

Effect of Openings in Ribbed Slabs on Seismic Performance of Building

Dr. Eng. Ihssan Tarsha

Eng. Mohammad Aldroubi

Abstract

This research presents an analytical study of many reinforced concrete buildings, with ribbed slabs, without openings and with openings in the middle or in the edges, in order to detect the effect of differences resulting from assuming slabs as rigid or semi-rigid diaphragm on seismic performance of building. The study shows that the rigid diaphragm assumption results in large differences in shear forces, maximum story drifts and period. But, the semi-rigid diaphragm assumption results in noticeable difference in shear forces only. These differences are larger with edge openings, and get reduced by increasing number of stories.

Key words: Ribbed Slabs, Rigid Diaphragm, Semi-Rigid Diaphragm, Openings, Seismic Performance.

دراسة تأثير الفُتحات في بلاطات الهوردي على الأداء الزلزالي للمبنى

د.م إحسان الطرشة¹ م. محمد الدروبي²

المُلخَص

يقدم هذا البحث دراسة تحليلية لعددٍ من المباني البيتونية المسلحة ذات بلاطات هوردي، في حالة عدم وجود فتحات، وفي حالة وجود فتحاتٍ في منتصفها أو أطرافها، وذلك بهدف تحديد تأثير الفروقات الناتجة من افتراض البلاطات ديافراماتٍ صلبةً أو نصف صلبةً على الأداء الزلزالي للمبنى. أظهرت الدراسة أن افتراض الديافرام صلباً ينتج عنه فروقات كبيرة في قوى القصّ و دور الاهتزاز والإزاحات الطبقية الأعظمية، في حين أن افتراض الديافرام نصف صلبٍ ينتج عنه فرق ملحوظ في قوى القص فقط. هذه الفروقات تكون أكبر ما يمكن في حالة وجود الفتحات على الأطراف، وتقلّ بازدياد عدد الطوابق.

الكلمات المفتاحية: بلاطات الهوردي، ديافرام صلب، ديافرام نصف صلب، فتحات، الأداء الزلزالي.

¹أستاذ في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سوريا

²طالب دراسات عليا (ماجستير) في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث - حمص - سوريا

Effect of Openings in Ribbed Slabs on Seismic Performance of Building

Dr. Eng. Ihssan Tarsha

Eng. Mohammad AL-Droubi

Abstract

This research presents an analytical study of many reinforced concrete buildings, with ribbed slabs, without openings and with openings in the middle or in the edges, in order to detect the effect of differences resulting from assuming slabs as rigid or semi-rigid diaphragm on seismic performance of building. The study shows that the rigid diaphragm assumption results in large differences in shear forces, maximum story drifts and period. But, the semi-rigid diaphragm assumption results in noticeable difference in shear forces only. These differences are larger with edge openings, and get reduced by increasing number of stories.

Key words: Ribbed Slabs, Rigid Diaphragm, Semi-Rigid Diaphragm, Openings, Seismic Performance.

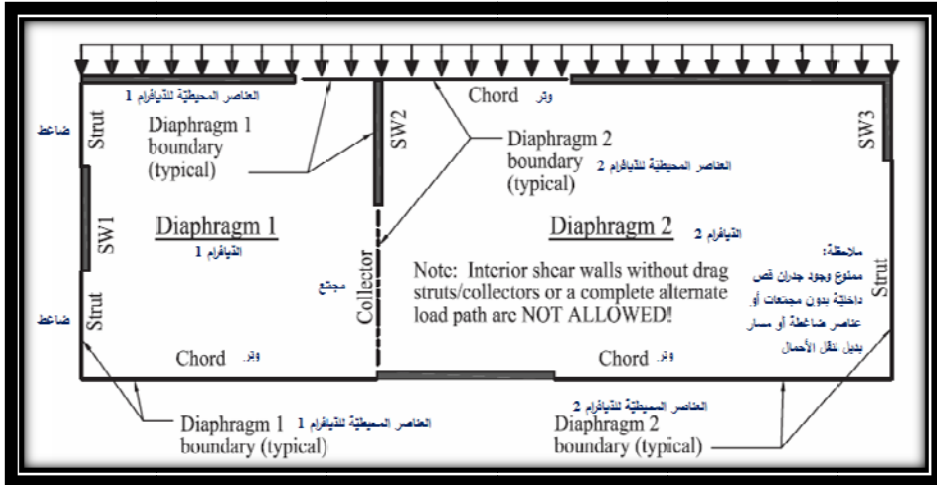
1- مقدمة :

تصمّم البلاطات بكافة أنواعها لتقاوم الحمولات الشاقوليّة المؤثّرة عليها، حيث تقوم بتوزيع هذه الحمولات إلى العناصر الإنشائية المقاومة للحمولات الشاقولية مثل الأعمدة وجدران القص، كما تلعب البلاطات دوراً محورياً في نقل وتوزيع الحمولات الجانبية من رياح وزلازل إلى الجملة الشاقوليّة المقاومة للقوى الجانبية مثل جملة جدران القص. عندما تؤثر حمولات زلزالية على المبنى فإن هذه الحمولات تنتقل إلى الجملة الشاقوليّة المقاومة للقوى الجانبية عبر البلاطات؛ التي تربط الجملة الشاقوليّة المقاومة للأحمال الشاقوليّة والجانبية مع بعضها البعض وهنا تلعب البلاطات دور ديافرامات، ولما كانت البلاطات هي المفتاح الأساسي لتوزيع ونقل الحمولات إلى الجملة الشاقوليّة المقاومة للحمولات الجانبية كان لا بدّ من الاهتمام بكل ما يؤثّر في صلابتها وطريقة نقلها للحمولات، الأمر الذي ينعكس على أداء المبنى تحت تأثير الحمولات الجانبية ولا سيّما الزلازل.

عند تحليل المنشآت البيتونية المسلّحة على الأحمال الجانبية مثل الزلازل غالباً ما يلجأ المصمّم إلى افتراض البلاطات البيتونية المسلّحة - ومنها البلاطات الهوردي أو البلاطات المفرّغة- تتصرّف كجسم صلابته لا نهائية في مستويها، أي افتراض أنّها ديافرامات صلبة لا تتشوّه في مستويها؛ وذلك تسهيلاً للحلّ واختصاراً للوقت اللازم لعملية التحليل على البرامج الحاسوبية؛ حيث تنقص في هذه الحالة عدد درجات الحرّية للمنشأ المدروس. لكنّ هذا الافتراض يصبح غير مقبول في حالات معينة التي تعاني منها البلاطات من تشوّهات في مستويها لا يمكن إهمالها وتؤثّر على طريقة توزيعها للحمولات، وهذه الحالات التي قد تنشأ فيها تشوّهات في مستوي البلاطات يتحكّم بها العديد من العوامل المتعلقة بصلابة البلاطة ، ولا سيّما منها الانقطاعات أو الفتحات في مستوي هذه البلاطات والتي لا يمكن تفاديها، مثل فتحات الأدرج والمساعد والفتحات السّماوية المعماريّة. ومع تطوّر البرامج الحاسوبية أصبح بالإمكان الأخذ بعين الاعتبار الصلابة النسبية للبلاطات في مستويها، أي اعتبار الديافرام نصف صلب.

لتوضيح مفهوم الديافرام، يمكننا تشبيهه سلوك الديافرام بجائز عميق (Deep Beam) يستند على العناصر الشاقولية المقاومة للقوة الزلزالية مثل جدران القص؛ بحيث يكون فيه الجسد (Web) ممثلاً لسطح البلاطة (Deck) والذي بدوره يقوم بمقاومة القص، وتكون أجنحة المقطع (Flanges) ممثلةً لأوتار الديافرام (Diaphragm Chords) أو العناصر الإطارية المحيطة، والتي تصمم لمقاومة قوى الشد أو الضغط الناتجة عن الانعطاف. وعندما تكون الجملة الشاقولية المقاومة للزلازل ليست على العمق الكامل للديافرام أو البلاطة؛ كأن تكون الجملة المقاومة مثلاً جدران قص فقط في أماكن محددة والإطارات عادية، هنا في هذه الحالة جوائز الإطار باتجاه القوة الزلزالية والتي ترتبط مع الجملة المقاومة وهي جدران القص تعمل كمجمعات . إذاً تعتبر العناصر الإطارية (الجوائز) التي على نفس امتداد الجملة الشاقولية المقاومة للزلازل كمجمعات (or Drag Struts Collectors)، تقوم بتجميع قوى القص من الديافرام وتنقلها للجملة الرأسية المقاومة للحمولات الجانبية [1] .

إذاً يمكننا أن ندعو العناصر الموجودة على حواف الديافرام من كل الجهات، سواءً مجمعات أو أوتاراً بالعناصر المحيطة (Boundary Elements)، والشكل (1) يوضح عناصر الديافرام السابقة :



الشكل (1) يوضح عناصر الديافرام [1]

إنّ الديافرام الصّلب (RIGID DIAPHRAGM) يوزّع الأحمال الجانبيّة على العناصر الشاقوليّة المقاومة للأحمال الجانبيّة حسب صلابات هذه العناصر، بحيث يأخذ العنصر الأكثر صلابة الحصة الأكبر من هذه الأحمال. كما أنّ هذا الديافرام يملك ثلاث درجات للحرّيّة ؛ انتقاليّن انسحابيين ضمن المستوي XY و دوران حول المحور الشاقوليّ Z ، وبالتالي تنخفض عدد المعادلات اللّازمة للحلّ. أمّا الديافرام اللّين (FLEXIBLE DIAPHRAGM) يتشوّه في مستويه وتكون الانتقالات البينيّة فيه غير معدومة، ويملك ستّ درجات حرّيّة؛ ثلاثة انتقالات وثلاثة دورانات، ويمكننا تشبيه آليّة توزيعه للحمولات بجائز بسيط، حتّى لو تعدّدت فتحاته لا يعتبر مستمراً بل كلّ فتحة تعتبر كجائز بسيط. في حين أنّ الديافرام نصف الصّلب (SEMI-RIGID DIAPHRAGM) هو حالة وسطية بين الديافرام الصّلب واللّين، ويمكننا تشبيه آليّة توزيعه للحمولات بجائز مستمرّ متعدّد الفتحات يستند على مساند مرنة، هي العناصر الرّاسيّة المقاومة للأحمال الجانبيّة [2].

يشترط الكود الأمريكي [3] ASCE 7-10، والملحق رقم 2 للكود العربي السوري الخاصّ بالزلازل-2013 [4] تصنيف البلاطات البيئونيّة كديافرامات صلبة؛ عندما يكون طول البلاطة أقلّ من ثلاثة أمثال عرضها، ولا يوجد حالات عدم انتظام أفقي. وفي حال عدم تحقّق الشّرتين السّابقتين يُسمح بتصنيفها كديافرامات ليّنة عندما يكون السهم الأعظمي المحسوب للديافرام في مستويه، أكبر من ضعفي الإزاحة الوسطية الطابقيّة للعناصر الرّاسية المقاومة للقوة الزلزالية تحت تأثير الحمولة الجانبية المكافئة.

اعتبر [5] من خلال دراستهم على عدّة أنواع من البلاطات البيئونيّة بهدف تقييم ليونة الديافرامات، أنّ المعيار الذي يتم به تصنيف الديافرامات في الكود الأمريكي ASCE 7-10 [3] هو مناسب لتصنيف الديافرامات اللّينة أكثر من الصّلبة ونصف الصّلبة؛ وذلك لأنّ هذا المعيار تمّ استنتاجه من دراسات تجريبية وتحليلية على البلاطات الخشبية بحسب رأي الباحثين. كما بيّن [6] من خلال دراستهم للتشوّهات في مستوي البلاطات تحت تأثير الأحمال الزلزاليّة ، مع وجود فتحات وبجمل متنوّعة بين جملة جدران القصّ والجملة الإطاريّة، أنّ افتراض الديافرام صلب هو افتراض جيّد جدّاً في الأبنية الإطارية، بينما في الأبنية الحاوية جدران قصّ ينتج عنه

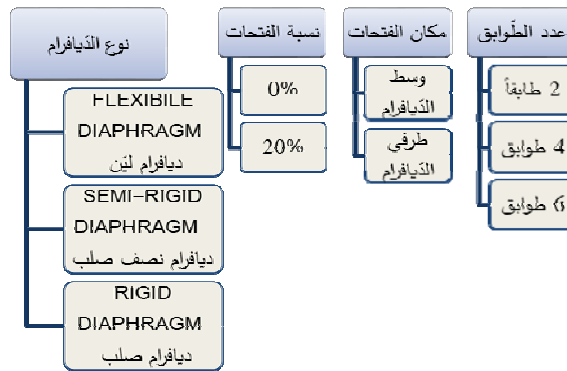
فروقات، مقدار هذه الفروقات يعتمد على صلابة البلاطة المدروسة بالنسبة لصلابة الجملة الرأسية المقاومة للأحمال الجانبية. وأوضح [7] من خلال دراسته لعدد من الأبنية البيتونية المسلحة، ذات جمل إطارية مقاومة للعزوم وبلاطات مصممة حاوية فتحات، أنّ تأثير موقع الفتحات أهمّ من نسبة مساحتها لمساحة البلاطة ، و أوصى بإجراء دراسات على جملة جدران القصّ.

2- هدف البحث:

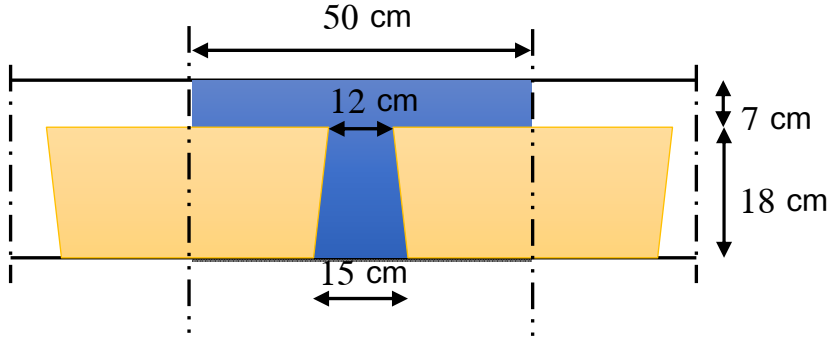
دراسة بلاطات الهوردي تحت تأثير الأحمال الزلزالية في الأبنية البيتونية المسلحة، ذات جملة مقاومة للحمولات الجانبية مؤلفة من جدران قصّ، و تحديد الفروقات الناتجة من افتراضها ديافرامات صلبة أو نصف صلبة وتأثير هذه الفروقات على سلوك المبنى زلزالياً من خلال العديد من العوامل، ولا سيّما الأبرز منها وجود فتحات فيها.

3- موادّ و طرق البحث:

بالاستعانة ببرنامج ETABS 16.0.2 تمّت دراسة مجموعة من الأبنية وفق المتغيّرات المبينة في الشكل (2). البلاطة المستخدمة هي بلاطة هوردي عاملة باتجاه واحد يبيّن الشكل (3) مقطعاً عرضياً في هذه البلاطة ، كما يبيّن الجدول (1) مواصفات المبنى المدروس، والشكل (4) يبيّن مسقط المبنى المدروس والفتحات متوضّعة في منتصفه، والشكل (5) يبيّن مسقط المبنى المدروس والفتحات متوضّعة على الأطراف.



الشكل (2) المتغيّرات المدروسة في البحث



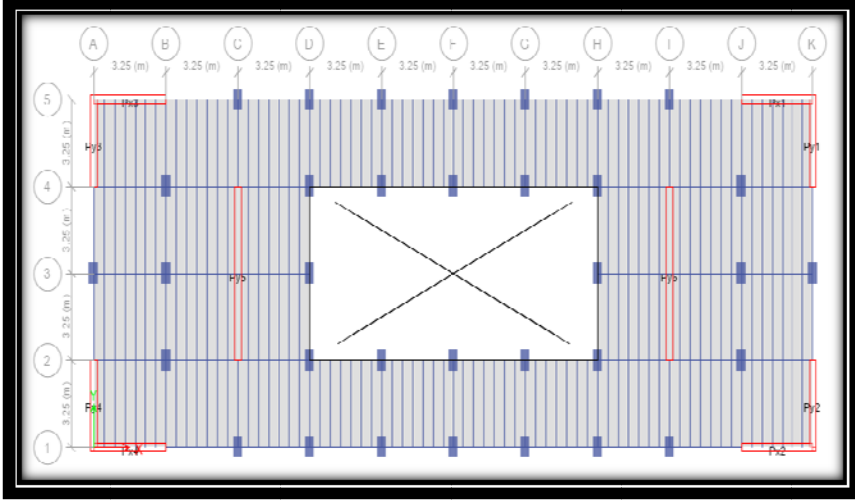
الشكل (3) مقطع عرضي في البلطة الهوردي

الجدول (1) مواصفات المبنى المدروس

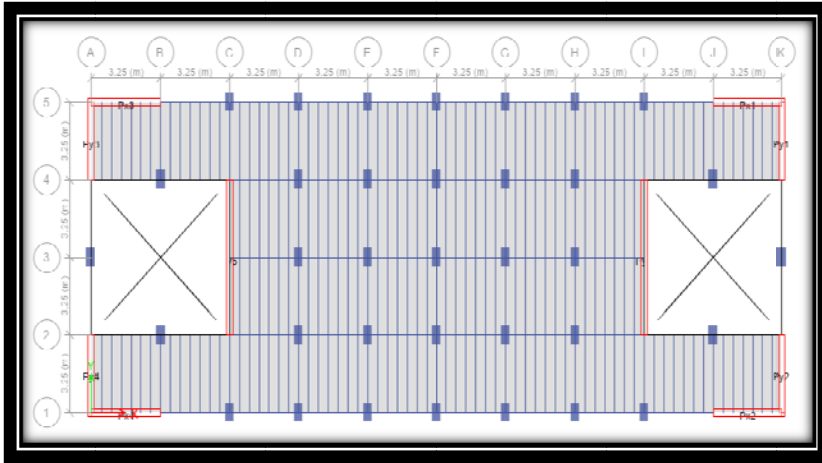
(32.5*13) m	أبعاد المبنى
25 Mpa	المقاومة المميزة على الضغط لبيتون الأعمدة وجدران القص F'c
20 Mpa	المقاومة المميزة على الضغط لبيتون البلاطات والجوائز F'c
400 Mpa	إجهاد الخضوع لفلواذ التسليح
(40*80) cm	أبعاد الأعمدة في كافة الطوابق
30 cm	سماكة جدران القص في كافة الطوابق
90 cm	عرض الجوائز الرئيسية (المخفية)
50 cm	عرض الجوائز الثانوية (الأعصاب العريضة)
3 KN/m ²	أحمال التغطية على البلاطة
1.25 KN/m ²	حمولة وزن بلوك الهوردي
3 KN/m ²	الأحمال الحية على البلاطة
11 KN/m	أحمال الجدران الخارجية على الجوائز الطرفية
7 KN/m	أحمال الجدران الداخلية على الجوائز الداخلية

حيث تمّت نمذجة الأعصاب كجوائز مقطوعها (13.5*25) cm؛ أي أن ارتفاع العصب بارتفاع البلاطة، وعرض العصب المستخدم هو الوسطي بين العرض في الأعلى والعرض في الأسفل،

وقمنا بتحرير العزوم في أطراف الأعصاب. بعد ذلك، نمذجنا بلاطة التغطية فوق الأعصاب كبلاطة مصممة سماكتها 7 cm ، و قمنا بتقسيمها لعناصر محدودة و دقة التقسيم كل 1 m . نظراً لتداخل العصب مع البلاطة وحتى لا يدخل الوزن مرتين لمنطقة التقاطع بينهما؛ قمنا بتصغير وزن البلاطة في البرنامج و إدخاله كحمولة موزعة على المتر المربع من البلاطة.



الشكل (4) مسقط المبنى مبيناً عليه الأعصاب مع الفتحات في المنتصف



الشكل (5) مسقط المبنى مبيناً عليه الأعصاب مع الفتحات على الأطراف

تم إجراء التحليل الستاتيكي بالطريقة الستاتيكية المطورة، والتحليل الديناميكي بطريقة طيف الاستجابة RESPONSE SPECTRUM وفق الملحق رقم 2 للكود العربي السوري الخاص بالزلازل-2013 [4]، و من ثم تمت معايرة قوة القص الستاتيكية مع قوة القص الديناميكية، و تحقيق حدود الإزاحات الطابقيّة [8]. الجدول (2) يبين المعطيات الزلزالية المفروضة.

الجدول (2) المعطيات الزلزالية المفروضة

المدينة	حمص
صنف الموقع	S_D
S_1	0.347
S_S	1.191
F_a	1.0236
F_v	1.706
S_{MS}	1.2191
S_{M1}	0.592
S_{DS}	0.8127
S_{D1}	0.3947
T_L	8 sec
$C_t; x$	0.0488 ; 0.75
R	6
C_d	5
Ω_0	2.5
صنف الإشغال	II
عامل الأهمية	1
صنف التصميم الزلزالي	D

حيث أن:

S_1 : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي عند الدور 1 ثانية.

S_S : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي عند الأدوار القصيرة.

F_a : عامل الموقع، ويتعلق بصنف الموقع والمتغير S_S .

F_v : عامل الموقع، ويتعلق بصنف الموقع والمتغير S_1 .

S_{MS} : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي الأعظمي عند الأدوار القصيرة.

S_{M1} : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي الأعظمي عند الدور 1 ثانية.

S_{DS} : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي التصميمي عند الأدوار القصيرة.

S_{D1} : قيمة المتغير (MCE_R) لتسارع الاستجابة الطيفي التصميمي عند الدور 1 ثانية.

T_L : الدور الطويل الانتقالي.

$C_t; x$: متغيرات تسارعات الدور التقريبي.

R : معامل تعديل الاستجابة.

C_d : عامل تضخيم الانتقال.

Ω_0 : عامل زيادة المقاومة.

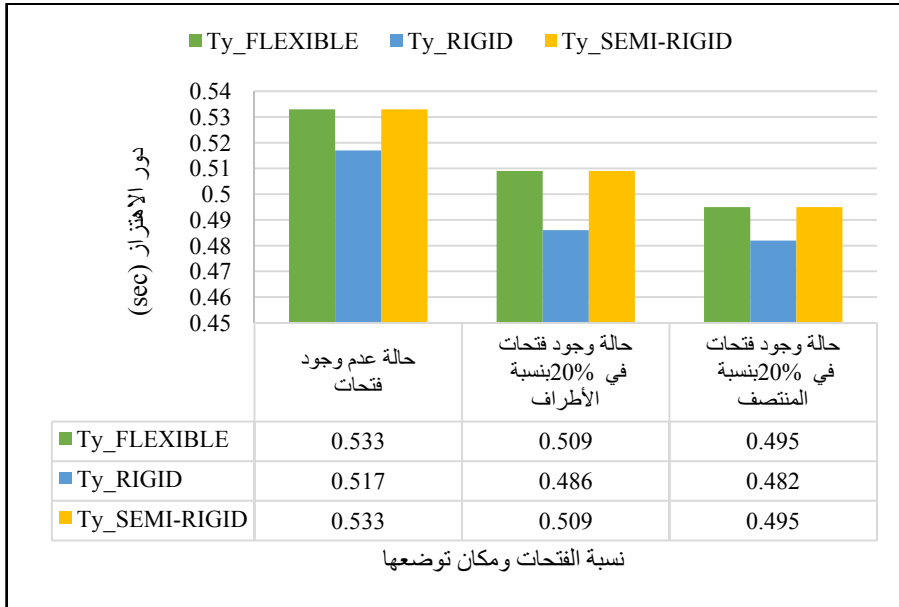
4- النتائج ومناقشتها:

يُلاحظ من خلال نتائج كافة النماذج المدروسة، أن أكثر البارامترات تأثراً بنوع الديافراموالفتحات وعدد الطوابق هي: دور الاهتزاز بالاتجاه Y، والإزاحة الطأبقية العظمى بالاتجاه Y، وقوى القص التي يتعرض لها الجدار الطرفي PY1 بالاتجاه Y.

من المألاحظ أن الاتجاه Y هو الأكثر تأثراً؛ نظراً لأنه البعد الأقصر للبناء، وصلابة البلاطة في مستويها بهذا الاتجاه تكون أقل من صلابتها بالاتجاه X. وبالتالي سنناقش نتائج النماذج السابقة في ضوء البارامترات السابقة.

4-1 نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y:

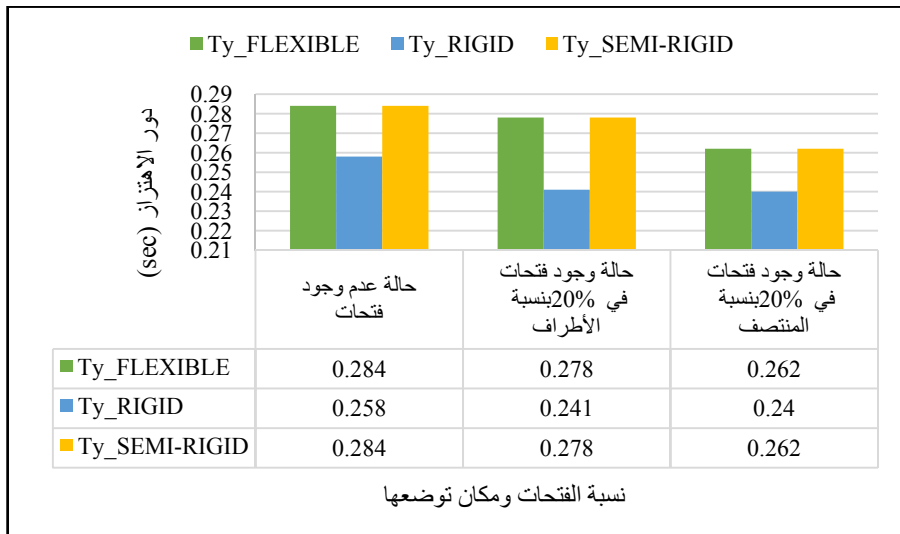
يبين الشكل (6) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y، للنماذج المكونة من ستة طوابق، مع تغيير نوع الديافرام ، وتغيير نسبة وموقع الفتحات:



الشكل (6) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y للنماذج المكونة من ستة طوابق

يُلاحظ في حالة عدم وجود فتحات تساوي دور الاهتزاز بالاتجاه Y في حالي الديافرام اللين والديافرام نصف الصلب، ودور الاهتزاز بالاتجاه Y من حالة الديافرام الصلب أقل من حالة الديافرام اللين بحوالي 3%. نفس هذه النتيجة نحصل عليها تقريباً من حالة وجود الفتحات في المنتصف وعلى الأطراف، باستثناء أنه في حالة وجود الفتحات على الأطراف يزداد الفرق في دور الاهتزاز بالاتجاه Y بين حالي الديافرام الصلب واللين إلى 5%.

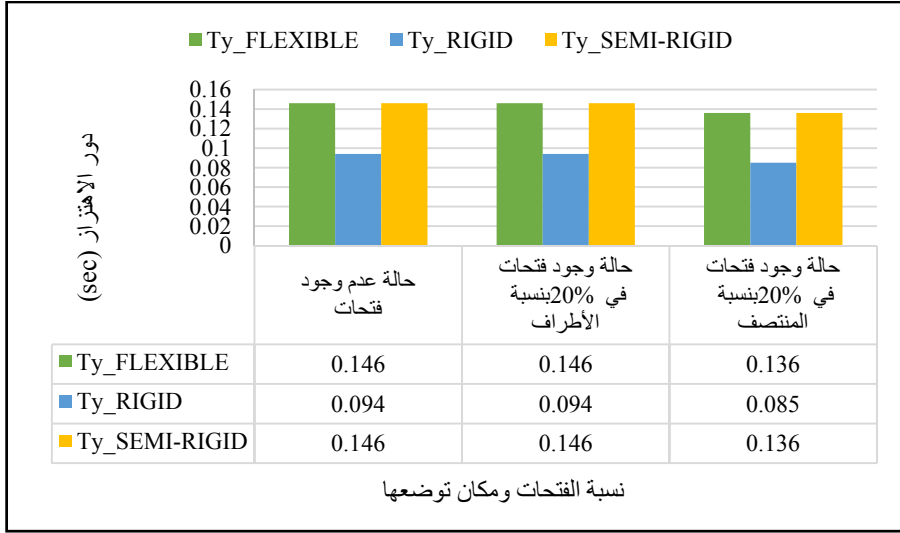
يبين الشكل (7) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y، للنماذج المكوّنة من أربعة طوابق، مع تغيير نوع الديافرام، وتغيير نسبة وموقع الفتحات:



الشكل (7) نتائج دور الاهتزاز بالاتجاه Y للنماذج المكوّنة من أربعة طوابق

يُلاحظ في حالة عدم وجود فتحات تساوي دور الاهتزاز بالاتجاه Y في حالي الديافرام اللين والديافرام نصف الصلب، ودور الاهتزاز بالاتجاه Y من حالة الديافرام الصلب أقل من حالة الديافرام اللين بحوالي 9%. نفس هذه النتيجة نحصل عليها تقريباً من حالة وجود الفتحات في المنتصف وعلى الأطراف، باستثناء أنه في حالة وجود الفتحات على الأطراف يزداد الفرق في دور الاهتزاز بالاتجاه Y بين حالي الديافرام الصلب واللين إلى 13%.

بيّن الشّكل (8) نتائج دور الاهتزاز بالاتّجاه Y، للنّمادج المكوّنة من طابقين، مع تغيّر نوع الدّيفارم، وتغيّر نسبة وموقع الفتحات:



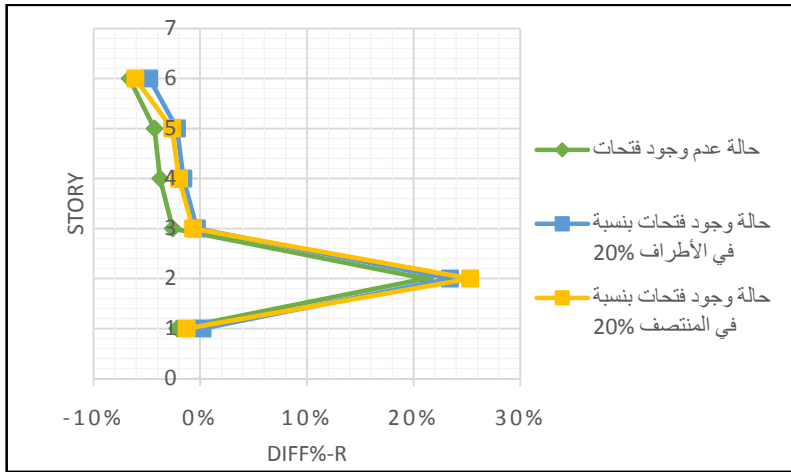
الشّكل (8) نتائج دور الاهتزاز بالاتّجاه Y للنّمادج المكوّنة من طابقين

يُلاحظ في حالة عدم وجود فتحات تساوي دور الاهتزاز بالاتّجاه Y في حالتي الدّيفارم اللّين والدّيفارم نصف الصّلب، ودور الاهتزاز بالاتّجاه Y من حالة الدّيفارم الصّلب أقل من حالة الدّيفارم اللّين بحوالي 36%. نفس هذه النتيجة نحصل عليها تقريباً من حالة وجود الفتحات في المنتصف وعلى الأطراف، باستثناء أنّه في حالة وجود الفتحات في المنتصف يزداد الفرق في دور الاهتزاز بالاتّجاه Y بين حالتي الدّيفارم الصّلب واللّين إلى 38%.

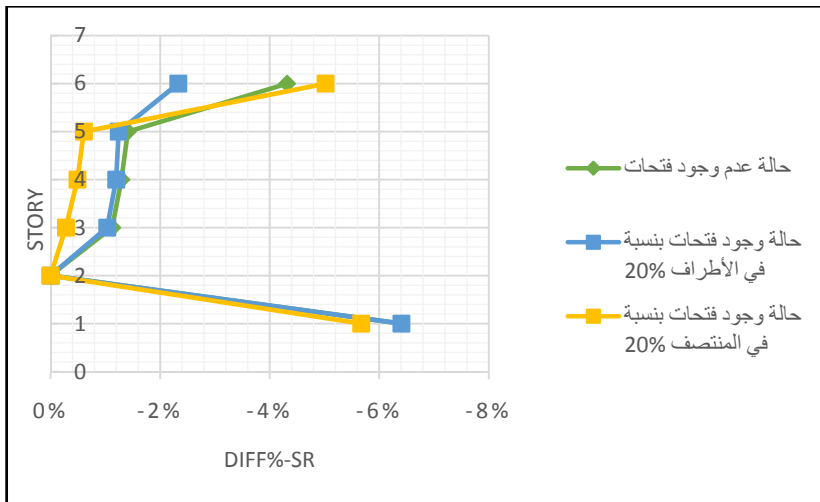
يُلاحظ أنّه كلّما نقص عدد الطّوابق، كلّما زاد الفرق في دور الاهتزاز بالاتّجاه Y بين حالتي الدّيفارم واللّين؛ حيث وصل الفرق بين حالة المباني المكوّنة من ستّة طوابق والمباني المكوّنة من طابقين إلى حوالي 32%.

2-4 نتائج الإزاحة الطابقيّة الأعظميّة بالاتّجاه Y:

يوضّح الشّكلان (9) و(10) على التّرتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الدّيافرام صلباً -DIFF% R، والفرق الحاصل من اعتبار الدّيافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج الإزاحة الطابقيّة العظمى بالاتّجاه Y، وذلك للنّماذج المكوّنة من ستّة طوابق.



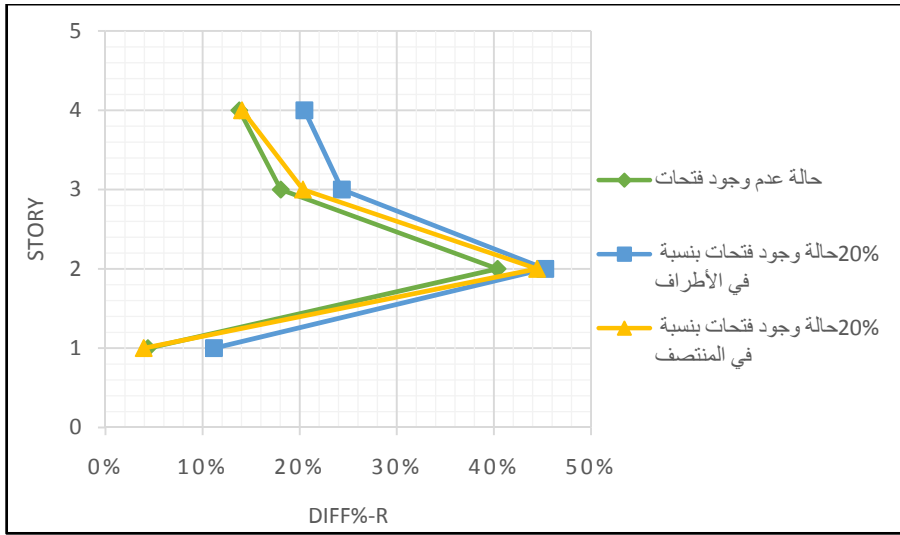
الشّكل (9) الفرق في الإزاحة الطابقيّة الأعظميّة من اعتبار الدّيافرام صلباً



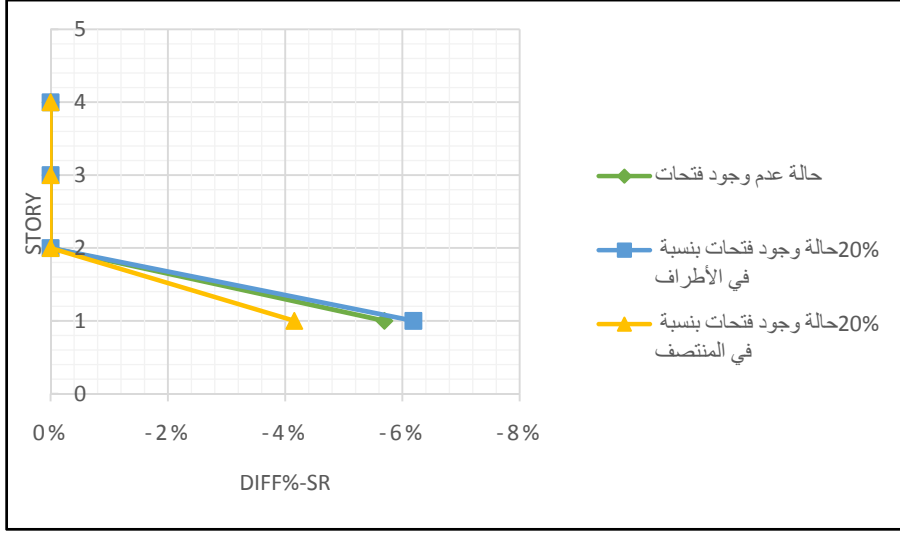
الشّكل (10) الفرق في الإزاحة الطابقيّة الأعظميّة من اعتبار الدّيافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، يأخذ قيمة أعظمية في الطابق الثاني بمقدار 21% في حالة عدم وجود فتحات، ويزداد هذا الفرق حتى 25% تقريباً في حالة وجود فتحات أيّاً كان موقعها. في حين أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب ينعدم في الطابق الثاني، ويأخذ قيمة أعظمية في الطابق الأول تقدّر بحوالي 6%- وسطياً في كلّ الحالات سواءً بوجود فتحات، أو بعدم وجودها.

يوضّح الشّكلان (11) و(12) على التّرتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً DIFF%-R، والفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج الإزاحة الطّابقية العظمى بالاتّجاه Y، وذلك للنّمادج المكوّنة من أربعة طوابق.



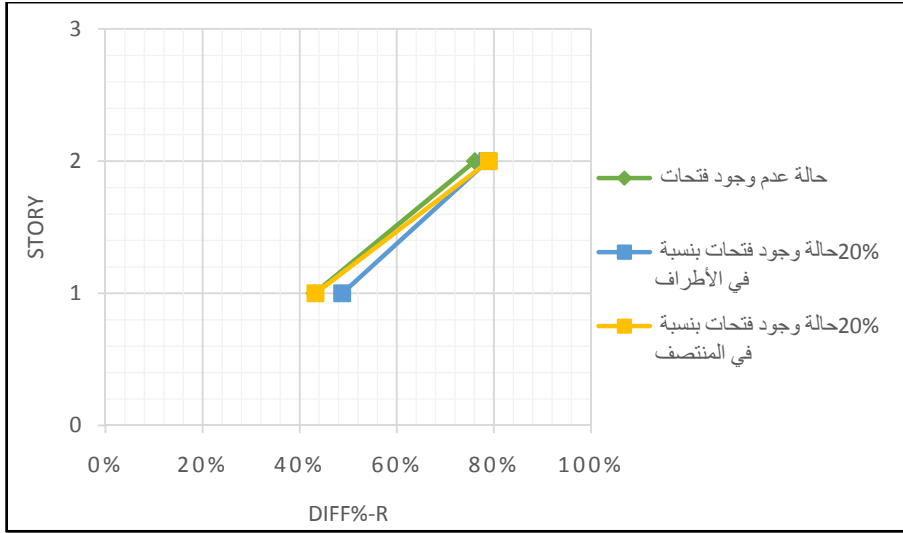
الشّكل (11) الفرق في الإزاحة الطّابقية الأعظمية من اعتبار الديافرام صلباً



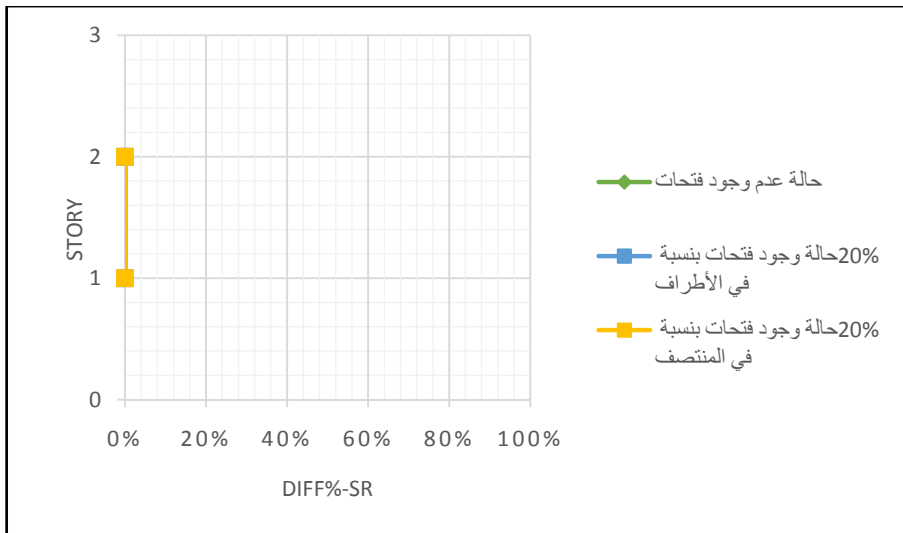
الشكل (12) الفرق في الإزاحة الطأبقية الأعظمية من اعتبار الديافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، يأخذ قيمة أعظمية في الطأبق الثاني بمقدار 41% في حالة عدم وجود فتحات، ويزداد هذا الفرق حتى 45% تقريباً في حالة وجود فتحات أياً كان موقعها. في حين أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب ينعدم في كلّ الطأبِق، عدا الطأبق الأول حيث يأخذ قيمة أعظمية تقدر وسيطياً بحوالي 6%- في حالة عدم وجود فتحات وفي حالة وجودها في المنتصف، وتصل قيمة الفرق في حالة وجود الفتحات في المنتصف إلى 4%-.

يوضّح الشكّلان (13) و(14) على الترتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً DIFF%-R، والفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج الإزاحة الطأبقية العظمى بالاتجاه Y، وذلك للنماذج المكوّنة من طأبِقين.



الشكل (13) الفرق في الإزاحة الطابقيّة الأعظميّة من اعتبار الديافرام صلباً



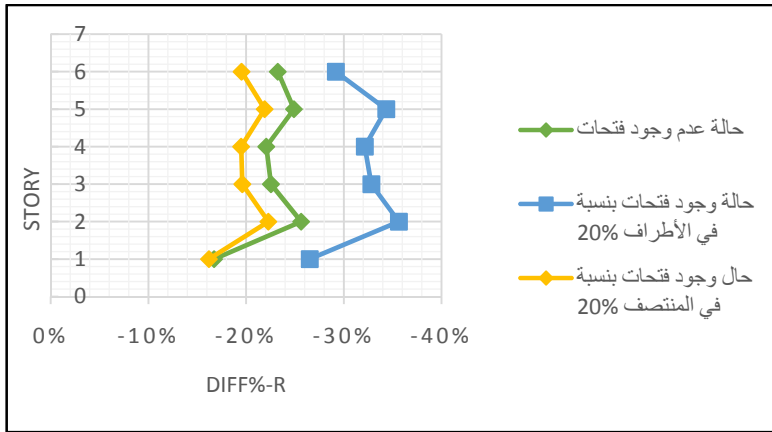
الشكل (14) الفرق في الإزاحة الطابقيّة الأعظميّة من اعتبار الديافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، يأخذ قيمة أعظميّة في الطابق الثاني بمقدار 76% في حالة عدم وجود فتحات، ويزداد هذا الفرق حتى 79% تقريباً في حالة وجود فتحات أيّاً كان موقعها. في حين أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب ينعدم في كلّ الطوابق، ولكلّ حالات الفتحات سواءً وجدت أم لا.

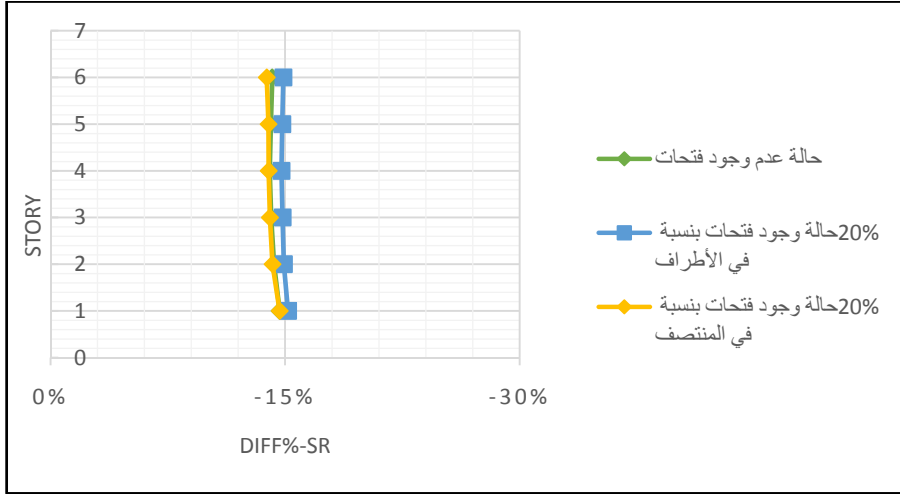
يُلاحظ أنّه كلّما نقص عدد الطوابق، كلّما ازدادت قيمة الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، علماً أنّ موقع الفتحات لا يؤثر على قيمة هذا الفرق، ووصل الفرق في قيمة هذا الفرق بين حالة النماذج المكوّنة من ستّة طوابق والنماذج المكوّنة من طابقين إلى 54%. كما يُلاحظ أنّ قيمة الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب تنعدم في النماذج المكوّنة من طابقين، و تظهر قيم متدنّية له بحدود 6%- كلّما ازداد عدد الطوابق.

4-3 نتائج قوى القصّ للجدار الطرقيّ PY1:

يوضّح الشكّلان (15) و(16) على الترتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً DIFF%-R، والفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج قوى القصّ V2 للجدار الطرقيّ PY1، وذلك للنماذج المكوّنة من ستّة طوابق.



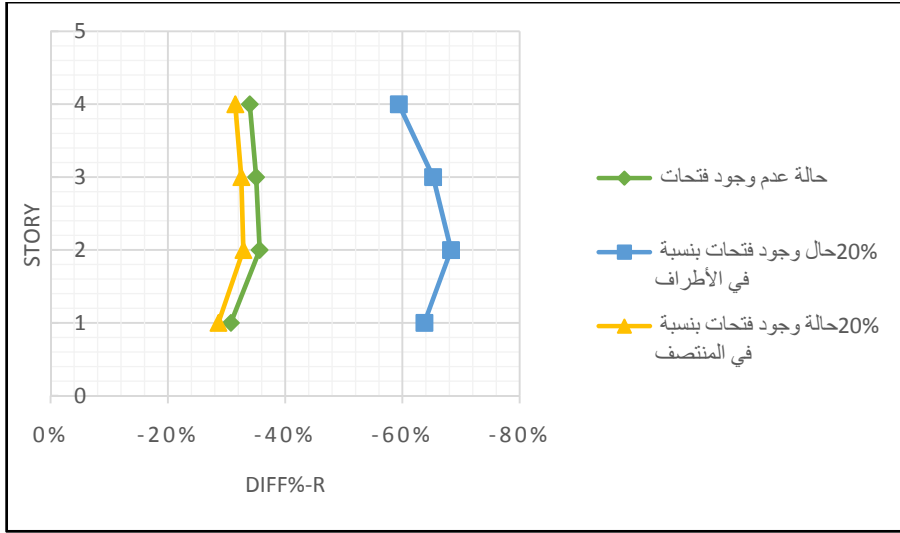
الشكّل (15) الفرق في قوى القصّ V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام صلباً



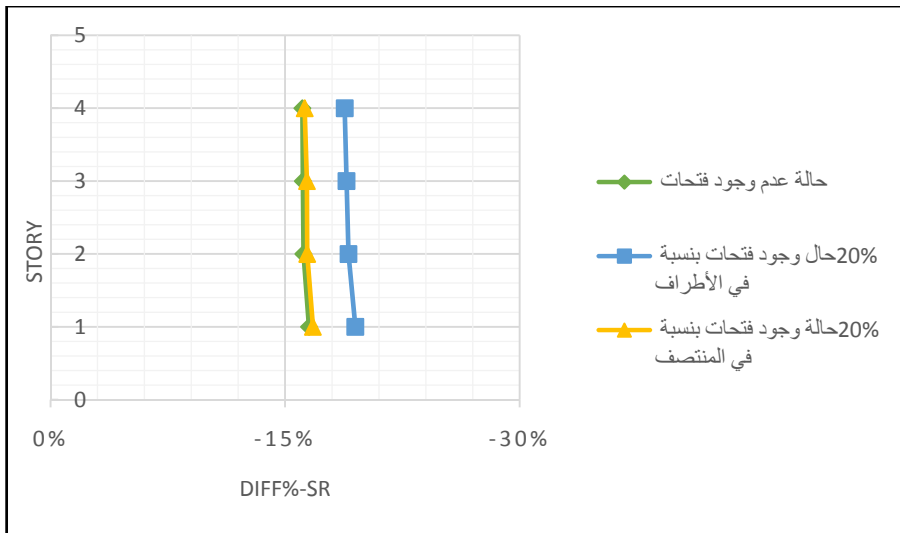
الشكل (16) الفرق في قوى القص V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، تتغيّر قيمته مع عدد الطوابق و يبلغ أعظم قيمة له في الطابق الثاني بحوالي 26%- في حالة عدم وجود فتحات، و 36%- في حالة وجود فتحات على الأطراف، و 22%- في حالة وجود فتحات في المنتصف. كما أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب يأخذ قيمةً قريبةً جداً من بعضها في حال وجود فتحات أو في حال عدم وجودها، وهذه القيم تتراوح وسطياً حول 14.5% - .

يوضّح الشكّلان (17) و(18) على الترتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً DIFF%-R، والفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج قوى القص V2 للجدار الطرفي PY1، وذلك للنماذج المكوّنة من أربعة طوابق.



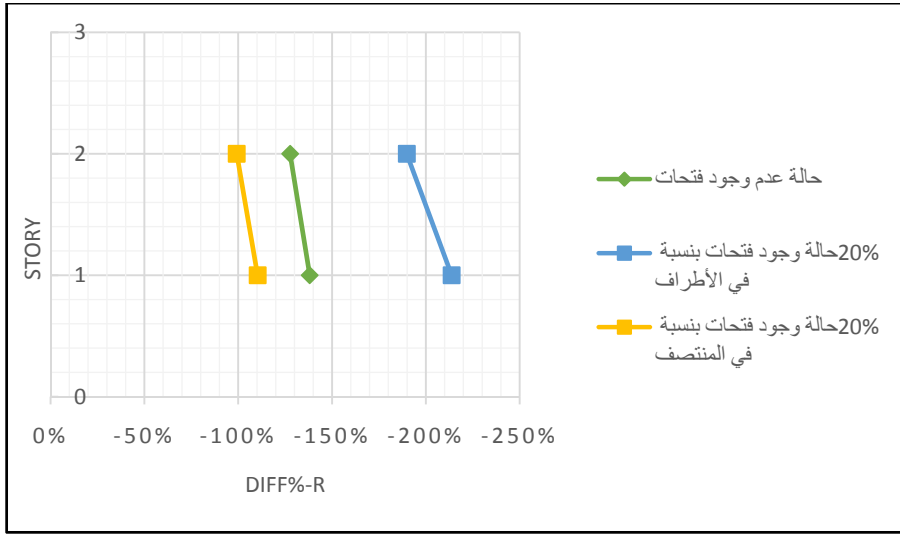
الشكل (17) الفرق في قوى القص V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام صلباً



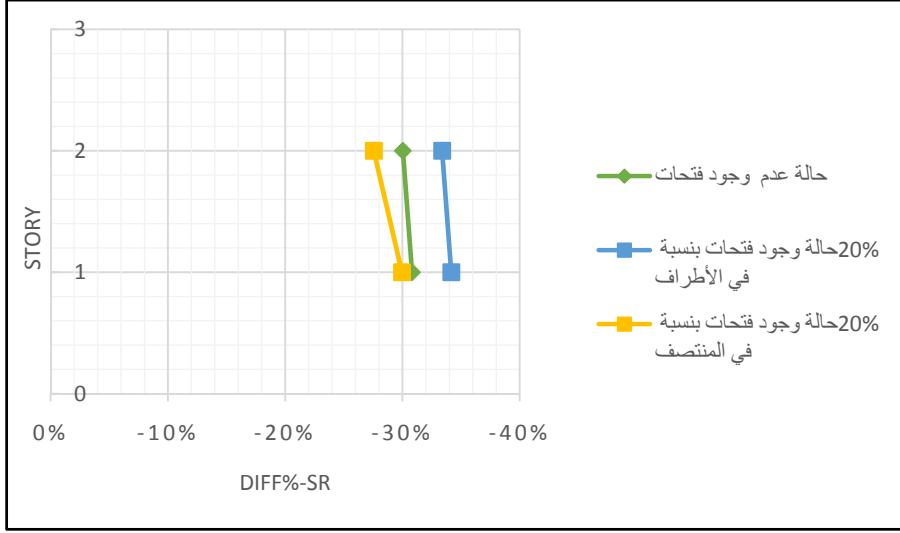
الشكل (18) الفرق في قوى القص V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، تتغيّر قيمته مع عدد الطوابق و يبلغ أعظم قيمة له في الطابق الثاني بحوالي 36%- في حالة عدم وجود فتحات، و 68%- في حالة وجود فتحات على الأطراف، و 33%- في حالة وجود فتحات في المنتصف. كما أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب يتساوى تقريباً في حالة عدم وجود فتحات وفي حالة وجود فتحات في المنتصف بنسبة تقدّر بحوالي 16%-، بينما هذه القيمة تزداد حتّى 19%- في حال وجود فتحات على الأطراف.

يوضّح الشّكلان (19) و(20) على التّرتيب، الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً DIFF%-R، والفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب DIFF%-SR، وتأثير هذه الفروقات على نتائج قوى القصّ V2 للجدار الطّرفيّ PY1، وذلك للنّماذج المكوّنة من طابقين.



الشّكل (19) الفرق في قوى القصّ V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام صلباً



الشكل (20) الفرق في قوى القص V2 للجدار PY1 من اعتبار الديافرام نصف صلب

يُلاحظ أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، يبلغ أعظم قيمة له في الطابق الأول بحوالي 138% - في حالة عدم وجود فتحات، و 214% - في حالة وجود فتحات على الأطراف، و 110% في حالة وجود فتحات في المنتصف. كما أنّ الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب يتساوى تقريباً في حالة عدم وجود فتحات وفي حالة وجود فتحات في المنتصف بنسبة تقدر بحوالي 30% -، بينما هذه القيمة تزداد حتى 33% - في حال وجود فتحات على الأطراف.

يُلاحظ أنّه كلّما نقص عدد الطوابق، كلّما ازدادت قيمة الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام صلباً، علماً أنّ موقع الفتحات يؤثر على قيمة هذا الفرق، وأخطر حالة هي حالة وجود الفتحات على الأطراف، وتتقارب في حالة وجود الفتحات في المنتصف مع حالة عدم وجود فتحات. ذات الكلام ينطبق على الفرق الحاصل من اعتبار الديافرام نصف صلب.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

1-5 الاستنتاجات:

- (1) إن دور الاهتزاز بالاتجاه Y متساوٍ في حالتي الديافرام اللين ونصف الصلب، وذلك لكل النماذج المدروسة، والفروقات في قيم دور الاهتزاز بالاتجاه Y والناتجة من اعتبار الديافرام صلباً تكون أكبر ما يمكن في المباني المكونة من طابقين، وذلك في حالة وجود الفتحات في المنتصف بنسبة للفرق تصل إلى 38%، وهذه الفروقات تقلّ بازدياد عدد الطوابق، حيث يصل الفرق في قيمة دور الاهتزاز بين النماذج المكونة من ستة طوابق والنماذج المكونة من طابقين إلى حوالي 35%.
- (2) إن الفروقات في قيم الإزاحات الطابقيّة العظمى بالاتجاه Y والناتجة من اعتبار الديافرام صلباً تكون أكبر ما يمكن في المباني المكونة من طابقين، وذلك في حالة وجود الفتحات أيّاً كان موقعها، بنسبة للفرق تصل إلى 79%. وهذه الفروقات تقلّ بازدياد عدد الطوابق ليكون الفرق في قيمة الفرق بين النماذج المكونة من ستة طوابق والنماذج المكونة من طابقين حوالي 54%.
- (3) إن الفروقات في الإزاحة الطابقيّة العظمى بالاتجاه Y، والناتجة من اعتبار الديافرام نصف صلب، تنعدم في النماذج المكونة من طابقين، و تأخذ قيمةً شبه ثابتة تتراوح وسطياً حوالي 6%- في باقي النماذج بغضّ النظر عن موقع الفتحات.
- (4) إن الفروقات في قوى القصّ للجدران الطرفيّة بالاتجاه Y والناتجة من اعتبار الديافرام نصف صلب تكون أكبر ما يمكن في المباني المكونة من طابقين، و أكبر قيمة لهذه الفروقات تحصل عند توضع الفتحات في المنتصف بنسبة تصل إلى 33%-، كما أنّ هذه الفروقات تقلّ بازدياد عدد الطوابق، ليكون الفرق في

قيمة الفرق بين النماذج المكوّنة من ستّة طوابق والنماذج المكوّنة من طابقين حوالي 18%.

(5) إنّ الفروقات في قوى القصّ للجدران الطّرفيّة بالاتّجاه Y والناتجة من اعتبار الديافرام صلباً تكون فادحةً في المباني المكوّنة من طابقين، و أكبر قيمة لهذه الفروقات تحصل عند توضع الفتحات على الأطراف، وذلك بنسبة تصل إلى - 214%، كما أنّ هذه الفروقات تقلّ بازدياد عدد الطوابق، ليكون الفرق في قيمة الفرق بين النماذج المكوّنة من ستّة طوابق والنماذج المكوّنة من طابقين حوالي - 178%.

(6) إذا أردنا التّصميم لجانب الأمان فعلينا أن نفترض الديافرام ليّناً لغرض مقارنة دور الاهتزاز والإزاحات الطّابقية، حيث تكون القيم أكبر في هذه الحالة، وبعدها نفترض الديافرام صلباً لغرض تصميم جدران القصّ، حيث تكون قيم قوى القصّ في هذه الحالة أكبر ما يمكن.

(7) إنّ الديافرام الأقرب للواقع و الممثلّ للبلاطات الهوردي في كلّ حالاتها هو الديافرام نصف الصّلب وخاصّة في المباني المكوّنة من أكثر من طابقين، حيث تكون نسبة الفرق الناتج من هذا الافتراض أقلّ ما يمكن.

5-2 التّوصيات:

- 1- نوصي بإجراء دراسات أعمق تتضمّن تغيير نسبة طول مسقط البناء إلى عرضه.
- 2- نوصي بإجراء دراسات أكثر تتضمّن توزيعاً مختلفاً لجدران القصّ.
- 3- نوصي بإجراء دراسات أكثر تتضمّن توزيعاً غير متناظرٍ للفتحات وبنسب مختلفة.

References

- 1- MALONE T and RICE R, 2012- The Analysis of Irregular Shaped Structures: Diaphragms and Shear Walls. McGraw-Hill, New York, 539p.
- 2- NAEIM F, 1989- The Seismic Design Hand book. Springer Science & Business Media, Berlin, 762p.
- 3- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, 2013- Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE/SEI 7-10). Structural Engineering Institute, 595p.
- 4- APPENDIX NO.2 OF SYRIAN ARABIC CODE FOR DESIGN AND EXECUTE STRUCTURES BY REINFORCED CONCRETE, 2013- Design and Check Buildings and Structures That Resist Earthquakes. Syndicate of Engineers, Version 2 Damascus, 271p. (In Arabic).
- 5- COLUNGA A, PORTILLO K and JUÁREZ G, 2015 Assessment of The Diaphragm Condition for Floor Systems Used in Urban Buildings, Engineering Structures, Vol. 93. 70-84.
- 6- SAFFARINI H and QUDAIMAT M, 1992 In-plane Floor Deformations in RC Structures, Journal of Structural Engineering, Vol. 118. 3089-3102.
- 7- ÖZTÜRK T, 2011 A Study of The Effects of Slab Gaps in Buildings on Seismic Response According to Three Different Codes, Scientific Research and Essays, Vol. 6. 3930-3941.
- 8- Ihssan Tarsha and Shadi Fattoum, Usage of Nonlinear Static Seismic Analysis for Dual Systems, Journal of AL-Baath University, Vol.38,2016. (In Arabic).