

دراسة تأثير نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي على عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R للجمل الثنائية من الخرسانة المسلحة

م. رانية الأحمر*

أ.د. محمد السمارة**

الملخص

دُرِسَ في هذا البحث تأثير نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي على قيم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R لنماذج من الأبنية البيتونية المسلحة بجملة إنشائية ثنائية مقاومة للزلازل مؤلفة من جدران قص مع إطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم IMRFs. واستُخدم تحليل الدفع الجانبي الستاتيكي اللاخطي لحساب العامل R، فأظهرت نتائج الدراسة الحالية ازدياد العامل R مع زيادة نسب إسهام الجدران؛ وهذا يخالف الجداول المبسطة التي قدّمها الكود العربي السوري في كل من طبعتي الملحق رقم (2) (لعامي 2005 و 2013) التي تفترض تناقص R مع ازدياد نسب إسهام الجدران. كما بيّنت الدراسة الحالية وجود اختلاف في قيم العامل R لنماذج الأبنية التي لها نسب الإسهام نفسها، ومن ثمّ فإنه لا يمكن ربط العامل R بنسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي.

الكلمات المفتاحية: عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R، عامل زيادة المقاومة Ω_0 ، عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} ، جمل إنشائية ثنائية، إطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم (IMRFs).

* ماجستير في الهندسة الإنشائية الزلزالية - من المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية - جامعة دمشق.

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

1- المقدمة:

في الجمهورية العربية السورية وذلك بالاعتماد على نسب إسهام جدران القص والإطارات في مقاومة القوى الزلزالية. في حين نلاحظ أنه لم يجرِ التطرق قط لتأثير نسب الإسهام المذكورة في العامل R في الكود الأمريكي UBC97^[1]، ولا أي كود عالمي آخر، كما لم يتم تبنيها في أي من دراسات الباحثين الذين قاموا بدراسة العامل R ومكوناته. فقد قامت Barakat et al.^[7] عام (1997) بدراسة تأثير المناطق الزلزالية وعدد طوابق المبنى في عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R الذي يتكون بشكل رئيس من عاملين، هما: عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} وعامل زيادة المقاومة Ω_0 ، وذلك باستعمال تحليلات لسجلات زمنية لاستجابات ديناميكية لاختبارية لأبنية بيتونية مسلحة مؤلفة من (4, 6, 8) طوابق واقعة في المناطق الزلزالية (1, 2, 3, 4) في الأردن تحت تأثير زلزال El-Centro. أنجزت هذه التحليلات بنمذجة الأبنية كإطارات فراغية ثلاثية البعد مع جدران قص في كلا الاتجاهين المتعامدين، صُممت المقاطع وفقاً للمعايير الموضوعية من قبل الكود الزلزالي الأردني. وقد استنتج أن المناطق الزلزالية ليس لها تأثير كبير في قيم عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} الذي تتقارب قيمه من قيم عامل المطاوعة الإنشائية μ ($R_{\mu} \approx \mu$) وخاصة للقيم العليا من μ . في حين وجد أن عامل زيادة المقاومة Ω_0 يختلف باختلاف المناطق الزلزالية، وعدد طوابق المبنى، والأحمال الشاقولية، إذ يزداد Ω_0 مع انخفاض عدد طوابق المبنى وانخفاض شدة المنطقة الزلزالية.

كما قام Spathelf^[8] عام (2008) بدراسة لتقدير قيمة عامل تعديل الاستجابة الزلزالية للجدران الإنشائية البيتونية المسلحة المقاومة للزلازل تحت تأثير الشروط الزلزالية لجنوب إفريقيا، ومتطلبات الكود لهذه المنطقة SANS 10160: Part 4. إذ قام بإجراء التحليل الستاتيكي اللاخطي على أبنية مؤلفة من (6, 8, 10) طوابق بجملته جدران قص مقاومة للزلازل؛ وذلك من أجل حساب الحد الأقصى لعامل تعديل الاستجابة، كما استعمل تحليل السجل الزمني

تسمح أغلب الكودات الزلزالية بتخفيض في الأحمال الزلزالية، مستفيدة من حقيقة أن المنشآت تمتلك مقاومة احتياطية (تدعى بزيادة المقاومة)، وقدرة على تبديد الطاقة (وتدعى بالمطاوعة). وتضمن المطاوعة وزيادة المقاومة في التصميم الإنشائي من خلال عامل تخفيض القوة المسمى بعامل تعديل الاستجابة الزلزالية R في الكودات^[1] (UBC97, 1997^[1]، IBC, 2006^[2])، أو بعامل السلوك q^[3] (Eurocode 8, 2004).

إن الهدف من العامل R هو تبسيط عملية التصميم الإنشائي بحيث يُكفَى بالتحليل الستاتيكي المرن من أجل تصميم معظم الأبنية^[4]. وتكون استجابة المنشأ في البداية مرنة، ثم تتبعها استجابة لامرنة مع زيادة القوى الجانبية. وتتشكل سلسلة من المفاصل اللدنة في مواقع من المنشأ مؤدية إلى آلية خضوع عند مستوى قوة الخضوع الفعال V_y . تتبع طريقة التصميم هذه إجراءً مبسطاً، إذ يقوم المصمم بالاعتماد على الدور الأساسي للمنشأ المرن بحساب القص القاعدي التصميمي المرن V_e (وهو الذي سيتطور في المنشأ فيما لو استجاب للحركة الأرضية بشكل مرن تماماً)، ثم يقوم بتخفيضه بواسطة العامل R للحصول على مستوى القوة الزلزالية التصميمية التي يكون التحليل المرن بعدها غير صحيح.

إن كود التصميم الزلزالي الأمريكي UBC97^[1] الذي يعدّ الكود الأساس للكود العربي السوري لتصميم المنشآت على القوى الزلزالية يعطي قيمة ثابتة للعامل R تساوي 6.5؛ وذلك للأبنية جميعها بجمل ثنائية مقاومة للزلازل مؤلفة من جدران قص من الخرسانة مع إطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم IMRFs؛ وذلك بغض النظر عن نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي. إلا أن الكود العربي السوري بملحقه رقم (2)^{[6],[5]} لتصميم المباني والمنشآت وتحقيقها لمقاومة الزلازل؛ وذلك في طبعته الأولى والثانية لعامي (2005^[5]، 2013^[6]) قد أعطى جداول مبسطة لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال

3- الجداول المبسطة المستعملة في الملحق رقم (2)**للكود العربي السوري لتحديد قيمة المعامل R:**

يمثل الجدول (1): الجدول المبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية العادية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية، الملحق رقم (2) للكوود العربي السوري - الطبعة الأولى لعام 2005 - الجدول رقم (4-2) [5].

يجدر التنويه إلى أنه في هذه الطبعة الأقدم من ملحق الكود (الطبعة الأولى لعام 2005) [5]: نجد أن الإطارات الخاصة بمفهوم الكود العربي السوري تكافئ تقريباً الإطارات المتوسطة المقاومة للعزوم بمفهوم الكود الأميركي UBC97 [1].

بينما يمثل الجدول (2) الجدول المبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند استعمال إطارات عزمية متوسطة محلية، الملحق رقم (2) للكوود العربي السوري - الطبعة الثانية لعام 2013 - الجدول رقم (4-1) [6].

ملاحظات لطبعتي الملحق رقم (2) للكوود العربي السوري:
 (1) يمكن أخذ قيمة للمعامل R بالتناسب الخطي للحالات الواقعة بين الحالات المذكورة في الجدول [5,6]. (2) تصمم الإطارات لقوة متناسبة مع صلابتها، وتصمم جدران القص لبقية القوة. ونلاحظ أن الطبعة الثانية [6] من الملحق رقم (2) للكوود قد قامت بتخفيض قيم المعامل R بحسب نسب الإسهام عن القيم التي استُخدمت في الطبعة الأولى [5].

الديناميكي لتقييم تأثير عدة عوامل في قيمة عامل تعديل الاستجابة مثل: عدد جدران القص في الجملة المقاومة للقوى الجانبية، وعدد الطوابق في المبنى، ومطاوعة الانتقال المتوافرة في الجملة الإنشائية، ونوع تربة التأسيس. وقد تبين نتيجة هذه الدراسة أن مطاوعة الانتقال الكبيرة تعطي قيمة كبيرة لعامل تعديل الاستجابة، إذ إن الحالات التي تم فيها تزويد مطاووعات دوران وانتقالات كبيرة كافية من خلال التفاصيل أعطت تخفيضاً أكبر على القوة المرنة. كما وجد أن قيم عامل تعديل الاستجابة للمنشآت المصممة على تربة من النوع 4 (تربة طرية - رمل ناعم) تكون أقل من قيمه للمنشآت المصممة على تربة من النوع 1 (صخر صلب)، ويُنسب هذا قد إلى قوة الخضوع المتزايدة المتأصلة من أجل التصميم على تربة من النوع 4 الذي يقلل من التأثير الإيجابي لقدرة مطاوعة الانتقال الكبيرة في استجابة المنشأ.

2- الهدف من البحث:

إن الهدف الرئيس من هذه الورقة هو تقييم مبدئي وسريع لتأثير نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي على قيم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R للجمل الثنائية المقاومة للزلازل المؤلفة من جدران قص من الخرسانة، مع إطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم IMRFs، إذ تُعد الأكثر استخداماً محلياً لسهولة اشتراطاتها مقارنة بالجمال الثنائية الحاوية على إطارات خرسانية خاصة مقاومة للعزوم SMRFs. وسيُجرى هذا التقييم انطلاقاً من القيمة $R_{(UBC97)}=6.5$ المعطاة في الكود الأميركي UBC97 [1]؛ وذلك باستعمال برنامج SAP2000 واستعمال تحليل الدفع الجانبي الساتاتيكي اللاخطي (Nonlinear static pushover analysis) من خلال مثال عددي يتضمن مجموعتين من نماذج الأبنية، بحيث تحوي كل مجموعة على 3 نماذج من الأبنية تختلف فيما بينها بتغيير عدد جدران القص وأماكنها في المجموعتين.

الجدول (1): الجدول المبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية العادية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية، الملحق رقم (2) للكود العربي السوري - الطبعة الأولى لعام 2005^[5].

المعامل R	الجملة الإنشائية	التسلسل
8.0	جملة إطارات خاصة مقاومة للعزوم بمفهوم هذا الملحق (من حيث تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا والتصميم لمقاومة العزوم، ومقاومة قوى القص محسوبة على أساس 1.25 مرة طاقتي تحمل المقطعين في أعلى العمود وأسفله للعزوم).	1
7.5	جملة تثائية من جدران قص، وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	2
6.5	جملة تثائية من جدران قص، وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	3
5.5	جملة جدران قص، وإطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 10% من قوة القص القاعدي.	4
4.5	جملة جدران قص دون إطارات خاصة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)، أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال إسهام الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية.	5

الجدول (2): الجدول المبسط لتحديد قيمة المعامل R للجمل الإنشائية الشائعة الاستعمال في الجمهورية العربية السورية عند استعمال إطارات عزمية متوسطة محلية، الملحق رقم (2) للكود العربي السوري - الطبعة الثانية لعام 2013^[6].

المعامل R	الجملة الإنشائية	التسلسل
6.0	جملة 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 العمود وأسفله للعزوم محسوبين باستعمال إجهاد شد أعظمي f_y ، فضلاً عن بقية الاشتراطات الواردة في الجدول (3-4)).	1
5.5	جملة تثائية من جدران قص، وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 50% من قوة القص القاعدي.	2
5.0	جملة تثائية من جدران قص، وإطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ تتحمل الإطارات ما لا يقل عن 25% من قوة القص القاعدي.	3
4.5	جملة جدران قص، دون إطارات متوسطة مقاومة للعزوم (كما ذكر في 1 أعلاه)؛ أو مع وجود إطارات تحقق مفهوم تفصيل حديد التسليح والأبعاد الدنيا، مع إهمال إسهام الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية.	4

والتقريب ثنائي الخطية. ويبين الشكل (1) علاقة انتقال السطح مقابل القص القاعدي للمنشأ الذي يتم الحصول عليه بإجراء تحليل الدفع الجانبي للمنشأ المدروس. باستخدام منحنى الاستجابة اللامرنة الفعلية والتقريب ثنائي الخطية للاستجابة والمبينين في الشكل (1) حُسِبَتْ قيم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R (حاصل ضرب قيم تكوينيه: عامل تخفيض المطاوعة وعامل زيادة المقاومة) عند مستوى القوة التصميمية المحسوبة وفقاً للكود UBC97^[1].

4- عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R ومكوناته:

يختبر تحليل الدفع الجانبي Pushover analysis المنشأ باستخدام تزايدات في القوى الجانبية حتى الوصول إلى الانتقال الأعظمي الممكن. فينتج عن تحليل الدفع الجانبي منحنى يمثل الاستجابة الفعلية للمبنى، يمكن الحصول على تقريب نقطة قوة الخضوع الفعال V_y من خلال إحداث تقريب ثنائي الخطية لمنحنى الدفع الجانبي باستخدام طريقة الطاقة المتساوية التي توازن المساحات بين منحنى الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية، ويقوم برنامج SAP2000 بإيجاد منحنى الاستجابة الفعلية

Φ : تابع لمطاوعة المنشأ μ ، والدور الأساسي لاهتزاز المنشأ T ، وشروط تصنيف التربة في الموقع، ويعطى للمواقع الصخرية بالمعادلة الآتية:

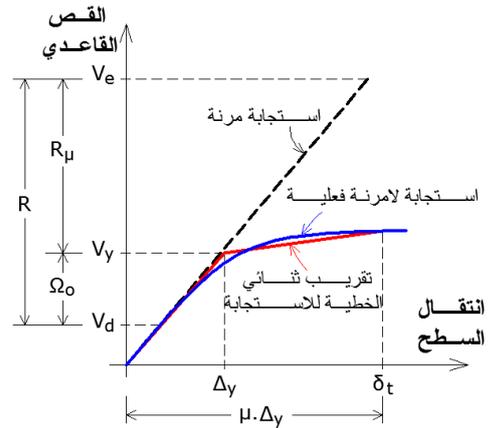
$$\text{Eq(5)} \quad \Phi = 1 + \frac{1}{10T - \mu T} - \frac{1}{2T} \exp \left[-\frac{3}{2} \left(\ln T - \frac{3}{5} \right)^2 \right] \quad [10]$$

5- مثال عددي لتحليل نماذج الأبنية وحساب العامل R :

دُرِسَتْ 6 نماذج من الأبنية البيتونية المسلحة موزعة على مجموعتين، جملتها الإنشائية المقاومة للأحمال الجانبية عبارة عن جملة ثنائية مؤلفة من جدران قص من الخرسانة مع إطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم IMRFs، المباني موجودة في المنطقة الزلزالية الثالثة $Z=0.3$ ، والتأسيس على تربة صخرية من النوع S_B ، عامل أهمية المنشأ $I=1$ ، المقاومة المميزة للخرسانة $f_c=250 \text{ kg/cm}^2$ ، حد السيلاز لفلواز التسليح الرئيس والعرضي على التوالي $f_{ys}=2400 \text{ kg/cm}^2$ ، $f_y=4000 \text{ kg/cm}^2$ ، الحمولات الحية 0.3 t/m^2 ، حمولات التغطية + أوزان القواطع (للطوابق المتكررة) 0.5 t/m^2 ، للسطح الأخير 0.4 t/m^2 ، عدد الطوابق للنماذج المدروسة 8 طوابق، وعدد فتحات الإطارات 5 فتحات. الارتفاع الطابقي 365 cm عدا الطابق الأرضي (السفلي) 490 cm ، مجاز فتحة الإطار 500 cm ، بلاطات السقوف في الطوابق كلها مصممة بسماكة 15 cm .

صُمِّمَتِ المباني وجرى تحقيق مقاطع عناصرها باستخدام برنامج ETABS v 9.7.1 وفقاً للكود [1] UBC97 ($\Omega_o(UBC97) = 2.8$ ، $R(UBC97) = 6.5$)، واستُخدِمَ برنامج SAP2000 v14.2.2 لإجراء التحليل الستاتيكي اللاخطي وإيجاد منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية الممثلة لاستجابة المنشأ المدروس.

وتبيّن الجداول (3-4-5-6-7) أبعاد الجوائز والأعمدة وسماكات جدران القص المستعملة وتسليحها في النماذج المدروسة.



الشكل (1): علاقة انتقال السطح - القص القاعدي للمنشأ [9]

من الشكل (1) نجد:

$$R = \Omega_o \cdot R_\mu \quad \text{Eq(1)}$$

إذ: Ω_o : عامل زيادة المقاومة عند مستوى القوة التصميمية المحسوبة وفقاً للكود UBC97 [1]

$$\Omega_o = \frac{V_y}{V_d} \quad \text{Eq(2)}$$

إذ: V_y : قوة الخضوع الفعال، ويتم الحصول عليها من التقريب ثنائي الخطية للاستجابة المبين في الشكل (1).

V_d : قوة القص التصميمية المحسوبة وفقاً للكود UBC97 [1].

R_μ : عامل تخفيض المطاوعة. ويُحَسَبُ هذا العامل باستعمال علاقات (1993) Miranda [10]، الذي قام باستنباطها مستخدماً 124 حركة أرضية مسجلة ضمن مجال واسع من شروط تصنيف التربة خلال زلازل مختلفة:

$$R_\mu = \frac{\mu - 1}{\Phi} + 1 \geq 1 \quad \text{Eq(3)} \quad [10]$$

إذ: μ : عامل المطاوعة الإنشائية المحسوب بالعلاقة الآتية:

$$\mu = \frac{\delta_t}{\Delta_y} \quad \text{Eq(4)} \quad [11], [12]$$

δ_t : الانتقال الهدف والمعروف من قبل FEMA-356 [13] وهو يمثل الانتقال الأعظمي المحتمل حدوثه خلال الزلزال التصميمي، Δ_y : انتقال الخضوع الفعال. ويتم الحصول على قيم هذين الانتقالين على الترتيب من منحنى الاستجابة الفعلية والتقريب ثنائي الخطية المبينين في الشكل (1).

الجدول (3): أبعاد الجوائز المستخدمة في النماذج المدروسة

اسم الجائز	أبعاد الجائز (ارتفاع×عرض) (cm×cm)
B1	40×60

الجدول (4): أبعاد الأعمدة المستخدمة وتسليحها

في النماذج المدروسة

اسم العمود	مقطع العمود (cm×cm)	تسليح العمود	نسبة التسليح
C1	40×40	12T18	1.91%
C2	50×50	16T20	2.01%
C3	60×60	20T20	1.75%
C4	70×70	28T20	1.80%
C5	80×80	24T25	1.84%

الجدول (5): سماكة جدران القص المستخدمة في النماذج المدروسة

اسم جدار القص	سماكة الجدار (cm)
W1	20
W2	25
W3	30

الجدول (6): أسماء الأعمدة والجوائز وجدران القص المستخدمة في

طوابق النماذج المدروسة

الطابق	أسماء جدران القص والأعمدة والجوائز
Story 8	B1 , C1 , W1
Story 7	B1 , C2 , W1
Story 6	B1 , C2 , W1
Story 5	B1 , C3 , W2
Story 4	B1 , C3 , W2
Story 3	B1 , C4 , W2
Story 2	B1 , C4 , W2
Story 1	B1 , C5 , W3

وقد غُيِّرَتْ نسب إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي بين النماذج المدروسة من خلال تغيير عدد جدران القص. كما غُيِّرَتْ أماكن توزيع جدران القص في المسقط الأفقي بين نماذج المجموعتين، انظر الأشكال: (2)، (3) التي تبين المساقط الأفقية للنماذج المدروسة وتوزع جدران القص فيها بحسب المجموعتين (1) و(2)، إذ تقع النماذج

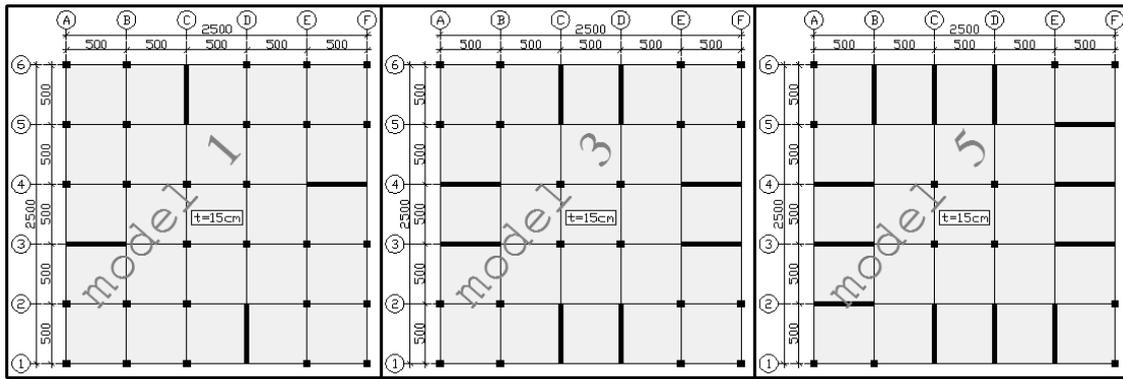
الجدول (7): مقاطع جدران القص المستخدمة وتسليحها في النماذج المدروسة

اسم جدار القص	W1	W2	W3
مقطع وتسليح جدار القص			

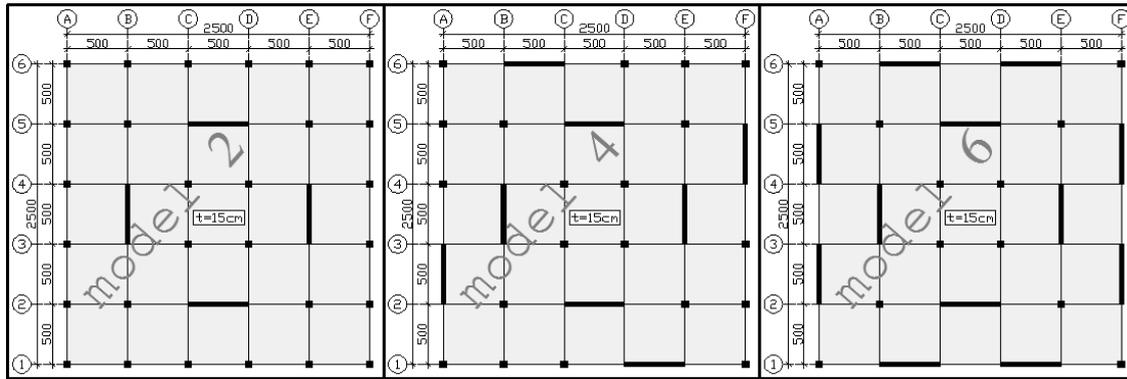
ويبين الجدول (8) أسماء المجموعات المدروسة، وما تحتويه من نماذج، فضلاً عن عدد جدران القص في كل من اتجاهي النموذج ونسبة إسهام جدران القص بتحمل القص القاعدي الناتج عن تحليل كل نموذج باستخدام برنامج ETABS v 9.7.1. نجد أن النموذجين المشتركين بنسبة الإسهام هما النموذجان المشتركان بعدد جدران القص نفسه مع اختلاف طريقة توزيع هذه الجدران في المسقط.

الجدول (8): أسماء المجموعات المدروسة و نماذجها

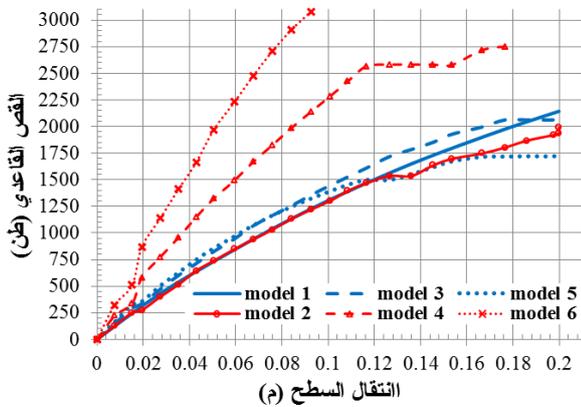
اسم المجموعة	اسم النموذج	عدد جدران القص في كل اتجاه	نسب إسهام جدران القص
المجموعة (1)	model 1	2	0.56
	model 3	4	0.75
	model 5	6	0.86
المجموعة (2)	model 2	2	0.57
	model 4	4	0.76
	model 6	6	0.87



الشكل (2): المسقط الأفقي لنماذج المجموعة (1) وهي: (model 1, model 3, model 5) (الأبعاد بالـ cm) [9]



الشكل (3): المسقط الأفقي لنماذج المجموعة (2) وهي: (model 2, model 4, model 6) (الأبعاد بالـ cm) [9]

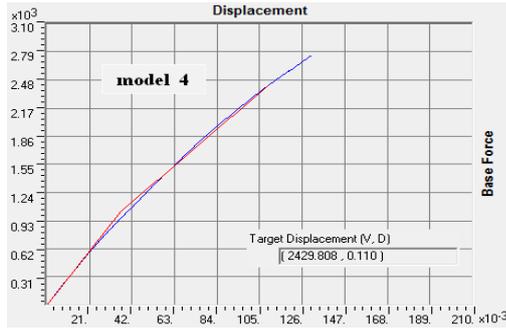


الشكل (4): منحنيات الدفع الجانبي لجميع النماذج المدروسة

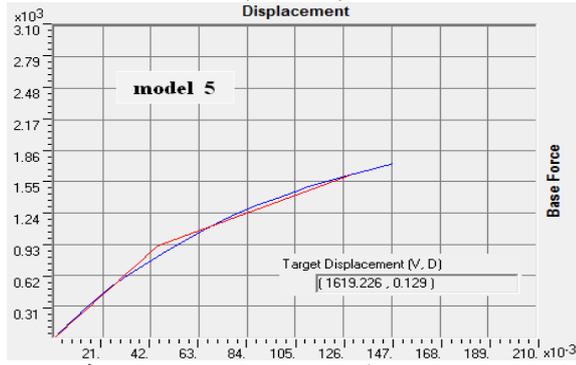
كما تبين الأشكال (5,6,7,8,9,10) منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية لكل نموذج من النماذج المدروسة على حدة باستخدام برنامج SAP2000، إذ الواحدات المستخدمة (ton-m).

نلاحظ من الجدول (8) والأشكال (2)، (3): أن تغيير عدد جدران القص في المسقط الأفقي يؤدي دوراً كبيراً في تغيير قيم نسب الإسهام لجدران القص في تحمل القص القاعدي، إذ تزيد نسبة الإسهام بزيادة عدد الجدران. في حين أن تغيير توزيعها في المسقط الأفقي مع الاحتفاظ بعددها نفسه له دور قليل الأهمية في تغيير نسب إسهام، ومن ثم فإن نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي لها علاقة بشكل رئيس بصلاطات هذه الجدران أكثر من صلابة المبنى ككل.

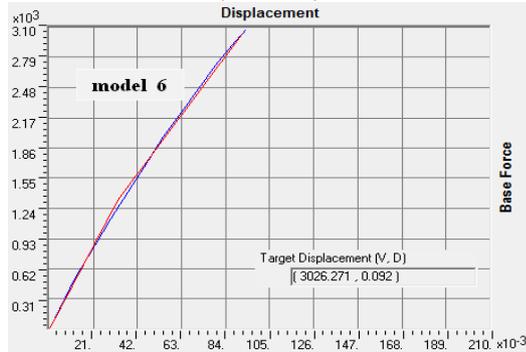
يبين الشكل (4) منحنيات الدفع الجانبي للنماذج المدروسة في المجموعتين (1) و(2) جميعها، التي تم إيجادها بمساعدة برنامج SAP2000 (الواحدات ton-m).



الشكل (8): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 4)

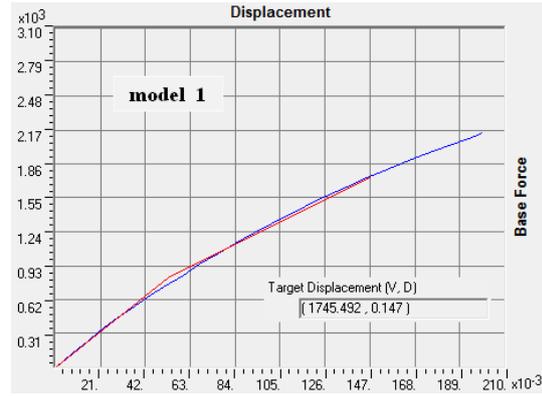


الشكل (9): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 5)

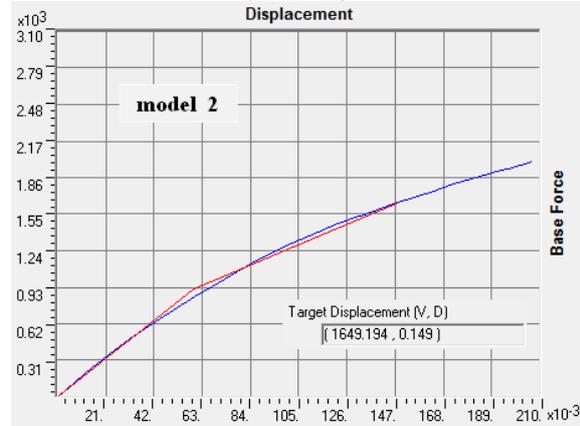


الشكل (10): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 6)

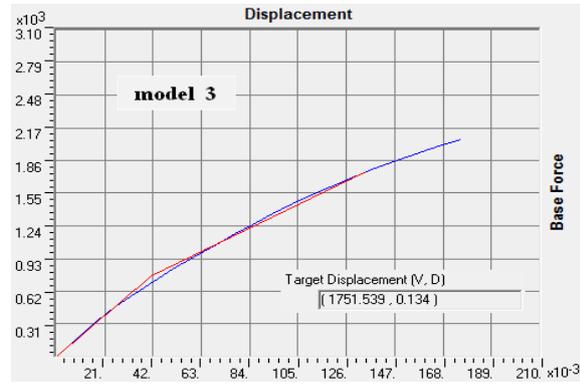
كما يبيّن الجدول (9) نتائج تحليل الدفع الجانبي لنماذج الأبنية المدروسة؛ وذلك باستخدام برنامج SAP2000. يتضح من الجدول (9) أن شكل توزيع جدران القص قد أعطى النماذج (model 4-model 6) صلابة أكبر من نظيراتها (model 3- model 5) التي لها عدد جدران القص نفسه على التوالي؛ وذلك يتضح من خلال زيادة قيم الدور الديناميكي T (الذي له علاقة بالخصائص الديناميكية للمبنى) ونقصان قيم الصلابة ($K_{effective}$) للنماذج (model



الشكل (5): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 1)

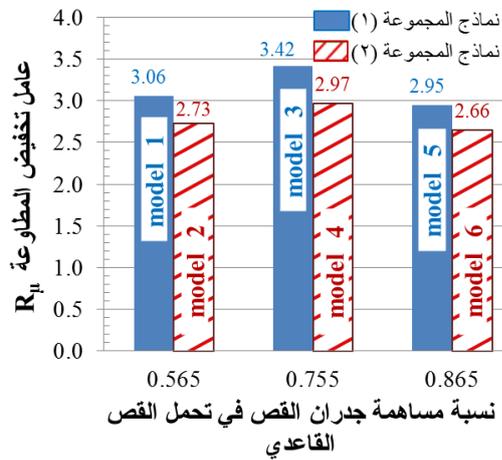


الشكل (6): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 2)



الشكل (7): منحنيات الدفع الجانبي والتقريب ثنائي الخطية للنموذج (model 3)

القاعدي وبين عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} ، إذ كانت القيمة الكبرى لعامل تخفيض المطاوعة للنماذج (model 3, model 4) ذات نسب الإسهام القريبة من القيمة 0.75؛ وذلك من أجل طريقتي توزيع جدران القص في المجموعتين المدروستين. كما يبيّن الشكل اختلاف قيم العامل R_{μ} بين النماذج المشتركة بنسبة الإسهام، إذ انخفضت قيمته عند النموذج (model 4) بحدود 13% نسبة إلى النموذج (model 3). تراوح قيم عامل تخفيض المطاوعة التي تم الحصول عليها في هذا المثال بين القيمة (2.66) للنموذج (model 6) من المجموعة (2) والقيمة (3.42) للنموذج (model 3) من المجموعة (1).



الشكل (11): مقارنة عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} لنماذج المجموعتين

يبيّن الشكل (12) مقارنة قيم عامل زيادة المقاومة Ω_0 المحسوبة لنماذج المجموعتين (1) و (2)، نلاحظ من الشكل بأنه لا توجد علاقة واضحة بين نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي وبين عامل زيادة المقاومة Ω_0 من أجل نماذج المجموعة الأولى، إذ كانت القيمة الصغرى لـ Ω_0 للنموذج الوسطي (model 3) بنسبة إسهام 0.75. في حين نلاحظ (من أجل نماذج المجموعة الثانية) ازدياد عامل زيادة المقاومة Ω_0 إلى النموذج (model 6) بالنسبة إلى النموذج (model 2) بنسبة 40% مع زيادة نسب إسهام الجدران في تحمل القص القاعدي بنسبة 53%. كما يظهر من الشكل (12) اختلاف قيم العامل Ω_0 بين النماذج المشتركة بنسبة الإسهام، إذ كانت أكبر زيادة لـ Ω_0 عند

(model 5 - model 3) عن نظيراتها (model 6 - model 4) على التوالي.

الجدول (9): نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي (Pushover analysis) للنماذج المدروسة

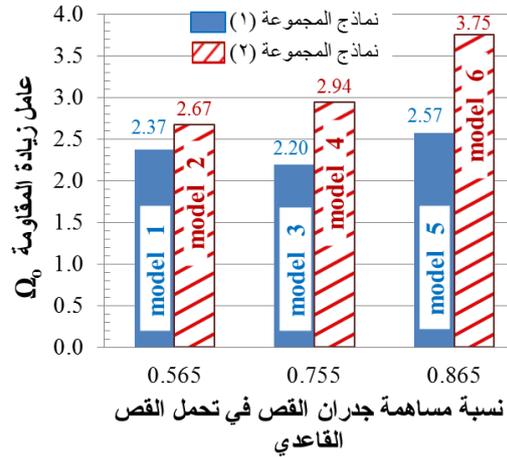
R	7.24	7.30	7.51	8.74	7.58	9.95
Ω_0	2.37	2.67	2.20	2.94	2.57	3.75
R_{μ}	3.06	2.73	3.42	2.97	2.95	2.66
Φ	0.879	0.876	0.936	1.020	0.959	1.112
$\mu = \delta_t / \Delta_y$	2.81	2.52	3.26	3.01	2.87	2.84
$\Delta_{target} = \delta_t (m)$	0.147	0.149	0.134	0.110	0.129	0.092
$V_{target} (ton)$	1745.49	1649.19	1751.54	2429.81	1619.23	3026.27
$\Delta_y = V_y / K_e (m)$	0.0524	0.0592	0.0411	0.0366	0.0449	0.0324
$K_{effective} (ton/m)$	15563.55	15534.51	18674.7	28112.06	20264.59	40953.22
$V_y (ton)$	814.99	919.49	767.63	1028.04	910.83	1326.21
$V_d (ton)$	344.02	344.32	349.17	349.17	354.33	354.03
T (sec)	0.93	0.92	0.84	0.70	0.78	0.59
نسبة مساهمة جدران القص	0.565		0.755		0.865	
اسم النموذج	model 1	model 2	model 3	model 4	model 5	model 6

يبيّن الشكل (11) قيم عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} المحسوبة لنماذج المجموعتين (1) و (2) قيد الدراسة، يظهر من الشكل أن لا توجد علاقة واضحة بزيادة أو نقصاناً بين نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص

بطبعته الأولى والثانية لعامي (2005, 2013) على التوالي، باستثناء تقاريرهم من قيم الجدول المبسط للكوود السوري بطبعته الأولى لعام 2005 في النموذجين (model 1, model 2) ذوي نسبة الإسهام الأقل. ومن ثمَّ فإنَّ القيم المعتمدة في الجداول المبسطة كانت بعيدة عن الاقتصادية وعن القيم الفعلية للعامل R، إذْ راوحت قيمه الفعلية في هذا المثال بين (7.24) للنموذج (model 1) من المجموعة (1) و(9.95) للنموذج (model 6) من المجموعة (2).

كما نلاحظ ازدياد قيم العامل R بشكل واضح مع ازدياد نسب إسهام الجدران في تحمل القص القاعدي لنماذج المجموعة (2)، إذْ وصلت الزيادة في النموذج (model 6) بحدود 36% نسبة إلى النموذج (model 2). في حين كانت الزيادة في نماذج المجموعة (1) شبه معدومة إذْ زادت قيمة العامل R للنموذج (model 5) بحدود 5% فقط نسبة إلى النموذج (model 1) من المجموعة نفسها (1) وهي زيادة طفيفة جداً مقارنةً بنماذج المجموعة (2). ومهما يكن من زيادة قيم العامل R أو اقتراب هذه القيم من بعضها (بحسب عدد جدران القص وشكلها وتوزعها في المبنى) مع ازدياد نسب إسهام الجدران في تحمل القص القاعدي، فإنَّ هذا يخالف الجداول المبسطة للكوود العربي السوري التي تقترض تناقص قيم العامل R مع ازدياد نسب إسهام الجدران، وذلك باعتبار تناقص مطاوعة المنشأ الممتلئة بالمكون R_{II} (عامل تخفيض المطاوعة) مع ازدياد عدد جدران القص في المبنى دون الأخذ بالحسبان الدور الكبير للمكون Ω_0 (عامل زيادة المقاومة) وتأثيره الواضح في ازدياد قيم العامل R، فإذا قارنا قيم مكوني العامل R للنموذج (model 1) من المجموعة (1) والنموذج (model 6) من المجموعة (2) واللذين يعطيان أصغر قيمة للعامل R وأكبرها على الترتيب نجد ما يأتي: زيادة العامل R في النموذج (model 6) على النموذج (model 1) بنسبة 37%، زيادة المكون Ω_0 في النموذج (model 6) على النموذج (model 1) بنسبة 58%، نقصان المكون R_{II} في النموذج (model 6) على النموذج (model 1) بنسبة 13%، ومن ثمَّ

النموذج (model 6) بحدود 46% وذلك بالنسبة إلى النموذج (model 5). تراوح قيم عامل زيادة المقاومة Ω_0 التي تم الحصول عليها في هذا المثال بين القيمة (2.20) للنموذج (model 3) من المجموعة (1) والقيمة (3.75) للنموذج (model 6) من المجموعة (2).



الشكل (12): مقارنة عامل زيادة المقاومة Ω_0 لنماذج

المجموعتين

يبين الشكل (13) مقارنة قيم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R لنماذج المجموعتين (1) و(2) قيد الدراسة والمشاركة بقيم نسب إسهام جدران القص نفسها في تحمل القص القاعدي، ومقارنتها بقيم الجداول المبسطة من جهة أخرى. يظهر من الشكل وجود فرق واضح واختلاف في قيم العامل R لكل نموذجين مشتركين بنسبة إسهام نفسها، إذْ وصلت الزيادة في قيمة العامل R للنموذج (model 6) إلى حدود 31% بالنسبة إلى النموذج (model 5) الذي له نسبة إسهام ذاتها، في حين كانت الزيادة إلى النموذج (model 4) بحدود 16% بالنسبة إلى النموذج (model 3)، في حين لم يتعدَّ الفرق 0.8% بين النموذجين (model 1, model 2) ذوي نسبة الإسهام الأقل. ومن ثمَّ فإنه لا يمكن ربط العامل R بنسبة إسهام الجدران في تحمل القص القاعدي لأخذ قيماً مختلفةً من أجل نسبة إسهام واحدة محددة بخلاف ما أعطته الجداول المبسطة المنصوص عنها في طبعات الملحق رقم (2) للكوود العربي السوري. ويبين الشكل (13) ازدياد القيم المحسوبة للعامل R على القيم المقترحة في الجداول المبسطة للكوود العربي السوري

أعطته الجداول المبسطة المنصوص عنها في طبقات الملحق رقم (2) للكود العربي السوري، إذ تعطي هذه الجداول المبسطة قيمة واحدة للعامل R من أجل نسبة إسهام معينة، ومن ثمَّ يجب إعادة النظر بوجود الجداول المبسطة لتحديد قيمة المعامل R ضمن الملحق رقم (2) للكود العربي السوري.

3- اختلاف القيم المحسوبة للعامل R عن القيم المقترحة في الجداول المبسطة للكود العربي السوري. وقد راوحت القيم الفعلية المحسوبة للعامل R في هذا المثال بين القيمة (7.24) والقيمة (9.95).

4- لا توجد علاقة واضحة زيادةً أو نقصاناً بين نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي، وبين عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} .

5- اختلاف قيم العامل R_{μ} بين النماذج المشتركة في نسبة الإسهام.

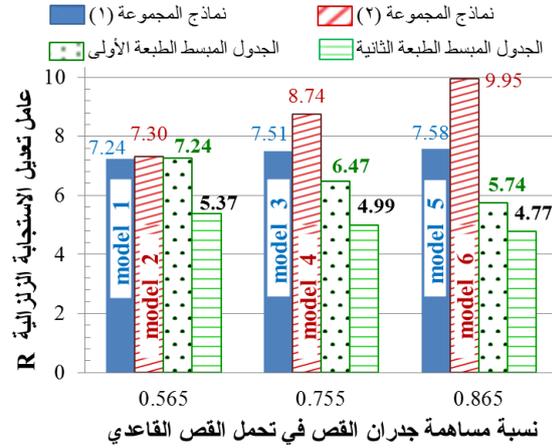
6- راوحت قيم عامل تخفيض المطاوعة R_{μ} التي تم الحصول عليها في هذا المثال بين القيمة (2.66) والقيمة (3.42).

7- لا توجد علاقة واضحة بين نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي، وبين عامل زيادة المقاومة Ω_0 .

8- اختلاف قيم العامل Ω_0 بين النماذج المشتركة في نسبة الإسهام.

9- راوحت قيم عامل زيادة المقاومة Ω_0 التي تم الحصول عليها في هذا المثال بين القيمة (2.20)، والقيمة (3.75).

نلاحظ زيادة المكون Ω_0 بنسبة أكبر من نسبة نقصان المكون R_{μ} ؛ وهذا بدوره يعطل حالات زيادة العامل R مع زيادة نسب إسهام جدران القص.



الشكل (13): مقارنة عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R لنماذج المجموعتين

5- النتائج:

درُس تأثير نسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي على قيم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية R لستة نماذج من الأبنية بجمل ثنائية مؤلفة من جدران قص وإطارات خرسانية متوسطة مقاومة للعزوم، إذ وُرعت هذه النماذج ضمن مجموعتين حيث يحوي كل نموذجين متقابلين نسبة الإسهام نفسها، أُجريت الدراسة باستعمال تحليل الدفع الجانبي الستاتيكي اللاخطي وباستعمال برنامج SAP2000 انطلاقاً من القيمة $R_{(UBC97)}=6.5$ المعطاة في الكود الأميركي UBC97. يمكن تلخيص نتائج هذه الدراسة كالتالي:

1- ازدياد قيم العامل R بنسب مختلفة (زيادة كبيرة أو طفيفة بحسب عدد جدران القص وشكلها توزيعها في المبنى) مع ازدياد نسب إسهام الجدران في تحمل القص القاعدي، وهذا يخالف الجداول المبسطة للكود العربي السوري التي تفترض تناقص قيم العامل R مع ازدياد نسب إسهام الجدران.

2- لا يمكن ربط العامل R بنسبة إسهام جدران القص في تحمل القص القاعدي؛ لأن هذا العامل يأخذ قيماً مختلفةً من أجل نسبة إسهام واحدة محددة بخلاف ما

المراجع*

12. Patel, B. and Shah, D., 'Formulation of Response Reduction Factor for RCC Framed Staging of Elevated Water Tank using Static Pushover Analysis', Proceedings of the World Congress on Engineering, June 30 - July 2, London, U.K. (Vol III), (2010).
13. FEMA-356: Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Washington, D. C., (2000).
1. UBC97 Uniform Building Code, Volume 2, (1997).
2. IBC (2006) International Building Code. International Code Council, INC.
3. Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance - Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, European Standard EN 1998-1, (2004).
4. SEAOC Seismology Committee, 'A Brief Guide to Seismic Design Factors'. Structure magazine, September, (2008).
5. الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة- تصميم وتحقيق المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل، الطبعة الأولى، دمشق (2005).
6. الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة- تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، الطبعة الثانية، دمشق (2013).
7. Barakat, S.A., Malkawi, A.I.H. and Al-Shatnawi, A.S., 'A Step Towards Evaluation of the Seismic Response Reduction Factor in Multistorey Reinforced Concrete Frames', Natural Hazards, Vol. 16, No. 1, pp. 65-80, (1997).
8. Spathelf, Ch.A., 'Assessment of the Behaviour Factor for the Seismic Design of Reinforced Concrete Structural Walls according to SANS 10160: Part 4', MSc. Thesis, Stellenbosh University, December, (2008).
9. الأحمر، رانيه. 'تقييم عامل تعديل الاستجابة الزلزالية للأبنية البيتونية المسلحة'، رسالة أعدت كمتطلب جزئي لنيل درجة الماجستير في الهندسة الإنشائية الزلزالية، المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية (HIESR)، جامعة دمشق، سورية (2013).
10. Miranda, E. 'Site-Dependent Strength Reduction Factors', Journal of Structural Engineering (ASCE), Vol. 119, No. 12, pp. 3503-3519, (1993).
11. Hoseinzadeh, M. R., Mahmoudi, M., Edalatbehbahani, A., Sadrnejad, S. A. and Rasoolan, I., 'Pushover Analysis for Estimating Resonance Factor of Tall RC Frames with Steel Eccentric Bracing', Journal of American Science, 7(3), pp.773-778, (2011).