

دراسة تحليلية لتحديد قيمة معامل تعديل القوى الزلزالية R لجمل إنشائية ثنائية بيتونية قائمة

د . عصام ناصر*

د . بسام حويجة**

رهام ابوبالاء***

(تاريخ الإيداع 21 / 5 / 2020. قُبل للنشر في 29 / 9 / 2020)

□ ملخص □

تأتي أهمية اعتماد معامل تعديل القوى الزلزالية R في عملية التحليل والتصميم الزلزالي من تضمينه لمطاوعة الجملة الإنشائية الناتجة عن سلوك مرن - لدن لمادة الإنشاء، والمقاومة الزائدة المتأصلة لعناصرها والتي يتم التصميم على قيم مقاومة أقل منها، وبالتالي تخفيض قوة القص القاعدية المتولدة عن الحركة الزلزالية.

عملت غالبية الأبحاث التي درست المعامل R على إيجاد قيمه وفقاً لتحليل استاتيكي لا خطي، وأظهرت النتائج وجود اختلافات بقيم المعامل R عن ما ورد في الكودات على اختلافها لأنواع مختلفة من الجمل الإنشائية، واستخدمت هذه الأبحاث نماذج مباني افتراضية للدراسة تخدم سهولة الوصول لهدف البحث وغالباً ما يكون الهدف دراسة قيمة المعامل R بتغيير أحد العوامل الداخلة في حسابه.

تم في هذه الدراسة تحديد قيم معامل السلوك اللامر R لمباني بيتونية قائمة مقاومة لزلزل بجمل إنشائية ثنائية بالعلاقة بين صلابة أعمدة الإطارات إلى صلابة جدران القص لهذه الجمل بالاتجاه المدروس، باستخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي (Non Liner Static Analysis) NLSA، ومقارنة النتائج مع قيم المعامل R المعطاة في الجداول المبسطة للكود العربي السوري وملحقه الثاني لعام 2013، وتوصلنا في دراستنا إلى وجود تبايناً كبيراً بين القيم الناتجة للمعامل R والقيم المعطاة في الكود العربي السوري إضافة إلى زيادة قيمه بازدياد كل من الدور الأساسي ونسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص لهذه الجمل.

الكلمات المفتاحية: معامل تعديل القوى الزلزالية - معامل السلوك اللامر - المطاوعة - المفصل اللدن - الجمل الإنشائية الثنائية - التحليل الستاتيكي اللاخطي.

*أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. i.nasser90@yahoo

**أستاذ - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية. h.basam65@yahoo.com

***طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

rehamabobalaa@gmail.com

Analytical Study to Calculate the Seismic Forces Modification Coefficient R for the Existing RC Dual Structural Systems

Dr. ISSAM NASSER*
Dr. BASSAM HWAIJA**
REHAM ABOBALAA***

(Received 21 / 5 / 2020. Accepted 29 / 9 / 2020)

□ ABSTRACT □

The importance of adopting seismic forces modification coefficient R in the seismic analysis and design process comes from its inclusion in the ductility of the structural systems resulting from the elastic-plastic behavior of the building material, and the inherent increased resistance of its elements whose design is made at lower resistance values than it, thereby reducing the base shear due to seismic motion .

The majority of the researches that studied the R coefficient found their values according to a NLSA, and the results showed that there are differences in the values of the R factor from what was stated in the different codes for different types of structural systems, and this researches used virtual building models of the study that serve ease of access for the purpose of the research, the goal is often to study the value of the parameter R by changing one of the factors involved in its calculation.

In this study, the values of the R behavior coefficient of the concrete buildings were determined based on the seismic resistance of the dual structural systems with the relationship between the stiffness of the frame columns to the stiffness of the shear walls of these systems in the studied direction, using NLSA (non-linear static analysis), and the results were compared with the values of the given parameter R In the simplified tables of the Syrian Arab code and its annex 2 to year 2013. In our study, we found that there is a great difference between the resulting values of the R coefficient and the values given in the Syrian Arab code, in addition to increasing its values by increasing both the fundamental period and the ratio of the stiffness of the frame columns to the stiffness of the shear walls of these systems.

Keywords: Seismic Forces Modification Coefficient – Non Linear Behaviour Coefficient – Ductility – Plastic Hinge – Dual Systemsn –Push Over

* Professor , Department of Structural Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.

E-mail: i.nasser90@yahoo.com

**Professor, Department of Structural Engineering , Tishreen University , Lattakia , Syria.

E-mail: h.basam65@yahoo.com

***Master Student , Department of Structural Engineering, Tishreen University, Lattakia. Syria. E-mail: rehamabobalaa@gmail.com

مقدمة:

تتطلب عملية التصميم الزلزالي قدرة المنشأ على امتصاص وتبديد الطاقة أثناء حدوث الزلزال عن طريق حصول تشوهات لامرنة مع أقل درجة ممكنة من الضرر، وهذا يعتمد على مطاوعة وصلابة ومقاومة الجملة الإنشائية. المطاوعة (Ductility): هي قابلية التشوه بعد الحد المرن دون حصول نقص خطير في المقاومة أو في سعة تبديد الطاقة. مطاوعة الجملة الإنشائية تتضمن مطاوعة المادة (التشوهات μ_c) ومطاوعة المقطع (الانعطاف μ_θ) ومطاوعة الجملة (الانتقال μ_d).

الصلابة (Stiffness): الحد من بارامترات الاستجابة للمنشأ (انتقال - سرعة - أدوار اهتزاز ..).

عند تحديد الصلابة للعناصر الإنشائية يجب الأخذ في الحسبان تأثير المقاطع المتشققة في الجمل المختلطة أو الثنائية ولهذا يتم تخفيض الصلابة للعناصر الإنشائية المسلحة المصممة على الأحمال الجانبية، وفقاً لتوصيات الكود السوري ملحق الزلازل [1] وفق الجدول (1) الآتي:

الجدول (1) : قيم تخفيض الصلابة للجيزان والأعمدة وفق ملحق الكود السوري 2012

العنصر	التساوية (الصلابة) الإنعطافية (EI)
جائز	$0.5 E_c I_g$
عمود بحالة الضغط	$0.7 E_c I_g$
عمود بحالة الشد	$0.5 E_c I_g$
جدار غير متشقق	$0.8 E_c I_g$
جدار متشقق	$0.5 E_c I_g$

ويمكن أن تخفض الصلابة الانعطافية للأعمدة وجدران القص المعرضة للمركزية ضغط كبيرة إلى $0.2E_c I_g$. أوصت الكودات بقيم مبدئية لصلابات العناصر في الجمل الإنشائية لمباني خاضعة لحوامل جانبية كما يلي (Bing Li, 2012) [2]:

_FEMA (2000) أعطى القيمة $0.5 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية أقل من 30% والقيمة $0.7 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية أكبر من 50% .

_ASCE (2007) اعتمد القيمة $0.3 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية أقل من 10% والقيمة $0.7 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية أكبر من 50% .

_ACI (2008) حدد قيمة الصلابة $0.35 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية أقل من 10% وقيمة $0.7 E_c I_g$ للعناصر الخاضعة لحوملة محورية تساوي أو أكبر من 10% أو تأخذ القيمة $0.5 E_c I_g$ لكل العناصر.

E : معامل مرونة البيتون ، I_g : عزم العطالة للمقطع الكلي.

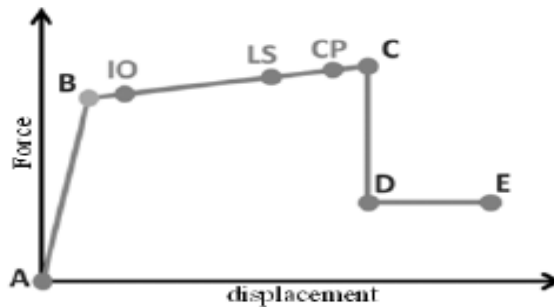
المقاومة (Strength): هي قدرة المقطع أو العنصر لمقاومة الحمولات المطبقة.

المقاومة الزائدة (Over – strength): هي خاصية تتعلق بالمنشآت، حيث تكون مقاومتها الفعلية أكبر من مقاومتها التصميمية، ويتعلق مقدار الزيادة بنوع مادة المنشأة وبنظامها الإنشائي.

ذكر الباحثان (Vona . M & Mastroberti . M ,2018) [3] أن مصادر المقاومة الزائدة في المباني القائمة يمكن إهمالها، فالمباني القائمة غير مصممة أصلاً لإيجاد ميكانيزمات توزع للمفاصل اللدنة فأغلب المباني القائمة صممت على الأحمال الشاقولية.

1. آراء مهمة حول المفصل اللدن:

المفصل اللدن (Plastic Hinge) هو المقطع من العنصر الإنشائي الذي يتوقع حدوث التشققات والخضوع عنده باعتباره يخضع إلى قوى داخلية كبيرة كعزوم الانعطاف وقوى القص بحيث تقترب هذه القوى إلى القوى الحدية، و يوجد عدة أنواع للمفاصل اللدنة : مفصل القوة المحورية P ، مفصل الانعطاف M ، مفاصل القص V ، مفصل الفتل T ، مفصل ترابط القوة المحورية و العزوم PM و PMM ، ويعرف المفصل اللدن بعلاقة (قوة - انتقال) أو (عزم - دوران) كما في الشكل (1) حيث يقسم سلوك المفصل إلى عدة مجالات : المجال AB المرن الخطي من حالة عدم التحميل النقطة A (مبدأ المنحني) إلى النقطة B (نقطة الخضوع) ، والمجال BC المرن اللاخطي يحدث فيه انخفاض في صلابة العنصر المتمثلة بميل المستقيم من النقطة B إلى النقطة C (الاستطاعة الحدية للمفصل) ، والمجال الذي يحدث فيه انخفاض مفاجئ في مقاومة الأحمال من النقطة C إلى النقطة D (المقاومة المتبقية في المفصل) ، والمجال الذي يمثل انهياراً كاملاً للمقاومة من النقطة D إلى النقطة E (حد الانهيار) ولا يستطيع المفصل بعدها تحمل أية حمولة، ونميز على هذا المنحني في المجال BC ثلاثة مستويات للتضرر تمثل مستويات الأداء الإنشائية للمنشأ SP. Structural Performance



الشكل (1) : الشكل العام لعلاقة (قوة - انتقال) لسلوك للمفصل اللدن [4]

- مستوى الإشغال الفوري (IO) Immediate Occupancy : يسمح بظهور أضرار إنشائية محدودة مع محافظة عناصر الجملة الإنشائية المقاومة للأحمال الشاقولية والأفقية على خواصها واستطاعتها بما يسمح باستعمال المنشأة مباشرة بعد الزلزال.

- مستوى سلامة الأرواح أو أمان الحياة (LS) Life Safety : تظهر عنده أضرار واضحة في عناصر الجملة الإنشائية مع المحافظة على هوامش أمان الانهيار الكلي أو الجزئي، بما يمنع حدوث أضرار بشرية خطيرة أما إصلاح الأضرار الإنشائية قد يكون أمر غير مجدي اقتصادياً.

- مستوى منع الانهيار أو الاستقرار الإنشائي (CP) Collapse Prevention : تحدث عنده أضرار إنشائية كبيرة في عناصر الجملة الإنشائية تؤدي إلى انهيار المنشأ كلياً أو جزئياً مما يشكل خطراً على الأرواح البشرية ولا بد هنا من هدم المنشأ بعد التضرر لعدم إمكانية إصلاحه.

وهناك مستويات أداء غير إنشائية NP Non Structural Performance تحدد بناءً على سلوك العناصر غير الإنشائية بعد تعرض المنشأ لحركة أرضية .

تم طرح علاقات متعددة لحساب طول المفصل اللدن l_p في العناصر البيتونية المسلحة، نذكر منها :

$$l_p = 0.5H \quad (1)$$

l_p - طول المفصل اللدن ، H - ارتفاع المقطع

$$l_1 = l_p/2 \quad (2)$$

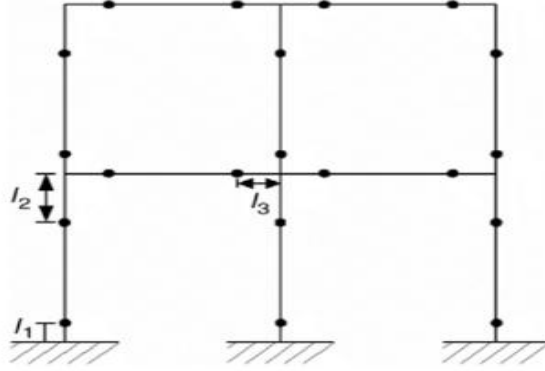
$$l_2 = H_{beam} - \frac{l_p}{2} \quad (3)$$

H_{beam} - ارتفاع مقطع الجائز

$$l_3 = \frac{H_{column}}{2} - \frac{l_p}{2} \quad (4)$$

H_{column} - ارتفاع مقطع العمود

حيث L_1 ، L_2 و L_3 كما هي مبينة على الشكل (2).



الشكل (2) : أماكن توضع المفاصل اللدنة في الأعمدة والجوائز [4]

ويقترح (Mondal . A et all , 2013) [5] طول المفصل لعنصر من البيتون المسلح وفق العلاقة:

$$l_p = 0.08L + 0.022f_{ya}d_{bl} \quad (5)$$

حيث ؛ l_p - طول المفصل اللدن ، L - نصف مجاز العنصر

f_{ya} - مقاومة الخضوع لحديد التسليح مقدرة بالـ Mpa ، d_{bl} - قطر قضيب التسليح المستخدم في العنصر الإنشائي

II. معامل تعديل القوى الزلزالية R في التحليل والتصميم الإنشائي :

تتم عملية التصميم بناءً على تحليل مرن أو لامرن وهو الأدق فهو يحاكي السلوك الحقيقي للمنشأ ، يمكن الاكتفاء بالتحليل المرن باستخدام المعامل R الذي يخفض القص القاعدي الناتج عن الاستجابة المرنة للمنشأ المعرض لحركة أرضية وهذا ينعكس على اقتصادية التصميم .

العلاقة الأولية للمعامل R كنتاج لجداء ثلاثة معاملات وفقاً لـ ATC-19 [6] كانت:

$$R = R_S * R_\mu * R_\xi \quad (6)$$

R_S - معامل السلوك للمقاومة ، R_μ - معامل السلوك للمطاوعة ، R_ξ - معامل السلوك للتخامد

طوّرت العلاقة لتصبح بالشكل :

$$R = R_S * R_\mu * R_\xi * R_R \quad (7)$$

R_S معامل السلوك للمقاومة الإنشائية يعتمد على نوع الجملة الإنشائية ودرجة عدم التقدير للجملة
 R_ξ معامل السلوك للتخامد يساهم وفقاً للتخامد الناتج عن أنظمة التخامد الصناعي المستخدمة أو العزل القاعدي
 R_R معامل الوثوقية، وتحدد قيمه من الجدول (2):

الجدول (2) قيم المعامل R_R وفق الـ 19 - ATC

Lines of vertical seismic framing	Drift redundancy factor
2	0.71
3	0.86
4	1.00

وبعلاقة أخرى UBC 97 [7]

$$R = \Omega_0 * R_\mu \quad (8)$$

Ω_0 : معامل زيادة المقاومة أو عامل تضخيم القوة الزلزالية ويعطى بالصيغة :

$$\Omega_0 = \frac{V_y}{V_d} \quad (9)$$

V_y - قوة الخضوع الفعال ويتم الحصول عليها من التقريب ثنائي الخطية للاستجابة (الشكل 3).
 V_d - قوة القص التصميمية الموافقة لتشكل أول مفصل لدن في المنشأ.

R_μ : معامل تخفيض المطاوعة ، اقترح باحثون عدة علاقات لحسابه وفقاً لـ 19-ATC [6] :
 وضع الباحثان (Hall & Newmark، 1982) العلاقات التالية لحساب R_μ :

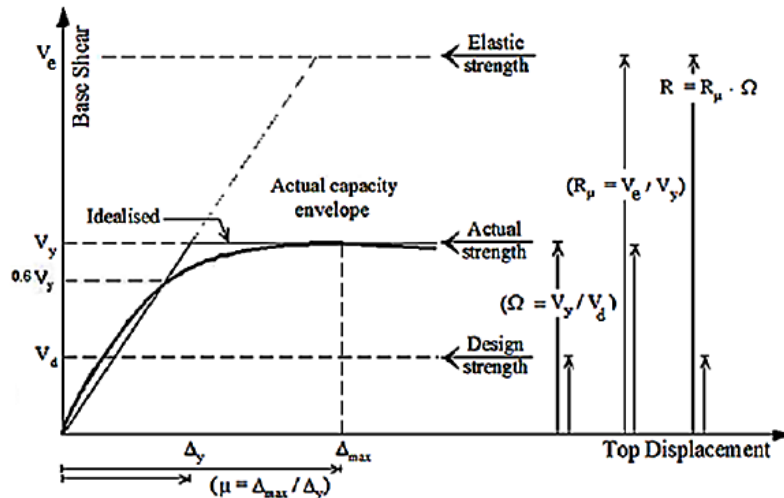
$$T \leq 0.03 S \rightarrow R_\mu = 1 \quad (10)$$

$$0.03 < T < 0.12 S \rightarrow R_\mu = 1 + \frac{(T-0.03) * (\sqrt{2\mu-1}-1)}{0.09} \quad (11)$$

$$0.12 \leq T \leq 0.5 S \rightarrow R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} \quad (12)$$

$$0.5 < T < 1 S \rightarrow R_\mu = \sqrt{2\mu - 1} + 2(T - 0.5) * (\mu - \sqrt{2\mu - 1}) \quad (13)$$

$$T \geq 1 S \rightarrow R_\mu = \mu \quad (14)$$



الشكل (3) التمثيل ثنائي الخطية لمنحني الدفع ، المعامل R_μ ، Ω_0

أو بالصيغة الآتية وفقاً لـ (Krawinkler & Nassar, 1992) :

$$R_{\mu} = [c(\mu - 1) + 1] \frac{1}{c} \quad (15)$$

$$c(T, \alpha) = \frac{T^a}{1+T^a} + \frac{b}{T} \quad (16)$$

α : صلابة ما بعد الخضوع وتأخذ كنسبة من الصلابة المرنة

a, b : عوامل تتبع لـ α وتعطى قيمها وفقاً للجدول (3) :

الجدول (3) : قيم a, b بالعلاقة مع α

α	a	b
0.0	1.0	0.42
0.02	1.0	0.37
0.1	0.8	0.29

وفق العلاقة التي وضعت من قبل الباحثان (Miranda & Bertero, 1994) :

$$R_{\mu} = \frac{\mu - 1}{\phi} + 1 \geq 1 \quad (17)$$

$$\mu = \frac{\delta t}{\Delta y} \quad (18)$$

δt - الانتقال الهدف أي الانتقال الأعظمي المتوقع حدوثه أثناء الزلزال التصميمي .
 Δy - انتقال الخضوع الفعال .

ϕ - تابع لمطواعة المنشأ والدور الأساسي لاهتزاز المنشأ T وشروط تصنيف التربة في الموقع :
- التربة الصخرية :

$$\phi = 1 + \frac{1}{10T - \mu T} - \frac{1}{2T} \exp \left[-\frac{3}{2} \left(\ln T - \frac{3}{5} \right)^2 \right] \quad (19)$$

- تربة الطمي :

$$\phi = 1 + \frac{1}{12T - \mu T} - \frac{2}{5T} \exp \left[-2 \left(\ln T - \frac{1}{5} \right)^2 \right] \quad (20)$$

- التربة الزراعية :

$$\phi = 1 + \frac{T_s}{3T} - \frac{3T_s}{4T} \exp \left[-3 \left(\ln \frac{T}{T_s} - \frac{1}{4} \right)^2 \right] \quad (21)$$

لتحديد قيم المعامل R في الأبحاث استُخدم طريقتي التحليل الستاتيكي اللاخطي (Non Liner Static Analyses)

. NLDAs (Non Liner Dynamic Analyses) و الديناميكي اللاخطي

تتأثر قيم هذا المعامل ببارامترات عدة لها علاقة بخصائص المنشأ من حيث مادة الإنشاء ونوعية الجملة المقاومة للقوى الأفقية وشكل المنشأ بمسقطيه الأفقي والشاقولي، وبخصائص الاستجابة المرنة وغير المرنة للمنشأ من أدوار الاهتزاز والمطواعة والتخامد وشكل الاستجابة الهستيرية، وكذلك بخصائص الحركة الأرضية المتمثلة بأقصى طاقة متحررة

ويتسارع ودور وشدة وزمن حدوث الزلزال، كما تتعلق قيم المعامل R بالمنطقة الزلزالية، وخصائص تربة الموقع من تسارع ودور وتخاذم، والحالة الاجهادية المعتمدة لتحقيق الأمان في المنشأ (الحالة الحدية القصوى، إجهادات التشغيل).

اعتمد الكود العربي السوري على الكود الأميركي لاختيار قيم المعامل R وأعطى جداول مبسطة لقيمه في حالة الإطارات المتوسطة و الخاصة المحلية كما هو وارد بالجدولين (4 و 5). ففي حالة الجمل المختلطة (التفاعلية) التي تساهم فيها الإطارات بنسبة تقل عن 25% يأخذ المعامل R لهذه الجمل القيمة 5.5 ولا يسمح باستخدامها في المناطق الزلزالية (2A, 2B, 2C, 3, 4). حيث يجب أن تكون الإطارات الخرسانية في المنطقة الزلزالية (3 ، 4) خاصة مقاومة للعزوم وفي المنطقة (2) مقاومة للعزوم من النوع المتوسط، و إطارات عادية مع جدران قص في المناطق الزلزالية (1، 0)، و في حال ضمان التنفيذ المثالي يأخذ المعامل R القيمة 7.5 لجمل جدران قص مع إطارات خاصة مقاومة للعزوم و6.5 لجمل جدران قص مع إطارات متوسطة مقاومة للعزوم ويحظر استخدام هذه الجمل في المناطق الزلزالية (3 ، 4). إلا أن الباحثين (ALAHMAR . R & ALSAMMARA . M ، 2016) [8] توصلوا إلى أن قيم الجداول المبسطة غير دقيقة وذلك لاختلاف قيم المعامل R لنفس نسبة المساهمة لجدران القص في تحمل القص القاعدي، وازدياد قيم هذا المعامل بازدياد نسبة مساهمة الجدران (حسب عدد وشكل توزع جدران القص في المبنى) بخلاف الجداول المبسطة والتي تفترض تناقص قيمه.

الجدول (4) قيم المعامل R للجمل الإنشائية شائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية

عند استعمال إطارات عزيمة متوسطة محلية [1]

التسلسل	الجمل الإنشائية	المعامل R
١	جمل إطارات متوسطة محلية (أي متوسطة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تفصيل فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم ومحسوبين بإستعمال إجهاد شد أعظمي $f_y =$ ، إضافة لبقيّة الاشتراطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	6.0
٢	جمل ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	5.5
٣	جمل ثنائية من جدران قص وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	5.0
٤	جمل جدران قص دون إطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية.	4.5

الجدول (5) قيم المعامل R للجمل الإنشائية شائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند استعمال إطارات عزمية خاصة محلية

التسلسل	الجملة الإنشائية	المعامل R
١	جملة إطارات عزمية خاصة محلية (أي خاصة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق من حيث تقصير فولاذ التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم والتسليح الأدنى ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس عامل تخفيض المقاومة ($\Omega = 1$) لطاقتي تحمل المقطعين في أعلى وأسفل العمود للعزوم، ومحسوبين بإستعمال $f_{tII} = 1.25 f_y$ ، إضافة لبعبة الاثترطاطات الواردة في الجدول (٤-٣)).	7.5
٢	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	7.0
٣	جملة ثنائية من جدران قص وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه) تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	6.0
٤	جملة جدران قص دون إطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في ١ أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تقصير حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية.	4.5

ومن ضمن توصيات الكود السوري أن تكون قيمة R المستعملة في تصميم أي طابق أقل أو تساوي قيمة R المستعملة في الطابق الأعلى بالاتجاه المدروس في حال كان الوزن الميت فوق هذا الطابق أكبر من 10 % من الوزن الميت الكلي للمنشأة ، و تأخذ قيمة R عند استخدام تراكيب مختلفة من الجمل الإنشائية لمقاومة القوى الجانبية في الاتجاه ذاته في المناطق الزلزالية 0,1 وباستثناء الجمل الثنائية والمختلطة، بحيث لا تزيد عن القيمة الدنيا لأي من النظم المستعملة في الاتجاه ذاته.

وفي المناطق الزلزالية 3 ، 4 وعند استخدام جملة الجدران الحاملة لأحد اتجاهي المبنى فإن قيمة R للاتجاه الآخر يجب أن لا تزيد عن قيمتها المستعملة لجملة الجدران الحاملة في المنشآت التي لا يزيد ارتفاعها عن 49 m وفي حال الزيادة تستخدم الجمل الثنائية في مقاومة القوى الزلزالية (Hwaija . B , 2013) [9] .

تتاول المرجع (S .B.Talaeitaba et all , 2014) [10] دراسة تأثير توضع وأطوال جدران القص على قيم المعامل R حيث توصل إلى استنتاج مفاده أن قيمة R تزداد بنسب غير محددة بازدياد طول الجدار كما أن توضع جدران القص بشكل متناظر على المحيط أو قرب للنواة يعطي قيماً أكبر للمعامل R.

أما بالنسبة للجمل الإنشائية من الإطارات المقاومة للعزوم فإن لعدد الطوابق وارتفاع الطابق تأثير على قيمة المعامل R، إذ تتناقص قيمته بازدياد ارتفاع الطابق بسبب نقصان الصلابة الجانبية (Abou-elfath . H , Elhout . E, 2018) [11]

وفي دراسة أخرى (Nishanth . M . et all , 2017) [12] قامت بحساب المعامل R لجملة إطارية مقاومة للعزوم من البيتون المسلح وتأثير الدور وعامل المنطقة الزلزالية على العوامل الداخلة في حسابه فكانت النتائج :

R_{μ} لا تتغير قيمته للمباني ذات الدور القصير في كل المناطق الزلزالية و تنقص قيمته لمباني أخرى بازدياد عامل المنطقة الزلزالية Z ويزداد قليلاً لمباني بأدوار اهتزاز أطول.

R_g تزداد قيمة هذا العامل لحالة المباني الواقعة في مناطق ذات شدة زلزالية أقل وتتنقص بازدياد دور الاهتزاز لها، أما لحالة المباني ذات الجمل الإطارية المطاوعة فقد ازدادت قيمه عن حالة الإطارات العادية.

المعامل R ينقص بازدياد عامل المنطقة الزلزالية Z ويزداد بازدياد الدور .

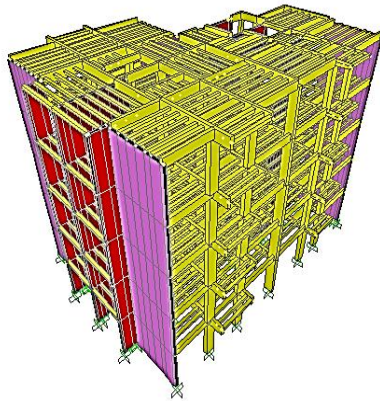
أهمية البحث وأهدافه:

يقدم الكود العربي السوري جدولاً مبسطاً لتحديد قيمة معامل السلوك اللامرن R للجمل الإنشائية الشائعة الاستخدام في الجمهورية العربية السورية. إلا أن هذه القيم هي تقريبية كما ورد في الملحق الثاني للكود و أن هذه القيم الخاصة بالجمل الثنائية غير دقيقة إذا ما أخذنا بالاعتبار أنها تستند إلى نسبة مساهمة الاطارات في تحمل قوة القص القاعدي وهذا ما أثبتته الدراسات المرجعية التي تناولت هذا الموضوع. بالتالي من هنا جاءت أهمية البحث وهدفه في محاولة الحصول على قيم المعامل R لأجل الأبنية البيتونية الثنائية القائمة المقاومة للزلازل الأكثر واقعية من خلال دراسة تأثير نسبة صلابة أعمدة الإطارات إلى صلابة جدران القص لهذه الجمل بالاتجاه المدروس وذلك اعتماداً على التصميم المعتمد على الأداء بطريقة التحليل الستاتيكي اللاخطي (Non Liner Static Analysis) ومن ثم مقارنة القيم الناتجة من التحليل مع القيم المعطاة في الجداول المبسطة للملحق الثاني للكود لتحديد درجة الوثوقية.

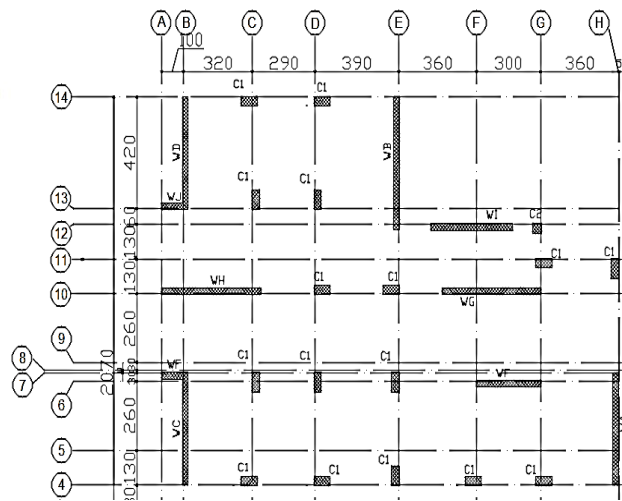
طرائق البحث ومواده:

قمنا في هذه الدراسة بتحليل استاتيكي لا خطي باستخدام برنامج SAP2000 لمجموعة مكونة من ثلاثة نماذج لمباني قائمة بجمل إنشائية ثنائية (جدران قص وإطارات مقاومة للزلازل) كل منها مكون من خمسة طوابق بارتفاع طابقي 3.2 m وتقع في منطقة زلزالية صنف مقطع تربة الموقع لها S_B ، و الأشكال (4,5,6) تبين مساقط هذه المباني. كما نورد بالجدول:

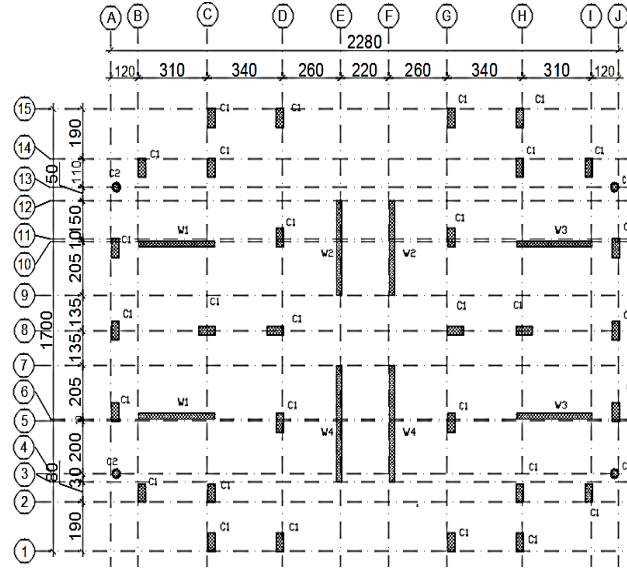
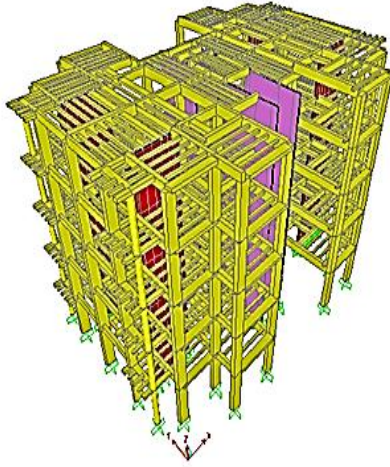
(6,7,8,9,10,11) نسب مساحات الأعمدة الاطارية إلى مساحات جدران القص و نسب الصلابات لها لكل من النماذج المدروسة.



الشكل (7) : منظور المبني G_{1-1}

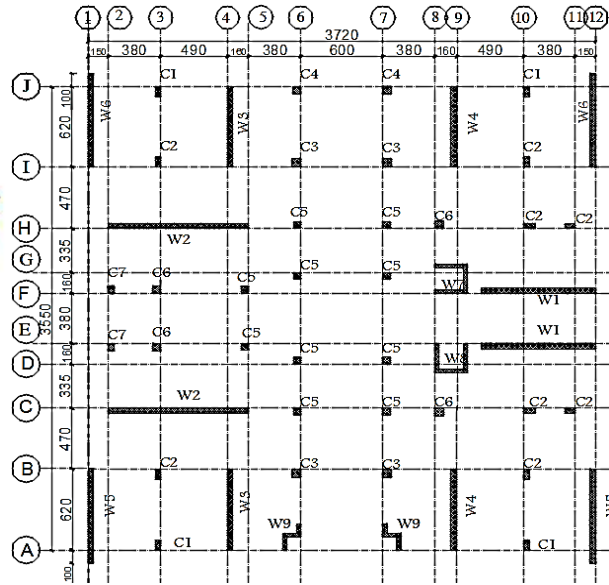
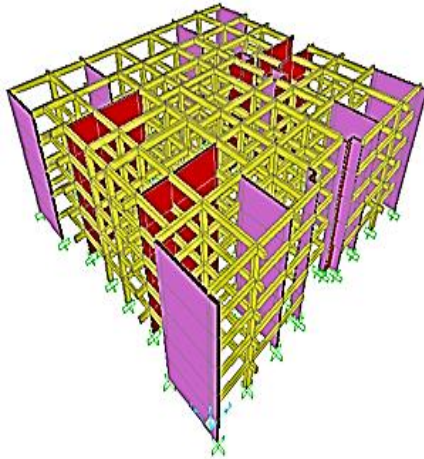


الشكل (4) : مسقط تأكيس أعمدة وجدران المبني G_{1-1}



الشكل (8) : منظور المبنى G₁₋₂

الشكل (5) : مسقط تأكيس أعمدة وجدران المبنى G₁₋₂



الشكل (9) : منظور المبنى G₁₋₃

الشكل (6) : مسقط تأكيس أعمدة وجدران المبنى G₁₋₃

تم حساب مساحات مقاطع الأعمدة وجدران القص والصلابات لكل منها باستخدام العلاقة (22) لصلابة العمود، والعلاقة (23) لصلابة جدار القص :

$$K = \frac{ab^3E}{L^3} \quad (22)$$

E - معامل المرونة L - طول العمود a, b - أبعاد مقطع العمود

$$K = \frac{3 * \frac{t l^3}{12} * E}{h^3 \left[1 + 0.6(1 + \vartheta) \left(\frac{L}{h} \right)^2 \right]} \quad (23)$$

t - سماكة الجدار L - طول الجدار h - ارتفاع الجدار ϑ - معامل بواسون

الجدول (6) : يبين نسبة مساحات الأعمدة الإطارية إلى مساحات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-1} .

الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الأرضي	
2.97	2.97	3.45	3.45	3.45	ΣAc
7.16	7.16	7.16	7.16	7.16	ΣAw
0.4148	0.4148	0.4818	0.4818	0.4818	$\Sigma Ac / \Sigma Aw$

الجدول (7) : يبين نسبة مجموع صلابات الأعمدة إلى مجموع صلابات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-1} .

الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الأرضي	
0.1183	0.1183	0.1791	0.1791	0.1791	$\Sigma Kx c / \Sigma Kxw$
0.0881	0.0881	0.1303	0.1303	0.1303	$\Sigma Ky c / \Sigma Kyw$
0.2033	0.2033	0.2143	0.2143	0.2143	صلابة المبنى بالاتجاه X
0.2289	0.2289	0.2378	0.2378	0.2378	صلابة المبنى بالاتجاه Y

الجدول (8) : يبين نسبة مساحات الأعمدة الإطارية إلى مساحات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-2} .

الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الأرضي	
10.424	10.424	11.324	11.324	11.324	ΣAc
5.96	5.96	5.96	5.96	5.96	ΣAw
1.749	1.749	1.9	1.9	1.9	$\Sigma Ac / \Sigma Aw$

الجدول (9) : يبين نسبة مجموع صلابات الأعمدة إلى مجموع صلابات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-2} .

الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الأرضي	
0.1633	0.1633	0.2165	0.2165	0.2165	$\Sigma Kxc / \Sigma Kxw$
0.1064	0.1064	0.1672	0.1672	0.1672	$\Sigma Kyc / \Sigma Kyw$
0.1484	0.1484	0.1552	0.1552	0.1552	صلابة المبنى بالاتجاه x
0.5559	0.5559	0.5866	0.5866	0.5866	صلابة المبنى بالاتجاه y

الجدول (10) : يبين نسبة مساحات الأعمدة الإطارية إلى مساحات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-3} .

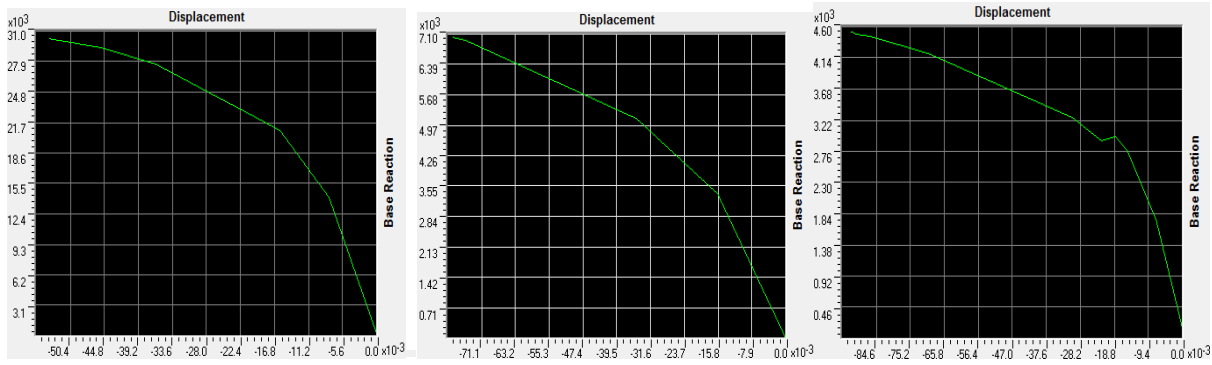
الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الأرضي	
8.405	8.405	8.73	8.87	10.065	ΣAc
34.68	34.68	34.68	35.92	39.87	ΣAw
0.2424	0.2424	0.2517	0.2469	0.2524	$\Sigma Ac / \Sigma Aw$

الجدول (11) : يبين نسبة مجموع صلابات الأعمدة إلى مجموع صلابات جدران القص الأفقية لكل طابق للنموذج G_{1-3} .

الطابق الرابع	الطابق الثالث	الطابق الثاني	الطابق الأول	الطابق الارضي	
0.0658	0.0658	0.0696	0.0727	0.0745	$\Sigma kxc / \Sigma Kxw$
0.0596	0.0596	0.0651	0.0634	0.076	$\Sigma kyc / \Sigma Kyw$
1.1045	1.1045	1.1085	1.1117	1.3647	صلابة المبنى بالاتجاه x
1.5068	1.5068	1.5146	1.6106	1.7293	صلابة المبنى بالاتجاه y

النتائج والمناقشة:

انجزنا التحليل الستاتيكي اللاخطي للنماذج المدروسة و تبين الأشكال (10 ، 11 ، 12) منحنيات الدفع الجانبي لها. كما نورد بالجدول (11 ، 12 ، 13 ، 14 ، 15) نتائج التحليل.



الشكل (10) منحنى الدفع للنموذج G_{1-1} الشكل (11) منحنى الدفع للنموذج G_{1-2} الشكل (12) منحنى الدفع للنموذج G_{1-3}

الجدول (12) : يبين أوزان النماذج وأدوار الاهتزاز وقوة القص القاعدي وفق الـ UBC 97 وقيم المعامل R، وفق الكود العربي السوري ونسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص الأفقية للطابق الأرضي في الاتجاه المدروس.

	W (KN)	T (s)	R (Syrian code) للاتجاه X	R (Syrian code) للاتجاه Y	V_d (KN)	$\Sigma k_x c / \Sigma K_x w$	$\Sigma k_y c / \Sigma k_y w$
G_{1-1}	19947.8	0.55	4.66	4.68	2334.897	0.1791	0.1303
G_{1-2}	40455.59	1.111	4.74	4.66	2276.572	0.2165	0.1672
G_{1-3}	79735.8	0.379	4.6	4.58	13703.75	0.0745	0.076

الجدول (13) : قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للاتجاه X للنماذج المدروسة.

	Ω_0	R_μ			R (X)		
		Hall & Newmark	Krawinkler & Nassar	Mirenda & Bertero			
G_{1-1}	0.995	2.873	3.906	3.657	2.858	3.886	3.638
G_{1-2}	1.652	3.413	3.597	3.925	5.63	5.942	6.484
G_{1-3}	1.204	2.394	2.859	2.734	2.882	3.441	3.291

الجدول (14) : قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للاتجاه Y للنماذج المدروسة.

	Ω_0	R_μ			R (Y)		
		Hall & Newmark	Krawinkler & Nassar	Mirenda & Bertero			
G_{1-1}	0.529	3.8990	6.105	4.979	2.064	3.232	2.636
G_{1-2}	1.06	5.909	6.507	6.404	6.263	6.897	6.788
G_{1-3}	1.24	2.321	2.742	2.619	2.879	3.402	3.25

الجدول (15): قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للاتجاه X للنماذج المدروسة بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع

	Ω_0	R_μ			R (X)		
		Hall & Newmark	Krawinkler & Nassar	Mirenda & Bertero			
G_{1-1}	1.051	2.743	3.66	3.447	2.883	3.846	3.623
G_{1-2}	0.898	5.950	6.561	6.448	5.341	5.889	5.787
G_{1-3}	1.303	2.270	2.654	2.535	2.959	3.46	3.304

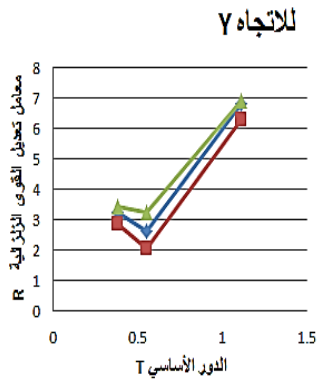
الجدول (16): قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للاتجاه Y للنماذج المدروسة بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع

	Ω_0	R_μ			R (Y)		
		Hall & Newmark	Krawinkler & Nassar	Mirenda & Bertero			
G_{1-1}	0.825	2.894	3.955	3.6969	2.386	3.261	3.047
G_{1-2}	1.284	4.595	4.957	5.213	5.900	6.365	6.695
G_{1-3}	1.386	2.185	2.524	2.405	3.029	3.498	3.334

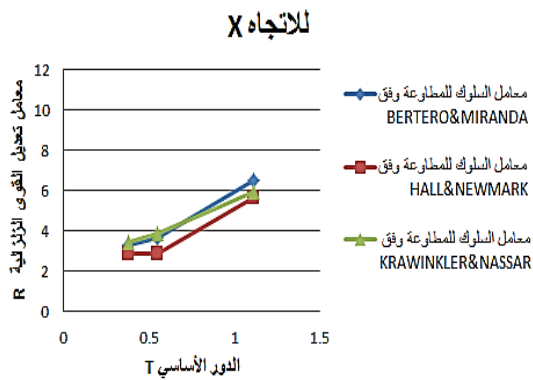
من دراسة النتائج الواردة في الجداول السابقة نجد :

- لا توجد علاقة واضحة زيادةً أو نقصاناً لمعامل السلوك للمقاومة Ω_0 مع ازدياد نسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص للاتجاه المدروس.
- أعطت العلاقة المقترحة من قبل Krawinkler & Nassar أكبر قيمة لمعامل السلوك للمقاومة R_μ و أعطت علاقات Hall & NewMark أصغر قيمة له.
- زادت قيمة معامل السلوك للمقاومة R_μ المحسوب وفق كل من العلاقات المقترحة من قبل NewMark & Hall و Krawinkler & Nassar و Mirenda & Bertero مع زيادة الدور الأساسي وازدياد نسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص.
- أظهرت النتائج أن قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للنموذج G_{1-1} انخفضت بمقدار 27.8% للاتجاه Y عن قيمه للاتجاه X للنموذج بتغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع، و بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع انخفضت قيمه بمقدار 17% كحد أقصى للاتجاه Y عن قيمه للاتجاه X.
- زادت قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للنموذج G_{1-2} للاتجاه Y عن قيمه للاتجاه X حيث بلغت أقصى زيادة 16% للنموذج بتغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع، و بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بلغت أقصى زيادة 15.7%.
- كانت قيم المعامل R المحسوبة وفق العلاقة (8) للنموذج G_{1-3} متقاربة بالاتجاهين Y و X بنسبة 98.8% للنموذج بتغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع، و بنسبة 97.65% بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع.
- تقاربت قيم المعامل R للنموذج G_{1-1} بالاتجاه X بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع قيمه في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بمقدار 98.97%، و زادت قيمه بالاتجاه Y بمقدار 15.6% بثبات

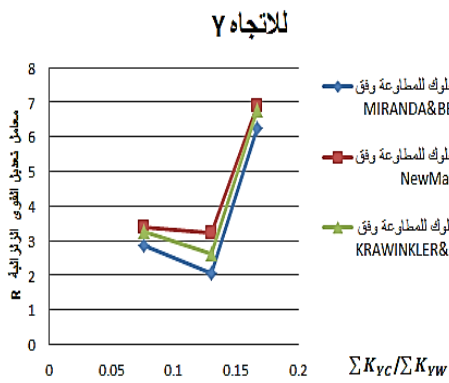
- مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع عنها في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بالاعتماد على معامل السلوك للمطاوعة R_{μ} المحسوب وفق NewMark & Hall و Miranda & Bertero .
8. انخفضت قيم المعامل R للنموذج G_{1-2} بالاتجاه X بمقدار 10.7% بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع عنها في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بالاعتماد على معامل السلوك للمطاوعة R_{μ} المحسوب وفق Miranda & Bertero، وانخفضت قيمه بالاتجاه Y بمقدار 7.7% بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع عنها في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بالاعتماد على معامل السلوك للمطاوعة R_{μ} المحسوب وفق Krawinkler & Nassar .
9. تقاربت قيم R للنموذج G_{1-3} بالاتجاه X بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع مع قيمه في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بمقدار 97%، و زادت قيمه بالاتجاه Y بمقدار 5% بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع عنها في حال تغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع بالاعتماد على معامل السلوك للمطاوعة R_{μ} المحسوب وفق NewMark & Hall.
10. إن قيم المعامل R للنموذج G_{1-1} بالاتجاه X تناقصت بنسبة (38.7%) عن القيمة التي أعطاها الكود السوري (4.66)، و تناقصت بالاتجاه Y بمقدار (55.9%) عن القيمة التي أعطاها الكود السوري (4.68) .
11. إن قيم المعامل R للنموذج G_{1-2} بالاتجاه X زادت حتى قيمة تصل إلى (36.8%) عن القيمة التي أعطاها الكود العربي السوري (4.74)، وبالاتجاه Y بلغت الزيادة (48%) عن قيمة الكود السوري (4.66) .
12. إن قيم المعامل R للنموذج G_{1-3} بالاتجاه X وبالاتجاه Y تناقصت حتى قيمة تصل إلى (37%) عن القيمة التي أعطاها الكود السوري للاتجاه X (4.6) و للاتجاه Y (4.58) .
- تبين الأشكال (13-14-15-16) العلاقة بين معامل تعديل القوى الزلزالية R وكل من الدور الأساسي T ونسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص لنماذج المدروسة بتغير مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع.



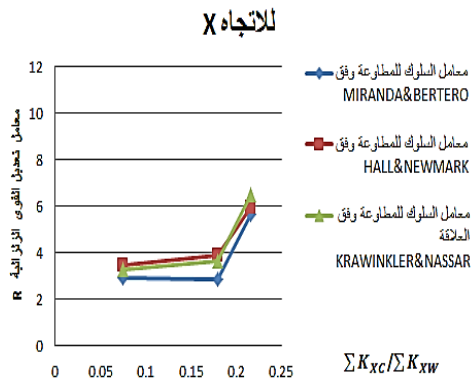
الشكل (14)



الشكل (13)

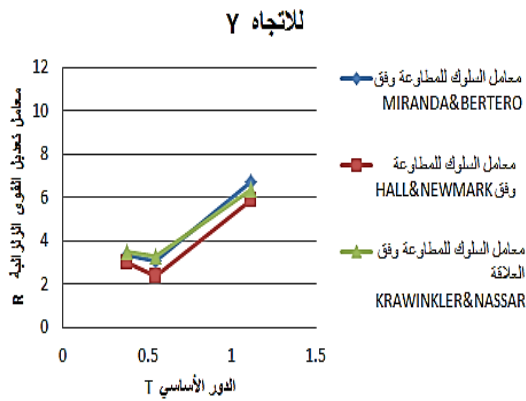


الشكل (16)

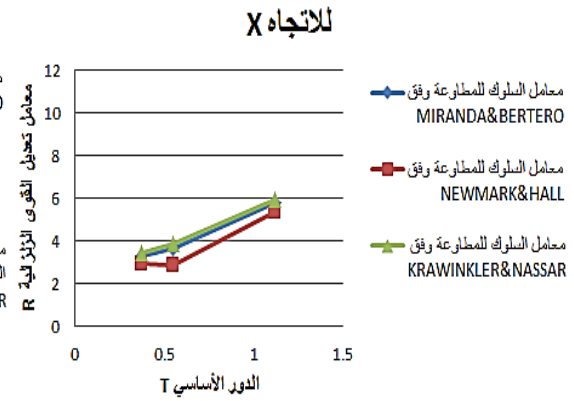


الشكل (15)

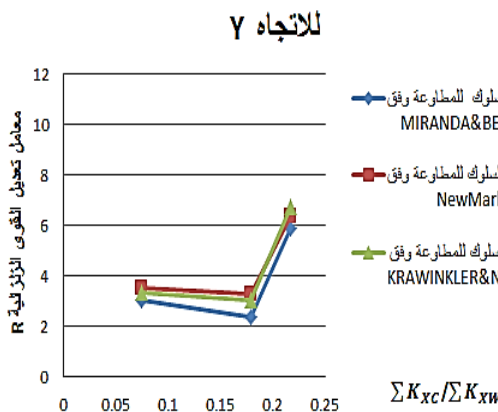
تبيين الأشكال (17-18-19-20) العلاقة بين معامل تعديل القوى الزلزالية R وكل من الدور الأساسي T ونسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص لنماذج المدروسة بثبات مقاطع الأعمدة وجدران القص مع الارتفاع لهذه النماذج.



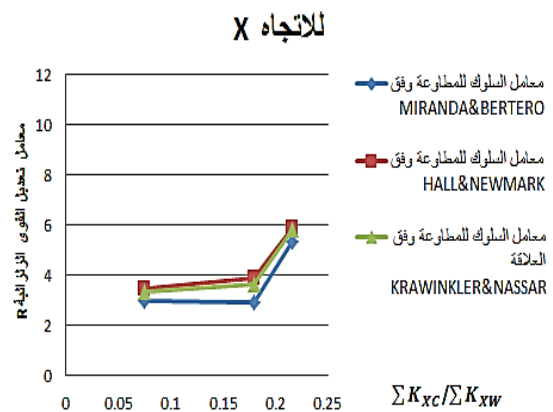
الشكل (18)



الشكل (17)



الشكل (20)



الشكل (19)

الاستنتاجات والتوصيات:**الاستنتاجات:**

1. لا يوجد علاقة واضحة زيادةً أو نقصاناً لقيمة المعامل R في الجمل الثنائية مع تغير نسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص الأفقية في الاتجاه المدروس.
2. أظهرت النتائج أن هناك تبايناً كبيراً بين قيم المعامل R و القيم التي يقترحها الكود العربي السوري للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال محلياً إذ بلغ هذا الفرق وسطياً حدود 45% زيادةً أو نقصاناً بالعلاقة مع تغير نسبة صلابة الأعمدة الإطارية إلى صلابة جدران القص الأفقية في الاتجاه المدروس.
3. إن قيمة المعامل R ليست نفسها وفق اتجاهي المبنى وهذا عائد لاختلاف صلابة المبنى ولعدم تناظره حول محوريه بالتالي لا يمكن اعتماد قيمة واحدة لـ R عند دراسة المبنى بالاتجاهين إلا في حالات خاصة.
4. تزداد قيمة R بشكل ملحوظ مع زيادة دور الاهتزاز للمبنى عن القيمة 0.5 sec وفق العلاقات الثلاث New Mark، Miranda و ATC- 19 كما هو واضح من الأشكال (13 - 14 - 17 - 18).
5. تزداد قيمة R بشكل ملحوظ مع زيادة نسبة الصلابة بين الأعمدة و الجدران عن القيمة 0.2 وفق العلاقات الثلاث New Mark، Miranda و ATC- 19 كما هو واضح من الأشكال (15 - 16 - 19 - 20).
6. إعطاء قيمة ثابتة للمعامل R لمجموعة من المباني يعتمد على تشابه كافة الخصائص الإنشائية وخصائص الاستجابة الزلزالية لهذه المباني.

التوصيات:

1. حساب قيم المعامل R لعدد أكبر من نماذج الأبنية الثنائية وبارتفاعات وذات نسب صلابات الأعمدة إلى الجدران مختلفة بهدف الحصول على قيم للمعامل R أقرب ما تكون إلى الواقع.
2. حساب قيم المعامل R لجمل إنشائية ثنائية تحوي جدران القص فيها على فتحات لمعرفة تأثيرها على قيم المعامل R.
3. العمل على دراسة القوانين الموضوعية في المراجع العلمية لحساب المعامل R والمقارنة بينها و استنتاج العلاقة التي تلائم واقع أبنيتنا المحلية.

REFERENCES:

- [1] The second annex to the Syrian Arab Code for designing and executing the construction of the reinforced concrete , Fourth Edition , Damascus , 2013 .
- [2] Bing Li . "Initial Stiffness of Reinforced Concrete Columns and Walls " , 15 WCEE LISBOA , School of Civil and Environmental Engineering, Nanyang Technological University, Singapore 639798 , 2012 .
- [3] VONA . M , MASTROBERTI . M . " Estimation of the Behavior Factor of Existing RC-MRF Buildings " , EARTHQUAKE ENGINEERING AND ENGINEERING VIBRATION , 17 , 2018 , 191-204
- [4] GOUD S . S , KUMAR . R . P " Rationalizing Response Reduction Factor (R) for Better Performance of Reinforced Concrete Framed Buildings " TWO DAY NATIONAL CONFERENCE ON RECENT RESEARCH ADVANCES IN CIVIL ENGINEERING , 2014 .
- [5] MONDAL . A , GHOSH . S and RYDDY . G . R . " Performance-Based Evaluation of Response Reduction Factor for Ductile RC Frames " . ELSEVIR , Engineering Structures , 56 , 2013 , 1808-1819 .
- [6] ATC- 19 , Applied Technology Council , CALIFORNIA , 1995.

- [7] UBC 97, Uniform Building Code, Volume 2, 1997.
- [8] ALAHMAR . R , ALSAMMARA . M . “ *Effect of the Ratio of the Contribution of Shear Walls to the Bearing of the Base Shear on Factor R* “ , Lecture in the Engineers Syndicate, The capital Damascus , Seismic Engineering Committee , 12 April 2016 .
- [9] HWAJJA . B .” *Structures and Lateral Loads* “ , Syrian Arab Republic , Tishreen University , Faculty of Civil Engineering , Fifth Year , Structural Engineering Department , 2013
- [10] S .B .Talaeitaba ,H.Tahvilian and B .Saeedi “ *The Effect of the Arrangement and Length of the Concrete Shear Walls on the Response Modification Factor (R)* “ Electronic Journal of Structural Engineering 14, 2014 .
- [11] ABOU-ELFATH . H , ELHOUT . E. “ *Evaluating the Response Modification Factors of RC Frames Designed with Different Geometric Configurations* “ INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING , 2018 .
- [12] NISHANTH . M , VISUVASAM . J , SIMON . J and PACKIARAJ , J . S . " *Assessment of Seismic Response Reduction Factor for Moment Resisting RC Frames* " , IOP CONF Series : Materials Science and Engineering , 263 , 2017 .