

Effect of Participations of Frames in Dual System on Development of Fragility Curves

Dr .Ali Turikieh*
Dr. Nazih Mansour**
Ghanwa Daboul***

(Received 9 / 3 / 2020. Accepted 20 / 7 / 2020)

□ ABSTRACT □

This paper presents a study of four R/C buildings, where the buildings had dual systems and frame systems where the participations of frames to resist the shear force are 78%, 44% and 28%, 17%.

These buildings are designed by Syrian Code and in this study it will studying by nonlinear static analysis where The performance points and capacity curves are calculated and the Results of pushover analysis are used to development fragility curves for damage states. The results of study showed that the reduction of participations of frames are caused a decrease in the probability of seismic damage in building as long as the frames contribution rate is not less than 28%.

Keywords: Fragility curve, damage states, nonlinear static analysis, performance point.

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

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

***Postgraduate Student(PhD), Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

تأثير مساهمة الإطارات في الجمل الثنائية على منحنيات التضرر الاحتمالية الزلزالية

د. علي تريكية*

د. نزيه منصور**

غنوة دبول***

(تاريخ الإيداع 9 / 3 / 2020. قُبِلَ للنشر في 20 / 7 / 2020)

□ ملخص □

تم في البحث تقييم الأداء الزلزالي لمباني بيتونية مسلحة مصممة وفق الكود العربي السوري جملتها الإنشائية جمل ثنائية (جدران قص + إطارات) نسبة مساهمة الاطارات فيها 78%، 40%، 28%، 17% وذلك باستخدام التحليل الستاتيكي اللاخطي، كما تم في الدراسة ايجاد منحنيات التضرر الزلزالي الاحتمالي للمباني لتقييم مستويات التضرر الاحتمالي التي من الممكن أن يصل لها المبنى نتيجة تعرضه للقوى الزلزالية بما يتوافق مع الشدة الزلزالية للمنطقة المدروسة $Z=0.3g$ ، لقد أثبتت الدراسة أن انخفاض نسبة مساهمة الإطارات في المباني ذات الجمل الثنائية تؤدي إلى تحسين مقاومة المبنى للقوى الزلزالية حيث ينخفض احتمال حدوث التضرر التام في المباني كلما انخفضت نسبة مساهمة الإطارات في مقاومة القوى الزلزالية و لكن بشرط أن لا تقل نسبة مساهمة الإطارات عن 28% لأن ذلك سيسبب زيادة كبيرة في الأذى الزلزالي وتضرر كبير في المنشأ وهذه النتائج تتوافق مع اشتراطات الكود العربي السوري في تصميم المباني المقاومة للزلازل في المناطق $Z=0.4g, Z=0.3g$ ، لذلك فإن ايجاد منحنيات التضرر الزلزالي الاحتمالي هي إحدى الخطوات الهامة و المتطورة في التقييم والتصميم الزلزالي .

الكلمات المفتاحية: منحنيات التضرر الاحتمالية الزلزالية _ عتبات التضرر الزلزالي _ التحليل اللاخطي السكوني _ نقطة الأداء.

* أستاذ مساعد _ قسم الهندسة الإنشائية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية.

** مدرس _ قسم الهندسة الإنشائية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية.

*** طالبة دكتوراه _ قسم الهندسة الإنشائية _ كلية الهندسة المدنية _ جامعة تشرين _ اللاذقية _ سورية.

مقدمة:

مع التقدم العلمي تطورت طرق تحليل وتصميم المنشآت وأصبحت إجراءات التحليل من أجل التصميم وتقييم الأداء الزلزالي تعبير عن السلوك المرن- اللدن للمنشأ حيث ساهمت هذه الطرق بمساعدة المهندسين لفهم سلوك الجمل الخاضعة لتأثير الزلازل وبهدف التقييم الاحتمالي للتضرر الزلزالي في المباني طورت وكالة الطوارئ الامريكية الدليل العلمي التقني HAZUS [1] الذي يساعد المختصين في اتخاذ قرارات دقيقة في عملية التأهيل للمنشآت الخاضعة لاحتمال تضرر كارثي زلزالي حيث يتم تقدير الخطر الزلزالي باستخدام المنحنيات التضررية الزلزالية Fragility Curves [2]

1- منحنيات التضرر الاحتمالية الزلزالية (الهشاشة) Fragility Curves :

هي تابع توزيع احتمالي تستخدم لتوضيح احتمال تعرض المنشآت للتضرر الزلزالي Damage تحت تأثير بارامترات الطلب الزلزالي وتأخذ شكل تابع للتوزيع التراكمي الطبيعي lognormal cumulative distribution function (Φ) لمتغير عشوائي هو الانتقال الطيفي، وتوضح العلاقة (1) الشكل الرياضي لمنحنيات التضرر الاحتمالي Fragility (Curve) [3].

$$P[ds / Sd] = \Phi\left[\frac{1}{\beta ds} \ln\left(\frac{Sd}{Sd, ds}\right)\right] \quad (1)$$

حيث $P[ds/Sd]$: احتمال حدوث التضرر الزلزالي عند قيم الانتقال الطيفي Sd الناتجة في المبنى المعرض للهزة الأرضية وذلك لكل عتبة التضرر ds ، Sd : مجال الانتقال الطيفي المحدد لعتبة التضرر ds ، ds عتبات التضرر الزلزالي للمنشأ، Φ تابع توزيع تراكمي لوغاريتمي طبيعي لعينة تمثل الانتقال الطيفي للمبنى المدروس لكل عتبة تضرر زلزالي، βds الانحراف المعياري للوغاريتم الطبيعي للانتقال الطيفي للمبنى لكل عتبة التضرر ds وتحدد قيمه من جداول (6.6)_(6.7)_(6.8) من HAZUS و (Sd, ds) هو المتوسط الحسابي لمجال الانتقال الطيفي للمبنى المدروس لكل عتبة التضرر ds ويبين الجدول (1) المتوسط الحسابي لقيم الانتقال الطيفي عند عتبات التضرر الزلزالي [4].

الجدول (1): المتوسط الحسابي لعتبات التضرر الزلزالي

Damage States	عتبات التضرر الزلزالي	المتوسط الحسابي لكل عتبة تضرر MEDIAN
Slight		0.7Sdy
Moderate		Sdy
Extensive		Sdy+0.25(Sdu-Sdy)
Complete		Sdu

حيث: Sdy الانتقال الطيفي عند وصول المبنى للخضوع، و Sdu الانتقال الطيفي الحدي والذي يوافق تعرض المنشأ لأقصى تسارع طيفي.

2- عتبات التضرر الزلزالي Damage State:

عرفت العديد من الكودات العالمية مستويات التضرر الزلزالي التي سيصل لها المبنى المعرض للحمولات الزلزالية اعتماداً على مشاهدات عينية واقعية لمناطق تعرضت لكوارث زلزالية ولقد وضعت معايير لتقييم حالة التضرر التي وصلت لها المباني المدروسة بأربع عتبات (الخفيف) Slight (S) _ المتوسط Moderate (M) _ الشامل Extensive (E) - التام Complete (C) حيث يتم توصيفها الإنشائي بالشكل التالي [4]:

- يصل المنشأ لعتبة التضرر الخفيف Slight عند حدوث تصدعات بشقوق شعرية بسبب القص او الانعطاف في بعض الجوائز أو في الأعمدة قرب المفاصل أو ضمن المفاصل.
- تحدث عتبة التضرر المتوسط Moderate عندما تصل 50% من عناصر المنشأ الى استطاع الخضوع yield capacity .
- يحدث التضرر الشامل Extensive في المنشأ عندما تصل 25% من عناصره الى الاستطاعة الحدية ultimate capacity حيث تظهر تشققات انعطاف وقص كبيرة في جدران القص ويبدأ التسليح الرئيسي بالتلدن.
- يحدث التضرر التام Complete في المنشأ عند فقدان ثبات الإطارات أو فقدان قدرة جدران القص على مقاومة الحملات الأفقية المطبقة حيث يصل 50% من عناصر المنشأ الى القدرة الحدية (الانهيار).

أهمية البحث وأهدافه:

- بهدف تطوير طرائق تقييم التضرر الزلزالي تتمحور أهمية البحث في خلق نظرة مستقبلية لتقييم الضرر الزلزالي المتوقع في المنشآت القائمة في المناطق ذات الشدات الزلزالية العالية في القطر.
- المساعدة في اختيار الجمل الانشائية الأكثر قدرة على مقاومة الضرر الزلزالي والأكثر اماناً والأنسب لمقاومة الشدات الزلزالية المقترحة في خارطة الزلزالية السورية.

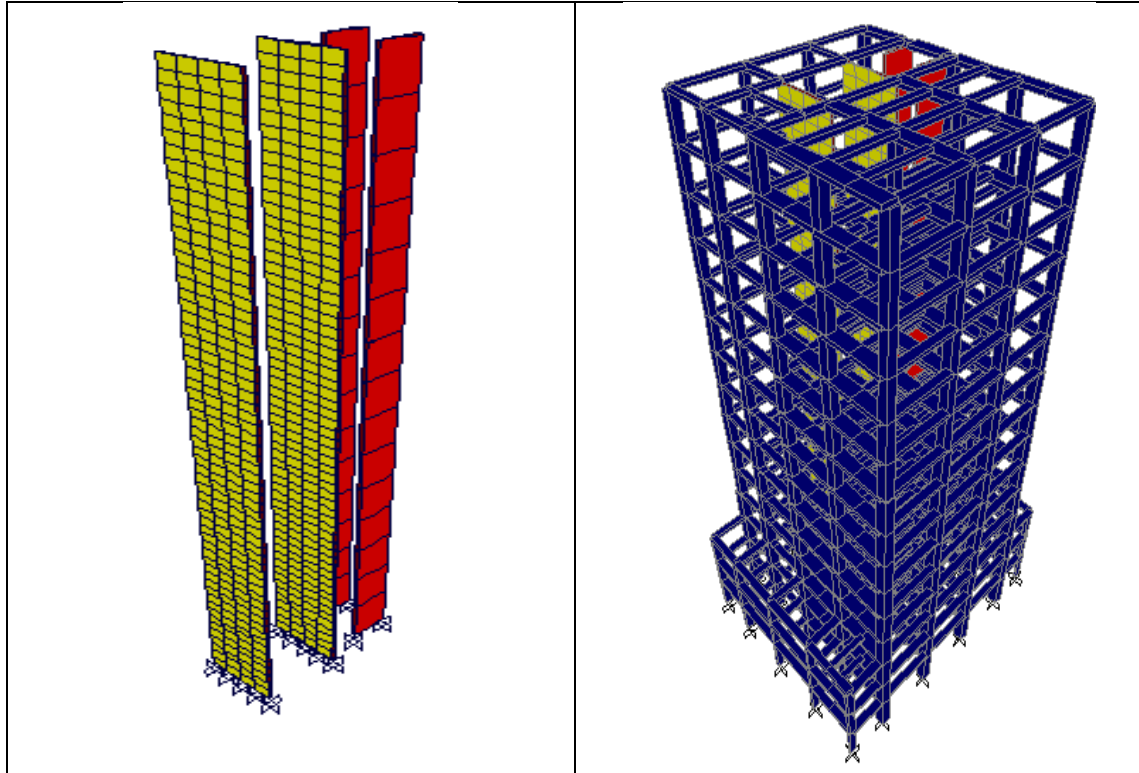
طرائق البحث ومواده:

1- توصيف المباني المدروسة:

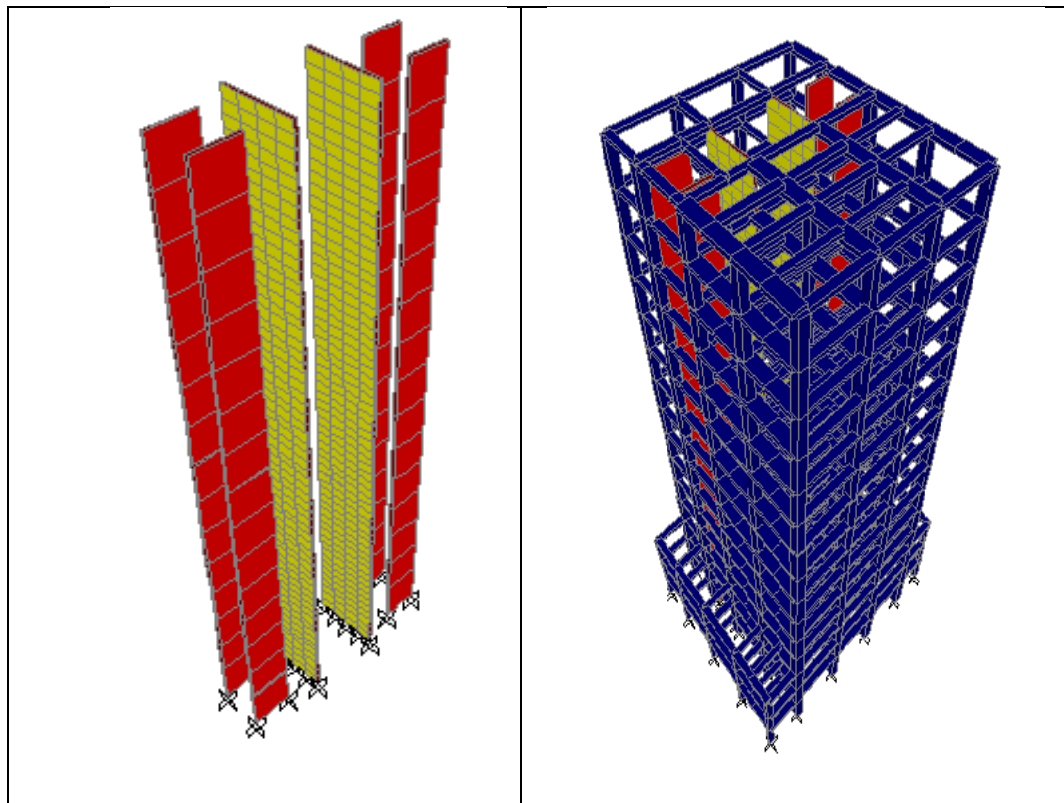
الجملة الثنائية هي جملة مختلطة من الإطارات المقاومة للعزوم وجدران القص، يتم في البحث دراسة الأداء الزلزالي لمباني برجية مصممة وفق اشتراطات الكود العربي السوري [5] بالطريقة الإستاتيكية المكافئة بعد معايرة قوة القص القاعدية التصميمية بطريقة طيف الاستجابة لمنطقة اللاذقية $Z=0.3g$ وترتبة التأسيس صخرية SB المعاملات الزلزالية $Ca=0.3, Cv=0.3$ والمقاومة الاسطوانية المميزة للبيتون المستخدم $fc=25MPa$ وإجهاد السيلان لفولاذ التسليح الرئيسي الطولي $fy=400 MPa$ ، إجهاد الانقطاع $fu=600Mpa$. تتألف المباني من 15 طابق بإرتفاع طابقي 4m ومساحة طابقية $814m^2$ للطوابق الثلاثة الأولى و بإرتفاع طابقي 3m ومساحة طابقية $559m^2$ للطوابق الباقية.

الجملة الانشائية للمباني جملة ثنائية بنسب مساهمة للإطارات كما يلي:

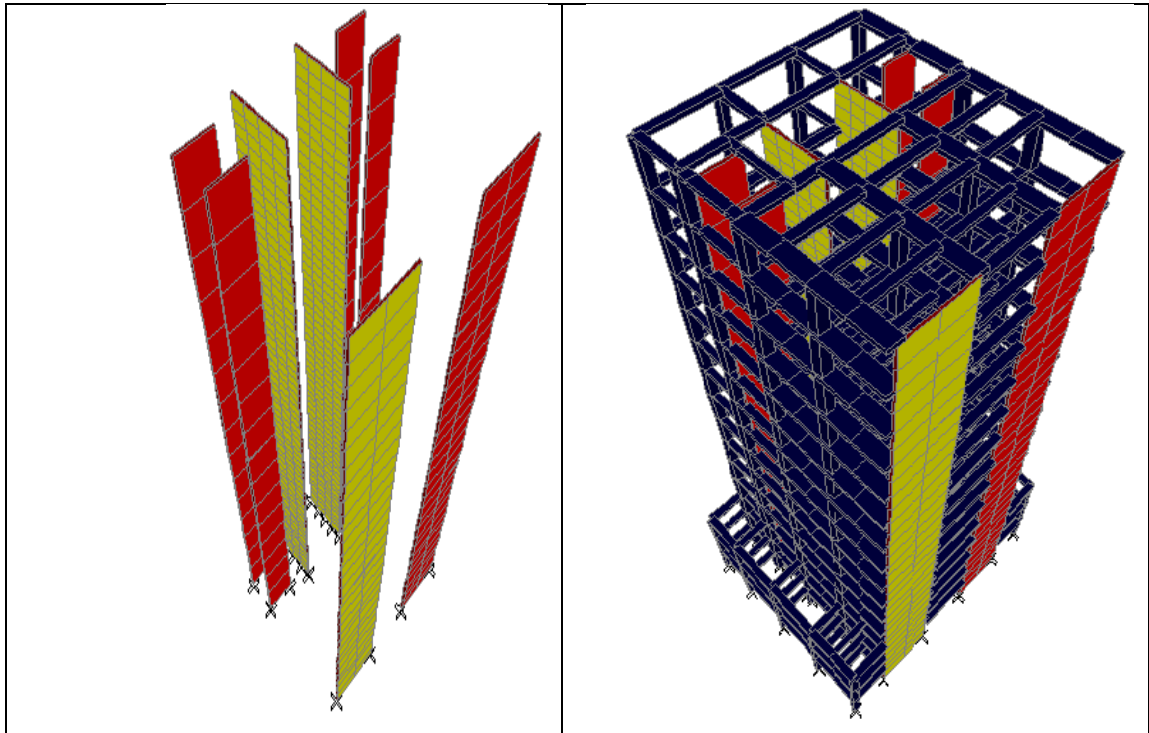
- المبنى (1) نسبة مساهمة الإطارات بالاتجاه x يساوي 78%، الشكل (1).
- المبنى (2) نسبة مساهمة الإطارات بالاتجاه x يساوي 44%، الشكل (2).
- المبنى (3) نسبة مساهمة الإطارات بالاتجاه x يساوي 28%، الشكل (3).
- المبنى (4) نسبة مساهمة الإطارات بالاتجاه x يساوي 17%، الشكل (4).



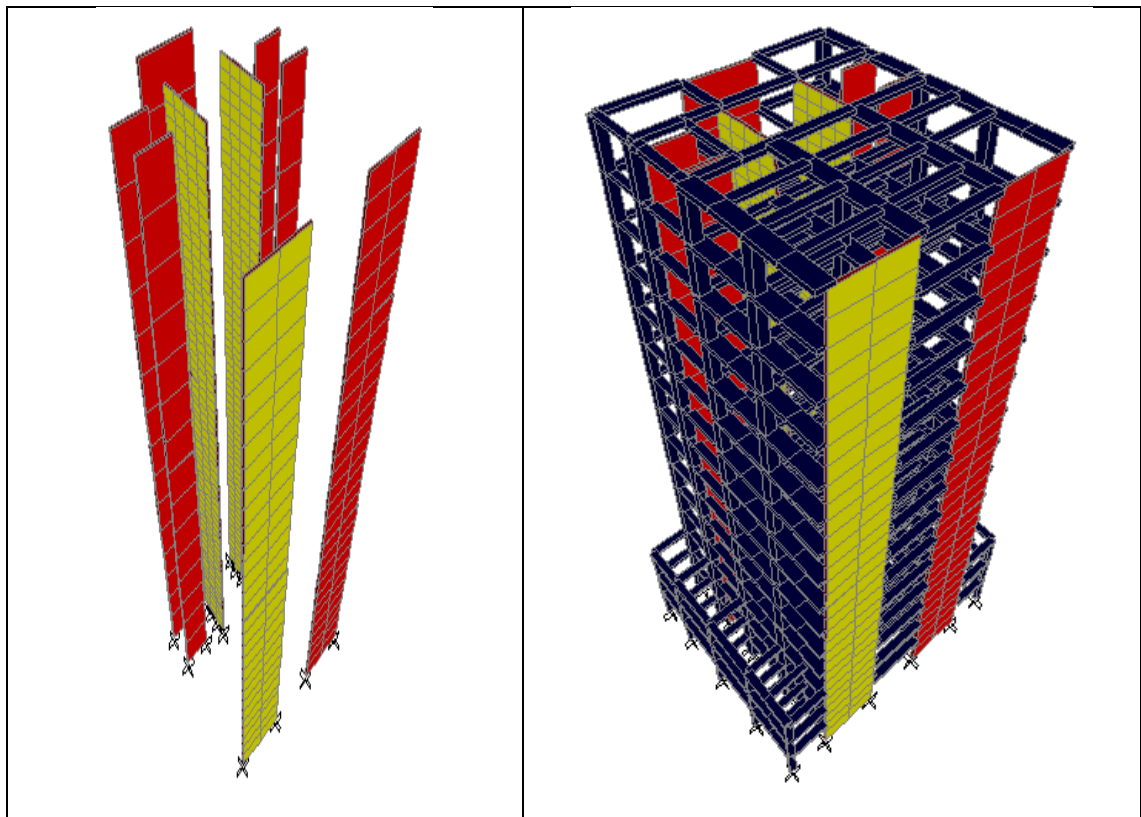
الشكل(1): نموذج المبنى(1) نسبة مساهمة الإطارات %78



الشكل(2): نموذج المبنى(2) نسبة مساهمة الإطارات %44



الشكل (3): نموذج المبنى (3) نسبة مساهمة الإطارات 28%



الشكل (4): نموذج المبنى (4) نسبة مساهمة الإطارات 17%

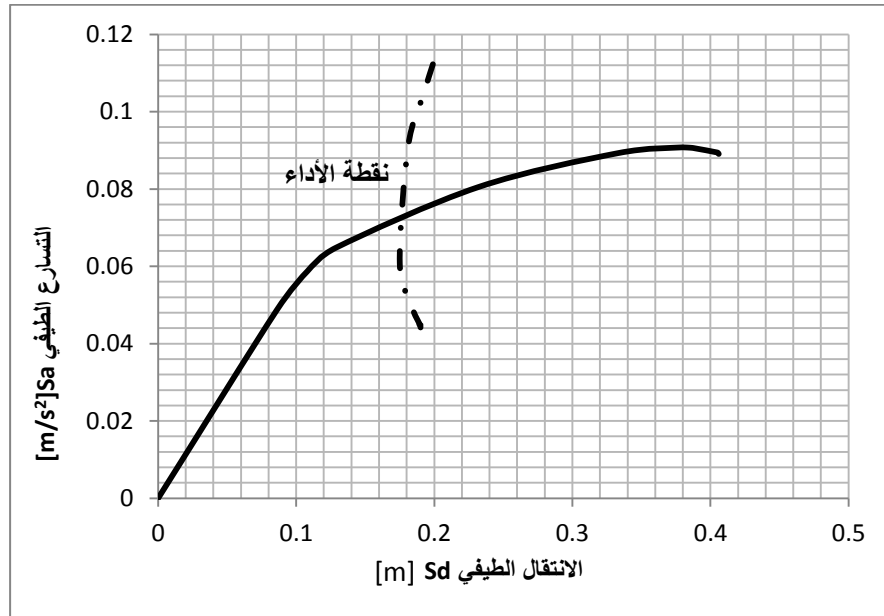
2- طريقة التحليل الستاتيكي اللاخطي:

طريقة التحليل الستاتيكي اللاخطي هي إحدى الطرائق التي يتم من خلالها تمثيل الواقع وفهم سلوك المنشأ عند تطبيق القوة الزلزالية بشكل متزايد حتى وصول المنشأ للإهيار أو للانتقال الأعظمي المسموح [6]، تم في البحث نمذجة المباني باستخدام برنامج SAP2000 [7] كنماذج ثلاثية الأبعاد حيث نستخدم للجوائز مفاصل لدنة تتشكل من العزم M3 و بالنسبة للأعمدة فتتشكل المفاصل للدنة من القوة المحورية وعزمي انعطاف ويرمز لها PMM كما تم تعريف السلوك اللاخطي للجدار باستخدام طريقة shell element Multi-layered حيث يتم تقسيم الجدار لطبقات منفصلة متوازية تُعرف كل طبقة كعنصر سطحي Shell يملك ستة درجات حرية في كل عقدة و يتوافق دوران العقد في العنصر السطحي Shell مع دوران العناصر الخيطية Frame للإطارات المتصلة مع الجدار و تعمل الطبقات وفق مبدأ ميكانيك المواد المركبة mechanics Composite material تتألف الطبقات من البيتون والتسليح المحدد بسماكة المقطع العرضي للجدار وفق اشتراطات الوكالة الفيدرالية لإدارة الطوارئ [8]، قبل البدء بتحميل PUSHOVER تم تعريف الحمولات اللازمة للتحليل وهي حمولات تؤثر باتجاه الجاذبية Gravity Loads وحمولات جانبية أفقية واحدة متزايدة تُستعمل في دفع الجملة ولها شكل النمط الأساسي.

النتائج والمناقشة:

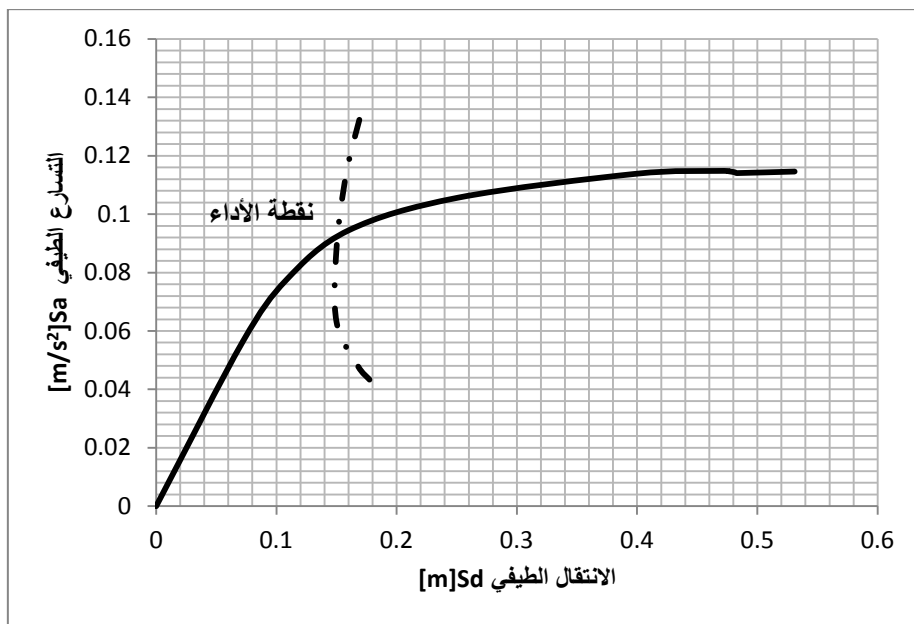
1- نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي و نقطة الإداء performance point للمباني المدروسة:

يعبر منحنى القدرة (الاستطاعة) Capacity Curves عن العلاقة بين قوى القص الدفعية المتزايدة والانتقالات الناتجة لنقطة مراقبة محددة غالباً تُعتمد في أعلى المبنى و للحكم على قبولية هدف الأداء الزلزالي للمبنى بشكل أولي لابد من ايجاد نقطة الأداء للمباني المدروسة ويُشترط أن تقع النقطة على منحنى طيف الاستطاعة وعلى منحنى الطلب الطيفي بعد أن يخفض الطيف التصميمي المرن ذي التخامد 5% وذلك ليمثل الطلب اللاخطي عند نفس قيمة انتقال [9] ، يبين الشكل (5) بأن الانتقال الطيفي عند وصول المبنى (1) لنقطة الأداء يساوي $S_d=0.178m$.



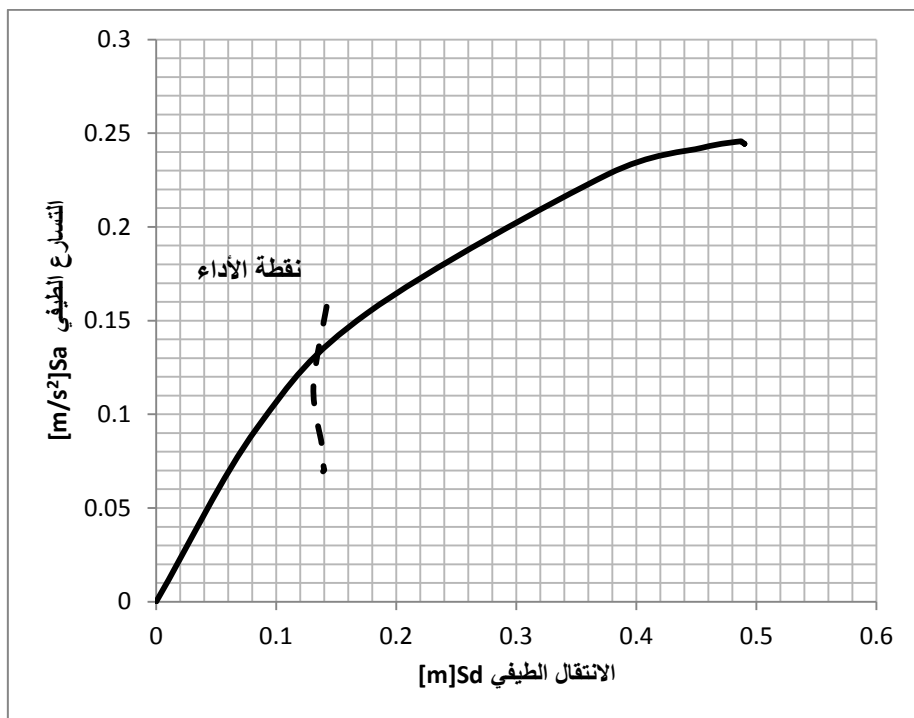
الشكل(5): نقطة الأداء للمبنى(1) بنسبة مساهمة للإطارات 78%

كما يبين الشكل(6) أن نقطة الأداء للمبنى (2) تكون عند وصول المبنى للانتقال الطيفي $S_d=0.151m$.



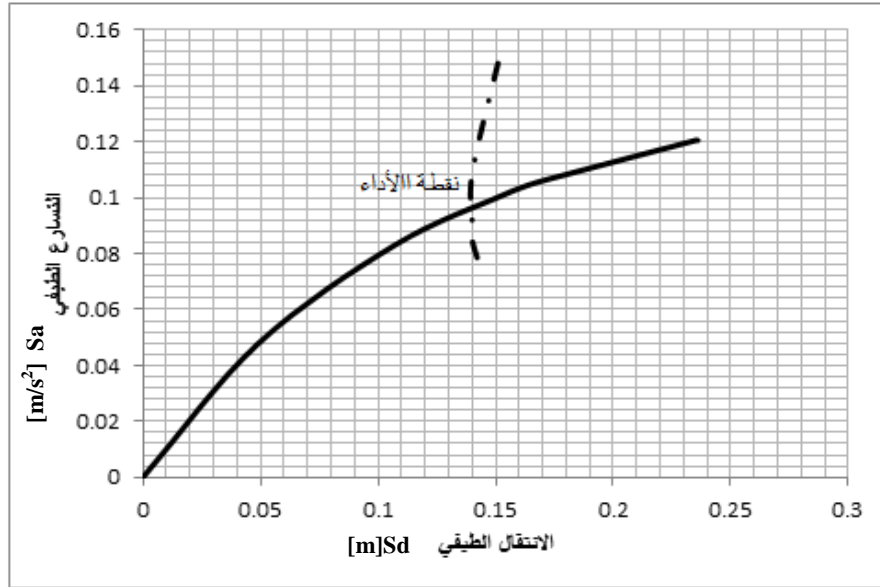
الشكل(6): نقطة الأداء للمبنى(2) بنسبة مساهمة للاطارات 44%

إن نقطة الأداء للمبنى(3) للنمط المسيطر تتوافق مع قيمة الانتقال الطيفي الطيفي $S_d=0.136m$ ، الشكل(7).



الشكل(7): نقطة الأداء للمبنى(3) بنسبة مساهمة للاطارات 28%

ومن نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي للمبنى (4) ستكون قيمة الانتقال الطيفي عند نقطة الأداء للمبنى مساوية $S_d=0.140m$ ، الشكل(8).



الشكل(8): نقطة الأداء للمبنى(4) بنسبة مساهمة للإطارات 17%

2- بارمترات منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني المدروسة:

إن الاحتمال الرياضي لحدوث التضرر الزلزالي لكل عتبة تضرر يتراوح بين (0-1) ويتعلق بقيم المتوسط الحسابي لمجال الانتقال الطيفي للمبنى المتوافق مع الشدة الزلزالية للمنطقة المدروسة وذلك ضمن مجال للانحراف المعياري يتعلق بالشك أو الخطأ المحتمل بتقييم المتوسط الحسابي [10],[11].

بالاستفادة من نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي للمباني المدروسة تم تحديد الانتقال الطيفي عند الخضوع والانتقال الطيفي الحدي لكل من المباني المدروسة حيث تستخدم هذه القيم لحساب المتوسط الحسابي لكل عتبة تضرر من العتبات الأربعة (الخفيف- المتوسط - الشامل - التام) بالاعتماد على العلاقات المذكورة في البحث بالجدول (1) ، إن المبنى (1) يصل للخضوع عند الانتقال الطيفي $S_{dy}=0.108 m$ وتكون قيمة الانتقال الطيفي الحدي $S_{du}=0.379m$ و نلاحظ من الجدول (2) قيم الانحراف المعياري و المتوسط الحسابي المحسوب بالاعتماد على S_{dy} و S_{du} للمبنى المدروس وذلك لكل عتبة من عتبات التضرر الزلزالي.

الجدول(2): المتوسط الحسابي لعتبات التضرر الأربعة للمبنى (1) بنسبة مساهمة للإطارات 78%

$S_d(\text{median damage state})$ [m]	β	
slight	0.0756	0.85
moderate	0.108	0.95
extensive	0.17575	1.1
complete	0.379	1.1

كما أن المبنى (2) يصل للخضوع عند الانتقال الطيفي $Sdy=0.108$ m ونكون قيمة الانتقال الطيفي الحدي $Sdu=0.466$ m و نلاحظ من الجدول (3) قيم الانحراف المعياري و المتوسط الحسابي المحسوب بالاعتماد على Sdy و Sdu للمبنى المدروس وذلك لكل عتبة من عتبات التضرر الزلزالي.

الجدول (3): المتوسط الحسابي لعتبات التضرر الأربعة للمبنى (2) بنسبة مساهمة الاطارات 44%

Sd(median damage state)		β [m]
slight	0.0756	0.85
moderate	0.108	0.95
extensive	0.1975	1.1
complete	0.466	1.1

وبالاستفادة من نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي للمبنى (3) نلاحظ أن قيمة الانتقال الطيفي عند الخضوع للمبنى تساوي $Sdy=0.084$ m و قيمة الانتقال الطيفي الحدي $Sdu=0.487$ m و يبين الجدول (4) قيم الانحراف المعياري و المتوسط الحسابي المحسوب بالاعتماد على Sdy و Sdu للمبنى المدروس وذلك لكل عتبة من عتبات التضرر الزلزالي.

الجدول (4): المتوسط الحسابي لعتبات التضرر الأربعة للمبنى (3) بنسبة مساهمة الاطارات 28%

Sd(median damage state)		β
slight	0.0588	0.85
moderate	0.084	0.95
extensive	0.18475	1.1
complete	0.487	1.1

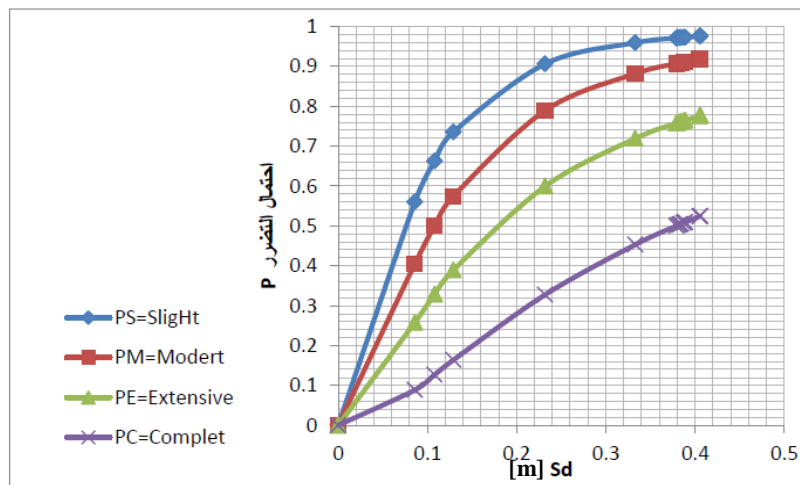
ومن نتائج التحليل الستاتيكي اللاخطي للمبنى (4) نلاحظ أن قيمة الانتقال الطيفي عند الخضوع للمبنى تساوي $Sdy=0.049$ m و قيمة الانتقال الطيفي الحدي $Sdu=0.235$ m و يبين الجدول (5) قيم الانحراف المعياري و المتوسط الحسابي المحسوب بالاعتماد على Sdy و Sdu للمبنى المدروس وذلك لكل عتبة من عتبات التضرر الزلزالي.

الجدول (5): المتوسط الحسابي لعتبات التضرر الأربعة للمبنى (4) بنسبة مساهمة الاطارات 17%

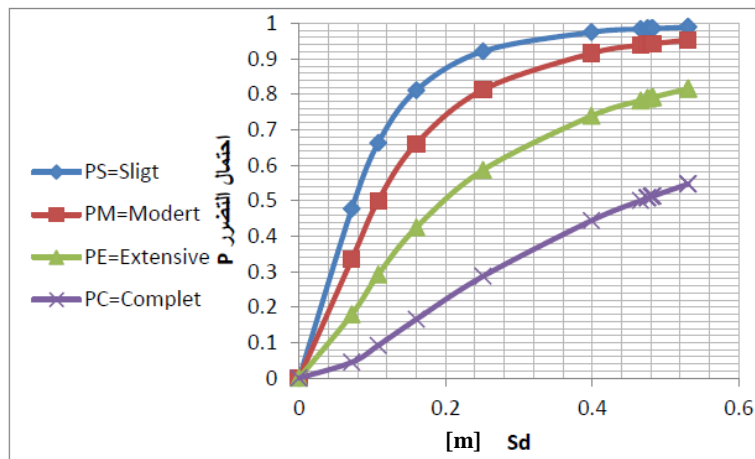
Sd(median damage state)		β [m]
slight	0.0343	0.85
moderate	0.049	0.95
extensive	0.0955	1.1
complete	0.235	1.1

3- منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني المدروسة:

بالاستفادة من بارمترات منحنيات التضرر الزلزالي الموضحة في الفقرة (4-2) من الدراسة تم تطوير منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني المدروسة وفق العلاقة (1) المذكورة في الفقرة (1-1) ، حيث تعبر منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي عن المفهوم التراكمي للأذى في عناصر المنشأ خلال تعرضه للهزة الأرضية [12]، [13] .
يبين الشكل (9) أن المبنى (1) سيصل لانتقال طيفي أعظمي $S_d=0.406m$ يتوافق مع تضرر خفيف احتمالته 97% وتضرر متوسط احتمالته 91.8% وتضرر شامل 77.6% وتضرر تام 52.4% وفي المبنى (2) إن أقصى انتقال طيفي سيصل له المبنى $S_d=0.53m$ يتوافق مع تضرر خفيف احتمالته 98.9% وتضرر متوسط احتمالته 95.3% وتضرر شامل 81.5% وتضرر تام 54.7% كما هو مبين بالشكل (10).

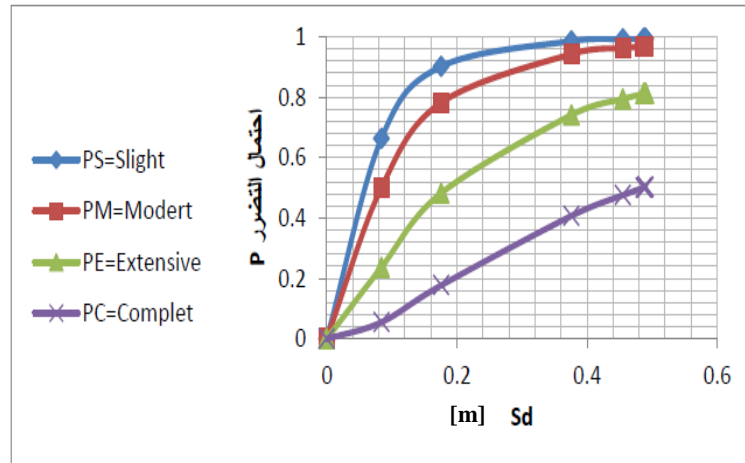


الشكل (9): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمبنى (1) بنسبة مساهمة للإطارات 78%

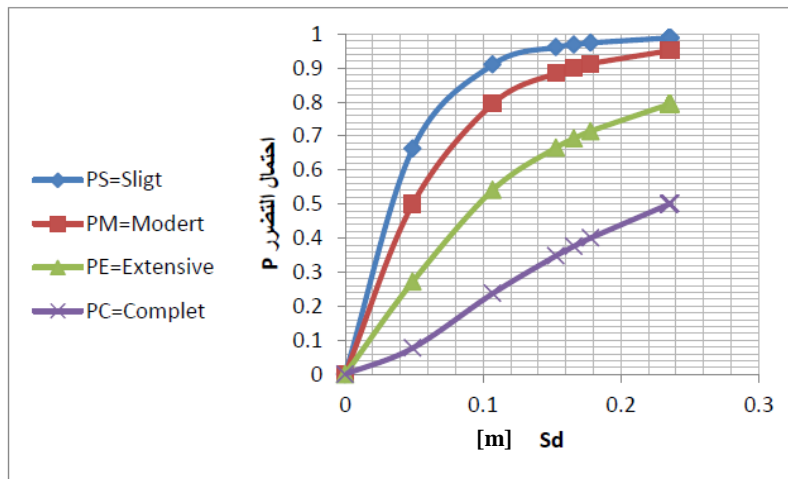


الشكل (10): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمبنى (2) بنسبة مساهمة للإطارات 44%

كما يوضح الشكل (11) بأن أقصى انتقال طيفي سيصل له المبنى (3) هو $S_d=0.49m$ يتوافق مع تضرر خفيف احتمالته 99.9% وتضرر متوسط احتمالته 96.8% وتضرر شامل 81.2% وتضرر تام 50.7%، ويبين الشكل (12) أنه عند وصول المبنى (4) لأقصى انتقال طيفي $S_d=0.236m$ إن احتمال التضرر الخفيف 50.7% والتضرر المتوسط 95% والتضرر الشامل 79.4% والتضرر التام 50%.



الشكل(11): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمبنى(3)بنسبة مساهمة للإطارات 28%

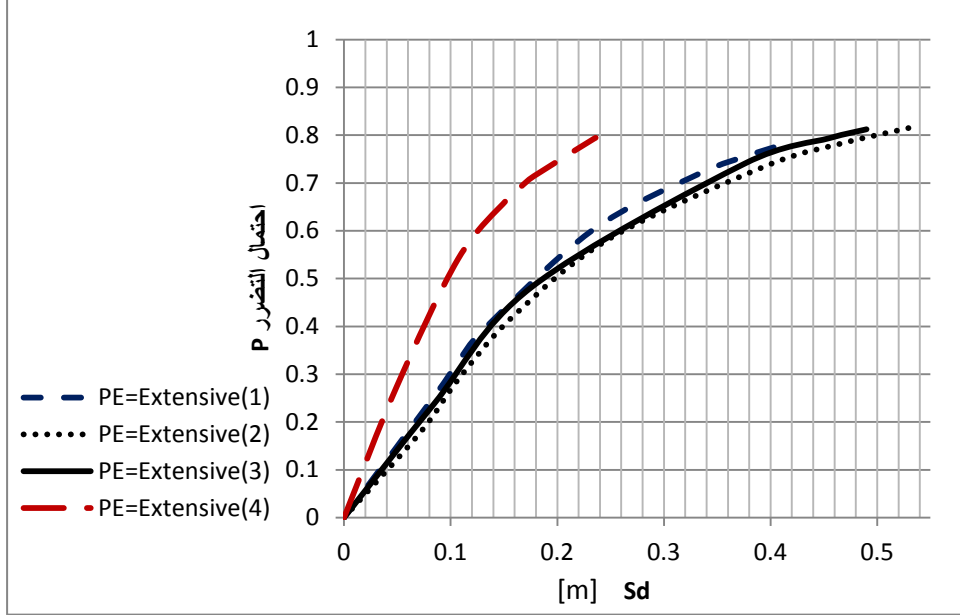


الشكل(12): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمبنى(4)بنسبة مساهمة للإطارات 17%

4- مفاضلة بين نتائج التضرر الاحتمالي الزلزالي في المباني المدروسة:

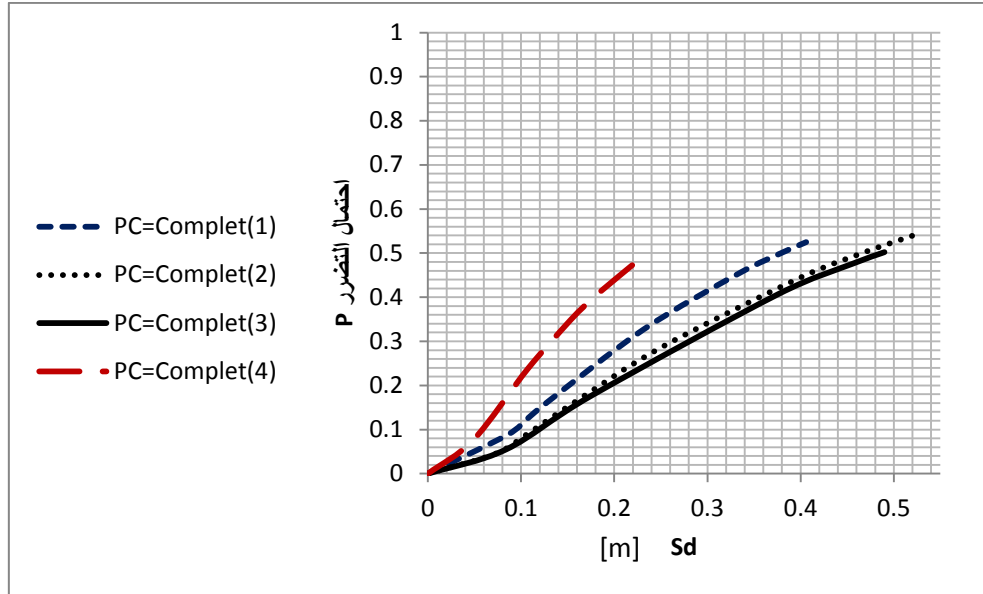
لدراسة تأثير تغير نسبة مساهمة الاطارات في نتائج احتمال التضرر تم اجراء مفاضلة بين منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني المدروسة لكل من عتبات التضرر الأربعة، إن الشكل(13) يوضح مفاضلة بين القيم الرياضية لمنحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي عند كل قيمة من قيم الانتقال الطيفي(0m-0.5m) الناتجة عن الطلب الزلزالي المطبق وذلك لعتبة التضرر الشامل PE للمباني المدروسة، حيث نلاحظ من المقارنة بان تخفيض نسبة مساهمة الإطارات من 78% إلى 44% ومن ثم 28% لم تؤثر بشكل واضح على للتضرر الشامل للمبنى أما عند انخفاض نسبة مساهمة الإطارات إلى 17% فقد أدى ذلك الى زيادة واضحة بالتضرر الشامل الزلزالي، حيث إنه عند قيمة

لانتقال الطيفي $S_d=0.1m$ سيكون احتمال التضرر الزلزالي للمباني (1,2,3) مساوياً 30% بينما يصل التضرر الزلزالي في المبنى (4) إلى 50% .



الشكل(13): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني الأربعة لعتبة التضرر الشامل PE

و تم في الدراسة إجراء مفاضلة بين القيم الرياضية لمنحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي عند كل قيمة من قيم الانتقال الطيفي (0.5m-0m) الناتجة عن الطلب الزلزالي المطبق وذلك لعتبة التضرر التام PC للمباني المدروسة، حيث نلاحظ من المقارنة الموضحة بالشكل(14) بأن تخفيض نسبة مساهمة الإطارات من 78% إلى 44% ومن ثم 28% أدى إلى تخفيض لاحتمال التضرر التام الزلزالي في المبنى المدروس، وأما عند وصول نسبة مساهمة الإطارات في المبنى (4) إلى 17% فإن ذلك سبب زيادة واضحة في احتمال التضرر التام الزلزالي، حيث عند قيمة للانتقال الطيفي $S_d=0.1m$ سيكون احتمال التضرر الزلزالي للمبنى(1) مساوياً 12% للمباني(2,3) مساوياً 0.5% بينما يصل التضرر الزلزالي في المبنى (4) إلى 23% .



الشكل (14): منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي للمباني الأربعة لعتبة التضرر التام PC

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

- تم من خلال هذا البحث تقييم الأداء الزلزالي لأربعة مباني بيتونية مسلحة جملتها الإنشائية جملة ثنائية بنسب مساهمة للإطارات 78%، 44% و 28% وجملة تفاعلية 17% و التحقق من أدائهم بإيجاد نقطة الأداء لكل مبنى ، كما تم في البحث تطوير منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي لكل مبنى وإجراء مفاضلة بينه العتبات التضرر الأربعة نتج من خلال البحث:
- تقييم الأداء الزلزالي لمباني بيتوني مسلحة جملتها الإنشائية جملة ثنائية وذلك من خلال إيجاد منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي Fragility Curves التي تعبر عن الاحتمال الرياضي للوصول إلى عتبات التضرر الزلزالي عند كل قيمة من قيم الانتقال الطيفي حيث تساعد المنحنيات التضررية الناتجة من البحث في عملية تقييم التضرر الزلزالي الاحتمالي المستقبلي بطريقة مباشرة لجمال لها نفس البنية الإنشائية في المناطق ذات الشدات الزلزالية العالية.
- إن تخفيض نسبة مساهمة الإطارات من 78% إلى 44% ومن ثم 28% لم تؤثر بشكل واضح على للتضرر الشامل للمبنى PE أما عند انخفاض نسبة مساهمة الإطارات إلى 17% فقد أدى ذلك إلى زيادة واضحة بالتضرر الشامل الزلزالي.
- إن تخفيض نسبة مساهمة الإطارات من 78% إلى 44% ومن ثم 28% أدى إلى تخفيض لاحتمال التضرر التام الزلزالي PC في المبنى المدروس، وأما عند وصول نسبة مساهمة الإطارات في المبنى (4) إلى 17% فإن ذلك سبب زيادة كبيرة في احتمال التضرر التام الزلزالي.
- إن نسبة مساهمة الإطارات في المباني ذات الجمل الثنائية يجب ألا تقل عن 28% لأن ذلك سيسبب زيادة كبيرة في الأذى والتضرر الزلزالي وبالتالي خسائر مادية وبشرية كبيرة.

- إن نتائج الدراسة تتوافق مع ما ذُكر من اشتراطات للتصميم الإنشائي للمباني ذات الجمل الانشائية الثنائية المقاومة للزلازل في الكود العربي السوري في المناطق $Z=0.3g$ و $Z=0.4g$ ، وهذا يُثبت صحة التقييم والتصميم للمباني باعتماد تطوير منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي.

التوصيات:

- إن تقييم التضرر الرياضي الاحتمالي لاعتبات التضرر الزلزالية لا تقتصر على نوع واحد من الجمل الانشائية، لكن من الممكن بالاستفادة مما ورد من نتائج البحث اجراء مقارنة لأداء منشآت بجمال إنشائية أخرى وبارتفاعات مختلفة.
- ضرورة اعتماد طريقة تطوير منحنيات التضرر الاحتمالي الزلزالي كإحدى طرق التصميم والتقييم للمباني القديمة أو الحديثة الإنشاء في القطر العربي السوري.

References:

- (1) HAZUS-MH. Multi-Hazard Loss Estimation Methodology, Earthquake Model HAZUS-MH MR5 Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, Washington. DC, 2011.
- (2) ATC 58, Preliminary Evaluation Of Methods For Defining Performance, 2003.
- (3) ATC 63 ,FEMA P695, Applied Technology Council, Redwood City. A, 2010.
- (4) HAZUS®-MH 2.1 Advanced Engineering Building Module (AEBM) Technical And User's Manual , Department Of Homeland Security Federal Emergency Management Agency Mitigation Division Washington, D.C.2013.
- (5) Syrian Arab Code, Organization of Engineers, 2012.
- (6) P. FEMA, "National Earthquake Hazards Reduction Program (Nehrp) Part 1: Recommended Provisions For Seismic Regulations For New Buildings And Other Structures, 2000 Edition (FEMA 368)," Building Seismic Safety Council For The Federal Emergency Management Agency, Washington, Dc, 2000.
- (7) "Structural Software For Analysis And Design Sap2000." <https://www.csiamerica.com/products/sap2000> [Accessed Oct. 12, 2017]
- (8) ATC40, Seismic Evaluation And Retrofit Of Concrete Buildings, Applied Technology Council. Redwood City. California, (1996).
- (9) P. FEMA, "Commentary For The Seismic Rehabilitation Of Buildings," FEMA-356, Federal Emergency Management Agency, Washington, Dc, 2000.
- (10) VAZURKAR, U. Y., Chaudhari, D. J. *Development Of Fragility Curves For Rc Building*, International Journal Of Engineering Research Issn:2319-68902347-Volume No.5 Issue: Special 3, Pp: 591-594, 27-28 Feb. (2016).
- (11) Keith Porter. *A Beginner's Guide To Fragility, Vulnerability, And Risk*, Pe Phd University Of Colorado Boulder And Spa Risk Llc, Denver Co Usa, Keith@Cohen-Porter.Net , Revised 28 March , (2019).
- (12) Moustafa Moffed Kassema, Fadzli Mohamed Nazria, Ehsan oroozinejad Farsangib, *Development Of Seismic Vulnerability Index Methodology For Reinforced Concrete Buildings Based On Nonlinear Parametric Analyses* , 199–211. MethodsX 6 (2019) .
- (13) Chaitanya Krishna Gadagamma, Aung Ko Min, Hideomigokon, Kimiro Meguro, And Khin Than Yu , *Development Of Fragility Functions Of Rc Buildings In Yangon City Using Push Over Analysis*, Journal of Disaster Research Vol.13 No.1.2018.