التي أثرت على العمارة بشكل مباشر أو غير مباشر، كتكنولوجيا الواقع الافتراضي وغيرها.

أهمية البحث:

تأتي أهمية البحث في كونه يجمع كل ما يتعلق بالتطور التكنولوجي الذي يؤثر على تصميم الملاعب الرياضية وتحديداً الاستادات- في ظل غياب الدراسات المحلية التي تتحدث عن تلك العلاقة وأهميتها- وبيان أهمية وأثر التطور التكنولوجي على عملية التصميم من خلال اعتماد التقنيات الرقمية للحصول على هياكل وتكوينات لاستادات تتلاءم مع مواد البناء ونظم الإنشاء الحديثة.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير تطور تكنولوجيا العمارة في تصميم الملاعب الرياضية، من خلال تسليط الضوء على أهم العوامل المؤثرة في عملية التصميم، بغية الوصول إلى ملاعب رياضية تواكب التطور التكنولوجي في تصميمها من حيث الشكل الخارجي والتكوين والواجهات ومواد ونظم الإنشاء.

منهجية البحث:

تعتمد منهجية البحث على شقين، الأول نظري يتضمن تجميعاً كافياً لأهم عوامل التطور التكنولوجي التي أسهمت في تطور التكوين والشكل المعماري للملاعب الرياضية وكذلك

أساليب إنشائها، أما الشق الثاني فيتضمن دراسة تحليلية تبين مدى تأثير تكنولوجيا البناء الحديثة في تصميم الملاعب الرياضية من حيث شكلها وتقنيات ومواد بنائها.

1- القسم النظري: تطور تكنولوجيا تصميم وإنشاء ملاعب كرة القدم.

1-1- علاقة التكنولوجيا بالعمارة:

تعرف التكنولوجيا بأنها مجموعة المعارف والخبرات المتراكمة والمتاحة، والأدوات والوسائل المادية والتنظيمية والإدارية والمعنوية لأداء عمل أو وظيفة في مجال الحياة اليومية، لتلبية الحاجات المادية والمعنوية؛ على مستوى الفرد والجماعة. [11]

وعلى صعيد العمارة، يمثل تكوين المبنى وشكله الخارجي نوع التقنية المعتمدة ويعبر عن طريقة ونظام الإنشاء، ويعتمد على الإمكانيات التكنولوجية المتاحة التي تحول الأفكار إلى مادة ملموسة وتنقل الفكرة التصميمية إلى الآخرين، بالإضافة إلى كون أساليب التكنولوجيا تلبي المتطلبات الوظيفية والنفعية التي تجري ضمن فراغات المبنى وفقاً لاحتياجات مستخدميه. وقد أثرت تقنيات الحاسوب على الأعمال المعمارية عامةً مع بداية القرن الحادي والعشرين، فزادت من إبداع المعماري، بدءاً من الفكرة الأولية للعملية التصميمية، وحتى الانتهاء من كافة مراحل التصميم وصولاً إلى الشكل النهائي للمنشأة، من خلال برامج التصميم المتنوعة¹ والبرامج التكاملية أو التفاعلية.² [12]

1-2- لمحة تاريخية عن تطور التكنولوجيا في أجيال الاستاد.

تبدو أجيال الملاعب تماماً مثل أجيال أجهزة الحاسوب التي ترتبط كلها بالتكنولوجيا والعلم، فقد تغيرت تصاميمها وأشكالها ومواد بنائها وتطورت نظم وتقنيات إنشائها من جيل إلى آخر، وتم تصنيف أجيال إستاد كرة القدم تاريخياً بعلامات بارزة، حيث يوجد نموذج لتصميم معماري معروف لكل جيل منها كما في الشكل (1)، بدأت بالجيل الأول الذي يمثلته المدرج الروماني في روما "الكولوسيوم" في القرن الأول الميلادي، أما الجيل الثاني من الملاعب ف جاء استجابة لتحقيق راحة المتفرجين وتحسين مرافق الدعم، مثل

¹ أي التصميم بمساعدة الحاسوب، وتعبر عن النماذج الثنائية والثلاثية الأبعاد وأهمها (برامج تحليل الرسومات- برامج النمذجة ومحاكاة الواقع مرئياً Modeling & Visualization - برامج الدراسات الإنشائية والبيئية... الخ.
² التي تعتمد على نماذج معلومات المبنى (BIM) التي تحاكي المشروع الحقيقي وتحتوي على نموذج ثلاثي الأبعاد يمثل المشروع الحقيقي بمكوناته، مع ربط هذه المكونات بالعناصر الإنشائية والموقع والتكيف.

إستاد ويمبلي القديم وتم إنشاؤه عام 1923. حدث التحول الرئيسي في تطور الملاعب مع بث الأحداث الرياضية في أواخر الخمسينيات وما سببه من انخفاض حاد في عدد المتفرجين على الأحداث الرياضية الحية، فظهرت ملاعب الجيل الثالث لتواكب تطور تكنولوجيا البناء ويمثلها استاد ميونخ الأولمبي الذي أحدث ثورة في تكنولوجيا تصميم الملاعب، ومع تقدم التطور التكنولوجي ظهر الجيل الرابع ويعد إستاد سيدني الأولمبي الذي بني عام 1991 واحتضن أولمبياد عام 2000م أول وأهم استادات الجيل الرابع، مروراً بمونديال ألمانيا وإنشاء إستاد اليانز آرينا المزود بكل التقنيات الحديثة، وبعض ملاعب مونديال البرازيل عام 2014م، ومن المتوقع أن تكون ملاعب قطر لبطولة كأس العالم 2022 بداية الجيل الخامس لملاعب كرة القدم لاعتمادها على أحدث ما توصلت إليه التكنولوجيا في تصميمها وتجهيزها وتوجيهها نحو التكنولوجيا والاستدامة. [1]



إستاد ويمبلي القديم 1923 (الجيل الثاني) [24]



مدرج الكولوسيوم في روما (الجيل الأول) [24]



إستاد سيدني الأولمبي 2000 (الجيل الرابع) [19]

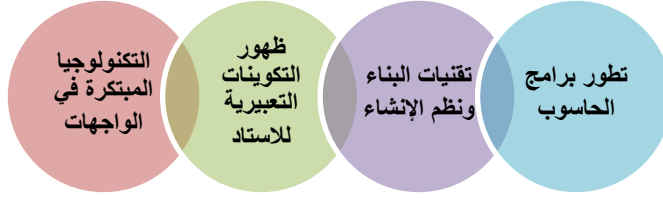


إستاد ميونخ الأولمبي 1972 (الجيل الثالث) [19]

الشكل (1) تطور أجيال الملاعب الرياضية مع تطور التكنولوجيا

1-3- العوامل المؤثرة في تكنولوجيا تصميم الملاعب الرياضية.

لا بد من استعراض العوامل التي تؤثر في تطور تقنيات تصميم وإنشاء الملاعب الرياضية والتي تشمل:



1-3-1- تطور برامج الحاسوب.

تسارعت خطوات التطور التكنولوجي على مستوى العمل المعماري والتي فتحت آفاق واسعة لإنتاج أفكار معمارية؛ لم يكن بالإمكان الوصول إليها لولا هذه التقنيات. فتمنحة معلومات المباني (بي آي إم) BIM هي تطبيق بارز يعطي توضيحاً ونظرة عامة قبل البدء بعملية التنفيذ على الخصائص المادية والوظيفية للمنشآت، وتساعد أدوات BIM المصمم في اتخاذ قرار مستنير جاهز في المستقبل بشأن مبنى أو مادة مبنية. [13]

لقد تأثر تصميم الملاعب الرياضية كباقي المباني والمنشآت بالتطور التكنولوجي والتقدم العلمي الحاصل في كافة المجالات، وركزت على المحاكاة الهندسية (Simulation)¹ والتقنية التي تتألف من النموذج الافتراضي (Modeling)². وعند تطبيق واعتماد BIM على الملاعب وغيرها من الأماكن الرياضية يمكن أن يعود بفوائد كبيرة. [10]

لقد ساعدت برمجيات تكنولوجيا المعلومات على تسهيل عملية تصميم الشكل والتكوين العام للملعب، ومكنت المعماري من تصميم ملاعب بعيدة عن الأشكال التقليدية، والبدء بتجسيد أشكال جديدة لم تكن مألوفة مسبقاً في تكوين الملعب، فظهرت تصميمات وتكوينات مختلفة من خلال البرمجيات الحاسوبية كملعب هانغتشو في الصين الشكل(2). [2]. فمثلاً مشروع Stadium Aviva في مدينة دبلن الشكل رقم (3)، الذي اكتمل إنشاؤه في عام 2010م استخدم الفريق التصميمي البرمجيات الحاسوبية في إنتاج مجموعة من التكوينات لتغليف الملعب بقشرة عضوية ذات انسيابية بين الواجهة والسقف. استخدم المعمارون برمجية Rhino، التي تمثل أداة نمذجة ثلاثية الأبعاد تولد بسرعة نماذج لسطوح حجمية لهذه الفكرة وتحدد التشكيل الأفضل الموافق له اعتماداً على

¹ المحاكاة هي وضع شبيه بالواقع الفعلي المراد دراسته دون المساس به وإجراء التجارب عليه في ظروف مختلفة والاستفادة من جميع الموارد البشرية والمادية.

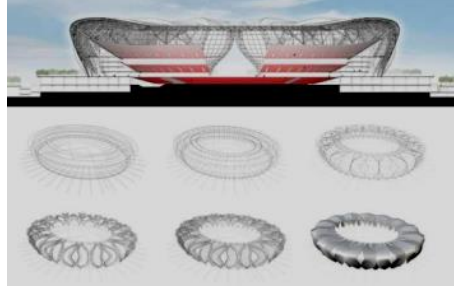
² النمذجة هي تصميم نموذج يعبر عن مشكلة يراد حلها من خلال عدة فرضيات مطروحة وتتم تغذية النموذج بالمدخلات وفي كل مرة يتبع التغييرات الناتجة أو المخرجات.

أربع معايير محددة هي: السعة المطلوبة؛ توفير خطوط النظر الأمثل للمشاهدين؛ وزيادة تعرض أرض الملعب لأشعة الشمس؛ وتقليل الظلال على المنازل المجاورة. [5]



الشكل 3 Stadium Aviva في مدينة دبلن باعتماد

تقنيات الحاسوب. المرجع [5]



الشكل 2 تكوينات ملعب هانجياهان في الصين باعتماد

تقنيات الحاسوب. المرجع [14]

1-3-2- تقنيات البناء ونظم الإنشاء.

مع تطور تكنولوجيا البناء بات من الضروري أن يلم المصمم بالحلول الإنشائية الممكنة لتصميمه، فاستخدام برامج الحاسوب تتيح فرصة إيجاد الحلول الإنشائية المناسبة لأكثر الأشكال تعقيداً مثل السطوح المنحنية وغير المنتظمة وحتى المنكسرة منها. [3] وقد أعطت المواد الحديثة إمكانية تطوير نظم الإنشاء والتغطية والتغيير في شكل مواد الأكساء من أجل اختيار النظام الإنشائي المناسب لتكوين الملاعب الرياضية. وبشكل

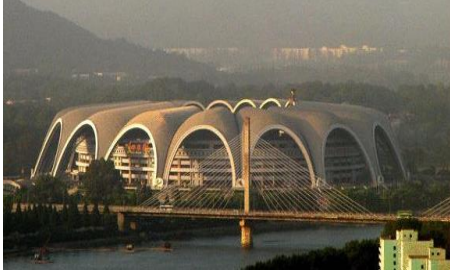
عام يمكن تقسيم الهياكل الإنشائية المعتمدة في إنشاء المباني الرياضية إلى: [3]

أ- **هياكل إنشائية تقليدية (النظام الهيكلي):** تعتمد صفاً من الأعمدة موازياً للمدرج يدعم سلسلة من الجوائز أو الجملونات والتي بدورها تحمل السقف. الشكل (4)

ب- **هياكل فراغية:** كالبلاطات المثبتة والقشرية ذات الأشكال الأسطوانية المخروطية والقباب، وتمتلك إمكانات جمالية كبيرة تتميز برشاقة تصاميمها وتغطيتها لمجازات كبيرة، وبالتالي تحقق سعة كبيرة للملعب إلا أن استخدامها قليل. الشكل (5)

ت- **هياكل إنشائية شادة (معلقة):** تعتبر تقنية الإنشاء المعلقة من أكثر التقنيات استخداماً في إنشاء ملاعب كرة القدم كونها تغطي مجازات كبيرة قادرة على تأمين سعة تتراوح (40-120) ألف متفرج، وتكلفة إنشائها معتدلة نسبياً مقارنة مع غيرها من التقنيات، كما يمكن تغطيتها بأي نوع من أنواع مواد التغطية، فتتكيف مع العديد من تصاميم الملاعب ولا تفرض أي شكل للمسقط. وللهاكل الإنشائية الشادة عدة أشكال

منها: الهياكل الكابلية أو على شكل بروفيل معدني (جائز)، مشدودة ومثبتة بإحكام من جهة واحدة وحررة من الجهة الأخرى المقابلة لمنطقة اللعب، تتناسب هذه الهياكل الأسقف المستمرة ذات الشكل نصف كروي والأسقف ذات الأجنحة المنفصلة، ويمكن أن تأخذ هياكلها أشكالاً خيمية. الشكلين (6 و7)



الشكل (4) قشريات خرسانية (هياكل فراغية) في استاد بيونغ يانغ عاصمة كوريا الشمالية



الشكل(4) نظام الإنشاء الهيكلي (الجائز والعمود)



الشكل (6) هياكل كابلية معلقة على شكل جائز (شادة)



الشكل (5) هياكل كابلية خيمية (شادة)

ث- المنشآت المنفوخة: تعتبر المنشآت المنفوخة مرادفة للعديد من التقنيات الإنشائية السابقة وتتلاءم معها، كما يمكن مزجها بسهولة مع عدة تقنيات دون إضافات هائلة في التكلفة، إلا أنها تتطلب صيانة دائمة وآليات خاصة للحفاظ على الضغط الداخلي للهواء للمحافظة على شكلها، تغلف هياكلها بأغشية بلاستيكية مشغولة من البوليستر PVC ومعززة أحياناً بكابل في حالة السقوف الأكبر، وتستخدم هذه التقنية في الملاعب ذات السعات الكبيرة والصغيرة على حد سواء. الشكل (8)

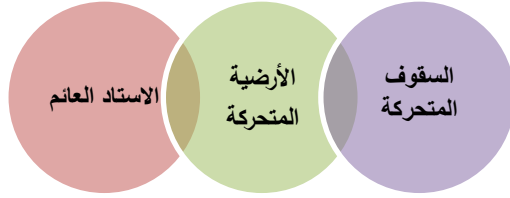
ج- الإطارات الفراغية: وهي عبارة عن شبكة من العناصر الإنشائية المتوازنة ذات الشكل ثلاثي الأبعاد والمستقرة، مثل الإطارات التي من الممكن أن تبنى من أي نوع من المواد

ولكن في غالبيتها تكون من الفولاذ، يتراوح مجازه من 50-70م، ويمكن تغطيته بقشريات خرسانية أو ألواح معدنية أو أغشية بلاستيكية. الشكل (9)



الشكل (7) هياكل غشائية منفوخة في ملعب المكعب الماني الشكل (8) اطارات فراغية معدنية مغطاة بألواح معدنية.

ح- الأنظمة القابلة للتحويل (العمارة الحركية)¹: يمكن استخدام قدرة أجزاء من الملعب على الحركة من أجل تعزيز صفاته الجمالية؛ والاستجابة للظروف البيئية؛ وتنفيذ الوظائف التي قد تكون مستحيلة بالنسبة للهيكل الثابت. نذكر منها:



❖ (السقوف المتحركة).

إن تغطية مدرجات الجمهور أصبح أمراً شائعاً في أغلب التصاميم الحديثة للاستادات، أما تغطية كامل الملعب فيتطلب استخدام العناصر الإنشائية المعلقة المؤلفة في غالبيتها من جزئين: الجزء الأول ثابت يغطي كامل المدرجات، والجزء الثاني متحرك يتوضع فوق ساحة اللعب، وتستخدم في تغطيته مواد شفافة وخفيفة الوزن²، ومن الممكن استخدام السقوف القابلة للفتح والإغلاق مع معظم التقنيات الإنشائية إلا أنها تحتاج لدراسات إنشائية وميكانيكية دقيقة مسبقاً، الأمر الذي سمح باستعمالات متعددة للملاعب³، فالجزء

¹ الهندسة المعمارية الحركية هي مفهوم يتم من خلاله تصميم المباني للسماح لأجزاء من الهيكل بالتحرك، دون التقليل من السلامة الهيكلية الكلية.

² المواد المستعملة لتغطية السقف يجب أن تكون خفيفة الوزن مقبولة جمالياً ومتينة بما فيه الكفاية لمقاومة تأثيرات الطقس الخارجية بما في ذلك الضوء فوق البنفسجي، كما يجب أن تكون قوية ومشدودة وقاسية.

³ يمكن أن تأخذ هندسة السقف وميكانيكية تحريكه عدة أشكال جديدة بالاعتماد على الفولاذ الذي يعد ثورة في عالم العمارة والإنشاء وخاصة بعد تحسينه وزيادة مرونته وديمومته

الثابت من سقف ملعب أويتا في اليابان ملفوف بالتيتانيوم الصلب، بينما العناصر المتحركة المصنوعة من التيفلون خفيف الوزن ومقاوم للتآكل فيتم سحبها عبر نظام جر سلكي غشائي، وتزلق على جانز قوسي رئيسي. كما ظهرت تقنية السقوف القابلة للطي والسقوف التي تتحرك بشكل كامل. الشكل (10). [13]



ملعب مونتريال الأولمبي في كندا



ملعب أويتا في اليابان 2001 قابل لانزلاق



سقف متحرك بالكامل



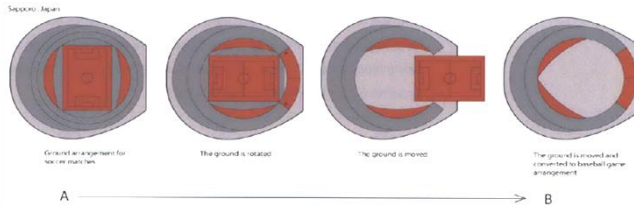
جزء من السقف قابل للطي.

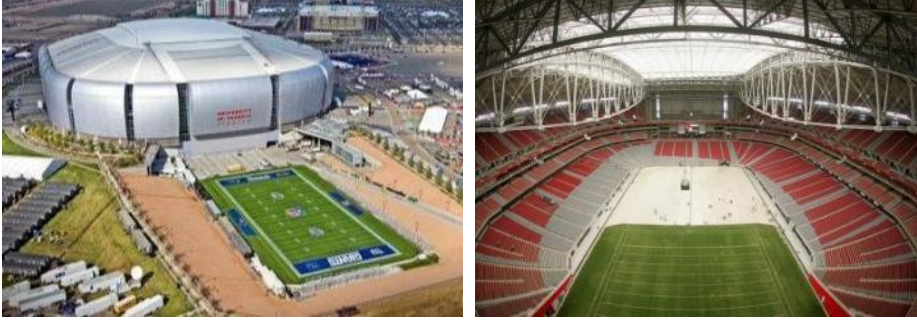
الشكل (9) نماذج متعددة لتقنيات انشاء السقف. المرجع [21]

❖ الأرضية المتحركة (قابلة للدوران والسحب).

أصبح الاستاد ذا الحقل الدوار أو القابل للسحب أكثر شيوعاً مع تقدم التطور التكنولوجي، الشكل (11) وبات بإمكان الاستاد استضافة حفلات موسيقية ومعارض ونشاطات مختلفة واستعمالات متعددة على مدار أيام السنة، وبالتالي لم تعد تقتصر الملاعب على استضافة الأحداث الرياضية فقط. الشكل (12).

الشكل (11) مراحل استدارة ملعب كرة القدم وانسحابه للخارج وتحويله الى ملعب بيسبول في ملعب قبة سابورو اليابان





الشكل (12) استاد جامعة فينكس بسقف قابل للسحب وحقل قابل للسحب. المرجع [15]

❖ الاستاد العائم (الشاطئي).

يعد من التوجهات الجديدة لمفاهيم العمارة التي رافقت تطور تكنولوجيا البناء، فلقد طور المهندسون المعماريون الألمان مفهوماً استثنائياً وطموحاً لتصميم استاد عائم (Floating Off Shore) على شاطئ قطر لكأس العالم 2022، يمكن نقله إلى أماكن ساحلية أخرى عبر المحيطات كما في الشكل (13). ونظراً لإمكانية حركة مثل هذا النموذج من المنشآت، التي يمكن استخدامها بشكل أكثر فاعلية لأنها يمكن أن تخدم أكثر من مكان واحد، وخاصةً لبطولات الفيفا. يفتح هذا النموذج الفريد آفاقاً واسعةً لتحقيق أحد مفاهيم الاستاد الأكثر ابتكاراً واستدامة في جميع أنحاء العالم، دون التضحية بالاستخدام الفعال لموارد الطاقة. إن تنقل الاستاد واستخدامه المتعدد الوظائف لعدة عقود، وكفاءته البيئية الشاملة، يجلبان مزايا كبيرة لمفاهيم الاستاد على الشاطئي، يتوافق الهيكل العام للإطارات الرأسية والألواح الأفقية الداعمة له مع مبدأ بناء السفن الشكل (14). [19].



الشكل (13) استاد عائم (Floating Off Shore) الشكل (14) استاد عائم على شاطئ امستردام يتحول لأكبر مسبح في الهواء الطلق المرجع [20]

على شاطئ قطر لكأس العالم 2022 [19]

1-3-3- تطور التكوينات التعبيرية للاستاد.

أثر التطور التكنولوجي بشكل كبير على التكوينات التعبيرية للاستادات فلم تعد مجرد تكوينات تقليدية متوارثة بل أخذت تحاكي بعض مكونات الطبيعة وأصبحت تعبر عن كامل عناصر الطبيعة والكائنات الحية بخطوط منحنية انسيابية تتماشى مع شكل الكائن الحي ومع خطوط الطبيعة المحيطة. ومع التطور الكبير للفكرة التعبيرية في أبنية الملاعب الرياضية وسهولة تنفيذها بالاعتماد على برامج الحاسوب وتقنيات الإنشاء الحديثة، ظهرت لها عدة أنماط نذكر منها: [2]

أ- **التعبير العضوي:** هو التعبير عن الطبيعية بطريقة حميمية عضوية، ترتبط بشكل مباشر بالمكون الطبيعي، إما من خلال المادة أو استخدام العنصر أو الارتباط الكامل بالمكون الطبيعي بتركيبته العضوية ولكن بصورة بنائية. كما في الملعب اللوس في الصين المستوحى من هضبة اللوس الصينية ذات الارتفاعات المختلفة وذلك في الشكل (15). [19]

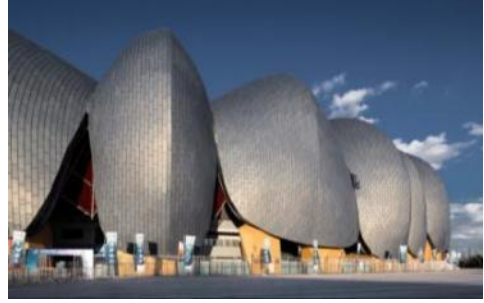
ب- **التعبير التجريدي:** هو تجرد الأشكال من منطقتها وطبيعتها واستخدام خطوطها وتشكيلها في محاكاة الفكرة؛ والخروج من إطار الطبيعة الحاكم إلى الفكرة المجردة بأشكالها المختلفة. فهو يأخذ العمارة للكتل التي لا يوجد فيها مرجعية للأشكال الطبيعية، يتم أخذ الشكل وتصفيته من كل مغلفاته ومن جلده ليتحول إلى هيكل وتحويله إلى خطوط وأشكال هندسية صرفة وأشكال مجردة، غالباً هو وسيلة للتأكيد على قوة الشكل، وظهر مع تطور التقنية. والشكل (16) يبين ملعب كاوشيونغ في تايوان وعبر في الشكل المعماري عن التنين بشكل تجريدي من خلال انسيابية شكل التنين وحركته التي تبدأ من الرأس إلى الذيل باستخدام ألواح الطاقة الشمسية. [19]

ت- **التعبير المادي:** هو الخروج من الطبيعة إلى مكوناتها بصورة مجردة من نبض الحياة، تحاكي فيها العقل، سواء بمكونها المادي أو مكوناتها التشكيلية، ومن هنا انطلقت عمارة المادة التي استنفذت المكونات الطبيعية. فهو وسيلة للتأكيد على قوة المادة فقط. الشكل (17) استاد الثمامة (قطر) 2020 يظهر فيه قوة المادة المشكلة للواجهات والتي تحوي على نقاط ضوئية ذات تعابير وإيحاءات مختلفة. [19]

ث- **التعبير العاطفي:** وهو التعبير عن الطبيعة أو عناصر صناعية كما يراها الإنسان في الواقع وبمعنى أوضح هو تقليد الشكل كما هو في الواقع الشكل رقم (18) استاد البيت وبأخذ السقف تجمع لعدة خيم في البادية التي ترتبط بثقافة المنطقة. [2]



الشكل رقم (16) ملعب كاوشيونغ في تايوان مستوحى من التنين (تعبير تجريدي) مرجع [19]



الشكل (15) التصميم مستوحى من طبيعية هضبة اللوس في الصين (تعبير عضوي) 2019. مرجع [19]



الشكل (18) استاد البيت تعبیر عاطفي لخيمة البادية في منطقة الخليج ويرتبط بثقافة المنطقة. مرجع [2]



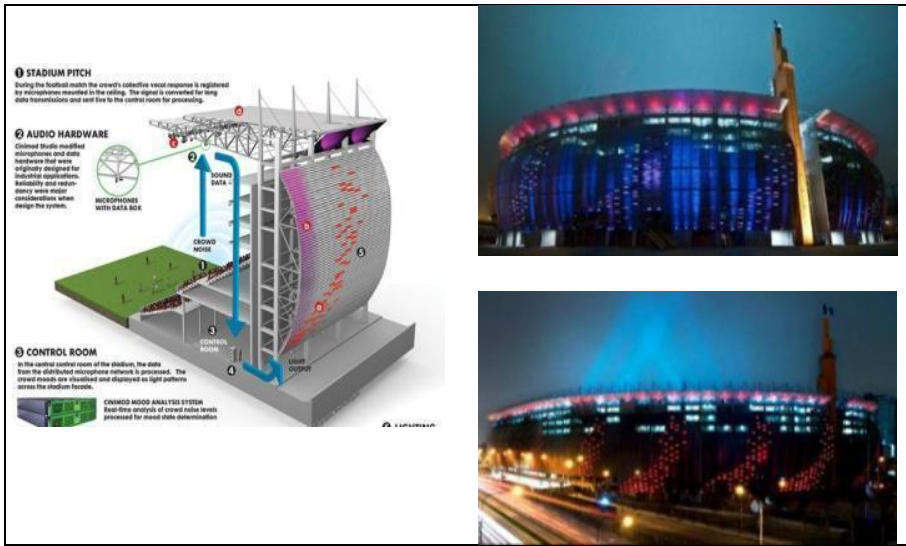
الشكل (17) ستاد الثمامة (قطر) يظهر فيه قوة المادة المشكّلة للواجهات (تعبير مادي). مرجع [19]

1-3-4- التكنولوجيا المبتكرة في الواجهات.

الواجهة هي العنصر المعماري الرابط بين الفراغات الداخلية والخارجية للمبنى، وذات دور فعال في حماية الفراغات الداخلية من العوامل الخارجية من جهة، ودور هام في جذب أنظار الجمهور الوافد إلى الملاعب وتلبية متطلباته من جهة أخرى. وبالتالي فهي أحد المساهمين الرئيسيين في خلق بيئة داخلية وخارجية مريحة جسدياً ونفسياً، لذا من الطبيعي أن تتضمن الواجهات تكنولوجيا قادرة على جعل المبنى قابل للتكيف مع الظروف البيئية المحيطة كتقنية الإضاءة التفاعلية ومواد الإكساء. [6]

1-3-4-1- الإضاءة التفاعلية للواجهة.

باستخدام مزيج من التقنيات المبتكرة وإبداعات الإضاءة، باتت واجهات الملاعب تمتلئ بالحيوية والإثارة وتحفز الجماهير، ففي واجهة ملعب بيرو الوطني لكرة القدم تمتزج أضواء الواجهة لتصبح مرآة لمزاج الجماهير، وتعد الآن على الأرجح أكبر شاشة إضاءة تفاعلية يتم التحكم بها في العالم.¹ الملعب قادر على توصيل المد والجزر من صخب الإثارة وخيبة الأمل إلى المدينة المحيطة بالاعتماد على نظام تحكم مبتكر تفاعلي لإضاءة واجهة الاستاد بالاستفادة من المزاج الجماعي للجماهير الشكل رقم (19). [16]



الشكل (19) الواجهات التفاعلية في الملعب الوطني في ليما البيرو 2011 نموذج للإضاءة الذكية المرجع [16]

1-3-4-2- مواد إكساء الواجهات:

ساهم تطور تكنولوجيا المواد في دعم الخصائص الفنية لمواد البناء، وقدم حل فريد في إدارة الفراغات من خلال التحكم الفوري في خصائص الزجاج (الشفافية والنفاذية الضوئية)، [7] كما يوفر الزجاج إمكانية إسقاط لمقاطع الفيديو والصور عليه، مما يحول الواجهة إلى شاشة عرض كبيرة، الشكل (20). وفي الاستادات الحديثة يتأثر اختيار مواد تغطية وإكساء غلافه الخارجي بعدة نواحٍ أهمها: النواحي الجمالية والاقتصادية؛

¹ قامت شركة Cinimod Studio بتوفير يتم بواسطته استخدام الإضاءة لإقامة اتصال بصري بين المشجعين، يعمل النظام على تحليل الحالة المزاجية المتغيرة للتحكم في إضاءة واجهة الاستاد بالكامل لتقديم شاشة إنارة متطورة ومستجيبة على الواجهة. المصدر:

الديمومة؛ سهولة الصيانة؛ التأثير بالعوامل الجوية؛ الخواص الفيزيائية وغيرها. ومن الخواص نذكر: [7]

أ- ألوان الواجهات: يعد اللون الخارجي للواجهات أحد أهم العناصر المؤثرة في تصميم الملاعب، كما أن فهم خصائص ومؤثرات اللون يعد من الأهمية في أي تصميم، خاصة أن دراسة الأثر النفسي لهذه الألوان في الانسان يرتبط بالجانب الوظيفي للتصميم، ونوع شاغليه، ونوع النشاط الذي سيمارس ضمنه. وفي العصر



الشكل (20) شاشة عرض رقمية على كامل واجهة ملعب الريان في قطر. المرجع [24]

الحالي تلعب تكنولوجيا المؤثرات اللونية لغلاف الملاعب دوراً بارزاً في جذب جمهور المتفرجين، ليس فقط من مناطق الجوار، بل من كافة أنحاء العالم، وقد ساعدت خصائص مواد الإكساء الحديثة وإمكاناتها في تغيير لون الواجهة أو تحويلها إلى شاشة عرض ضخمة. [17] الشكل (21)



إضاءة متعددة للغلاف ملعب أليانز أرينا في ميونخ

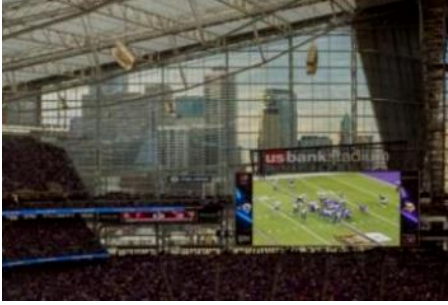


إضاءة متغيرة لملاعب مدينة ماناوس البرازيلية

الشكل (21) أشكال متعددة لإضاءة الملاعب. المرجع [17]

ب- شفافية الواجهات: أصبح للزجاج دور كبير في التشكيل المعماري في عصر التكنولوجيا الرقمية كمادة شفافة أو عاكسة تتواصل مع ما حولها من طبيعة ومباني، [7] واستمر تطور الشفافية في العمارة دون هوادة، فمعماريو اليوم مسلحون بالمواد والأدوات والتكنولوجيا الحديثة التي وفرت لهم إمكانات بناء جديدة ومثيرة من ملاعب ذات هياكل

تتمتع بالشفافية العالية¹، والقدرة على الحفاظ على الاتصال البصري مع المنظر الخارجي، أضفى ذلك التواصل البصري بعداً تشكلياً وجمالياً جديداً لمجمل المشهد التصميمي العام للملعب من الداخل والخارج. كما في الشكل رقم (22)



الشكل 22 شفافية جدران الملعب والسقف تسمح بإطلالة الجمهور على المدينة والوسط الخارجي. المرجع [18]
ت - مواد بناء قابلة للتفكيك.

بفضل تطور تكنولوجيا إنشاء الاستاد يتم حالياً تصميم المدرجات العلوية على شكل وحدات قابلة للتفكيك، بحيث يتم تخفيض طاقته الاستيعابية بعد نهاية البطولة العالمية، واستخدام تلك المدرجات في إقامة منشآت أخرى، ويعد ملعب رأس أبو عبود في قطر

أول ملعب في تاريخ البطولة بتصميمه المبتكر والجريء، يمكن تفكيكه بالكامل نظراً لإنشائه باستخدام حاويات الشحن البحري القابلة للتفكيك²، فبعد انتهاء البطولة سيفكك الملعب بالكامل للاستفادة منه في إقامة منشآت رياضية جديدة وأخرى غير رياضية في دولة قطر وخارجها.³ الشكل (23)



الشكل (23) استاد راس أبو عبود قطر 2022.
المصدر: <https://www.qatar2022.qa/ar>

¹ المواد النافذة للضوء تتألف من البلاستيك المتصلب (الأكريليك- صفائح البولي كربونيت- pvc) أو غير المتصلب (قماش الألياف الزجاجية PTFE, ETFE).

² سيؤدي توظيف المكونات القابلة للتفكيك في إنشاء الملعب إلى استخدام مواد بناء ومياه أقل، وهو ما سيخفض تكلفة إنشاء الملعب وتنفيذه خلال وقت قياسي قصير يصل إلى ثلاث سنوات فقط.

³ المصدر: <https://www.qatar2022.qa/ar>

1-4-4- تقنيات تجديد وتحديث ملاعب كرة القدم.

لجأت الكثير من الأندية والشركات المعمارية إلى تجديد الملاعب القديمة التي أصبحت عاجزة عن تأمين كامل متطلبات الجمهور واللاعبين، وأصبح من الضروري تجديدها وتجهيزها بما يواكب تطور تكنولوجيا البناء الحديثة للملاعب.

1-4-4-1- تعديل تكوين الاستاد وشكله الخارجي:

وهو تعديل الشكل الخارجي بحيث يواكب مسيرة التطور التكنولوجي ويلبي تطلعات الجمهور، كتجديد ملعب كامب نو في اسبانيا الشكل (24). بينما يحفظ التصميم الجديد لإعادة إعمار ملعب كييف ماهية البناء التاريخي لمدرجاته العلوية المصنوعة من الخرسانة سابقة الإجهاد التي تم بناؤها عام 1968، إذ لا يتم تغيير المبنى القائم من خلال تصميم أساسات السقف الجديد بل يضاف له بناء جديد قائم بذاته، ثم يحاط بواجهة زجاجية جديدة ورقيقة تضيء ليلاً فتجذب الجماهير كما في الشكل(25).



الشكل (24) تعديلات على تكوين ملعب كامب نو برشلونة الإسباني. المرجع [19]



الشكل (25) إضافة هيكل معدني وزجاجي مضاء لتغليف ملعب كييف وإنشاء مرافق شاملة. مرجع [19]

1-4-4-2- تجهيزات ترفع قيمة الملعب:

تتم إضافة عناصر وظيفية جديدة لرفع قيمة الملعب وأدائه وتأمين بيئة آمنة ومريحة لجميع رواده، فمعظم الملاعب القديمة تفنقر لهذه العناصر في الوقت الذي أصبحت فيه

من العناصر الأساسية والملحة التي يجب دمجها مع التصميم الداخلي والخارجي للملعب، الهدف منها رفع قيمة الملعب باعتماد التجهيزات الحديثة كشاشات العرض الداخلية والخارجية التي تجذب الجمهور، وأجهزة الإضاءة الداخلية الحديثة لميدان الملعب التي توفر بيئة مريحة خالية من الوهج لكل من المتفرجين واللاعبين، وتقنيات المراقبة الحديثة التي تدعم التصميم الآمن لمناطق المتفرجين في حالات الطوارئ.[4]

1-4-3-تكنولوجيا التوافق البيئي:

قد يكون الهدف من تحديث الملاعب إضافة عناصر وتجهيزات تتوافق مع البيئة المحيطة والمناخ وتحسين الأداء البيئي للملعب، كألواح الطاقة الشمسية ومجاري تجميع مياه الأمطار المندمجة مع الغلاف الخارجي للملعب وغيرها من تجهيزات تتوافق مع تكنولوجيا الاستدامة وتندمج في تصميم الملعب ومكوناته. الشكل (26)



تجهيزات تبريد وتكييف البيئة الحارة
ملعب قطر 2022



ألواح شمسية لتوليد الطاقة سقف
ملعب بوردو (فرنسا)



مظلات تجمع مياه الأمطار
الاستوائية (البرازيل) 2014



تجهيزات استغلال طاقة الرياح في ملعب لنكولن



مجمعات كهروضوئية على سقف ملعب التنين تايوان

الشكل (26) تقنيات متعددة تتوافق مع البيئات المختلفة

2- القسم التحليلي: دراسة تحليلية لدور التطور التكنولوجي في تصميم الملاعب.

ستتم الدراسة على ملاعب من الجيل الرابع لكرة القدم بنيت في القرن الحادي والعشرين، تعتمد التكنولوجيا في تصميمها الداخلي والخارجي، وتختلف بحجمها وسعاتها والبيئات التي شيدت فيها. وسيتم مناقشة مدى مواكبتها للتطور التكنولوجي من عدة جوانب أهمها:

- التكوين ونمط التعبير.
- نظام الإنشاء ومواد البناء.
- تكنولوجيا الواجهات.
- التوافق البيئي.

2-1- استاد هزاع بن زايد في أبو ظبي. (HBZ stadium)

يقدم نهجاً جديداً للهندسة المعمارية الرياضية في الخليج من خلال دمج الهوية المحلية في التصميم، ودخل في موسوعة الأرقام القياسية عندما أنجز بناؤه خلال 17 شهراً.

الموقع	يقع الاستاد في منطقة الطويّة الراقية بمدينة العين ثاني أكبر مدينة في إمارة أبو ظبي المعروفة بزراعة النخيل ومناخها الصحراوي.
تاريخ الافتتاح	افتتح في كانون الثاني عام 2014م
اسم المعماري	المعماريين Pattern Architects Ltd ، schlaich bergermann und partner، 1 للهندسة المعمارية الرياضية.
السعة	25000 مقعد (ملعب متوسط الحجم)
سبب اختياره	تم إنشاؤه وفق أحدث التقنيات والمواصفات التصميمية بالرغم من وضاعة حجمه وسعته، في بيئة صحراوية، ونال لقب أفضل استاد كرة قدم في العالم لعام 2014.
الجدول (1) معلومات عن ملعب هزاع بن زايد في أبو ظبي. المصدر: عمل الباحث مرجع [13]	

2-1-1- مناقشة تصميم الملعب:

تم تطوير التصميم من خلال البرمجة البارامترية والنمذجة 3D. ويعد ملعب هزاع بن زايد HBZ مبنىً فريداً من نوعه، ملائماً للمكان والمناخ، وله رمزية قوية وسلامة بصرية، فهو نتاج عملية تصميم تستجيب للبيئة من جهة ويتمتع بقوة تعبيرية من جهة

¹ النمط (Pattern) هو ممارسة الهندسة المعمارية العامة التي تركز على التصميم البارامترى المبني على قواعد هدفها خلق تصاميم تحقق التوازن بين البيئة من صنع الإنسان والعالم الطبيعي، وتعتبر الرياضيات والجمال مجالات بحث أساسية لهذه الممارسة

أخرى يصهر في تكوينه ملامح تراثية أصيلة وهي عمارة الإنسان الخليجي مع المشربية التي تتميز في العمارة الخليجية ويلبي كافة اشتراطات (الفيفا) لتصميم الملاعب كما في الشكل (27)، وتتوزع لوحات الكترونية وإعلانية حديثة وشاشات عرض كبيرة على كامل الملعب لتأمين الرؤية لكافة المتفرجين، وتأمين خدمات للجماهير من ساحات انتظار للسيارات، وحمامات ومحلات، وتأمين 50 مكان مخصص لجلوس ذوي الاحتياجات الخاصة لتحقيق الراحة والسلامة لكامل المتفرجين.



الشكل 27 التصميم البارامتري للسقف والظلال . المرجع [19]

2-1-2- مناقشة تكنولوجيا الانشاء:

يكسو الملعب غلاف خارجي مثقب مكون من 612 لوحة بيضاء من PTFE تفتح كل لوحة فتكشف عن الداخل، مثبتة على إطار فولاذي أسود ساعد على تحقيق استمرارية البناء في خط مستمر واحد. الشكل (28). وبعد أول ملعب مضاء بشكل ديناميكي، يحتوي كل لوح من ألواح الواجهة البيضاء المتحركة على مصباح فردي، مما يسمح بإلقاء ألوان متنوعة وأنماط بسيطة على الملعب، ويتم التحكم في إضاءة الواجهة الأمامية للاستاد ليلاً ونهاراً باعتماد مصابيح LED الموفرة للطاقة.



الشكل (28) غلاف الملعب (الهيكل الفولاذي المفرغ) المرجع [28]

2-1-3- مناقشة أثر التطور التكنولوجي في تصميم الملعب:

يمكن تصنيف أثر التطور التكنولوجي في تصميم ملعب هزاع بن زايد بالجدول (2):

تأثير التطور التكنولوجي	تطور التكنولوجيا في الملعب	
<ul style="list-style-type: none"> • تكوين معماري حديث مبتكر أعطى توافقاً عالي بين غلاف الكتلة وشكلها وبين المكان. • الحصول على خطوط انسيابية للسقف تتسجم مع ظروف المناخ الصحراوي. 	<ul style="list-style-type: none"> • تكوين الاستاد عضوي تجريدي. • إنتاج الفكرة باستخدام برامج الحاسوب والتصميم البارامتري. • فكرة شكل المبنى مستوحاة من العمارة الخليجية وتراثه • فكرة الغلاف الخارجي من المشربية 	فكرة التكوين والتعبير
 		
<ul style="list-style-type: none"> • نظام الإنشاء ومواد البناء الحديثة حققت الشكل المنحني للسقف. • اندماج الواجهات مع غلاف الملعب في تشكيل التكوين. 	<ul style="list-style-type: none"> • نظام إنشاء الغلاف الخارجي معدني وترتكز عليه السطوح المتحركة. • المبنى محاط بغلاف خارجي مثقب من الفولاذ مثبتت عليه ألواح بيضاء متحركة من PTFE 	نظام الإنشاء ومواد البناء
<ul style="list-style-type: none"> • إضاءة واجهات الملعب مبهرة ليلاً وتجذب الأنظار نهاراً. • شفافية الواجهة وإطلالة على الخارج. 	<ul style="list-style-type: none"> • التحكم بإضاءة الواجهة الأمامية باستخدام تقنيات ضوئية متطورة. • الألواح متحركة تكشف الخارج. 	تكنولوجيا الواجهات
 		

تحقيق التوافق البيئي	<ul style="list-style-type: none"> • إكساء الواجهات بألواح متحركة حول محور أفقي • طريقة تشكيل السقف وارتفاعه • إكساء السقف بالواح شمسية 	<ul style="list-style-type: none"> • أثرت في تظليل الواجهات بما يتوافق مع المناخ الصحراوي. • تظليل المدرجات وتوفير الراحة • توليد الطاقة الكهربائية للملعب
الجدول (2) أثر التطور التكنولوجي في تصميم ملعب هزاع بن زايد. عمل الباحث		

نتيجة: أثر التطور التكنولوجي في إبداع تكوين عضوي لملعب هزاع بن زايد، وفي نمط إنشاء وإكساء واجهاته الخارجية وفق التقنيات البارامتريّة بحيث يتلاءم مع ظروف المناخ الصحراوي، كما وفر نظام حركة الألواح الغلاف توصلاً بصرياً مع المنظر الخارجي.



الشكل 29 استاد أتلانتا [19]

2-2- ملعب مرسيدس بنز (Mercedes Benz) في أتلانتا الولايات المتحدة الأمريكية. يعد الملعب مرساة لمنطقة السياحة والترفيه في وسط المدينة التي تشتهر بطابعها العصري، وأبنيتها الشاهقة، وناطحات السحاب، الشكل 29، ويمتد تركيز فريق المشروع على التصميم والبناء والعمليات المستدامة إلى المجتمع من خلال إنشاء مساحات خضراء وترفيهية.

الموقع	يقع الاستاد في مدينة أتلانتا (ولاية جورجيا) ذات المناخ الرطب شبه المداري، صيفها حار وشديد الرطوبة صيفاً، بارد وماطر ومثلج شتاءً.
تاريخ الافتتاح	افتتح في 26 آب عام 2017م
اسم المعماري	المهندسين المعماريين لشركة HOK ¹
السعة	يستوعب في مباريات كرة القدم الأمريكية من (71-75) ألف وفي مباريات كرة القدم من (42-71) ألف ومع مساحة الوقوف 73 ألف
سبب اختياره	رمز مستقبلي لمدينة أتلانتا، يشتهر الملعب بشكله الفريد وهيكله القابل للطي ويمثل تصميمه أفضل حالات الاستدامة والتكنولوجيا والإبداع كونه كسب شهادة لييد بلاتينيوم LEED 2017.

الجدول (3) معلومات عن مرسيدس بنز في أتلانتا. المصدر: عمل الباحث مرجع [19]

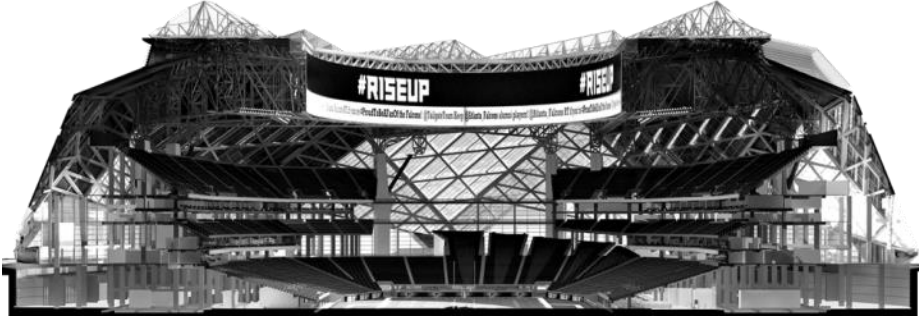
¹ HOK هي شركة أمريكية للتصميم والعمارة والهندسة والتخطيط العمراني، تأسست في عام 1955. اعتباراً من عام 2018، تعد HOK أكبر شركة هندسة معمارية مقرها الولايات المتحدة ورابع أكبر شركة للتصميم الداخلي. لها 24 مكتباً للمزيد www.hok.com

2-2-1- مناقشة تصميم الملعب:

يدمج الاستاد الفن المعاصر في تصميمه الداخلي والخارجي ويلقب بالبانثيون¹، كون سقفه وتكوينه يحاكي الهيكل الروماني للبانثيون في وظيفة القبة كما في الشكل (30). تم تصميم الاستاد الثماني الأضلاع ليصبح أكثر الأماكن استدامة في دوري كرة القدم الأمريكية²، يتميز تصميم الاستاد المستوحى من شكل كرة القدم بالمرونة والتكيف، بحيث يمكن إعادة تشكيل مدرجاته بسرعة لاستيعاب مباريات نادي اتلانتا يونايتد. [24]

تم تقسيم المدرجات إلى مستويين كبيرين يتضحان في الشكل (31)، بينهما شرفتان مع صالات ومقاعد ممتازة، باستثناء الناحية الشرقية، حيث تم استبدال المستوي العلوي من المدرجات بشرفتين تشكلان بانوراما أتلانتا لباقي المتفرجين كما في الشكل (32).

يوفر تصميم الاستاد الداخلي للجماهير تجربة غامرة تعتمد على التكنولوجيا، وتوفر خيارات واسعة للمقاعد، ونقاط نظر ودرجات عالية من الخدمة ووسائل الراحة والترفيه، وفي الجوار المناظر الطبيعية الخضراء المحيطة ومواقف كافية للسيارات. تحت السطح مباشرة توجد ميزة أخرى للملعب وهي أكبر شاشة LED على الإطلاق، على شكل شريط بانورامي يبلغ ارتفاعه 6 طوابق حتى يتمكن المشجعون في جميع مناطق الاستاد من الحصول على رؤية واضحة وخالية من العوائق. [23]



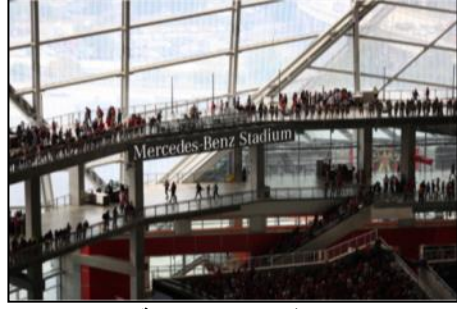
الشكل 30 مقطع يوضح الهيكل العام للملعب ومستوياته وفتحة السقف. المصدر [24]

¹ يضم البانثيون في قمته فتحة دائرية تسمح بإضاءة البيئة الداخلية، ولا تزال قبة البانثيون واحدة من أكبر القباب في العالم بعد حوالي ألفي عام من بنائها من الخرسانة الرومانية (الخرسانة الأسمنتية غير المسلحة).

² وضع شهادة LEED البلاطينية في الاعتبار منذ البداية وحاز على 88 نقطة. ويمثل تصميمه أفضل حالات الاستدامة والإبداع كونه يولي قدراً كبيراً من الاهتمام بالحفاظ على الطاقة والضوء والمياه. المرجع [24]



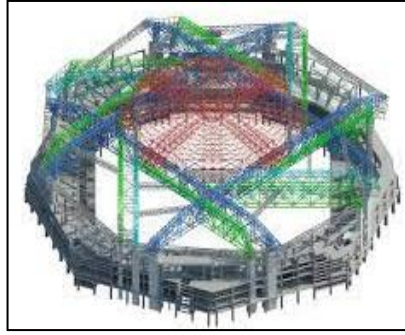
الشكل (32) شاشة LED دائرية ضخمة في السقف.
المصدر [25]



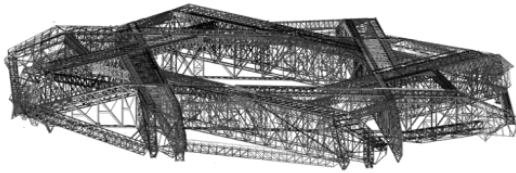
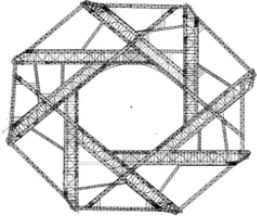
الشكل 31 شرفتي بانوراما لمدينة اتلانتا.
المصدر [25]

2-2-2 مناقشة تكنولوجيا الانشاء:

النظام الإنشائي عبارة عن هيكل فولاذي مثنى ضخم يغطي المدرجات أما بالنسبة لسقف الملعب فهو هيكل ضخم يتدلى من الأعلى ويتم تشكيله بواسطة ثماني ألواح مثلثية الشكل نصف شفافة، شكلها مستمد من شكل جناح الصقر في إشارة ترمز لفريق Atlanta Falcons NFL، وتتحرك الألواح بشكل مستقيم لفتح وتغلق في 12 دقيقة، تتميز فتحة السقف بكونها عجلة دوارة تعمل بمثابة العدسة الشكلين (33 و 34). [25]



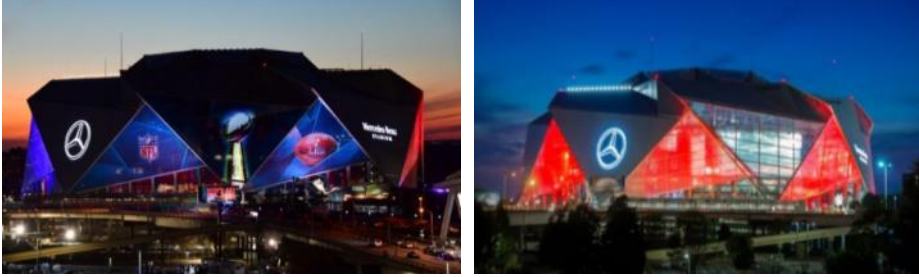
الشكل (33) فتحة السقف المثلثة من الداخل. المصدر [23]



الشكل (34) الهيكل الفولاذي لتسقيف وتكوين الملعب. المصدر [23]

- يضاء الاستاد باعتماد مصابيح LED بألوان متعددة، يمكن للإضاءة الخارجية أن تغير بسهولة لون الواجهة الشفافة كما في الشكل (35)

- الاستاد هو أول ملعب مصمم لتحقيق شهادة LEED البلاتينية لاستخدام التكنولوجيا من أجل التنمية المستدامة. على الرغم من أن الاستاد نفسه ليس محطة للطاقة الشمسية، إلا أن هناك مزرعة كبيرة بجواره كما في الشكل (36).
- توفر لوحة الفيديو عالية الدقة عالية الدقة بزوايا 360 درجة والمضمنة في السقف إطلاقات واضحة من كل مقعد الشكل (37).



الشكل (35) اضاءة متطورة ومتعددة للواجهات. المرجع [25]



الشكل (36) مزرعة كبيرة بالجوار للطاقة الشمسية. الشكل (37) فتحة السقف والشاشة وستائر التغطية.

www.designboom.com/-benz-stadium-hok-atlanta-08-16-2017

2-2-3- مناقشة أثر التطور التكنولوجي في تصميم الملعب:

يمكن تصنيف أثر التطور التكنولوجي في تصميم استاد مرسيدس بنز بالجدول (4):

تأثير التطور التكنولوجي	التطور التكنولوجي في الملعب	فكرة التكوين والتعبير
<ul style="list-style-type: none"> • تكوين يتلاءم مع الطابع العصري للمدينة وأبنيتها الشاهقة، وناطحات السحاب. • تكوين يوحي بالحركة على الرغم من صرامة الكتلة وقوته. 	<ul style="list-style-type: none"> • فكرة التكوين وفتحة السقف الدائرية مستوحاة من البانثيون الروماني القديم، تم إنتاجها باستخدام برامج الحاسوب. • التكوين تجريدي يعبر عن الكرة 	

<ul style="list-style-type: none"> • حقق تغطية مجازات كبيرة بأجزاء ثابتة وأجزاء متحركة. • التحكم بدخول الشمس والضوء الطبيعي. • إمكانية استخدام الملعب لمناسبات متعددة على مدار العام 	<ul style="list-style-type: none"> • نظام الإنشاء المعدني الفولاذي والمتحرك للسقف. • تغطية فتحة السقف بمادة بوليمر الشفافة والخفيفة والتحكم بها. • خيارات واسعة لتشكيل المدرجات والمقاعد المتحركة. 	<p>نظام الإنشاء ومواد البناء</p>
		
<ul style="list-style-type: none"> • إضاءة متطورة للملعب جعلته نقطة جذب ومعلم هام للمدينة. • حققت شفافية الواجهات وإطلالة على المناظر الخارجية بالإضافة للإضاءة طبيعية. 	<ul style="list-style-type: none"> • استخدام تقنيات ضوئية متغيرة ومتطورة LED. • استخدام الزجاج والبوليمير في تصميم الواجهات. 	<p>تكنولوجيا الواجهات</p>
<ul style="list-style-type: none"> • توليد الطاقة بشكل كامل من الألواح الشمسية. • التحكم بالتهوية والإضاءة من خلال فتحة السقف. • الحماية من العوامل الخارجية 	<ul style="list-style-type: none"> • ألواح شمسية لتوليد الطاقة مثبتة فوق مظلات مواقف السيارات وفوق مظلات دخول الجمهور. • وجود فتحة علوية مع إمكانية الفتح والإغلاق 	<p>تحقيق التوافق البيئي</p>

الجدول (4) أثر التطور التكنولوجي في تصميم مرسيدس بنز. المصدر: عمل الباحث

نتيجة: أثر التطور التكنولوجي بشكل كبير على تصميم استاد مرسيدس بنز وتم التوصل لتكوين تجريدي تناغمت فيه مواد البناء الحديثة وشفافية الواجهات مع البيئة المحيطة، ووفرت تكنولوجيا نظام الإنشاء المتحرك في السقف والمدرجات تجربة مذهلة للجمهور في متابعة أحداث مختلفة على مدار العام.

نتائج الدراسة التحليلية:

- ساعدت التكنولوجيا على تحقيق تكوينات ذات عناصر إنشائية ضخمة تعبر عن العناصر الحية كملعب HBZ، أو تعبير تجريدي كما في مرسيديس بنز فأصبحت معالم معمارية وحضارية للمدينة
- حققت التقنيات الحديثة نظم إنشائية معقدة مستمدة من الطبيعة (منحنية) في ملعب HBZ ومن أشكال هندسية صريحة ومتحركة (مثن) في ملعب أتلانتا.
- أمنت المواد الحديثة في تغطية واكساء واجهات الملاعب الشفافية والاتصال مع البيئة المجاورة مثل ملعب أتلانتا، والحماية من عوامل المناخ القاسي في HBZ.
- رفعت التقنيات المتطورة في الإضاءة والعرض وتحريك المدرجات (مرسيديس بنز) من قيمة الملاعب فباتت عنصر يجذب الجماهير ويوفر لهم الراحة والمتعة.

نتائج البحث:

- ظهور تكوينات تعبيرية عضوية ومادية وتجريدية وعاطفية حديثة للملاعب الرياضية نتيجة تأثير التقنيات المعمارية والرقمية في نظم الإنشاء ومواد البناء.
- جعلت نظم الإنشاء المتحركة من الغلاف الخارجي للملاعب عبارة عن غطاء منطور يغلب عليه طابع الجودة والإبداع في التكوين.
- ساعدت التكنولوجيا في تصميم واجهات ملاعب تتمتع بالشفافية وتتلاءم مع ظروف المناخ والبيئة المحيطة والتراث المحلي على الرغم من اختلاف ساعاتها.
- أثرت تكنولوجيا الإنشاء ومواد البناء الحديثة في تصميم ملاعب ضخمة ذات قيمة رمزية للمدن التي وجدت فيها فأصبحت معالم حضارية هامة.
- امتد تأثير التطور التكنولوجي ليشمل قدرة أجزاء من الملعب على الحركة من أجل الاستجابة للظروف البيئية والاستخدامات المتعددة للملعب على مدار العام.
- لعب التطور التكنولوجي في تقنيات العرض والإضاءة الحديثة دوراً أساسياً في رفع قيمة الملعب وجذب الجماهير، وإنتاج ملاعب أكثر راحة ورفاهية.

التوصيات: يوصي البحث بما يلي:

- ضرورة الاطلاع على أحدث التطورات التكنولوجية في طرق التصميم ومواد البناء وتقنيات الإنشاء في مجال تصميم الأبنية الرياضية على مستوى الوطن العربي والعالم.
- ضرورة التعمق بدراسة المكونات البيئية والمجتمعية للمنطقة التي يتواجد فيها الملعب وإطلاق العنان للفكر المعماري للوصول لأحدث التكوينات.
- توجيه كافة الاتحادات الرياضية المحلية بأهمية مواكبة التكنولوجيا التي يجب أن تأخذ الأولوية على جميع الاعتبارات الأخرى في تصميم وإدارة الملاعب.
- اهتمام المراكز البحثية المعمارية المتخصصة سواء في الجامعات أم الهيئات البحثية ذات الصلة وغيرها، بدعم البحوث العلمية الجادة بهدف توظيف التكنولوجيا الرقمية الحديثة وتطبيقاتها وتطويرها في مجالات العمارة.
- توظيف مواد البناء الحديثة وأساليب الإنشاء والتنفيذ التقنية وغيرها لخدمة العمل المعماري وتطويره حتى لا تتخلف العمارة عن ركب التطور المجتمعي الحادث في عصر التكنولوجيا.

المراجع العربية:

1. ابراهيم، نادر ابراهيم اسماعيل. 2016م. التكنولوجيا المستدامة في تصميم استادات الجيل الرابع - نحو منهج علمي لتقييم وتطوير الاستادات الرياضية المصرية. رسالة دكتوراه في كلية الهندسة، جامعة عين شمس.
2. أحمد، م. محمد حسن خليل. 2011م. تأثير تكنولوجيا المعلومات على تطور الفكر المعماري. جامعة الأزهر، كلية الهندسة.
3. السامرائي، صفاء الدين حسين علي. 2014. أثر تكنولوجيا النظم المنشئية في النتاج المعماري المعاصر. مجلة الهندسة، مجلد 20، عدد 5، جامعة بغداد كلية الهندسة.
4. الفرحات، م. جوليت. 2019م. تصميم وإدارة ملاعب كرة القدم وفقاً لاشتراطات الأمن والسلامة. مجلة جامعة البعث، المجلد 41.
5. القزاز، د. ضحى عبد الغني. 2014م. الرسوم اليدوية قبالة الرسوم الحاسوبية في طور التصميم المعماري المفاهيمي. جامعة الموصل كلية الهندسة.
6. عبد الجليل، د. وجدان ضياء. 2017م. دور المواد الذكية في الواجهات المتكيفة. مجلد 24، عدد، مجلة اتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث العلمية.
7. هيبية، د. خالد محمود. 2013م. العمارة المعاصرة والتكنولوجيا: رؤية نقدية لتأثيرات التكنولوجيا الرقمية على التوجهات المعمارية السائدة مع مطلع القرن الحادي والعشرين. مجلة جامعة أم القرى للهندسة والعمارة المجلد 5 العدد 1.

المراجع الأجنبية:

8. FIFA Fédération Internationale de Football Association, 2007. **Football Stadiums Technical recommendations and requirements**. The 4th edition.
9. FIFA Fédération Internationale de Football Association, **FIFA Stadium Safety and Security Regulations**.
10. Peter Culley and John Pascoe, 2015. **Stadium and Arena Design**, Second edition. ICE Publishing..
11. HoMae-Wan. 2011- **Architecture and Science**. Wiley Academy, united states.p268
12. Sabry, Sherif. 2011-**Towards advanced Building Technology Role through applying competitive building materials**. Fayoum University, Egypt.
13. Mady Ahmed Ahmed Mohamed & Hussein Esam Abu Elfadle. 2007- **Transformable Architecture, A key to Improve stadiums & sports buildings**. October high institute for engineering & technology.

المواقع الإلكترونية:

14. <http://www.arch2o.com/computational-design-hangzhou-tennis-center/>
15. <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/university-of-phoenix-stadium-6479>
16. <http://diegoguevara.com/blog/2011/09/08/perus-moody-new-stadium/>
17. http://stadiumdb.com/stadium_of_the_year_look_at_them_shine
18. www.dezeen.com
19. www.archdaily.com
20. <https://ara.architecturaldesignschool.com/bike-floating-stadium-11939>
21. www.worldstadiums.com
22. <https://www.designboom.com/architecture/new-tottenham-hotspur-stadium-london-populous-04-02-2019/>
23. <https://www.arch2o.com/mercedes-benz-stadium-hok/>
24. www.arch20.com
25. www.architizer.com/projects/mercedes-benz-stadium
26. https://www.archdaily.com/search/projects/categories/football-stadium?ad_name=flyout&ad_medium=categories
27. <https://www.archdaily.com/604755/hazza-bin-zayed-stadium-pattern-design>
28. http://stadiumdb.com/stadiums/uae/hazza_bin_zayed_stadium

تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية

طالبة الماجستير: حليلة الحريري

المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق

الدكتورة المشرفة: هالة حسن

المخلص

يؤثر التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ بشكل أساسي على الاستجابة الديناميكية للمنشأ حيث أن استجابة المنشأ المستند لتربة تختلف عن حالة الاستناد الموثوق، ويعتبر ذو أثر مهم لحالة وجود جدران القص وفق عدة كودات. تم في هذا البحث دراسة هذا الأثر على الاستجابة الزلزالية في المجال الخطي لجملة ثنائية كونها الجمل الأكثر استخداماً في سوريا. اعتمدت منهجية البحث على دراسة مرجعية للتحقق ومعايرة النموذج ومن ثم إجراء دراسة وفق متغيرات تشمل عدد الطوابق، ومواصفات الزلزال، ونوع التربة، وطريقة نمذجة التربة لمعرفة تأثير ذلك على الاستجابة العامة للجملة والقوى التصميمية ومعامل تعديل الاستجابة الزلزالية. بينت الدراسة زيادة الدور الطبيعي والانحراف الجانبي والعزوم الداخلية في عناصر الجملة وانخفاض قيمة القص القاعدي بالمقارنة مع المنشأ الموثوق. كما بينت ضرورة تطوير الكودات لقيم معامل تعديل الاستجابة الزلزالية الذي يتأثر بعدة متغيرات لنوع الجملة الواحدة منها عدد الطوابق ونوع التربة.

الكلمات المفتاحية: تحليل ديناميكي - تفاعل متبادل (تربة - منشأ) - جملة ثنائية -

Substructure Method- Direct Method

Effect of Soil Structure Interaction in Seismic Response of Dual System

Abstract

Soil Structure Interaction mainly affects the dynamic response to the structure, as the response of soil-based structure is different from fixed base. Soil-Structure interaction is an important effect in the case of shear walls according to many cods, so this research has been studied to affect the seismic response in the linear field of a Dual system being the most commonly used system in Syria. The research methodology relied on a reference study to verify and calibrate the model and then conduct a parametric study according to parameters, number of floors, earthquake frequency, soil type, soil modelling method, to see the impact on the overall response of the system, design forces and seismic response modification factor. The study showed an increase in the natural period, Lateral deflection, and internal moment in the elements of the structure and a reduction in the value of base shear compared to fixed base. It also showed the need to develop cods for the values of the seismic response modification factor, which is affected by several parameters per structure type, including the number of floors and the type of soil.

Key word: Dynamic Analysis, soil-structure interaction, Dual system. Substructure Approach, Direct Method.

تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثنائية

1. مقدمة:

يقيم التحليل الزلزالي للتفاعل المتبادل السلوك الكلي لجملة المنشأ والأساس والوسط الجيولوجي تحت وحول الأساس من أجل حركة محددة للحقل الحر، حيث تكون الاستجابة الديناميكية للمنشأ المستند لتربة صلبة قريبة من استجابته في حالة الوثاقفة، أما إذا كانت تربة الاستناد منخفضة الصلابة فإن استجابة المنشأ تتأثر بخواصها وتختلف عن حالة الوثاقفة. يتكون مفهوم التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ من التفاعل العطالي والتفاعل الحركي وتشوه الأساس. ويمكن تبويب طرق نمذجة التربة وفق طريقتين أساسيتين، الطريقة المباشرة (Direct Method) تعتمد على تحليل كامل الجملة (تربة - منشأ) بخطوة واحدة؛ وطريقة الجزء السفلي من المنشأ (Substructure Method) وهي طريقة متعددة الخطوات وتكون الاستجابة الكلية فيها هي تجميع استجابة كل الخطوات. تؤثر العديد من العوامل على الاستجابة الديناميكية الكلية للمنشأ منها عمق السرير الصخري، طبيعة الأساسات، عمق الطمر، نوع طبقات التربة، ونوع المنشأ [7].

2. الهدف من البحث:

يهدف البحث لدراسة السلوك الديناميكي الخطي للجمل الثنائية على أساسات سطحية مع إدخال تأثير التفاعل بين التربة والمنشأ وسيتم ذلك من خلال:

(a) دراسة تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ باستخدام الطريقة المباشرة (Direct Method) على عناصر الاستجابة الرئيسية (دور، قص قاعدي، انحراف جانبي).

(b) دراسة تأثير عدة متغيرات تشمل ثلاثة أنواع من التربة (SB, SC, SE)، وتغيير عدد الطوابق (4-8-16)، وثلاثة سجلات زلزالية ذات مواصفات مختلفة على القوى الداخلية، وانعكاس ذلك على القيم التصميمية.

(C) حساب معامل تعديل الاستجابة الزلزالية باستخدام طريقة الجزء السفلي من المنشأ (Substructure Method) وفق المتغيرات السابقة.

3. مواد وطرق البحث:

1.3 مراجعة تاريخية للأبحاث التي تناولت موضوع التفاعل المتبادل :

درس الباحث (Tabatabaiefar, 2012) [10] الاستجابة الديناميكية لمباني متوسطة الارتفاع أخذاً تأثير التفاعل بين التربة والمنشأ بالاعتبار، وشرح أنواع التفاعل وطريقة نمذجة مركباته في برنامج (FLAC2D)، وأجرى دراسة على طاولة الاهتزاز لنماذج أبنية وفق عدة طوابق (5-10-15) طابق، وثلاث أنواع من التربة، وثلاثة سماكات لطبقة التربة، وأربعة سجلات زمنية. استخدم تحليل التاريخ الزمني اللاخطي (Nonlinear Time History Analyses). وجد زيادة في الانتقال أعلى المنشأ مع زيادة سماكة طبقة التربة لكل أنواع الترب ولكل الارتفاعات، ويزداد كلما نقصت سرعة انتشار أمواج القص في التربة.

شرح بشار الفرخ في رسالته عام 2012 [12] التفاعل بين المنشآت الهيكلية والترب في المجال اللاخطي تحت تأثير الأحمال الزلزالية بطريقة البرمجة الرياضية حيث درس نمذجة التربة والعناصر الإطارية في المجال المستوي وتمثيلها بمجموعة من النوايبض والمخمدات المرنة في المجال الخطي وناقش لا خطية المادة في المجال اللاخطي باستخدام برنامج (MatLab) وقارن النتائج مع برنامج (Sap2000). وجد أن الانتقالات العظمى في حالة التحليل اللدن-مرن أقل منها في حالة التحليل المرن. كما لاحظ زيادة الانتقالات اللدنة المرنة وانخفاض الانتقالات المرنة في بعض الحالات عند دراسة التفاعل المتبادل بين المنشأ والتربة. النتائج مقاربة بين البرنامجين بنسبة تصل 0.2%.

قدم كلاً من (Chinmayi, and Jayalekshmi, 2016) [6] بحثاً حول أثر قساوة التربة على الاستجابة الزلزالية لمباني من البيتون المسلح إطارات وجدران قص وتأثير تغير أماكن توضع هذه الجدران، وقارن بين طريقتي تمثيل منطقة التربة

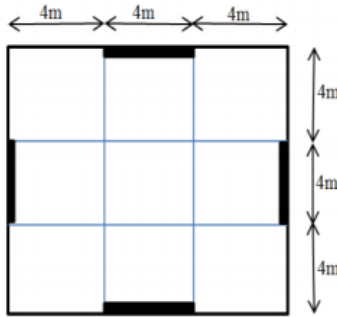
اللامحدودة (Far Field) بطريقة الطبقة الماصة (PML) وطريقة الحدود الماصة (non - reflecting boundary) على جمل بيتونية (إطارات فقط وجمل إطارات وجدران قص) متعددة الطوابق وفق نسب الشكل (1-1.5-2-3-4). تم إجراء تحليل تاريخ زمني خطي (Linear Time History) باستخدام المركبة الأفقية لزلزال السينترو (El-Centro, 1940). وجد أن النتائج مقارنة في الطريقتين الفرق بالقص القاعدي فقط بنسبة 1%. أما الانحراف الطابقي فقد كان بأصغر قيمة في حالة جدران القص المتوضعة في النواه من أجل كل أنواع التربة. يزداد الدور مع انخفاض صلابة التربة بما لا يقل عن 23% مقارنة بحالة الوثاقه. يكون الموقع الأفضل لجدران القص في الزوايا من أجل بناء مشاد على تربة سرعة موجات القص فيها أكبر أو يساوي 300 متر/ثانية ($V_s \geq 300 \text{ m/s}$) وفي النواه في حالة الاستناد لتربة سرعة الموجات فيها أقل من 300 متر/ثانية ($V_s < 300 \text{ m/s}$) حيث يكون القص القاعدي أقل ما يمكن.

درس (Bakhtyar, 2017) [4] في رسالته التحليل الزلزالي لمبنى قائم 12 طابق مع أخذ تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ باستخدام ثلاثة أنواع من التربة، وتحليل تاريخ زمني خطي (Linear Time History) وفق زلزال ألتادينا (Altadena) (ونمذج التربة وفق الطريقة المباشرة (Direct Method)، واستخدام الكود الأوروبي وبرنامج التحليل (Sap2000, v19). وجد الباحث زيادة قيم الاستجابة بشكل عام (القص القاعدي، الانحراف الطابقي، والانتقالات بين الطوابق والعزوم عند القاعدة) مقارنة بحالة الوثاقه مع انخفاض صلابة التربة حيث تراوحت نسبة زيادة الانحراف الطابقي بين (39-128)%، وأن تأثير التفاعل المتبادل يكون مهماً عند دراسة المنشآت الاستراتيجية مثل الأبنية العالية والسدود المفاعلات النووية.

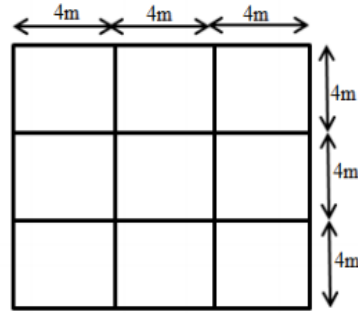
2.3 الدراسة المرجعية المعتمدة لإجراء المعايرة [5] :

قدم الباحثان (Chinmayi, and Jayalekshmi, 2013) [5] بحثاً حول تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ على بناء 16 طابق بيتونية مسلحة مع جدران قص على حصىرة سطحية. استخدمنا الطريقة المباشرة (Direct Method) لتمثيل التربة. استخدمنا أربعة أنواع من التربة، وقرنا النتائج مع حالة الوثاقه. قرنا

(الدور-القص القاعدي-الانحراف الطابقي) بين حالتي الجملة الإطارية والجملة الإطارية الجدارية في حالتي الاستناد الموثوق والاستناد لأنواع تربة مختلفة وفق الكود الهندي وباستخدام برنامج (LS-DYNA) وإجراء تحليل تاريخ زمني خطي (Linear Time History) لسجل زلزالي بعد تخفيض تسارع الذروة (PGA) إلى (0.09g). تبين الأشكال (1) و(2) المسقط الأفقي للبناء حالة الجملة الإطارية والجملة الإطارية الجدارية، والشكل (3) يبين المركبة الأفقية للسجل الزلزالي بعد التقيس لزلزال السينترو (El-Centro (0.09g)). الجدول(1) يبين مواصفات التربة وفق الدراسة المرجعية ، والجدول (2) يبين مواصفات النموذج المدروس.



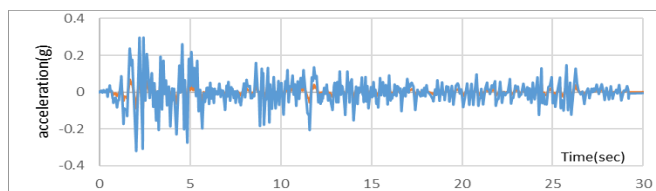
الشكل (2) المسقط الأفقي للبناء حالة الجملة الإطارية الجدارية وفق الدراسة المرجعية [5]



الشكل (1) المسقط الأفقي للبناء حالة الجملة الإطارية وفق الدراسة المرجعية [5]

الجدول(1) مواصفات التربة وفق الدراسة المرجعية [5] :

مقطع التربة Soil Profile	الوصف Description	سرعة موجات القص Shear Wave Velocity(m/sec)	نسبة بواسون Poisson's ratio	واحدة الوزن Unit weight(ρ) (kN/m ³)
SB	صخر Rock	1200	0.3	22
SC	تربة ذات كثافة عالية وصخر طري (كونغلواميرات) Dense soil	600	0.3	20
SD	تربة صلبة Stiff Soil	300	0.35	18
SE	تربة طرية Soft Soil	150	0.4	16



الشكل (3) المركبة الأفقية للسجل الزلزالي بعد التقيس (El-Centro (0.09g))

الجدول (2) مواصفات النموذج المدروس وفق الدراسة المرجعية [5]

المعامل	القيمة	سماكة السقف	0.15
عدد الطوابق	16	أبعاد الحصىرة	0.3*13*13
عدد الفتحات بالاتجاه X و Y	4	الحمولات الحية	2.5 KN/m ²
طول الفتحة بالاتجاهين	4	الحمولات الميتة	1.6 KN/m ²
الارتفاع الطائقي	3	عمق التأسيس	0
سماكة البلاطة	0.15	عيار البيتون	M 20
أبعاد الأعمدة	تحت 0.6*0.6 ثلاث طوابق	مقاومة الحديد	Fe 415
	فوق 0.5*0.5 ثلاث طوابق	الوزن الحجمي للبيتون	25KN/m ³
أبعاد الجوائز	0.23*0.23	معامل مرونة البيتون	22360 KN/m ²
نسبة بواسون للبيتون	0.15	تخميد المنشأ	5%
المنطقة الزلزالية	Zone111 PGA=0.09	تخميد التربة	7%

يتم إجراء تحليل ديناميكي خطي (Liner Time History) باستخدام برنامج (SAP2000,V22) للمعايرة مع الدراسة المرجعية [5] ، وتحليل ستاتيكي لاخطي (Non liner Static Analysis (Pushover)) لحساب معامل تعديل الاستجابة.

4. النتائج والمناقشة:

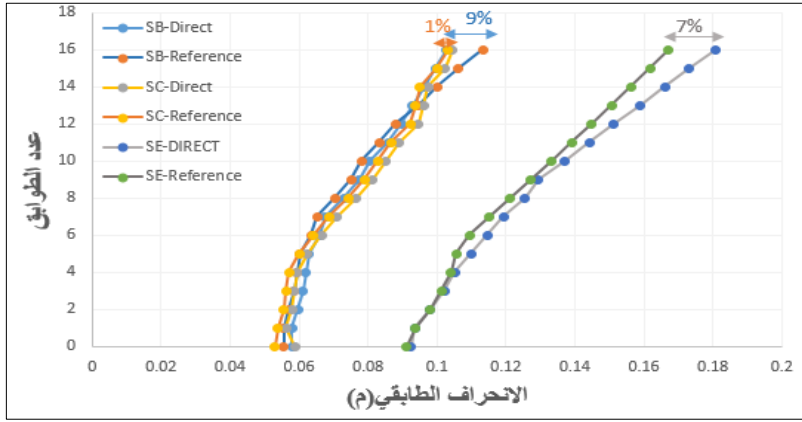
1.4 معايرة نتائج النموذج مع نتائج الدراسة المرجعية [5] :

تمت المعايرة مع الدراسة المرجعية في حالة الجملة الإطارية-الجدارية حالة الاستناد لأنواع مختلفة من التربة كما هو مبين في الجدول (3). كانت النتائج متوافقة في قيم الدور في كل أنواع التربة. هناك اختلاف في قيم القص في التربة (SB) بحدود 3% وفي (SC) بحدود 5% وفي التربة (SE) يصل لـ (10) %. الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SB) هو (9%). الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SC) هو (1%). الفرق النسبي في الانحراف الجانبي حالة التربة (SE) (7%). يبين الشكل (4) معايرة الانحراف الجانبي في حالة الجملة الإطارية الجدارية.

تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثانية

الجدول (3) نتائج معايرة الجملة الإطارية الجدارية مع الدراسة المرجعية [5]

جملة اطارية جدارية	الدور(sec)		القص(KN)		الانحراف الجانبي (m)		الفرق النسبي في الدور %	الفرق النسبي في القص %	الفرق النسبي في انحراف الطابق الأخير %
	التراسة LS DYNA	نموذج SAP2000	التراسة LS DYNA	نموذج SAP 2000	التراسة LS DYNA	نموذج SAP2000			
SB	1.64	1.64	1242	1209	0.113	0.102	0	3	9
SC	1.73	1.74	688	727	0.103	0.104	0	5	1
SE	2.41	2.40	520	576	0.18	0.167	0	10	7



الشكل (4) معايرة الانحراف الجانبي في حالة جملة اطارية -جدارية مع الدراسة المرجعية [5]

2.4 دراسة المتغيرات المؤثرة في النتائج:

تم دراسة تأثير نوع الاستناد، ونوع التربة، وعدد الطوابق، وتغيير مواصفات الزلزال المؤثر باستخدام الطريقة المباشرة لنمذجة التربة. يبين الجدول (4) الأبعاد التصميمية للجمل في حالات الطوابق المدروسة، كما يبين الجدول (5) مواصفات الهزات المستخدمة في التحليل. و يبين الجدول (6) ترددات مكونات النموذج (تربة- منشأ-هزة). تبين الأشكال (5) و(6) و(7) المركبات الأفقية للهزات المدروسة .

الجدول (4) الأبعاد التصميمية للجمل في حالات الطوابق المدروسة

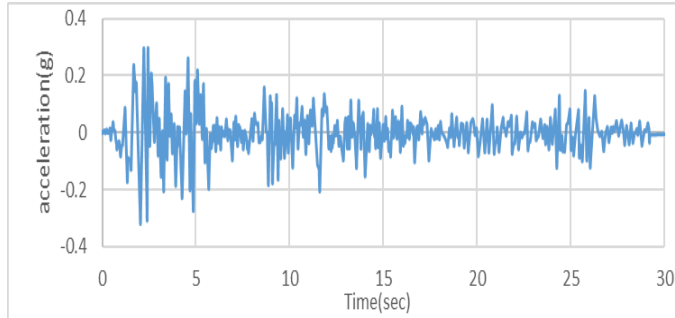
عدد الطوابق	حتى 3 طوابق	فوق 3 طوابق	سماعة جدران القص
4	0.35*0.35	0.35*0.35	0.15
8	0.40*0.40	0.35*0.35	0.20
16	0.6*0.6	0.5*0.5	0.25

الجدول (5) مواصفات الهزات المستخدمة في التحليل

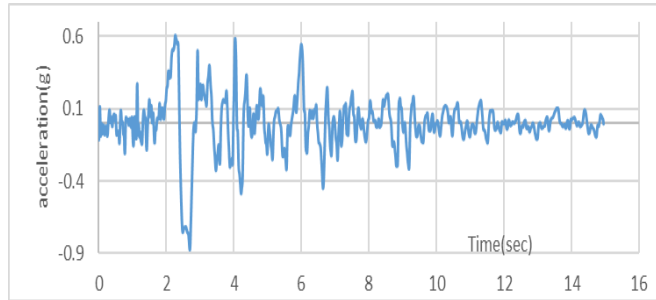
اسم الهزة الارضية			خصائص الهزة
Northridge	Erzincan	El-Centro	قيم الخصائص الديناميكية
0.87g	0.42g	0.32g	التسارع الارضي الاعظمي
4.91	2.76	2.16	التردد المسيطر (HZ)
14.94	20.77	30	المدة
U.S.A	Turkey	U.S.A	مكان حدوث الهزة
1994	1992	1940	العام

الجدول (6) ترددات مكونات النموذج (تربة - منشأ - هزة)

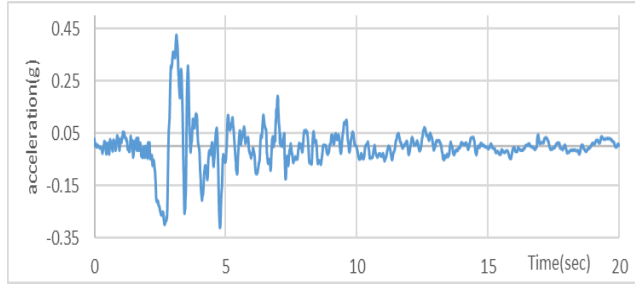
عدد الطوابق	التردد	التربة	التردد	الهزة الأرضية	التردد
16	0.62 (0.496-0.744)	SB	11.5 (9.2-13.8)	El-Centro	2.16 (1.728-2.59)
8	1.61 (1.28-1.93)	SC	5.77 (4.6-6.9)	Erzincan	2.76 (2.208-3.312)
4	4.3 (3.44-5.16)	SE	1.44 (1.152-1.728)	Northridge	4.91 (3.93-5.89)



الشكل (5) المركبة الأفقية للزلزال El-Centro - 0.32g



الشكل (6) المركبة الأفقية للزلزال Northridge - 0.87g



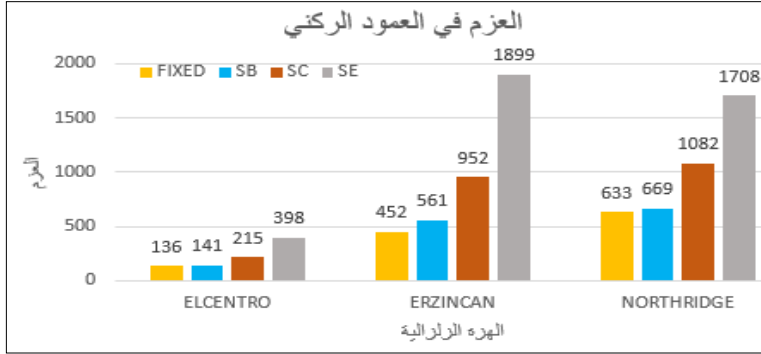
الشكل (7) المركبة الأفقية لزلزال Erzincan – 0.42g

1.2.4 نموذج 16 طابق:

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي: تبين بعد تحليل ودراسة المنشأ أن الإطار المحيطي بجوار جدران القص هو الإطار الأخطر من ناحية القوى الداخلية لذلك تم مقارنة قيم القوى الداخلية المؤثرة في عموده الركني وجائزه في الطابق الأرضي، كما هو موضح في الجدول (7). انخفضت القوة المحورية بنسب متفاوتة في التربة (SB, SC) في كل الزلازل بينما زادت بنسبة (3.4%) مع زلزال السينترو (El-Centro) فقط. زادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وينسب مختلفة حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال إيرزنكان (Erzincan). يوضح الشكل (8) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل الزلازل.

الجدول (7) القوى المحورية والعزم في العمود الركني

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية KN	El-Centro	872	638	626	902	-26	-28	+3.4
	Erzincan	3209	2778	2888	2524	-13	-10	-21
	Northridge	4531	3889	3924	2350	-14	-38	-48
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	136	141	215	398	+3.6	+58	+192
	Erzincan	452	561	952	1899	+24	+110	+320
	Northridge	633	669	1082	1708	+5.7	+71	+170



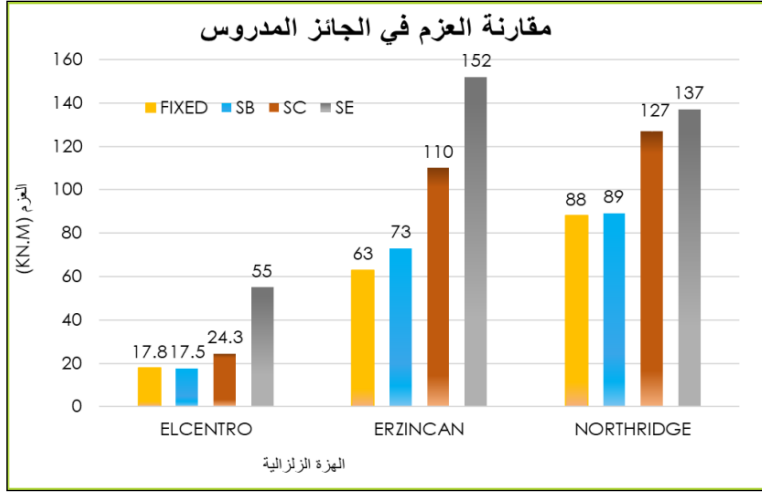
الشكل (8) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (16 طابق)

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جوائز الطابق الأرضي (16 طابق) :

تبين بعد مقارنة القوى الداخلية في الجوائز بين حالة التفاعل المتبادل وحالة الوثاقفة زيادة عزوم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة، كما هو موضح في الجدول (8). كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال السينترو (El-Centro) لقوة القص (207%) ولعزم الانعطاف (210%). يوضح الشكل (9) مقارنة العزم في الجوائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال.

الجدول (8) قوى القص والعزم في الجوائز حالة 16 طابق.

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	17.8	17.5	24.3	55.2	-2	+36	+210
	Erzincan	63	73	110	152	+15	+74	+141
	Northridge	87.9	89	127	137	+1	+44	+55
قوة القص (KN)	El-Centro	26	25.5	35	80	-3	+35	+207
	Erzincan	91	106	160	222	+15	+75	+143
	Northridge	128	129	184	200	+1	+44	+56



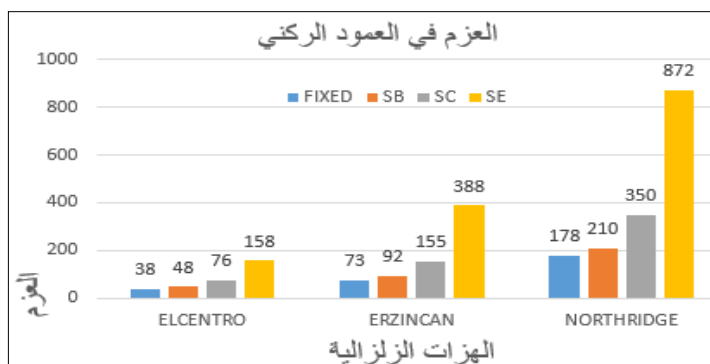
الشكل (9) مقارنة العزم في الجانز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (16 طابق)

2.2.4 نموذج 8 طوابق:

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي: يظهر الجدول (9) قيم القوى المحورية والعزوم في العمود الركني حيث تبين اختلاف سلوك العمود مع انخفاض عدد الطوابق. تغيرت قيم القوة المحورية بنسب مختلفة حسب نوع التربة وتردد الزلزال، وزادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وبنسب مختلفة حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال إيرزنكان (Erzincan) بنسبة فرق (440%). يبين الشكل (10) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والإستناد لكل زلزال (8 طابق).

الجدول (9) قيم القوى المحورية والعزم في العمود الركني حالة 8 طوابق

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية (KN)	El-Centro	341	350	334	263	+3	-3	-23
	Erzincan	562	531	641	926	-3	+16	+67
	Northridge	1409	1231	1453	1475	-13	+3	+5
عزم الانعطاف KN.m	El-Centro	38	48	76	158	+26	100	+415
	Erzincan	73	92	155	388	+27	+115	+440
	Northridge	178	210	350	872	+18	+96	+390



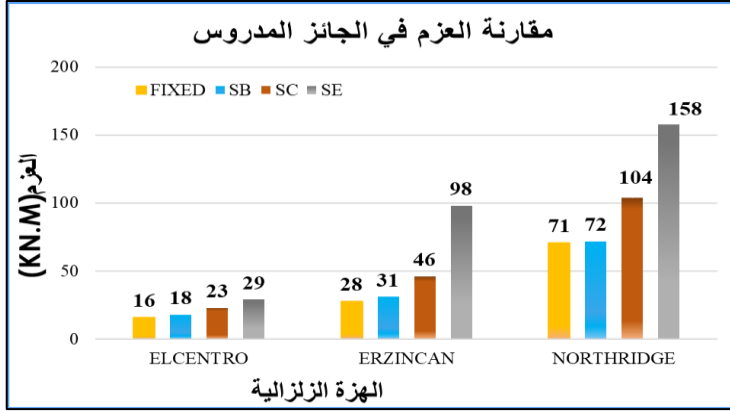
الشكل (10) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والإستناد لكل زلزال (8 طابق)

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جوائز الطابق الأرضي حالة 8 طوابق:

يبين الجدول (10) قوى القص والعزم في الجوائز المدروس حيث زادت عزوم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة. كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال إيرزنكان (Erzincan) لعزم الانعطاف (250%) والقص (239%). أعطى زلزال السينترو (El-Centro) أكبر نسب زيادة في التربة (SB) (12.5%) للعزم و(10%) للقص، بينما أعطى زلزال إيرزنكان (Erzincan) أكبر زيادة في التربة (SC) (64%) للعزم و(58%) للقص. يبين الشكل (11) مقارنة العزم في الجوائز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال في حالة (8 طابق).

الجدول (10) قوى القص والعزم في الجوائز حالة 8 طوابق.

القوى المدروسة	الهزة	الطريقة المباشرة Direct Method				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانعطاف (KN.m)	El-Centro	16	18	23	29	+12.5	+43	+81
	Erzincan	28	31	46	98	+11	+64	+250
	Northridge	71	72	104	158	+1	+46	+122
قوة القص (KN)	El-Centro	20	22	28	35	+10	+40	+75
	Erzincan	36	39	57	122	+8	+58	+239
	Northridge	88	89	130	197	+1	+48	+124



الشكل (11) مقارنة العزم في الجانز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال حالة 8 طوابق.

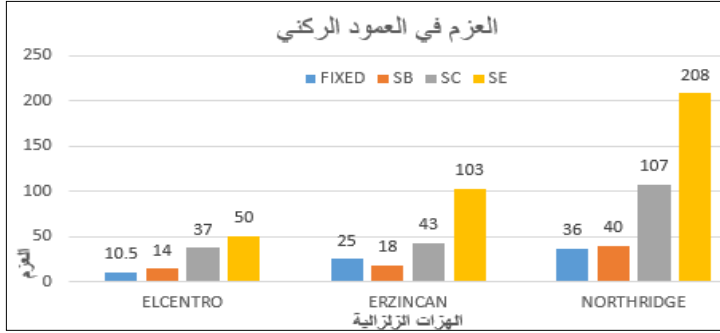
3.2.4 نموذج 4 طوابق:

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في العمود الركني في الطابق الأرضي: يظهر الجدول (11) قيم القوى المحورية والعزوم في العمود الركني حيث زادت القوة المحورية بنسب مختلفة حسب نوع التربة والزلزال وقيم أكبر من حالة 8 طوابق. بينما زادت العزوم الداخلية مع انخفاض صلابة التربة وبنسب تختلف حسب تردد الزلزال كان أكبرها في التربة (SE) مع زلزال نورثريدج (Northridge) الذي أدى إلى زيادة في العزم بنسبة (477%) وزيادة في القوة المحورية بنسبة (77%) حالة التربة (SE). بينما أدى زلزال السينترو (El-Centro) إلى زيادة في العزم بنسبة (236%) وزيادة في القوة المحورية بنسبة (154%) مع التربة (SC). تصرف التربة (SB) بشكل مختلف في كل زلزال. يبين الشكل (12) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال.

الجدول (11) القوى المحورية والعزم في العمود الركني حالة 4 طوابق

القوى المدروسة	earthquake	Direct Method الطريقة المباشرة				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
القوة المحورية	El-Centro	35	40	89	56	+11	+154	+60
	Erzincan	85	54	98	108	-36	+15	+27
	Northridge	122	117	234	217	-4	+91	+77
عزم الانعطاف	El-Centro	10.5-	14	37	50	+36	+236	+351
	Erzincan	25	18	43	103	-30	+42	+315

	Northridge	36	40	107	208	+14	+157	+477
--	------------	----	----	-----	-----	-----	------	------



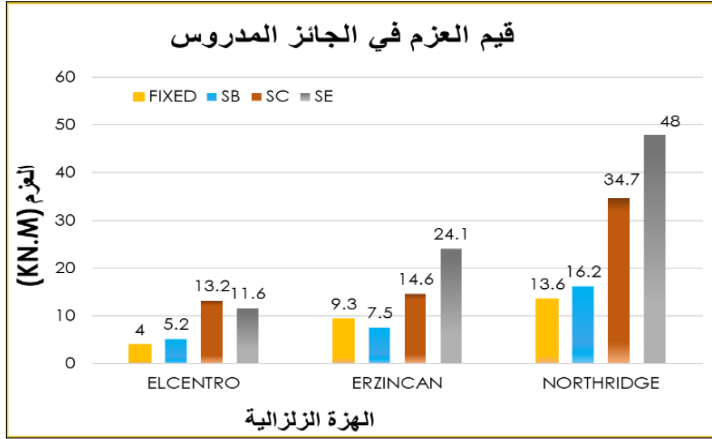
الشكل (12) مقارنة العزم في العمود باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال (4 طوابق)

■ تأثير متغيرات الدراسة على القوى الداخلية في جوائز الطابق الأرضي حالة 4 طوابق:

تبين زيادة عزوم الانعطاف وقوى القص بشكل يتناسب طردياً مع انخفاض صلابة التربة كما هو موضح في الجدول (12) حيث كانت أكبر نسبة فرق في التربة (SE) مع زلزال نورثريديج (Northridge) لعزم الانعطاف (252%) والقص (496%). أعطى زلزال السينترو (El-Centro) أكبر نسب زيادة في التربة (SB) (30%) للعزم و(106%) للقص، والتربة (SC) (230%) للعزم و(365%) للقص. يوضح الشكل (13) مقارنة قيم القص والعزم في الجوائز المدروس حالة 4 طوابق. وبناءً على ما سبق نجد أن إدخال التفاعل المتبادل يقود إلى زيادة أبعاد المقاطع التصميمية للأعمدة والجوائز.

الجدول (12) يبين قوى القص والعزم في الجوائز حالة 4 طوابق.

القوى المدروسة	earthquake	Direct Method الطريقة المباشرة				الفرق النسبي %		
		rigid	SB	SC	SE	SB	SC	SE
عزم الانعطاف	El-Centro	4	5.2	13.2	11.6	+30	+230	+90
	Erzincan	9.3	7.5	14.6	24.1	-19	+57	+159
	Northridge	13.6	16.2	34.7	48	+19	+155	+252
قوة القص	El-Centro	3.4	7	15.8	17	+10 6	+365	+400
	Erzincan	8.2	9	17.5	35	+10	+113	+327
	Northridge	11.9	20	41.5	71	+68	+249	+496



الشكل (13) مقارنة العزم في الجانز باختلاف نوع التربة والاستناد لكل زلزال حالة 4 طوابق.

3.4 معامل تعديل الاستجابة الزلزالية:

يعد معامل تعديل الاستجابة الزلزالية من أدوات التصميم الزلزالي التي تحدد مستوى اللدونة المتوقع في الأنظمة الإنشائية خلال الزلزال وهو يعكس قدرة المنشأ على تبديد الطاقة من خلال السلوك غير المرن ويتم استخدامه لتقليل قوى التصميم المقاوم للزلازل وحساب التخميد وقدرة تبديد الطاقة والقوة الزائدة للهيكل.

1.3.4 مكونات المعامل والعلاقات الحاكمة:

عرف كود ATC19 [2] المعامل من خلال خصائص الجملة الإنشائية (المقاومة، المطاوعة، ودرجة عدم التقرير) وأوصى بالتخميد كاعتبار تصميمي.

$$R = R_S R_\mu R_R$$

■ معامل زيادة المقاومة (Over strength facto): Ω

$$R_S = \Omega = \frac{V_Y}{V_d}$$

V_Y تمثل قوة القص عند الخضوع مقدرة (KN)، V_d قوة القص التصميمية المأخوذة من كودات التصميم مثل [1] مقدرة (KN)، T يمثل الدور الأساسي للجملة مقدراً بالثانية.

■ معامل تخفيض المطاوعة (Ductility Reduction factor): R_μ

$$\mu = \frac{\Delta_{max}}{\Delta_y} \quad \text{معامل المطاوعة}$$

$$Newmark \text{ and Hall: } \begin{cases} R_{\mu} = 1 & T < 0.03 \text{ SEC} \\ R_{\mu} = \sqrt{2\mu - 1} & 0.1 < T < 0.5 \text{ SEC} \\ R_{\mu} = \sqrt{(2\mu - 1) + 2(T - 0.5)(\mu - \sqrt{2\mu - 1})} & 0.5 < T < 1 \\ R_{\mu} = \mu & T > 1 \text{ SEC} \end{cases}$$

Δ_{max} : الانتقال الهدف ويؤخذ من المنحني ثنائي الخطية (m)، Δ_y : انتقال الخضوع (m)

■ معامل درجة عدم التقرير (R_R (Redundancy Factor) :
وتؤخذ قيمته تساوي الواحد

2.3.4 مقارنة قيم معامل تعديل الاستجابة بين بعض الكودات العالمية:

قدمت الكودات العالمية قيمة ثابتة وحيدة لمعامل تعديل الاستجابة الزلزالية لكل نوع من أنواع الجمل الإنشائية، ولم تذكر شيء عن العوامل المؤثرة فيه، ولا عن تأثير التربة على قيمته، يوضح الجدول (13) قيم معامل تعديل الاستجابة الواردة في الكود السوري، والجدول (14) يوضح مقارنة بين قيمه الواردة في بعض الكودات العالمية.

الجدول (13) يبين قيم معامل الاستجابة في الكود السوري

م	قيم R وفق الكود السوري الطريقة المكافئة (الجدول [13])	R
1	جملة ثنائية (جدران قص + إطارات متوسطة بنسبة مساهمة 25%)	5
2	جملة ثنائية (جدران قص + إطارات متوسطة بنسبة مساهمة 50%)	5.5
3	جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة بنسبة مساهمة 25%)	6
4	جملة ثنائية (جدران قص + إطارات خاصة بنسبة مساهمة 50%)	7
قيم R وفق الكود السوري المكافئة المطورة [13]		
1	جملة ثنائية (جدران قص مطاوعة + إطارات متوسطة مقاومة للزوم)	5.5
2	جملة ثنائية (جدران قص عادية + إطارات متوسطة مقاومة للزوم)	6.5
3	جملة ثنائية (جدران قص مطاوعة + إطارات خاصة مقاومة للزوم)	7
4	جملة ثنائية (جدران قص عادية + إطارات خاصة مقاومة للزوم)	6

الجدول (14) قيم معامل تعديل الاستجابة في بعض الكودات العالمية

قيم R وفق كود [11] UBC97			
6.5	IMRF		1 جدران قص مع
8.5	SMRF		2 جدران قص مع
قيم R وفق الكود الهندي [8] IS1893			
4.5	OMRF		1 جدران قص مطاوعة مع
5	SMRF		2 جدران قص مطاوعة مع
3	OMRF		3 جدران قص عادية مع
4	SMRF		4 جدران قص عادية مع
قيم R وفق الكود النيوزيلندي [9] New Zealand			
4.5			1 جملة ثنائية (اطارات + جدران قص) متوسطة المطاوعة
6			2 جملة ثنائية (اطارات + جدران قص) عالية المطاوعة
قيم R وفق الكود الأوروبي [9] Europe			
5.85			1 جملة ثنائية (اطارات + جدران قص)
5.85			2 اطارات خرسانية مقاومة للعزوم
قيم R وفق الكود الياباني [9] Japan (NBCC)2005			
R=Ro*Rd	Rd	Ro	1
6.8	1.7	4	اطارات مطاوعة مقاومة للعزوم
3.5	1.4	2.5	2 اطارات متوسطة المطاوعة مقاومة للعزوم
5.6	1.6	3.5	3 جدران قص مطاوعة
2.8	1.4	2	3 جدران قص متوسطة المطاوعة
2	1.3	1.5	4 انشاء تقليدي (اطارات مقاومة للعزوم + جدران قص)

3.3.4 تصميم البناء

تم تصميم الجملة الإنشائية للبناء وفق المتطلبات الزلزالية لمدينة دمشق وفق الطريقة الاستاتيكية المطورة حيث المنطقة الزلزالية $Z=0.25g$ ومقطع تربة SE في ثلاث حالات (4-8-16) طابق، وتم اختيار التصميم على مقطع تربة SE وذلك للحصول على

نموذج يحقق نقطة أداء في جميع الحالات. أبعاد المقاطع وتسليحها كما هو مبين في الجداول (15-16-17-18).

الجدول (15) أبعاد المقاطع المستخدمة في الدراسة وتسلحها:

الاعمدة	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
الابعاد	30*30	35*35	40*40	40*40	50*50	60*60	80*80	90*90
نسبة التسليح %	1%	1.5%	1.5%	2.3%	2%	2.5%	2.3%	2.3%
B1	35*35		B2	30*30		B3	25*25	
W1								
W2								
W3								

الجدول (16) أبعاد المقاطع المستخدمة في حالة 16 طابق وتسليحها:

بناء 16 طابق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الطرفي	جدار القص
16-15-14-13	C2	C5	C5	W1
12-11-10-9-8-7	C3	C6	C6	W1
6-5-4-3	C5	C7	C7	W2
2-1	C7	C8	C8	W3

الجدول (17) أبعاد المقاطع المستخدمة في حالة 8 طابق وتسليحها:

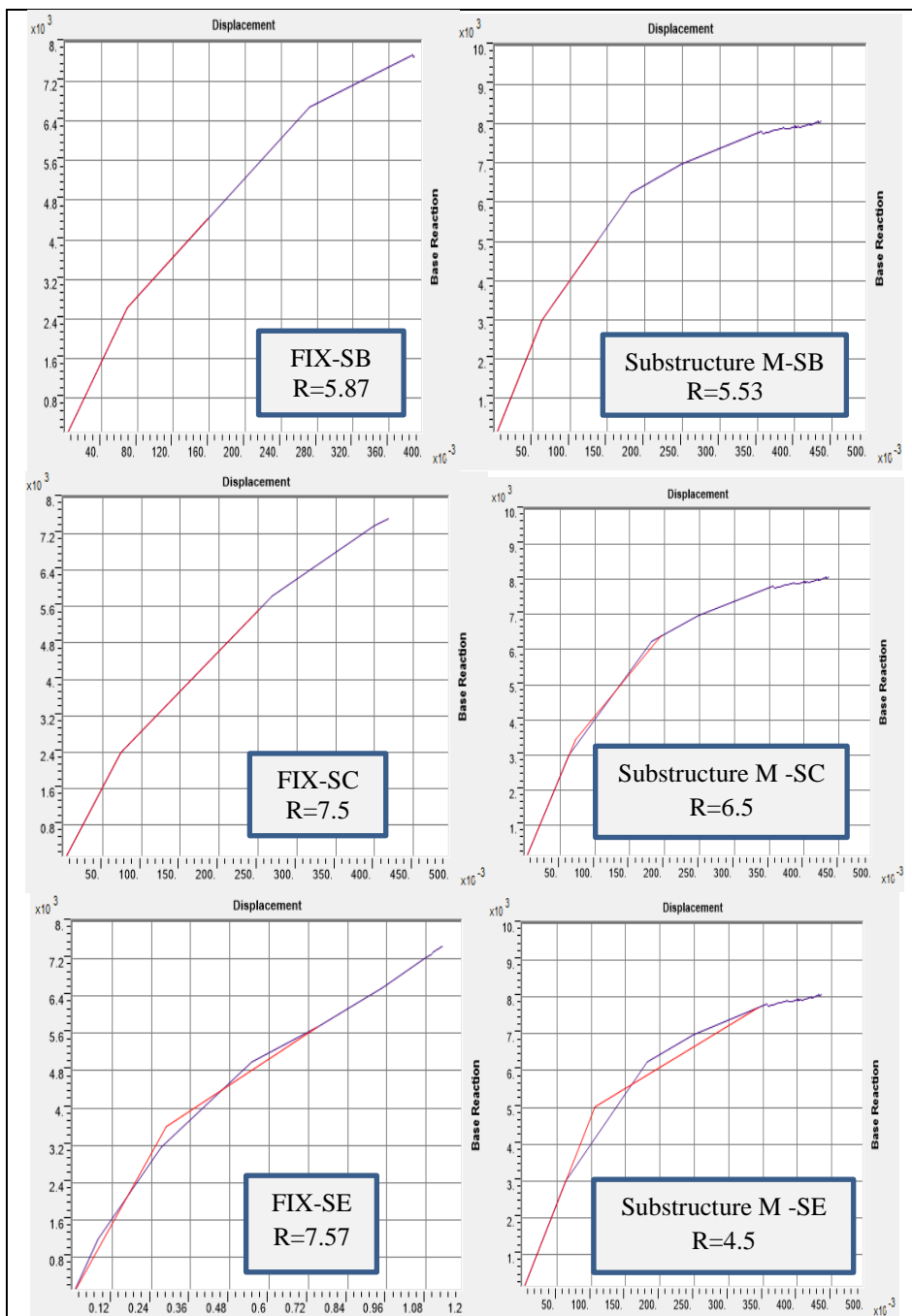
بناء 8 طواق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الطرفي	جدار القص
4-5-6-7-8	C2	C2	C2	W1
1-2-3	C3	C3	C4	W2

الجدول (18) أبعاد المقاطع المستخدمة في حالة 4 طابق وتسليحها:

بناء 8 طواق	العمود الركني	العمود لوسطي	العمود الوسطي	جدار القص
4	C1	C1	C1	W1
1-2-3	C3	C3	C3	W1

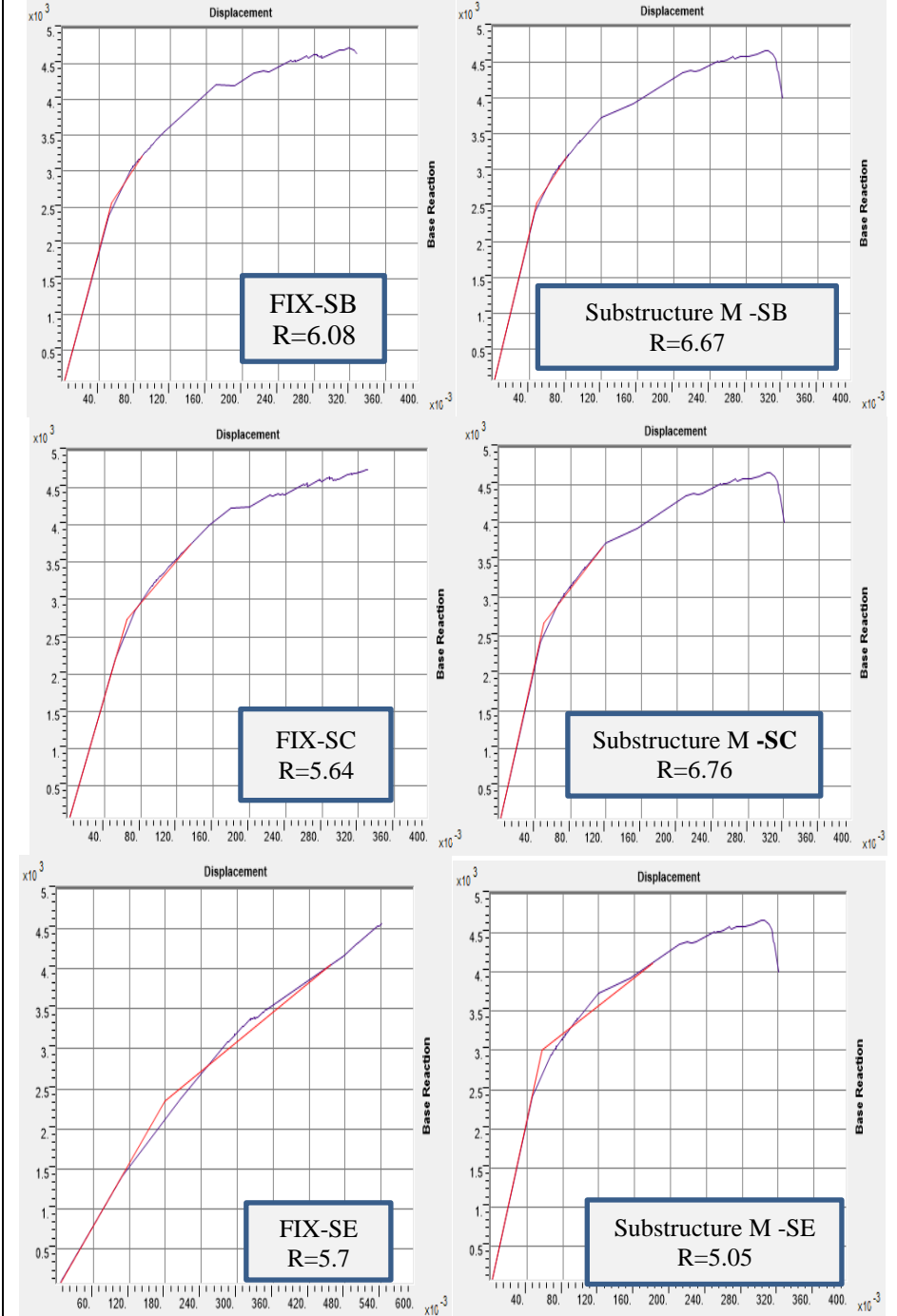
4.3.4 حساب معامل تعديل الاستجابة الزلزالية:

تم حساب العوامل المكونة لمعامل تعديل الاستجابة بعد إجراء تحليل الدفع الجانبي للبناء (PUSHOVER) وبمساعدة المنحنيات ثنائية الخطية في الحالات المختلفة لتربة الاستناد وعدد الطوابق. يوضح الشكل (14) المنحنيات في حالة 16 طابق، والشكل (15) المنحنيات في حالة 8 طابق، والشكل (16) المنحنيات في حالة 4 طابق مع إيضاح القيم عليها في حالة الاستناد على تربة وحالة الوثاقعة.

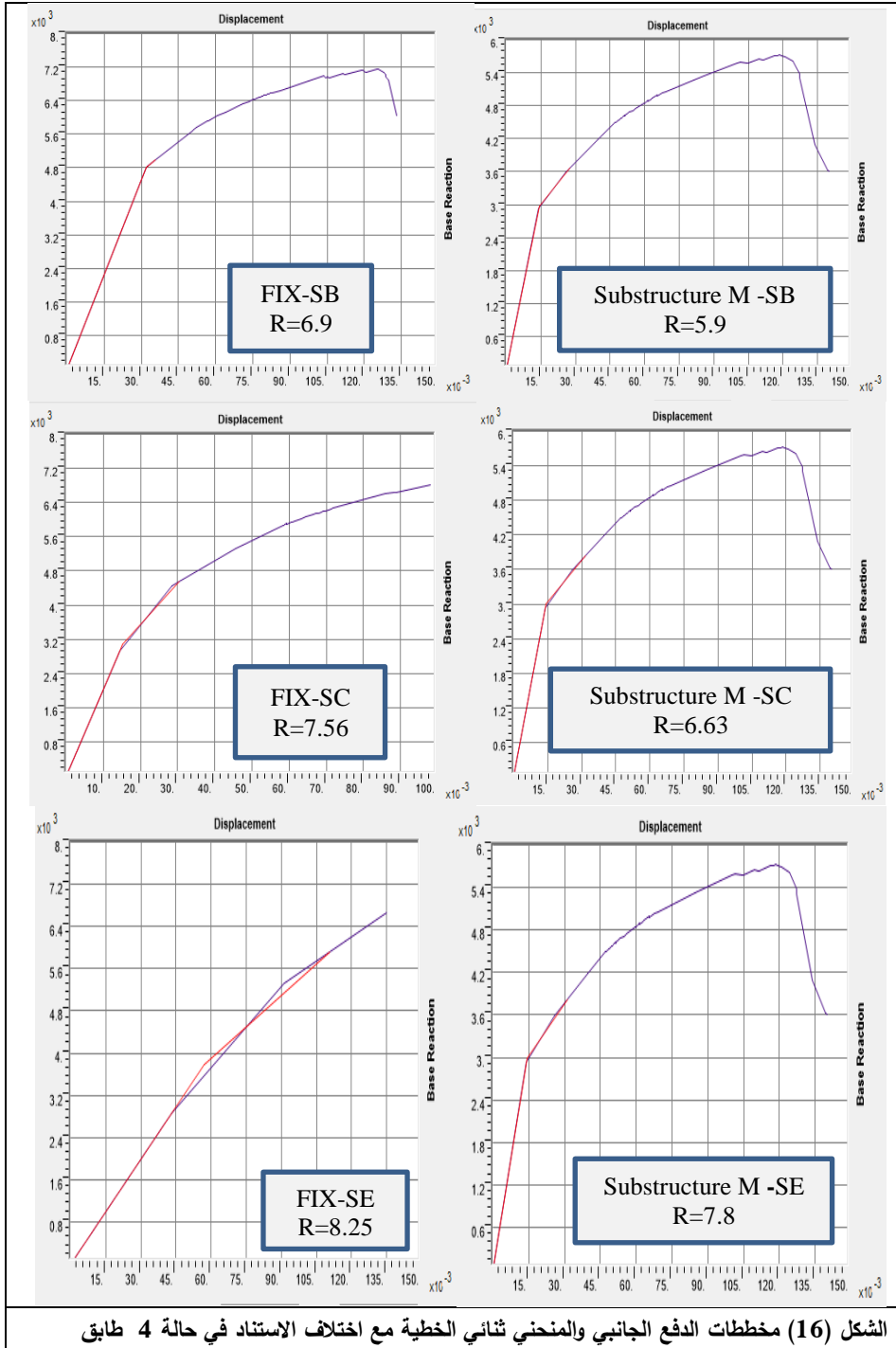


تأثير التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ في الاستجابة الزلزالية للجمل الثانية

الشكل (14) مخططات الدفع الجانبي والمنحني ثنائي الخطية مع اختلاف الاستناد في حالة 16 طبق



الشكل (15) مخططات الدفع الجانبي والمنحني ثنائي الخطية مع اختلاف الاستناد في حالة 8 طبق

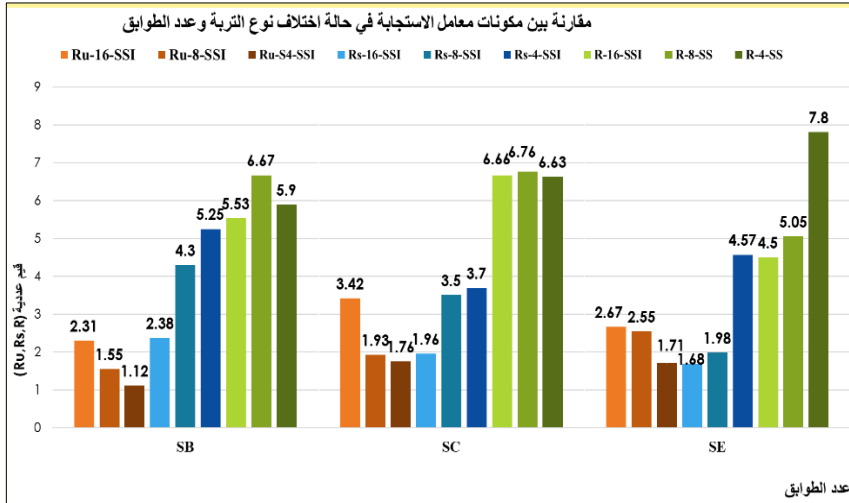


الشكل (16) مخططات الدفع الجانبي والمنحني ثنائي الخطية مع اختلاف الاستناد في حالة 4 طابق

5.3.4 دراسة تأثير المتغيرات على معامل تعديل الاستجابة الزلزالية:

■ تأثير اختلاف عدد الطوابق على معامل تعديل الاستجابة الزلزالية مع تثبيت نوع التربة:

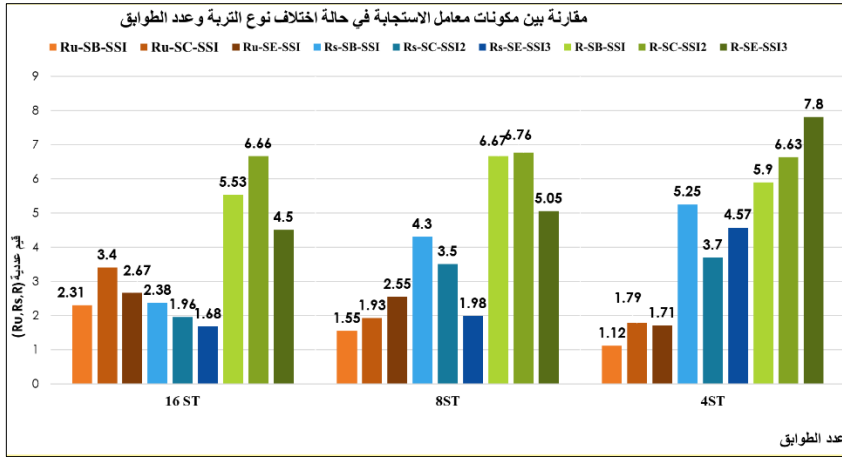
يبين الشكل (17) مقارنة قيم معامل تعديل الاستجابة لكل تربة باختلاف عدد الطوابق، فقد أعطت حالة 8 طوابق أكبر قيمة لمعامل تعديل الاستجابة الزلزالية (6.67) و (6.76) في التربة (SB) والتربة (SC) على التوالي. بينما أعطت حالة 4 طوابق أكبر قيم للمعامل (7.8) في التربة (SE). أي تختلف قيم معامل تعديل الاستجابة باختلاف نوع التربة وعدد الطوابق.



الشكل (17) مقارنة مكونات معامل تعديل الاستجابة الزلزالية حالة اختلاف عدد الطوابق وتثبيت نوع التربة

■ تأثير اختلاف نوع التربة على معامل تعديل الاستجابة الزلزالية مع تثبيت عدد الطوابق:

يبين الشكل (18) مقارنة تأثير تغير نوع التربة مع تثبيت عدد الطوابق حيث وجد أن قيم معامل تعديل الاستجابة تزيد مع انخفاض صلابة التربة في حالة 4 طابق وتنخفض في حالة 8 و 16 طابق ماعدا التربة (SC)، حيث أعطت قيم مقاربة في كل أنواع التربة (6.66 في حالة 16 طابق، 6.76 في حالة 8 طوابق، 6.63 في حالة 4 طوابق).



الشكل (18) مقارنة مكونات معامل تعديل الاستجابة الزلزالية حالة اختلاف نوع التربة وثبيت عدد الطوابق

5. الاستنتاجات والتوصيات:

تم في هذا البحث دراسة تأثير التفاعل المتبادل على الاستجابة الديناميكية للجمل الثنائية وفق عدة متغيرات، حيث تم دراسة تأثير تغيير عدد الطوابق ومواصفات الزلزال ونوع الاستناد ونوع تربة الاستناد وانعكاس ذلك على القوى الداخلية في الجوائز والأعمدة وعلى أبعاد مقاطعها، كما تم دراسة أثر ذلك على قيم معامل تعديل الاستجابة للجمل في حال إدخال التفاعل المتبادل . وتم الوصول للنتائج التالية:

- تزداد قيم عناصر الاستجابة العامة (دور - انحراف جانبي) وينخفض القص القاعي وتزداد العزوم الداخلية في الأعمدة والجوائز مقارنة بالوثاقة مع انخفاض صلابة التربة باختلاف عدد الطوابق ومواصفات الزلزال (ماعد التربة (SC) مع زلزال (Northridge) نتيجة التأثير المحلي للتربة الناتج من توافق تردد التربة مع تردد الهزة).
- تتغير قيم معامل تعديل الاستجابة بنسب تختلف باختلاف نوع التربة وعدد الطوابق عند ادخال التفاعل المتبادل مقارنة بحالة الاستناد الموثوق.
- اعتبرت الكودات العالمية قيمة واحدة لمعامل تعديل الاستجابة للجمل الثنائية (في الكود العربي السوري $R=6.5$) بغض النظر عن خصائص الجمل والارتفاع الطابقي وطبيعة الاستناد (وثاقة أو تربة) وهو غير كافي لأن قيمه تختلف باختلاف هذه

الخصائص للنوع الواحد من الجمل وبالتالي فإن ربط الكودات قيمة R بقيمة ثابتة لنوع الجملة غير كافي.

- يتأثر مكونا معامل تعديل الاستجابة بتغير عدد الطوابق ونوع التربة.
- يزيد إدخال أثر التفاعل المتبادل متطلبات التصميم حيث يزيد مقاطع الجملة وزمن التحليل وبالتالي هو ذو كلفة أعلى.

التوصيات:

- دراسة مقارنة بين طرق نمذجة التربة على الجمل التثائية في المجال اللاخطي.
- دراسة التفاعل المتبادل بين التربة والمنشأ على الأبنية في حال تغيير نوع الأساس (أساسات منفردة -أوتاد).
- دراسة تأثير إدخال التفاعل المتبادل اللاخطي مع السلوك اللاخطي للمنشآت الخاصة.

6. المراجع:

- [1] ASCE 7-10. 2010- **Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures.**
- [2] ATC-19. 1995- **Structural Response Modification Factors.** Applied Technology Council. Redwood City, California, USA.
- [3] ATC40 (Applied Technology Council). 1996- **Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings.** Vol: 1 Ch.: 10. USA.
- [4] Bakhtyar, Saleh Ahmmad. 2017- **Earthquake Analysis of 12 Story Building Considering Built on Three Type of Soil Include Effect of Soil Structure.**" Gaziantep University. Turkey. P: 75.
- [5] Chinmayi H.K., Jayalekshmi B.R. 2013- **Soil-Structure interaction effects on seismic response of a 16 story RC framed building with shear wall"**. National Institute of Technology Karnataka, India.
- [6] Chinmayi. H. K, and Jayalekshmi, B. R. 2016- **Effect of soil stiffness on seismic response of reinforced concrete**

- buildings with shear walls.**" National Institute of Technology Karnataka, Mangalore, India
- [7] Chowdhury, Indrajit, and Dasgupta, Shambhup. 2009- **Dynamic of structure and Foundation- A unified approach, Application 2.** Chennai. India. CRC Press Balkema. P:884
- [8] IS 1893. 2000- Indian Standard. **Criteria for Earthquake Resistant Design of Structures.** Part: 1. India.
- [9] Priestley, M.J.N et al., 2007- **Direct Displacement-Based Seismic Design of Structures.** North Carolina State University, USA.
- [10] Tabatabaiefar, Sayed Hamid Reza 2012- **Determining Seismic Response of Mid-rise Building Frames Considering Dynamic Soil-Structure Interaction"**. PH.D. Thesis. University of Technology Sydney. UTS. P: 263.
- [11] UBC.1997- **Uniform Building Code. Structural Design Requirement.** USA. P:545

In Arabic

- [12] Al Farah, Bashar. 2012- **NONLINEAR SOIL SKELETON STRUCTURES INTERACTION UNDER SEISMIC LOADING VIA MATHEMATICAL PROGRAMMING.** Higher Institute of Earthquake Studies and Research, Structural Earthquake Engineering. Damascus University. Syria. P: 178
- [13] Syrian Arabic Code. (2013). **Designing and Checking of structure against Earthquake.** Syria. P: 271

دراسة تجريبية لأثر استخدام المشابك في رفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة على الثقب*

الاستاذ الدكتور المهندس عبد الحميد كيخيا**

المهندس علاء سعادات***

الملخص

إن البلاطات من العناصر الإنشائية الهامة في المباني وتشكل ما يقارب 60% من حجم البيتون المستخدم وتعتبر البلاطات المسطحة حلاً مثالياً يضمن سرعة وسهولة التنفيذ وخاصة في المباني المتعددة الطوابق . تشكل ظاهرة الثقب عيباً أساسياً لهذه البلاطات و تطرق الكود السوري لمعالجته بطرق تقليدية كإضافة تيجان للأعمدة أو سقوطات للجوائز مما يخلق عيوب معمارية وتكنولوجية . يتضمن البحث إجراء تجارب مخبرية على بلاطات من الخرسانة المسلحة وتحليل النتائج بهدف رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب ضمن نفس سماكة البلاطة المعتمدة وذلك بربط شبكتي التسليح السفلي والعلوي مما يؤمن مبدأ عمل مشابه للجوائز الشبكي. تم استخدام مشابك من نفس نوع التسليح الطولي للبلاطة (مصنعة محلياً) ، والذي أدى بدوره لرفع كفاءة البلاطات البيتونية المسطحة لحدود 55% كقدرة تحمل على الثقب و خفض التشوهات لحدود 50% و تحسين آلية الإنهيار الحاصلة في هذه الحالة . تكمن أهمية البحث في استخدام عناصر مصنعة محلياً ضمن الورشة دون الحاجة للطرق التقليدية أو العناصر المصنعة مسبقاً مما ينعكس إيجاباً على الكلفة ووقت التنفيذ .

الكلمات المفتاحية: البلاطات البيتونية المسطحة ، إجهادات الثقب ، المشابك ، تسليح البلاطة .

*بحث أعد في سياق رسالة دكتوراة للطالب علاء سعادات بإشراف الدكتور عبد الحميد كيخيا.

**أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق .

***طالب دكتوراة - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق .

Experimental Study of the effect of using clasp in raising the efficiency of flat concrete slabs on punching

Abstract

The slabs are one of the important structural elements in the buildings and constitute approximately 60% of the concrete size used. The flat slabs are an ideal solution that guarantees the speed and ease of implementation, especially in multi-storey buildings. The phenomenon of ,punching is a fundamental defect in these slabs, and the Syrian code addressed it to treat it in traditional ways such as making crowns for columns or falls of beams, which creates architectural and technological defects. The research includes conducting laboratory experiments on reinforced concrete slabs and analyzing the results in order to raise the efficiency of the flat slabs on punching within the same thickness of the approved slab by linking the lower and upper reinforcement steel which provides a working principle similar to the trusses . clasp of the same type of longitudinal reinforcement were used for the slab (locally manufactured), which in turn increased the efficiency of the flat concrete slabs to 55% as a bearing capacity for punctures, reducing deformations to 50%, and improving the collapse mechanism that occurred in this case. The importance of the research lies in the use of locally manufactured elements within the workshop without the need for traditional methods or previously manufactured elements, which positively affects the cost and implementation time.

Keywords: flat concrete slab , punching stresses , clasp, slab reinforcement.

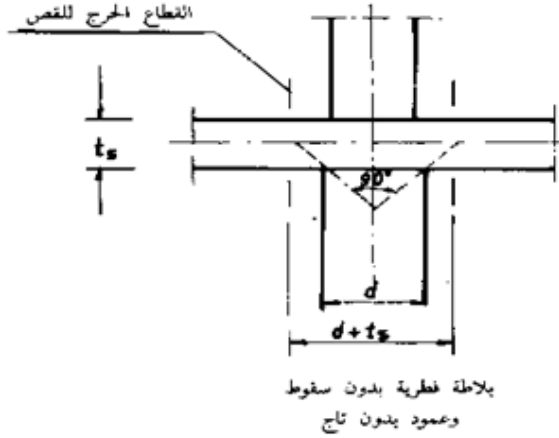
1- مقدمة :

تعد البلاطات من أهم العناصر الإنشائية في الأبنية، حيث إنها تشكل الجزء الإنشائي الأكبر الظاهر للعيان، كما إنها تعتبر العنصر الإنشائي الأول الذي يخضع للحمولات والتأثيرات الخارجية، وبالتالي فإن وظيفتها مقاومة الحمولات والتأثيرات الخارجية ونقلها للعناصر الإنشائية الأخرى. من هنا يمكننا أن نعتبر البلاطات من أكثر العناصر الإنشائية عرضة للتصدعات والتشوهات التي يمكن ملاحظتها بالعين المجردة، و تأثيرها على الناحية الوظيفية والجمالية للمنشأ بشكل عام. كما هو معلوم فإن البلاطات تشكل بحدود 60 % من حجم البيتون المسلح الإجمالي للبناء، وإن حمولات الزلازل تتعلق بشكل رئيسي بالوزن الذاتي للبناء و تلعب البلاطات الدور الرئيس في تصميم العناصر الإنشائية الأخرى (الجوائز ، الأعمدة ، جدران القص ، القواعد) للبناء . من هنا فإن اختيار التصميم المناسب للبلاطات يعتبر من المسائل الأساسية و يجب أخذها بعين الاعتبار عند تصميم الأبنية. تعتبر البلاطات المسطحة من أكثر أنواع البلاطات استخداماً في الأبنية متعددة الطوابق و لميزاتها في إعطاء شكل معماري جميل لاستواء سطحها وإعطاءها توزيع أفضل للضوء. غياب الجوائز الساقطة يقلل من الارتفاع الكلي للمبنى ويعطي ارتفاع صافي أكبر. التقليل من مخاطر دمار الحريق نظراً لعدم وجود زوايا بين البلاطة و الجوائز الساقطة. ويكون تثبيت رشاشات المياة الأتوماتيكية لمقاومة الحريق أسهل وأبسط وكذلك لا يوجد في هذه الحالة أي اعتراض لمسار رش من الجوائز الساقطة. التهوية والتكييف للمكان أسهل سقوطات للجوائز. في المنشآت العالية فإن نظام الشدات هو أهم عامل في التكلفة الاقتصادية لذلك فإن نظام البلاطات المسطحة غالباً هو أحسن نظام للأبنية العالية. وكما تعطي أقل ارتفاع للمبنى عن طريق تقليل الارتفاع الطابقي.

إن نقطة الضعف الرئيسية في هذا النوع من البلاطات هو إجهادات القص الكبيرة (قوى الثقب) التي تتولد في جوار منطقة ارتكاز البلاطة على الأعمدة. لقد تم تقادي هذه الإجهادات بوضع فولاذ تسليح عرضي في هذه المنطقة كما وضع الكود السوري [1] في الفقرة (6-3-7) البلاطات المسطحة (اللاجازية) .

- دلالات :

يقصد عموماً بالبلاطات الفطرية (اللاجازية) البلاطات المسطحة المصمتة غالباً، من الخرسانة المسلحة (إما بسقوط أو بدونه) والتي تتركز مباشرة على أعمدة كما هو موضح بالشكل (1) إما بتيجان أو بدونها ،



L_1 طول الباكية (مقاساً من محاور الأعمدة)

L_2 عرض الباكية (مقاساً من محاور الأعمدة)

L المتوسط الحسابي للمقاسين L_1 و L_2 أي :

قطر تاج العمود أو قطر أكبر D

دائرة يمكن رسمها داخل قطاعه . الشكل رقم (1). بلاطة فطرية بدون سقوط و عمود بدون تاج

بدون تاج

w الحمل الكلي لوحدة المساحة من الباكية تؤخذ w_u في حالة الحساب وفق حالة حد الانهيار

t_s السمك الكلي للبلاطة.

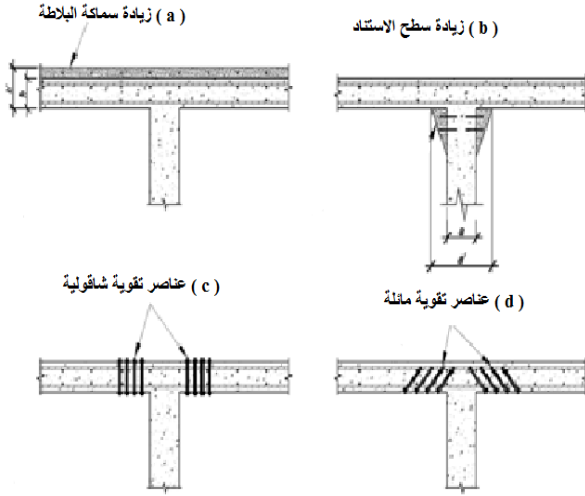
الاشتراطات البعدية

يجب ألا يقل أدنى سمك كلي t_s للبلطة بأي حال عن أكبر القيم التالية :
L/35 للبواري الداخلية المستمرة بالكامل بدون سقوط.

ترتيب التسليح في البلاطات الفطرية في حالة البلاطات الفطرية المرتكزة على أعمدة بدون تيجان ، أو عندما يكون قطر التاج أقل من نصف العرض المتوسط لنهاية العمود العلوية ، يجب تجميع 3/2 كمية التسليح اللازمة لمقاومة العزوم السالبة للشريحة المسندية في عرض يساوي 1/2 عرض هذه الشريحة ، على أن تكون متمركزة مع العمود ، ويوزع باقي التسليح على العرض المتبقي من الشريحة المسندية

الطريقة الأساسية للتقوية :

الثقب يسبب إهيار البلاطات المسطحة عند التعرض لإجهاد مركز من الأعمدة وذلك



ضمن مساحة محددة تحيط

بالعمود، يمكن تحديد الثقب

تصميمياً بما يسمى منطقة الثقب

وهو بشكل هرم مقطوع. ويعتمد

التصميم على تقوية منطقة

الثقب الموضح بالشكل (2)

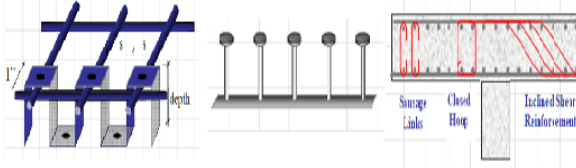
الشكل (2) طرق التقوية الأساسية

والتي تصنف للطرق التالية

زيادة سماكة البلاطة الفعالة (a) زيادة مساحة تحمل البلاطة (b)

تقوية تسليح القص (c , d) في البلاطات المسطحة

من الأشكال الأكثر شيوعاً المستخدمة في التقوية هي التسليح التقليدي ومسامير قص



إضافة لمشابك لربط تسليح

البلاطة كما هو موضح

بالشكل (3)

الشكل (3) بعض عناصر التقوية الأساسية في البلاطات المسطحة

2 - هدف البحث :

تحديد مساهمة التسليح العرضي (مشابك) المستخدم في رفع كفاءة البلاطات المسطحة على الثقب ضمن الظروف المحلية من حيث المقاومة و التشوهات و شكل الإنهيار.

3 -مراجعة بحثية :

1-3 الأبحاث النظرية :

إن [7] SG Katchanovski يقترح الصيغة (1.4) لحساب الثقب مع تسليح قص الذي تبناه لاحقاً SNIP 2.03.01-84:

$$P \leq P_{\sigma} + P_x (1.4)$$

بشرط ألا يزيد عن $2P_{\sigma}$

P_{σ} : القوة الفعلية للبيتون في المقطع العرضي المعرف بالعلاقة (1.5)

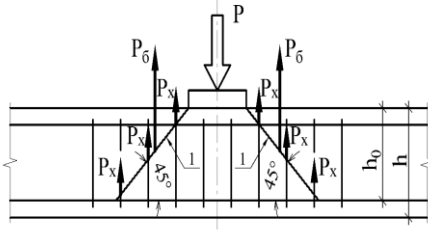
P_x : القوة الفعلية للتسليح العرضي المتقاطع مع الوجه الجانبي لهرم

حساب الثقب من العلاقة (1.6)

$$P_{\sigma} = k * R_p * b_{cp} * h_0 (1.5)$$

F : قوة الثقب

K : معامل يتعلق بنوع البيتون (ثقيل 1 ، خفيف 0.8)



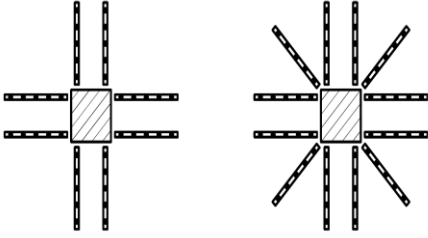
$$P_x = k_1 * R_{ax} * F_x (1.6)$$

(0.8) : معامل يؤخذ K_1

الشكل (4): مخطط حسابي لبلاطة الثقب وفقاً لـ SNIP 2.03.01-84

يجب الأخذ بعين الاعتبار أن قيمة P_x التسليح العرضي لا تتجاوز $0.5P\sigma$
 النتيجة : يتضح من العلاقات السابقة أن مقاومة المقطع للثقب تزيد باستخدام تسليح قص
 (عرضي) .

2-3 الدراسات التجريبية :



الشكل (5)

جامعة Calgary (Calgary, USA)

اقترحوا لحل هذه المشكلة استخدام مسامير

قص كما هو مبين الشكل (5)

كلا النوعين نفس الفعالية و لكن المعامل

الأساسي هو الخطوة الأولى S_0

في دراسة لـ Dilger W.H. et al. [3] بين أن موقع أول خطوة $S_0 \geq 0.5 h_0$ و من
 ناحية أخرى لافائدة لتقريبها أكثر من ذلك لأن الشق يحصل على بعد من وجه العمود
 موافق لـ $0.5 h_0$ تقريباً .

Van der Voet A.F., Dilger W.H., Ghali A,[11]

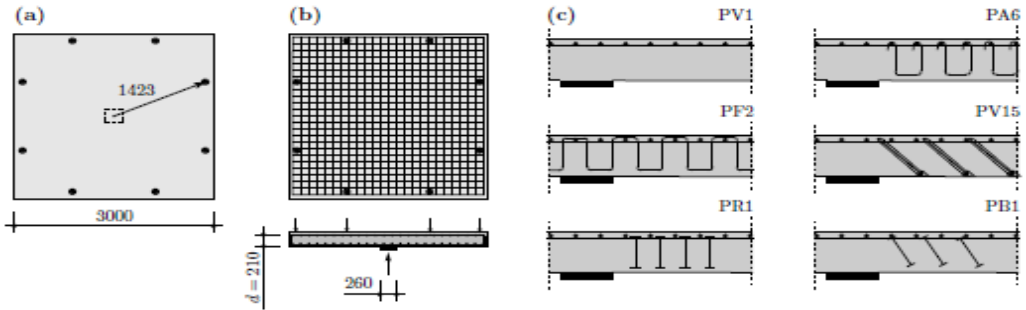
وجد أنه لنحصل على استفادة مثلى يجب أن يكون $S_0 \leq 0.75 h_0$

النتيجة : إن S (المسافة بين المسامير) من شأنها رفع الكفاءة و التحكم بآلية الإنهيار .

[10](Muttoni, 2010) : أجرى اختبار ل 6 بلاطات لها نفس المواصفات و تختلف

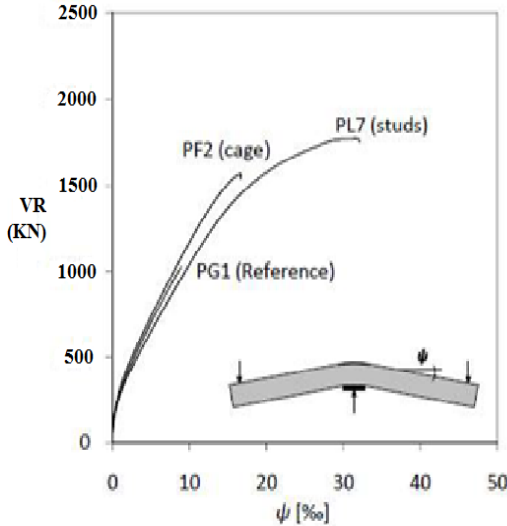
بأنواع التسليح العرضي و كانت النتائج على الشكل التالي :

- النظام الذي أعطى أعلى قيم لمقاومة الثقب هو مسامير القص PR1.
- عمل جيد للمشابك PF2.
- أقل فعالية للمشابك المفتوحة PA6 .



الشكل (6) : أنواع التسليح العرضي (c) التسليح الطولي بنسبة 1.5% (b) الأبعاد (a)

بحث [9] Stefan Lips and Aurelio Muttoni درس 16 عينة وفق المعاملات



المتغيرة التالية :

قياس العمود ، سماكة البلاطة ، نسبة

التسليح العرضي ، نوع التسليح

العرضي (مسامير قص ، مشابك)

حيث أخذت أبعاد البلاطة (3*3 m)

و عمود مربع و نسبة التسليح $\rho =$

1.5 %

قسمت إلى ثلاث مجموعات :

الشكل (7) : رسم بياني للأحمال مع الدوران لحالتي : رؤوس مفلطحة stud,

1- نسبة (أبعاد العمود / ارتفاع البلاطة الفعال) تتراوح من (0.62 - 2.48)

2- سماكة البلاطة من : mm (250 - 400) و اعتمدت هنا النسبة السابقة

1.24

3- نسبة التسليح العرضي

و كانت النتائج على الشكل التالي :

- تختلف قدرة التحمل باختلاف نوع التسليح العرضي حيث القيمة العليا لمسامير القص .
- زيادة صغيرة بزيادة نسبة التسليح العرضي .
- المسامير تزيد المقاومة للثقوب مرتين و مقاومة الدوران 3 مرات .
- طريقة حساب الثقب مأخوذ من قواعد التصميم [2,5] و التي تعطي هامش أمان كبير .

النتيجة : نلاحظ قدرة المسامير على تخفيض الدوران مما ينعكس على

تخفيض التشوه في البلاطات أكثر مما هو عليه في حالة المشابك .

مجموعة من الأبحاث [8] Herzog [6], Kordina / Nölting

تقترح أن تكون مساهمة التسليح العرضي بالأخذ بعين الإعتبار الظروف

المحلية (ظروف العمل) من : 0.8 - 0.25 وفق الكود الروسي

أبحاث أخرى Elstner / Hognestadt [4] and Regan, تظهر

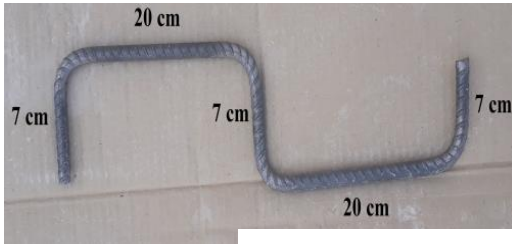
استخدام التسليح العرضي مع معامل الظروف المحلية : 0.8 - 0.5

وفق Ec2 & Aci 318-08

4 - مواد وطرائق البحث : الفكرة الأساسية للبحث تكمن في تحديد معامل رفع قدرة

التحمل على الثقوب للبلاطات المسطحة وفق الظروف المحلية حيث تم تصنيع مشابك

كما هو موضح بالشكل (8). (الأبعاد ب cm) حيث استخدمنا نفس قطر تسليح البلاطة



الشكل (8) العينة و المشابك المستخدمة

(12 مم) في تقوية الثقب للبلاطات لما في ذلك من ميزات تكنولوجية من حيث توفير الوقت والكلفة تم إجراء التجارب في جامعة دمشق_ كلية الهندسة المدنية_ مخبر البيتون .يوضح الجدول رقم(1) مواصفات المواد المستخدمة حيث تم حساب المواصفات بناءً على مقاومة البيتون و عيار الإسمنت المستخدم وكما يوضح الجدول رقم(2) أبعاد وتسليح العينات وعدد العينات المختبرة (6 عينات). تم تطبيق الحمل ستاتيكيًا لحدود 100 KN ثم نترك فترة راحة و نعاود بعدها التحميل.

الجدول (1) مواصفات المواد المستخدمة

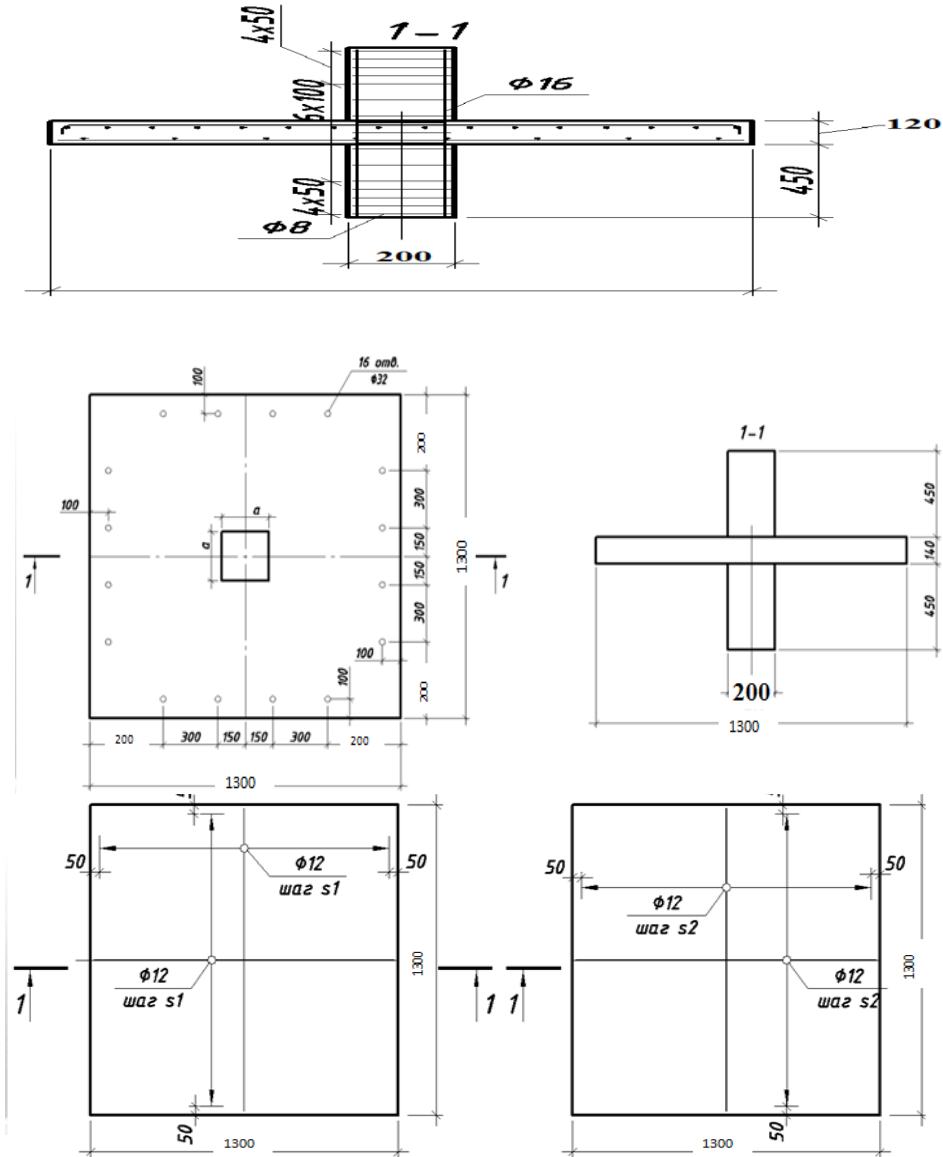
إضافات kg/m^3	W / C	الخصويات kg/m^3	الماء l/m^3	الأسمنت kg/m^3
2.2	0.45	1800	150	350
التسليح		البيتون		
Es (Mpa)	f_y (Mpa)	Ec (Mpa)	f_c' (Mpa)	
$2.1 \cdot 10^5$	400	28500	20	

الجدول (2) أبعاد و تسليح العينات المستخدمة

اسم العينة	أبعاد العينة (cm)	سماكة العينة (cm)	التسليح العادي	التسليح المقوى
A1	130 * 130	12	شبكة 12 / 10cm	لا يوجد
A2			سفلية	
A3			شبكة 12 / 20cm	
			علوية	
E1	130 * 130	12	شبكة 12 / 10cm	مشابك
E2			سفلية	
E3			شبكة 12 / 20cm	
			علوية	

العينات A_1 , A_2 , A_3

يوضح الشكل رقم(9) أبعاد العينات غير المقواة



الشكل (9) أبعاد العينات العادية

كما توضح الأشكال (10،11) العينات غير المقواة وآلية الإنهيار الحاصل



الشكل (10) تسليح العينات العادية



الشكل (11) آلية إنهيار العينات العادية

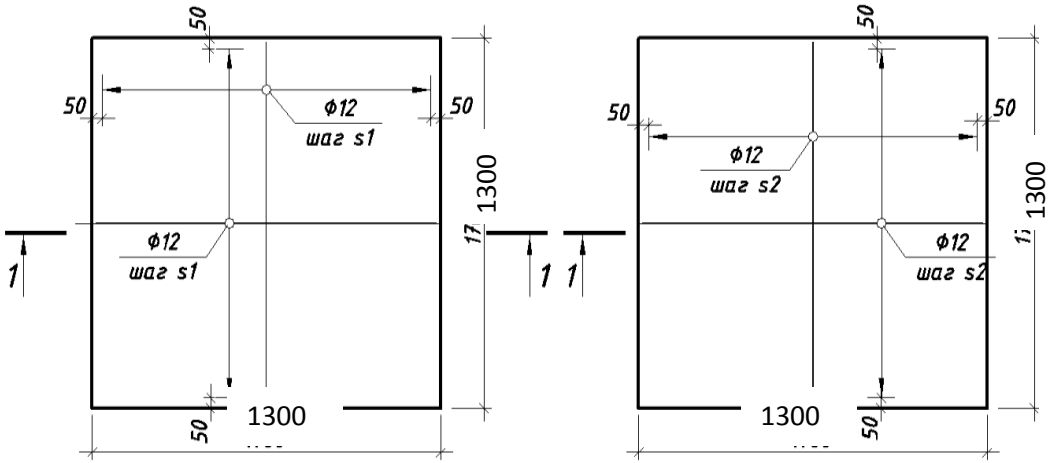
و يوضح الجدول رقم (3) نتائج التشوهات و قدرة التحمل للعينات غير المقواة

الجدول (3) نتائج كسر العينات العادية

	P_{cr} (KN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)	Ψ_{max} (rad)
A1	383.5	7	14	25.5	0.051
A2	377	6	14	28.0	0.056
A3	360	5.5	11	20.0	0.04
A	373.5	6	13	24.5	0.049

P (KN)	100	200	300	350	373.5
δ_3 (mm)	5.2	9.8	14.7	22.8	24.5
$\xi * 10^{-4}$	2.08	3.92	5.88	9.12	9.8

العينات E_1 , E_2 , E_3 : يوضح الشكل رقم (12) أبعاد العينات المقواة



الشكل (12) أبعاد العينات المقواة بمشابك

كما توضح الأشكال (13،14) العينات المقواة وآلية الإنهيار الحاصل



الشكل (13) تسليح العينات المقواة



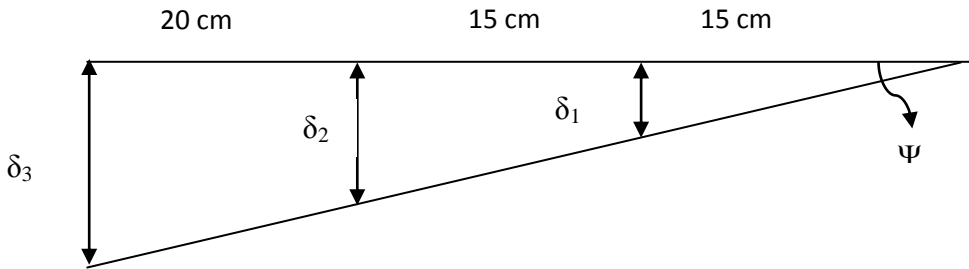
الشكل (14) آلية إنهيار العينات المقواة

و يوضح الجدول رقم(4) نتائج التشوهات وقدرة التحمل للعينات المقواة

الجدول (4) نتائج كسر العينات المقواة

	P_{cr} (KN)	δ_1 (mm)	δ_2 (mm)	δ_3 (mm)	Ψ_{max} (rad)
E1	585	5.00	10.20	17.20	0.0344
E2	565	4.80	9.00	15.30	0.0306
E3	590	5.50	11.20	18.50	0.037
E	580	5.1	10.2	17	0.034

P (KN)	100	200	300	350	373.5	580
δ_3 (mm)	3	4.9	7.3	11.4	12.5	17
$\chi * 10^{-4}$	1.2	1.96	2.92	4.56	5	6.8



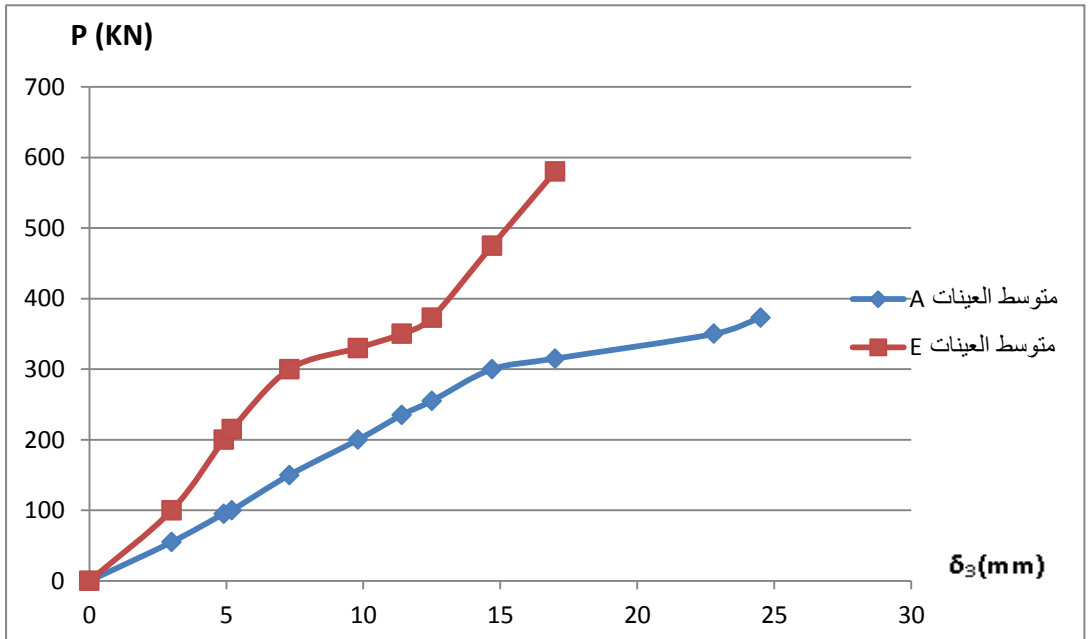
5 - النتائج و مناقشتها :

توضح الأشكال (15،16،17،18) مقارنة بين العينات العادية والعينات المقواة بمسامير

قص من حيث :

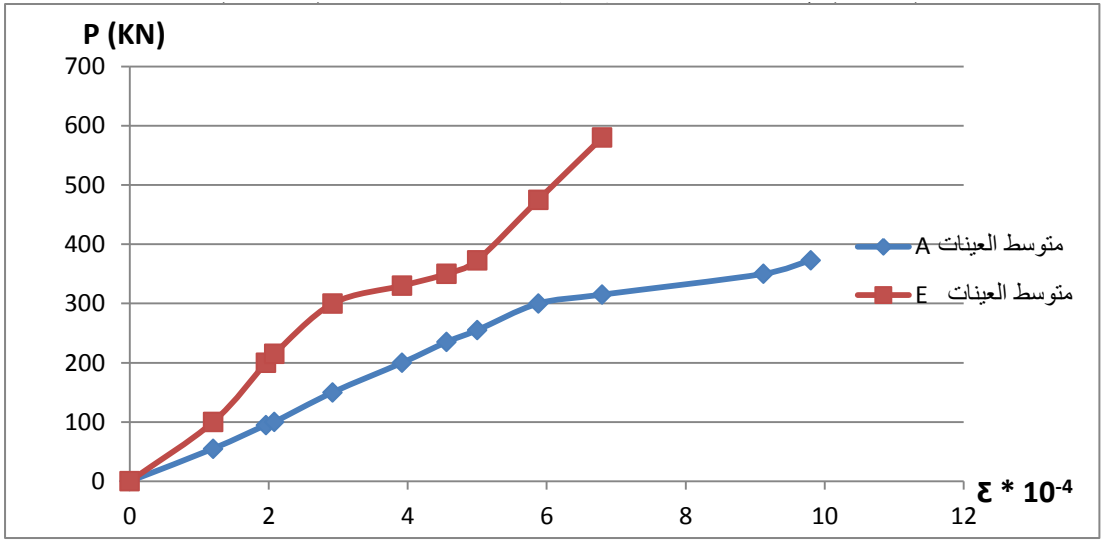
(القوة ، الانتقال) ، (القوة ، التشوه) ، (القوة ، زاوية الدوران) ، (الإجهاد ، التشوه)

على الترتيب



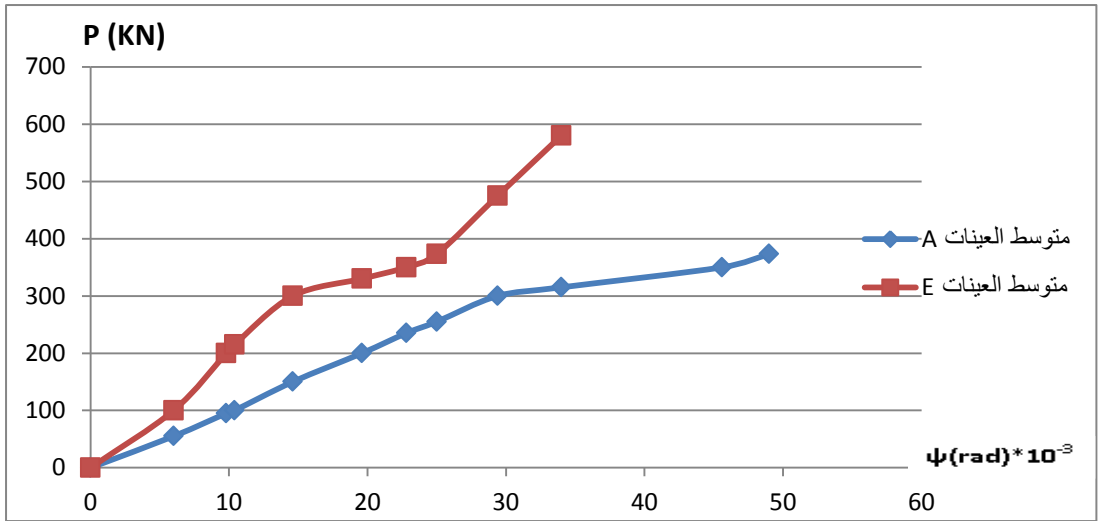
الشكل (15) مخطط (P , δ)

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع الإنتقال الشاقولي الحاصل في البلاطة ارتفاع قدرة التحمل للعينات المقواة مقارنة بالعينات العادية إضافة لانخفاض قيم الإنتقال الحاصل وذلك بسبب رفع صلابة المنطقة المعرضة للثقب المباشر.



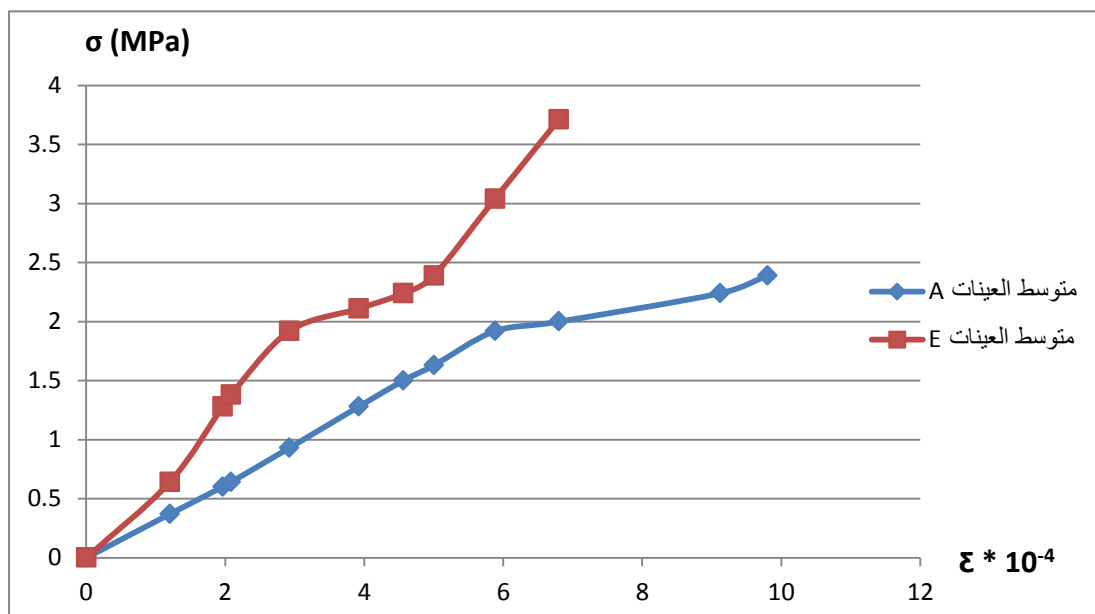
الشكل (16) مخطط (P , ε)

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع قيمة التشوه الحاصل في البلاطة (حالة مستوية) ويفرض معامل بوسون للبيتون (0.2) انخفاض قيم التشوه للعينات المقواة مقارنة بالعينات العادية وذلك بسبب انخفاض التشوه المطلق الحاصل.



الشكل (17) مخطط (P , ψ)

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة القوة المطبقة على الجهاز مع قيمة زاوية الدوران المتشكلة بين الوضع الأفقي قبل التحميل و الوضع عند أقصى قيمة للإنتقال الحاصل في مركز البلاطة إنخفاض قيمة هذه الزاوية في العينات المقواة عند نفس القوة المطبقة وذلك بسبب انخفاض نسبة الإنتقال في مركز البلاطة لبعدها نقطة تطبيق الحمل عن المساند .



الشكل (18) مخطط (σ , ϵ)

نلاحظ من الشكل السابق عند مقارنة الإجهادات مع قيمة التشوهات (حالة إجهادات مستوية) انخفاض التشوه لنفس الإجهاد المتشكل في العينات المقواة وذلك باعتبار ثبات القوة المسببة للإجهاد مع انخفاض الانتقال المسبب للتشوه مع الحفاظ على المواصفات الأساسية للبيتون (عامل المرونة ، معامل بوسون) .

6 - الاستنتاجات و التوصيات :

الاستنتاجات:

- 1- نلاحظ زيادة في قدرة تحمل البلاطات على الثقب (P_{CR}) في العينات المقواة بمسامير بمشابك بحدود (55 %) ويمكننا بشكلٍ مبدئي توقع مساهمة هذا النوع من التقوية المستخدم في رفع المقاومة على الثقب للبلاطة المستوية لحدود القيمة (1.55).
- 2- نلاحظ خفض للتشوهات (ϵ) في العينات المقواة وصل لحدود (50 %).
- 3- نلاحظ خفض لزاوية التشوه (ψ) في العينات المقواة وصل لحدود (50 %).
- 4- يلاحظ فعالية جيدة للعينات المقواة من حيث إظهار كفاءة أعلى لمقاومة التشوهات الظاهرة والمحافظة على تماسك العينة بشكل كامل .

التوصيات:

- 1- التحري عن تأثير تغير قطر المشبك على رفع الكفاءة .
- 2- التحري عن مدى تأثير طول المشبك على رفع الكفاءة والخطوة الأولى المثلى.

7 - المراجع :

1. الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2004 و ملحقاته ، نقابة المهندسين السوريين ، دمشق ، سورية
2. **ACI 318-08**. Building Code Requirements for Structural Concrete. Detroit: ACI 318-08, American Concrete Institute, 2008.
3. **Dilger W.H., Ghali A.** Shear reinforcement for concrete slabs // ASCE Journal of the Structural Division. -1981.
4. **Elstner R.C., Hognestad E.** Shearing strength of reinforced concrete slabs. ACI Journal // ACI Journal. -1956 G .. -28. -1.
5. **EN 1992-1-1: 2004**. Eurocode 2 Design of concrete structures, part 1-1: General rules and rules for buildings., 2004.
6. **Herzog M.** Der Durchstandswiderstand von Stahlbetonplattennachneuausgewerteten // Ostereichische Ingenieurzeitschrift, Vol. 14 1971.
7. **Kachanovskii SG** Resistance to solid slabs with transverse reinforcement effect of concentrated loads // Diss. on soisk. Ouch. Art. cand. tehn. Sciences. - M., 1982
8. **Kordina K., Nolting D.** Shear capacity of reinforced concrete slabs subjected to punching // Deutscher Ausschuss fur Stahlbeton, Nr. 371. - Berlin, 1986..
9. **Lips S. and Muttoni A.** Experimental investigation of reinforced concrete slabs with punching shear reinforcement.
10. **Muttoni, A., Fernández Ruiz, M.** Performance and design of punching// 3rd fib International Congress – 2010.
11. **Van der Voet A.F., Dilger W.H., Ghali A.** Concrete flat plates with well-anchored shear reinforcement elements // Canadian Journal of Civil Engineering

