

THE EFFECT OF FOUNDATION ROCKING OF SHEAR WALLS ON THE BEHAVIOR OF DUAL SYSTEMS SUBJECTED TO EARTHQUAKE LOADS

Fadwa Issa

PHD student

Department of Structural Engineering
Faculty of Civil Engineering, Damascus University
e-mail: fadwa.issa650@gmail.com

Mohamad Nazih Alyagchi Eilouch

Professor

Department of Structural Engineering
Faculty of Civil Engineering
Damascus University
e-mail nazihayagchi@gmail.com

Abbas Tasnimi

Professor

Department of Structural Engineering
International Institute of Earthquake
Engineering and Seismology (IIEES), Iran
e-mail tasnimi@gmail.com

(Received December 10, 2011 Accepted January 24, 2012)

In most design cases of buildings, design engineers assign shear walls the total seismic loads while the frames (columns and beams) take the gravity loads. It is customary to assume that cantilever model of the building structure is fully restrained against rotations at the base. It is recognized, however, that full base fixity for such large structural elements is very difficult, if not impossible, to achieve. Base rotation is a vital component of wall deformations. Therefore, it significantly affect the stiffness of cantilever walls and hence possibly their share in the lateral force resistance within elastic dual systems. The reluctance by designers to address the problem could be attributed to difficulties to estimate reliably stiffness properties of soils and to find a representative model of problems.

The Dual systems of building are being studied by formulating several mathematical models covering buildings with shear walls and frames that have different heights and walls stiffness extending between high and low stiffness values relative to the total stiffness of the building. An equivalent static analysis has been carried out on these models to show the effect of shear wall-frame rocking on the wall-frame interaction in terms of internal forces and deformations.

At the end of this study, the most important results and recommendations are summarized, especially the necessity of considering the interaction between frames system and shear walls system. It was proven that, the effect of shear walls rocking will be important when the stiffness of these walls is large relative to the stiffness of the building.

KEYWORDS: *shear wall-frame systems, nonlinear static analysis.*

تأثير دوران أساسات حوائط القص على سلوك الأنظمة المزدوجة المعرضة للزلازل

م. فدوى عيسى

طالبة دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق – دمشق
e-mail: fadwa.issa650@gmail.com

أ.د.م عباس تسنيمي

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية
المعهد الدولي للهندسة الزلزالية وعلم الزلازل-إيران
e-mail: tasnimi@gmail.com

أ.د.م محمد نزيه اليغشي إيلوش

أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة المدنية – جامعة دمشق – دمشق
e-mail: nazihayagchi@gmail.com

المخلص

في معظم حالات التصميم يقوم المهندسون بتحميل حوائط القص كامل الحمولة الزلزالية بينما تأخذ الإطارات (الجوائز والأعمدة) أحمال الجاذبية. ومن المألوف عادة أن نفترض أن الحوائط مقيدة تماماً ضد الدوران عند القاعدة لكن الثبات التام للقاعدة لمثل هذه العناصر الإنشائية الكبيرة هو أمر صعب تحقيقه إذا لم يكن مستحيل. حيث يعتبر دوران القاعدة مكون أساسي لتشوهات الحوائط فهو يؤثر بشكل هام على صلابة الحوائط وبالتالي يؤثر على مشاركتها في مقاومة القوى الجانبية في الأنظمة المزدوجة. وهنا تظهر الصعوبة التي يواجهها المصممون في تقدير خصائص الصلابة التي يمكن اعتمادها للتربة ومشاكل النمذجة والتي تؤدي في النهاية إلى إهمال هذا التأثير المهم.

تمت دراسة الأنظمة المزدوجة من خلال اعتبار عدة نماذج رياضية تغطي أبنية تحتوي حوائط قص وإطارات ذات ارتفاعات مختلفة وصلابات حوائط تتراوح بين العالية إلى المنخفضة نسبة لصلابة المبنى الكلية. تم إجراء تحليل استاتيكي مكافئ لهذه النماذج لتبيان مساهمة الإطارات المحتملة في أداء المبنى من ناحية القوى الداخلية والتشوهات.

في نهاية البحث تم تلخيص أهم النتائج والتوصيات المستقاة من هذه الدراسة وبشكل خاص ضرورة الاهتمام بالآثر المتبادل بين نظامي الإطارات والحوائط (النظام المزدوج)، وقد تبين أن تأثير دوران أساسات حوائط القص يكون هاماً عندما تكون صلابة هذه الحوائط كبيرة نسبياً لصلابة المبنى.

كلمات مفتاحية: جمل إطار-جدار قص، تحليل استاتيكي لاخطي.

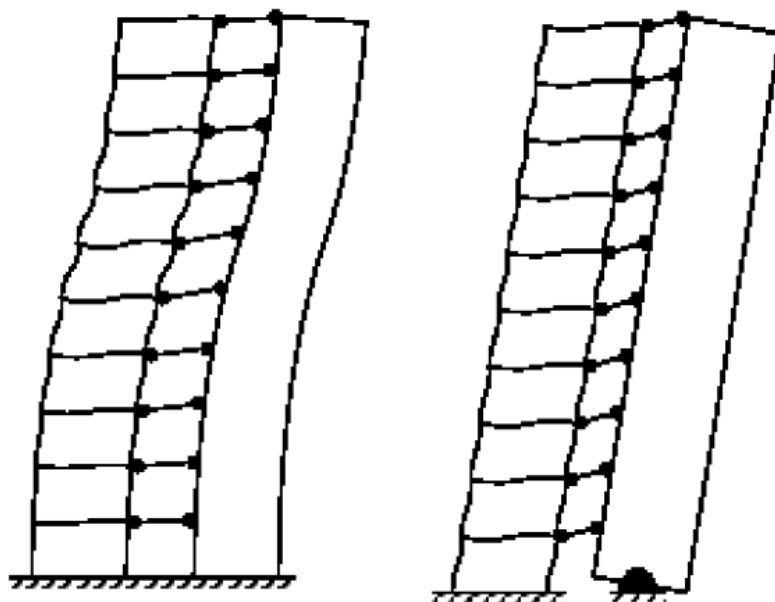
1. مقدمة

تتواجد حوائط القص والإطارات معاً في معظم الأبنية السكنية، وتسمى الأنظمة الإنشائية التي تتم فيها مقاومة الأحمال الجانبية عن طريق الإطارات والحوائط بالنظام المزدوج.

عندما يتعرض المبنى للأحمال الجانبية يتشوه الإطار بنمط القص في حين يتشوه الجدار بنمط الانحناء كما في الشكل (1، 2) وينتج عن الاختلاف في أشكال التشوه الحر للإطارات حوائط القص حصول تفاعل أفقي عن طريق البلاطات التي تربط حوائط القص والأعمدة وتجعل حركتهما الأفقية متساوية الأمر الذي يؤدي إلى أن الجدار سيشد الإطار في أعلى المبنى وسيضغطه في الأسفل.

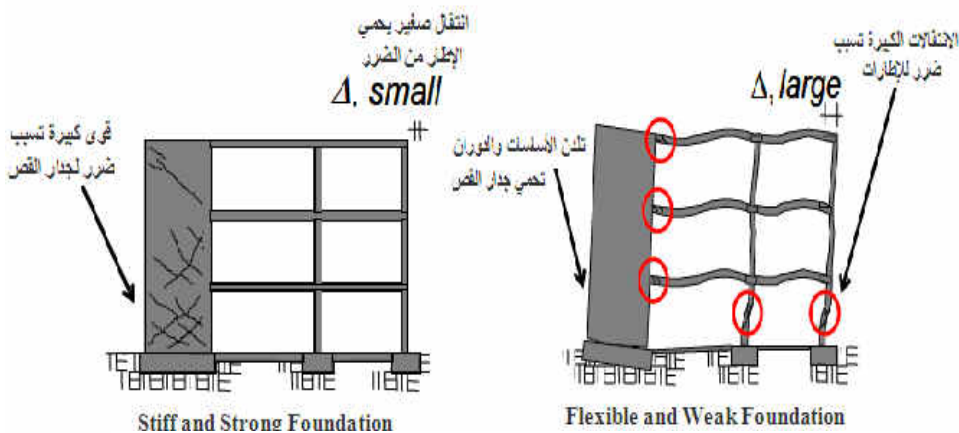
من المألوف أن نفترض أن حوائط القص مقيدة تماماً ضد الدوران عند القاعدة لكن الثبات التام للقاعدة من أجل مثل هذه العناصر الإنشائية الكبيرة هو أمر صعب تحقيقه إذا لم يكن مستحيل. حيث يعتبر دوران القاعدة مكون أساسي لتشوهات الحوائط فهو يؤثر بشكل هام على صلابة الحوائط وبالتالي يؤثر على مشاركتها في مقاومة القوى الجانبية في الأنظمة المزدوجة. وهنا تظهر الصعوبة التي يواجهها المصممون في تقدير خصائص الصلابة التي يمكن اعتمادها للتربة ومشاكل النمذجة. والتي تؤدي في النهاية إلى إهمال هذا التأثير المهم.

يركز هذا البحث على دراسة تأثير دوران الأساسات على التفاعل بين حوائط القص والإطارات وذلك لتبيان مدى حساسية الأنظمة المزدوجة لدوران القاعدة، حيث يتم اختبار خصائص الاستجابة المرنة لبعض المنشآت على القوة الجانبية.



(a) دوران أساسات حوائط القص (b) ثبات أساسات حوائط القص

الشكل (1): التشوه لنظام إطار- جدار قص في الحالتين: مع/بدون دوران أساسات جدار القص [4]



(a) أماكن التشقق في الحالتين: مع/بدون دوران أساسات جدار القص



(b) ضرر مبنى ذو جملة ثنائية نتيجة هبوط الأساسات ودوران الجدار

الشكل(2): شكل التشوه لأنظمة إطار-جدار نتيجة دوران قاعدة جدار

1. هدف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة سلوك أنظمة إطار- حوائط قص لمباني سكنية وإظهار ميزات هذه الأنظمة في المرحلة الخطية في حالتين:

- بافتراض ثبات تام لأساسات حوائط القص.
 - بافتراض وجود دوران في أساسات حوائط القص.
- وذلك بهدف التعرف على تأثير دوران أساسات حوائط القص على التفاعل المتبادل بين حوائط القص والإطارات من حيث توزيع القوى الداخلية والتشوهات ولتبيان مدى حساسية الأنظمة المزدوجة لدوران قواعد حوائط القص.

2. مراجعة تاريخية للأبحاث السابقة

بعد استعراض المراجع المتوفرة المتعلقة بموضوع البحث، من مجالات علمية أو منشورات المؤتمرات العلمية أو حتى في شبكة المعلومات الدولية التي تعد من أهم المصادر المعتمد عليها، تم تلخيص أهم الأبحاث السابقة، مرتبة وفق تاريخ النشر:

- درس Fazlur Khan (1964) [2] النظام المسمى بنظام إطار- جدار قص وأعطى فكرة معمقة عن سلوك هذا النظام، وقد ساهم ذلك في تطور الأبنية العالية من الخرسانة المسلحة بشكل كبير. في هذا النظام تتفاعل النواة المركزية أو حوائط القص الموزعة مع الأعمدة والكمرات الأخرى أو مع الإطارات المشكلة من الأعمدة والبلاطة في البناء عن طريق ديافرامات بلاطة صلبة rigid floor diaphragms.
- اقترح Iain A (1970) [3] طريقة مبسطة لتحليل التفاعل بين حوائط القص والإطارات تحت تأثير القوى الجانبية في الأبنية العالية وأعطى فكرة عامة عن سلوك هذه الأنظمة الإنشائية. وقد أوصى بإجراء تحليل ثلاثي الأبعاد في حال وجود التواء (Torsion).
- قام Paullay & Priestley (1995) [4] بدراسة تحليلية لبعض نماذج الأبنية القائمة وأجرى تجارب باستخدام طاولة اهتزاز لدراسة سلوك أنظمة إطار- جدار قص في المرحلة اللاخطية. وقد وجد أن الإطارات والحوائط تتشارك في مقاومة قوى القص الطابقي في الطوابق السفلية لكنها تعاكس بعضها في المناسيب العلوية، وأوصيا بدراسة معمقة للمتغيرات المختلفة التي تؤثر على تفاعل حوائط القص والإطارات بما فيها

تأثير دوران أساسات حوائط القص.
 ○ بعض الأبحاث ومنها [5] Parbara & Prishati (2007) ، [6] Kutter, Rosebrook (2002) ، [7] YONG LU (2005) درست نواحي محددة متعلقة بأنظمة إطار- جدار قص من أجل معرفة تأثيرها على سلوك هذه الأنظمة واستنتجت منحنيات خاصة بنماذج معينة للأبنية التي اعتمدت في الدراسة. أوصت هذه الأبحاث بدراسة تأثير هذه العوامل في حالات أخرى (دوران الأساسات، وجود فتحات في حوائط القص، طرائق نمذجة أخرى، تحليل فراغي، تغير صلابة البلاطات).
 بالرغم من انتشار أنظمة إطار- جدار قص إلا أن جهود البحث بدأ توجيهها حديثاً إلى تطوير طرائق التصميم الزلزالي الخاصة بهذه الأنظمة. إذ يوجد عدد قليل من الأبحاث التي تتضمن دراسات تحليلية لبعض نماذج الأبنية القائمة إضافة إلى أعمال تجريبية باستخدام اختبارات طاوله الاهتزاز مشيرة إلى احتمال استجابة زلزالية لا خطية ممتازة.

3. النماذج الهندسية المدروسة

تم اختيار النماذج الهندسية بحيث تغطي شرائح مختلفة من المباني من حيث عدد الطوابق (9 - 12 - 15 - 17 - 19 طابق) وبالتالي أدوار الاهتزاز الأساسية وأيضاً كثافة حوائط القص التي تعكس مناطق زلزالية مختلفة وشروط تربة مختلفة (تم اعتبار ثلاث حالات لصلابة حوائط القص لكل نموذج يعبر عنها بطول حائط القص في المسقط وهي 3 - 6 - 9 م) وهذا يشكل 15 حالة دراسية. تمت نمذجة هذه المباني باستخدام برنامج ETABS2000، حيث استخدمت عناصر frame element لنمذجة الكمرات والأعمدة كما استخدمت عناصر shell element لنمذجة حوائط القص، كما تم تطبيق دياگرام عند مناسيب البلاطات. يبين الشكل (3) المسقط الأفقي للنماذج المدروسة. كما يبين الشكل (4) نماذج فراغية لحالة المبنى بارتفاع 19 طابق من أجل الأطوال الثلاثة للجدار 3، 6، 9م.
 أبعاد الكمرات 30 x 55 cm، أبعاد الأعمدة 30 X 60 cm، سماكة حوائط القص 30cm، سماكة البلاطة 12سم.

تتألف الحمولة الميتة من الوزن الذاتي مضافاً إليه حمولة التغطية التي تقدر بـ 3 kN/m^2 ، وتقدر حمولة القواطع بـ 13.2 kN/m بالنسبة للقواطع الخارجية و 6.6 kN/m للقواطع الداخلية. المقاومة المميزة للبيتون بعد 28 يوم $f_c = 22 \text{ Mpa}$ ، ومقاومة الخضوع للفلواز $f_y = 400 \text{ Mpa}$.
 تم تطبيق حمولة زلزالية أفقية استاتيكية مكافئة باتجاه عمل حوائط القص وذلك باستخدام الطريقة الاستاتيكية الثانية في الكود العربي السوري [1] التي تتوافق مع الكود الأمريكي UBC97 [8]. تم افتراض قيمة معامل الجملة الإنشائية $R = 6.5$ وعوامل التربة $c_a = c_v = 0.25$ (هذه العوامل توافق منطقة زلزالية 2C وقدرة تحمل تربة $\sigma \geq 3 \text{ kg/cm}^2$).

يحدد القص القاعدي التصميمي الكلي في المناطق الزلزالية غير الرابعة بالعلاقة التالية:

$$V_{\text{design}} = \frac{C_v \cdot I}{R \cdot T} \cdot W \quad (1)$$

وبحيث لا يتجاوز الحدود:

$$0.11 C_a \cdot I \cdot W \leq \frac{C_v \cdot I}{R \cdot T} \cdot W \leq \frac{2.5 C_a \cdot I}{R} \cdot W \quad (2)$$

حيث: V : القص القاعدي. W : الحمولة الميتة الكلية.

R : معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة المتأصلة ومقدار الممتولية العامة للجملة المقاومة للزلازل. يحدد من الجدول (3-6) ص 40 أو الجدول (4-2) ص 69 من ملحق الكود السوري.

C_a : المعامل الزلزالي كما هو مبين في الجدول (3-9) من ملحق الكود السوري.

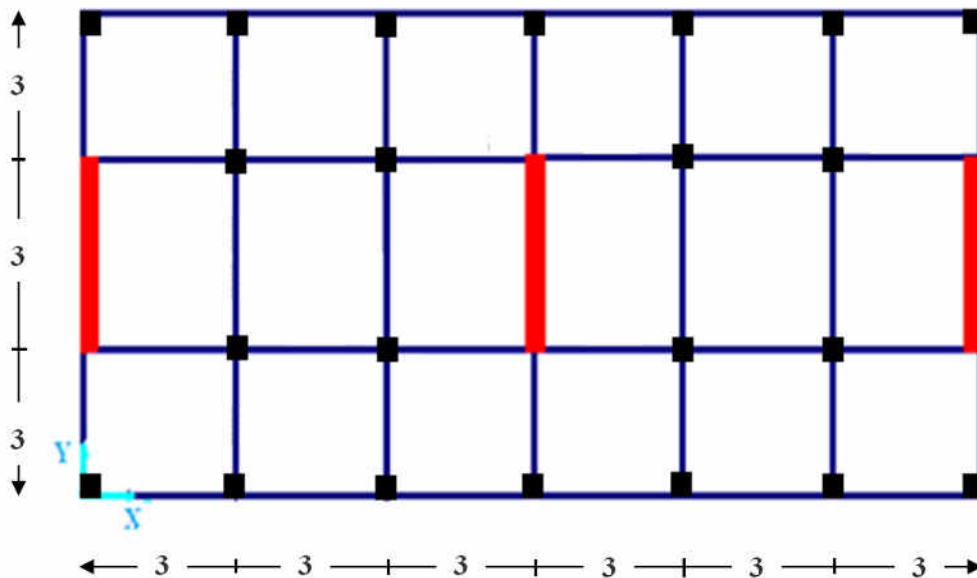
C_v : المعامل الزلزالي المبين في الجدول (10-3) من ملحق الكود السوري.
 I : معامل أهمية المنشأة المعطى في الجدول (3-3) من ملحق الكود السوري.
 T : دور الاهتزاز الأساسي المرن مقدراً بالثواني للمنشأة بالاتجاه المدروس، حيث يمكن تعيين قيمة T ، لكافة المباني تقريباً من العلاقة:

$$T = C_v \cdot (h_{m1})^{3/4}$$

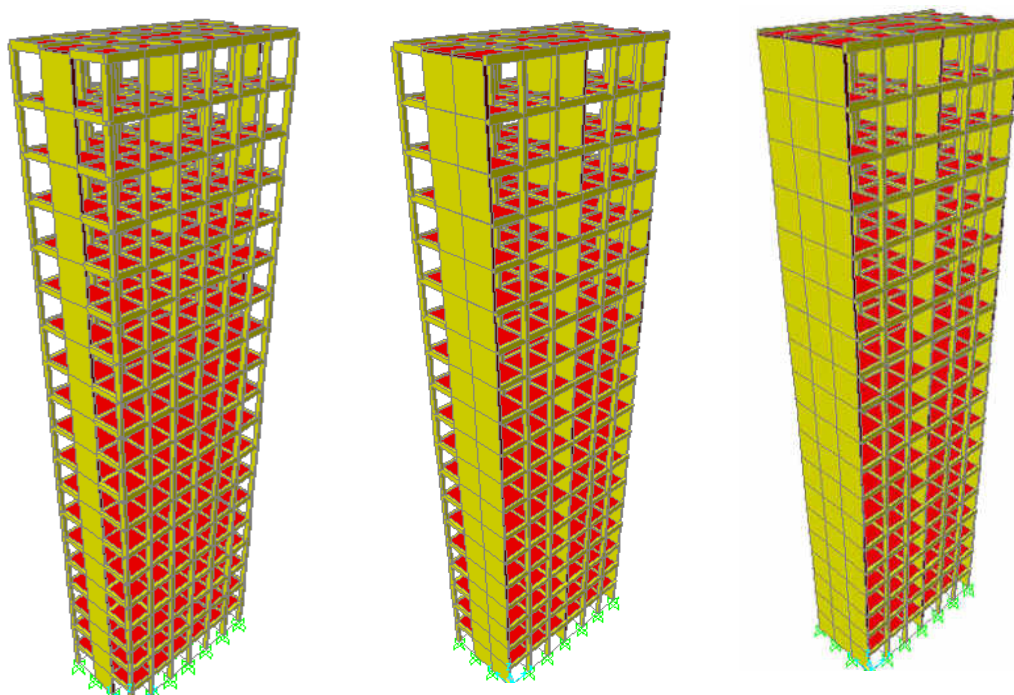
حيث $C_v = 0.0488$ لكافة الأبنية غير الإطارات.

وفق البند 4-3-2-ب ص55 ملحق: يجب ألا تتجاوز قيمة الدور المحسوب باستخدام الطريقة B أكثر من 40% من قيمتها المحسوبة بالطريقة A في المنطقة الزلزالية غير الرابعة. وبالتالي يجب ألا يزيد الدور المستخدم في حساب قوة القص القاعدي التصميمية عن $1.3 T_A$ في المنطقة الزلزالية الرابعة، وعن $1.4 T_A$ في المناطق الزلزالية غير الرابعة

المرجع	القيمة المحددة	البارامتر
الملحق هـ من الملحق(2): المبنى الموجود في منطقة دمشق	$PGA = 250 \frac{cm}{sec^2}$ $Z = 0.25$	التسارع الأعظمي المحتمل على الطبقة الصخرية الصلبة خلال خمسون عاماً مع احتمال عدم تجاوز 90%
الجدول (1-3) ص35 من الملحق(2): $Z = 0.25$	2C	المنطقة الزلزالية
الجدول (2-3) ص35 من الملحق(2): الإجهاد المسموح لترتبة الموقع $\sigma = 2.5 \text{ kg/cm}^2$	S_c	مقطع تربة الموقع
الجدولين (9-3) و (10-3) ص46 من الملحق(2): المقطع الشاقولي للتربة هو S_c ومعامل المنطقة الزلزالية هو $Z = 0.25$	$C_2 = 0.29$ $C_v = 0.38$	المعاملات الزلزالية
الجدول (3-3) ص36 من الملحق(2): المبنى سكني	$I=1$	معامل الأهمية الزلزالي
الجدول (6-3) ص40 ، الجدول (2-4) ص69: جملة ثنائية (إطارات متوسطة المقاومة للعزوم + جدران قص). تم استخدام إطارات متوسطة لأن المبنى موجود في المنطقة الزلزالية 2.	$R = 6.5$	معامل رقمي يمثل المقاومة الزائدة المتأصلة ومقدار الممطولية العامة للجملة المقاومة للزلازل



الشكل (3): المسقط الأفقي للنماذج المدروسة.
طول حائط القص يتغير من 3 - 6 - 9 م



(أ) طول جدار القص 3m

(ب) طول جدار القص 6m

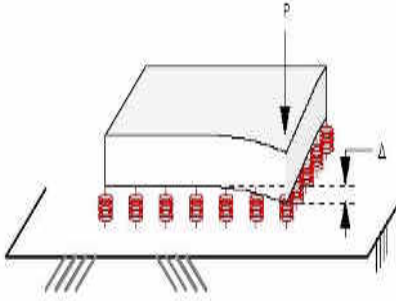
(ج) طول جدار القص 9m

الشكل (4): النماذج الرياضية المدروسة مع إهمال دوران أساسات حوائط القص

4. تحديد قيمة معامل رد فعل وسط التأسيس الترابي

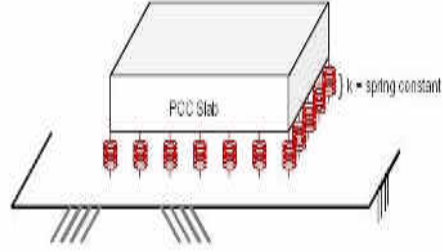
إذا تعرض الأساس إلى حمولة موزعة على واحدة المساحة مساوية لـ q وعرض الأساس يساوي B فإنه سوف يعاني هبوطاً مقداره Δ . وبالتالي يعرف عامل رد فعل وسط التأسيس الترابي K [9] بالعلاقة:

$$K_{KN/m} = \frac{q}{\Delta} \quad (3)$$



الشكل(6): علاقة الحمولة والتشوه

ونموذج رد فعل وسط التأسيس الترابي (K) [9]



الشكل(5): نموذج رد فعل وسط

التأسيس الترابي (K) [9]

إن قيمة K ليست ثابتة من أجل تربة معينة وإنما تعتمد على عدة عوامل مثل طول الأساس L وعرضه B وكذلك على عمق الأساس من سطح الردم. لقد قدمت دراسة شاملة للثوابت المؤثرة على المعامل K من قبل ترازكي عام 1955. وفقاً لهذه الدراسة فإن قيمة المعامل K تتناقص مع عرض الأساس. في الحقل يمكن إجراء تجربة التحميل باستخدام صفائح مربعة ذات أبعاد $0.3 \times 0.3m$ وبالتالي يمكن حساب قيم K . يمكن لاحقاً أن نحسب قيمة K لأساسات كبيرة $B \times B$ بالعلاقة التالية:

$$K_{KN/m^3} = K_{0.3} \cdot \left(\frac{B + 0.3}{2.B} \right)^2 \quad (4)$$

حيث $K, K_{0.3}$ معامل رد فعل وسط التأسيس الترابي للأساسات التي أبعادها $30 \times 30cm$ و $B \times B$ على التوالي.

تعطى قيمة K من أجل أساسات مستطيلة أبعادها $B \times L$ (من أجل تربة مشابهة و q مشابهة) بالعلاقة:

$$K = \frac{K_{(B \times B)} \cdot \left[1 + \frac{B}{L} \right]}{1.5} \quad (5)$$

حيث K ثابت رد فعل وسط التأسيس الترابي لأساس مستطيل أبعادها $B \times L$.

$K_{B \times B}$ ثابت رد فعل وسط التأسيس الترابي مربع أبعاده $B \times B$.

من المعادلة السابقة نجد أن قيم K من أجل أساس طويل جداً مع عرض B :

$$K = 0.67.K_{B \times B} \quad (6)$$

تعطى بعض المجالات النموذجية لقيم معامل رد فعل وسط التأسيس الترابي $K_{0.3}$ من أجل تربة رملية

وغضارية

الجدول(1): قيم K من أجل الترب الرملية [9]

رمل مشبع MN/ m ³	رمل (جاف أو رطب) MN/ m ³	K _{0.3}
10 - 15	8 - 25	مخلخل
35 - 40	25 - 125	متوسط
130 - 150	125 - 375	كثيف

الجدول(2): قيم K من أجل الترب الغضارية [9]

q _u (KN/ m ²)	K _{0.3} (MN/ m ³)	غضار
100 - 200	12 - 25	صلب
200 - 400	25 - 50	شديد الصلابة
> 400	> 50	قاسي

q_u مقاومة الضغط غير المحصور.

اقترح فيسك عام 1961 المعادلة التالية من أجل تقدير رد فعل وسط التأسيس الترابي لأساسات طويلة:

$$K = 0.65.12 \sqrt{\frac{E_s \cdot B^4}{E_F \cdot I_F}} \cdot \frac{E_s}{B \cdot (1 - \nu^2)} \quad (7)$$

E_s : معامل يونغ للتربة. B : عرض الأساس. E_F : معامل يونغ لمادة الأساس. I_F : عزم القصور الذاتي للمقطع العرضي للأساس. ν : معامل بواسون للتربة.
الحالات العملية يمكن تقريب هذه المعادلة إلى الشكل:

$$K_v = \frac{E_s}{B \cdot (1 - \nu^2)} \quad (8)$$

الجدول(3): مجال ثوابت المادة من أجل حساب الهبوط المباشر [9]

نوع التربة	عامل يونغ E_s (MN/m ²)	نسبة بواسون ν_s
رمل مخلخل	10.35 - 24.15	0.2 - 0.4
رمل متوسط الكثافة	17.25 - 27.6	0.35 - 0.4
رمل كثيف	34.5 - 55.2	0.3 - 0.45
رمل سيلتي	10.35 - 17.25	0.2 - 0.4
رمل وحصى	69 - 172.5	0.15 - 0.35
غضار طري	2.07 - 5.18	
غضار متوسط	5.18 - 10.35	0.2 - 0.5
غضار قاسي	10.35-24.15	

وقد ورد في كتاب "التحليل الاستاتيكي والديناميكي ثلاثي الأبعاد للمنشآت" للمؤلف Edward Wilson [10] خصائص بلاطة دائرية صلبة على سطح التربة.

الجدول(4): ثوابت صلابة النابض من أجل بلاطة دائرية [10]

كتلة إضافية mass	تخامد لزج viscous _ damping	ثابت صلابة النابض stiffness	اتجاه درجة الحرية
$1.5 \times \rho \times r^3$	$1.79 \cdot \sqrt{k \cdot \rho \cdot r^3}$	$k = \frac{4 \cdot G \cdot r}{1 - \nu}$	شاقولي
$0.28 \times \rho \cdot r^3$	$1.08 \times \sqrt{k \cdot \rho \cdot r^3}$	$18.2 \times G \cdot r \cdot \frac{(1 - \nu^2)}{(2 - \nu)^2}$	أفقي
$0.49 \times \rho \cdot r^5$	$0.47 \times \sqrt{k \cdot \rho \cdot r^3}$	$2.7 \times G \cdot r^3$	دوراني
$0.7 \times \rho \cdot r^5$	$1.11 \times \sqrt{k \cdot \rho \cdot r^5}$	$5.3 \times G \cdot r^3$	قتل

حيث r : نصف قطر البلاطة الدائرية. G : معامل القص للتربة. ν : نسبة بواسون. $\rho = \frac{\gamma}{g}$: كثافة

الكتلة. γ : الوزن الحجمي للتربة. g : تسارع الجاذبية.

5. دراسة سلوك الأنظمة المزدوجة باستخدام تحليل استاتيكي خطي

تمت دراسة النماذج المعتمدة في حالتين بهدف دراسة تأثير دوران أساسات حوائط القص على التفاعل المتبادل بين الإطارات وحوائط القص، الحالتين هما:
أ. إهمال دوران أساسات حوائط القص.

ب. مراعاة دوران أساسات حوائط القص (هنا تم وضع نوابض تحت أساسات الحوائط فقط وإعطاء هذه النوابض خصائص مناسبة). بالاعتماد على العلاقة:

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (9)$$

وعندما G صغيرة مقارنة ν تكون $\nu = 0.5$ ، $E = 3G$

من أجل قدرة تحمل تربة $q_u = 200 \text{ kN/m}^2$ ومساحة من الأساس مساوية لـ 2m (أي $r = 0.564\text{m}$)، وبفرض رمل $E_s = 15.10^3 \text{ kN/m}^2$ و $\nu = 0.3$ و $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ يمكن حساب قيم ثوابت صلابة النوابض في مختلف الاتجاهات من أجل 2m من مساحة الأساس بالشكل:

$$K_V = 18593.41 \text{ kN/m}$$

$$K_H = 18647.13 \text{ kN/m}$$

$$K_\theta = 2794.41 \text{ kN/m}$$

تم إجراء التحليل الاستاتيكي المكافئ الخطي لكافة النماذج مع اعتبار مشاركة الإطارات واستخرجت القوى الداخلية والانتقالات في الحالات المختلفة كما تم رسم منحنيات تبين توزيع القوى بين الإطارات والحوائط في الحالتين.

ملاحظة:

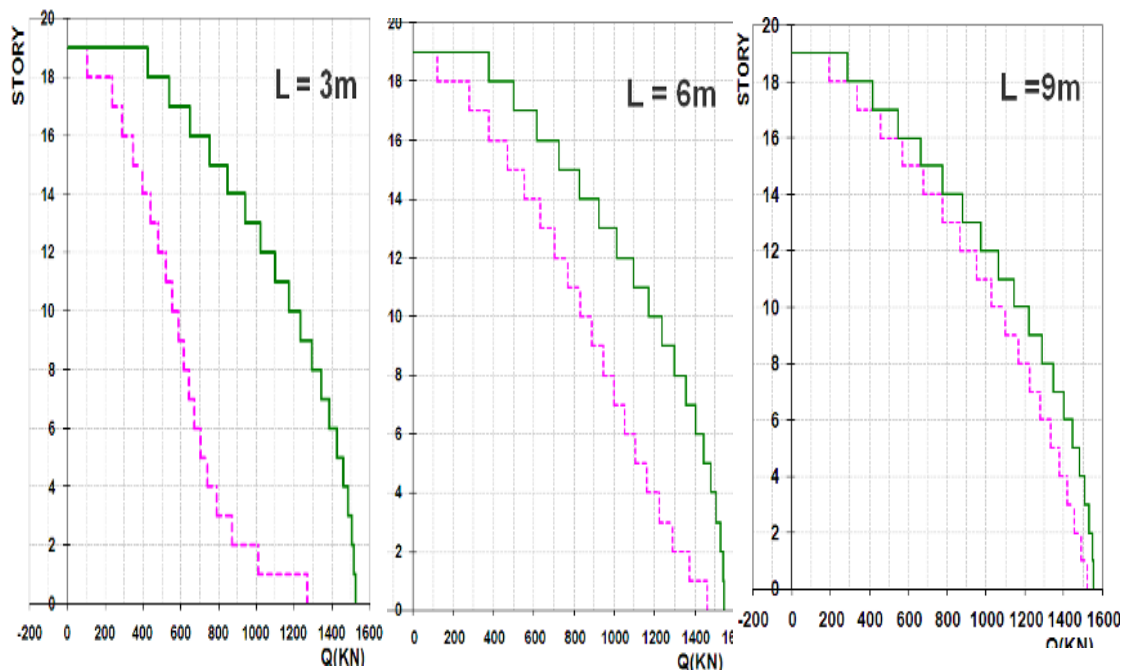
نظراً لكثرة المخططات سيتم إدراج الأشكال المتعلقة بحالة تحليل النماذج ذات الارتفاع 19 طابق فقط من أجل الحالات الثلاث لطول مسقط الجدار 3 و6 و9م. سنستخدم في المناقشة التالية التعابير:

- "حوائط ذات صلابة قليلة": وهي الحوائط التي تكون صلابتها صغيرة نسبة لصلابة المبنى.
- "حوائط ذات صلابة كبيرة": وهي الحوائط التي تكون صلابتها كبيرة نسبة لصلابة المبنى.

يبين الشكل (7-أ) توزيع قوى القص الطابقي بين الحوائط والإطارات مع افتراض ثبات تام لأساسات الحوائط. وفيها نجد أن الحوائط الأكثر مرونة تقل مساهمتها في تحمل القص الطابقي بشكل أسرع مع الارتفاع. مثلاً في حالة جدار بطول 3م في مبنى 19 طابق فإن أكثر من 80% من قوة القص يتم مقاومتها بواسطة الإطارات فوق الطابق الثالث وهذا يؤكد حقيقة أن الحوائط في أنظمة إطار- جدار يمكن أن يكون لها مشاركة هامة في مقاومة القوى الجانبية في الطوابق السفلية بشكل أكثر فاعلية مقارنة مع الطوابق العليا.

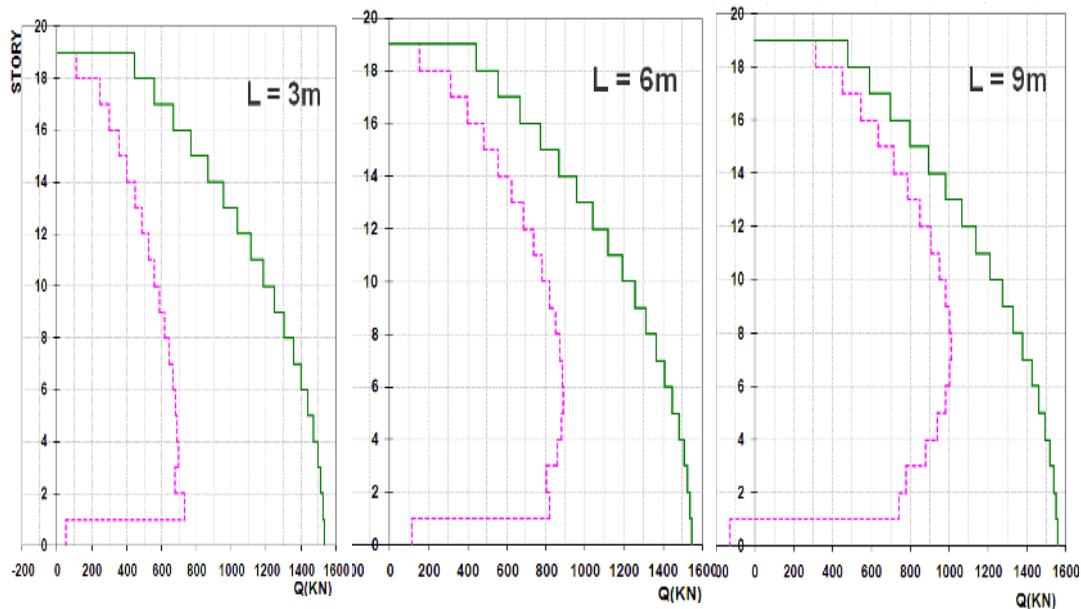
يبين الشكل (7-ب) توزيع قوى القص الطابقية بين الحوائط والإطارات في حال إمكانية دوران أساسات الحوائط، بمقارنة هذا الشكل مع الشكل (7-أ) الذي يبين هذا التوزيع عند افتراض ثبات أساسات حوائط القص ضد الدوران نجد:

- حصل تغيير هام ناتج عن فقدان ثبات أساسات الحوائط وهو زيادة قوى القص على طول الأعمدة في الطابق الأول، إذ يحدث انعكاس في قوى القص الجدارية في الطابق الأول ويكون هذا الانعكاس مهم مهما كانت نسبة صلابة حوائط القص إلى صلابة المبنى.
- عند استخدام حوائط ذات طول (صلابة) $L = 3\text{m}$ يقل تأثير دوران أساسات حوائط القص بسرعة مع الارتفاع ويصبح تأثير الدوران مهم في المناسيب العلوية.
- عند استخدام حوائط ذات طول (صلابة) $L = 9\text{m}$ فإنه لا يمكن إهمال تأثير دوران أساسات حوائط القص حتى في المناسيب العلوية.



(أ) إهمال دوران أساسات الحوائط

القص الطابقي الكلي ————— مساهمة الحوائط
الشكل(7): توزع قوى القص الطابقية بين الحوائط والإطارات

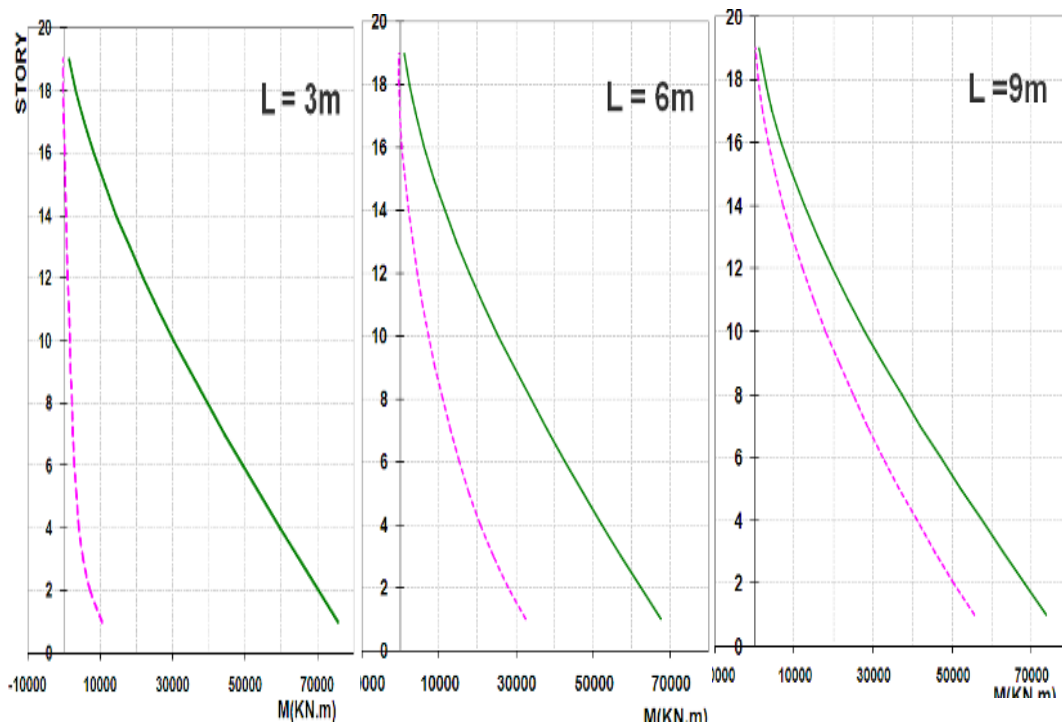


(ب) مراعاة دوران أساسات الحوائط

القص الطابقي الكلي ————— مساهمة الحوائط
تابع الشكل(7): توزع قوى القص الطابقية بين الحوائط والإطارات

كما يبين الشكل(8-أ) مقارنة توزع العزم الطابقي بين الحوائط والإطارات بافتراض ثبات تام لأساسات الحوائط، وفيها نجد:

- عند المناسيب العلوية فإن كل الحوائط تصبح أقل فعالية ومساهمتها في مقاومة العزوم عند قمة البناء تصبح مهمة وبالتالي فإن الفرق بين العزم الكلي عند كل منسوب وحصة الحوائط يجب أن تقاوم عن طريق الإطارات.
- بسبب تنافر التشوهات للمكونات المستقلة في الطوابق العليا تتعرض الإطارات لعزوم أكبر من العزم الإجمالي الناتج عن القوى الجانبية الخارجية عند هذه المناسيب.
- إن مساهمة الحوائط في مقاومة القوى الجانبية في أنظمة إطار- جدار تتغير غالباً بشكل سريع على ارتفاع المبنى.



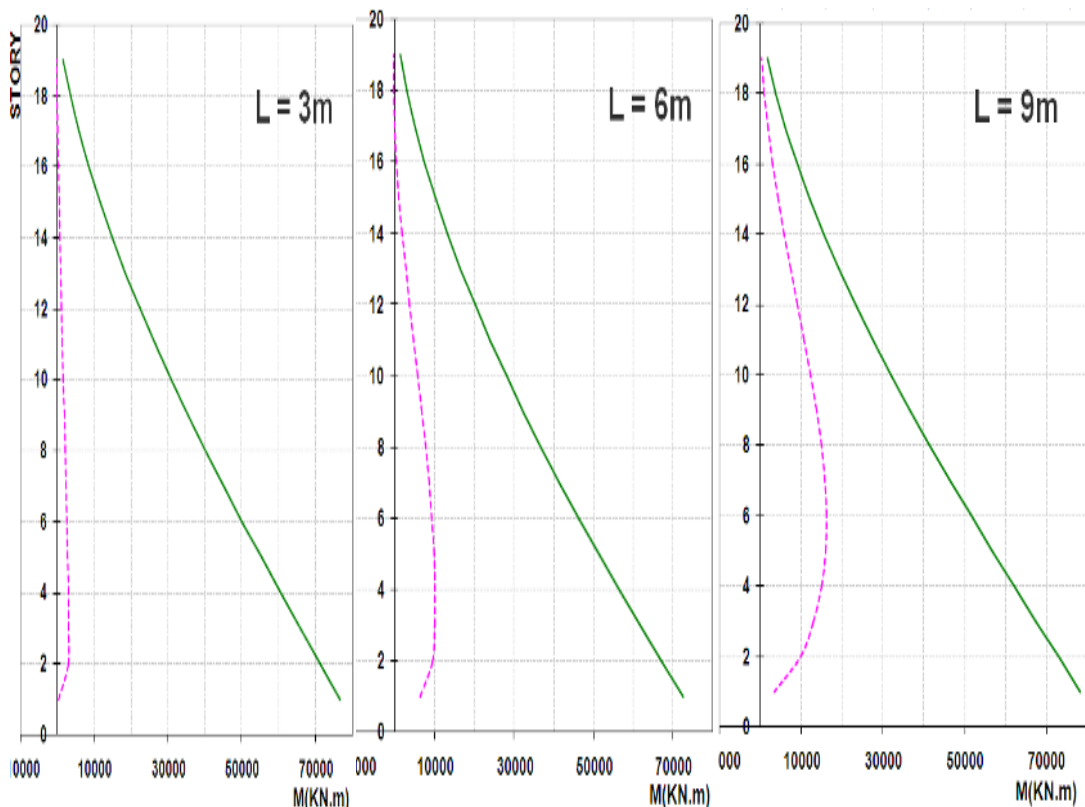
(أ) إهمال دوران أساسات الحوائط

----- العزم الطابقي الكلي ————— مساهمة الحوائط

الشكل(8): توزع العزم الطابقي بين الحوائط والإطارات

يبين الشكل(8-ب): توزع العزوم الطابقية بين الحوائط والإطارات في حال إمكانية دوران أساسات الحوائط، وبمقارنة هذا الشكل مع الشكل(8-أ) الذي يبين هذا التوزع عند افتراض ثبات أساسات حوائط القص ضد الدوران نجد:

- الاستجابة المرنة للقوى الاستاتيكية الجانبية لمنشأ مع حوائط ذات صلابة قليلة نسبة إلى صلابة المبنى لا تتأثر بشكل هام بدرجة تقييد القاعدة. لكن عند استخدام حوائط ذات صلابة كبير نسبياً فإن تأثير دوران الأساسات يجب أن يدرس. كما أن الاختلافات في الاستجابة نتيجة المبالغة في تقييد القاعدة تصبح صغيرة عند المناسيب العلوية.
- تتأثر العزوم التي تنتج في حوائط ذات صلابة قليلة نسبياً فوق سقف الطابق الأول بشدة مع تغير تقييد القاعدة.



(ب) مع دوران أساسات الحوائط

العزم الطابقي الكلي -- مساهمة الحوائط

تابع الشكل (8): توزيع العزم الطابقي بين الحوائط والإطارات

6 نتائج وتوصيات

1.6 نتائج

1. إن عملية توزيع الأحمال الجانبية بين الإطارات وحوائط القص وفق صلابة كل منهما فقط تعتبر طريقة غير دقيقة، إذ يجب أخذ الأثر المتبادل بينهما الذي يراعي شكل التشوه.
2. تملك أنظمة إطار- جدار قص العديد من المميزات فهي تزيد الصلابة والمقاومة الجانبية للنظام كما تسمح بالتحكم بالانحراف الطابقي والقدرة على تبديد الطاقة عند الحاجة خصوصاً في الطوابق العليا من المبنى.
3. تلعب الإطارات دور هام في تقليل المطاوعة المطلوبة من حوائط القص ويزداد دورها كلما زاد ارتفاع المبنى (دور المبنى). كما تساهم في تقليل قيمة مؤشر الضرر للحوائط إذ تتحمل جزء هام من القص القاعدي حتى في المرحلة اللدنة.
4. لا تتأثر الاستجابة المرنة للأنظمة المزدوجة التي تحوي حوائط ذات صلابة قليلة نسبة إلى صلابة المبنى بشكل هام بدرجة تقييد القاعدة، لكن عندما تكون الحوائط ذات صلابة كبيرة نسبياً فإن تأثير دوران الأساسات يجب أن يدرس. كما أن الاختلافات في الاستجابة نتيجة المبالغة في تقييد القاعدة تصبح صغيرة عند المناسيب العلوية.

5. تتأثر العزوم التي تنتج في حوائط قليلة الصلابة نسبياً فوق السقف الأول بشدة مع تغير تقييد القاعدة.
6. يحدث تناقص مفاجيء في قوى القص الجدارية في الطابق الأول ويكون هذا التغير مهم مهما كانت صلابة حوائط القص. ونتيجة هذا يجب زيادة مقاومة القص لكل أعمدة الطابق الأول بحيث تصبح أكبر من القص القاعدي الكلي المطبق على نظام ثنائي.
7. يعتبر دوران الأساسات مكون أساسي لتشوهات الحوائط فهو سيؤثر بشكل هام على صلابة الحوائط وبالتالي سيؤثر على مشاركتها في مقاومة القوى الجانبية في الأنظمة المزوجة. مما يتطلب تحليل ثلاثي الأبعاد وزيادة مطاوعة جوائز الإطارات المتصلة بحوائط القص.
8. يجب أن تدرس التشوهات المفروضة على الجوائز والتي تنتقل إليها من الحوائط حتى إذا لم يخصص لهذه الجوائز دور هام في مقاومة الزلازل (خصوصاً في تفصيل التسليح وتقدير صلابة القص).
9. تتأثر انزياحات الأدوار بشدة بدرجة تقييد قاعدة حائط القص عندما تكون الحوائط ذات صلابة كبيرة نسبياً.

2.6 توصيات

1. ضرورة أخذ دوران أساسات حوائط القص بعين الاعتبار عند تصميم الأنظمة المزوجة، وإجراء تحليل ثلاثي الأبعاد لمعرفة تأثير دوران أساسات الحوائط.
2. وضع إجراءات لتصميم أنظمة إطار- جدار قص في الكود العربي السوري.

7 المراجع

- [1] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ الإنشاءات بالخرسانة المسلحة 2005 ، نقابة المهندسين.
- [2] Khan, F. R. and Sbarounis, J.A., "Interaction of Shear Walls and Frames in Concrete Structures under Lateral Loads," Journal of the American Society of Civil Engineering, 90 (ST3), June 1964.
- [3] Iain A. Macleod, "Shear Wall-Frame Interaction – A Design Aid (EB066.01 D)", Portland Cement Association, 1970.
- [4] Paulay, T. & Priestly, M.J.N., "Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry Building", John Wiley & Sons, Inc., New York, U.S.A, 1992.
- [5] Barbara CHANG, Prishati RAYCHOWDHURY., "Evaluation of the seismic performance of Combined Frame-Wall-Foundation Structural System through centrifuge testing," International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, June 2007.
- [6] Bruce L. Kutter, Key Rosebrook., "Soil-Foundation-Structure Interaction (Shallow Foundations)", annual meeting research digest, 2002.
- [7] YONG LU., "Inelastic Behaviour of RC Wall-Frame with a Rocking Wall and its analysis incorporating 3-D Effect," Struct. Design tall spec. build, 2005.
- [8] Uniform Building Code (UBC) 1997, International Conference of Building Officials.
- [9] Braja M.D as, "Foundation Engineering", 2002.
- [10] Wilson, Edward L, "Three Dimensional Static and Dynamic analysis of Structures", Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA, 2002.