

نماذج توزيع الحمولات الجانبية الزلزالية التصميمية لمنشآت الأبنية (DLFPs) والبارامترات المؤثرة عليها

د. فدوى عيسى

(كلية الهندسة ، جامعة المنارة

البريد الإلكتروني: fadwa.issa650@gmail.com)

الملخص

يتعلق نموذج توزيع الحمولات الجانبية التصميمية (DLFP) في الكودات بأنماط الاهتزاز المرن. وقد لا يضمن اعتماد هذه النماذج الاستخدام الأمثل للمواد الإنشائية في المرحلة اللاخطية لأن المنشآت تتجاوز حدودها المرنة في الزلازل الشديدة، وبالتالي فإن استخدام قوى العطالة الموافقة لأنماط المرنة قد لا يؤدي إلى التوزيع الأمثل للخصائص الإنشائية.

إن اختيار نموذج محسن للحمولة الجانبية يحقق توزيع منتظم للتشوه والضرر والمطاوعة مع الارتفاع يمكنه تحسين الاستجابة الديناميكية للمنشآت المعرضة لإثارة زلزالية، حيث يتم تعديل الخصائص الإنشائية للعناصر وبالتالي يتم نقل المادة غير الفعالة تدريجياً من المناطق القوية إلى المناطق الضعيفة في المنشأ حتى تتحقق حالة التشوه المنتظم مع الارتفاع، مما يجعل السلوك الزلزالي أفضل.

يعرض هذا البحث نماذج الحمولات الجانبية الواردة في كودات التصميم الزلزالي وفي الدراسات المرجعية بهدف استخلاص البارامترات المؤثرة على هذا التوزيع، حيث تبين وجود بعض البارامترات الهامة التي يجب مراعاتها عند تحديد نموذج الحمولات الجانبية التصميمية الأنسب مثل الدور الأساسي للمنشأ، مطلب المطاوعة الهدف وخصائص السجل الزلزالي المستخدم. تعتبر هذه معلومات مفيدة للمصمم الإنشائي من أجل الوصول إلى تصميم جمل إنشائية أكثر كفاءة للأبنية متعددة الطوابق في المناطق الزلزالية.

كلمات مفتاحية - نموذج الحمولات الجانبية التصميمية DLFPs، مطلب المطاوعة الهدف، منشآت الأبنية متعددة الطوابق.

1. مقدمة

بما أن معظم منشآت الأبنية (وخاصة المصممة لتمتلك قيم كبيرة لمعامل المطاوعة R) يتوقع أن تعاني تشوهات كبيرة في المجال اللدن عند تعرضها لزلزال قوي، فقد يكون توزيع الحمولات الجانبية مع الارتفاع مختلف تماماً عن التوزيع المعطى في الكودات. وهذا ما أظهرته التحليلات الديناميكية اللاخطية التي أجراها العديد من الباحثين الذين أكدوا أن استخدام التوزيع الخطي المرن الموافق للنمط الأول دون مراعاة أن المنشأ سيدخل المرحلة غير مرنة عند تعرضه لزلزال شديد يمكن أن يكون السبب الرئيسي وراء انهيار الطوابق العليا خلال زلزال مدينة مكسيكو عام 1985.

يلعب تصميم العناصر الإنشائية دور مهم في السلوك الزلزالي للمنشآت. مع أن إجراءات التصميم أصبحت أكثر صرامة في الكودات الحديثة إلا أن طريقة تقدير قوة القص القاعدي وتوزيعها لم يتغير بشكل ملحوظ منذ اقتراحها لأول مرة في بداية القرن العشرين، حيث تعتبر التأثيرات الزلزالية كقوى عطالة جانبية، ويعتمد نموذج التوزيع مع الارتفاع لهذه الحمولات الستاتيكية (وبالتالي توزيع الصلابة والقوة) على أنماط الاهتزاز المرن.

$$f_{i1} = V_1 \left(\frac{w_i \cdot \phi_{i1}}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot \phi_{j1}} \right)$$

f_{i1} : الحمولة الجانبية عند المنسوب i ، V_1 : القص القاعدي من النمط الأول. w_j : الوزن الزلزالي المجمع عند المنسوب j . ϕ_{j1} : شدة النمط الأول عند المنسوب j .
تفترض العلاقة الكودية أن نموذج التوزيع المعبر عنه باستخدام أول نمط تشوه لنظام كتلة مجمعة مرن معرض لحمولة ديناميكية يمكن كتابته بالشكل:

$$\phi_{i1} = h_i^k / L$$

L : الارتفاع الكلي للمنشأ. h_i^k : ارتفاع المنسوب i فوق القاعدة مع أس k يتعلق بالدور الأساسي للبناء T . يكون أول نمط تشوه قريب من خط مستقيم ($k=1$) عندما الدور الأساسي 0.5 أو أقل، ويكون قريب من قطع ($k=2$) عندما الدور الأساسي 2.5 أو أكبر، وبالتالي يكون توزيع الحمولات الجانبية:

$$F_i = C_{iv} V$$

$$C_{iv} = \frac{w_i \cdot h_i^k}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j^k}$$

$$k = \begin{cases} 1 & \text{if } T \leq 0.5 \text{sec} \\ 2 & \text{if } T \geq 2.5 \text{sec} \end{cases}$$

من أجل المنشآت التي دورها بين 0.5 و 2.5 تؤخذ قيمة k بتوليد خطي بين 1 و 2.

علاقة التوزيع هذه متشابهة في الكودات ANSI/ASCE 7-95 [1] و NEHRP-94 [23]، IBC2006 [15]، وهي تتشابه مع علاقة UBC97 عندما $T \leq 0.5 \text{sec}$.

(2) التوزيع وفق الكود IBC2018 [14]

تعطى علاقة توزيع الحمولات الجانبية فيه كما يلي:

$$F_x = \frac{G_x \cdot H_x^k}{\sum_{j=1}^h G_j \cdot H_j^k} V$$

الهدف الرئيسي للتصميم المعتمد على الأداء هو الحصول على استجابة إنشائية متوقعة ومرغوبة، ولتحقيق هذا الهدف فإنه من المهم مراعاة السلوك اللدن للمنشآت مباشرة في عملية التصميم، فقد لا تكون إجراءات التصميم والتحليل المرن الشائعة مناسبة لإنجاز هذا الهدف، ولذا يجب أن يراعي التصميم الزلزالي القائم على الأداء استخدام نموذج أكثر كفاءة لتوزيع الحمولات الجانبية بحيث يمثل التوزيع الأعظمي للحمولة الجانبية في المرحلة اللدنة ويتضمن تأثيرات الأنماط العليا.

فيما يلي عرض لنماذج الحمولات الجانبية التصميمية (DLFPs) المستخدمة في الكودات، بالإضافة إلى النماذج المقترحة في الدراسات المرجعية.

نماذج الحمولات الجانبية التصميمية (DLFPs)

A. نماذج حمولات جانبية كودية

(1) الكود العربي السوري 2012 [27]:

يحوي الكود العربي السوري نموذجين لتوزيع الحمولات الجانبية التصميمية:

نموذج الطريقة الستاتيكية المكافئة

وهي عبارة عن مثلث مقلوب بالإضافة إلى حمولة مركزة في منسوب الطابق الأخير تمثل تأثير الأنماط العالية للاهتزاز. وهو ذاته النموذج المستخدم في الكود UBC97 [26] و IBC2006 [15]. تعطى علاقة توزيع الحمولات الجانبية بالعلاقة:

$$F_i = \frac{w_i \cdot h_i}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j} (V - F_t)$$

$$F_t = \begin{cases} 0.07TV & \text{if } T > 0.7 \text{sec} \\ 0 & \text{if } T \leq 0.7 \text{sec} \end{cases}$$

نموذج الطريقة المطورة

تعتمد نماذج التوزيع الكودية على الحل الديناميكي من النمط الأول للأنظمة المرنة متعددة درجات الحرية (MDOF) والتي يمكن التعبير عنها بالشكل:

حيث: m_i : كتلة الطابق.

G_x : وزن الطابق x . H_x : ارتفاع الطابق المدروس عن القاعدة. k : بارامتر قوة.

B. نماذج حمولات جانبية من الأبحاث السابقة

(1) نموذج مقترح من قبل Goel et al. (2010) [11] اقترح Goel et al. علاقة لتوزيع الحمولة الجانبية مع الارتفاع من أجل التصميم الزلزالي كما يلي:

$$F_i = C_{iv} V$$

حيث:

$$C_{vi} = (\beta_i - \beta_{i+1}) \left(\frac{w_n \cdot h_n}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j} \right)^{\alpha T^{-0.2}}$$

when $i = n$, $\beta_{n+1} = 0$.

$$\beta_i = \frac{V_i}{V_n} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j}{w_n \cdot h_n} \right)^{\alpha T^{-0.2}}$$

. $i = 1, 2, \dots, n$

β_i : معامل توزيع القص عند المنسوب i . V_i : قوة القص الطائقي عند المنسوب i . V_n : قوة القص الطائقي عند المنسوب n . w_j : الوزن الزلزالي عند المنسوب j . h_j : ارتفاع المنسوب j من القاعدة. w_n : الوزن عند أعلى منسوب. h_n : ارتفاع منسوب السقف من القاعدة. T : الدور الأساسي. F_i : الحمولة الجانبية عند المنسوب i . V : القص القاعدي التصميمي الكلي. α : بارامتر يستخدم كقوة في النموذج.

تم اقتراح قيمة للبارامتر α تساوي 0.5 من قبل Lee and Goel (2001) [18]. ثم تم تعديلها لتصبح 0.75 اعتماداً على تحليلات تاريخ استجابة لاختبارية على أنواع متنوعة من الإطارات المعدنية.

(2) نموذج مقترح من قبل Hajirasouliha and

Moghaddam (2009) [14]

يعطى التوزيع بالعلاقة:

(3) الكودين [1] (ASCE, 2010) و (CEN, 2004) [6]

تعطى الحمولة الزلزالية الجانبية (F_i) عند أي منسوب

بالعلاقة:

$$F_i = \frac{w_i \cdot h_i^k}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot h_j^k} V$$

. $i = 1, 2, \dots, n$

حيث:

$$k = \begin{cases} 1 & ; \text{if } T \leq 0.5 \\ 0.5T + 0.75 \text{ or } 2 & ; \text{if } 0.5 \leq T \leq 2.5 \\ 2 & ; \text{if } T \geq 2.5 \end{cases}$$

w_i : الوزن عند المنسوب i . h_i : الارتفاع من منسوب القاعدة إلى المنسوب i . n : عدد الطوابق الكلي. V : قوة القص التصميمية عند قاعدة المنشأ. k : أس يتعلق بالدور الأساسي للمنشأ. T : الدور الأساسي للمنشأ في الاتجاه المدروس.

(4) كود FEMA356 [10]

يقترح FEMA تطبيق نوعين على الأقل من نماذج الحمولات الجانبية على المنشأ للوصول إلى المزيد من الثقة في مستوى الأداء، أشكال الحمولات:

شكل حمولة مثلثية:

$$F_i = \frac{w_i h_i^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} V$$

حيث:

$$k = 0.5T + 0.75$$

W_i : وزن الطابق. V : القص القاعدي. T : الدور الأساسي.

شكل حمولة منتظمة:

$$F_i = \frac{m_i}{\sum_{i=1}^n m_i} V$$

4) نموذج مقترح من قبل Building Center of [4](1997) Japan

اقترح الكود الزلزالي لليابان (BCJ, 1997) نموذج مقاومة قص كما يلي:

$$V_{yi} = C_B A_i \alpha_i W_t$$

$$\alpha_i = \frac{w_i}{w_t}$$

$$A_i = 1 + \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha_i}} - \alpha_i \right) \frac{2T}{1+3T}$$

$$T = 0.03H$$

V_{yi} : مقاومة القص للطابق i . C_B : معامل القص القاعدي. A_i : معامل توزيع القص الذي يمثل التوزيع الشاقولي للحمولة الزلزالية. w_i : الوزن الزلزالي عند الطابق i . W_t : الوزن الكلي للمنشأ. T : الدور الأساسي للمنشأ. H : الارتفاع الكلي للمنشأ من القاعدة. α_i : بارامتر للنموذج.

5) نموذج مقترح من قبل Deguchi et al. (2008) [8]

اقترح Deguchi et al. النموذج التالي لتوزيع مقاومة القص الطابقي لتصميم الإطارات المعدنية على الحملات الزلزالية:

$$V_{yi} = C_B A_i \alpha_i W_t$$

$$\alpha_i = \frac{w_i}{w_t} ; A_i = \frac{1}{\sqrt{\alpha_i}}$$

حيث:

V_{yi} : مقاومة القص عند الطابق i . w_t : الوزن الكلي للمنشأ.

w_i : الوزن الزلزالي الفعال للطابق i .

6) نموذج مقترح من قبل Kato and Akiyama (1982) [17]

اقترح Kato and Akiyam نموذج توزيع من أجل تصميم الإطارات المرنة-اللينة:

$$V_{yi} = C_B A_i \alpha_i W_t$$

$$F_i = \left(\frac{w_i \cdot \phi_i}{\sum_{j=1}^n w_j \cdot \phi_j} \right) V$$

$$\phi_i = (a_i T + b_i) \mu_T^{\frac{c_i T + d_i}{100}} ;$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, n$$

F_i : القوة الزلزالية الجانبية التصميمية المحسنة عند الطابق i . w_i : الوزن الزلزالي للطابق i . T : الدور الأساسي للمنشأ. μ_T : مطلب المطاوعة الهدف. V : القص القاعدي التصميمي الكلي. ϕ_i : بارامتر لابعدي. a_i , b_i , c_i , d_i : ثوابت عند الطابق i يجب أن تحسب لكل مجموعة من الزلازل التصميمية. أعطى Hajirasouliha and Pilakoutas (2012) [12] قيم هذه المعاملات من أجل مقاطع تربة مختلفة كتابع للارتفاع النسبي.

3) نموذج مقترح من قبل Park and Medina (2007) [24]

خصص هذا النموذج لإطارات معدنية منتظمة مقاومة

للعزوم، ويعطى فيه التوزيع بالعلاقة:

$$F_i = \left(\frac{\left(1 - \frac{F_t}{V_y}\right) w_i h_i^k}{\sum_{j=1}^n w_j h_j^k} + \delta_{in} \frac{F_t}{V_y} \right) V_y$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$\delta_{in} = \begin{cases} 0 & ; \text{ if } i \neq n \\ 1 & ; \text{ if } i = n \end{cases}$$

$$k = 0.56 - 0.17\mu_T ; 1 \leq \mu_T \leq 5$$

$$\frac{F_t}{V_y} = 0.32 - 0.0016H - 0.13k$$

$$22m \leq H \leq 66m$$

F_i : القوة الجانبية عند المنسوب i . F_t : القوة المركزة في أعلى المنشأ. w_i : الوزن عند المنسوب i . h_i : الارتفاع المنسوب i عن القاعدة. n : عدد الطوابق. V_y : مقاومة القص القاعدي عند نسبة مطاوعة طابقية هدف محددة μ_T . H : الارتفاع الكلي للمنشأ من القاعدة. k : بارامتر للنموذج. δ_{in} : بارامتر للنموذج.

$$.F_t = \theta TV$$

$$. \alpha_i = \frac{w_i}{w_t}$$

$$.\theta = (0.9 - 0.04\mu_T)e^{-(0.6+0.03\mu_T)^T}$$

$$A_i = 1 + 1.5927 \xi_i - 11.8519 \xi_i^2 + 42.5833 \xi_i^3 - 59.4827 \xi_i^4 + 30.1586 \xi_i^5$$

$$.\xi_i = 1 - \alpha_i$$

ξ_i : معامل للنموذج.

F_t : القوة المركزة عند منسوب السقف الأخير. δ_{in} : بارامتر للنموذج. θ : بارامتر للنموذج وهو يتعلق بالدور الأساسي. μ_T : المطاوعة الهدف للمنشأ. n : عدد الطوابق.

يعتبر مفهوم التوزيع المنتظم للتشوهات أساس التوزيع المحسن المقترح في هذا البحث. إن مفهوم التشوه المنتظم - باعتباره تقنية تحسين - ليس جديداً في التصميم الزلزالي، إذ بينت الدراسات أنه عند تعريض المنشأ المصمم وفق النماذج الكودية لسجلات زلزالية وإجراء تحليل ديناميكي لاطي لها فإن بعض أجزاء المنشأ لا تبلغ التشوه المسموح زلزالياً، وبالتالي لا يتم استغلال المواد بشكل كامل عبر ارتفاع المبنى. وهنا ظهرت فكرة مفادها أن تقليل مقاومة هذه الأجزاء القوية يمكن أن يزيد التشوهات المتولدة فيها، وهكذا إذا تم تقليل المقاومة تدريجياً سنحصل في النهاية على حالة تشوه منتظم عبر الارتفاع، ومن المتوقع في مثل هذه الحالة أن يكون تبديد الطاقة الزلزالية في كل طابق أعظمي وأن يتم استغلال مقاومة المادة بشكل كامل. لذا اعتبر البحث أن حالة التشوه المنتظم هي نتيجة مباشرة للاستخدام الأمثل للمادة.

9) نموذج مقترح من قبل Hajirasouliha and

(2009) Moghaddam [14]

استخدم هذا البحث توزيع يتعلق بمطلب المطاوعة، ويعطى بالعلاقة:

$$.[S_i]_{m+1} = [S_i]_m \left[\frac{\mu_i}{\mu_t} \right]^\alpha$$

$[S_i]_m$: قوة القص للسقف i عند التكرار m ، α : معامل التقارب ومجاله من 0 إلى 1. يتم الحصول على تقارب مقبول عادة من أجل $\alpha = 0.1 - 0.2$.

بين البحث أن توزيع الحملات الجانبية يتأثر بشكل كبير بالدور الأساسي للمنشأ وبمطلب المطاوعة الهدف، لذا تم اقتراح العلاقة التالية لتوزيع الحملات الجانبية:

7) نموذج مقترح من قبل Motamedi and Nateghi

(2008) [22]:

اقترح هذا البحث نموذج حمولة جانبية مثلث-مستطيل من أجل التصميم الزلزالي للإطارات الخاصة المقاومة للعزوم (SMRFs):

$$.F_i = \begin{cases} B' & \text{if } i \leq n/2 \\ 2i B'/2 & \text{if } i > n/2 \end{cases}$$

$$.B' = \frac{4V_y}{3H} ; i = 1, 2, \dots, n$$

$$. B' = 2b/3$$

b : شدة الحمولة المثلثية وفق الكود الزلزالي الإيراني (BHRC, 2005) [5]. V_y : مقاومة القص القاعدي. n : عدد الطوابق.

8) نموذج مقترح من قبل Moghaddam and

(2006) Karami Mohammadi [21]

يعرف هذا النموذج حمولة مركزة عند منسوب الطابق الأخير ($F_t = \theta TV$) مترافقة مع توزيع منتظم (مستطيل) لباقي القص القاعدي V على ارتفاع المنشأ، يمكن التعبير عن هذا التوزيع بالعلاقة:

$$.F_i = \frac{1}{n} (V - F_t) + \delta_{in} F_t$$

حيث:

$$.i = 1, 1, \dots, n$$

$$.\delta_{in} = \begin{cases} 0 & ; \text{if } i \neq n \\ 1 & ; \text{if } i = n \end{cases}$$

Sadegh Etedali, (11) نموذج مقترح من قبل

[9] (2014) Mohammad Ali Irandegani

اقترح هذا البحث علاقة توزيع للإطارات الفولاذية والبيتونية كما يلي:

$$.F_i = \left(\frac{h_i}{H}\right)^p . V$$

p: ثابت يتم حسابه وفق نوع المنشأ ونوع النظام المقاوم للحمولات الجانبية.

Lian, Mingzhou Su, (12) نموذج مقترح من قبل

[7] (2020) Cheng

اقترح هذا البحث علاقة توزيع كما يلي:

$$.Vn = Fn = \left(\frac{G_n H_n}{\sum_{j=1}^n G_j H_j}\right)^{\alpha T^b} V$$

حيث

$$.(\beta_i - \beta_{i+1}) \left(\frac{G_n . h_n}{\sum_{j=1}^n G_j . h_j}\right)^{\alpha T^b} V$$

$$.\beta_i = \frac{V_i}{V_n} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n G_j . h_j}{G_n . h_n}\right)^{\alpha T^b}$$

تم شرح جميع البارامترات في الفقرات السابقة.

Tagliaferro, and Nastri (13) نموذج مقترح من قبل

[25] (2019)

اقترح هذا البحث علاقة توزيع تتناسب فيها الحمولة الجانبية مع مساهمة كل نمط:

$$.S_n = \frac{\phi_n^T M_t}{\phi_n^T M \phi_n} M \phi_n$$

.S_n: مساهمة النمط. ϕ_n : شكل اهتزاز النمط n.

$$.F_i = (a_i T + b_i) . \mu_t^{(c_i T + d_i)}$$

يبين الجدول 1 قيم البارامترات المستخدمة في هذا النموذج.

جدول 1: قيم بارامترات النموذج Hajirasouliha and Moghaddam

Relative height	a	b	100c	100d
0	-5.3	38.8	23.7	39.9
0.1	-8.2	49.0	22.2	29.6
0.2	-10.6	59.2	19.6	18.4
0.3	-12.7	70.5	16.5	9.8
0.4	-12.3	81.0	9.8	5.4
0.5	-10.5	91.3	4.0	2.2
0.6	-8.4	103.2	0.1	-1.4
0.7	-0.8	114.6	-5.4	-3.9
0.8	10.3	127.2	-8.5	-7.2
0.9	26.1	140.9	-10.7	-10.0
1	49.8	157.0	-12.5	-12.1

(10) نموذج مقترح من قبل Jiulian Bai et al (2020)

[3]

اقترح هذا البحث علاقة توزيع للإطارات البيتونية

باستخدام طريقة تكرارية حتى الوصول إلى المطاوعة الهدف.

عند حصول تقارب تستخدم العلاقة:

$$.F_i = \frac{S_i}{V_{base}}$$

حيث:

$$.S_i = \begin{cases} V_i - V_{i+1} & (i < n) \\ V_i & (i = n) \end{cases}$$

عند عدم حصول تقارب تستخدم العلاقة:

$$(F_{yi})_{j+1} = (F_{yi})_j . \left(\frac{U_i}{U_{avg}}\right)^\alpha .$$

T: الدور الأساسي للمنشأ. V_i: قوة القص الطائفي عند المنسوب i

. S_i: الحمولة الجانبية المطبقة. F_{yi}: الحمولة الجانبية المحسنة

عند المنسوب i. α: معامل التقارب.

U_i: المطاوعة عند المنسوب i.

تعتمد الاستجابة الديناميكية لأي منشأ على مميزاته الديناميكية ومحتوى التواتر وشدة ومدة الإثارة الزلزالية. لتحسين الأداء عند التعرض لزلزال محدد يجب تصميم المنشأ وفق نموذج حمولة محسن مختلف عن النماذج التقليدية. يعتمد هذا النموذج المحسن على زلزال تصميمي وبالتالي سيختلف من زلزال لآخر. كذلك لاشي يضمن أن البناء سيتعرض لزلزال مشابه للزلزال التصميمي، فلكل زلزال مستقبلي بصمته الخاصة، وقد يكون النموذج الموافق قادر على تقليل المطاوعة الأعظمية التي يعاني منها المبنى عند زلازل متشابهة فقط. وبالتالي يجب أولاً تصنيف الزلازل التصميمية الموافقة لكل فئة أداء إنشائي، ومن ثم يمكن إيجاد نموذج التحميل الأكثر ملاءمة عن طريق حساب متوسط النماذج المحسنة المقابلة لكل من الزلازل في هذه الفئة.

II. الاستنتاجات

تم في هذا المقال مراجعة علاقات نماذج الحمولات الجانبية التصميمية الكودية والعلاقات البديلة المبسطة المقترحة من قبل باحثين والتي تحتاج لتقييم مدى ملاءمتها للأنظمة الإنشائية المختلفة وللإثارة الزلزالية قبل استخدامها في الكودات. أكدت الدراسات السابقة أهمية البارامترات التالية:

- مطلب المطاوعة الهدف.
- الدور الأساسي للمنشأ.
- خصائص السجل الزلزالي المستخدم.

بينما بينت أنه من أجل دور محدد ومطلب مطاوعة محدد يكون نموذج التحميل مستقل عن عدد الطوابق، شدة السجل الزلزالي (معامل تقييس السجل الزلزالي)، نسبة التخامد، الانحدار بعد التلدن.

تتضمن نمذجة المنشآت الهندسية قدر كبير من التقريب، ويندرج ضمن هذا التقريب نماذج الحمولات الزلزالية الجانبية الواردة في الكودات من أجل التصميم الأولي للأبنية، والتي تعتمد على أنماط الاهتزاز المرنة. بينت الأبحاث السابقة أن النماذج الكودية لا تؤدي دائماً إلى توزيع منتظم لمطلب المطاوعة والضرر. ومن ثم فإن استخدام هذه النماذج لا يضمن التوزيع الأمثل للمواد الإنشائية في الأبنية في المجال اللاخطي للسلوك. من جهة أخرى تشير معظم الدراسات إلى أن التوزيع المحسن يعتمد بشكل كبير على مطلب المطاوعة الهدف.

إن التوزيعات الأعظمية للقوى الطابقي الناتجة عن النماذج الكودية، والتي تعتمد على السلوك المرن (توافق النمط الأول)، تختلف كثيراً عن نتائج التحليل الديناميكي للتاريخ الزمني بغض النظر عما إذا كانت المنشآت تستجيب في المجال المرن أو غير المرن.

تضمنت العلاقات المقترحة لنموذج الحمولة الجانبية العديد من البارامترات، ومعظمها بارامترات أداء مثل الانحراف الطابقي النسبي الأعظمي، الدوران الأعظمي للمفاصل اللدنة، نسبة المطاوعة الهدف، الدور الأساسي للمنشأ، الانحدار بعد التلدن، نسبة ارتفاع المبنى إلى عرضه، عدد الطوابق، الإثارة الزلزالية، نسبة التخامد.

في بعض النماذج المقترحة تم تمثيل توزيع قوى القص الطابقي الأعظمية مع الارتفاع عند تعرض المبنى لزلزال تصميمي. وبالتالي يمكن استخدام التوافق بين قوى القص الطابقي التصميمية وقوى القص المتولدة كمقياس لتقييم مدى كفاية كل نموذج لحمولة التصميم الزلزالي، كما يمكن تحويل توزيع المقاومة مع الارتفاع الناتج عن تحليل ديناميكي لاخطي إلى توزيع مع الارتفاع للحمولات الجانبية. ويمكن اعتبار هذا النموذج على أنه النموذج الأمثل من أجل زلزال محدد (في حالة أبنية يمكن تمثيلها كنماذج أبنية القص).

- [17]. Kato B and Akiyama H (1982) Seismic design of steel buildings. *Journal of the Structural Division ASCE* 108(8): 1709–1721.
- [18]. Lee SS and Goel SC (2001) Performance based design of structures using target drift and yield mechanism. In *Advanced Stability and Seismicity Concept for Performance-Based Design of Steel and Composite Structures*, Kyoto, Japan.
- [19]. Moghaddam H and Hajirasouliha I (2006) Toward more rational criteria for determination of design earthquake forces. *International Journal of Solids and Structures* 43(9): 2631–2645.
- [20]. Moghaddam H and Hajirasouliha I (2008) Optimum strength distribution for seismic design of tall buildings. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* 17(2): 331–349.
- [21]. Moghaddam H and Karami Mohammadi R (2006) More efficient seismic loading for multidegrees of freedom structures. *Journal of Structural Engineering ASCE* 132(10): 1673–1677.
- [22]. Motamedi M and Nateghi-A F (2008) A proposed lateral load pattern using seismic energy distribution along the height of buildings. *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- [23]. NEHRP. 1994. Recommended provisions for the development of seismic regulation for new buildings, Building Seismic Safety Council, Washington, D.C.
- [24]. Park K and Medina RA (2007) Conceptual seismic design of regular frames based on the concept of uniform damage. *Journal of Structural Engineering ASCE* 133(7): 945–955.
- [25]. Tagliaferro, B., and Nastro, E. “Seismic design lateral force distributions based on elastic analysis of structures”, *Universidade de Vigo, University of Salerno*, (2019).
- [26]. Uniform Building Code UBC.1997. *Int. Conf. of Building Officials*, Vol. 2, Calif.
- [27]. الكود العربي السوري للمنتجات البيتونية المسلحة. (2012).
- [1]. ASCE (American Society of Civil Engineers) (2010) ASCE/SEI 7-10: Minimum design loads for buildings and other structures. ASCE, Reston, VA, USA.
- [2]. ASCE (2013) ASCE/SEI 41-13: Seismic rehabilitation of existing buildings. ASCE, Reston, VA, USA.
- [3]. Bai, Jiulin; Chen, Huiming; Jia, Junfeng; Sun, Bohao; Jin, Shuangshuang (2020). New lateral load distribution pattern for seismic design of deteriorating shear buildings considering soil-structure interaction. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 139(2020), 106344–.
- [4]. BCJ (Building Center of Japan) (1997) BCJ: Seismic provisions for design of building structures. BCJ, Tokyo, Japan.
- [5]. BHRC (Building and Housing Research Center) (2005) Standard No. 2800: Iranian code of practice for seismic resistant design of buildings, 3rd edn. BHRC, Tehran, Iran.
- [6]. CEN (Comité Européen de Normalisation) (2004) EN 1998-1:2004: Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance part 1: general rules, seismic actions and rules for buildings. CEN, Brussels, Belgium.
- [7]. Chang, H., Lian, M., Su, M. and Cheng, Q., “Lateral force distribution in the inelastic state for seismic design of high-strength steel framed-tube structures with shear links”, *Xi'an University of Architecture and Technology, Lab of Structural Engineering and Earthquake Resistance, Ministry of Education (XAUAT)*, (2020)
- [8]. Deguchi Y, Kawashima T, Yamanari M and Ogawa K (2008) Seismic design load distribution in steel frame. *Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering*, Beijing, China.
- [9]. Etedali, S. and Irandegani, M., “A proposed lateral load pattern for pushover analysis of structures subjected to earthquake excitations”, *Birjand University of Technology*, (2014).
- [10]. Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2000, *Prestandard and Commentary for the Rehabilitation of Buildings*, FEMA-356.
- [11]. Goel SC, Liao WC, Bayat MR and Chao SH (2010) Performance-based plastic design (PBD) method for earthquake-resistant structures: an overview. *The Structural Design of Tall and Special Buildings* 19(1): 115–137.
- [12]. Hajirasouliha I and Pilakoutas K (2012) Optimum general seismic load distribution for optimum performance-based design of shear-buildings. *Journal of Earthquake Engineering* 16(4): 443–462.
- [13]. Hassan Moghaddam, Iman Hajirasouliha, Seyed Mojtaba Hosseini Gelekolai, *Structures and Buildings*, /2017.
- [14]. Hajirasouliha, I. and Moghaddam, H., “New Lateral Force Distribution for Seismic Design of Structures”, *JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING*, 2009.
- [15]. International Building Code UBC (2006). *Int. Conf. of Building Officials*, Vol. 2, Calif.
- [16]. International Building Code UBC (2018). *Int. Conf. of Building Officials*, Vol. 2, Calif.

منشورات المؤلف:

- [1]. Issa F., Eilouch M., and Tasnimi, A., Mirsabequary, S. (2018). Experimental and Numerical Study of RC Interior Wide Beam-Column Joints Subjected to Lateral Load. *Canadian Journal of Civil Engineering*.
- [2]. Issa F., Eilouch M., and Tasnimi, A., Mirsabequary, S. Reinforced concrete wide and conventional beam-column connections subjected to lateral load, *Engineering Structures*. 76 (2014) 34–48.
- [3]. Issa, F., Eilouch, M., and Tasnimi, A. (2012). An analytical study on the seismic behavior of RC frame with flat beams. *Journal of Dmascus University*.
- [4]. Issa, F., Eilouch, M., and Tasnimi, A. (2012). The effect of Foundation Rocking of Shear Walls on the behavior of Dual Systems Subjected to Earthquake Load. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 40, No. 2.
- [5]. Issa, F., Eilouch, M., and Tasnimi, A. (2011). An Investigation on the Performance Level of RC Shear Wall- Frame Systems Utilizing Nonlinear Analysis. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 39, No. 6.
- [6]. Issa, F., Eilouch, M., and Tasnimi, A. (2011). Seismic Behavior of Shear Wall-Frames-Structural Systems subjected to earthquake loads. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 39, No. 4.

- [7]. Issa, F. (2015). *The Seismic Resistance of RC Frames with Shallow Beams*. Proceedings of The 1st Engineering Conference "Development & reconstruction Priorities",
- [8]. Issa, F., Al-Sadeq, H. (2008). *Study on the Effects of Interaction between Shear Walls and Frames on the Seismic Resistance of Buildings*. Proceedings of the 1st International Conference on Engineering science.

JAMRU