

تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

طالبة الماجستير : مريم قيس الابراهيم

كلية الهندسة المدنية - جامعة البعث

إشراف : د.م سليمان العامودي

ملخص

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني على السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة و الغير المصممة على القوى الزلزالية.

تمّ تصميم الإطارات على القوى الشاقولية وفقاً لمتطلبات الكود العربي السوري ، ثمّ تحليلها لاختباراً مع تطبيق قوة قص قاعدية متزايدة تدريجياً من الصفر حتى الوصول الى القوة الأعظمية ، بعد توزيعها على الطوابق بما يتناسب مع توزيع الكتل .

أخذت النماذج المدروسة بعين الاعتبار تغيير عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق ، كذلك سماكة القميص ، ونسبة مقاومة بيتون القميص الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي .

أظهرت النتائج فعالية التقوية في زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز لنماذج الإطارات المدروسة حيث تزداد هذه الفعالية مع زيادة كل من السماكة ونسبة مقاومة البيتون ، بينما تتناقص الفعالية مع زيادة عدد الطوابق .

كلمات مفتاحية : القميص البيتوني - تقوية - الأعمدة البيتونية المسلحة

The Effect of Columns Strengthening Using Concrete Jacket Technique on the Seismic Behavior of the Reinforced Concrete One Bay Frame Structures

Abstract

The main objective of this study is to investigate the effect of columns strengthening using concrete jacket technique on the seismic behavior of the reinforced concrete one- bay frame structures not designed for seismic forces .

The frames were designed on vertical loads according to the requirements of the Syrian Arab code , and then analyzed nonlinearly with applying a base shear force increasing gradually from zero until reaching the maximum force , after distributing it to the stories levels according to the masses distribution.

The models took into account the change of the number of stories from one to four , the change of jacket thickness , and the ratio of concrete compressive strength of the jacket to the concrete compressive strength of original section .

The results showed the efficiency of the concrete jacket in increasing the lateral resistance , reducing the horizontal displacements , and reducing the period of vibration for the studied models , whereas this efficiency increases by the increase in both of the thickness and concrete compressive strength . On the other hand , the efficiency will decrease by increasing the number of stories .

KEYWORDS: Concrete Jacket – strengthening – Reinforced concrete columns .

تأثير تقوية الأعمدة باستخدام تقنية القميص البيتوني في السلوك الزلزالي للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة

1- مقدمة البحث :

تعد تقنية القميص البيتوني من أكثر الطرق شيوعاً في تقوية الأعمدة البيتونية المسلحة. تتفد القمصان البيتونية من خلال صب طبقة إضافية من البيتون بسماكة معينة حول العمود المنفذ مسبقاً بعد إضافة قضبان تسليح طولية وأساور عرضية . تساهم هذه الطريقة في زيادة أبعاد المقطع العرضي، وبالتالي زيادة في صلابة ومقاومة العنصر المدروس .

ركزت العديد من الدراسات على البحث في تأثير القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة البيتونية المسلحة على زيادة قدرة تحملها المحورية والانعطافية . كما درست التماسك بين كل من بيتون العمود والقميص .

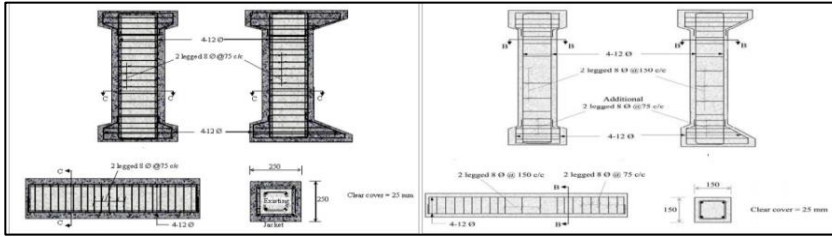
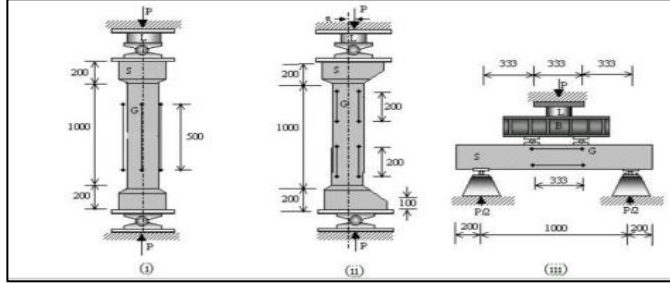
أغلب هذه الدراسات أشارت إلى المساهمة الفعالة لهذه الطريقة في زيادة مقاومة وصلابة الأعمدة البيتونية المسلحة .

قام البحث المرجعي [1] بدراسة 114 مبنى تم إعادة تأهيلها وتقويتها بعد زلزال مكسيكو عام 1985 ، حيث توصل الى أن الطريقة الأكثر شيوعاً في التقوية هي استخدام القميص البيتوني .

أشار البحث المرجعي [2] إلى أنه يكفي تخشين سطح البيتون القديم دون استخدام أي مواد كيميائية لتحقيق تماسك جيد بين كل من البيتونين القديم والجديد .

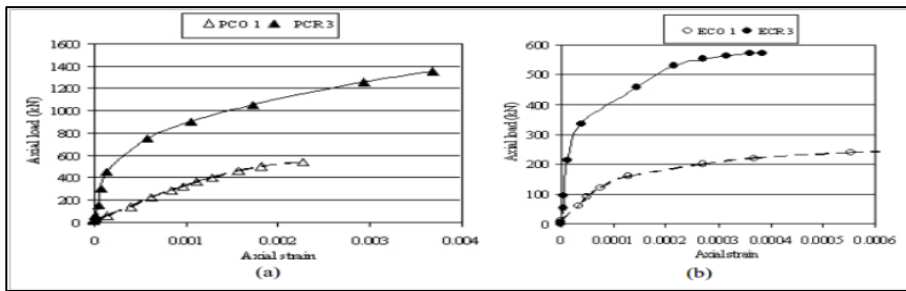
تم في هذا البحث إجراء تجارب على مجموعة من نماذج الأعمدة بهدف التحقق من مساهمة التقوية في زيادة قدرة تحملها الانعطافية والمحورية . تم اختبار 9 عينات مرجعية بدون تقوية و 9 عينات بعد التقوية (3 عينات على الضغط المركزي ، 3 عينات على

الضغط اللامركزي ، و 3 عينات على الانعطاف) ويبين الشكل (1-1) تفاصيل العينات المختبرة قبل وبعد التقوية .

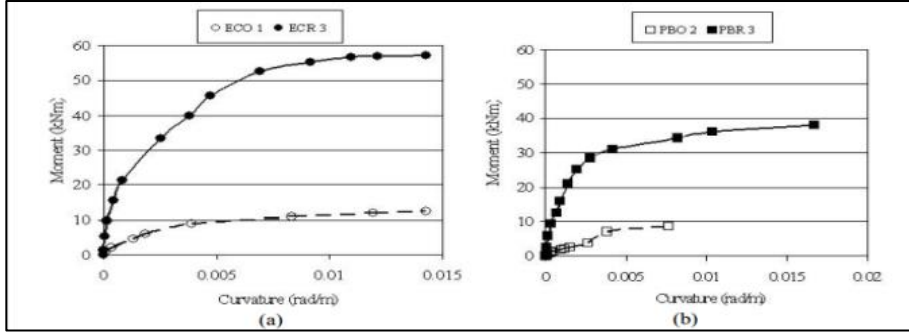


الشكل (1-1) : تفاصيل عينات الأعمدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] .

بينت النتائج التجريبية لاختبار العينات السابقة أن تقوية الأعمدة باستخدام القميص البيتوني تساهم في زيادة قدرة تحمل الأعمدة على الانعطاف بشكل ملحوظ وصلت وسطياً حتى 418% بينما وصل مقدار الزيادة في المقاومة المحورية على الضغط حتى 262% والاشكال التالية توضح مقارنة نتائج الاختبار للعينات السابقة .

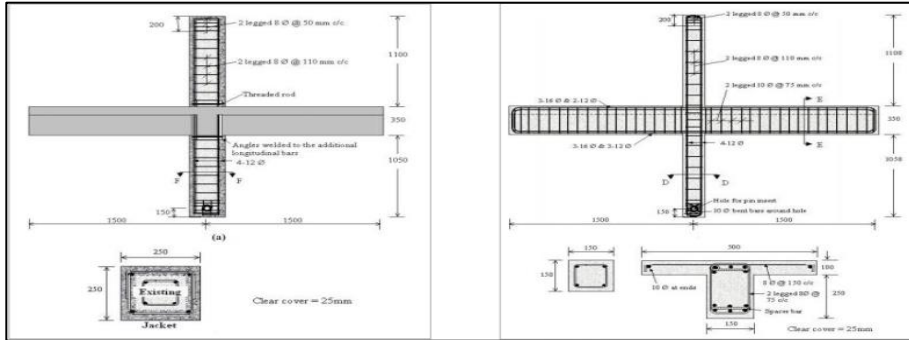


الشكل (1-2) : مقارنة منحنيات القوة المحورية مع التشوه المقابل للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط مركزي b - ضغط لامركزي



الشكل (3-1): مقارنة منحنيات العزم - التقوس للعينات المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية a - ضغط لامركزي b - انعطاف

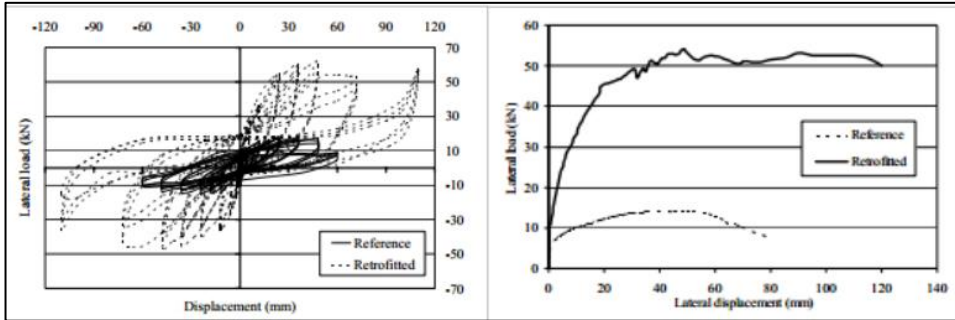
تمّ أيضاً في هذا البحث اجراء تجربة اختبار عقدة جاذز-عمود تحت تأثير حملات أفقية متزايدة تدريجياً وحملات دورية بهدف الحصول على منحنى الدفع (القوة الجانبية مع الانتقال الافقي المقابل لها) ، ويوضح الشكل (4-1) تفاصيل العقدة المختبرة .



الشكل (4-1) : تفاصيل العقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل وبعد التقوية .

بينت النتائج أنّ استخدام القميص البيتوني في تقوية الأعمدة ساهم في زيادة المقاومة الجانبية للعقدة بمقدار 180% تحت تأثير حملات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وبمقدار 330% مرة تحت تأثير الأحمال الدورية ، كما ساهمت التقوية في تحسين قدرة الأعمدة على امتصاص الطاقة بمقدار 280% تحت تأثير التحميل الستاتيكي و 310% تحت تأثير الأحمال الدورية .

والشكل (1-5) يوضح مقارنة منحنيات الدفع قبل وبعد التقوية في حالتي الاختبار .

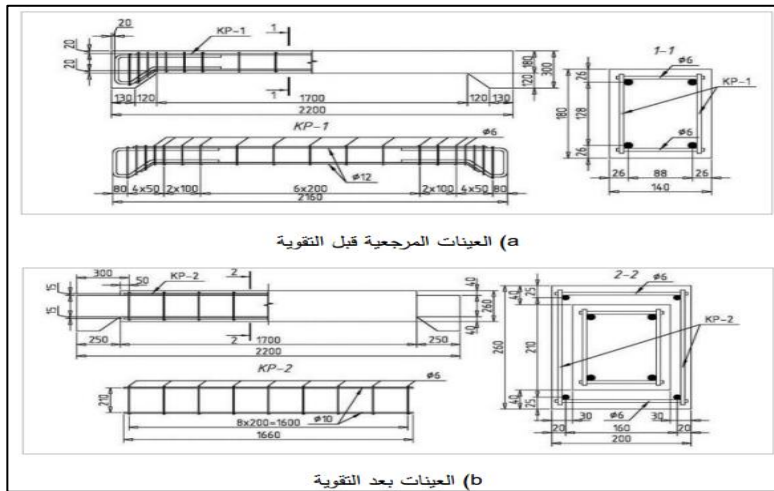


الشكل (1-5) مقارنة منحنيات الدفع للعقدة المختبرة في الدراسة المرجعية [2] قبل

وبعد التقوية تحت تأثير حمولات ستاتيكية متزايدة تدريجياً وحمولات دورية .

ركز البحث المرجعي [3] على دراسة تأثير التحميل المسبق للأعمدة على زيادة المقاومة نتيجة التقوية باستخدام القميص البيتوني .

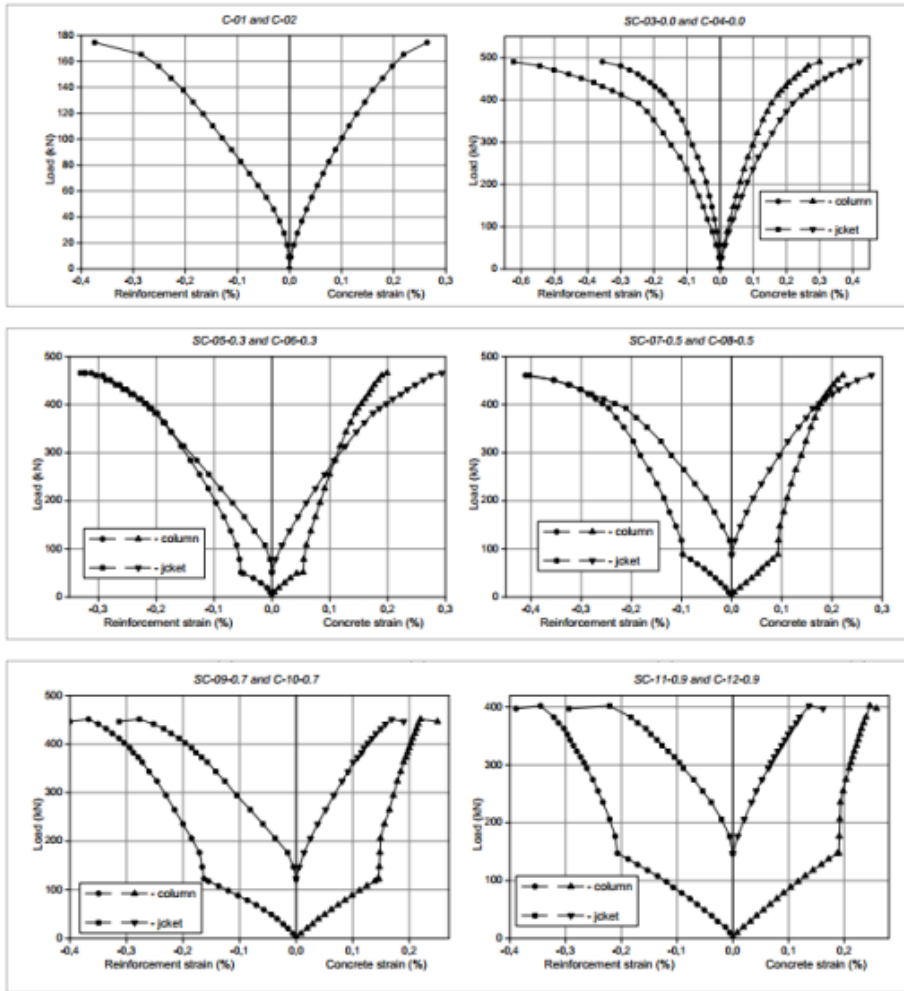
قام الباحثون باختبار 12 عمود تجريبياً حتى الانهيار ، وقد تم تنفيذ التقوية عند مستويات تحميل مختلفة تراوحت بين عينات بدون تحميل مسبق إلى عينات تم تحميلها مسبقاً حتى 90% من حمولتها الحدية ، ويوضح الشكل (1-6) مواصفات العينات المختبرة .



الشكل (1-6) : مواصفات العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] قبل وبعد التقوية

أشارت نتائج التجارب إلى أنّ استخدام هذه التقنية يكون فعال حتى لو استنفذت كامل مقاومة العمود ، حيث أنّ العينات التي تم تقويتها بعد تحميلها حتى 90% من حملتها الحدية أبدت زيادة بالمقاومة بمقدار 243% .

الشكل (1-7) يوضح نتائج التجارب على العينات المختبرة عند المستويات المختلفة من التحميل .



الشكل (1-7): المخططات التجريبية بين الحمولة المطبقة والتشوهات الناتجة في كل من البيتون والفولاذ لكافة العينات المختبرة في الدراسة المرجعية [3] .

قام البحث المرجعي [4] بإجراء محاكاة زلزالية لأعمدة بيتونية مسلحة متضررة وغير متضررة ، حيث أبدت العينات قبل التقوية مقدار قليل من المطاوعة وتدهور كبير في المقاومة أثناء الاختبار ، بينما أبدت العينات بعد التقوية سلوك مطاوع مع صلابة ومقاومة عاليتين .

أشار البحث أيضاً الى أن الأذى المسبق للعمود ليس له تأثير مهم على السلوك الزلزالي الكلي للمنشأ .

2- هدف البحث :

على الرغم من تركيز الأبحاث على دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة ، إلا أنها أهملت دراسة تأثيرها على سلوك الإطارات البيتونية غير المصممة على قوى زلزالية .

وبالتالي يهدف هذا البحث الى دراسة تأثير استخدام القميص البيتوني كطريقة لتقوية الأعمدة البيتونية المسلحة على الأداء الزلزالي لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة و غير مصممة على تراكيب الأحمال الزلزالية مع تغيير عدد الطوابق من طابق واحد حتى أربعة طوابق ومع إدخال تأثير بعض المتغيرات الخاصة بالقميص مثل سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي قبل التقوية .

3- وصف النماذج التحليلية :

تمّ في هذا البحث دراسة 88 نموذجاً لإطارات بيتونية مسلحة بفتحة واحدة مجازها 3.9m مع الأخذ بعين الاعتبار المتغيرات التالية :

1- عدد الطوابق : تم دراسة نماذج الإطارات مع تغيير عدد الطوابق من إطارات بطابق واحد حتى أربعة طوابق حيث كان الارتفاع الطابقي 3.5m .

2- سماكة القميص البيتوني :

الجدول (3-1): السماكات المعتمدة للقميص البيتوني

t_{j1}	10 cm
t_{j2}	15 cm
t_{j3}	20 cm

3- نسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي :

الجدول (3-2) : النسب المعتمدة للمقاومات

$f'c_o$	$f'c_j$	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$
20 Mpa	18 Mpa	0.9
	20 Mpa	1
	22 Mpa	1.1
	24 Mpa	1.2
	26 Mpa	1.3
	28 Mpa	1.4
	30 Mpa	1.5

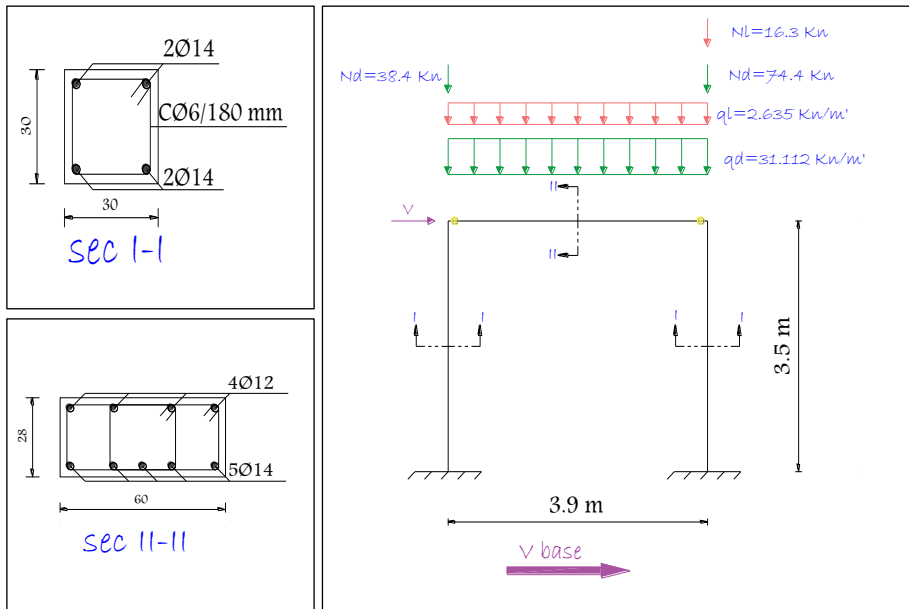
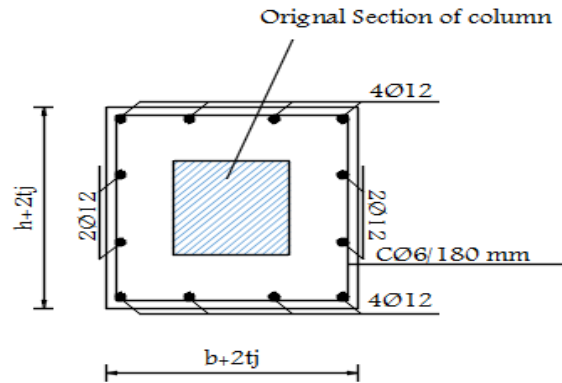
مقاومة البيتون المستخدم في الإطارات كانت $f'c = 20 \text{ Mpa}$ أما اجهاد خضوع الفولاذ فكان $f_y = 360 \text{ Mpa}$.

تمّ اعتماد تسليح ثابت للقميص في كل النماذج المدروسة وهو عبارة عن أربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .

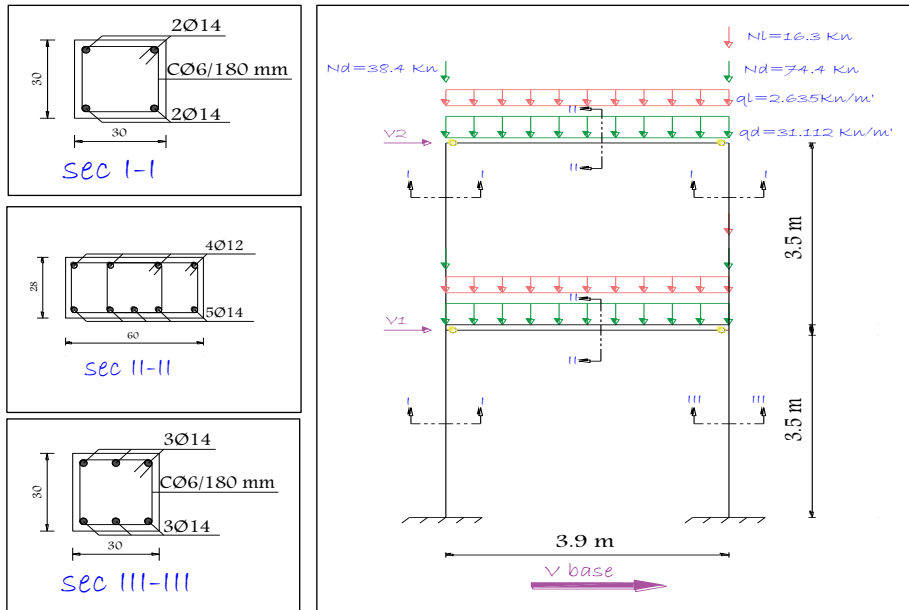
نماذج الإطارات عند كل عدد معين من الطوابق تم تصميمها على الحمولات الشاقولية وفقاً للكود العربي السوري [5] ، ثم تحليلها لاختطياً مع تطبيق قوة قص قاعدي V متزايدة تدريجياً من الصفر حتى القوة الأعظمية بعد توزيعها في كل مرة على الطوابق بما يتناسب مع توزع الكتل .

الأشكال التالية توضح الأبعاد ، الحمولات ، والمقاطع العرضية لنماذج الإطارات المدروسة :

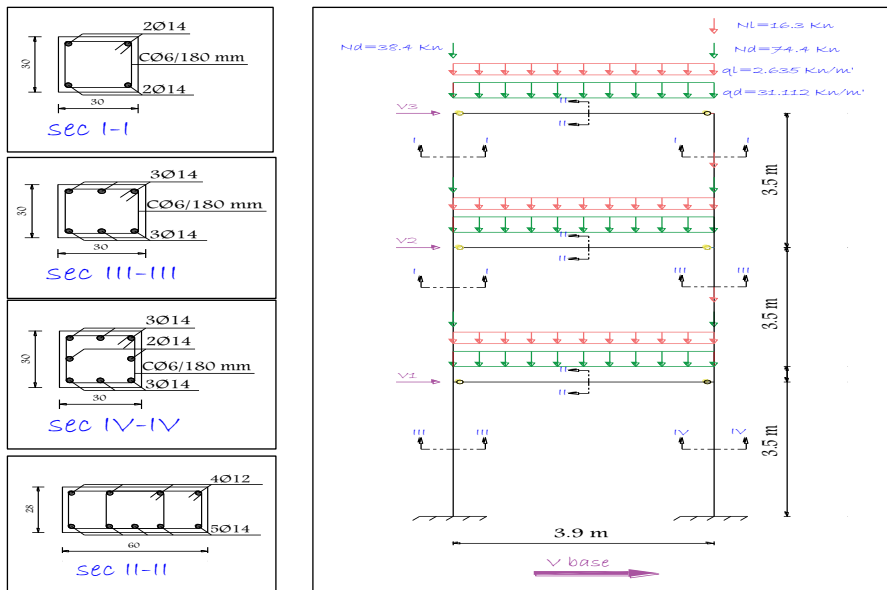
الشكل (3-1) : نموذج
يوضح تفاصيل القميص
البيتوني المستخدم في تقوية
أعمدة الإطارات .



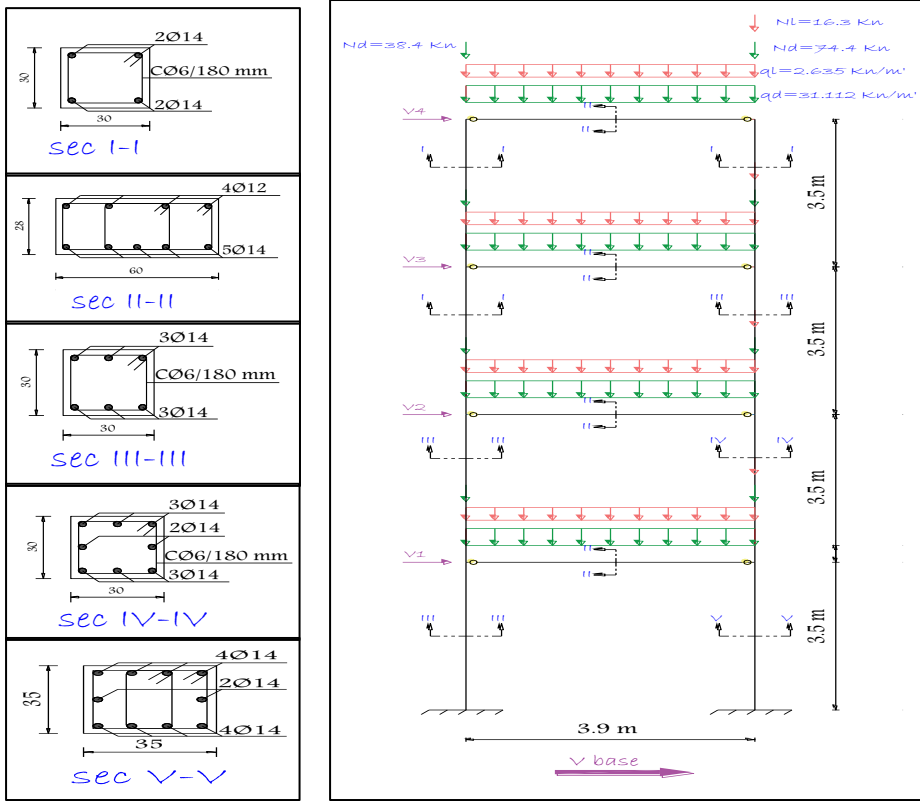
الشكل (3-2) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (3-3) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (3-4) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق



الشكل (3-5) : التفاصيل الإنشائية لنماذج الإطارات بأربع طوابق

4- نتائج التحليل :

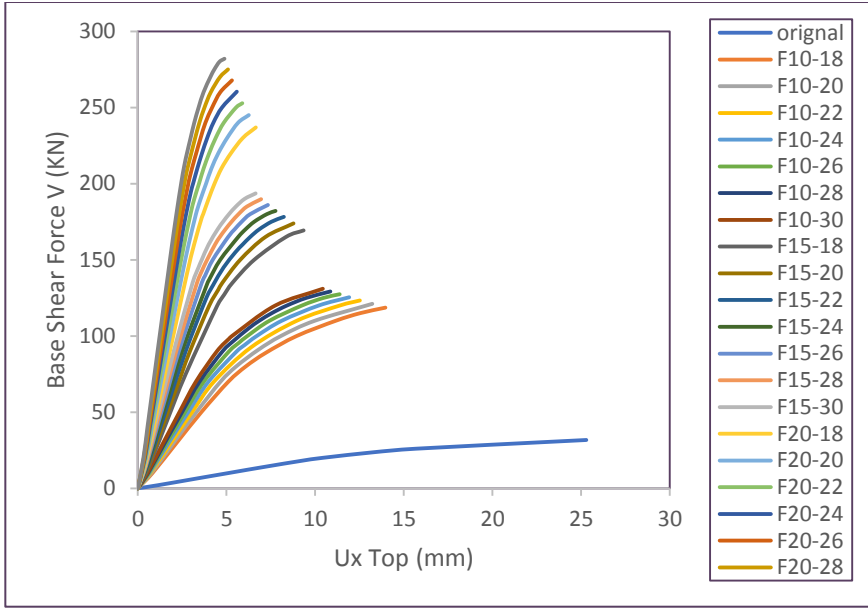
توضح الجداول المعروضة لاحقاً نتائج التحليل للنماذج المدروسة ، حيث تمت مقارنة القوة الجانبية والتي تمثل 75% من القوة الأعظمية ، الانتقال المقابل لهذه القوة ، ودور الاهتزاز لنماذج الإطارات بعد التقوية مع نموذج الاطار المرجعي قبل التقوية .

في كل مرة تمّ رسم منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ، والتي تربط بين قوة القص القاعدي والانتقال الأفقي بأعلى عقدة من الاطار .

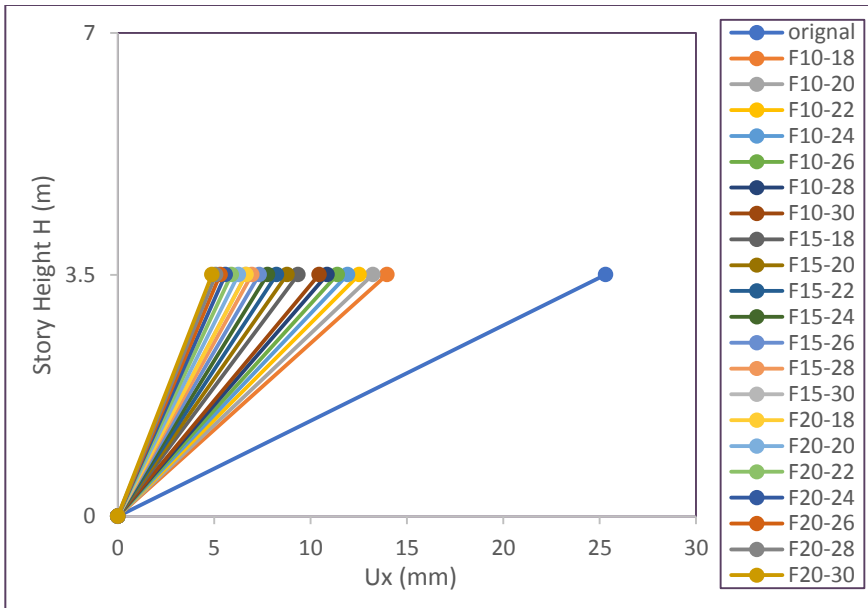
4-1 : نماذج الإطارات بطابق واحد :

الجدول (4-1) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابق واحد وفتحة واحدة

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		23.775	0.696	13.391			
F10-18	0.9	88.95	0.2665	7.217	3.741	0.539	0.383
F10-20	1	90.825	0.2557	6.781	3.820	0.506	0.367
F10-22	1.1	92.475	0.246	6.379	3.890	0.476	0.353
F10-24	1.2	94.05	0.2375	6.021	3.956	0.450	0.341
F10-26	1.3	95.55	0.23	5.704	4.019	0.426	0.330
F10-28	1.4	96.9	0.223	5.411	4.076	0.404	0.320
F10-30	1.5	98.25	0.216	5.150	4.132	0.385	0.310
F15-18	0.9	126.975	0.192	4.862	5.341	0.363	0.276
F15-20	1	130.425	0.184	4.539	5.486	0.339	0.264
F15-22	1.1	133.65	0.176	4.257	5.621	0.318	0.253
F15-24	1.2	136.575	0.169	4.005	5.744	0.299	0.243
F15-26	1.3	139.5	0.163	3.788	5.868	0.283	0.234
F15-28	1.4	142.35	0.158	3.597	5.987	0.269	0.227
F15-30	1.5	145.2	0.153	3.431	6.107	0.256	0.220
F20-18	0.9	177.675	0.146	3.605	7.473	0.269	0.210
F20-20	1	183.75	0.139	3.371	7.729	0.252	0.200
F20-22	1.1	189.6	0.133	3.173	7.975	0.237	0.191
F20-24	1.2	195.3	0.1275	3.004	8.215	0.224	0.183
F20-26	1.3	200.85	0.123	2.857	8.448	0.213	0.177
F20-28	1.4	206.25	0.12	2.728	8.675	0.204	0.172
F20-30	1.5	211.5	0.115	2.613	8.896	0.195	0.165



الشكل (4-1) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بطابق واحد



الشكل (4-2) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابق واحد

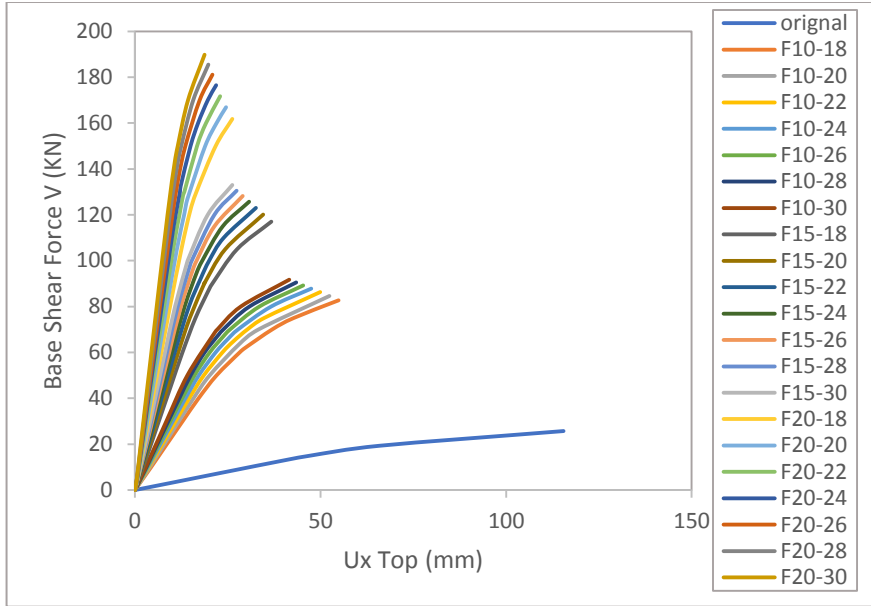
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنَّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابق واحد بنسب تراوحت بين %374.1 حتى %889.6 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الافقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %46.1 حتى %80.48 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %61.71 حتى %83.48 .

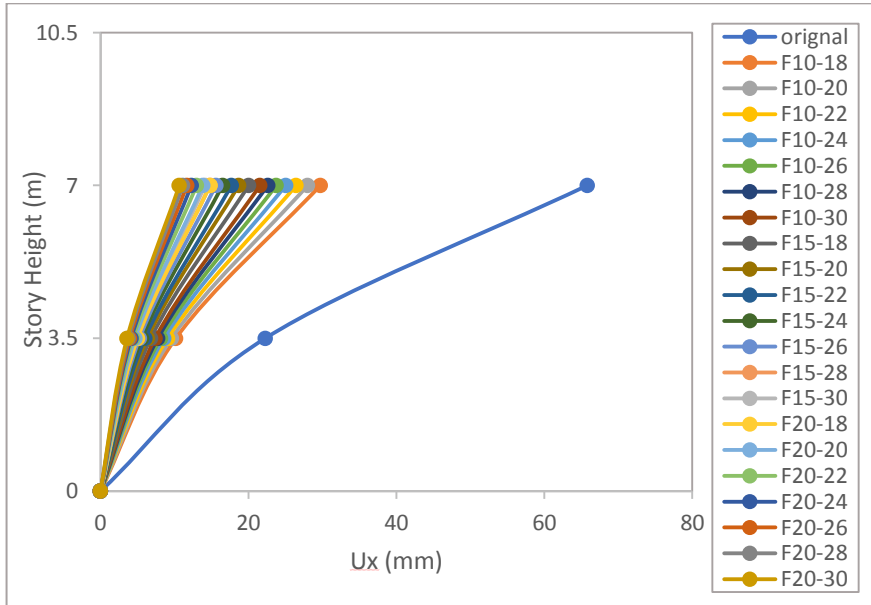
4-2: نماذج الإطارات بطابقين :

الجدول (4-2) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بطابقين

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		19.275	1.935	65.816			
F10-18	0.9	62.025	0.814	29.731	3.218	0.452	0.421
F10-20	1	63.45	0.781	28.008	3.292	0.426	0.404
F10-22	1.1	64.725	0.752	26.450	3.358	0.402	0.389
F10-24	1.2	65.85	0.725	25.035	3.416	0.380	0.375
F10-26	1.3	66.9	0.701	23.764	3.471	0.361	0.362
F10-28	1.4	67.875	0.679	22.612	3.521	0.344	0.351
F10-30	1.5	68.775	0.66	21.559	3.568	0.328	0.341
F15-18	0.9	87.75	0.587	20.036	4.553	0.304	0.303
F15-20	1	90.075	0.56	18.686	4.673	0.284	0.289
F15-22	1.1	92.25	0.537	17.713	4.786	0.269	0.278
F15-24	1.2	94.275	0.516	16.507	4.891	0.251	0.267
F15-26	1.3	96.15	0.5	15.607	4.988	0.237	0.258
F15-28	1.4	97.875	0.481	14.807	5.078	0.225	0.249
F15-30	1.5	99.75	0.466	14.141	5.175	0.215	0.241
F20-18	0.9	121.35	0.445	14.819	6.296	0.225	0.230
F20-20	1	125.175	0.424	13.834	6.494	0.210	0.219
F20-22	1.1	128.775	0.406	12.992	6.681	0.197	0.210
F20-24	1.2	132.375	0.389	12.288	6.868	0.187	0.201
F20-26	1.3	135.825	0.375	11.675	7.047	0.177	0.194
F20-28	1.4	139.125	0.362	11.133	7.218	0.169	0.187
F20-30	1.5	142.35	0.35	10.656	7.385	0.162	0.181



الشكل (3-4) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - U_{x\text{Top}}$ لنماذج الإطارات بطابقين



الشكل (4-4) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بطابقين

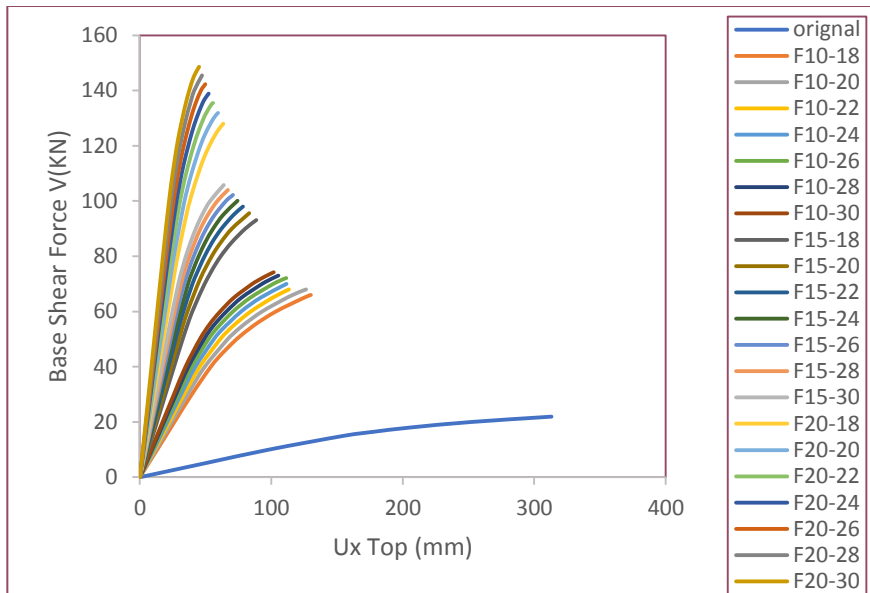
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وطابقين بنسب تراوحت بين %321.8 حتى %738.5 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %54.8 حتى %83.8 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %57.9 حتى %81.9 .

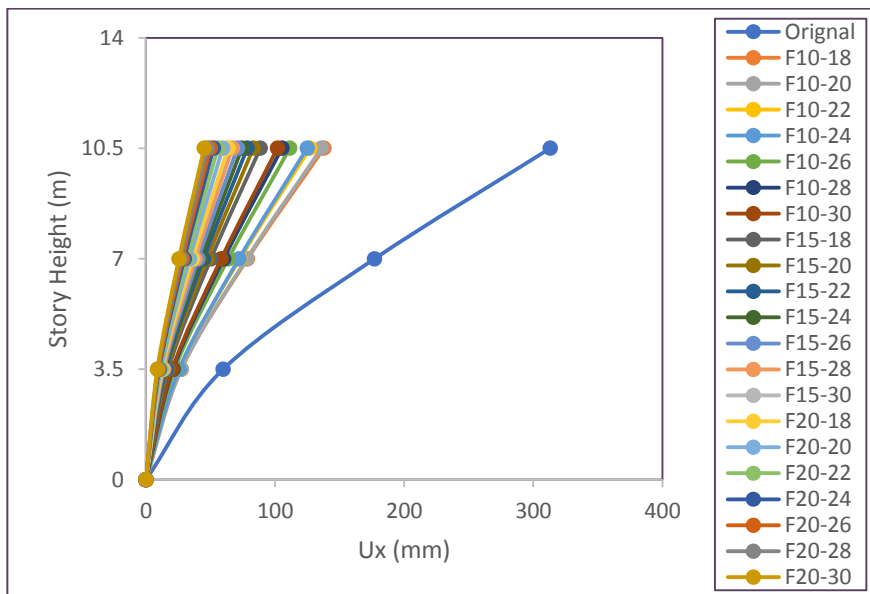
4-3: نماذج الإطارات بثلاث طوابق :

الجدول (4-3) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بثلاث طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
original		16.448	4.24	177.838			
F10-18	0.9	50.250	1.61	74.1982	3.055	0.417	0.380
F10-20	1	51.750	1.548	70.6068	3.146	0.397	0.365
F10-22	1.1	52.500	1.49	66.0065	3.192	0.371	0.351
F10-24	1.2	53.550	1.44	62.6723	3.256	0.352	0.340
F10-26	1.3	54.075	1.388	58.8715	3.288	0.331	0.327
F10-28	1.4	54.750	1.345	55.8069	3.329	0.314	0.317
F10-30	1.5	55.650	1.306	53.4657	3.383	0.301	0.308
F15-18	0.9	69.825	1.165	49.0879	4.245	0.276	0.275
F15-20	1	71.700	1.112	45.8071	4.359	0.258	0.262
F15-22	1.1	73.500	1.065	43.0204	4.469	0.242	0.251
F15-24	1.2	75.075	1.024	40.4924	4.565	0.228	0.242
F15-26	1.3	76.650	0.987	38.3373	4.660	0.216	0.233
F15-28	1.4	78.000	0.954	36.3185	4.742	0.204	0.225
F15-30	1.5	79.350	0.924	34.5613	4.824	0.194	0.218
F20-18	0.9	96.000	0.886	35.8804	5.837	0.202	0.209
F20-20	1	98.925	0.843	33.4304	6.015	0.188	0.199
F20-22	1.1	101.625	0.806	31.3283	6.179	0.176	0.190
F20-24	1.2	104.175	0.774	29.5183	6.334	0.166	0.183
F20-26	1.3	106.725	0.745	27.9856	6.489	0.157	0.176
F20-28	1.4	109.125	0.719	26.6232	6.635	0.150	0.170
F20-30	1.5	111.450	0.696	25.421	6.776	0.143	0.164



الشكل (4-5) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بثلاث طوابق .



الشكل (4-6) : مقارنة منحنيات الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بثلاث طوابق

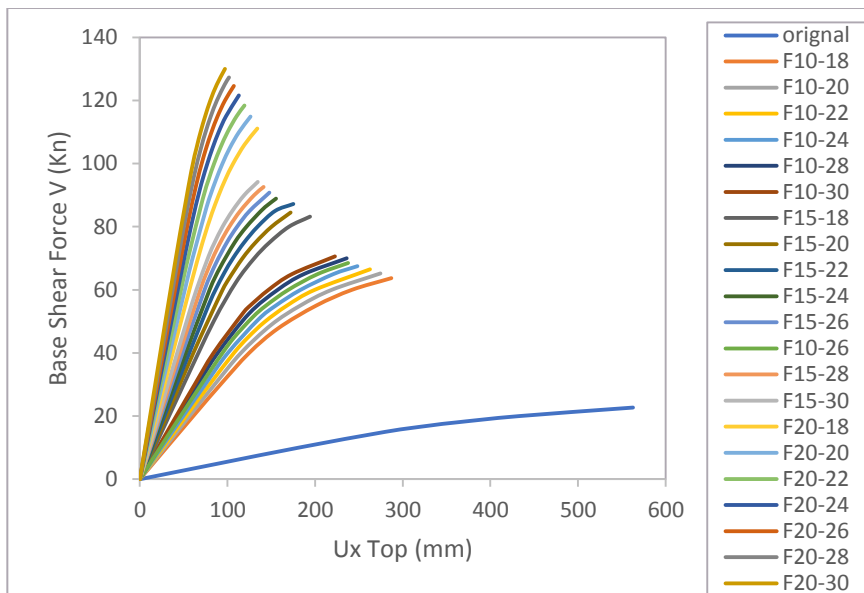
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وثلاث طوابق بنسب تراوحت بين %305.5 حتى %677.6 .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين %58.3 حتى %85.7 ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين %62 حتى %83.6 .

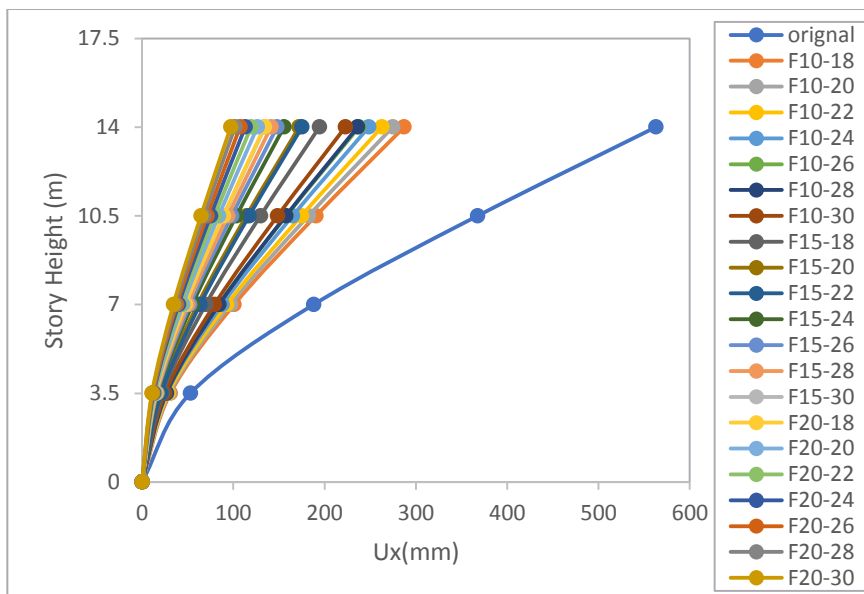
4-4: نماذج الإطارات بأربع طوابق :

الجدول (4-4) : نتائج تحليل نماذج الإطارات بأربع طوابق

	$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	$V_{base}(KN)$	$T1(Sec)$	$Ux_{top}(mm)$	$\frac{V_j}{V_o}$	$\frac{Ux_j}{Ux_o}$	$\frac{T_j}{T_o}$
Original		17.025	6.387	331.439			
F10-18	0.9	47.775	2.750	157.694	2.806	0.476	0.431
F10-20	1	48.900	2.650	149.885	2.872	0.452	0.415
F10-22	1.1	49.875	2.555	142.561	2.930	0.430	0.400
F10-24	1.2	50.625	2.470	135.301	2.974	0.408	0.387
F10-26	1.3	51.375	2.398	128.942	3.018	0.389	0.375
F10-28	1.4	52.500	2.340	124.692	3.084	0.376	0.366
F10-30	1.5	52.950	2.270	118.624	3.110	0.358	0.355
F15-18	0.9	62.400	2.077	109.746	3.665	0.331	0.325
F15-20	1	63.375	1.986	101.322	3.722	0.306	0.311
F15-22	1.1	65.400	1.906	96.384	3.841	0.291	0.298
F15-24	1.2	66.675	1.830	90.797	3.916	0.274	0.287
F15-26	1.3	68.100	1.770	86.270	4.000	0.260	0.277
F15-28	1.4	69.450	1.713	82.230	4.079	0.248	0.268
F15-30	1.5	70.650	1.660	78.472	4.150	0.237	0.260
F20-18	0.9	83.325	1.606	81.077	4.894	0.245	0.251
F20-20	1	86.175	1.530	76.107	5.062	0.230	0.240
F20-22	1.1	88.800	1.465	71.766	5.216	0.217	0.229
F20-24	1.2	91.200	1.407	67.908	5.357	0.205	0.220
F20-26	1.3	93.450	1.355	64.493	5.489	0.195	0.212
F20-28	1.4	95.475	1.309	61.370	5.608	0.185	0.205
F20-30	1.5	97.500	1.267	58.656	5.727	0.177	0.198



الشكل (4-7) : مقارنة منحنيات الأداء $V_{base} - Ux_{Top}$ لنماذج الإطارات بأربع طوابق .



الشكل (4-8) : مقارنة الانتقالات الطابقية لنماذج الإطارات بأربع طوابق .

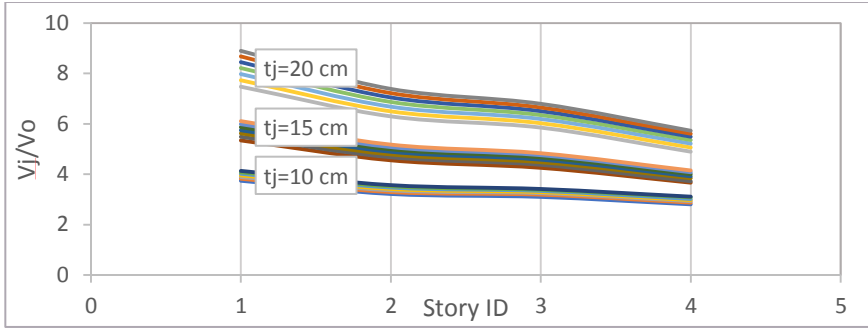
من خلال المنحنيات السابقة نلاحظ أنّ تحسين مواصفات التقوية من خلال زيادة سماكة القميص ، وزيادة نسبة مقاومة بيتونه الى مقاومة بيتون المقطع الأصلي سوف يساهم في زيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة وأربع طوابق بنسب تراوحت بين 280.6% حتى 572.7% .

كما ساهمت التقوية في تخفيض الانتقالات الأفقية لنماذج الإطارات المدروسة بنسب تراوحت بين 52.4% حتى 82.3% ، وتخفيض دور الاهتزاز بنسب بين 56.9% حتى 80.2% .

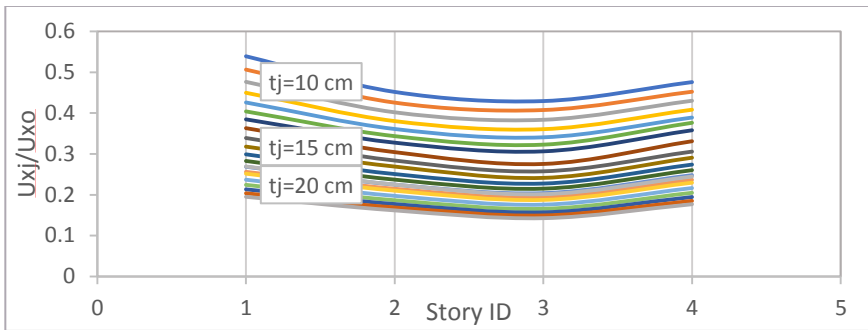
تمّ تلخيص نتائج تحليل الإطارات في كافة الطوابق كما هو موضح في الجدول (4-5):

الجدول (4-5) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية ، تخفيض الانتقالات الأفقية ، وتخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة

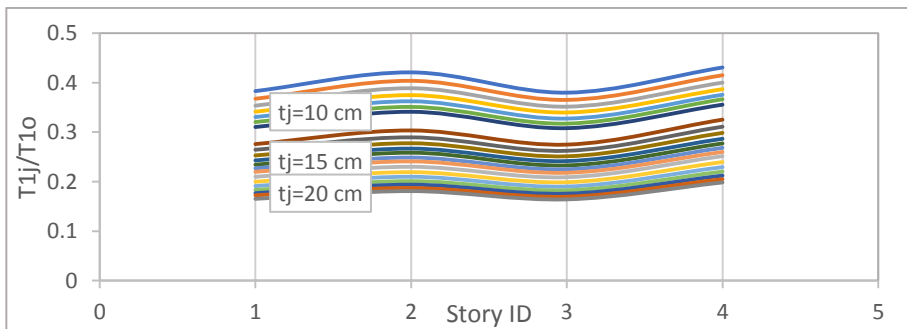
$\frac{f'c_j}{f'c_o}$	عدد الطوابق	سماكة القميص	مقدار الزيادة في المقاومة الجانبية نسبة الى النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في الانتقالات الأفقية نسبة الى انتقالات النموذج قبل التقوية	مقدار التناقص في دور الاهتزاز الأساسي نسبة الى دور الاهتزاز للنموذج قبل التقوية
0.9-1.5	1	10 cm	374.1%-415.3%	46.1%-61.5%	61.7%-69%
		15 cm	534.1%-610.7%	63.7%-74.4%	72.4%-77.8%
		20 cm	747.3%-889.6%	73.1%-80.5%	79%-83.5%
	2	10 cm	321.8%-356.8%	54.8%-67.2%	57.9%-65.9%
		15 cm	455.3%-517.5%	69.6%-78.5%	69.7%-75.9%
		20 cm	629.6%-738.5%	77.5%-83.8%	77%-81.9%
	3	10 cm	305.5%-338.3%	58.13%-69.9%	62%-69.2%
		15 cm	424.5%-482.4%	72.4%-80.6%	72.5%-78.2%
		20 cm	583.7%-677.6%	79.8%-85.7%	79.1%-83.6%
	4	10 cm	280.6%-311%	52.4%-64.2%	56.9%-64.5%
		15 cm	366.5%-415%	66.9%-76.3%	67.5%-74%
		20 cm	489.4%-572.7%	75.5%-82.3%	74.9%-80.2%



الشكل (9-4) : مقارنة تأثير التقوية على زيادة المقاومة الجانبية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (10-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض الانتقالات الأفقية للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق



الشكل (11-4) : مقارنة تأثير التقوية على تخفيض دور الاهتزاز الأساسي للنماذج المدروسة مع تغيير عدد الطوابق

من خلال الشكل (9-4) نلاحظ الزيادة في المقاومة الجانبية للإطارات بفتحة واحدة تكون أكبر ما يمكن للنماذج بطابق واحد عند استخدام قميص بيتوني بسماكة 20 cm ونسبة مقاومة 1.5 ، بينما تتناقص مع زيادة عدد الطوابق بمقدار 35.62% مقارنة مع الاطارات بأربع طوابق وعند استخدام نفس المواصفات للتقوية .

بينما تظهر الأشكال (10-4) و (11-4) التقارب في أثر التقوية على تخفيض كل من الانتقالات الأفقية ودور الاهتزاز الأساسي مع زيادة عدد الطوابق عند المواصفات المختلفة للتقوية .

5- تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة :

بهدف تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع تغيير عدد الطوابق تم حساب قوة القص القاعدي الاعظمية المتوقع أن يتعرض لها كل نموذج من النماذج المدروسة وفق للطريقة الستاتيكية المكافئة المعتمدة في الكود العربي السوري [6] وذلك عند كل تسارع للمنطقة الزلزالية وعند كل صنف من أصناف التربة .

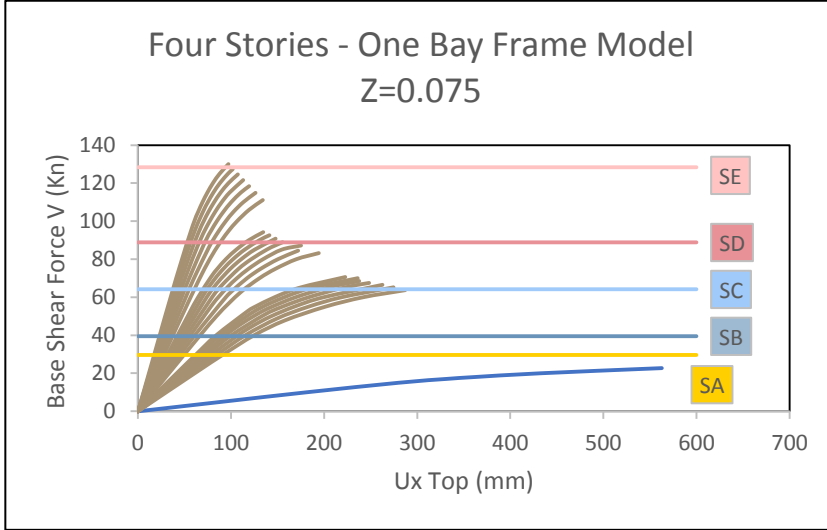
عند حساب قوة القص القاعدي تم اعتماد القيم التالية :

معامل تعديل الاستجابة R	تم اعتبار سلوك الجملة مشابه لسلوك الاعمدة الظرفية واعتماد قيمة $R=4.5$
دور الاهتزاز T	تم مقارنة دور الاهتزاز الناتج عن التحليل مع دور الاهتزاز التقريبي حسب اشتراطات الكود العربي السوري
معاملات السرعة والتسارع	تم اختيارها من جداول الكود بما يتناسب مع تسارع المنطقة الزلزالية وصنف مقطع التربة .

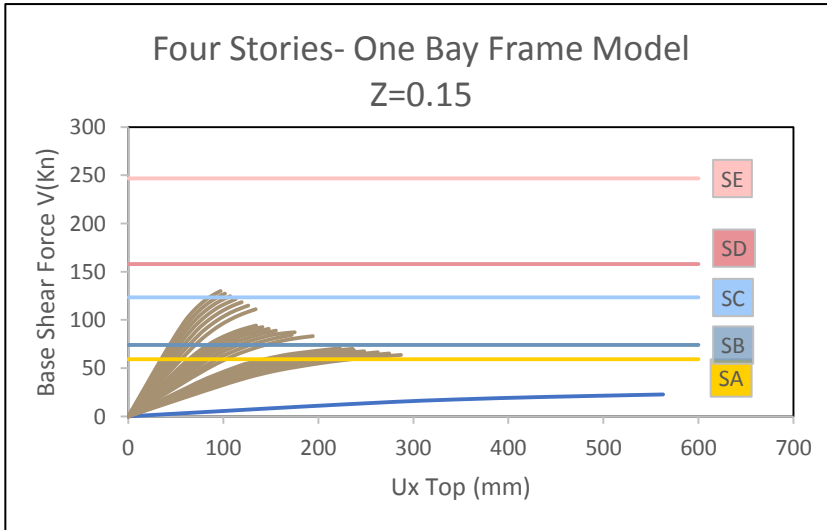
الجدول (1-5) : قيم بعض المعاملات الداخلية في حساب القص القاعدي

بعد الحساب تم مقارنة قوة القص القاعدي الاعظمية (الطلب الزلزالي) مع منحنيات الأداء للنماذج المدروسة ثم التوصل الى خيار التقوية الممكن استخدامه في كل منطقة زلزالية وعند كل صنف للتربة .

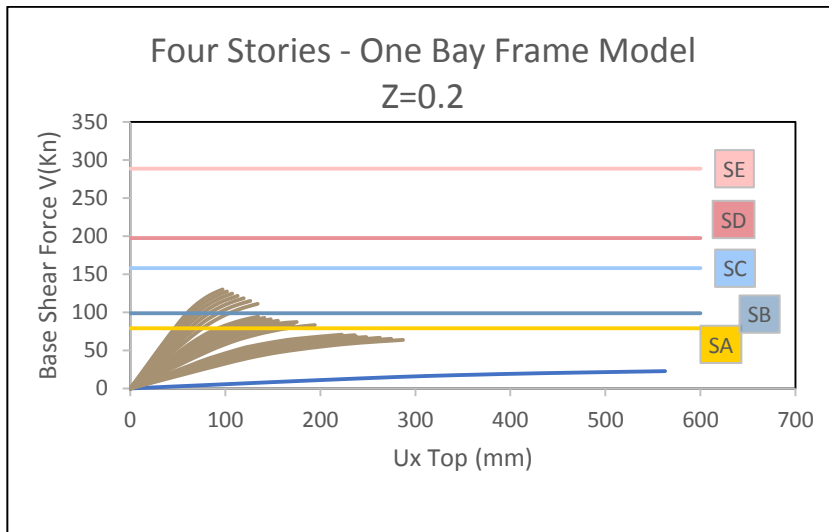
سوف نستعرض مثال عن طريقة المقارنة بين كل من منحنيات الأداء وقوة القص القاعدي لنماذج الإطارات بأربع طوابق عند كل منطقة زلزالية من المناطق المعتمدة وفقاً للكود العربي السوري .



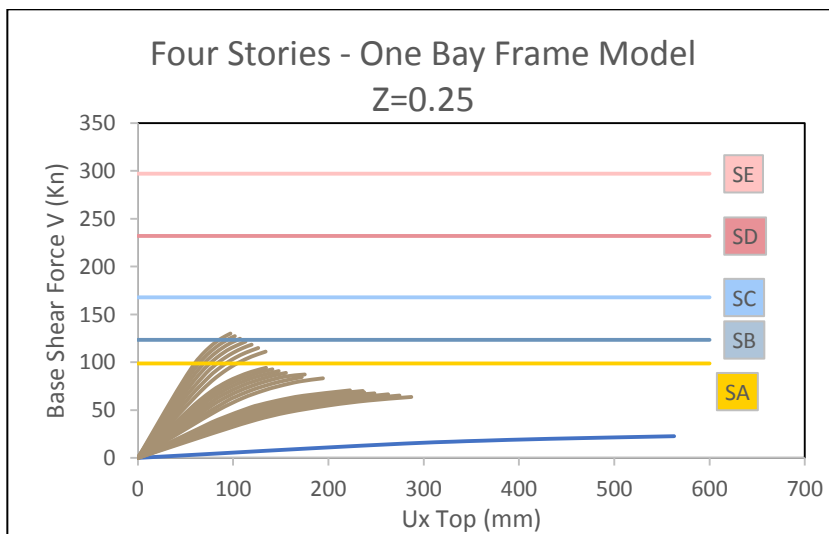
الشكل (5-1) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.075



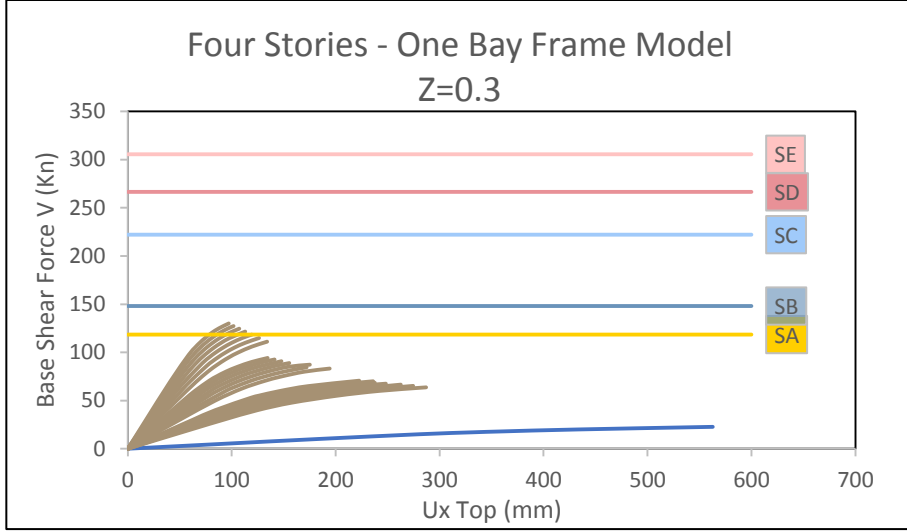
الشكل (5-2) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية Z=0.15



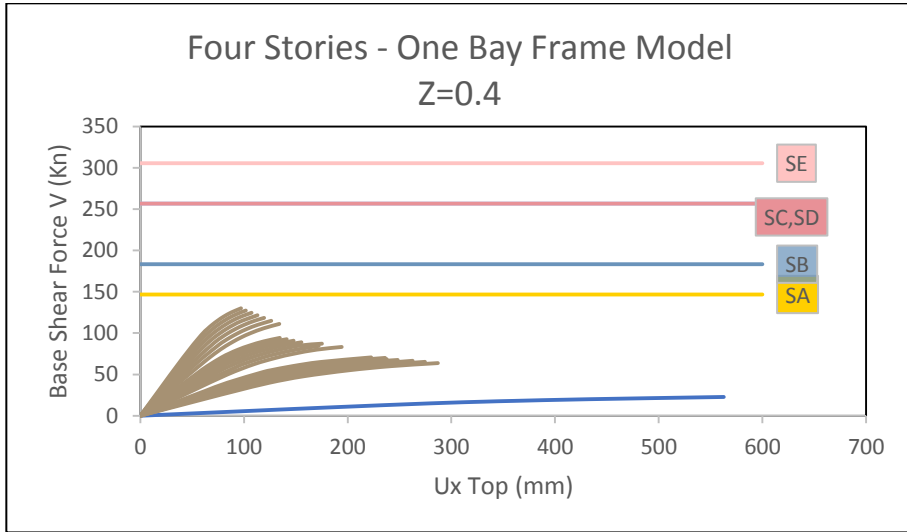
الشكل (3-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.2$



الشكل (4-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.25$



الشكل (5-5) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.3$



الشكل (5-6) : تحديد خيار التقوية المناسب في المنطقة الزلزالية $Z=0.4$

توضح الجداول التالية الخيار الممكن استخدامه للتقوية من حيث سماكة القميص ونسبة مقاومة بيتون القميص إلى مقاومة بيتون المقطع الأصلي عند كل عدد للطوابق من طابق واحد حتى أربع طوابق على التوالي .

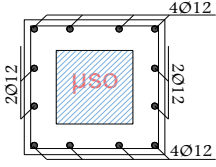
الجدول (5-2) : خيار التقوية المناسب للإطارات من طابق واحد وطابقين

طابقين		طابق واحد		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_o})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'c_j}{f'c_o})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SD	
1.3	15cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.2
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SC	
1	15 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
1	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.25
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	15 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	15 cm	0.9	10 cm	SA	0.3
1.3	15 cm	0.9	10 cm	SB	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SC	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SA	0.4
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	20 cm	0.9	10 cm	SC	
1.4	20 cm	0.9	10 cm	SD	
0.9	20 cm	0.9	10 cm	SE	

الجدول (3-5) : خيار التقوية المناسب للإطارات من ثلاث وأربع طوابق

أربع طوابق		ثلاث طوابق		نوع مقطع التربة	التسارع الزلزالي Z
المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}	المقاومة الأصغرية للقميص $(\frac{f'cj}{f'co})_{min}$	السماكة الاصغرية للقميص t_{jmin}		
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.075
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SB	
1.1	10 cm	0.9	10 cm	SC	
1.3	15 cm	0.9	15 cm	SD	
1.5	20 cm	0.9	20 cm	SE	
0.9	10 cm	0.9	10 cm	SA	0.15
0.9	15 cm	1.3	10 cm	SB	
1.3	20 cm	0.9	20 cm	SC	
0.9	10 cm	1.3	20 cm	SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	15 cm	0.9	15 cm	SA	0.2
0.9	20 cm	1	15 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.5	20 cm	SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	1	15cm	SA	0.25
1.4	20 cm	0.9	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
0.9	20 cm	0.9	20 cm	SA	0.3
1.3	20 cm	1.3	20 cm	SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		1.2	20cm	SA	0.4
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SB	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SC	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SD	
كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		كل مواصفات التقوية المدروسة غير مجدية		SE	

ملاحظة :



النتائج السابقة تمّ الحصول عليها مع الاخذ بعين الاعتبار مايلى :

- 1- نسبة تسليح القميص ثابتة وهي عبارة عن اربع قضبان قطر 12 mm في كل جهة .
- 2- تتراوح نسبة تسليح مقاطع الأعمدة الأصلية μ_{s0} بين 0.00684 حتى 0.01369

6- نتائج البحث :

1- ساهمت تقوية الاعمدة باستخدام القميص البيتوني بزيادة المقاومة الجانبية للإطارات البيتونية المسلحة بفتحة واحدة غير المصممة على القوى الزلزالية بمقدار وصل حتى 889.6% عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية ، ثم بدأ تأثير التقوية بالتناقص مع زيادة عدد الطوابق حتى وصل إلى 572.7% بالنسبة للإطارات بأربعة طوابق عند المواصفات السابقة للتقوية أي بفارق 36% تقريباً.

2- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض الانقالات الأفقية للإطارات المدروسة وصل حتى 85.7% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 46.1% للإطارات بطابق واحد عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .

3- أقصى مساهمة للتقوية في تخفيض دور الاهتزاز الأساسي وصل حتى 83.58% للإطارات بثلاث طوابق عند استخدام أقصى مواصفات للتقوية، بينما أقل مساهمة كانت 56.94% للإطارات بأربع طوابق عند استخدام أقل مواصفات للتقوية .

4- تمّ تحديد خيار التقوية المناسب لنماذج الإطارات بفتحة واحدة مع اختلاف عدد الطوابق من طابق حتى أربعة طوابق عند كل صنف للتربة بالنسبة لكافة المناطق الزلزالية.

7- التوصيات :

- 1- تحليل نماذج الإطارات المدروسة ضمن هذا البحث باستخدام طرق تحليل ديناميكي أكثر تطوراً مثل التحليل اللاخطي بالسجل الزمني .
- 2- مقارنة السلوك الزلزالي لجمل فراغية قبل وبعد تقوية أعمدتها باستخدام القميص البيتوني .

المراجع الأجنبية :

- [1] Aguilar, J., Juarez, H., Ortega, R., & Iglesias, J. (1989). The Mexico earthquake of September 19, 1985—Statistics of damage and of retrofitting techniques in reinforced concrete buildings affected by the 1985 earthquake. *Earthquake Spectra*, 5(1), 145–151.
- [2] Kaliyaperumal, Gnanasekaran, and Amlan Kumar Sengupta. "Seismic retrofit of columns in buildings for flexure using concrete jacket." *ISET Journal of Earthquake Technology* (2009).
- [3] Pavlo KRAINSKYI, Zinoviy BLIKHARSKIY, Roman KHMIL, "Experimental Investigation Of Reinforced Concrete Columns Strengthened By Jacketing" *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST)* ISSN: 3159–0040 ,Vol. 2 Issue 7, July – 2015.
- [4] Rodriguez, M. and Park, R. (1994). "Seismic Load Tests on Reinforced Concrete Columns Strengthened by Jacketing", *ACI Structural Journal*, Vol. 91, No. 2, pp. 150–159.

المراجع العربية :

[5] الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، الطبعة الرابعة، دمشق ، 2012 .

[6] الملحق رقم (2) للكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة ، تصميم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل ، الطبعة الثانية ، دمشق ، 2012

