



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعمارية

قسم التصميم المعماري

انعكاس تأثير الزلازل على التصميم المعماري
حالة دراسية لأبنية مدينة دمشق السكنية

بحث أعد لنيل درجة الماجستير في الهندسة المعمارية
قسم التصميم المعماري

Reflection of Earthquake Effects on Architectural Design Case Study of Residential Buildings in Damascus City

Research Prepared for Master's Degree in Architecture

Architectural Design Department

إعداد:
المهندسة دانة الفوال

بإشراف:
الدكتور المهندس جمال الأحمر
كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق

2014



الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة المعمارية
قسم التصميم المعماري

انعكاس تأثير الزلازل على التصميم المعماري حالة دراسية لأبنية مدينة دمشق السكنية

بحث أعد لنيل درجة الماجستير في الهندسة المعمارية
قسم التصميم المعماري

إعداد:
المهندسة دانة الفوال

بإشراف:
الدكتور المهندس جمال الأحمر
كلية الهندسة المعمارية – جامعة دمشق

دمشق/حزيران/٢٠١٤

الإهداء

إلى سوريا... الأرض والإنسان،

إلى دمشق معقل الآداب والعلوم... جامعة دمشق،

أهدي ثمرة عملي هذا، راجياً أن يكون فيه الخير والنفعة للشداة من
طلبة العلم.

كل الشكر والتقدير إلى أساتذتي وعائلي وزملائي وزميلاتي في
جامعة دمشق على جهودهم ومساعدتهم لهذا البحث.

ملخص البحث:

يتعرض هذا البحث إلى انعكاس الزلازل في التصميم المعماري ومدى تأثيرها على المباني والمنشآت باعتبار أن الزلازل (الهزات الأرضية) من أحد أهم الكوارث الطبيعية المدمرة التي تواجهنا وللأسف سوريا تمر بفترة نشاط زلزالي وذلك منذ عام 1994م حسب مركز الرصد الزلزالي، لذلك أصبحت مجالاً للدراسة في سوريا لادراك أهمية الوقاية منها، حماية للأرواح البشرية والخسائر المادية.

والهدف من هذه الرسالة هو محاولة تخفيف أثر وتأثير الشكل العام للمبنى ليقاوم تأثير الزلازل ومحاولة السيطرة على التلف والدمار الناتج عنها، ومدى انعكاس ذلك على العلاقة بين السلوك الزلزالي وتكوين المنشآت معمارياً وعمرانياً.

ويكون ذلك بتحديد معايير تصميم المباني لمقاومة الزلازل وذلك من خلال تصميم مبنى يتحدد فيه أقصى درجات الأمان ويقاوم الزلازل بسهولة وكفاءة.

لذلك يتطرق البحث إلى:

- معايير التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل ويمكن توضيحها، بتأثير الاهتزازات الأرضية على المبنى، والعوامل المؤثرة على الأداء الزلزالي للمبنى، والاعتبارات المعمارية في التصميم المعماري المقاوم للزلازل، والاعتبارات الإنشائية في التصميم المعماري المقاوم للزلازل.
- مدى انعكاس وعلاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى، وذلك بالدراسة التحليلية لمقاومة الزلازل لبعض المباني العالمية، وعرض ودراسة لانهيارات المباني بتأثير الزلازل العالمية.
- تقييم النشاط الزلزالي ومصادر النشاط الزلزالي والوضع الزلزالي بسوريا، التقييم الزلزالي لبعض المباني القائمة وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا وعرض لبعض النماذج السكنية بدمشق وتحليلها.
- عرض المعايير والمبادئ الهامة الواجب أخذها بالإعتبار في عملية التصميم المعماري والنتائج والتوصيات والاعتبارات العامة كمدخل للحلول لتساعد المهندس المعماري المصمم على تقادي أثر الزلازل على المبنى من الدمار والتلف ومقاومة المبنى لخطر الزلازل.

فهرس المحتويات

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
-	ملخص البحث	
1	المقدمة	
3	إشكالية البحث	
4	الهدف من البحث	
4	مبررات اختيار البحث	
4	ماتم إنجازة في هذا المجال عالمياً ومحلياً	
6	مخطط هيكلية البحث	
الفصل الأول		
معايير التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل		
8	تأثير الاهتزازات الأرضية على المبنى	1-1
8	قوى القصور الذاتي المتولدة داخل المبنى (العطالة)	1-1-1
8	دورة الاهتزاز وأثرها	2-1-1
9	الالتواء	3-1-1
9	الصلابة	4-1-1
9	قابلية الطرق والتشكيل	5-1-1
11	النظم الإنشائية المقاومة	6-1-1
11	العوامل المؤثرة على السلوك الزلزالي للمبنى	2-1
11	خصائص التربة المقام عليها المبنى	1-2-1
13	خصائص المبنى:	2-2-1
14	أولاً: (الاعتبارات المعمارية في التصميم المعماري المقاوم للزلازل)	3-1
14	الشكل العام للمبنى - تشكيل المبنى	1-3-1
15	الشكل المركب	2-1-3-1
16	العناصر غير الإنشائية:	3-1-3-1
17	ارتفاع المبنى	2-3-1
18	نسبة الطول إلى العرض في التشكيل الهندسي الأفقي	3-3-1
19	تناسب أطوال أضلاع المبنى	4-3-1

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
20	التناسب في التشكيل الهندسي الرأسي (الواجهات)	2-4-3-1
22	التشكيل الأفقي للمباني	5-3-1
26	علاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى	4-1
26	مقدار التناظر في المبنى	2-4-1
28	المباني الغير منتظمة	3-4-1
34	المباني ذات الارتدادات الرأسية والمعكوسة التراجع و(البروزات)	4-4-1
35	المباني المتلاصقة أو المتصلة	5-4-1
38	البناء فوق مبانٍ قائمة قديمة	6-4-1
41	السلوك الزلزالي للعناصر غير الإنشائية	5-1
42	السلوك الزلزالي للجدران الداخلية	1-5-1
44	السلوك الزلزالي للجدران الخارجية المحمولة	2-5-1
46	البلوك الأسمنتي واستخدام الحجر في أنماط المباني المعاصرة محلياً	3-5.1
47	ثانياً: الاعتبارات الإنشائية في تصميم المباني المقاومة للزلازل	6-1
47	تشكيل وتوزيع العناصر الإنشائية	1-6-1
47	الأنظمة الإنشائية غير المتوازية	2-6-1
49	طريقة الإنشاء المستخدمة في المبنى	3-6-1
49	نوع المواد المستخدمة في الإنشاء	4-6-1
50	كثافة العناصر الإنشائية وتوزيعها	5-6-1
53	تشكيل الواجهات ومقاومة المحيط الخارجي للمبنى	6-6-1
54	عدم استمرارية القوة والصلابة للعناصر الإنشائية بالمبنى	7-6-1
58	التشكيل الرأسي للمباني	8-6-1
58	عدم الانتظام الرأسي في شكل المبنى	1-8-6-1
60	وجود الطوابق الرخوة والضعيفة	2-8-6-1
66	الأعمدة القصيرة:	9-6-1
69	استخدام الأنظمة الكابولية/ الأظفار	10-6-1
70	النتائج والاستنتاجات	7-1
الفصل الثاني		
دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل في المباني من خلال بعض الأمثلة العالمية		

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
73	التوصيف المعماري لمبنى مستشفى لوماليندا بكاليفورنيا 1975	<u>1-1-2</u>
74	تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى	1-1-1-2
75	فندق امبريال بطوكيو	<u>2-1-2</u>
75	التوصيف المعماري للمبنى	1-2-1-2
76	تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى	2-2-1-2
80	مستشفى أوليف بكاليفورنيا	<u>3-1-2</u>
82	شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال 1994م	<u>4-1-2</u>
86	الفندق الحديث في بوخارست	<u>5-1-2</u>
86	قصر الفنون في طشقند	<u>6-1-2</u>
85	التوصيف المعماري للمبنى	1-6-1-2
86	تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى	2-6-1-2
87	التوصيف المعماري لمبنى الشقق السكنية في سان فرانسيسكو عام 1968	<u>7-1-2</u>
87	تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل لمبنى البرج السكني	1-7-1-2
89	برج سكني في فيينا	<u>8-1-2</u>
90	مبنى روس بسان فرانسيسكو عام 1927م	<u>9-1-2</u>
90	عرض ودراسة لانهيارات المباني بتأثير الزلازل	2-2
90	زلزال أنكوراج (الاسكا) عام 1964م	<u>1-2-2</u>
92	خصائص الزلازل	1-1-2-2
92	الآثار الناجمة عن الزلازل	<u>2-1-2-2</u>
92	تحليل الزلازل	3-1-2-2
92	أمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلازل	4-1-2-2
97	زلزال سان فرناندو عام 1971 م بكاليفورنيا	<u>2-2-2</u>
97	خصائص الزلازل	1-2-2-2
97	الآثار الناجمة عن الزلازل	2-2-2-2
97	تحليل الزلازل	3-2-2-2
98	ومن الأمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلازل	4-2-2-2
100	زلزال المكسيك 1985م	<u>3-2-2</u>
100	خصائص الزلازل	1-3-2-2

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
101	الآثار الناجمة عن الزلزال	2-3-2-2
101	تحليل الزلزال	3-3-2-2
101	أمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلزال	4-3-2-2
103	زلزال سان فرانسيسكو 1989م	<u>4-2-2</u>
103	خصائص الزلزال	1-4-2-2
103	الآثار الناجمة عن الزلزال	2-4-2-2
104	تحليل الزلزال	3-4-2-2
105	أمثلة لبعض المنشآت التي تعرضت للزلزال	4-4-2-2
108	النتائج والاستنتاجات	3-2
الفصل الثالث		
الوضع الزلزالي في سوريا وتحليل للأبنية السكنية المقاومة للزلازل في دمشق		
112	الوضع الزلزالي بسوريا	1-3
113	مصادر النشاط الزلزالي بسوريا	2-3
114	تقييم النشاط الزلزالي بسوريا	3-3
116	مركز الرصد الزلزالي	4-3
116	خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2004	1-4-3
118	خارطة نطاقات التأثير لعام 2004	2-4-3
119	خارطة تصنيف المحافظات حسب أعداد الأحداث الزلزالية لعام 2004	3-4-3
120	خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2005	4-4-3
122	خارطة نطاقات التأثير لعام 2005	5-4-3
123	خارطة تصنيف المحافظات حسب أعداد الأحداث الزلزالية لعام 2005	6-4-3
124	التقييم الزلزالي لبعض المباني القائمة وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا	5-3
126	النماذج المعمارية للسكن الشبابي بدمشق	1-5-3
149	النتائج والاستنتاجات	6-3
الفصل الرابع		
المعايير والمبادئ الهامة الواجب أخذها بالإعتبار في عملية التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل		

رقم الصفحة	العنوان	التسلسل
152	مبادئ التصميم المعماري المقاوم للزلازل	1-4
152	الشكل العام للمبنى	1-1-4
152	ارتفاع المبنى	2-1-4
153	امتداد المبنى في التشكيل الهندسي الأفقي	3-1-4
154	تناسب أطوال أضلاع المبنى	4-1-4
154	التناظر	5-1-4
155	المباني الغير منتظمة	6-1-4
156	التراجعات والبروزات	7-1-4
157	البناء على حد الجدار	8-1-4
158	الكثافة الإنشائية في التشكيل الهندسي الأفقي وتوزيعها	9-1-4
158	تشكيل الواجهات ومقاومة المحيط الخارجي للمبنى	10-1-4
158	اعتبارات الأمن والسلامة	1-2-4
158	الترميم والصيانة والتعديلات	2-2-4
160	التكلفة	3-2-4
161	قانون المباني	4-2-4
162	ملخص النتائج والتوصيات	5-2-4
162	أولاً: مبادئ التصميم المعماري	
162	ثانياً: مبادئ تخطيط المباني وتنسيق الموقع العام	
162	ثالثاً: الاعتبارات الإنشائية المؤثرة على التصميم المعماري	
164	رابعاً: اعتبارات عامة	
-	المراجع	
-	Research Abstract	

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
11	تحديد مكان وضع العناصر في المبنى.	(1)
15	الأشكال البسيطة	(2)
15	الأشكال المركبة	(3)
16	مصفوفة الأشكال	(4)
18	الفترة الزمنية الطبيعية	(5)
20	زيادة الحركة الترددية بزيادة الارتفاع وهو مبنى هرمي يقع في مركز مدينة سان فرانسيسكو	(6)
20	مقارنة الفترات الزمنية للأبنية والتي تتأثر بالارتفاع وهي قيم تقريبية لنظام الهيكل ومواد البناء والأبعاد الهندسية تؤثر أيضاً على البناء	(7)
22	لماذا في بعض الحالات يتم سقوط المبنى بالكامل	(8)
22	يوضح الشقق السكنية لبينو سواريز بمدينة المكسيك عام 1985م	(9)
24	توضيح للمنشآت غير المنتظمة وفقاً لجمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا والمعروفة باسم الـ SEAOC	(10)
25	يوضح المفاهيم المستخدمة لتكوينات الأبنية بتشتيت القوى الزلزالية	(11)
25	هذه التغييرات تقصر من الفترة الاهتزازية الزمنية للمنشئه ويوضح التكوين الهيكل المعماري الأمثل	(12)
27	محاور التناظر في التشكيل الهندسي الأفقي	(13)
28	محاور التناظر للواجهات والأبنية المركبة	(14)
29	انحراف مركز الصلابة عن مركز الكتلة بسبب عدم التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية.	(15)
30	الأشكال الغير منتظمة	(16)
30	رد فعل مبنى على حرف L نتيجة تعرضه لقوى الزلازل	(17)
32	المباني ذات الأشكال الهندسية المركبة أو المعقدة	(18)
32	مباني ذات أشكال هندسية غير منتظمة (غير متناظرة)	(19)
33	بعض الحلول الهندسية للمباني ذات الأشكال المركبة	(20)
33	يوضح أنماط وأشكال المباني أثناء وقوع الزلازل	(21)
34	الارتدادات الرئيسية لتوفير الضوء والتهوية الطبيعية	(22)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
34	الارتدادات الرأسية للقاعدة والبرج	(23)
35	التراجع الرأسي تزيد من القوى القالبة للمبنى	(24)
35	البروزات كمتطلبات جمالية	(25)
35	مقارنة بين اشكال التراجع في الأبنية	(26)
37	ضرورة وجود فاصل زلزالي بين أجزاء المبنى الواحد	(27)
37	زيادة الارتطام باختلاف الارتفاع بين الكتل المتجاورة	(28)
37	كيفية حساب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متلاصقين	(29)
38	كيفية حساب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متجاورين عند البدء بالتخطيط العمراني	(30)
39	البناء فوق مباني قائمة قديمة	(31)
40	تسليح فتحات النوافذ والأبواب	(32)
41	تقوية وتربيط المباني من خلال استخدام ألياف شبكية على لفافات	(33)
42	إن الجدار البنائي هو الأقوى،فقص الأعمدة الكبيرة نسبياً (زلزال أضنة- جيهان، بتركيا 1998)	(34)
43	اضرار وتشققات قطرية في الجدران الداخلية المحمولة	(35)
43	تربيط أو تسليح الجدران الخارجية الغير حاملة (المحمولة)	(36)
44	العناصر الغير إنشائية في الأبنية	(37)
45	تساقط قطع الجدران الخارجية بسبب تأثير الحركات الاهتزازية	(38)
45	بناء الجدران الحجرية الخارجية	(39)
47	التربيط الميكانيكي لقطع الحجر، وتربيط الجدران الخارجي مع الأعمدة	(40)
49	وضع جدران القص في أطراف المبنى لمقاومة أكبر للهزات الأرضية	(41)
56	انحراف بالطابق الرخو أكثر من انحراف باقي الطوابق	(42)
57	بعض الحلول المبتكرة لطابق الرخو (الضعيف)	(43)
57	نموذج يوضح عمل الأعمدة القصيرة	(44)
60	مقارنة بين بين سلوك مبنى فيه طابق رخو، وآخر جميع طوابقه متجانسة	(45)
61	انهيارات في المباني بسبب ظاهرت تشكيل الطابق الرخو في الطابق الأرضي	(46)
62	تشكيل الطابق الرخو في الطوابق الوسطية	(47)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
63	ثلاث بدائل أساسية لنظام التصميم الزلزالي	(48)
64	يوضح عناصر ربط وتكثيف معدنية لطوابق الرخوة - نماذج استخدام الإطارات المعدنية	(49)
64	مخمدات زلزالية مع مانعات أفقية للهزات الأرضية	(50)
64	نظام العزل الزلزالي في المنشأة	(51)
68	انهيارات في الأعمدة القصيرة	(52)
70	استخدام الأنظمة الكابولية (الأظفار) والبروزات والبلاكين	(53)
74	واجهة مستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(54)
77	المنظور العام للفندق الإمبراطوري بطوكيو	(55)
78	تخفيف الأحمال باستعمال شرائح الازدواج بدلاً من القرميد بالسطح	(56)
78	الطريقة المبتكرة للأساسات	(57)
78	طريقة تدعيم الجدران	(58)
78	مشهد خارجي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(59)
79	طريقة تركيب الحجر (الإكساء الخارجي)	(60)
79	مشهد خارجي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(61)
79	مشهد خارجية لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(62)
81	صورة لمستشفى أوليف توضح التشوة الشديد للأعمدة فوق مستوى الساحة	(63)
81	الدمارالحاصل بالمستشفى بعد وقوع زلزال سان فرناندو 1971 بكاليفورنيا	(64)
81	صورة توضح اللارتظام الحاصل بالمستشفى أثناء وقوع زلزال سان فرناندو 1971 بكاليفورنيا	(65)
82	صورة لمستشفى أوليف توضح التشوة الشديد للأعمدة فوق مستوى الساحة	(66)
83	شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال نورثريدج ميدور عام 1994م	(67)
83	نوضح انهيار الطابق الأرضي للمنزل السكني بعد زلزال نورثريدج 1994	(68)
85	المنظور العام لفندق بوخارست	(69)
87	مبنى قصر الفنون بطشقند	(70)
89	يوضح واجهات المبنى المتناظرة لكل واجهتين متقابلتين	(71)
90	يوضح حالة البناء بعد وقوع الزلزال	(72)
91	يوضح التراجعات في المبنى بسان فرانسيسكو	(73)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
91	يوضح هيكل الفولاذ المقاوم بإنشائية البناء.	(74)
93	المدرسة الثانوية بغرب انكوراج, الاسكا زلزال 1964	(75)
93	يوضح ماحدث للمدرسة أثناء الزلزال	(76)
94	يوضح حلول ل الكتلة المتصلة (L)	(77)
94	يوضح التقليل من الضغط على الزاوية المنفرجة عن طريق استخدام توسعة من الخارج	(78)
96	يوضح الدمار الحاصل بمخزن بيني	(79)
96	يوضح بعض الحلول للمخزن لمقاومة الغلاف الخارجي لشكل الغير متوازن	(80)
98	مشهد منظوري للكنيسة من الخارج	(81)
98	المسقط الأخير	(82)
99	مشهد لداخل الكنيسة	(83)
99	مشهد لداخل الكنيسة	(84)
99	فالق سان أندروس النشط والصدوع المتفرقة منة بمنطقة كاليفورنيا	(85)
102	يبين الأبنية الضعيفة بالمكسيك 1985 بالأبنية ما بين 6-20 طابق والاهتزاز الحاصل أثناء وقوع الزلزال	(86)
103	يوضح حالات الحركة الاهتزازية في الأبنية العالية (كأمواج طولية)	(87)
105	زلزال سان فرانسيسكو 1989 الجسر العلوي للطريق السريع، حدوث قص للأعمدة	(88)
106	منزل سكني منهار في منطقة المارينا بسان فرانسيسكو الناجمة عن هزة أرضية قوية (قوى قص) ووجود الطابق الرخو .	(89)
106	تصدع المباني بسان فرانسيسكو 1989 الناجمة عن ضعف التربة	(90)
107	مقطع عرضي يوضح الموقع وكيفية حدوث تميع وهبوط بالأرض.	(91)
107	يوضح مقارنة بين الهزات الأرضية تحت شجر الثرو والجسر العلوي الرابط	(92)
117	الأحداث الزلزالية لعام 2004	(93)
119	نسب تصنيف المحافظات حسب الأعداد الزلزالية لعام 2004 بسوريا.	(94)
120	الأحداث الزلزالية المسجلة لعام 2005	(95)
123	النسب المسجلة للأحداث الزلزالية حسب المحافظات لعام 2005 بسوريا	(96)
131	تفصيلا لنموذج (B)	(97)

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
152	مساقط أفقية مقبولة إنشائياً دون فواصل.	(98)
153	توضيح أشكال وانماط المباني الجيدة والضعيفة	(99)
153	توضيح أشكال الفاصل الزلزالي بالمباني	(100)
153	أشكال الفاصل في الأساسات والشيناجات	(101)
154	تناسب أطوال أضلاع المبنى	(102)
155	استخدام أشكال غير منتظمة بها زوايا	(103)
156	وضع فواصل زلزالية بسبب عدم انتظام الشكل	(104)
156	وضع فواصل هبوط بسبب اختلاف ارتفاعات المبنى	(105)
157	حلول الارتدادات الشاقولية بالمبنى	(106)
157	حدوث اصطدام بين مبنيين متجاورين نتيجة حدوث هزة أفقية	(107)

فهرس المخططات

رقم الصفحة	عنوان المخطط	رقم المخطط
21	المباني النحيفة	(1)
29	عدم التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، وخصوصاً جدران القص يؤدي إلى حصول انحراف كبير بين مركز الكتلة ومركز صلابة	(2)
37	البلاطات والجوائز الغير متقابلة تقلل من تأثير التلف	(3)
38	الفواصل بين المباني المتجاورة في أنماط المباني المعاصرة	(4)
41	توصيات تتعلق بأبعاد والمسافات بين النوافذ والأبواب الجدران الحاملة	(5)
51	الكثافة الإنشائية	(6)
52	توزيع جدران القص في المسقط الأفقي للمبنى	(7)
54	مسقط أفقي لمبنى جدرانة الخارجية نصفها يتكون من البلوك أو الخرسانة، والنصف الآخر من الزجاج	(8)
54	عناصر ربط وتكثيف من الخرسانة المسلحة	(9)
56	ثلاث نماذج من الطابق الرخو (الضعيف)	(10)
56	التنوع في صلابة الأعمدة بسبب البناء على المنحدرات	(11)
56	التنوع بصلابة الأعمدة بسبب وجود طابق الميزانين	(12)
57	زيادة مسطح الفتحات في جدران القص أحد أسباب عدم إستمرارية القوة والصلابة في المبنى	(13)
59	أشكال التراجع في الواجهات وعلاقتها بمستوى الخطورة	(14)
63	معالجة مشكلة الطابق الرخو من خلال وضع جدران قص بشكل متناظر	(15)
65	استخدام أنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation) عند مستوى القواعد	(16)
65	تزويد الطابق الأرضي بإطارات صلبة من الخرسانة المسلحة	(17)
68	تشكيل الأعمدة القصيرة تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية	(18)
74	المقطع العرضي بالمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(19)
75	مسقط المديول الإنشائي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(20)
75	المسقط الأفقي المتناظر للطابق الأرضي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا	(21)
77	(المسقط العام للفندق الإمبراطوري بطوكيو)	(22)
80	مقطع طولي لمستشفى اوليف يوضح أن جدران القص تتوقف عند الطابق الثالث	(23)

رقم الصفحة	عنوان المخطط	رقم المخطط
80	مقطع عرضي لمستشفى اوليف يوضح الساحة بالطابق الثاني وعدم استمرار جدران القص	(24)
80	مقطع عرضي لمستشفى الزيتون يوضح الساحة بالطابق الأول وإنشائية المشفى	(25)
85	المسقط المتكرر ومحور التناظر	(26)
85	مسقط الطابق الأرضي	(27)
88	يوضح المسقط الأفقي المتناظر للمبنى	(28)
90	يوضح المسقط الأفقي للبناء السكني عدم تطابق مركز الكتلة على مركز المقاومة	(29)
95	المسقط الأفقي للمخزن البيني	(30)
113	توضح تداخل الصفائح في سوريا	(31)
115	خارطة النشاط الزلزالي في حفرة الانهدام الأردنية 1900-2003 وشرق المتوسط	(32)
115	الأحداث الزلزالية المسجلة بالشبكة الوطنية 1995_2008	(33)
117	الأحداث المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2004 فوق 4 ريختر	(34)
118	خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2004 .	(35)
119	خارطة نطاقات التأثير بالأحداث الزلزالية لعامي 2004.	(36)
121	الأحداث المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2005 فوق 4 ريختر	(37)
122	خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2005.	(38)
123	خارطة النطاقات الزلزالية لعام 2005.	(39)
124	الشبكة الوطنية لرصد الزلزال في سوريا	(40)
125	خريطة توزع المخاطر الزلزالية في الجمهورية العربية السورية	(41)
126	مخطط المحددات 1 - الفالق 2 - بردى 3 - جبل قاسيون 4 - الغوطة	(42)
127	الموقع العام لمشروع السكن الشبابي بضاحية قدسيا	(43)
127	مجمع سكني لمشروع السكن الشبابي	(44)
128	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (A)	(45)

رقم الصفحة	عنوان المخطط	رقم المخطط
128	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (A)	(46)
130	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (B)	(47)
130	الواجهة الخلفية لنموذج (B)	(48)
131	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (B)	(49)
133	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (C)	(50)
133	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (C)	(51)
134	الواجهة الأمامية لنموذج (C)	(52)
134	الواجهة الخلفية مع القبو لنموذج (C)	(53)
136	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (D)	(54)
136	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (D) .	(55)
137	الواجهة الأمامية لنموذج (D) .	(56)
137	الواجهة الخلفية لنموذج (D) .	(57)
138	المقطع الطولي لنموذج (D) .	(58)
138	المقطع العرضي لنموذج (D) .	(59)
140	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (E) .	(60)
140	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (E) .	(61)
141	الواجهة الأمامية لنموذج (E) .	(62)
141	الواجهة الخلفية لنموذج (E) .	(63)
142	المقطع الطولي لنموذج (E) .	(64)
142	المقطع الطولي لنموذج (E) .	(65)
144	مسقط الطابق الأرضي لنموذج (G) .	(66)
144	مسقط الطابق المتكرر لنموذج (G) .	(67)
145	الواجهة الأمامية لنموذج (G) .	(68)
156	الواجهة الخلفية لنموذج (G) .	(69)
147	المقطع العرضي لنموذج (G) .	(70)
155	تحقق التناظر الإنشائي بالمسقط الأفقي	(71)

المقدمة:

تعتبر الهزات الأرضية والزلازل من أكثر المخاطر الطبيعية التي شهدتها الكرة الأرضية، وكان لها تأثير على مواقع عديدة من الكرة الأرضية بشكل متكرر ومنتظم تقريباً، كما يمكن أن تكون وتسبب في كلتا الحالتين الكوارث والدمار، مما دفع العلوم الهندسية وغيرها لتركز اهتمام خاص على دراسة ظاهرة الزلازل وتحليلها رغبة الوصول إلى إيجاد معايير ونظم للبناء ولتصميم وتنفيذ منشآت يمكن أن تكون أكثر مقاومة لأفعال الزلازل.

ويزداد تأثير الزلازل، إذا كان النسيج العمراني للمدن والبلدات ضعيفاً أو غير مدروس ضد الزلازل لأن الإختبارات المخبرية تبقى قاصرة لوضع توجهات مناسبة لوسائل الأمان، ويبقى من الضروري الإستمرار في معرفة وتسجيل شدة الزلازل التاريخية للمنطقة وزمن تكرارها¹.

ومن أجل بناء قدرات الدول والمجتمعات على مواجهة الكوارث والحفاظ على الأرواح والممتلكات، وبهدف تحقيق جاهزية أعلى ومخاطر أقل في أنظمة التشييد والبناء، يجب تبني منهجية الهندسة المتجددة، والتخلي عن منهجية الهندسة المتعارف عليها، فمن وجهة نظر هندسة الزلازل، يبدأ التصميم الزلزالي للمبنى من الخطوات الأولى للمهندس المعماري، مع لحظ ضرورة أن يجمع التصميم بين ثلاثة عناصر وهي: الجمال، والوظيفة الفعالة، والإنشاء المقاوم للزلازل إضافة إلى الناحية الإبداعية والسعي للإستدامة في العمارة.

يظن البعض أن سلوك المنشآت وقت الزلزال، هو أمر مرده إلى المهندس الإنشائي بشكل كامل، وهذا مفهوم خاطئ، فالمسؤولية مشتركةً وتكاملية بين المعماري والإنشائي، بل تبدأ من عند المهندس المعماري الذي يبدأ بالدراسة التنظيمية والتخطيطية للموقع وينتهي بالتصميم المعماري للبناء، وعلى المهندسين المعماريين مراعاة متطلبات تصميم المباني المقاومة للزلازل معمارياً وتخطيطياً، إضافة إلى التركيز على العناصر الجمالية والوظيفية والبيئية، ليصبح لدينا مباني تتكاتف فيها الوظيفة النافعة، مع الإنشاء الآمن للمبنى، وفق معايير اقتصادية مقبولة، وضمن إطار جمالي ممتع.

ويُعد التشكيل الفراغي العمراني والتكوين المعماري والبنية المعمارية للمبنى ببساطة تكوينه، وتناسقه، وخاماته، وصلابته، وغيرها من العوامل الهامة في تحقيق مقاومته للهزات الأرضية والزلازل.

برزت أهمية المهندس المعماري في المشاركة الكاملة في التصميم المقاوم للزلازل بعد حدوث زلزال سان فرانسيسكو بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1906، حيث لوحظ أن الفندق الإمبراطوري الذي

¹ د.م عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

صممه المعماري الشهير فرانك لويد رايت 1916 في طوكيو باليابان هو يعتبر أحد أهم المباني المصممة معمارياً¹ على الزلازل لطبيعة احتياج التصميم في المناطق ذات النشاط الزلزالي، وكان أهم ما لفت الأنظار في تصميم ذلك المبنى هو الجدران الخارجية المدروسة بميل من الأسفل للأعلى لتكون مماثلة لطريقة البناء بالحجر عند قدماء المصريين بجعل مركز ثقل الجدار منخفضاً وقريباً من الأرض، وعندما تعرض هذا المبنى لزلزال طوكيو الشهير عام 1923 لم يحدث به تلف يذكر واستمر وجوده حتى عام 1968 حينما اتخذ قرار هدمه لأسباب أخرى. ومنذ تلك الفترة وإلى فترة الثمانينات لم يشارك المهندسون المعماريون في مجال هندسة الزلازل بصورة مقصودة واضحة رغم وجود بعض المحاولات الفردية في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية لحل كثير من المشاكل التي ظهرت إلى حيز الوجود، وذلك عند تطبيق المهندسين الإنشائيين للكودات التي تم التوصل لها وتنفيذها على المنشآت لتقاوم الزلازل². وتركزت الجهود في السنوات الماضية على محاولات التوصل لمواد جديدة ذات مواصفات ملائمة يمكنها احتواء قوى الزلازل بأمان كاف على اعتبار أن منع التلف كلياً أمر غير مضمون ومكلف اقتصادياً بشكل كبير لذلك تم تحديد أولويات من حيث المناطق الجغرافية ذات الشدة الزلزالية الأكبر وبالنسبة لاستخدامات البناء ولأمور أخرى من حيث نوعية الإنشاء وجيولوجية التربة³.

وحديثاً قام كثير من المهندسين الإنشائيين بعمل دراسات هامة لتحديد سلوكيات الجدران المبنية من البلوك الإسمنتي أو غيره والحجر عند حدوث الزلازل تحت تأثير قوى مختلفة بهدف قياس وتحديد نوعيات وحجم التشوهات والشقوق التي تحدث بها وقد تم ذلك بعمل نماذج اختبارية إلا أنه لم يتم الاستفادة بالشكل الكافي من هذه النتائج من قبل المعماريين باستثناء تسجيل بعض العلاقات وبعض الملاحظات العابرة على تلك النتائج المخبرية، وكان من أشهر المعماريين في ذلك المجال تشارلز أرنولد الذي صدر عنه عدة مؤلفات من أشهرها " كتابه شكل المبنى والتصميم المعماري المقاوم للزلازل"⁴.

¹ ARNOLD, C."Building Configuration and Seismic Design". AWEILY INTERSCIENCE PUBLICATION, 1982. PP.222-229

² Egyptian Society for Earthquake Engineering Regulations for Earthquake Resistant Design of Building in Egypt. Cairo. January, 1988, PP.1-15.

³ ذكي الحواس، "أمراض المباني"، عالم الكتب، القاهرة، 1990، ص514-515.

⁴ البطوط محي الدين إبراهيم، "تأثير الزلازل على تغيير ومفهوم أسس التصميم المعماري دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل في مصر"، رسالة دكتوراه جامعة القاهرة، كلية الهندسة، قسم العمارة، القاهرة، 2000م.

وغالبا ما تصنف الزلازل ذات الشدة الزلزالية العالية على أنها كوارث طبيعية كبرى. وبعد حدوث مثل هذه الكوارث تصبح المنطقة غير قادرة على تحمل أعباء الإغاثة الذاتية وتظهر الحاجة إلى الإغاثة على المستوى الإقليمي وتختلف هذه الكوارث أعداد كبيرة من الوفيات إضافة إلى مئات الآلاف من المشردين وإلى خسائر مادية ضخمة بحسب الظروف الاقتصادية السائدة بشكل عام بذلك البلد.

إشكالية البحث:

1- تشير البيانات السنوية للسنين الماضية إلى زيادة عدد الهزات الأرضية الحاصلة في منطقة مدينة دمشق. ومن خلال ملاحظة تاريخ دمشق الزلزالي من المراجع التاريخية يتبين تسجيل كوارث زلزالية في الأعوام: 1156-1157-1158-1170-1202-1404-1759-1796-1819-1822م، ويجدر بالذكر إلى أن أقواها كان زلزال عام 1202م، والذي بلغت قوته التقديرية 9 درجات على مقياس ريختر، وأن التباعد فيما بينها بحدود 250 عام، مع الأخذ بالإعتبار أن آخر الزلازل المدمرة في منطقة دمشق ومحولها كان في العام 1759م¹.

2- عدم معرفة سلوكيات العناصر المعمارية والإنشائية للمبنى عند حدوث الزلزال والتي قد لا تؤدي فقط إلى إلحاق الضرر بنفسها بل أيضاً إلى التسبب في إحداث تلف كلي أو جزئي للعناصر الأخرى المجاورة لها.

3- عدم تقيد الأبنية الجديدة بتطبيق المبادئ الأولية للتصميم المعماري المقاوم للزلازل والمواصفات المنصوص عليها بكود البناء. مما يساعد المخاطر الزلزالية بشكل مستمر.

4- عدم التعاون بين المهندس المعماري والمهندس الإنشائي ومعرفة ميكانيك التربة وجيولوجيتها منذ البداية!. وهذا يؤدي إلى زيادة المخاطر الزلزالية. تكمن إشكالية البحث في عدم الوصول إلى معايير ومبادئ أساسية للتصميم المعماري المقاوم للزلازل. وفي المحاولة لإيجاد الإجابات على الأسئلة التالية:

س: هل لعملية التصميم المعماري تأثير على المباني أثناء وقوع الزلزال؟

س: هل يؤثر تكوين المبنى وأبعاد مسقطة في الاتجاهات الثلاث على سلوكيات المبنى أثناء وقوع الزلزال؟

س: هل تؤثر العناصر المعمارية الغير إنشائية في رفع الكفاءة الزلزالية للمبنى أثناء وقوع الزلزال؟

¹ د.م عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

الهدف من البحث:

- هدف البحث هو محاولة التوصل إلى المعايير والاستراتيجيات الأساسية اللازمة للمهندس المعماري للتعامل مع الأبنية ومدى انعكاس ذلك على العلاقة بين السلوك الزلزالي للمباني وتكوينها المعمارية والعمرانية لأبنية مدينة دمشق السكنية. وكيفية التحكم في التلف باستخدام الهندسة المعمارية، وبنشر المعرفة الأساسية للمعماريين بهذا الصدد، وهو اتجاه لم يكن متعارف عليه من قبل في مجال هندسة الزلازل.

مببرات اختيار البحث:

- التخفيف من مخاطر الكوارث، تجنب الخسائر البشرية، استمرار خدمات المباني الهامة والمنشآت الحيوية قدر الإمكان، حماية المباني والمنشآت من الانهيارات التي تسبب خسائر في الأرواح والممتلكات، ومحاولة تخفيف الأضرار في الممتلكات والمباني، وسوريا معرضة لخطر الزلازل بسبب موقعها الجغرافي.

ماتم إنجازة في هذا المجال عالمياً ومحلياً:

أدركت المؤسسات المعنية على المستوى المحلي والعالمي بأن الاستعداد لمواجهة الأخطار الزلزالية واجب وطني تتحمل مسؤوليته الجهات الرسمية والخاصة في مختلف البلدان. وتوضيح أهمية كودات البناء في المجتمعات المعرضة لأخطار الزلازل، كما واعتبر عقد التسعينات عقداً لتخفيف أثر الكوارث الطبيعية في جميع أنحاء العالم والعمل على ذلك ووضع الكود البنائي المتناسق ومنها:

- (UBC) Uniform Building Code.

- (GSHAP) Global وبرنامج (NEHRP) National Earthquake Hazard Reduction Program
Seismic Hazard Assessment Program.

- (IAEE) International Association for .(EERI) Earthquake Engineering Research Institute
Earthquake Engineering.

- (USGS) Earthquake Hazards Program.

وفي الجمهورية العربية السورية تضافرت جهود مركز الرصد الزلزالي التابع للمؤسسة العامة للجيولوجيا والثروة المعدنية ونقابة المهندسين، مع بقية الجهات المعنية، ووزارة الإدارة المحلية (برنامج إدارة الكوارث) لتخفيف الأخطار الزلزالية المحتملة، وذلك من خلال اعتماد الخارطة الزلزالية لأراضي الجمهورية السورية، وهيئة الإستشعار عن بعد قامت بإعداد الخارطة الأولية

للمخاطر البركانية والزلزالية لسورية ضمن مشروع تقويم المخاطر الزلزالية والبركانية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد والنظم الرافدة بالتعاون مع أكاديمية العلوم الروسية كما واعتمد الكود الخاص في تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المقاومة للزلازل (الكود العربي السوري) و تم اصدار كتيب (التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني) وذلك بالتعاون مع الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون بدمشق عام 2011م.

وتجري على فترات مختلفة دورات مكثفة لإكساب المهندسين الخبرة المناسبة بهدف إعطاء المنشآت الهندسية المقاومة المطلوبة ضد أية أخطار زلزالية مستقبلية محتملة. الجهات العامة والخاصة التي تتعامل معها إدارة الكوارث بسوريا:

1- الإدارة المحلية..

2- برنامج تحديث الإدارة البلدية: الإدارة المحلية وبرنامج تحديث الإدارة البلدية بالتعاون مع محافظة دمشق وخبراء من الاتحاد الأوروبي، تم تنفيذ تحريات جيولوجية من قبل أخصائيين.

3- البرنامج الشامل للتخفيف من آثار الكوارث Comprehensive Disaster Reduction Programme (CDRP)

قامت وزارة الإدارة المحلية والبيئة في الجمهورية العربية السورية بالتعاون مع برنامج الأمم المتحدة الإنمائي التي بدأت في أيلول عام 2009، بالعمل المشترك على مشروع البرنامج الشامل للتخفيف من آثار الكوارث.

4- هيئة الإستشعار عن بعد..

5- هيئة الطاقة الذرية.

6- المركز الوطني للرصد الزلزالي التابعة لوزارة النفط والثروة المعدنية.

7- نقابة المهندسين.

الفصل الأول

معايير التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل

1- تأثير الاهتزازات الأرضية على المبنى

2- العوامل المؤثرة على الأداء الزلزالي للمبنى

3- الاعتبارات المعمارية في التصميم المعماري المقاوم للزلازل

4- علاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى

5- السلوك الزلزالي للعناصر غير الإنشائية

6- الاعتبارات الإنشائية في تصميم المباني المقاومة للزلازل

الفصل الثاني

دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل في المباني من خلال بعض الأمثلة العالمية

1- دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل لبعض المباني

2- عرض ودراسة لانهايات المباني بتأثير الزلازل

الفصل الثالث

الوضع الزلزالي في سوريا وتحليل للأبنية السكنية المقاومة للزلازل بمدينة دمشق

1- الوضع الزلزالي بسوريا

2- مصادر النشاط الزلزالي بسوريا

3- تقييم النشاط الزلزالي بسوريا

4- مركز الرصد الزلزالي

5- التقييم الزلزالي لبعض المباني القائمة وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا

الفصل الرابع

المعايير والمبادئ الهامة الواجب أخذها بالإعتبار في عملية التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل

1- مبادئ التصميم المعماري المقاوم للزلازل

2- ملخص النتائج والتوصيات

الفصل الأول

معايير التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل

عند حدوث الزلازل، يحدث عادة تلف للمباني، وتهدم للمنشآت بدرجات متفاوتة تبعاً لخصائص شكل كل منها. وقد أمكن تقسيم معايير التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل إلى مجموعة أسس يرتبط بعضها بالنواحي المعمارية وترتبط أخرى بالنواحي الإنشائية، للإستعانة بها في تحليل أسباب انهيار المنشآت أو صمودها، أن تشكيل العناصر الإنشائية وتوزيعها يظهر في الغالب كانعكاس للمطالبات المعمارية ولاعتباراتها، وهذا يعني أن التشكيل الإنشائي العام للمبنى مقيد أو محكوم لحد ما بالتشكيل المعماري، وبالتالي عند التطرق إلى أثر التشكيل المعماري للمباني على سلوكها الزلزالي، فإن ذلك يتضمن اختيار طبيعة العناصر الإنشائية وبعض تفاصيلها، وعموماً يمكن تلخيص آلية تأثير الاعتبارات المعمارية على السلوك الزلزالي للمباني من خلال ما يتم عرضه بالدراسات النظرية¹.

1-1- تأثير الاهتزازات الأرضية على المبنى:

لإمكان تحديد تأثير الزلازل على المباني فإنه يلزم توضيح القوى المؤثرة عليها، وبالتالي رد فعل المبنى على هذه القوى الزلزالية، ومن هذه الخصائص يمكن تحديد مقدار الدمار، أو التلف الذي يمكن أن تتعرض له المباني والمنشآت. وسنستعرض فيما يلي أهم القوى التي تؤثر في المبنى عند حدوث الهزات الأرضية أو الزلازل.

1-1-1- قوى القصور الذاتي المتولدة داخل المبنى (العطالة) (Inertial Force):

لا تتسبب الزلازل في تدمير المبنى بنفس الطريقة التي نلاحظها في حالة ضغط الرياح مثلاً، بل يحدث التدمير نتيجة لقوى القصور الذاتي المتولدة داخل المبنى والتي يسببها الارتجاج. ولأن (الزيادة في الكتلة عادة يؤدي إلى الزيادة في القوة)، كذلك فالقوى الجانبية تقوم بثني وقص الأعمدة، والجوائز، والجدران، فيتسبب الحمل الرأسي في انهيار المبنى².

1-1-2- دورة الاهتزاز وأثرها (Period of Resonance):

عند حدوث هزة أرضية فإن الارتجاجات الناتجة عن حركة الأرض تنتقل إلى المبنى على هيئة اهتزازات ذات دورانات بالاتجاهات المختلفة المقابلة للفترة الأساسية للاهتزاز، وحيث أن هذه المدة الزمنية يختلف مقدارها من مادة لأخرى، فنجد أن دورة اهتزاز حبيبات التربة تختلف في حالة مبنى من الخرسانة المسلحة أو عن مبنى ذو إنشاء معدني. وكلما كانت المدة الزمنية لدورة اهتزاز المبنى ذات قيمة قريبة جداً من مدة اهتزاز التربة فإن ذلك قد يؤدي إلى انهيار هذه المنشآت وحدث ظاهرة الرنين (Resonance).

¹ د. الدييك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

² ARNOLD, C. "Building Configuration and Seismic Design". pp.26-27.

1-1-3- الالتواء (Torsion):

من المتعارف عليه أن مركز الكتلة أو (مركز الجاذبية)، (مركز الثقل) لأي جسم هو النقطة التي يتوازن عندها الجسم تماماً دون أي دوران وينتج عن الكتلة الموزعة بشكل متساوٍ فإن تطابق المركز الهندسي للمسقط الأفقي (مركز الصلابة)، (مركز القساوة) مع مركز الكتلة فلا يحدث أي عزوم انقلاب. أن يحدث الالتواء في حال عدم تحقيق التناظر الهندسي للمبنى لأن القوى الجانبية للبناء ليس لها مقاومة جانبية مساوية لها مما يوضح أهمية تحقيق التناظر في تصميم المباني المقاومة للزلازل¹.

1-1-4- الصلابة (Stiffness):

تعد الصلابة من أهم الخصائص، ويمكن تحديد مقدارها في المباني المصممة لمقاومة الزلازل، بمقدار الانحراف الذي يحدث لها دون أن يسبب تلفاً.... وقد تم التوصل إلى أن أقصى انحراف يمكن السماح به يجب أن لا يزيد عن 0,5% من ارتفاع كل طابق عن الطابق السابق له².

1-1-5- قابلية الطرق والتشكيل (Ductility):

أن حدوث التشوه والتشكل للمادة دون أن تنهار يسمى قابلية المادة للطرق والتشكيل ويجب توافر هذه الخاصية في المواد التي يتم بها تشييد المباني المقاومة للزلازل... فنجد مثلاً الحديد يحدث له الانهيار بعد حدوث قدر كبير من التشوه غير المرن، والتشوه غير المرن (اللدونة) هو الذي لا تعود فيه المادة إلى شكلها الطبيعي الأصلي بعده، بينما المواد الغير مرنة مثل الخرسانة العادية تنهار فجأة دون حدوث تشوه يذكر، وعلى ذلك فعند وضع الحديد داخل الخرسانة، يمكن أن نحصل على الخرسانة المسلحة التي تمتاز بالقابلية الكبيرة للطرق والتشكيل، أي أن عملية التشوه التي تحدث لها عند التعرض للزلازل نتيجة امتصاص الطاقة المنطلقة منه، تنقذ باقي المبنى من الانهيار الكامل المفاجئ.

1-1-6- النظم الإنشائية المقاومة (Structural Resistant Systems):

تنقسم هذه النظم إلى مجموعتين رئيسيتين هما:

المجموعة الأولى: وهي النظم المقاومة في المستوى الرأسي، وهي أما أن تكون جدران قص أو إطارات مقواة أو إطارات مقاومة للعزوم (الهياكل والإطارات).

المجموعة الثانية: وهي النظم المقاومة في المستوى الأفقي وهي أما أن تكون الجوائز أو الجمالونات الأفقية أو البلاطات³، ويتحدد نوع ومكان كل عنصر من عناصر المقاومة تبعاً للقوى التي يتعرض لها

¹ Rosman, R., "Response of Building Structures Having Non Coinciding Vertical Stiffness and Mass Axes" European Conf .On Earthquakes, 1986, pp. 6.7/1-6.7/8.

² ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp. 34.

³ ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp 37 .

المبنى، ويقوم المصمم عادةً بافتراض حدوثها مسبقاً قبل حدوث الزلزال، فإذا كان التشكيل الهندسي الأفقي لأحد المباني، يتكون من نواة حاملة تضمن عناصر الحركة الشاقولية أو (الرأسية) حركة رأسية في المركز، والمحيط الخارجي، يمثل جدران المبنى شكل (1-أ) وبذلك فإن المبنى يلزمه وجود نظام إنشائي، مقاوم لهذه القوى، وليكن مجموعة من جدران القص المسلحة توضع على جانبي المبنى من الخارج، وعلى جانبي نواة الحركة الرأسية شكل (1-ب).

كذلك يتعرض المبنى لقوى في الاتجاه العمودي على الاتجاه السابق، وبناء على ذلك يلزمه وجود نظام إنشائي مقاوم لهذه القوى وليكن مجموعة من جدران القص المسلحة، توضع على الجانب الآخر الخارجي للمبنى، وعلى الجانب الآخر الداخلي لنواة الحركة الرأسية، شكل (1-ج) كما يتعرض المبنى عادة، عند حدوث الزلزال لقوى الالتواء، حيث يكون أفضل مكان لوضع العناصر الإنشائية المقاومة للالتواء، على المحيط الخارجي للمبنى، من جهاته الأربعة شكل (1-د).

فالمحصلة النهائية للجدران الخرسانية المسلحة التي تقاوم القوى الأفقية والعمودية عليها والالتواء تكون على المحيط الخارجي للمبنى¹.

كما يمكن تدعيم النظام بعناصر إضافية، توضع داخل التكوين الهندسي الأفقي وبطريقة مدروسة، كجدران المصاعد والنواة الحاملة التي تضمن عناصر الحركة الشاقولية، الخ...

وقد تم اختيار المحيط الخارجي للمبنى ليكون خط المقاومة الأساسي ضد قوى الزلازل.

في حالة المقاومة على المحيط الخارجي فإن العزوم التي يبذلها المبنى ضد قوى الزلزال = $R \times 3a$.

على اعتبار أن R : هي مقدار القوة وأن $3a$: هو البعد من المركز حتى المحيط الخارجي.

في حالة المقاومة على المحيط الداخلي فإن العزوم التي يبذلها المبنى ضد قوى الزلزال = $R \times a$. على

اعتبار أن R : هي مقدار القوة وأن a : هو البعد من المركز حتى المحيط الداخلي ولما كانت قوى

الزلزال ثابتة في الحالتين.

$$R \times 3a = R \times a$$

$$R \times 3 = R$$

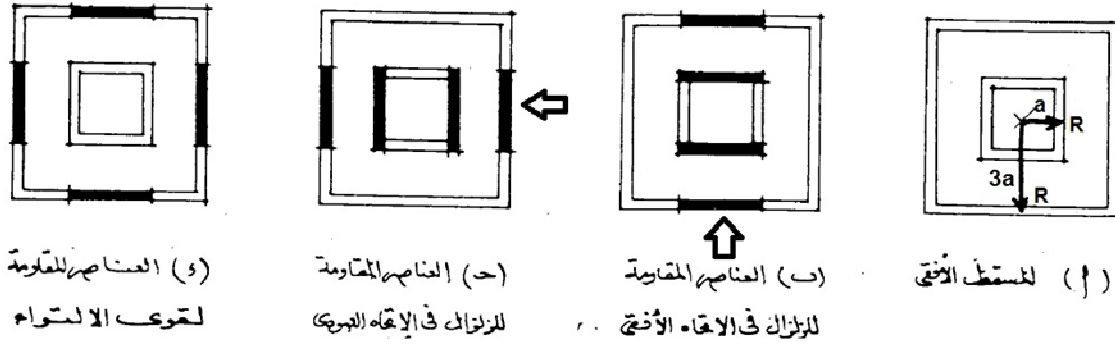
$$R = R/3$$

ومن هذا يتضح أن القوة التي يبذلها المبنى في حالة وضع عناصر المقاومة على المحيط الخارجي

تساوي ثلث القوة عما إذا وضعت عناصر المقاومة في الداخل.

¹ ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp. 42 .

لعل هذا المثال يوضح ما إذا كانت المسافة أكبر من $3a$ فيتضح أهمية اختيار المحيط الخارجي للمبنى ليكون خط المقاومة الأساسي ضد قوى الزلازل المدمرة.



شكل (1): تحديد مكان وضع العناصر في المبنى. (الباحث)

1-2-2- العوامل المؤثرة على السلوك الزلزالي للمبنى:

يتأثر السلوك الزلزالي لأي مبنى بعاملين أساسيين هما¹ خصائص التربة التي يقام عليها المبنى، ومدى تأثرها بموجات الزلازل الطولية المستعرضة. كذلك يتأثر الأداء الزلزالي بخصائص المبنى نفسه بالجزء الموجود تحت سطح الأرض أو الجزء الظاهر فوقه.

1-2-1- خصائص التربة المقام عليها المبنى:

يعتمد التأثير المدمر للزلازل بدرجة واضحة وكبيرة على الجيولوجيا المحلية للموقع، أي نوع التربة وطبقاتها ومقدار صلابتها وتماسكها² كما يلي:

1-2-1-1- نوع التربة:

يختلف نوع التربة من منطقة لأخرى، فقد تكون التربة رملية يتوقف سلوكها الديناميكي وقت حدوث الزلازل على درجة تماسكها ومعامل رصها، فالرمال الهشة الضعيفة يحدث لها تميع وتسييل، بينما الرمال المرصوصة جيداً تساعد في تقليل انتشار الموجات الزلزالية، وبالتالي تقليل آثارها المدمرة، فنجد في زلزال نيجاتا باليابان عام 1964م أن المنطقة التي تربتها من الرمال المرصوصة جيداً، لم تتأثر كثيراً بالدمار، بعكس المنطقة التي تربتها من الرمال الهشة المفككة. كما أن التربة الطينية فهي تحدث بها انزلاقات كبيرة، وتهرب من مستوى إلى آخر، فيحدث هبوط شديد للأساسات، يدمر المباني مثلما حدث في زلزال كراكاس عام 1967م.

¹ Rosman, R., "Principles of Design of Earthquake Resistant Architectural Structures" , 8th European Conf. on Earthquake Engineering , Lisbon , 1986 ,pp 13/29-13/36 .

² Tarantath, B.s. "Structural Analysis and Design of Tall Buildings . "Mc Graw Hill Book Company, New York, 1988, pp.136-147.

كذلك التربة الطفلية فتعتبر ذات حَوْض ديناميكية غير ملائمة للزلازل، وخاصة إذا كانت المياه الجوفية قريبة منها، مثلما حدث في زلزال جديز بتركيا عام 1970م، فتحولت التربة الطفلية بعد أن اختلطت بالمياه الجوفية القريبة منها إلى بركة كثيفة من الوحل المنتفخ، مما ساعد على تضخيم ونقل الاهتزازات الأرضية إلى السطح بشكل مضاعف عن تلك التي حدثت عند البؤرة. تعتبر التربة الصخرية أفضل الأنواع لمقاومة قوى الزلازل، لأنها تقوم بعملية ترشيح للموجات الأولية والثانوية، فتقلل من تأثيراتها المدمرة تبعاً لنوع الصخر وسماكة طبقاته.

1-2-1-2- طبقات التربة:

قد تكون التربة منتظمة المقطع أي أن مكوناتها لا تتغير بزيادة العمق في باطن الأرض، كما قد تكون متغيرة المقطع حيث تتكون من عدة طبقات مختلفة فوق بعضها أو متجاورة، كما تنقسم إلى تربة متجانسة، عندما تكون الطبقات المختلفة قريبة الشبه في السلوك الديناميكي، وإلى تربة غير متجانسة ذات سلوك ديناميكي لا يتيح مقاومة الزلازل بشكل جيد¹، ويمكن تحديد طبقات التربة وخواصها المختلفة بأخذ عينات من كل موقع، ثم إجراء الفحوص والاختبارات المخبرية.

1-2-1-3- صلابة وتماسك التربة:

عند توصيف الجيولوجيا المحلية لأي موقع ، يجب التعرض لصلابة وتماسك حبيبات التربة، فالترربة الرملية على سبيل المثال قد توجد في الطبيعة شديدة التماسك، أو متوسطة التماسك، أو ضعيفة جداً، ويرجع ذلك إلى عوامل كثيرة مثل:

- مقدار الرطوبة فيها.

- درجة الدك أو الرص.

- حجم الحبيبات.

- كثافة الرمل.

- نوع العناصر المعدنية للحبيبات.

- مقدار الشوائب العالقة بها.

ومن المعروف أن صلابة وتماسك التربة (التربة المرصوصة) يجعل خواصها الطبيعية والديناميكية أفضل لمقاومتها للهزات الأرضية.

¹ Wiegle, R.L., "Earthquake Engineering" pp. 82-84.

1-2-2-1- خصائص المبنى:

يتأثر المبنى بقوى الزلازل التي تنتقل إليه عن طريق التربة، إلا أن سلوك أجزائه وعناصره الإنشائية تختلف في رد فعلها تبعاً لموقعها فيه، فالجزء الموجود تحت سطح الأرض، ويسمى الأساسات هو أول شيء يتأثر بالهزة الأرضية، ثم ينقلها إلى ذلك الجزء من المبنى الذي يقع فوق سطح الأرض¹، ولهذا تختلف دراسة كل جزء عن الآخر، تبعاً لموقعه، وسلوكه، ورد فعله على الزلزال.

1-2-2-1- الأساسات تحت سطح الأرض:

ترتبط دراسة الأساسات بثلاثة عوامل أساسية: هي نوع الأساسات، وعمق التأسيس، ومواد التأسيس²، وتعتبر القواعد المنفصلة المربوطة، بالميدات والشدادات، من أفضل أنواع الأساسات التي تستخدم في المباني ذات الأحمال المتوسطة، كما تستخدم القواعد الشريطية المتصلة كأساسات للجدران الحاملة، أما الحصيرة تحت كامل مسطح المبنى، أو الأوتاد بأنواعها³ المختلفة فتستخدم في نقل أو إعادة توزيع أحمال المبنى لطبقات الأرض ذات الإجهاد المناسب، لأحمال المبنى.

أن تصميم الأساسات لمواجهة قوى الزلازل يعتمد على نوع الأساسات وهي نوع التربة، وطبقاتها وخواصها الديناميكية الزلزالية.

فعلى سبيل المثال في مدينة نيجانا باليابان تم تصميم أساسات المباني مرتكزة على أوتاد وعند حدوث الزلزال عام 1964م ابتلعت التربة الرملية هذه الأوتاد مما أحدث دماراً لعدد مائتين وأربعين مبنى وقد تبين بعد أنه كان من الأفضل تصميم الأساسات فوق حصيرة خرسانية بكامل مسطح المبنى، حتى لا يتأثر بهروب التربة وانزلاقها.

كذلك خلال زلزال طشقند عام 1966م أصاب التلف معظم المباني ذات الأساسات الشريطية، بينما صمدت المباني ذات القواعد المنفصلة.

كذلك خلال زلزال جديز بتركيا عام 1970م انهارت المباني المرتكزة على حصيرة خرسانية، بسبب انتفاخ الأرض الطفالية التي اختلطت بالمياه الجوفية بينما صمدت المباني المرتكزة على أوتاد عميقة، وبذلك يكون لنوع الأساسات دور كبير في المحافظة على بقاء المبنى، أما عمق التأسيس فيرتبط بطبقات التربة، وخواصها الميكانيكية، إذ أنه يجب الوصول إلى طبقة قوية تتحمل الإجهاد المناسب، نتيجة لأحمال المبنى المقام عليها.

¹ Schueller Walgang . "High Rise Building Structures", A wiley Inerscience Puplication, New york, 1977, pp. 20-22.

² Taranath, B.S., "Structural Analysis and Design of Tall Buildings" p.146.

³ Wiegler, R.L., "Earthquake Engineering" pp. 82 -84.

وترتبط دراسة الأساسات أيضاً بنوعية المواد التي تشيد بها، ففي الماضي كان يتم استخدام الب্লوك والحجر، إلى أن تم التوصل للخرسانة المسلحة، ذات الخواص الميكانيكية الأفضل، مع إمكانية إكسابها خواصاً أخرى مطلوبة بالإضافة الكيماوية، أو المعالجة بالبخار، أو مسبق الصنع والإجهاد. كما تم التوصل إلى بعض الأنظمة التي تتيح سلامة المبنى من الزلازل بتثبيت عناصر قوية من الفولاذ تحت وحول الأساسات، وهكذا تختلف مواد التأسيس تبعاً للتقدم العلمي والتكنولوجي لكل دولة.

1-2-2-2- المبنى فوق سطح الأرض:

يمكن تصنيف العوامل التي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم مبنى مقاوم للزلازل إلى عوامل معمارية وأخرى إنشائية، إلا أن ذلك التصنيف، لا يجب أن يكسب العملية التصميمية صعوبة ويقسمها فيما بين مسؤولية المهندس المعماري أو المهندس الإنشائي تقسيماً قاطعاً ذلك لأن الزلزال يهاجم المبنى كله، فلا يفرق بين ما هو معماري أو إنشائي. وسنبين فيما يلي أثر كل من الاعتبارات المعمارية والإنشائية في تصميم المباني لمقاومة الزلازل.

1-3-1- أولاً: (الاعتبارات المعمارية في التصميم المعماري المقاوم للزلازل):

هذه الاعتبارات المعمارية هي من أساسيات التصميم، لأنها تتعلق بتشكيل المبنى في التكوين الهندسي الأفقي، والمقاطع الرأسية، وقد يظن البعض أنها قيود تحد من طموحات المصمم بالنسبة للنواحي الجمالية والأشكال المبتكرة، إلا أن المعماري الناجح هو الذي يستطيع أن يتعامل مع المحددات المختلفة ليصل بتصميماته إلى نفس الدرجة من الجمال والابتكار وخاصة إذا كانت هذه المحددات تتعلق بحماية المبنى من الزلازل.

وتنقسم الاعتبارات المعمارية لتصميم المباني المقاومة للزلازل إلى ما يلي:

1-3-1- الشكل العام للمبنى - تشكيل المبنى (Building Configuration):

يتحدد الشكل العام للمبنى من خلال شكل المبنى وتكوينه الهندسي من مساقطه الأفقية والمقاطع الرأسية وأبعاد مساقطه بالاتجاهات الثلاث بالإضافة إلى النسبة بين هذه الأبعاد، كذلك التخطيط، والتصميم الداخلي، والشكل العام للمبنى، والذي قد يكون بسيطاً أو مركباً¹.

1-3-1-1- الشكل البسيط (Simple Form):

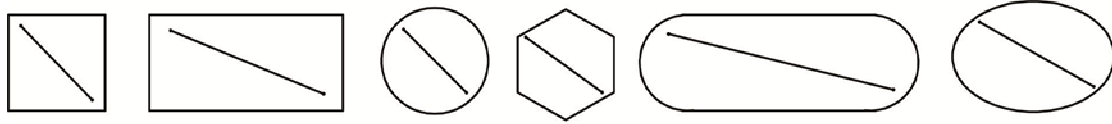
الشكل البسيط هو الذي يمكن فيه توصيل أي نقطتين على أطرافه بخط مستقيم يمر خلال هذا الشكل، كالمربع، والمستطيل، والدائرة، والمثلث، والشكل البيضاوي، والمخمس، والمسدس، شكل (2).

¹ ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp 231 .

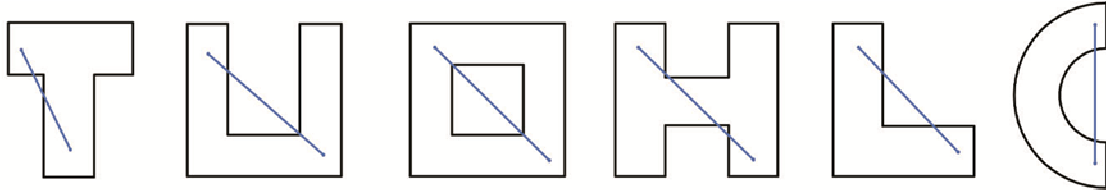
1-3-1-2- الشكل المركب (Compound Form):

الشكل المركب هو الذي لا يمكن فيه توصيل أي نقطتين على أطرافه بخط مستقيم دون أن يمر جزء منه خارج كتلة هذا الشكل، شكل (3).

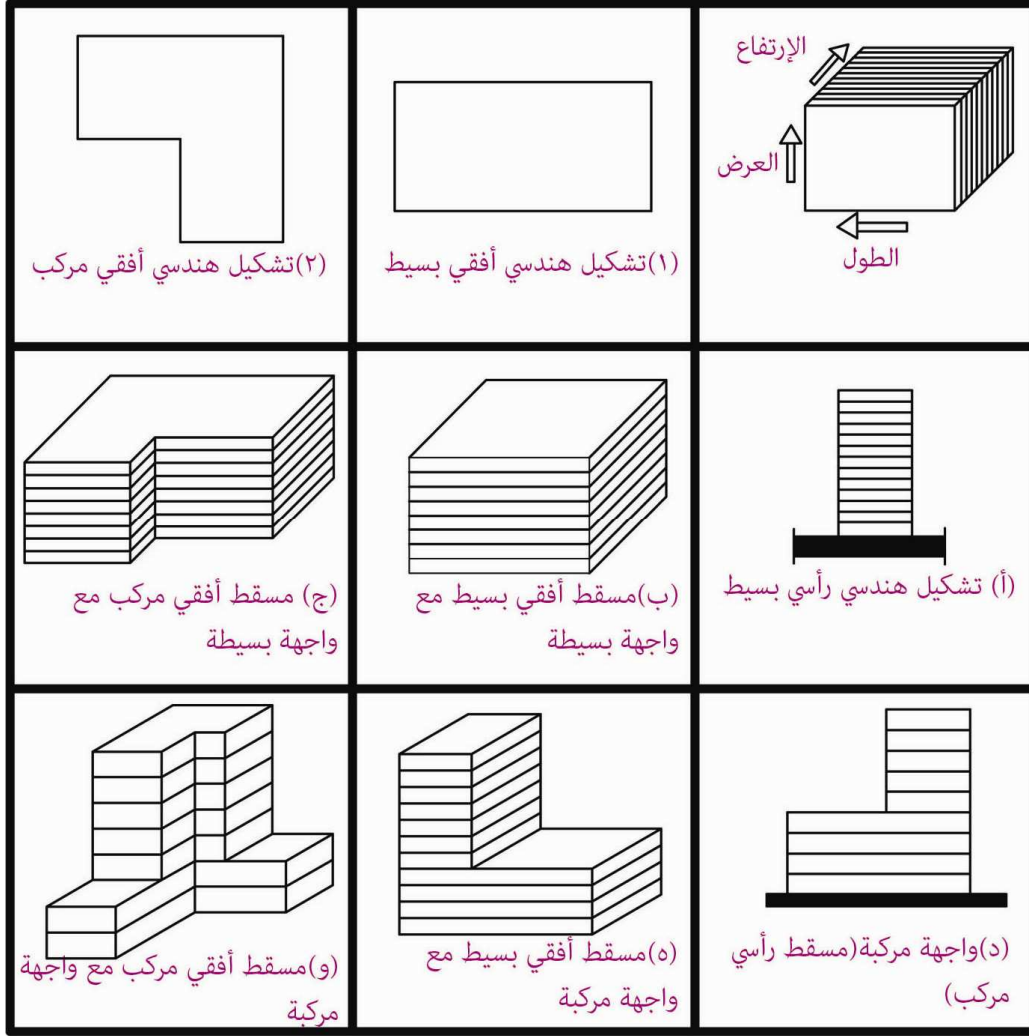
والأشكال البسيطة والمركبة لا تستخدم فقط للدلالة على التشكيل الهندسي الأفقي بل تستخدم أيضاً للدلالة على الواجهات وبذلك يمكن تقسيم أشكال المباني إلى مصفوفة كما بالشكل (4) من تلك المصفوفة، نجد أنه يمكن تعريف الشكل العام للمبنى، سواء كان بسيطاً أو مركباً من خلال التعرف أيضاً على نسبة الطول إلى العرض، ونسبة الارتفاع إلى العمق، وسطح التشكيل الهندسي الأفقي، وحجم البناء، أن تحديد أساسيات الشكل العام للمبنى، يترتب عليه طريقة تأثر المبنى بالهزات الأرضية، ولهذا ينبغي دراسة وتحليل خصائص الأشكال المختلفة مرتبطة مع باقي العوامل التي يجب مراعاتها في تصميم المباني والمنشآت المقاومة للزلازل.



شكل (2): الأشكال البسيطة (الباحث)



شكل (3): الأشكال المركبة (الباحث)



شكل (4): مصفوفة الأشكال (الباحث)

1-3-1-3- العناصر غير الإنشائية:

يعتبر تصميم معظم العناصر غير الإنشائية في المبنى من صلاحيات المهندس المعماري ومسؤولياته، إلا أن بعض هذه العناصر (الجران المحمولة: كالجران الداخلية والجران الخارجية قد تؤدي إلى حصول انهيارات جزئية، أو أحياناً كلية للمبنى في حالة لم تصمم هذه العناصر، وتنفذ وفقاً لشروط المباني المقاومة للزلازل وضوابطها.

وبشكل عام تتأثر بنية المبنى بعدد من العوامل، أهمها:

- تحقيق الهدف الوظيفي الذي من أجله أنشئ المبنى (Function).
- الالتزام بقوانين التخطيط والتصاميم العمرانية في المناطق المراد البناء عليها.
- الخروج بتكوين وشكل معماري ممتع، مع الأخذ بعين الاعتبار لأنماط المعمارية العصرية.
- وبالإضافة إلى إخضاع المبنى لأنظمة وقوانين البناء المعمول بها في البلديات، ولجان التنظيم المحلية، يسعى كل من المصمم المعماري والإنشائي لتحقيق متطلبات المالك، وأهمها:

- تحقيق الهدف والوظيفة التي من أجلها أنشئ المبنى (Function).
- تحقيق الأمان والإستدامة، وذلك من خلال الأخذ بعين الاعتبار لمتطلبات النوعية والسلوك الفعال في حالة تعرض المبنى لانهديات محتملة، بمعنى آخر أن يكون المبنى جديراً بأن يمضى عليه (Reliability).
- أن تكون تكلفة البناء بشكل منطقي.

وبدورها تلعب بنية المبنى دوراً مهماً في تحديد كيفية تأثير القوى الزلزالية التي يتعرض لها المبنى، وفي آلية توزيع هذه القوى على طوابق المبنى وعناصره الإنشائية، وتعتبر بنية المبنى عاملاً أساسياً في تحديد مقدار القوى الزلزالية التي يتعرض لها، وذلك من خلال تأثر هذه القوى بكل من: كتلة المبنى، وأشكال وأبعاد مساقطه، والنسبة بين هذه الأبعاد، وهذا يعني عندما يقوم المصمم المعماري باختيار التشكيل المناسب للمبنى، فإنه يجب أن يسعى إلى إجراء توازن بين جميع المتطلبات والمعايير من جهة، والتكلفة من جهة أخرى، فالتشكيل المثالي للمباني المقاومة للزلازل (The Optimum Seismic Configuration) قد تتعارض مع وظيفة المبنى، فمثلاً إذا أخذنا بعين الاعتبار الحالة المثالية "للتصميم الزلزالي" بدرجتها القصوى، نرى أن تحقيق ذلك قد يتعارض، في كثير من الحالات، مع وظيفة المبنى، ومن الأمثلة على المباني المثالية لمقاومة الزلازل المباني الهرمية الكتلية، كأهرامات الجيزة في مصر.

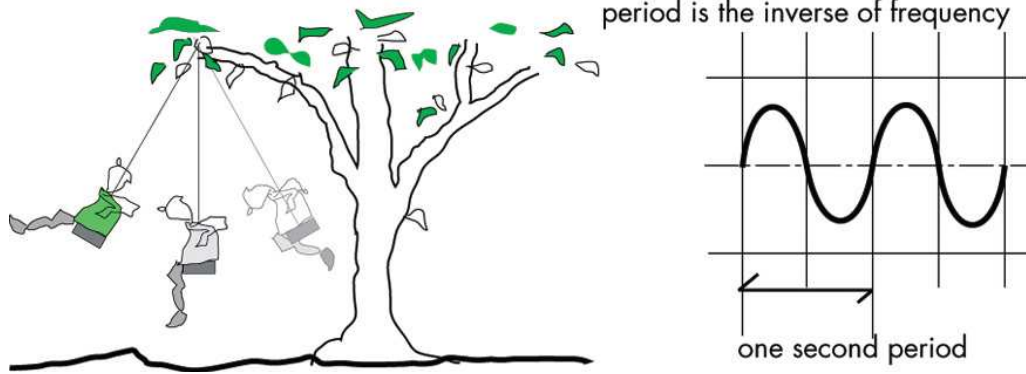
1-3-2- ارتفاع المبنى (Building Height):

يقصد بارتفاع المبنى هو طول الجزء الظاهر فوق سطح الأرض حيث يمكن اعتبار المبنى ظفر رأسي على خط الأرض، وكلما كان المبنى أكثر ارتفاعاً يزداد الظفر طولاً...، ولما كان أي ظفر رأسي له دوره إهتزازية ترددية مثل حركة النواس فنجد أن المبنى الذي يرتفع عشرين طابقاً يأخذ مثلاً دورة ترددية مقدارها ثابنتين بينما مبنى آخر ارتفاعه عشرة طوابق تكون له دورة ترددية مقدارها ثانية واحدة. ورغم أهمية ارتفاع المبنى في دراسة سلوكه الزلزالي إلا أن هذا العامل نادراً ما يؤخذ منفرداً، بل يرتبط مع العوامل الأخرى، مثل نسبة أطوال أضلاع المبنى، وطريقة توزيع كتلة المبنى، وأنظمتة الإنشائية، ونوع مواد البناء.

أي يتأثر السلوك الزلزالي للمبنى بشكل كبير بأبعاده (الطول والعرض والارتفاع)، ففي حالة المنشآت الطويلة، مثل الجسور (الكباري) أيضاً، تكون قابلية إصابتها الزلزالية (Seismic Vulnerability) أكبر من مباني المنشآت الخرسانية العادية، وذلك بسبب احتمال تطابق خط مسار الموجات الزلزالية مع خط مسار الجسر، وخصوصاً إذا صادف هذا التطابق تساوي طول الجسر أو اقترابه مع طول الموجات الزلزالية، ويعود سبب هذا التأثير الزلزالي إلى ظاهرة التضخيم الديناميكي للقوى التي سيتعرض لها الجسر. ولتجنب

هذه الظاهرة يجب أن يكون طول المنشأة صغيراً جداً بالمقارنة مع طول الموجات الزلزالية، وعموماً يمكن تحقيق هذا الشرط بسهولة في المباني الخرسانية العادية، حيث لا يتجاوز طول المبنى في الغالب 40 أو 50 متراً، وفي حالة المباني الطويلة تعمل الفواصل الزلزالية وفواصل التمدد والهبوط على تجزئة أطوال هذه المباني. وإضافة لتأثير أبعاد التشكيل الأفقي للمبنى (الطول والعرض) في سلوكه الزلزالي، يتأثر المبنى بشكل كبير بارتفاعه، وذلك لأن ارتفاع المبنى يعتبر عاملاً أساسياً في تحديد قيمة الزمن الدوري الطبيعي (T_b Natural Period)، ولكن ما هي العلاقة بين الزمن الدوري الطبيعي T_b والسلوك الزلزالي للمباني؟ كما بالشكل (5).

هناك علاقة بين قيمة معامل تضخيم القوى الزلزالية (Magnification Dynamic Factor) والنسبة بين قيمة الزمن الدوري الطبيعي لتربة الموقع (T_s) وقيمة الزمن الدوري الطبيعي للمبنى (T_b)، فعندما تكون $(T_s) = (T_b)$ يؤدي إلى حصول ظاهرة الرنين (Resonance)، وبمعنى آخر، فإن تساوي قيم هذه المعاملات (T_b) و(T_s) أو اقترابها يؤدي إلى حصول زيادة في قيمة القوى الزلزالية التي سيتعرض لها المبنى، وقد تصل هذه الزيادة إلى عشرة أضعاف أو أكثر من قيمتها في حالة ما إذا كان أثر الرنين مهماً، لذلك ركزت الكودات والمواصفات الزلزالية (الصادرة في أواخر القرن العشرين) على ضرورة الاهتمام بتأثير تربة الموقع، وأخذ ذلك في الحسبان في عملية التخطيط لاستخدامات الأراضي وهو من مهام المهندس المعماري.



شكل (5): الفترة الزمنية الطبيعية¹

1-3-3- نسبة الطول إلى العرض في التشكيل الهندسي الأفقي (Horizontal Size):

يمكن تسمية هذه النسبة بامتداد المبنى في التشكيل الهندسي الأفقي، وعند دراسة القوى الزلزالية الواقعة على المبنى فإنه يتم افتراض أن البناء يتأثر كنظام متكامل، أي أن جميع نقاط مسقطه الأفقي يكون لها

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G , Theodoropoulos C, AIA , PE FAIA , FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

نفس مقادير الإزاحة والسرعة في نفس اللحظة إلا انه في الحقيقة لا تنتشر الموجات الزلزالية بطريقة لحظية، لأن لها سرعة تعتمد على كثافة التربة وخصائص عناصرها التركيبية. أي أن عناصر المبنى الممتد أفقياً لمسافة طويلة تتأثر بشكل غير متزامن مع مختلف السرعات التتابعية، وبذلك تتأثر بإجهاد شد وضغط طولي وإزاحات أفقية مختلفة، إذن كلما زاد المبنى امتداداً أفقياً، كلما زادت احتمالات حدوث الاجهادات عليه، وبالتالي فإنه يمكن أن يعاني من متاعب في التجاوب مع اهتزازات الأرض كوحدة واحدة مما قد يفرض متطلبات خاصة في التصميم المعماري والإنشائي لكل عناصر المبنى.

1-3-4- تناسب أطوال أضلاع المبنى (Building Proportions)

تناسب أطوال أضلاع المبنى يحدد الشكل العام الكتلي له، لذلك يعتبر التناسب من العوامل الحيوية التي تحدد إمكانية مقاومة المبنى للزلازل كما يلي:

1-3-4-1- التناسب في التشكيل الهندسي الأفقي (Horizontal Proportions):

التناسب في التشكيل الهندسي الأفقي هو النسبة بين طوله وعرضه.

1-3-4-2- التناسب في التشكيل الهندسي الرأسي (الواجهات) (Vertical Proportion):

التناسب في الواجهات هو النسبة بين ارتفاع المبنى وعرضه وكلاهما أكثر أهمية من المقاسات المطلقة للمبنى.

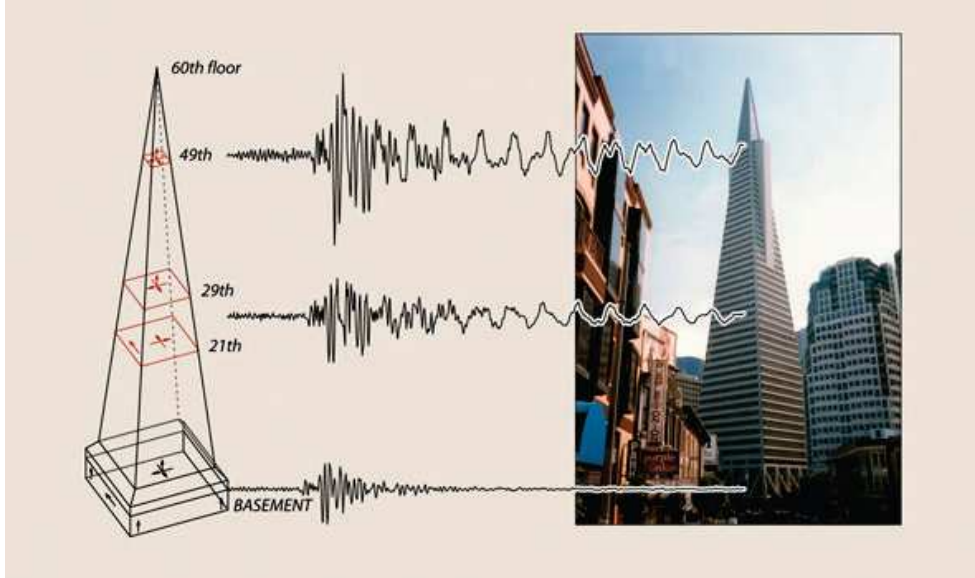
وفي دراسات زلزالية¹ أجريت باليابان على تناسب أطوال أضلاع المبنى، تم التوصل إلى نسب نموذجية تساعد المبنى على مقاومة أفضل للهزات الأرضية، كما أنها تعطي بيانات غاية في الأهمية، تساعد في تخطيط المدن وتقسيمات قطع الأراضي المخصصة للبناء، لأن قطع الأرض الصغيرة تؤدي إلى تصميم مبان لا ينطبق عليها أساسيات التصميم المقاوم للزلازل، وحيث أن تحقيق هذه النسب في مبان ذات حجم كبير يوفر لها الأمان، ذلك لأن المقياس الحجمي للكتلة له حدود أيضاً فكلما زاد ارتفاع المبنى زادت الحركة الترددية له شكل (6).

فالمبنى صغير الحجم يختلف عند تصميمه لمقاومة الزلازل عن مبنى آخر متطابق معه ولكن حجمه كبير، وكلاهما أطوال أضلاعه متناسبة، حيث أن قوى القصور الذاتي (العطالة) في المبنى الصغير تكون ضعيفة، مما يكسبه الاتزان والثبات عن المبنى الكبير كما بالشكل (7).

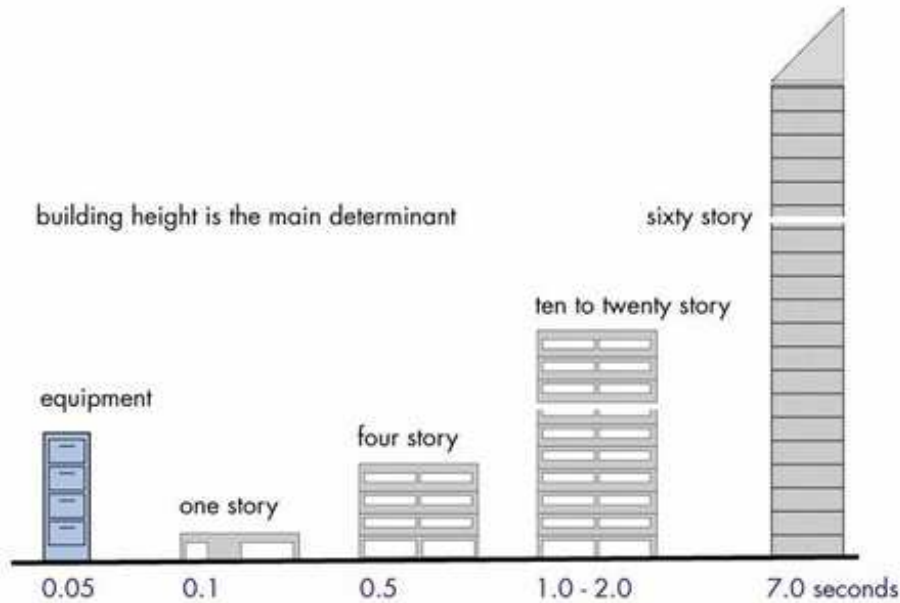
بالإضافة لتأثير أبعاد المبنى على سلوكه الزلزالي، يتأثر السلوك الزلزالي كذلك بشكل كبير بالعلاقة أو بالتناسب بين هذه الأبعاد، فنسبة نحافة المبنى $\square = 1/i$ (Slenderness ratio) التي تمثل: العلاقة بين

¹ ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp 55 .

ارتفاع المبنى وعرضه، وتؤثر بشكل كبير في سلوكه الزلزالي، فالمباني النحيفة (المباني العالية) تكون أكثر عرضة من غيرها للانقلاب عند تعرضها للزلازل المخطط (1)، ولتحديد نسبة النحافة المقبولة وفقاً للتصميم الزلزالي للمباني العادية (غير العالية)، أوصت معظم المراجع العلمية بالالتزام بالنسبة 3 أو 4 (Dowrick, 1987)، وفي حالة تجاوز نسبة النحافة القيمة 4 يصمم المبنى على أساس أنه برج، ويتم إخضاعه لطرق التصميم المتقدمة الخاصة بمثل هذا النوع من المنشآت.



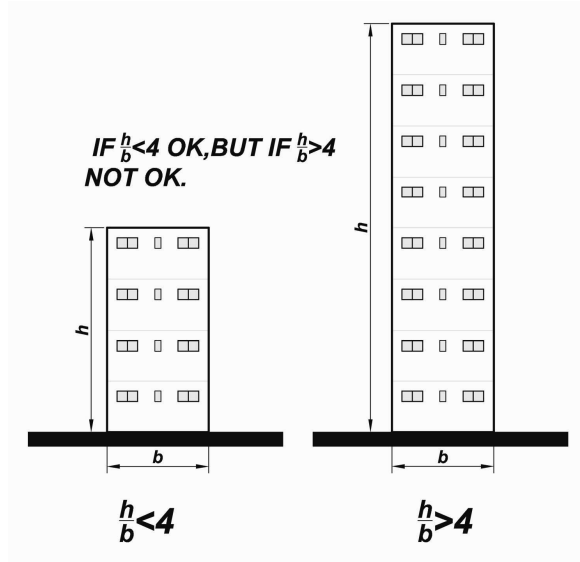
شكل (6): زيادة الحركة الترددية بزيادة الارتفاع وهو مبنى هرمي الشكل يقع في مركز مدينة سان فرانسيسكو⁽¹⁾



شكل (7): مقارنة الفترات الزمنية للأبنية والتي تتأثر بالارتفاع وهي قيم تقريبية: لنظام الهيكلي ومواد البناء والأبعاد

الهندسية تؤثر أيضاً على البناء¹

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G , Theodoropoulos C, AIA , PE FAIA , FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



مخطط (1): المباني النحيفة (الباحث)

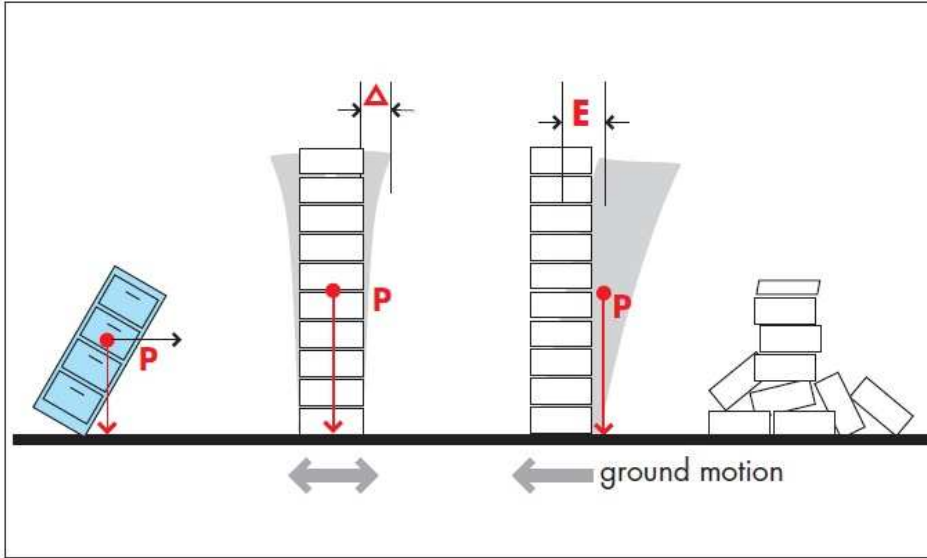
- لماذا يتم سقوط المبنى بشكل كامل في بعض الحالات؟

إن العناصر الشاقولية مثل الأعمدة والجدران قد تسقط بسبب الالتواء وذلك عندما كتلة البناء تبذل قوة الجاذبية على أحد العناصر الشاقولية المشوهة أو نقلها خارج الشكل الرأسي للمبنى من قبل قوة الهزة الأرضية وتعرف هذه الظاهرة من قبل المهندسين باسم القوة الجاذبية أو الوزن (P) (ثقل المبنى) ودلتنا وهو مقدار الانحراف.

ويجدر بالذكر أن النسب الهندسة للمبنى نسبة الطول والارتفاع (النحافة) يؤثر على اتزان البناء ويؤدي إلى قلب القوة من مستوى منخفض (مركز الثقل)، ويجدر بالذكر أنه إذا تم توفير المقاومة الجانبية وذلك بجدران القص التي هي هامة لإتزان المبنى بدلاً من تلك العناصر الرأسية للمبنى كما بالشكل (8).

على كل حال إن من النادر سقوط الأبنية بشكل كامل في الهزات الأرضية لأن الهيكل الإنشائي الغير متجانس فهو يتكون من العديد من العناصر المرتبطة ببعضها البعض فإن قوة الهزة الأرضية قد تجعل المبنى يؤدي إلى السقوط بالإضافة إلى الهياكل المتجانسة مثل خزائن لحفظ الملفات. وهناك مثال نادر من انهيار المبنى ذات الإطار الصلب الكبير فهو مبنى بينو سواريز للشقق السكنية في زلزال المكسيك لعام 1985م كما بالشكل (9) وقد سبب اضرار جسيمة فقد كانت العناصر الإنشائية للمبنى غير متناظرة في محيطها الخارجي وأيضاً كانت مفاصل الهياكل الفولاذية ضعيفة وأدى ذلك إلى انهيار المبنى بشكل كامل¹.

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (8): لماذا في بعض الحالات يتم سقوط المبنى بشكل كامل¹



شكل (9): يوضح الشقق السكنية لبينو سواريز بمدينة المكسيك عام 1985م SOURCE: NIST

1-3-5- التشكيل الأفقي للمباني: (Horizontal Configuration of Buildings)

أظهرت الزلازل التي حصلت في عدد من الدول، أن المنشآت البسيطة (Simple Structures) لها مقدرة وفرصة أكبر لمقاومة تأثير الهزات الأرضية، وهذا يعود، في حقيقة الأمر، إلى كثير من الأسباب، أهمها:

- مقدرة المصمم على استيعاب السلوك المحتمل للمبنى البسيط تكون في الغالب أكبر من مقدرته في حالة المنشآت المعقدة، فمثلاً نتائج تأثير الالتواء على المنشأة تعتبر صعبة التوقع في حالة كون هذه المنشأة غير منتظمة.

¹ National Institute of Standards and Technology (NIST).

- مقدره المصمم على وضع تفاصيل إنشائية للمنشآت البسيطة تكون في الغالب أكبر من مقدرته في حالة كون هذه المنشآت غير منتظمة.

وبالاعتماد على توصيات هندسة الزلازل ومتطلباتها تعتبر المنشآت ذات التكوينات الهندسية الأفقية رباعية الأضلاع (الأشكال المربعة والمستطيلة) والسداسية والثمانية أو الدائرية، مناسبة، ويمكن تصميمها بسهولة لمقاومة أفعال الهزات الأرضية¹، في حين أن المنشآت ذات الأشكال (الغير منتظمة والمعقدة، والأشكال L و H و T و + و Y، أو أي تركيب آخر لهذه الأشكال تعتبر من وجهة نظر التصميم الزلزالي العادي (التصميم باستخدام الطرق الاستاتيكية المكافئة) غير مناسبة، ولا يمكنها مقاومة أفعال الزلازل، فتصميم هذا التأثير من المنشآت باستخدام طريقة القوى الزلزالية الأفقية الاستاتيكية المكافئة، يتطلب معالجة تكوين هذه المباني، وقد يتم ذلك من خلال استخدام الفواصل الزلزالية، أي تجزئتها إلى أشكال هندسية متناظرة ومنتظمة، وإن تعذر تحقيق ذلك فيصبح الحل الأمثل لهذا النوع من المباني هو استخدام طرق التحليل والتصاميم المتقدمة، كالتحليل الديناميكي. وبشكل عام لا يمكن حصر جميع حالات وأشكال عدم الانتظام في المنشآت، وكذلك يجب الإنتباه إلى أن الأنواع المختلفة لهذه الحالات والأشكال تختلف في مدى أهميتها وتأثيرها، أما موضوع تحديد النقطة أو الحد الذي يبدأ عنده تأثير عدم الانتظام بشكل جدي ولاقفت للنظر، فيعالج لغاية الآن في معظم المراجع التخصصية ذات العلاقة من خلال الحدس والتقدير الهندسي للمصمم. فقائمة حالات عدم الانتظام حسب جمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا الـ SEAOC كما بالشكل (10) تقتصر محتوياتها على التعريف ببعض الحالات الرئيسية، ولا تتضمن أية قواعد وأسس يمكن من خلالها حساب مقدار عدم الانتظام بشكل كمي، ومع ذلك أظهرت معظم الإصدارات الحديثة للـ SEAOC، وبشكل خاص ابتداء من العام 1988 عن وجود محاولات لتحديد مقدار عدم الانتظام الحرج لبعض الحالات، وذلك من خلال تحديد بعض الأبعاد، أو اشتراط استخدام نسب محددة بين أبعاد المنشأة.

ومن أجل تطوير نظم البناء الزلزالي للمباني الحديثة طور برنامج تقليل المخاطر الزلزالية NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction program) في الولايات المتحدة شروطاً وتوصيات تتعلق بعدم انتظام المباني.

ومن الجدير بالذكر أن شروط المصطلحات الفنية والمتطلبات المتعلقة بالتكوين Configuration requirements في برنامج NEHRP، هي نفسها، أو تعتبر متشابهة جوهرياً مع مصطلحات ومتطلبات الكود المتناسق

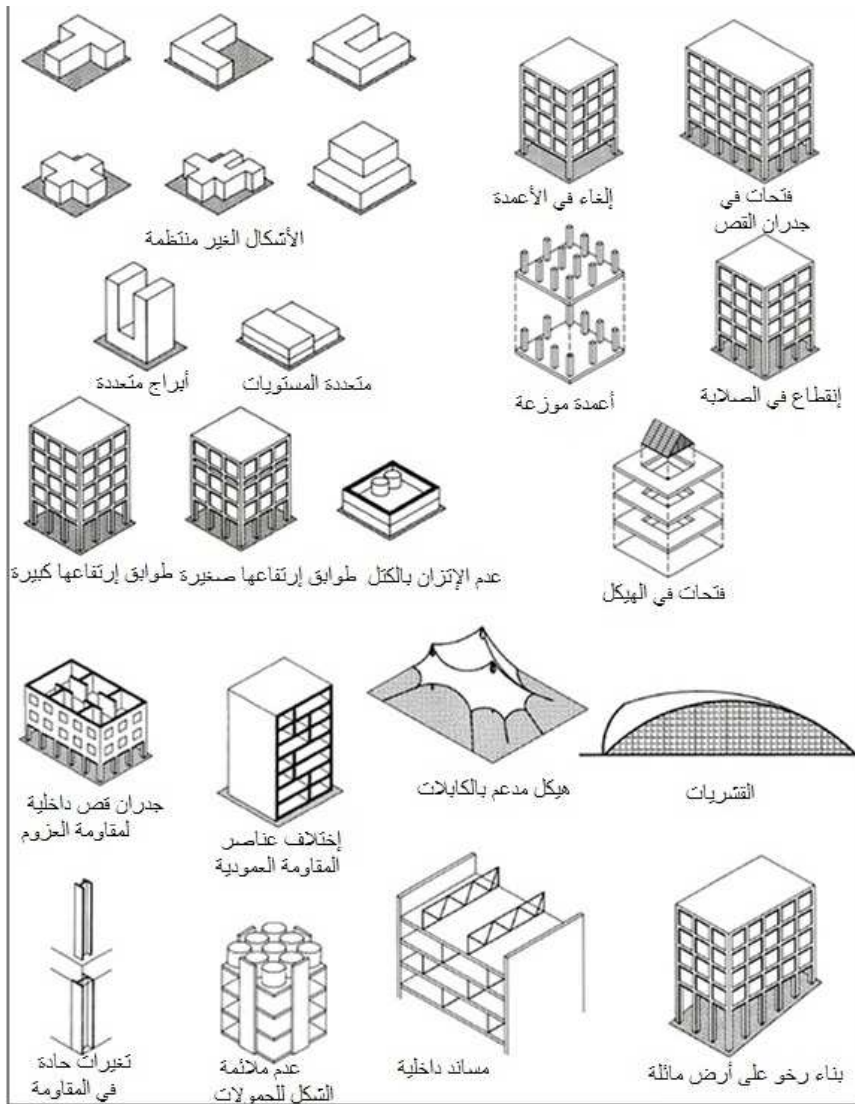
¹ Christopher Arnold, Architectural Considerations, the Seismic Design Handbook, Second Edition (Farzad Naeim, Ed.) Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA 2001

UBC (Uniform buildings Code)، فبرنامج NEHRP يعتبر الرافد الرئيسي للمعلومات بالنسبة للكود UBC. وبهدف متابعة حالات عدم الانتظام وطرق التصميم الزلزالي المناسبة لهذه الحالات، أظهرت مواصفات NEHRP 1997 عدداً من مجموعات المباني غير المنتظمة، وعموماً يمكن تلخيص طرق التحليل الزلزالي التي يمكن استخدامها في حالات المباني المختلفة، بما يلي¹:

1- استخدام الطرق الاستاتيكية لحساب القوى الزلزالية الأفقية المكافئة ELF.

2- إجراء تحليل شكلي أو مشروط (Modal Analysis).

3- استخدام طرق التحليل المتقدمة مثل طرق التحليل الديناميكية (Dynamic Analysis).

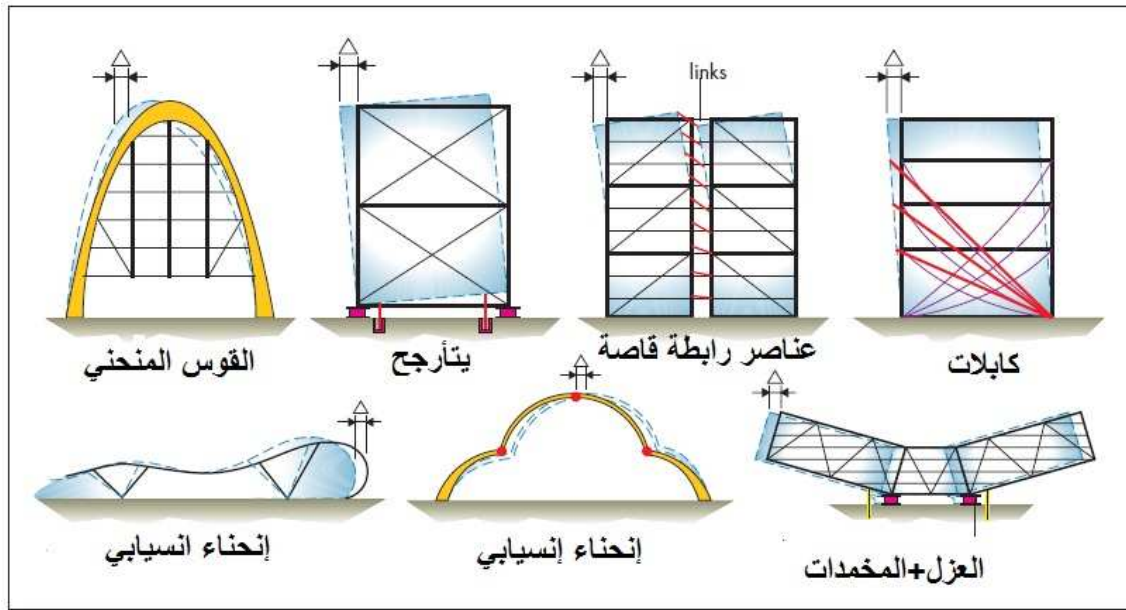


شكل (10): توضيح للمنشآت غير المنتظمة وفقاً لجمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا والمعروفة باسم الـ

SEAOC²

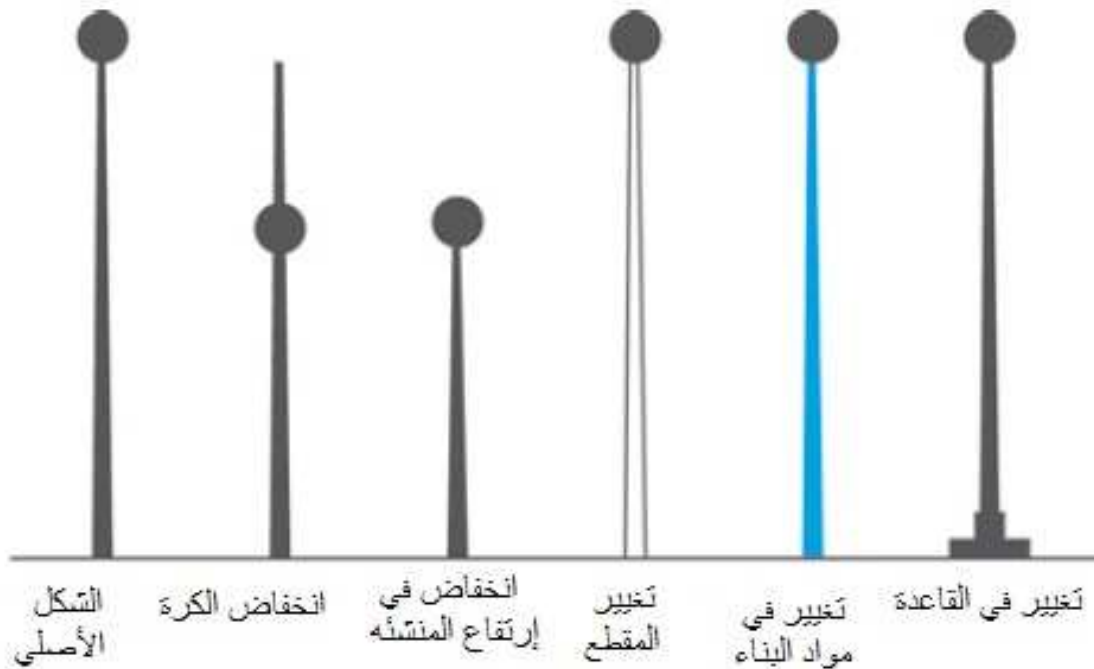
¹ د. الديب جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

² (SEAOC) -Structural Engineers Association of California



شكل (11): يوضح المفاهيم المستخدمة لتكوينات الأبنية بتشتيت القوى الزلزالية¹

كما أن هناك بعض الحلول والمفاهيم للتقليل من قوى الزلازل كما بالشكل (11) وذلك باستخدام الكابلات، عناصر ربط قوية، والنظام العزل الزلزالي وتختلف باختلاف التكاوين الهندسية للمنشأة. كما أن التغييرات في البنية المعمارية ومحاولة تقويتها بعدة طرق تؤثر على الفترة الاهتزازية الزمنية للبناء كما بالشكل (12).



شكل (12): هذه التغييرات تقصر من الفترة الاهتزازية الزمنية للمنشئه ويوضح التكوين الهيكلية المعماري الأمثل⁽¹⁾

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA

1-4-4- علاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى:

1-4-4-1 المباني المنتظمة وطرق التحليل: Regular buildings and Methods of Analysis

- تعتبر بساطة المنشأة، وتناظر مساقطه الأفقية والرأسية (الجانبية) عوامل إيجابية في مقاومته للهزات الأرضية، وخصوصاً إذا رافق ذلك ما يلي:
- عدم وجود نحافة في أبعاد المبنى.
 - تناسق مقاطع عناصره الإنشائية وانتظامها.
 - وجود تناظر في المقاومة (الصلابة)، ونوعية المواد المستخدمة.
 - وجود مقاومة وصلابة عالية وكافية لمقاومة عزوم الالتواء المحتملة.
 - استمرار وتواصل عناصر المبنى الإنشائية في الاتجاهات الثلاثة، بدلاً من تقسيمها إلى قطع منفصلة.

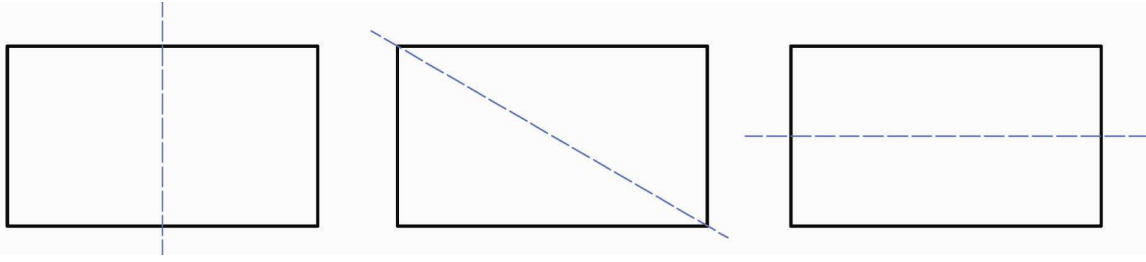
وفي المنشآت ذات التشكيل المنتظم (Regular Configuration) يمكن حساب القوى الزلزالية الأفقية الاستاتيكية المكافئة ELF (Static Equivalent Lateral Force) التي تؤثر في هذه المباني، وذلك من خلال استخدام إحدى العلاقات الحسابية المتعلقة بالطرق الاستاتيكية المكافئة والموجودة في كودات المباني المقاومة للزلازل، ومن الجدير بالذكر أن نتائج هذه العلاقات تمثل متطلبات الحد الأدنى، واستخدام هذه الطرق (الطرق الاستاتيكية المكافئة) يجب أن يكون محصوراً بالمنشآت المنتظمة أو شبه المنتظمة، أما في حالة تصميم المنشآت غير المنتظمة (المعقدة)، والتي حددت مواصفاتها جمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا فيجب في هذه الحالة استخدام طرق التحليل الإنشائي المتقدمة، كالتحليل الديناميكي لجمعية المهندسين الإنشائيين في كاليفورنيا (Structural Engineering Association of California) والمعروفة باسم SEAOC.

1-4-4-2 مقدار التناظر في المبنى (Symmetry of Building Elements):

تعتبر كلمة (التناظر) عن أحد الخصائص الهامة في العوامل التي ينبغي مراعاتها في التصميم المقاوم للزلازل.

والتناظر لا يعبر فقط عن تشابه الشكل الهندسي على جانبي أحد المحاور، سواء كان ذلك في التشكيل الهندسي الأفقي شكل (13) أو في الواجهات شكل (14) ولكن هناك أيضاً التناظر التركيبي، والمقصود به تطابق مركز الكتلة لأي شكل مع مركز مقاومته (مركز الصلابة)¹،

¹ Taranath, B.S., "Structural Analysis and Design of Tall Buildings" pp.144.



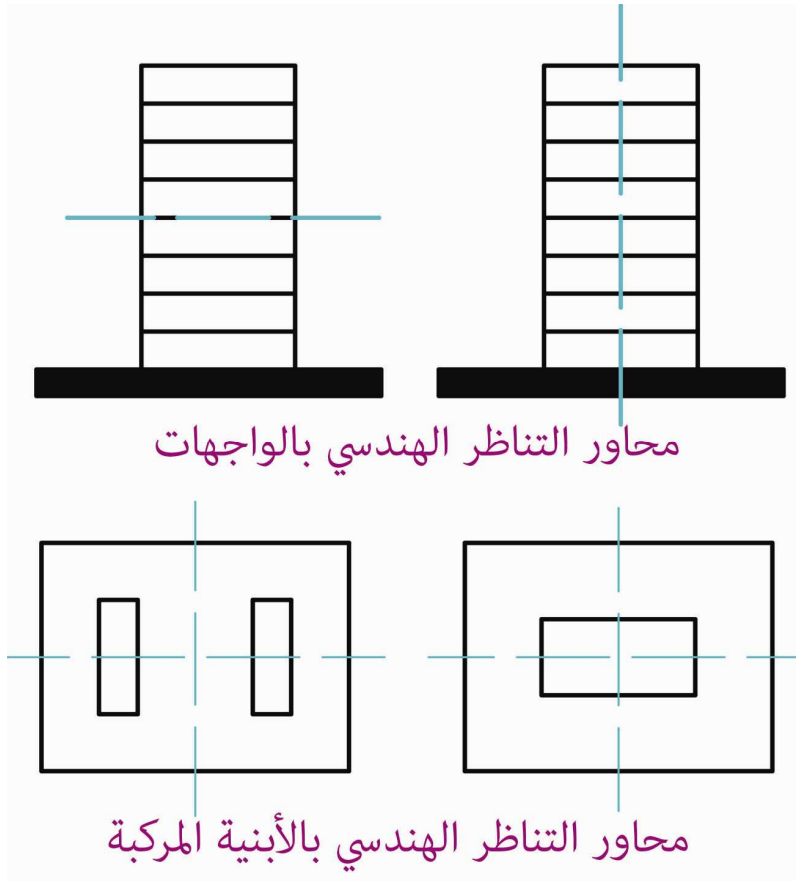
شكل (13): محاور التناظر في التشكيل الهندسي الأفقي (الباحث)

وينتج ذلك من تناظر توزيع الأوزان في الشكل المتناظر عن الشكل غير المتناظر... شكل (14) وفي التصميم الزلزالي يفضل الشكل المتناظر عن الشكل غير المتناظر وخاصة إذا أمكن تحقيق تناظر بالتشكيل الهندسي الأفقي، مع تناظر بالواجهات، مع التناظر التركيبي¹.

هذا يعني أن تناظر المبنى من الخواص الهندسية للتشكيل الهندسي الأفقي، فتحقيق التناظر في توزيع العناصر الإنشائية يعني أن مركزي الكتلة (الثقل) والصلابة (القساوة) متطابقان في نفس اللحظة أو متقاربان، وعموماً أوصت جميع الكودات الزلزالية والمراجع العلمية ذات العلاقة بإعطاء الأفضلية للتناظر أثناء عملية التصميم، وذلك لأن عدم التناظر سيؤدي إلى انحراف مركزي (Eccentricity) بين مركزي الكتلة والصلابة، وبالتالي تعرض المبنى لقوى إضافية ناتجة عن عزم الالتواء، وهذا سيؤدي بدوره إلى تركيز الإجهادات في بعض مناطق وعناصر المبنى الإنشائية، التي غالباً ما تكون المناطق والعناصر الأضعف.

ولا شك أن تحقيق أمن وسلامة المبنى والاقتصاد مع سهولة التصميم وبساطة التنفيذ ينبع من الأشكال المتناظرة.

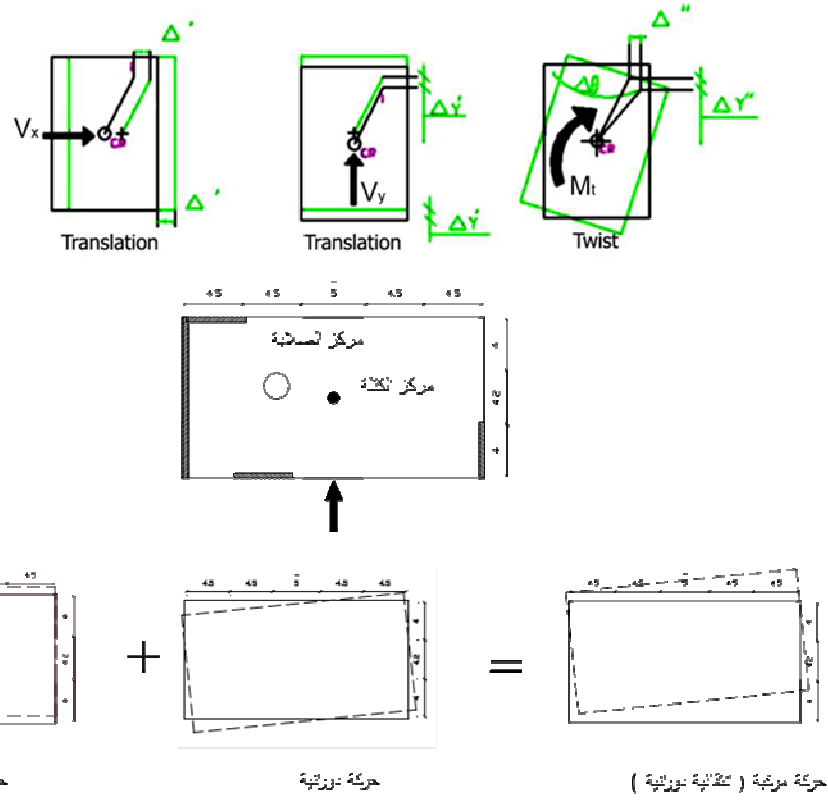
¹ Tscicnias, TG., and Hutchinos, GL., "Evaluation of code Requirments for The Earthquake Resistant Design of Torsionally Coupled Buildings.", Proc., Instn Civ. Engrs., Part 2, 1981. 71, sep, pp. 821-843 .



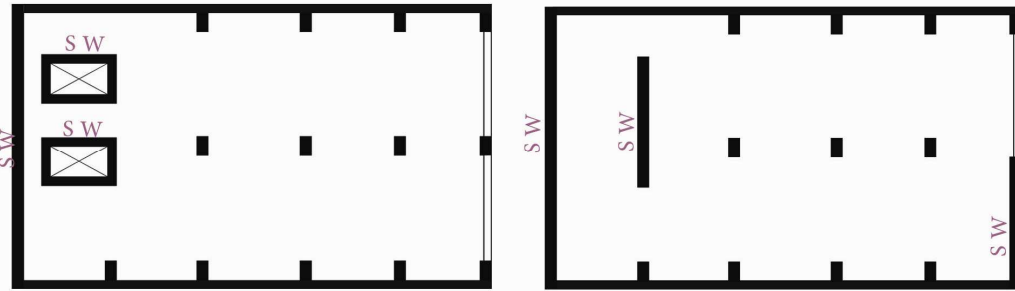
شكل (14): محاور التناظر للواجهات والأبنية المركبة (للباحث)

ومن الشواهد الزلزالية على الأشكال المتناظرة أظهرت الأحداث الزلزالية التي حصلت في العالم، أن تعرض المنشآت إلى عزوم التواء كبيرة ستؤدي إلى انهيار هذه المنشآت انظر الشكل (15)، ففي زلزال المكسيك 1985، وتركيا 1999، والهند 2001¹، وغيرها، لوحظ، بشكل واضح، أن عدداً من المباني قد تعرضت للانهيار، علماً أن هذه المباني متناظرة في أشكال مساقطها الأفقية، إلا أنها غير متناظرة في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية انظر المخطط (2)، وهذا بدوره أدى إلى حصول انحراف مركزي بين مركزي الكتلة والصلابة لهذه المنشآت.

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.



شكل (15): انحراف مركز الصلابة عن مركز الكتلة بسبب عدم التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية¹.



مخطط (2): عدم التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، وخصوصاً جدران القص يؤدي إلى حصول انحراف كبير بين مركز الكتلة ومركز صلابة (الباحث).

1-4-3- المباني الغير منتظمة:

السلوك الزلزالي للمباني غير المنتظمة Seismic Performance of Irregular Buildings

تُقسم المنشآت، استناداً للكودات وللمعايير الزلزالية، إلى: منشآت منتظمة، وأخرى غير منتظمة، وتُقسم المنشآت غير المنتظمة، بدورها، إلى فئات وأنواع، وذلك استناداً إلى أهمية المنشأة، ومقدار عدم الانتظام ونوعه، وأبعاد المنشأة، وبشكل خاص ارتفاعه، وللتعامل مع الحالات المختلفة للتشكيل المعماري والإنشائي للمباني غير المنتظمة يجب التركيز والإهتمام على ما يلي:

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

- تعريف الحالة.
- آلية تأثرها بالزلازل.
- أثر المتطلبات المعمارية والوظيفية على التشكيل المعماري والإنشائي للمبنى.
- السلوك الزلزالي المتوقع، وذلك من خلال أخذ العبر من الانهيارات والأضرار التي أحدثتها الزلازل، سواء تلك التي حصلت في نفس المنطقة، أو التي حصلت في دولة أخرى.
- الحلول المقترحة لتحسين السلوك الزلزالي.

(الأشكال الغير منتظمة) هي الخاصة المشتركة للأشكال المركبة للمباني التي يكون لها تشكيل هندسي أفقي على شكل L،T،U،H، شكل (16) أو مزيج من هذه الأشكال جميعاً.

هذا التشكيل الهندسي الأفقي شائعة الاستخدام لدى المهندسين المعماريين، ويكثر استعمالها في تصميماتهم، إلا أنها تسبب مشكلات صعبة في التصميم المقاوم للزلازل، هذه الأشكال ذات مركز كتلة لا يتوافق في الغالب مع مركز المقاومة (مركز قساوتة)، في بعض الاتجاهات المحتملة لحدوث قوى الزلازل وبالتالي تكون محصلة رد الفعل لا يمكن التكهّن بها. وتتأثر المباني الغير منتظمة بعدة عوامل أساسية مثل:

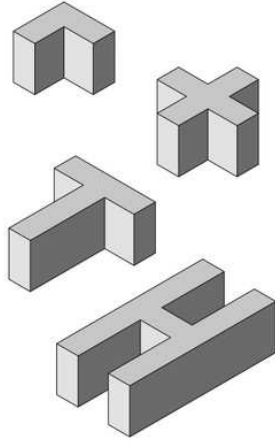
- أ. حجم المبنى.
- ب. الأنظمة الإنشائية للمبنى.
- ج. شكل الأجنحة المكونة له.
- د. عدم وجود فواصل بهذه الأجنحة.
- هـ. نسبة الطول إلى العرض.
- و. نسبة الارتفاع إلى العرض.

فمثلاً مبنى على شكل L نجد أن حركة الأرض الناتجة عن الزلازل تدفع المبنى من الأسفل، مما يجعل المبنى يندفع في الاتجاه المعاكس كرد فعل، فيرتطم ويدفع الجناح الطولي الجناح الآخر المستعرض فيحدث الدمار وخاصة إذا كانت القوة المؤثرة ترددية مثل تلك التي تحدث في حالة الزلازل¹.

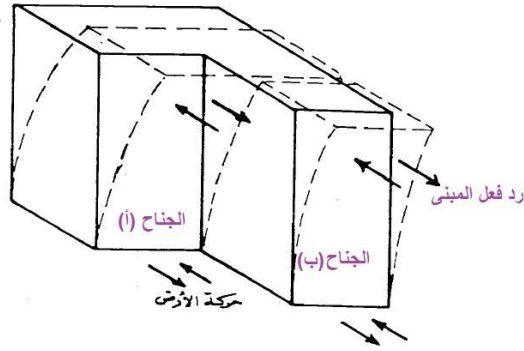
ويوضح الشكل (17) أن ازاحة الجناح (أ) أكبر من ازاحة الجناح (ب)، لأن (أ) في الاتجاه المستعرض الضعيف بينما (ب) في الاتجاه الطولي القوي، وبتكرار وتردد قوى الزلازل ورد فعل المبنى عليها يحدث ارتطام بين (أ)، (ب) كما يحدث انشطار طولي عكس اتجاه القوى المؤثرة.

هذا يعني أنه يتأثر السلوك الزلزالي للمنشآت، بشكل واضح، بتشكيل المساقط الأفقية (Configuration Plan) لهذه المنشآت، ويشمل ذلك التناظر في الشكل، وفي توزيع العناصر الإنشائية الرأسية.

¹ Raghu Prasad, B.k.and Sai Bab, A., "Influence of Shape in Plan of A Building on The Inelastic Earthquake Response." European Conf. on Earthquakes, pp. 6.7/17-6.7/23.



شكل (16): الأشكال الغير منتظمة (الباحث)



شكل (17): رد فعل مبنى على شكل حرف L نتيجة تعرضه لقوى الزلازل (الباحث)

- وعموماً يمكن تلخيص ما قد ينشأ عن هذا النوع من المباني (الأشكال المركبة المذكورة أعلاه) في حالة تعرضها للقوى الزلزالية، بما يلي:
- حدوث اختلاف في توزيع الصلابات، وهذا يعني حصول اختلاف في حركات أجزاء المبنى، وهذا بدوره سيؤدي إلى تركيز الاجهادات في منطقة التقاء هذه الأجزاء انظر الشكل (18).
 - حصول التواء، وذلك بسبب عدم تطابق (انحراف) مركزي الكتلة والصلابة وذلك بالنسبة لجميع الاتجاهات المحتملة للقوى الزلزالية.

* شواهد زلزالية:

أظهرت الوقائع الزلزالية، التي حصلت في كثير من دول العالم (الاسكا 1964 وسان فرناندوا 1971 والمكسيك 1985 والفلبين 1990 ونتردج 1994 وكوبي – اليابان 1995 وتركيا 1999 وكولومبيا 1999 والهند 2001 والجزائر 2003، وبام في إيران 2003، وغيرها)¹، أن استخدام هذا النوع من أشكال المباني قد أدى في الغالب إلى حصول انهيارات جزئية وأحياناً كلية عند تعرضها لقوى زلزالية انظر الشكل (19).

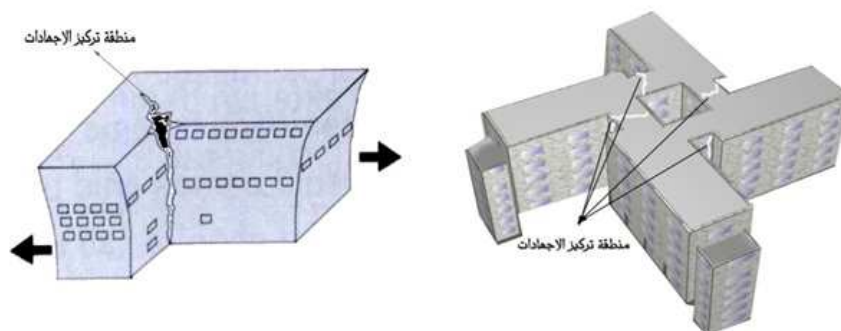
¹ Earthquake Engineering Research Institute . <http://www.eeri.org>

* الحلول:

يمكن إجراء معالجة أو تأهيل زلزالي للمباني ذات الأشكال المركبة، باستخدام عدد من الحلول، وبشكل عام تعتمد هذه الحلول على منهجين لحل المشكلة:

- فصل المبنى وتجزئته إلى أجزاء وأشكال منتظمة بسيطة.
- ربط المبنى بشكل قوي عند التقاء أجزائه، وذلك من خلال إضافة عناصر إنشائية مقاومة للقوى القاصة الزلزالية.

وفي كلتا الحالتين يجب العمل لأقصى حد ممكن لتوفير التفاصيل المعمارية والإنشائية اللازمة، وكذلك عدم تعارض هذه الحلول مع الوظيفة أو الهدف الذي أنشئ من أجله المبنى، واستناداً للمراجع العلمية ذات العلاقة، يمكن تلخيص الحلول الهندسية التي تستخدم عادة في معالجة المباني ذات الأشكال المركبة وتأهيلها زلزالياً، كما هو موضح في الشكل (20) ولتوضيح بعض أنماط وأشكال المباني أثناء وقوع الزلزال كما بالشكل (21).



شكل (18): المباني ذات الأشكال الهندسية المركبة أو المعقدة⁽¹⁾



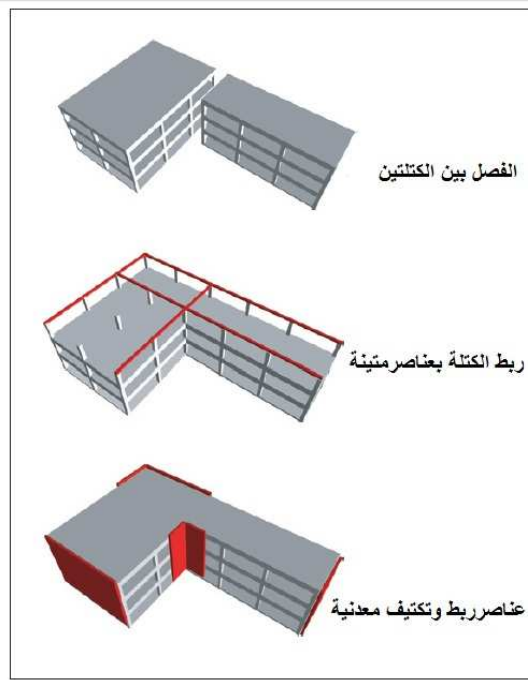
زلزال الفلبين 1990



زلزال كوبي- اليابان 1995

شكل (19): مباني ذات أشكال هندسية غير منتظمة (غير متناظرة)¹

¹ د. الديب جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.



شكل (20): بعض الحلول الهندسية للمباني ذات الأشكال المركبة¹

نماذج من أشكال المباني	نماذج من ما قد يحدث بالمبنى أثناء وقوع الزلزال

شكل (21): يوضح أنماط وأشكال المباني أثناء وقوع الزلزال⁽¹⁾

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

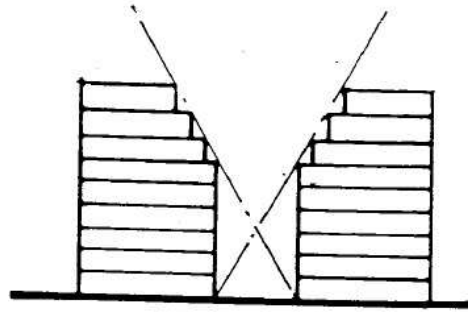
1-4-4-4- المبانى ذات الارتدادات الرأسية والمعكوسة (التراجعات والبروزات) (Vertical seatback)

يقصد بالارتداد الرأسى (التراجع) النقص المفاجئ فى مسطح الأرضية بالطوابق العليا، ويرجع ذلك إلى متطلبات صحية حتى لا تحجب الطوابق العليا الضوء والهواء عن الطوابق السفلى بالمبانى المقابلة لها شكل (22) أو الاحتياجات والمتطلبات المعمارية شكل (23).

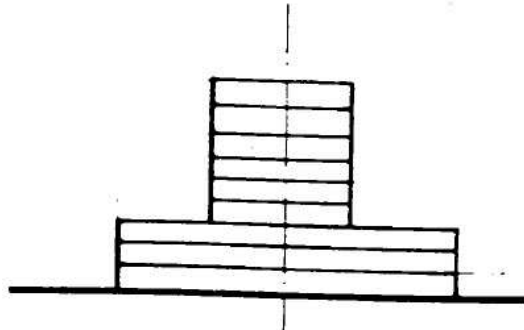
أما الارتدادات المعكوسة (البروزات) فهي شكل آخر من أشكال الارتدادات الرأسية، حيث يبرز المبنى للخارج كلما ارتفعنا لأعلى... ويعتبر المعمارين ذلك من الأشكال الجمالية المرغوب فيها، ولتوفير مسطحات أظلال فى المناطق الحارة شكل (24).

وفى تصميم المبانى المقاومة للزلازل فإن التراجع تعتبر مشكلة هامة تتمثل فى التغير فى الصلابة فى الاتجاه الرأسى للمبنى نتيجة للتغير بالنقص فى مسطح التشكيل الهندسى الأفقى¹، إلا أن ذلك لا يلغى فكرة البحث عن حل مناسب يمكن به التغلب على هذه المشكلة.

أما البروزات فهو مرفوض تماما فى التصميم المقاوم للزلازل شكل (25)، لأنه يزيد من القوى القالبة للمبنى ولمقارنة بين اشكال التراجع فى الأبنية كما بالشكل (26).

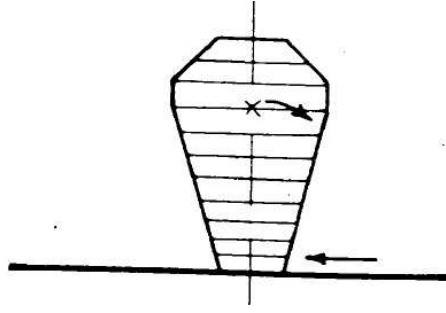


شكل (22): الإرتدادات الرأسية لتوفير الضوء والتهوية الطبيعية (الباحث)

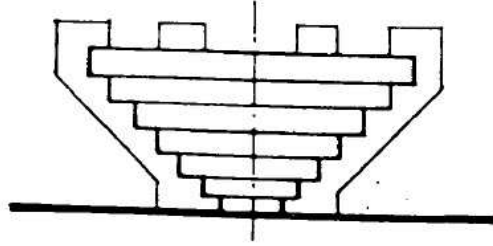


شكل (23): الإرتدادات الرأسية للقاعدة والبرج (الباحث)

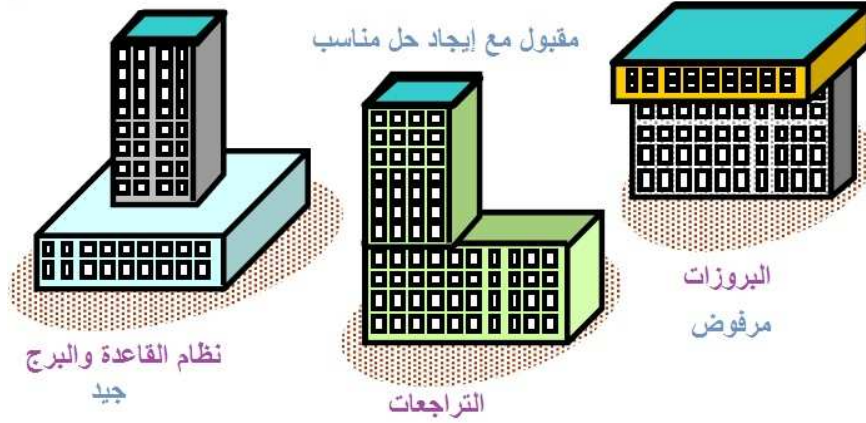
¹ Dolce, M. and Simonini, A. "The Influence of Structural Regularity on the Seismic Behavior of Buildings". European Conf. On Earthquakes, pp. 6.6/1-6.6/16-



شكل (24): التراجع الرأسي تزيد من القوى القالبة للمبنى (الباحث)



شكل (25): البروزات كمتطلبات جمالية (الباحث)



شكل (26): مقارنة بين اشكال التراجع في الأبنية¹

1-4-5- المباني المتلاصقة أو المتصلة (Adjacency of Buildings):

قد يلجأ المخطط في مناطق مراكز المدن، حيث توجد مباني الخدمات التجارية، والإدارية، والسكنية إلى الأبنية المتصلة، بعكس ما يحدث في أطراف الأحياء حيث تكون المباني منفردة وذات ارتفاع أقل. ويحصل التجاور أو التلاصق عادة بين الأبنية للأسباب التالية:

- إقامة مبنى بجوار أو بملاصقة مبنى قائم قديم (أنظمة البناء في المناطق التجارية)، وبدون ارتدادات جانبية.

- وجود فاصل زلزالي، أو فاصل هبوط، أو تمدد بين أجزاء المبنى الواحد انظر شكل (27).

¹ C.R.V. Murty , "Learning Earthquake Design and Construction", -Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology ,kanpar, India, Desember, 2003.

وعند حدوث الزلزال فإن مشكلة المباني المتلاصقة تتضح في إمكانية اصطدامهما (Pounding) كل مبنى بالمبنى الآخر المجاور له مما يزيد من حدوث التلف، نتيجة لعدم تحقيق الوحدة الإنشائية¹ بين المباني نظراً لاختلاف زمن ونوع التصميم، إلى جانب الاعتبارات المعمارية الأخرى مثل تشكيل الواجهات وفرق الارتفاعات وإختلاف مواد البناء وطرق التشييد.

وعلى ذلك فإن المشكلة الأساسية في الأبنية المتصلة هي البحث عن طريقة لتجنب الارتطام الناتج عن اهتزاز والتواء المباني بتأثير القوى الزلزالية كما بالمخطط (3).

وتزداد مشكلة الارتطام خاصة إذا كانت بلاطات الأرضيات والجوائز الحاملة لها في نفس المنسوب بكتلتا المبنين، حيث ترتطم عناصر مقاومة المبنى مع المبنى الآخر، مما يسبب دمارهما معاً، لذلك من الأفضل عمل فرق في المنسوب بين كل مبنى وآخر كما أن الاختلاف في ارتفاع المبنى عن المبنى المجاور له يزيد من عملية الارتطام، حيث يكون لكل مبنى دورته الترددية الخاصة به شكل (28).

ويكون عرض الفاصل الزلزالي بين المباني المتصلة أو أجزاء المبنى الواحد غير ثابت (أي ليس كما هو معمول به في أنماط المباني العصرية في سوريا والكثير من دول العالم العربي)، وبشكل عام يعتمد عرض الفاصل على عدد من العوامل، أهمها:

1- ارتفاع المبنى،

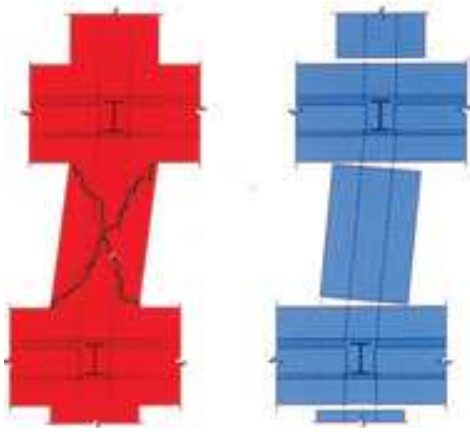
2- وزلزالية المنطقة والموقع،

3- والنظام الإنشائي المستخدم،

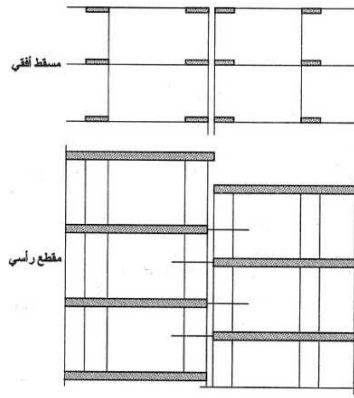
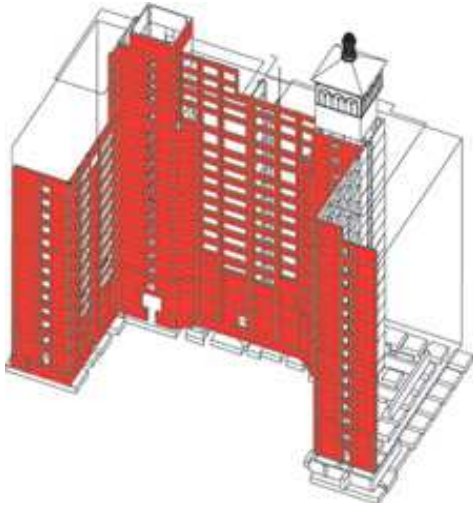
4- ونوعية التربة.

ويُحسب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متلاصقين من خلال: جمع مقدار الإزاحة الجانبية لكل من المبنى الأول والثاني، وإضافة 2-3 سم إلى حاصل جمع الإزاحات انظر الشكل (29). أما لحساب الارتداد عن الجار عند البدء بالتخطيط العمراني للمباني المنفصلة فهي تساوي نفس ارتفاع المبنى نفسه كما بالشكل (30) والمخطط (4) يوضح الفواصل بين المباني المتجاورة انماط المباني في انماط المباني المعاصرة.

¹ ARNOLD,C."Building Configuration and Seismic Design".pp 141-143 .

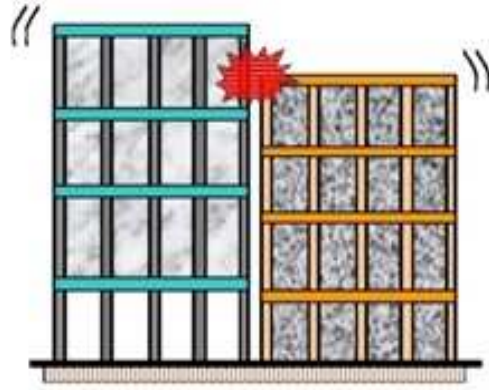


شكل (27): ضرورة وجود فاصل زلزالي بين أجزاء
المبنى الواحد²



اختلاف مناسيب البلاطات في الكتل المتجاورة

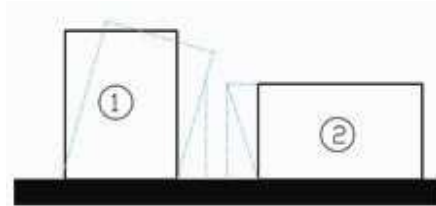
مخطط (3): البلاطات والجوائز الغير متقابلة تقلل من
تأثير التلف¹



شكل (28): زيادة الارتطام باختلاف الارتفاع بين الكتل المتجاورة³



الفاصل الزلزالي



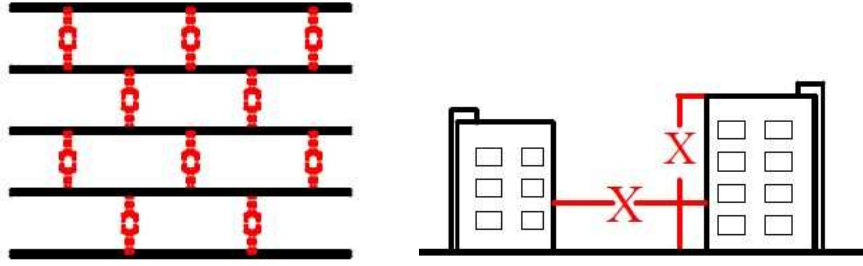
شكل (29): كيفية حساب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متلاصقين⁴

¹ الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" - تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

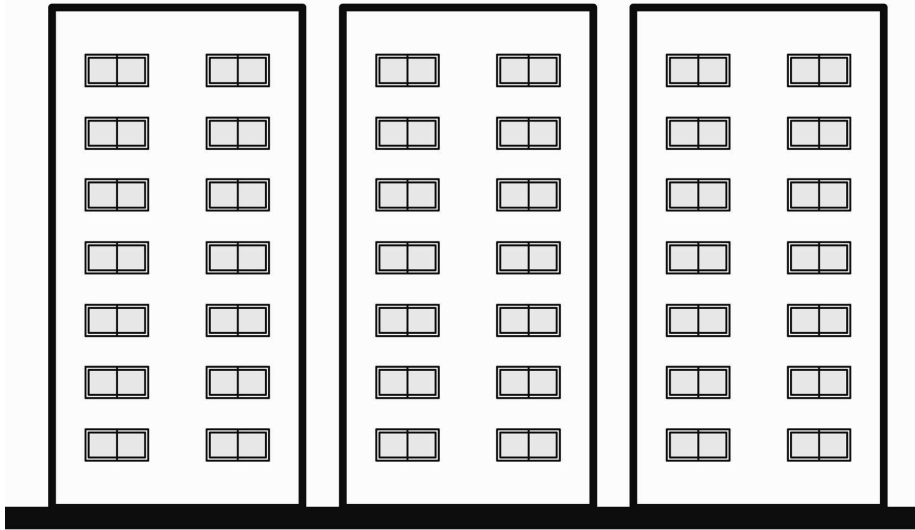
² ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

³ C.R.V. Murty, "Learning Earthquake Design and Construction", -Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology, kanpar, India, Desember, 2003.

⁴ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.



شكل (30): كيفية حساب عرض الفاصل الزلزالي لمبنيين متجاورين عند البدء بالتخطيط العمراني¹



مخطط (4): الفواصل بين المباني المتجاورة في أنماط المباني المعاصرة (الباحث)

1-4-6- البناء فوق مبانٍ قائمة قديمة Construction over Existing Old Buildings:

إن استخدام أكثر من نظام إنشائي في المبنى الواحد، كالبناء فوق مبانٍ قائمة قديمة انظر الشكل (31)، يُسهم، بشكل كبير، في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى، فأنماط وأشكال اهتزازات المباني القديمة وتردداتها يختلف، بشكل كبير، عن المباني الخرسانية المسلحة الحديثة، وهذا بدوره سيؤدي لحصول إجهادات وقوى إضافية.

وفي حالة وجود حاجة ماسة للبناء فوق مبانٍ قديمة، وكانت الأنظمة الإنشائية لهذه المباني تختلف عن الأنماط الإنشائية المستخدمة حالياً يجب في هذه الحالة، إجراء نمذجة، وتحليل إنشائي للمبنى المستحدث مع الأخذ بعين الاعتبار لجميع الأنظمة الإنشائية المستخدمة، مع العلم أن السلوك الزلزالي لمثل هذا النوع من المنشآت يكون، في الغالب، معقداً جداً، ويتطلب مهارةً وحلولاً إنشائية مبتكرة. ومع ذلك أظهرت بعض الاستطلاعات والدراسات الميدانية عن وجود منشآت تحتوي على ثلاثة أنظمة إنشائية فوق بعضها البعض، فمثلاً المبنى الموضح في الشكل (31-أ) يحتوي على ثلاثة أنواع من الأنظمة الإنشائية،

¹ دم. عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

فالنظام الإنشائي في الطابق الأرضي وجزء من الطابق الأول للمبنى يتكون من نظام العقود (الأنظمة الإنشائية للمباني القديمة جداً)¹، في حين يتكون النظام الإنشائي في معظم الطابق الأول وجميع الطابق الثاني من الجدران الحاملة، والأسقف تتكون من خرسانة مزودة بمقاطع فولاذية، أما كل من الطابق الثالث والرابع فتتكون أنظمتها الإنشائية من الأعمدة والجسور المسلحة، فحين تتكون الواجهات الخارجية من الجدران الخرسانية الحجرية. فمن الناحية العملية يصعب التصور كيف سيكون السلوك الزلزالي لهذه الأنظمة، وكيف ستتعاون هذه الأنظمة الإنشائية مع بعضها البعض عند حدوث زلزال، فمن شبه المؤكد أن هذا النوع من المباني، سيتعرض لأضرار ولانهيارات جزئية أو كلية، وذلك بسبب ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية.



أ- ثلاث أنظمة إنشائية فوق بعضها البعض



ب- جدران حاملة غير مسلحة (الطابق الأرضي الأول) تحمل طابقين نظامهما الإنشائي يتكون من أعمدة وجسور خرسانية مسلحة

الشكل (31): البناء فوق مباني قائمة قديمة⁽¹⁾

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

1-4-7- توزيع الفتحات في الجدران (Distribution of Openings in the Walls):

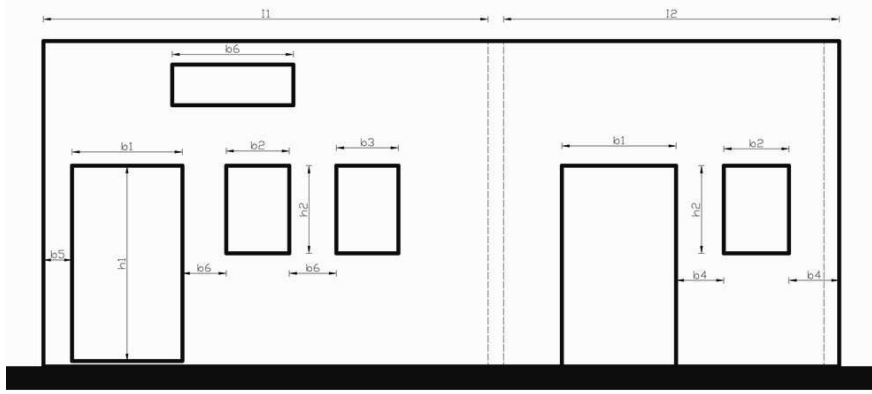
أظهرت الأحداث الزلزالية أن الأضرار والتشوهات تتركز عادة في المناطق المحيطة بفتحات الأبواب والنوافذ، أو في أطراف هياكل هذه الفتحات، وللمحد من الأضرار والانهيانات المحتملة في هذه المناطق، يتم عادة تزويد هذه الفتحات بتسليح خاص انظر إلى تفاصيل تسليح فتحات الأبواب والنوافذ الموضحة في الشكل (32)، بالإضافة إلى ضرورة ضبط العلاقة بين أبعاد هذه الفتحات والمسافة فيما بينها، وتزداد أهمية ضبط العلاقة بين هذه الأبعاد والمسافات بشكل خاص في حالة الجدران الحاملة غير المسلحة انظر المخطط (5).

ولتأهيل المباني القائمة زلزالياً، أظهرت الدراسات التي تم إجراؤها في نهاية القرن الماضي، أن تربيط الجدران الحاملة غير المسلحة والمصنوعة من الطوب أو الخرسانة، يمكن أن يتم من خلال تربيط المبنى في المناطق الحرجة بواسطة ألياف شبكية انظر الشكل (33)، وتوجد هذه الألياف تجارياً على شكل لفافات مصنوعة من أسلاك، أو ألياف معدنية، أو زجاجية، أو غيرها من المواد وبعد أن يتم تثبيت الشبك، يتم تغليفه بطبقة من المعجونة والدهان، وذلك حسب نوع المادة التي يتكون منها الشبك.



الشكل (32): تسليح فتحات النوافذ والأبواب¹

¹ د. الديب جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.



مخطط (5): توصيات تتعلق بأبعاد والمسافات بين النوافذ والأبواب الجدران

$$b1+b2+b3 < 0.5 l1$$

$$b4 > 0.5 h2$$

$$b5 > 0.25 h1$$

$$h3 > 60\text{cm or } 0.5 (b2 \text{ or } b6 \text{ whichever is more})$$

الحاملة (1)



الشكل (33): تقوية وترتيب المباني من خلال استخدام ألياف شبكية على شكل لفافات¹.

5-1- السلوك الزلزالي للعناصر غير الإنشائية

Seismic performance of Non Structural Elements:

تحتوي المباني، إضافة للعناصر الإنشائية، على عناصر غير إنشائية، مثل: الجدران الداخلية، والإكساء الخارجي (قطع الحجر والرخام والجرانيت وغيرها..)، وعناصر التزيين بأنواعها المختلفة، والأثاث، وغيرها من العناصر غير الإنشائية.

وتؤدي الأضرار والانهيارات التي تحدثها الزلازل في العناصر غير الإنشائية إلى خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، فانهيار أو تضرر الجدران الداخلية وجدران البلوك والرخام والقطع الحجرية والعناصر المعمارية الكتلية والنوافذ والتزيينات والأثاث، يُسهم، بشكل كبير، في ارتفاع حجم الخسائر المادية، وكذلك

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2011م.

في زيادة عدد الجرحى والوفيات، لذلك ركزت هندسة الزلازل على أهمية ربط هذه العناصر بما يتلاءم مع الحركات الاهتزازية التي قد يتعرض لها المبنى، وتصنف هذه العناصر عادة بالنسبة للأحمال والقوة الرأسية بأنها عناصر محمولة، إلا أنه تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية، يساهم بعضها كجدران البلوك الداخلية في زيادة صلابة المنشأة، وذلك من خلال آلية عملها وتأثيرها على الإطارات الخرسانية المسلحة، فوجود هذه الجدران داخل الإطارات، يحولها إلى إطارات مكثفة أو مربطه (Braced Frames) تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية، وفي حالة كانت المادة التي تتكون منها الجدران المحمولة الموجودة بين الإطارات أقوى (أصلب) من مادة الخرسانة المسلحة التي يتكون منها الإطارات، كأن تكون من الحجر عالي الصلابة، فإن ذلك يمكن أن يؤدي إلى حصول تشوهات وأضرار في الإطارات نفسها الشكل (34).

1-5-1- السلوك الزلزالي للجدران الداخلية:

استناداً لطريقة ربط الجدران الداخلية، قد تؤثر أو تتأثر هذه الجدران بسلوك الإطارات الخرسانية المسلحة، فقد أظهرت الأحداث الزلزالية التي تعرضت لها الكثير من الدول، أن الجدران الداخلية قد تعرضت لأضرار وانهيارات انظر الشكل (35)، وللد من الأضرار يمكن تربط هذه الجدران أو تسليحها، ويمكن تنفيذ ذلك بأكثر من طريقة، وللإطلاع على بعض هذه الطرق، انظر الشكل (36)، وفي حالات كثيرة يحبذ بعض المهندسين فصل هذه الجدران عن الإطارات الإنشائية، وذلك لمنع التعاون فيما بينهما، وبالتالي منع احتمال تأثرهما ببعضهما البعض (انظر إلى الأشكال 34 و35 ثم قارن بينهما)، وبشكل عام يتم فصل الجدران المحمولة على الإطارات بعدة طرق، أهمها¹:

- وضع فاصل بين الجدران الداخلية والإطارات الإنشائية، انظر الشكل (36).



شكل (34): إن الجدار البنائي هو الأقوى، ففص الأعمدة الكبيرة نسبياً (زلزال أضنة - جيهان، بتركيا 1998)²

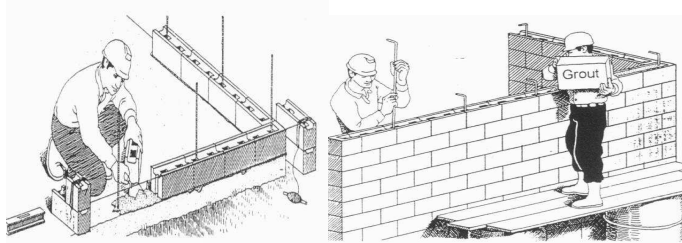
¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

² Hugo Bachman، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني - المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.



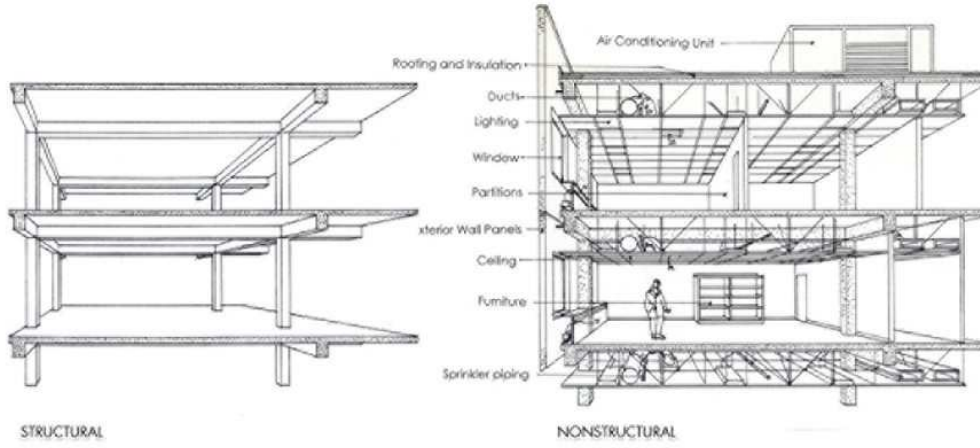
شكل (35): أضرار وتشققات قطرية في الجدران الداخلية المحمولة⁽¹⁾

- استخدام روابط ميكانيكية خاصة بحيث يتم من خلالها ربط الجدران الداخلية مع الإطارات الحاملة بدون أن تؤثر حركاتها الاهتزازية في بعضها البعض، وعادة يستخدم هذا النمط من التثبيت في حالة كان الجدار الداخلي يتكون من قطعة واحدة أو من عدد قليل من القطع الكبيرة. والشكل (37) يوضح الفرق بين العناصر الإنشائية والعناصر الغير إنشائية.



الشكل (36): تثبيت أو تسليح الجدران الخارجية الغير حاملة (المحمولة)¹

¹ د. الديب جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.



شكل (37): العناصر الغير إنشائية في الأبنية¹

1-5-2- السلوك الزلزالي للجدران الخارجية المحمولة:

أظهرت الأحداث الزلزالية التي حصلت في الكثير من دول العالم، أن العديد من قطع البلوك أو الحجر المستخدمة في الجدران الخارجية، وكذلك التشكيلات المعمارية الجمالية التي يتم تنفيذها عادة من الحجر، قد تعرضت لأضرار أو التساقط انظر الشكل (38)، وذلك بسبب عدم تأمين الربط المناسب لقطع هذه الجدران مع طبقة الخرسانة، وكذلك عدم تأمين التثبيت اللازم بين هذه الجدران والعناصر الإنشائية الحاملة، وبمنظرة سريعة إلى كيفية تنفيذ هذه الجدران وفقاً لأنماط المعاصرة، يلاحظ ما يلي:

- في معظم الحالات لا يتم تثبيت الحجر ميكانيكياً مع الخرسانة، ويكتفي فقط بالربط الذي يوفره تماسك أسطح قطع الحجر مع الخرسانة، وغالباً ما تكون أسطح هذه القطع ملساء، وبالتالي يكون التماسك ضعيفاً شكل (39)، وأحياناً تعرضت هذه القطع إلى السقوط حتى بدون تأثير الهزات الأرضية.
- تسهم طريقة تنفيذ الجدران الخرسانية في ضعف الربط بين الحجر والخرسانة، فعادة يتم بناء صفوف الحجر أو البلوك، ومن ثم يتم صب طبقة الخرسانة بينهما شكل (40)، وبسبب الحرص على عدم دفع الخرسانة لقطع الحجر أثناء عملية الصب، لا يتم عادة رص الخرسانة بالشكل المناسب، وبالتالي تكون هناك فراغات في بعض مناطق تماس سطح القطع الحجرية مع الخرسانة.
- يتم بناء الجدران الخارجية بدون تثبيت ميكانيكي أو تسليح، علماً أن هناك إمكانية لإجراء التسليح أو التثبيت المناسب بأكثر من طريقة. ومن الجدير بالذكر أن أشكال وأنماط البلوك المستخدمة بحاجة إلى تطوير لتصبح أكثر قابلية للربط والتسليح.

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



الشكل (38): تساقط قطع الجدران الخارجية بسبب تأثير الحركات الاهتزازية (تقارير المعهد EERI)¹



ب- بعد بناء القطع الحجرية والطوب يتم صب الخرسانة بينهما



أ- سطح الحجر الملاصق للخرسانة الملس

شكل (39): بناء الجدران الحجرية الخارجية²

¹ <http://www.eeri.org> International Association for Earthquake Engineering

² د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2011م.

1.5-3- البلوك الأسمنتي واستخدام الحجر في أنماط المباني المعاصرة محلياً:

رغم التطور الكبير الذي طرأ على مواد البناء واستخداماتها المختلفة، وخصوصاً فيما يتعلق بالجدران المحمولة، أو الجدران الداخلية بين الغرف، إلا أن استخدام البلوك الإسمنتي المفرغ لا يزال الوسيلة الرئيسية لتقسيم المساحات داخل الأبنية إلى غرف، وصلالات، وحمامات، ومطابخ، وغيرها، وبطبيعة الحال، لا يقتصر استخدام هذا النوع من البلوك على المباني في سوريا فقط، بل يستخدم كذلك في العديد من الدول العربية، والمشكلة الحقيقية لا تكمن في البلوك نفسه، بل تكمن في طرق تصميم وتنفيذ الجدران التي يشكلها هذا النوع من البلوك، فهذه الجدران يتم اعتبارها، أثناء عمليات التصميم والتنفيذ، على أنها جدران محمولة (جدران محمولة تحت تأثير جميع الأحمال الميتة والحية التي قد يتعرض لها المبنى)، ولا يؤخذ بعين الاعتبار تأثير القوى الزلزالية في هذه الجدران، فعدم تربيط قطع البلوك في هذه الجدران، أو عدم تسليحها بشكل جزئي، سيعرضها للانهدام تحت تأثير القوى الزلزالية، فالجدران الداخلية الموجودة بين الأعمدة تسهم في زيادة صلابة الهيكل الإنشائي للمبنى، وبالتالي تكون عرضة لقوى الضغط والشد الناتجة عن القوى الزلزالية، واستناداً إلى أهداف التصميم الزلزالي للمباني، من المتوقع حصول أضرار وانهيارات كلية وجزئية في معظم جدران البلوك المستخدمة محلياً، وذلك في حالة تعرضت المنطقة لزلازل مقدارها 6-6,5 درجة حسب مقياس ريختر¹.

أما بالنسبة لاستخدام الحجر في اكساء البناء دون تأمين ترابط وتماسك كافٍ بين الحجر والخرسانة، فإن ذلك سيسهم، بشكل كبير، في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية للمباني، فسماكة القطع الحجرية المستخدمة تتراوح ما بين 5 إلى 7 سم تقريباً، ويكون سطحها الملامس للخرسانة في الغالب أملس انظر الشكل (39)، وبالتالي من المتوقع انفصال وتساقط العديد من قطع الحجر في هذا النظام، وخصوصاً في المباني العالية، وإن كان تساقط القطع الحجرية لا يؤدي إلى انهيار المبنى، لكون هذه القطع محمولة وليست حاملة، إلا أن تساقطها سيؤدي إلى زيادة أعداد الإصابات والخسائر بالأرواح، وخصوصاً أن كثيراً من الناس، لحظة حدوث الزلزال، سيكونون قرب المباني، وذلك بسبب صغر عرض الشوارع والطرق في كثير من المناطق والأحياء، وقد أظهرت الزلازل التي حصلت في كثير من دول العالم أن 60% من الإصابات وحالات الوفاة تكون خارج المباني، وهذا يعود لتساقط المباني أو أجزاء منها على الناس الموجودين في الطرق والمناطق المحيطة بهذه المباني. وقد لا يقتصر التساقط على بعض أو العديد من قطع الحجر، بل قد تتعرض بعض الجدران الخارجية للتساقط، وذلك بسبب عدم وجود ربط أو تشريك

¹ الدبيك جلال، "قابلية الإصابة والسلوك الزلزالي المتوقع للمباني"، فلسطين، الضفة الغربية، 2007م.

للحديد بين هذه الجدران من جهة، والأعمدة والجسور أو الأسقف الموجودة فوق هذه الجدران من جهة أخرى، ولمنع تساقط القطع الحجرية أثناء تعرض المبنى للحركات الأرضية الزلزالية، يمكن تربيط هذه القطع ميكانيكياً بأكثر من طريقة، انظر إلى الطريقة المستخدمة في الشكل (40-أ)، ولتأمين التشريك المناسب بين الجدران الخارجية والأعمدة انظر الشكل (40-ب).
ويشار إلى أن تساقط أو انهيار الجدران لا تقتصر على المباني، فقد أظهرت الأحداث الزلزالية عن تعرض العديد من الأسوار الخارجية في المباني للأضرار والانهيارات.



ب- تربيط الجدران الخارجية مع الأعمدة

أ- تربيط ميكانيكي لقطع الحجر بدون استخدام الخرسانة

الشكل (40): التربيط الميكانيكي لقطع الحجر، وتربيط (تشريك) الجدران الخارجية مع الأعمدة.

1-6-1- ثانياً: الاعتبارات الإنشائية في تصميم المباني المقاومة للزلازل:

هذه الاعتبارات الإنشائية لا يمكن تجاهلها على أساس أن البحث يتناول النواحي المعمارية، ذلك لأن هذه الاعتبارات تدخل في أساسيات التصميم، كما أنها تؤثر بدرجة كبيرة في مداخل الطول المعمارية للتشكيل الهندسي الأفقي والواجهات والمقاطع الرأسية.

1-6-1-1- تشكيل وتوزيع العناصر الإنشائية:

يؤثر التصميم المعماري في تشكيل العناصر الإنشائية وتوزيعها مثل: الأعمدة أو/ والجدران الحاملة، وبالتالي احتمالية تقييد وتحديد طبيعة التفاصيل الإنشائية الواجب استخدامها.

1-6-1-2- الأنظمة الإنشائية غير المتوازية Nonparallel Structural systems:

في حالة عدم تحقيق التناظر والمحورية في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية (عدم وضع الأعمدة بشكل متناظر وعلى شكل شبكية حول كل من المحور (X و Y))، يسمى النظام الإنشائي للمبنى بالنظام الإنشائي غير المتوازي، ويؤدي استخدام الأنظمة الإنشائية غير المتوازية عادة إلى تعرض المبنى لقوى التواء (Torsional forces)، وذلك لعدم تطابق مركزي الكتلة (مركز النقل) والصلابة (مركز قساوطة) في

مثل هذا النوع من الأنظمة الإنشائية، ويظهر أثر الالتواء بشكل واضح، إذا رافق هذا النوع من الأنظمة الإنشائية عدم تناظر في التشكيل الهندسي للمبنى¹.

يشار إلى أنه بسبب المتطلبات المعمارية والوظيفية للمباني، أو أحياناً بسبب شكل قطعة الأرض، كأن تكون قطعة الأرض مثلثة الشكل، يلجأ بعض المهندسين إلى توزيع العناصر الإنشائية الرأسية، بشكل غير محوري، وغير متوازٍ، علماً أن العديد من المهندسين ممن استخدموا هذه الأنظمة الإنشائية، لم يهتموا بالتصميم الزلزالي لهذه المباني، واقتصر توزيع الأعمدة وتصميمها على استيعاب الأحمال الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية.

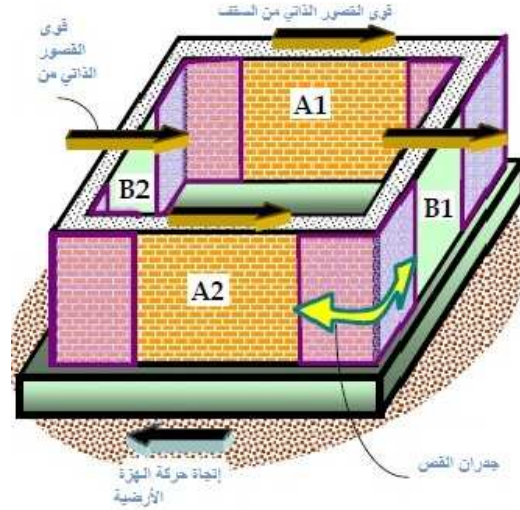
* شواهد زلزالية:

أظهرت الأحداث والوقائع الزلزالية، أن المباني، ذات الأنظمة الإنشائية غير المتوازية، لها قابلية إصابة عالية في حالة تعرضها للزلازل، كزلزال المكسيك عام 1985 فقد تعرضت المباني الغير متوازية الشكل لتشوهات وأضرار كبيرة، وتم هدمهم بعد الزلزال لتعذر معالجة هذه الأضرار.

* الحلول:

ابتداء من العام 1988 أظهر الكود (Uniform Buildings Code) UBC وبرنامج (National Earthquake Hazard Reduction Program) NEHRP اهتماماً واضحاً لمعالجة مشكلة المباني ذات الأنظمة الإنشائية غير المتوازية، حيث تم وضع متطلبات خاصة لتصميم هذا النوع من المباني، وتتلخص فكرة هذه المتطلبات والضوابط في عملية تقليل أثر الالتواء، وذلك من خلال تحسين عمل الهياكل الإنشائية التي ستقاوم القوى الزلزالية، ومن أهم الحلول، التي يمكن استخدامها في مثل هذه الحالات، وضع جدران قص على أطراف المبنى، بحيث تعمل هذه الجدران على إكساب المبنى صلابة عالية لمقاومة قوى الالتواء كما بالشكل (41).

¹ Hugo Bachman ، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني _ المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.



شكل (41): وضع جدران القص في أطراف المبنى لمقاومة أكبر للهزات الأرضية¹

1-6-3- طريقة الإنشاء المستخدمة في المبنى (Building Construction Systems):

هناك طرق كثيرة تستخدم في إنشاء المباني، ولكل طريقة نظامها الإنشائي الذي ينبغي إتباعه للحصول على الاتزان والسلامة في المبنى.. إلا أنه عند وضع قوى الزلازل المتعددة الاتجاهات والمختلفة الترددات في الاعتبار أن تكون بعض الأنظمة الإنشائية أفضل مقاومة وصموداً من غيرها. فمثلاً الأنظمة التي تعتمد على البلاطة والعمود فقط لا تستطيع احتمال القوى الأفقية مما يتسبب في كسر وصلاتها أما الأنظمة التي تعتمد على البلاطة والجائز والعمود فقد تبين أنها الأفضل في مقاومة الزلازل حيث يمكنها الاحتمال في المستويات الأفقية والرأسية والمائلة. وقد ثبت بالتجربة أن الوصلات تصبح نقاط الضعف التي تنهار بمجرد حدوث الزلازل ولهذا استمرت طريقة الصب في الموقع مع تحسين خواص الخلطات الخرسانية وتدعيمها بإضافة جدران قص للهيكल الأساسي المكون من البلاطة والجائز والعمود.

والمباني ذات المجازات الواسعة العريضة (نظام الهياكل والإطارات)، المكونة من عدد قليل من الطوابق، فإن نظام الإنشاء بالهياكل المقواة والتي تصب في الموقع دفعة واحدة مع اتصال الحديد الرأسي مع الأفقي بطريقة معينة، فإن هذا النظام من أفضل الأنظمة الإنشائية لمقاومة الزلازل.

1-6-4- نوع المواد المستخدمة في الإنشاء (Building Construction Materials):

من أفضل مواد الإنشاء التي يمكن استخدامها في التصميم المقاوم للزلازل تلك المواد التي لها مقاومة كبيرة، كما يمكنها امتصاص الطاقة المكتسبة.

وتتميز المقاطع الحديدية بهذه الخاصية، ألا أن وجود الوصلات وعدم مقاومتها للحريق يقلل من كفاءتها.

¹ C.R.V. Murty, "Learning Earthquake Design and Construction", -Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology, kanpar, India, Desember, 2003.

أما الخرسانة المسلحة فهي تتشكل بمقدار أقل ولكن رخص ثمنها وسهولتها في التشغيل يجعلها أكثر شيوعاً في الاستخدام، وخاصة أنها تفي بالغرض من ناحية قدرتها على امتصاص الطاقة في حدود مقبولة عملياً، فنتشرخ قبل الانهيار الكامل وهذا في حد ذاته مؤشر جيد للإحساس بالخطر، وبالعكس البلوك والحجر، فلا يصمدان كثيراً تحت تأثير القوى الترددية للزلازل، إذ يحدث لهما شروخ تؤدي إلى الانهيار السريع، تبعاً لسمك وارتفاع الجدران. ويعتبر الخشب من أنجح مواد الإنشاء مقاومة للزلازل لخفة وزنه، وقدرته على تحمل الشد ولكنه لا يقاوم الحريق لفترة مناسبة كالخرسانة المسلحة وهناك مواد مضادة للحريق بالطلاء.

1-6-5- كثافة العناصر الإنشائية وتوزيعها:

(Plan Density and Distribution of Structural Elements):

إن المساحة الإجمالية للعناصر الإنشائية الرأسية كالأعمدة والجدران الحاملة مقسومة على المساحة الكلية لأرضية المبنى تسمى الكثافة الإنشائية للمسقط ولما كان المعماري هو الذي يقوم بتحديد أماكن الأعمدة والجدران الحاملة، بما يتلاءم مع احتياجاته الفراغية لذلك كان من الضروري أن يضع اعتباراته لاحتياجات التصميم المقاوم للزلازل.

إن رد فعل المبنى المقاوم للزلازل يختلف تماماً عن رد فعل مبنى آخر مماثل له معمارياً لمجرد الاختلاف في طريقة توزيع العناصر الإنشائية.

وبدراسة المباني التاريخية¹ القديمة التي قاومت الزلازل لتبقى شامخة عبر العصور حتى الآن نتبين أن الكثافة الإنشائية لمساقطها كبيرة بالإضافة إلى التناظر والانتظام في توزيع الأعمدة.

ف نجد أن معبد الكرنك بالأقصر وتاج محل بالهند كثافة كل منهما الإنشائية 40%، وكنيسة سان بيتر بروما 25%، وكل من معبد البارثينون بأثينا وكنيسة آيا صوفيا باسطنبول والبانثيون بروما كثافته الإنشائية 20% مخطط (6).



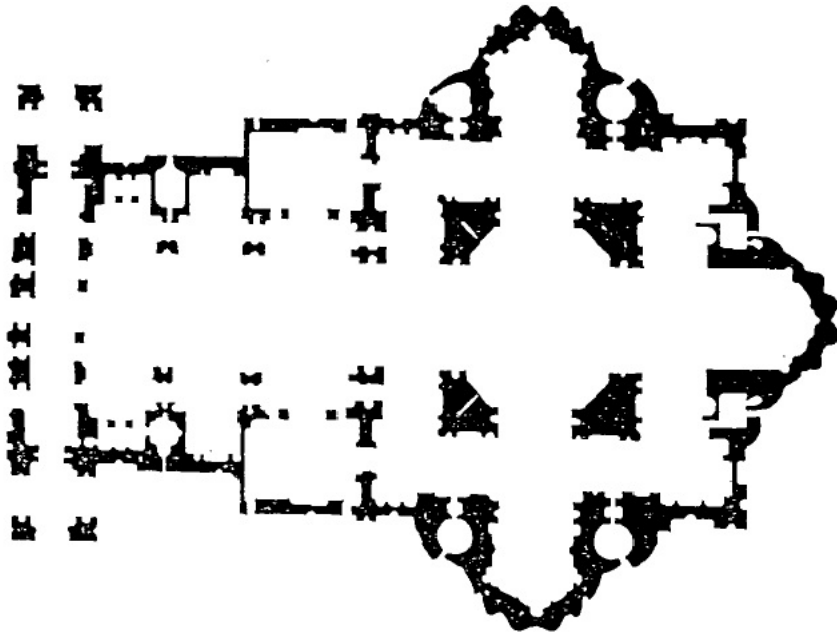
تاج محل



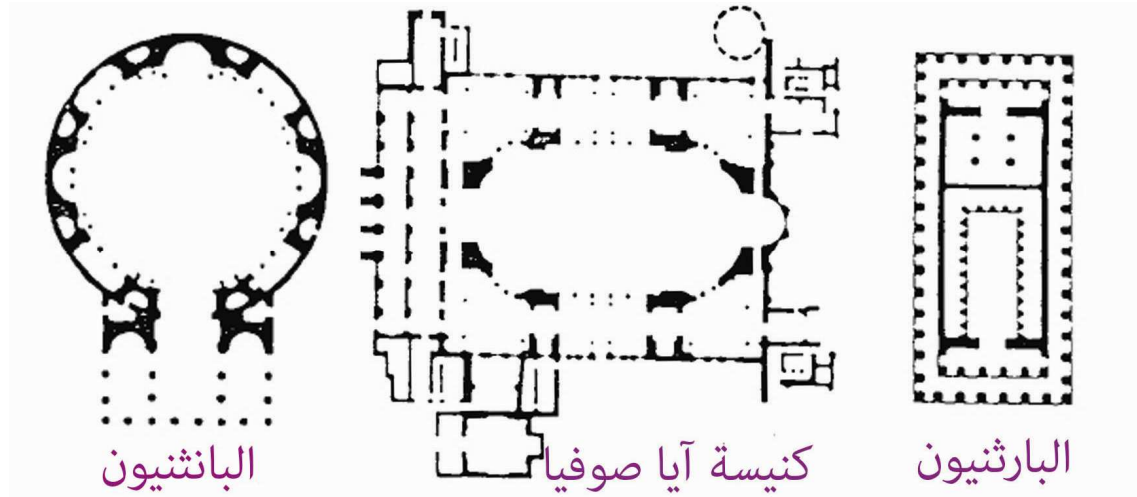
معبد الكرنك

الكثافة الإنشائية 40%⁽¹⁾

¹ ARNOLD, C. "Building Configuration and Seismic Design". pp 61-63



كنيسة سان بيتر - الكثافة الإنشائية 25%¹



البانثيون

كنيسة آيا صوفيا

البارثيون

مخطط (6): الكثافة الإنشائية 20%⁽¹⁾

أما المباني الحديثة مثل ناطحات السحاب سيرس بشيكاغو فكثافتها الإنشائية 2% وتنخفض هذه الكثافة إلى 0.2% في حالة استخدام المقاطع الحديدية في مبان أخرى مشابهة لها... وهذا الفرق الواضح يفسر صمود هذه المباني التاريخية أمام الهزات الأرضية . يمكن أيضاً تطبيق هذه الدراسة على الجدران بالمباني المشيدة بنظام الجدران الحاملة، فتصل نسبة الجدران إلى الأرضية حوالي 50سم²/م² فإذا انخفضت هذه النسبة إلى 25سم²/م²، أصاب المباني تلف شديد، ويزداد التلف ويتحول إلى هدم في حالة زيادة الفتحات في هذه الجدران عن 40% من مساحتها. أما المباني الهيكلية حيث تكون الجدران فقط فقد ظهر بها شقوق وشروخ نتيجة قوى القص، وذلك عندما كانت كثافة الجدران إلى الأرضية حوالي 5سم²/م².

¹ ARNOLD, C. "Building Configuration and Seismic Design". pp 61-63.

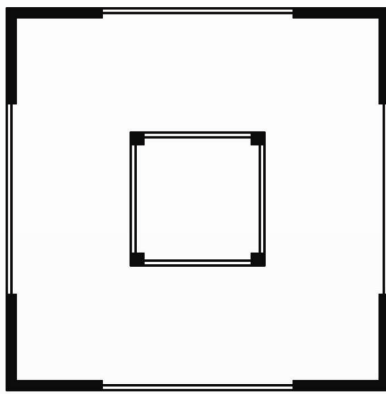
هذا يعني أنه تختلف أبعاد توزيع العناصر الإنشائية وكثافتها في المباني القديمة غير المسلحة، بالمقارنة مع المباني الخرسانية المسلحة والمباني المعدنية، حيث لا تتجاوز مساحة العناصر الإنشائية الرأسية في المباني القديمة بين 15 إلى 40% من مساحة الطابق الكلية¹.

وبالتالي نجد أنه في المباني الحديثة تؤثر كثافة وتوزيع العناصر الإنشائية الرأسية، بشكل واضح، في السلوك الزلزالي لهذه المباني، فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصين هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.

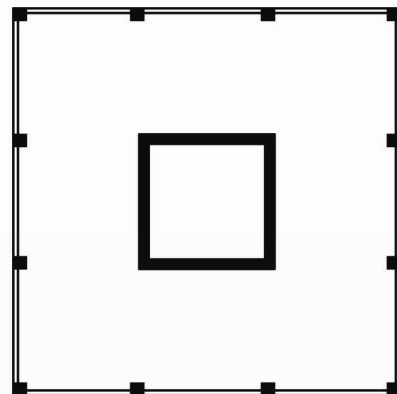
* شواهد زلزالية:

أظهرت الوقائع والأحداث الزلزالية، كالزلازل التي حصلت في المكسيك 1985، وأرمينا 1988، ونثريدج 1994، وتركيا 1999، وكولومبيا 1999، وتايوان 1999، والهند 2001، والباكستان 2005، والصين 2008، وغيرها، أن كثافة العناصر الإنشائية وتناظرها في المباني، قد لا تعتبر كافية لضمان تحقيق السلوك الزلزالي الفعال لهذه المباني، فمثلاً يحتوي المخطط (7-أ) على مساقط أفقية يتوافر فيها توزيع مقبول وشبه كثيف لعناصر إنشائية متناظرة، ويتوافر كذلك في هذه المباني نفس المساحة المستخدمة من جدران القص المسلحة، إلا أن المخطط (7-ب) يوفر حصانة كبيرة لمقاومة عزوم الانقلاب والالتواء بالمقارنة مع المبنى الموضح في المخطط (7-أ)، ذلك لأن وضع جدران القص في أطراف المبنى، يؤدي إلى إكساب المبنى الصلابة والمقدرة اللازمتين لمقاومة عزوم الالتواء.

يتضح لنا من كل ما سبق أن الكثافة الإنشائية للمسقط وتوزيعها من أهم العناصر التي تحدد السلوك الديناميكي لرد فعل المبنى على قوى الزلازل.



ب-تركيز جدران القص في الأطراف



أ-تركيز جدران القص في الوسط

مخطط (7): توزيع جدران القص في المسقط الأفقي للمبنى (الباحث)

¹ Christopher Arnold, Architectural Considerations, The Seismic Design Handbook, Second Edition (Farzad Naeim, ed.) Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA 2001

1-6-6- تشكيل الواجهات ومقاومة المحيط الخارجي للمبنى:

يعتبر توجيه المباني، نحو الجهات الأصلية كضرورة مناخية أحد المحددات في التصميم المعماري للواجهات، فالواجهة الأمامية مثلاً والتي تكون مطلة على الشارع، أو نحو الشمال تكون ذات فتحات كبيرة لتحقيق الإطلال للخارج أو التهوية الجيدة.

أما الواجهة الخلفية المطلة على الفناء الخلفي، أو ذات توجيه جنوبي تكون ذات فتحات صغيرة لتحقيق الخصوصية والحماية المناخية، الواجهات الجانبية عادة مقفولة نهائياً لأنها تطل على الجوار.

وعندما يهز الزلزال المبنى تكون الواجهات الجانبية أكثر صلابة، ثم الخلفية وأخيراً الواجهة الأمامية ذو الفتحات الكبيرة، حيث يكون شديد المرونة، فيحدث التواء شديد للمبنى كنتيجة حتمية للاختلاف في تركيبية الواجهات أي مقاومة المحيط الخارجي.

إن يتأثر السلوك الزلزالي للمبنى بطبيعة تصميم غلافة الخارجي فلو كان هناك اختلاف كبير بين القوة والصلابة وحول المحيط فلن يتزامن مركز الكتلة مع مركز المقاومة (مركز قساوتة)، وما يتسبب في حدوث قوى التوائية، فيدور المبنى حول مركز المقاومة، وهذا هو أحد أسباب تصدع المباني وانهارها.

لذلك يجب تصميم الغلاف الخارجي للمبنى ليكون ذا قوة وصلابة متقاربة من خلال إضعاف الجدران الجانبية باستخدام مواد بناء خفيفة وأقل مقاومة، أو زيادة صلابة الواجهات الأمامية المفتوحة بإضافة قوى إضافية لها.

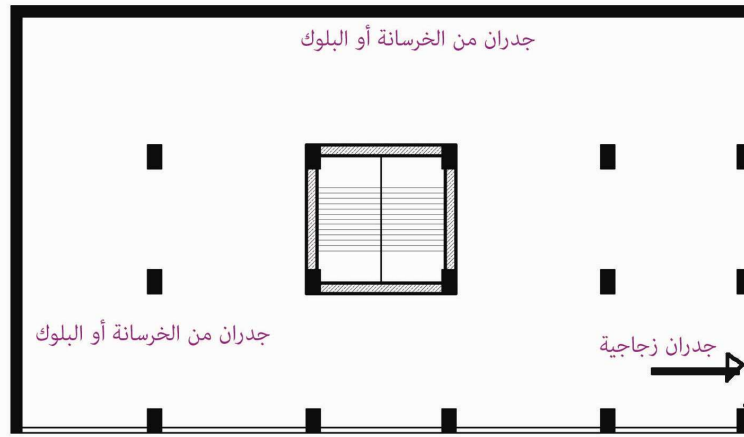
* شواهد زلزالية:

أظهرت الأحداث الزلزالية أن المباني التي تعرضت لعزوم التواء بسبب الانحراف الكبير بين مركزي الكتلة والصلابة، تعرضت لانهارات وأضرار كبيرة، ومن الأمثلة على ذلك، تركيز الصلابة في أحد زوايا المبنى، كأن يتم وضع الجدران المسلحة الخاصة ببيت الدرج والمساعد في أحد زوايا المبنى، أو كنتيجة لتركيز الجدران في واجهتين متعامدتين، وإبقاء الواجهات الأخرى بدون جدران خرسانية، لأسباب وظيفية ومعمارية.

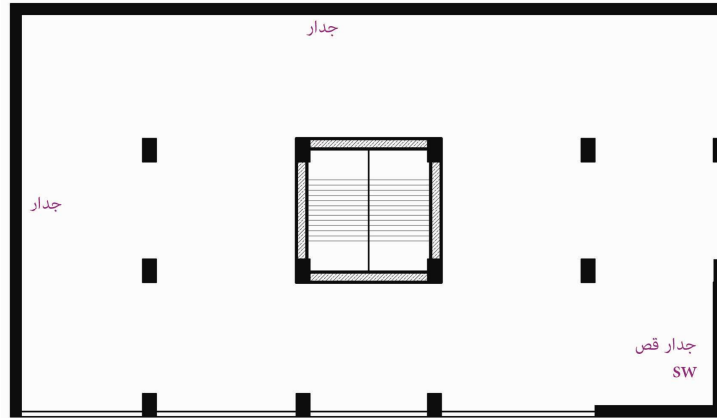
مثال: مبنى تتكون جدرانه (الواجهات) الخارجية "الشمالية والغربية" من الحجر والخرسانة انظر المخططات (8)، صمم الحلول الإنشائية اللازمة لإلغاء أو التخفيف من قيمة الانحراف المركزي (المسافة بين مركز كتلة المبنى ومركز صلابته)، الذي أحدثته هذه الجدران؟

* الحل:

تتركز الحلول الخاصة بمعالجة هذا النوع من المشاكل في الحد من إمكانية تعرض المبنى للالتواء، وهذا يتم عادة من خلال تزويد أضلاع المبنى الخارجية المفتوحة بعناصر ربط وتكثيف من الخرسانة المسلحة أو/ والمقاطع المعدنية، وذلك بما لا يؤثر بشكل كبير في المتطلبات الوظيفية والجمالية، انظر بعض الحلول الإنشائية الموضحة في المخطط (9).



مخطط (8): مسقط أفقي لمبنى جدرانها الخارجية نصفها يتكون من البلوك أو الخرسانة، والنصف الآخر من الزجاج (الباحث)



مخطط (9): عناصر ربط وتكثيف من الخرسانة المسلحة (الباحث)

1-6-7- عدم استمرارية القوة والصلابة للعناصر الإنشائية بالمبنى:

تتحقق حالات عدم الاستمرارية في حالات الطوابق الرخوة (الضعيفة) التي قد يتم إلغاء بعض الأعمدة بها، كما تتحقق بصورة أخرى عندما يتم تحويل جدران القص بالطوابق العليا إلى أعمدة بالطوابق السفلى أو أن يكون أحد الطوابق في المبنى مزدوج الارتفاع مخالفاً لباقي الطوابق¹ وهذا يحدث عادة في الأدوار السفلى بهدف معماري في التصميم. ويحدث أيضاً في حالة وجود الطابق المرن أو عدم استمرارية الحمولات أو ثقل عالي للبناء الهيكلي كما بالمخطط (10).

¹ ARNOLD, C. "Building Configuration and Seismic Design". pp 113.

والانقطاع في الصلابة دليل على حدوث تغير مفاجئ في مقدار المقاومة فيحدث انحراف للطابق الرخو أكثر من انحراف الطوابق الأخرى، كما تزيد الاجهادات الداخلية على باقي العناصر الإنشائية، فيحدث انهيار للمبنى شكل (42).

ويمكن حل المشكلة والتخلص من الانقطاع في نقل الأحمال بإضافة الأعمدة التي سبق إلغاؤها فإذا كان الإلغاء لا بديل عنه فلا بد من إضافة دعائم (مساند) أخرى بديلة في المناطق القريبة أو إضافة قوى قطرية¹ شكل (43).

كما ترجع أسباب التتويج في الصلابة إلى وجود أعمدة أطول من أخرى في نفس المسقط كما في حالة إنشاء المباني في المواقع الموجودة على التلال (الأراضي المائلة)، فيكون جزء من المبنى مدفوناً والجزء الآخر مرفوعاً على أعمدة كما بالمخطط (11).

كذلك يحدث التتويج في الصلابة عند وجود طابق ميزانين مع ترك الفراغ المجاور له بارتفاع مزدوج كما بالمخطط (12) ومن البديهي أن العمود القصير أقوى من العمود الطويل، أكثر صلابة وأقل في الانحناء شكل (44)، مما يسبب² تباين في توزيع القوى بالمبنى، ويمكن حل هذه المشكلة بعمل دعائم وجوائز إضافية تزيد من صلابة الأعمدة الطويلة لتصبح كالقصيرة كما بالمخطط (12).

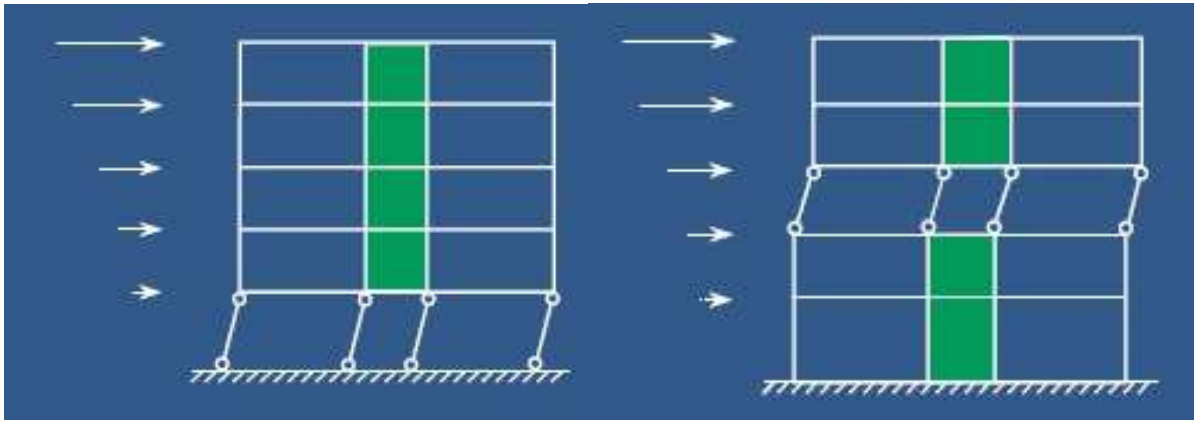
أما في حالة جدران القص، فكلما زادت الفتحات نتيجة للتشكيل المعماري للواجهات، كلما أدى ذلك إلى ضعف القوة والصلابة³ كما بالمخطط (13) ويراعى في التصميم المقاوم للزلازل أن تكون الجوائز أضعف من الأعمدة، حتى يمكن تشتيت وامتصاص بعض قوى الزلزال، مما يحمي الهيكل الرئيسي للبناء، فلو كانت الجوائز أقوى من الأعمدة لانهارت الأعمدة قبل الجوائز، وبالتالي فإن الأحمال الرأسية الرئيسية لن تجد لها مساراً بديلاً سوى زيادة الضغط على الأعمدة المجاورة فتتهار هي الأخرى، ويسقط المبنى بأكمله.

ولعل هذا يبرز أهمية تحقيق مبدأ الوفرة والزيادة في العناصر الإنشائية المقاومة، لأنه كلما كان البناء أكثر ترابطاً وتكاملاً كلما زادت احتمالات إعادة توزيع الحملات عند حدوث تلف جزئي في أحد العناصر الحيوية. ويدخل ذلك بالتأكيد في نطاق عمل المهندس المعماري لأن عدد ومكان العناصر المقاومة الإضافية ينشأ أساساً في التصميم المعماري قبل بدء الحسابات، ووضع التفصيل الإنشائي المناسب لسلوك العناصر المختلفة.

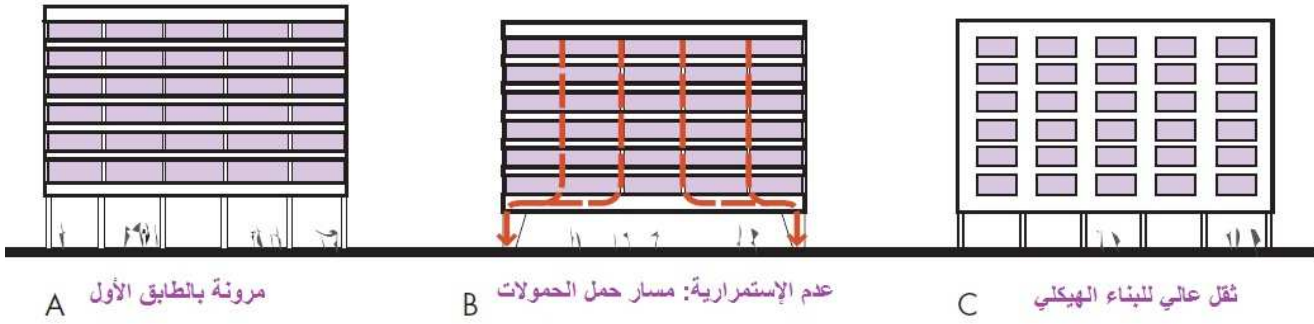
¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² Taranath, B.S., "Structural Analysis and Design of Tall Buildings" p.144.

³ Schueller Walgang. "High Rise Building Structures", A wiley Inerscience Puplication, New york, 1977, pp. 72-75.



شكل (42): انحراف بالطابق الرخو أكثر من انحراف باقي الطوابق¹

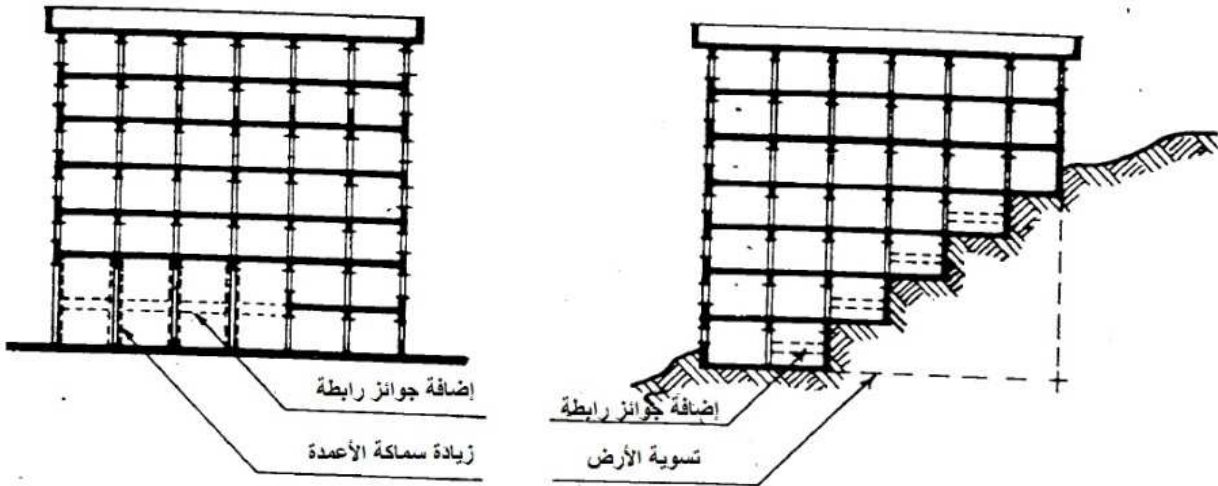


A مرونة بالطابق الأول

B عدم الإستمرارية: مسار حمل الحمولات

C ثقل عالي للبناء الهيكلي

مخطط (10): ثلاث نماذج من الطابق الرخو (الضعيف)²



مخطط (12): التنوع بصلاية الأعمدة بسبب

وجود طابق الميزانين³

مخطط (11): التنوع في صلاية الأعمدة بسبب البناء على

المنحدرات

¹ Hugo Bachman، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني _ المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي

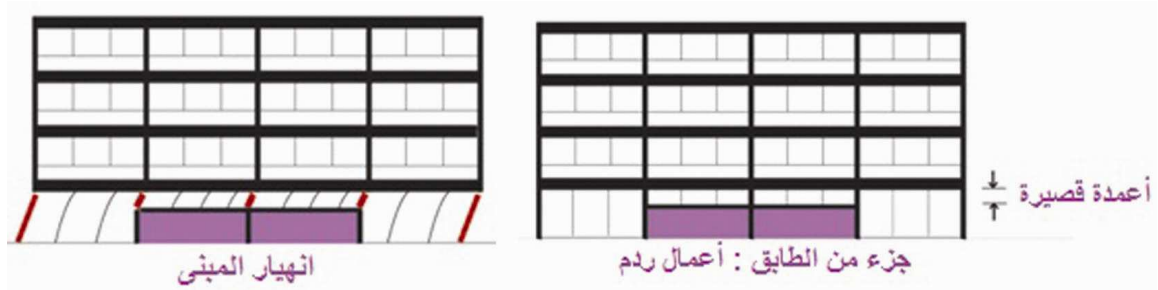
المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.

² ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

³ البيوط محي الدين (رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري)، مصر، القاهرة، 1980.



شكل (43): بعض الحلول المبتكرة لطابق الرخو (الضعيف)¹.



شكل (44): نموذج يوضح عمل الأعمدة القصيرة¹



مخطط (13): زيادة مسطح الفتحات في جدران القص أحد أسباب عدم إستمرارية القوة والصلابة في المبنى²

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² دم عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

1-6-8- التثكيل الرأسي للمباني (Vertical Configuration of Buildings) :

يلجأ بعض المعماريين، لتحقيق المتطلبات المعمارية والوظيفية للمباني، إلى استخدام العديد من الأنماط والتشكيلات المعمارية التي لا تحقق الانتظام والتناظر في المستويين الأفقي والرأسي لهذه المباني، وبدورها، يعتبر التثكيل الرأسي للمباني (Vertical Configuration of Buildings)، أحد العوامل الرئيسية التي تتحكم في السلوك الزلزالي لهذه المباني، فعدم تحقيق التناظر التقريبي في التثكيل الهندسي الرأسي، والاختلافات الكبيرة في صلابة العناصر الإنشائية من طابق لآخر، تُسهم، بشكل كبير، في تطوير إجهادات وتشوهات في مناطق التغيير المفاجئ لكل من الأشكال والصلابات (تنويه: يؤدي التغيير الكبير في توزيع الكتل في أقسام الطابق الواحد، أو بين الطوابق المتكررة إلى تطوير إجهادات وتشوهات)، وهذا ما أظهرته الوقائع والأحداث الزلزالية، وعموماً يمكن تصنيف أهم حالات عدم الانتظام الرأسي للمباني بما يلي:

1-8-6-1 عدم الانتظام الرأسي في شكل المبنى (Vertical irregularity):

يؤدي عدم التناظر في التثكيل الهندسي الرأسي للمبنى إلى حصول تغيرات مفاجئة في مقاومة هذه المباني وصلابتها، وهذا، بدوره، سيؤدي إلى تركيز الإجهادات والتشوهات في المنطقة (أو المستوى) التي حصل فيها التغيير أو عدم الاستمرارية، وعموماً تعتمد مدى خطورة استخدام هذه الأنماط من المباني على مقدار الاختلاف أو النسبة بين قيم أبعاد المبنى، بالإضافة إلى العلاقة بين أبعاد الجزء الواحد من هذه الأجزاء، وبمعنى آخر كلما اقتربنا من تحقيق التناظر يتعزز السلوك الزلزالي المقاوم للمبنى.

أظهرت المراجع العلمية والكودات العالمية أن مشكلة عدم الانتظام والتناظر في التثكيل الهندسي الرأسي للمبنى، تمثل مشكلة جدية في تحقيق السلوك الزلزالي الفعال للمباني، لذلك كانت هناك محاولات من قبل بعض البرامج والكودات الزلزالية ومنها (National Earthquake Hazard Reduction program-NEHRP 1997, Structural Engineering Association of California-SEAOC 1990) لوضع توصيات وضوابط تتعلق بتصنيف حالات عدم الانتظام ومدى خطورتها، ويُشار إلى أنه يستخدم في المراجع العلمية، بشكل واسع، كلمة تراجع (Setback)، وذلك كتعبير لحالات عدم تحقيق التناظر في الشكل الرأسي (الواجهات).

ومن التوصيات المهمة التي أوجدها الكود المتناسق UBC (Uniform building Code)، إمكانية استخدام الطرق الاستاتيكية المكافئة (ELF) على مرحلتين (المرحلة الأولى للجزء العلوي، والثانية للجزء السفلي)، وذلك بشرط أن تكون صلابة الجزء السفلي للمبنى أكبر بكثير من صلابة الجزء العلوي، أي اعتبار الجزء السفلي من المبنى كأنه قاعدة للجزء العلوي، مع مراعاة الالتزام بالضوابط والتفاصيل الإنشائية اللازمة لتحقيق ذلك.

وكشواهد زلزالية، أظهرت الأحداث الزلزالية وجود انهيارات بسبب عدم الانتظام (أو عدم الاستمرارية) في الواجهات ومما أسهم في زيادة استخدامه، محاولة المهندس توفير أكبر توسعة رأسية ممكنة للمباني وخصوصاً في الأراضي الجبلية المنحدرة الأراضي المائلة، وذلك بشكل متدرج مع ميول الأرض.

واستناداً لضوابط التراجع في أجزاء من المبنى والمعمول بها في المراجع العالمية، يعتبر التراجع لطابق واحد "مثل طابق الروف، أقل خطورة من التراجع غير التدريجي ولأكثر من طابق، ولتوضيح العلاقة بين مستوى الخطورة ونوع ومقدار التراجع، انظر المخطط (14).

وإذا تعذر تجنب التراجع (Setback) لأسباب معمارية أووظيفية، وإذا كان مقدار هذا التراجع كبيراً كما هو موضح في الشكل (14-ج) ، ففي هذه الحالة يصبح من الضروري لمثل هذا النوع من المباني استخدام أحد طرق التحليل الإنشائي المتقدمة ، كالتحليل الديناميكي ، لذلك عند استخدام طرق التحليل الاستاتيكي المكافئة (ELF)، يجب مراعاة الالتزام بالضوابط الخاصة باستخدام هذه الطرق ، وخصوصاً تلك المتعلقة بمقدار النسب بين أبعاد أشكال أجزاء المبنى، وكذلك بين نسبة صلابة هذه الأجزاء، ومن الجدير بالذكر أنه لمعالجة مشكلة التراجع في المباني، وفي حالة كون أبعاد المبنى تسمح بذلك، تُعطى دائماً الأفضلية لاستخدام الفواصل الزلزالية ، وبالتالي يتم تقسيم المبنى إلى أجزاء، ويعامل كل جزء على أنه مبنى منتظم ومنفصل عن الجزء الآخر¹.

يؤدي حصول تغير كبير في صلابة الطوابق المتتالية، إلى حصول رخاوة وضعف في الطابق أو الطوابق التي حصل فيها اختزال في الصلابة بالمقارنة مع الطوابق الأخرى الموجودة في المبنى، وعموماً يمكن أن تحصل ظاهرة الطابق الرخو في أي طابق، سواء كان ذلك في الطابق الأرضي أو الطوابق الوسطية (المكررة)، ولكن حصول الضعف في الطابق الأرضي، أو في الطوابق السفلية، تعتبر الأكثر انتشاراً.



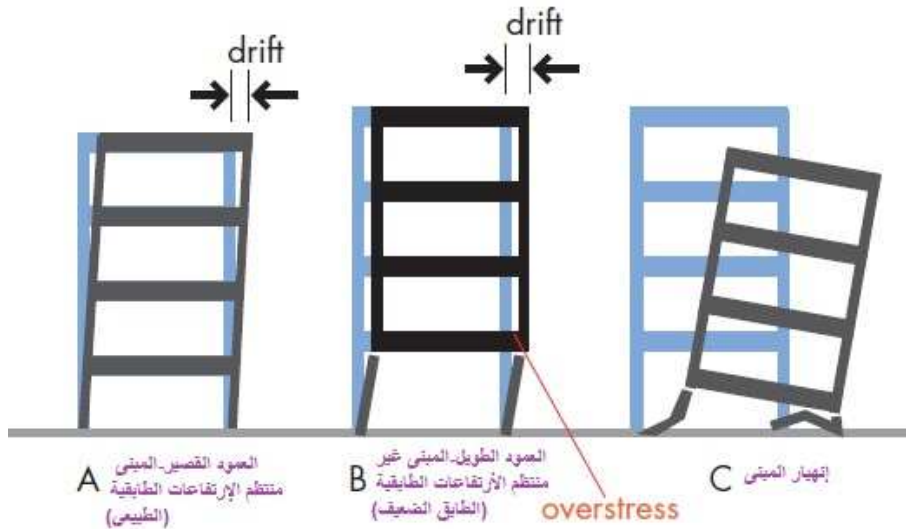
-أ- حالة جيدة -ب- سيئ -ج- الأسوء

مخطط (14): أشكال التراجع في الواجهات وعلاقتها بمستوى الخطورة (الباحث)

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2011.

1-6-8-2- وجود الطوابق الرخوة والضعيفة (Soft and Weak Stories):

يمكن تفسير آلية حصول انهيار بسبب ظاهرة الطابق الرخو الموضحة في الشكل (59)، كما يلي: في حالة وجود رخاوة (أو ضعف) كبيرة في الطابق الأرضي، كأن يكون الطابق الأرضي مفتوحاً بالمقارنة مع الطوابق الأخرى (يتكون الطابق الأرضي من أعمدة فقط بدون جدران، والطوابق الأخرى تتكون من أعمدة وجدران)، مما يؤدي إلى حصول تغير وعدم استمرارية في الصلابة والمقاومة، وبالتالي يؤدي هذا التغير المفاجئ إلى حصول انحرافات جانبية (Lateral Deflections) كبيرة جداً في الطابق الأرضي، وبالتالي تركيز الإجهادات في مناطق اتصال الطابق الأرضي والطابق الذي يليه. ولإجراء مقارنة بين سلوك مبنى فيه طابق رخو، وآخر جميع طوابقه متجانسة تقريباً في المقاومة والصلابة، انظر الشكل (45)، ففي حالة التماثل أو وجود اختلافات صغيرة في المقاومة والصلابة يحصل التشوه (الانحراف الجانبي) في جميع طوابق المبنى، أي أن جميع طوابق المبنى تشارك في قيمة التشوه الكلي Δ ، في حين إذا كانت صلابة الطابق الأرضي صغيرة جداً بالمقارنة مع صلابة الطوابق الأخرى، تؤدي لمرونته (Flexibility) الكبيرة إلى تركيز الإجهادات في مناطق التقاء الطابق الأرضي والذي يليه، وبالتالي حصول التشوه الجانبي للمبنى Δ في منطقة واحدة، أي أن الطابق الأرضي وحده سيخضع لتشوه مقداره Δ تقريباً، وهذه القيمة بلا شك تزيد بكثير على قيمة التشوه المسموح به لطابق واحد، مما يؤدي إلى حصول انهيارات في المناطق التي تتركز فيها الإجهادات، وبالتالي انهيار الطابق الرخو.



شكل (45): مقارنة بين سلوك مبنى فيه طابق رخو، وآخر جميع طوابقه متجانسة¹

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

* شواهد زلزالية:

بالإطلاع على التقارير المختلفة الصادرة عن المؤسسات العلمية ذات العلاقة ، وأهمها تقارير الاستطلاعات الميدانية ، وتقييم الأضرار بعد التعرض للزلازل، يلاحظ أن موضوع الطابق الرخو موجود في جميع هذه التقارير، بل أنه اعتبر في كثير منها السبب الرئيسي في زيادة الخسائر في المنشآت والأرواح، ومن الأمثلة على الزلازل التي شكلت ظاهرة الطابق الرخو فيها مشكلة حقيقية (تقارير المعهد EERI)، الزلازل التي حصلت في كل من: China 2008, Alger, 2003, India 2001, Taiwan 1999, Turkey 1999, Kubi 1995, Mexico 1985, El-Centro 1979, Tangshan 1976, San Fernando 1971, Caracas 1967, Santa Barbara 1925، ومن الصور المؤثرة للانهيارات التي أحدثتها الطوابق الرخوة انظر الأشكال (46) و(47).



زلزال الهند 2001



زلزال كوستاريكا 1991



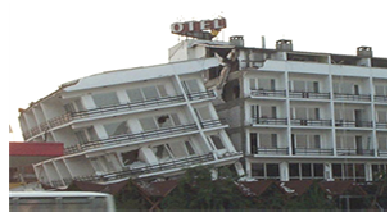
زلزال نوثرديج 1994



زلزال اليابان 1995



زلزال نوثرديج 1994



زلزال تركيا 1999

الشكل (46): انهيارات في المباني بسبب ظهرت تشكل الطابق الرخو في الطابق الأرضي (تقارير المعهد EERI)¹

¹ <http://www.eeri.org>



زئزل فبببب 1995



زئزل كوسالوكا 1991



زئزل ببنب 2001



زئزل بربكا 1999

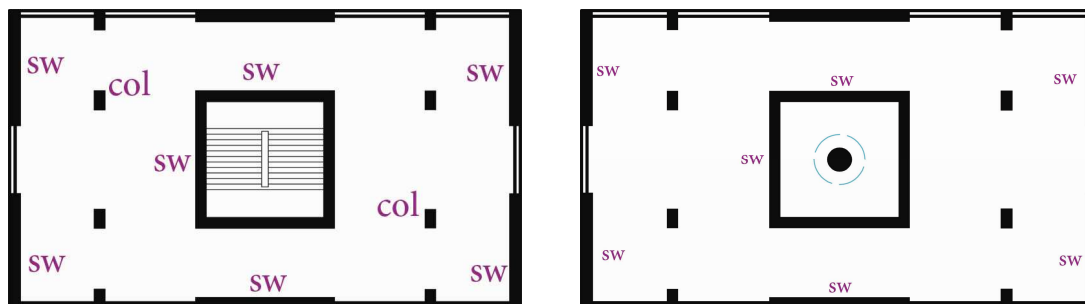
الشكل (47): تشكيل الطابق الرخو في الطوابق الوسطية (تقارير المعهد EERI)

* حلول مقترحة لمعالجة مشكلة الطابق الرخو:

يمكن معالجة مشكلة تشكيل الطابق الرخو في المباني أثناء عملية التصميم من خلال الالتزام بواحد أو أكثر من الحلول التالية:

- إغلاق عدد من الفتحات بين الأعمدة بواسطة جدران (جدران خرسانية عادية أو مسلحة)، وتعطى الأولوية، في هذه الحالة، للجدران الخارجية، مع ضرورة مراعاة أن يتم توزيع هذه الجدران بشكل متناظر كما بالمخطط (15)، فمثلاً في حالة كون الطابق سيستخدم كمواقف للسيارات عندئذٍ يستطيع المصمم أن يضع خطة لدخول وخروج السيارات مع إمكانية إغلاق عدد من الجدران.
- استخدام نظام الإطارات الخرسانية الصلبة، أي عمل أعمدة وجسور ذات صلابة عالية جداً، بحيث يمكن لهذه الإطارات أن توفر الصلابة الجانبية والمقاومة اللازمة للطابق بالمقارنة مع الطوابق الأخرى كما بالمخطط (17).
- استخدام أنظمة التثبيت والتكثيف الفولاذية (Steel Bracing Systems)، حيث يمكن للمصمم اختيار شكل النظام المناسب وذلك بثلاث بدائل رئيسية شكل (48) وشكل (49).

- استخدام أحد أنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation) عند مستوى القواعد، وتصنف هذه الطرق بأنها طرق متقدمة ومكلفة لحد ما، وتستخدم عادة في المباني المهمة كما بالمخطط (16) والشكل (50)، وشكل (51) وتجري حالياً دراسات وتجارب لتخفيض تكلفة استخدام هذه الأنظمة، ومن المتوقع، خلال السنوات القليلة القادمة، أن يتم تطوير أنظمة عزل زلزالي، بحيث تصبح سهلة الاستخدام، وبتكلفة متقاربة مع تكلفة الحلول الإنشائية التقليدية.



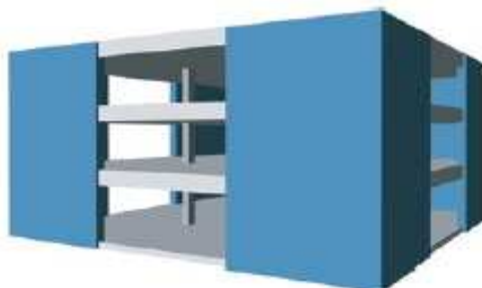
مخطط (15): معالجة مشكلة الطابق الرخو من خلال وضع جدران قص بشكل متناظر (الباحث)



مقاومة الإطار



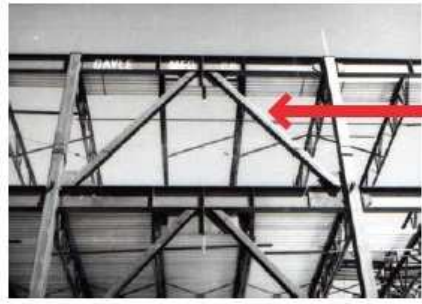
عناصر تقوية محورية



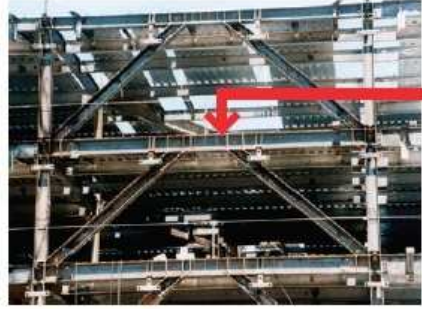
جدران قص

شكل (48): ثلاث بدائل أساسية لنظام التصميم الزلزالي¹

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



عناصر ربط معدنية مركزية



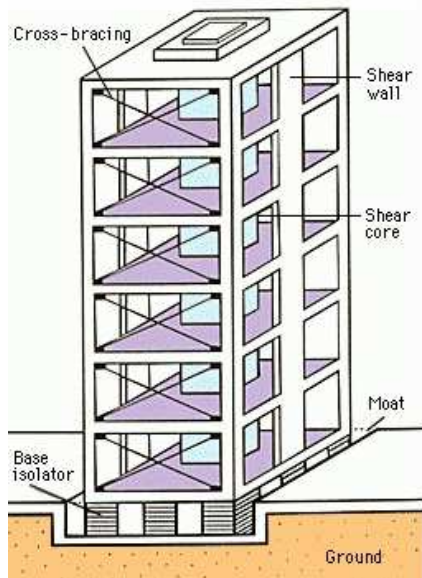
عناصر ربط معدنية لامركزية مرتبطة مع جانز معدني

شكل (49): يوضح عناصر ربط وتكثيف معدنية لطوابق الرخوة - نماذج استخدام الإطارات المعدنية¹

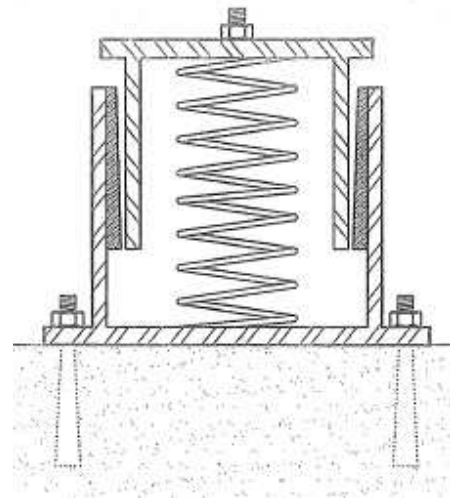
- استخدام المخمدات الزلزالية (Dampers)، وهي متعددة الأنواع، ويتطلب استخدامها إجراء تحليل ديناميكي متقدم شكل (50)، ويؤثر استخدامها بشكل واضح في تكلفة المبنى.

ويُشار إلى أن الحلول المذكورة أعلاه، يمكن استخدامها كذلك لحل مشكلة الطابق/ الطوابق الرخوة في

المباني القائمة، وبالتالي تأهيلها زلزالياً (Seismic Retrofitting of Existing Buildings)



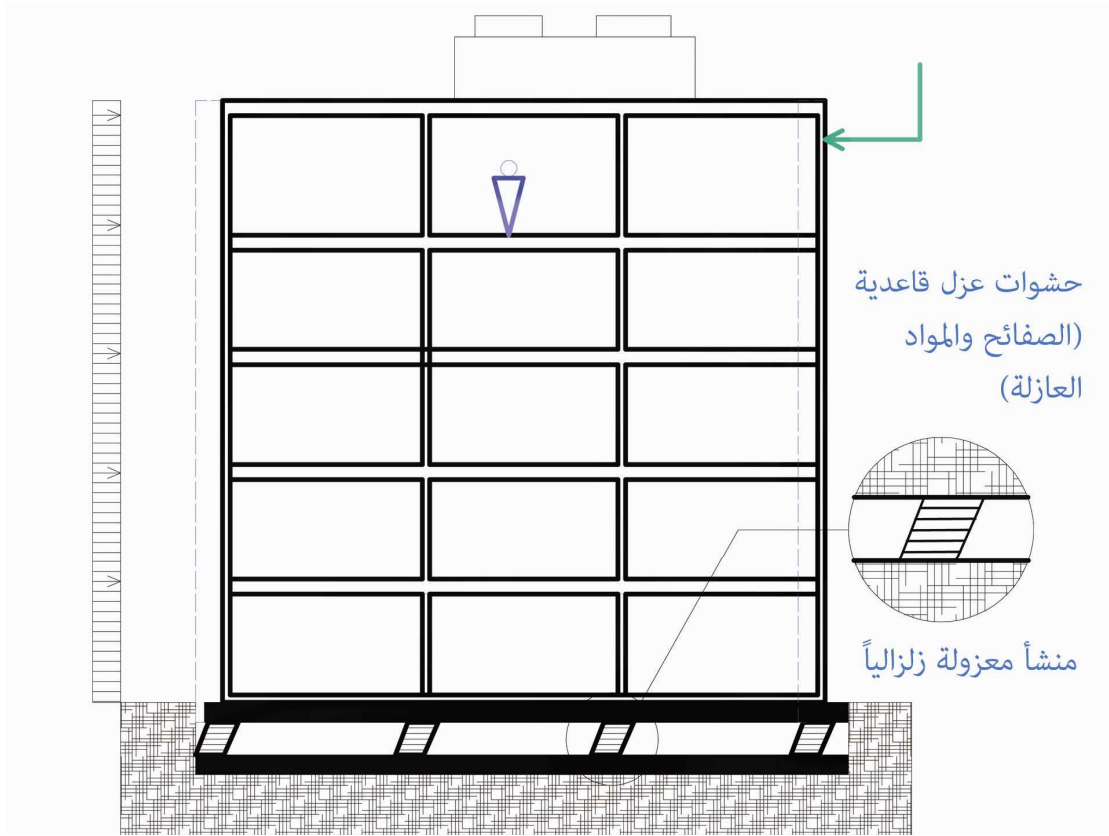
شكل (51): نظام العزل الزلزالي في المنشأة¹



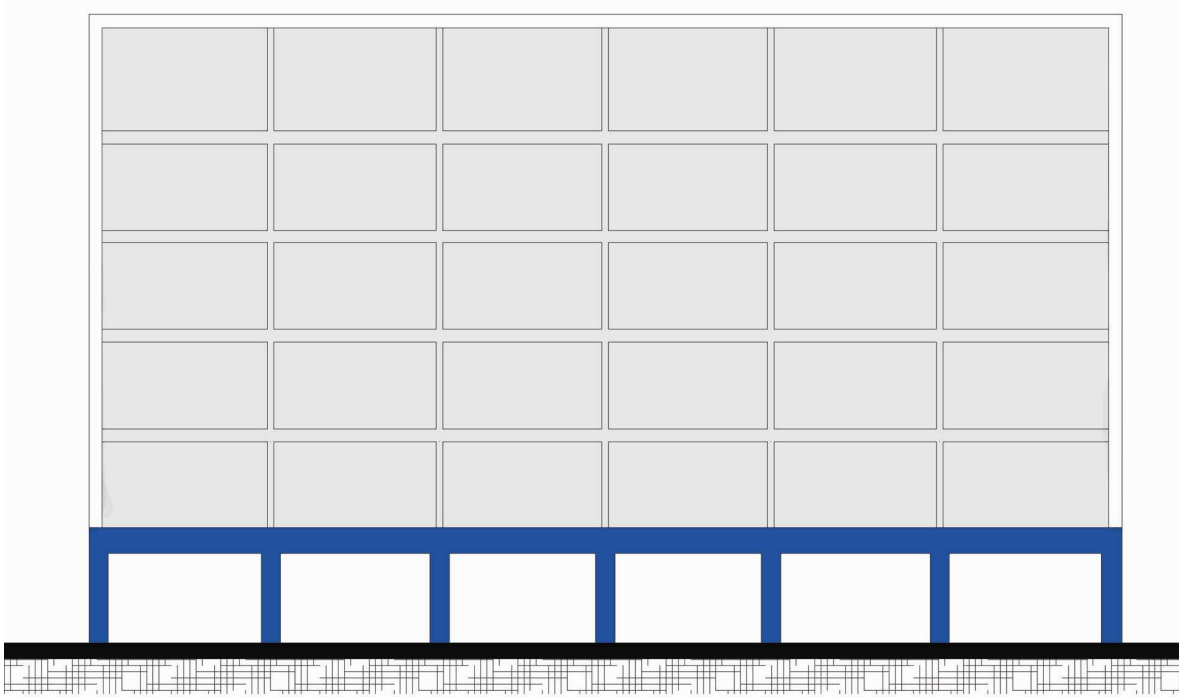
شكل (50): مخمدات زلزالية مع مانعات أفقية للهزات الأرضية²

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² "الكود العربي السوري لتصميم وتحقق المباني والمنشآت لمقومة الزلازل"، نقابة المهندسين، دمشق، 2005م.



مخطط (16): استخدام أنظمة العزل الزلزالي (Seismic Isolation) عند مستوى القواعد².



مخطط (17): تزويد الطابق الأرضي بإطارات صلبة من الخرسانة المسلحة⁽¹⁾

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² د.سمارة محمد "العزل الزلزالي، أساسيات عزل الاهتزازات الديناميكية" جامعة دمشق، نقابة المهندسين، دمشق سوريا، 2006.

1-6-9- الأعمدة القصيرة Short Columns:

عندما يتم تصميم الأعمدة تحت تأثير الأحمال الرأسية فقط (الأحمال الميتة والحية)، يعتبر وجود الأعمدة القصيرة في المباني إيجابياً، وذلك لما توفره هذه الأعمدة من مقاومة واستقرار للمنشأة، ولكن إذا تعرضت هذه المباني لأحمال أفقية (القوى الزلزالية الأفقية)، ففي هذه الحالة تؤثر الأعمدة القصيرة سلباً على السلوك الزلزالي لهذه المباني، وهذا ما أظهرته جميع الزلازل التي حصلت في العالم، ويعود سبب تأثر الأعمدة القصيرة بالقوى الزلزالية الأفقية إلى الصلابة الجانبية لهذه الأعمدة، فالقوى الزلزالية تُوزع على العناصر الإنشائية الرأسية كل حسب صلابتهن أي أن الأعمدة الأكثر صلابة يكون نصيبها من القوى الزلزالية أكبر من غيرها، وكما هو معروف تتأثر صلابة الأعمدة بشكل كبير بارتفاعها (تتناسب الصلابة عكسياً مع مكعب ارتفاع الأعمدة)، ولتوضيح تأثير صلابة الأعمدة (قساوتها) انظر المخطط (18)، حيث القوى الزلزالية الأفقية V توزع على العناصر الإنشائية الرأسية (الأعمدة في هذه الحالة) عن طريق بلاطات الطوابق، واستناداً إلى صلابة كل من العمود رقم 1 (العمود الذي ارتفاعه يساوي X) والعمود رقم 2 (ارتفاع العمود $2X$)¹، فإن القوى القاصة التي سيتعرض لها العمود رقم 1 ستكون أكبر بـ 8 أضعاف من القوة التي سيتعرض لها العمود رقم 2، وهذا بدوره سيؤدي إلى احتمال انهيار العمود رقم 1.

ويعود سبب وجود الأعمدة القصيرة أو تشكيلها إلى الاعتبارات المعمارية والوظيفية، وقد يؤدي الفرق في مناسيب التربة ومستويات طوابق المبنى، إلى تشكيل هذا النوع من الأعمدة، ولمزيد من التفاصيل حول انهيارات الأعمدة القصيرة، وبعض الأماكن التي تتشكل فيها هذه الظاهرة انظر الشكل (52). ومن الجدير بالذكر، أن انهيار الأعمدة، بشكل مبكر، قبل الجسور، يتعارض مع الفلسفة الأساسية للمباني المقاومة للزلازل، التي تعتمد، بشكل رئيسي، في تأمين السلوك الزلزالي للمنشآت، على مبدأ، أن أي انهيار قد يحصل تحت تأثير الزلازل القوية يجب أن تبدأ بشكل تدريجي وفي الجسور أولاً (فلسفة تصميم عمود قوي وجسر ضعيف (Strong columns and weak beams))، أي تشكيل المفاصل اللدنة (Plastic hinges) في الجسور وليس في الأعمدة، وفي حالة بدء بعض الأعمدة في الانهيار، أي إن ذلك سيؤدي إلى تغير مفاجئ وسريع في صلابة بقية العناصر، وبالتالي احتمال تعرض المبنى إلى عزوم التواء إضافية، وهذا بدوره قد يؤدي إلى حصول أضرار وانهيارات كلية أو جزئية في المبنى. وأظهرت الوقائع والأحداث الزلزالية (تقارير المعهد EERI) أن بعض الانهيارات التي حصلت في الأعمدة القصيرة، قد أدت إلى تطوير انهيارات كلية في المباني، واستناداً لأسباب تشكيل الأعمدة القصيرة، لوحظ

¹ د. الديبك جلال، "الزلازل وجاهزيتنا" مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2007م.

أن الأضرار والانهيارات التي حصلت في كثير من المدارس والمباني المهمة في كل من اليابان، وبعض دول أمريكا الجنوبية وآسيا، كان سببها الأضرار والانهيارات التي حصلت في الأعمدة القصيرة.

وأظهرت الدراسات التي أجراها الدكتور¹ أن ظاهرة تشكيل الأعمدة القصيرة في أنماط المباني المحلية موجودة بكثرة، ومن المستغرب أن عددًا لا بأس به من المهندسين، يعتقد أن الأعمدة القصيرة في الطابق الواحد تعتبر أفضل من الأعمدة العادية، وهذا مما لا شك فيه يؤكد أن الحكم على فعالية الأعمدة، عند بعض المهندسين، يخضع فقط لمدى مقاومتها للأحمال الرأسية الناتجة عن الأحمال الميتة والحية، إضافة لوجودها في المباني السكنية، فهي موجودة كذلك بكثرة في المباني المدرسية، والمستشفيات، ومقار الدفاع المدني، وفي العديد من المباني المهمة. وفي أغلب الأحيان يرتبط وجود ظاهرة تشكيل الأعمدة القصيرة بالمتطلبات المعمارية والوظيفية، وبالتالي يصعب تجنبها، مما يستدعي إعطاء العناية اللازمة لهذه الأعمدة وذلك حسب ما هو موضح في المثال التالي.

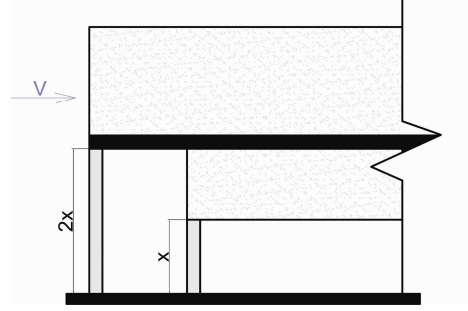
مثال: إمكانية تجنب استخدام تشكيل الأعمدة القصيرة.

استناداً إلى المتطلبات المعمارية والوظيفية يمكن تجنب بعض الحالات التي تتشكل فيها الأعمدة القصيرة، ولكن معظم الحالات لا يمكن تجنبها، ولذلك يمكن استيعاب القوى القاصة الزلزالية التي يحتمل أن تتعرض لها هذه الأعمدة ومقاومتها، وذلك من خلال الالتزام بما يلي:

- 1- التقييد بفلسفة هندسة الزلازل المتعلقة بتنفيذ "أعمدة قوية وجسور أضعف".
- 2- التقييد بأن يكون ارتفاع النوافذ والفتحات في الجدران الخارجية متساوية تقريباً.
- 3- استخدام أنظمة التثبيت والتكثيف سواء كان باستخدام العناصر الإنشائية أو غير الإنشائية.
- 4- تزويد الأعمدة في منطقة تشكيل الأعمدة القصيرة بقدر كافٍ من الإحاطة (Confinement)، وذلك من خلال تكثيف عناصر التسليح، واستخدام أكثر من عنصر في المقطع الواحد، مع مراعاة أن تكون هذه العناصر مقللة ومعكوفة على زاوية 135 د.

¹ د. الديبك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010

يتعرض العمود x لقوى
زلزالية مقدارها 8 أضعاف
القوى الزلزالية التي يتعرض
لها العمود $2x$.



مخطط (18): تشكيل الأعمدة القصيرة تحت تأثير القوى الزلزالية الأفقية¹



شكل (52): انهيارات في الأعمدة القصيرة (تقارير معهد EERI)

¹ Earthquake Engineering Research Institute <http://www.eeri.org>

1-6-10 - استخدام الأنظمة الكابولية/ الأظفار (Using Cantilever Systems):

أظهرت الأحداث الزلزالية أن المبالغة في استخدام الأنظمة الكابولية (الأظفار) أو (العناصر الظرفية) Cantilever systems في المباني، وخصوصاً عندما تكون أبعاد (Spans) هذه الأظفار كبيرة، ومحملة بجدران ثقيلة انظر الشكل (53)، يُسهم في ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني، وذلك لأن هذا النوع من الأنظمة الإنشائية يتأثر بشكل كبير بكل من القوى الزلزالية الأفقية والرأسيّة، وبالتالي إذا تطلب الأمر استخدام هذا النوع من التشكيلات المعمارية والإنشائية، فيجب في هذه الحالة وضع الحلول المناسبة، والالتزام بضوابط التصميم والتنفيذ الزلزالي الخاص بهذا النوع من الأنظمة، وبكل أسف فإن معظم الأظفار الموجودة في أنماط المباني المعاصرة محلياً (وخصوصاً المحملة منها)، لم يتم تصميمها وتنفيذها وفقاً للمعايير والمتطلبات الزلزالية¹.

ومن الجدير بالذكر، أن معظم كودات التصميم العالمية تهمل تأثير المركبة الرأسية للقوى الزلزالية، وخلال السنوات الماضية أوصى عدد من الكودات العالمية بضرورة أخذ تأثير هذه المركبة على السلوك الزلزالي للمنشآت، فقد أظهرت الزلازل، التي تعرض لها عدد من دول العالم، أن القوى الزلزالية الرأسية قد أثرت بشكل واضح في بعض أنواع المنشآت، وأهمها:

- المنشآت الخفيفة.

- المنشآت القريبة من المركز السطحي للزلازل.

- الصالات ذات المجازات الكبيرة.

- الأظفار/ أو البلكونات وخصوصاً المحملة منها.

- الجسور (الكباري).

وإذا تطلب الأمر، ولأسباب معمارية أو وظيفية، استخدام الأنظمة الكابولية وخصوصاً المحملة منها، ففي هذه الحالة يوجد حلول وطرق إنشائية للحد من تأثير هذا النوع من الأنظمة في السلوك الزلزالي للمباني، ومن هذه الحلول:

- استخدام شدادات من الخرسانة المسلحة أو من الفولاذ، ويمكن أن تكون هذه العناصر ظاهرة، أو مخفية داخل الجدران الجانبية.

- استخدام عناصر قطرية قابلة لتحمل الضغط (Strut Diagonal Elements)، وغالباً ما تكون هذه العناصر من خرسانة مسلحة ومخفية داخل الجدران الجانبية.

¹ د. الديب جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين،

- استخدام جدران قص متغيرة الأبعاد، بحيث يتم استيعاب الأحمال الناتجة عن الجدران المحمولة بوساطة هذه الجدران.



شكل (53): استخدام الأنظمة الكابولية (الأظفار) والبروزات والبلاكين¹.

1-7- النتائج والاستنتاجات:

من الدراسة السابقة يمكن استخلاص أن نوع الدمار الذي يحدث في المبنى يتوقف تبعاً لنوع التربة وخواصها، كما يتوقف على طبيعة تكوين المبنى نفسه، سواء في الجزء الموجود تحت سطح الأرض -كالأساسات ونوعها وطريقة ارتكازها - أو في الجزء الموجود فوق سطح الأرض البنية المعمارية للمبنى وهو ذلك الجزء الذي يتعامل معه المهندس المعماري في المقام الأول، لأنه هو الذي يقوم بوضع التصميمات المعمارية الأساسية ابتداءً من الخطوط الأولى للبناء التي تعطي المبنى الشكل الملائم والحجم الذي يفي بمتطلبات البرنامج الوظيفي، فإن التباين والتنوع اللانهائي في تكاوين وأشكال المباني يعطي تصوراً حقيقياً لحجم الدمار الذي يمكن أن يحدث لمنطقة عند وقوع أي زلزال بها. فالأشكال العامة للمباني وكذلك طرق التشييد قد تغيرت تغيراً كبيراً خلال السنوات الماضية، فقد أصبحت المجازات أكثر اتساعاً، وأقل انتظاماً، وأنظمة الجدران المحمولة والجدران الحاملة مع البلاطات الخرسانية

¹ د. الديك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010

حلت محلها العناصر مسبقة الصنع ذات خصائص مختلفة، فتغيرت سلوكيات المباني عن تلك التي شيدت بالطريقة الكلاسيكية المعتادة وكان الخطأ الأساسي أن المباني الجديدة لم يكن فيها شروط التناظر والانتظام والمتانة اي لم تدرس على المعايير المعمارية المقاومة للزلازل، مثلما كان متوفراً في المباني القديمة التي كانت على مبدأ التناظر والكثافة الإنشائية وقرب مركز الثقل من الأرض أي ثبات المبنى وذات الأشكال المنتظمة.

ومن هذا يمكن القول أن معظم المباني المشيدة حديثاً لا تتفق مع تكوين البناء البسيطة المعروفة منذ القدم، ولعل هذا هو الذي جعل المباني القديمة تصمد تحت تأثير الزلازل، بينما تتعرض المباني الحديثة إلى التلف والدمار.

من خلال ما توصلنا له أن أي شكل من الأشكال الهندسية ذات الجمالية والخيال يمكن دراسته ومعالجته على التصميم المعماري المقاوم للزلازل وذلك وفق الشروط والمعايير لمقاومة الهزات الأرضية بإيجاد الحل المناسب لشكل المبنى.

الفصل الثاني

دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل في المباني من خلال
بعض الأمثلة العالمية

هذا الباب من البحث يعرض بعض الأعمال المعمارية التي تم تصميمها لتكون مقاومة للزلازل من خلال عرض بعض الأمثلة العالمية، كي يستخلص منها بعض المبادئ والحلول التي تساعد في التوصل الى القواعد العامة التي ينبغي مراعاتها عند عمل تصميم معماري مقاوم للزلازل. إن الهدف من طرح هذه الأمثلة العالمية وتوصيفها هو توضيح علاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى وذلك من خلال توصيفها معمارياً وتحليلها على مقاومة الزلازل. التي توضح انعكاس تأثير الزلازل على شكل المبنى وهي:

مستشفى فيترانزاد مستراشن لوماليندا بكاليفورنيا وفندق أمبريال بطوكيو، شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال 1994م، والفندق الحديث في بوخارست، وقصر الفنون في طشقند، البرج السكني في سان فرانسيسكو عام 1968م، برج سكني في فيينا، مبنى روس بسان فرانسيسكو عام 1927. وأخيراً عرض ودراسة لانهيئات المباني بتأثير الزلازل وهي:

زلزال أنكوراج (ألاسكا) عام 1964م، زلزال سان فرناندو عام 1971 م بكاليفورنيا، زلزال المكسيك 1985م، زلزال سان فرانسيسكو 1989م.

2-1-1- التوصيف المعماري لمبنى مستشفى فيترانزاد مستراشن لوماليندا بكاليفورنيا 1975:

أ- يتكون المبنى من غرف إقامة المرضى والطابق الأرضي وثلاثة طوابق علوية، ويميل الى التصميم الأفقي بمسطح حوالي 2150م² على أرض خضراء مساحتها 16,800 هكتار، فمزجى المبنى مع الموقع ولم يتأثر بما يمكن أن يحدث بالمقارنة بينه وبين المباني الأخرى المجاورة له.

ب- تم دراسة الحركة داخل المستشفى بحيث اكتسب المبنى طابعاً مبسطاً، بسبب الابتعاد عن إظهار مشاكل التخطيط والخدمات والمعدات والحركة الداخلية والخارجية، سواء في المسقط الأفقي أو الواجهات والمقاطع الرأسية¹.

ج- قام المعماري باختيار أبسط الأنظمة الإنشائية للتحميل وهي البلاطة والجائز والعمود، مع تقوية جوانب المبنى بأبراج خدمات مقاومة للقوى الجانبية كما بامخطط (19).

د- المبنى متناظر حول محورين متعامدين في المسقط الأفقي المربع الشكل، مع وجود أربعة أفنية سماوية داخلية للتهوية والإنارة الطبيعية، ثم تقويتها إنشائياً بنواة حاملة تضم عناصر الحركة الرأسية من الخرسانة المسلحة.

هـ- الواجهات المتقابلة متناظرة في الشكل، ومسطح الفتحات بأي واجهة في مبنى المستشفى يساوي مسطح الفتحات في أي واجهة أخرى من الواجهات الأربعة، كما أن كل الطوابق متساوية في الارتفاع كما بالشكل (54).

¹ Arnold, C, "Building Configuration and Seismic Design", pp. (216-218).

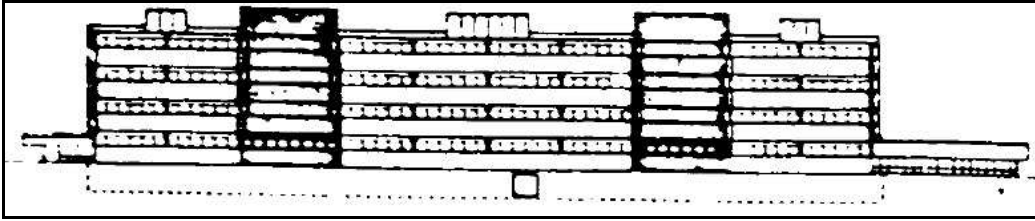
2-1-1-1- تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى :

أ- الامتداد الأفقي والابتعاد عن الارتفاعات الرأسية الكبيرة فنسبة الطول إلى العرض إلى الارتفاع هي 5:5:1 مما جعل زيادة مقاومة كتلة المبنى للحركة الاهتزازية الأرضية، بعكس المباني المرتفعة.

ب- التوافق المديولي في التصميم يكسب المبنى الاتزان نتيجة انتظام الأبعاد وأماكن وجود الأعمدة والجدران كما بالمخطط (20).

ج- النظام الإنشائي للتحميل يستطيع المبنى مقاومة جميع أنواع القوى التي يتعرض لها بالزلازل... فالأعمدة، تقاوم القوى الرأسية، والبلاطات والجوائز تقاوم القوى الأفقية، والجدران الخرسانية المسلحة لأبراج الخدمات على الواجهات وداخل المبنى تقاوم قوى الإلتواء والعزوم هذا ومع اختيار التشكيل الهندسي الأفقي المنتظر للمستشفى كما بالمخطط (21).

نظام بناء المستشفى وذلك باستخدام الفولاذ المقاوم المزدوج اللحظي _ الهياكل والإطارات بالإضافة إلى جدران القص وتصميم الجدران الزلزالية لمقاومة حركات الأرض الحقيقية وتقليل الأضرار والمخاطر¹.

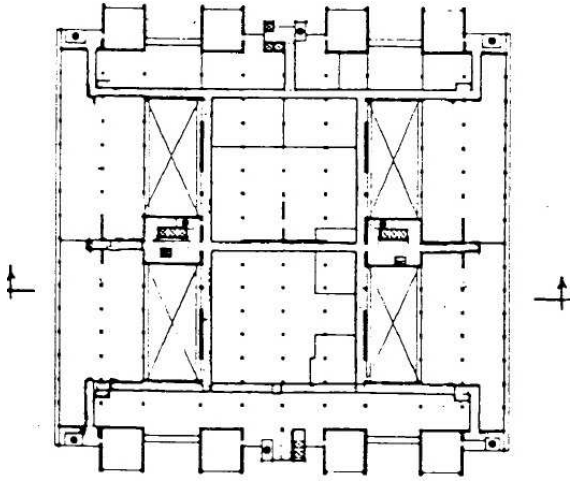


مخطط (19): المقطع العرضي بالمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا⁽¹⁾

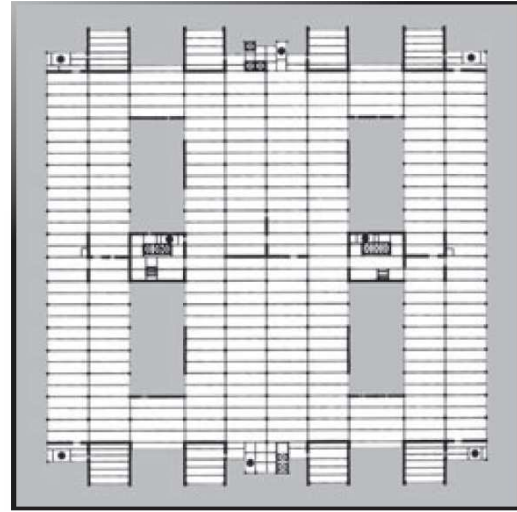


شكل (54): واجهة مستشفى لوماليندا بكاليفورنيا⁽¹⁾

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



مخطط (21): المسقط الأفقي المتناظر للطابق الأرضي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا²



مخطط (20): مسقط المديول الإنشائي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا¹

2-1-2- فندق امبريال بطوكيو:

يمثل هذا المبنى الذي صممه فرانك لويد رايت عام 1916م قمة الإدراك المعماري الطبيعية احتياج التصميم في المناطق ذات النشاط الزلزالي والذي أثبت نجاحه عندما تعرض المبنى لكارثة زلزال طوكيو الشهير عام 1923م، فحدث دمار شديد لمعظم المباني، ووفاة ما يقرب من مائة وثلاثة وأربعون الف مواطن... بينما ظل مبنى الفندق الإمبراطوري سليماً، رغم أنه كان قد تم الإنتهاء من بنائه قبل شهرين فقط من حدوث الزلزال.

لذلك يعتبر هذا المبنى انظر الشكل (55) تحدياً للفكر الذي كان سائداً عن التصميم المقاوم للزلازل في ذلك الوقت ، وموضحاً لفهم المهندس المعماري الذي قام بتصميمه لظاهرة الزلازل.

وقد أعاد فرانك لويد رايت بنفسه الحسابات الإنشائية للمبنى، بعد أن قام بإلغاء حسابات وروسومات المهندس الإنشائي، يوليوس هوتو، وذلك من أجل تحقيق الفكرة التي أراد تنفيذها في مبنى الفندق الإمبراطوري³.

2-1-2-1- التوصيف المعماري للمبنى:

أ- المسقط الأفقي مركب ذو زوايا معكوسة على شكل حرف H وقد تم تقسيمه بالفواصل الى مجموعة من المربعات والمستطيلات البسيطة لا تتعدى مقاسات أي منها عن 18×10 متر، وكل جزء من هذه الأجزاء متناظرة مع نفسه كوحدة مستقلة.... والمسقط الأفقي بوجه عام متناظر حول محور واحد، مخطط (22).

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² Arnold , C, "Building Configuration and Seismic Design", pp. (216-218).

³ Arnold, C, "Building Configuration and Seismic Design", pp. (222-228).

ب- الجدران الداخلية والخارجية سميكة وثقيلة من أسفل، ويقل سمكها ووزنها كلما ارتفعت لأعلى، لتكون مماثلة لطريقة البناء، بالحجر عند القدماء المصريين، مما اكسب المبنى طابعاً معمارياً مميزاً.

ج- العمل على تخفيف أحمال المبنى باستخدام ألواح أردواز (Ardoise) خفيفة بدلاً من القراميد بالسطح، مع زيادة مسطحات الفتحات تدريجياً وبمقدار ملائم في الدور الأخير عن الطوابق السفلية، شكل (56).

د- على الرغم من أن قوانين البناء في طوكيو كانت تسمح بارتفاع ثلاثين متراً كحد أقصى، إلا أن مبنى الفندق الإمبراطوري كان ارتفاعه لا يزيد عن ثمانية أمتار للأجنحة الجانبية وستة عشر متراً للجناح الأوسط.

هـ- ابتكر فرانك لويد رايت نظاماً مستجداً للأساسات، يعتمد على ارتكاز القواعد المستمرة على مساند قصيرة مغروزة بالأرض (أوتاد)، ويحيط بها طبقة من الطين الغريني¹ بعمق يصل إلى اثنين وعشرين متراً، كالأطراف، تقوم بترشيح حركة الأرض وامتصاص الموجات الزلزالية شكل (57). لذلك عندما تعرض المبنى للزلازل عام 1923، كان التلف الذي أصابه بسيطاً للغاية ولا يتعدى حدوث شروخ خفيفة بجدران الردهات وبصالة المطعم الرئيسي وقد تم ترميمها ليظل الفندق قائماً حتى عام 1968م حين اتخذ قرار هدمه.

2-2-1-2- تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى:

أ- تقسيم الشكل المركب إلى أشكال بسيطة، عن طريق فواصل زلزالية، جعل كل شكل يتعامل مع القوى الزلزالية كوحدات مستقلة صغيرة، وبالتالي تكون قوى القصور الذاتي المتولدة داخلها، محدودة للغاية.

ب- الجدران المبنية ذات مركز ثقل منخفض قريب من الأرض، وهذا يدعمها ويثبتها في مواجهة قوى القص والالتواء والعزوم القلبية.

ج- تخفيف أحمال المبنى وجعله أخف وزناً باستخدام الصفائح الازدوازية بدلاً من القرميد بالسطح، وبالتالي أقل تأثراً بقوى الزلازل.

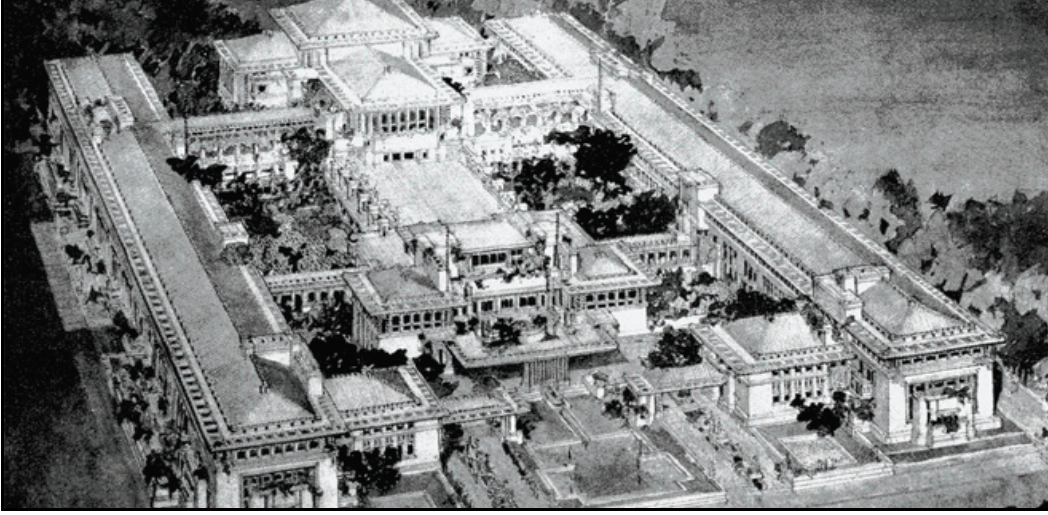
د- الارتفاع المنخفض يقلل من الاهتزاز الترددي الذي يجهد المبنى بالثني والقص عدة مرات على التوالي فيحدث الدمار لعناصره الانشائية.

هـ- نظام الأساسات الذي ابتكره "فرانك لويد رايت" ساعد في امتصاص موجات الزلازل بكفاءة تامة، كما أن استبدال التربة بأخرى من الطين الغريني، تعمل كوسادة لينة تقوم بترشيح حركة الأرض وتقليل أثرها التدميري عن المبنى.

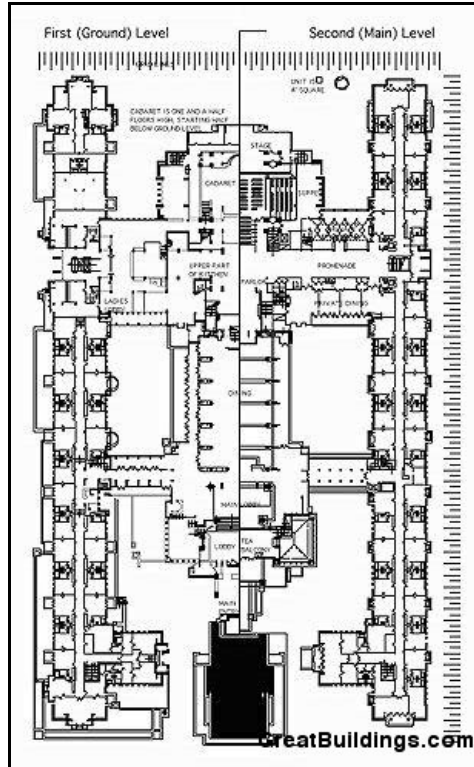
¹ Arnold, C, "Building Configuration and Seismic Design", pp.(225).

و- تدعيم الجدران الخرسانية بطبقة خارجية وأخرى داخلية من الأحجار الصلبة ، لتقاوم قوى القص بطريقة أكثر فاعلية انظر الى شكل (58) والشكل (60).

وبذلك يمكن اعتبار الفندق الإمبراطوري الذي صممه المهندس المعماري فرانك لويد رايت عام 1916م من أوائل المحاولات الناجحة لعمل تصميم معماري مقاوم للزلازل في العصر الحديث. ولتوضيح التصميم المعماري الخارجي للمبنى شكل (59)، شكل (61)، شكل (62).

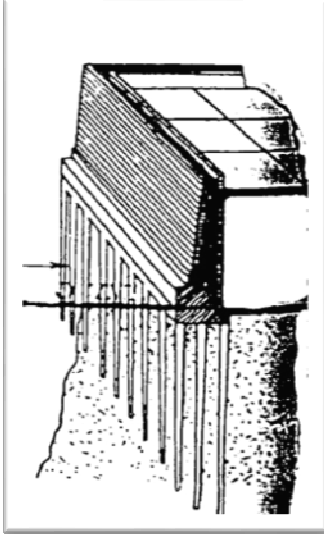


شكل (55): المنظر العام للفندق الإمبراطوري بطوكيو¹

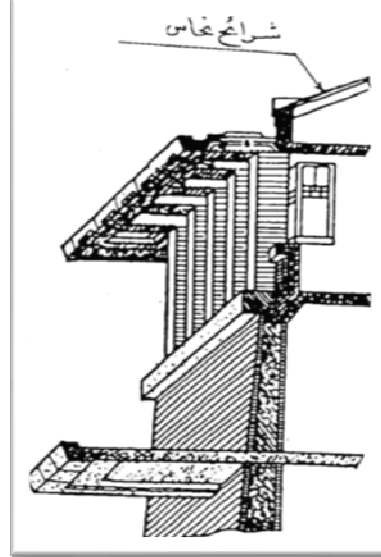


مخطط (22): (المسقط العام للفندق الإمبراطوري بطوكيو) المصدر: ويكيبيديا الموسوعة الحرة

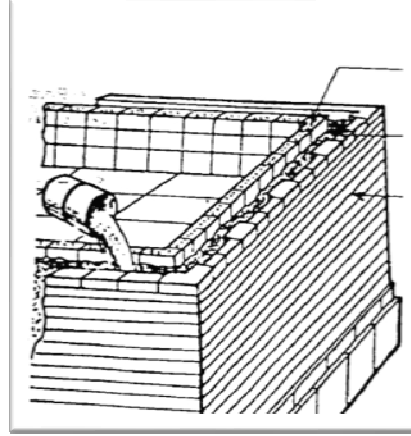
¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



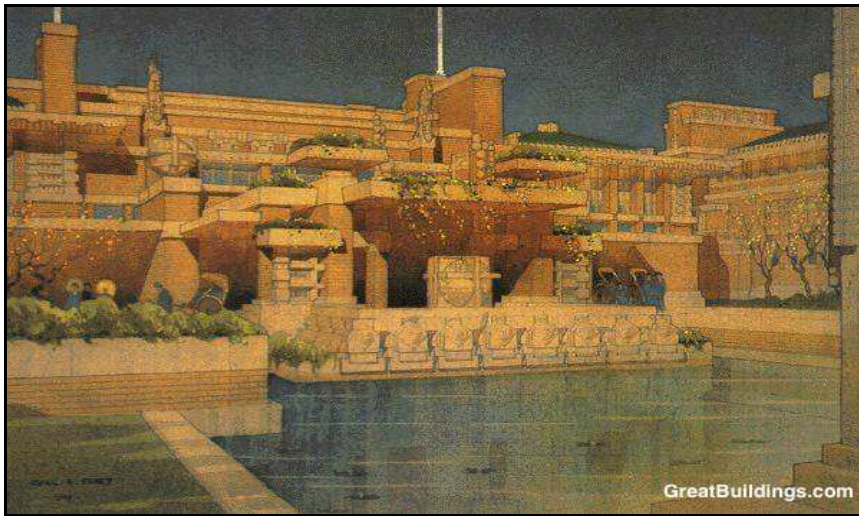
شكل (57): الطريقة المبتكرة للأساسات¹



شكل (56): تخفيف الأحمال باستعمال شرايح الاردواز بدلاً من القرميد بالسطح⁽¹⁾



شكل (58): طريقة تدعيم الجدران⁽¹⁾



شكل (59): مشهد خارجي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا المصدر: ويكيبيديا الموسوعة الحرة

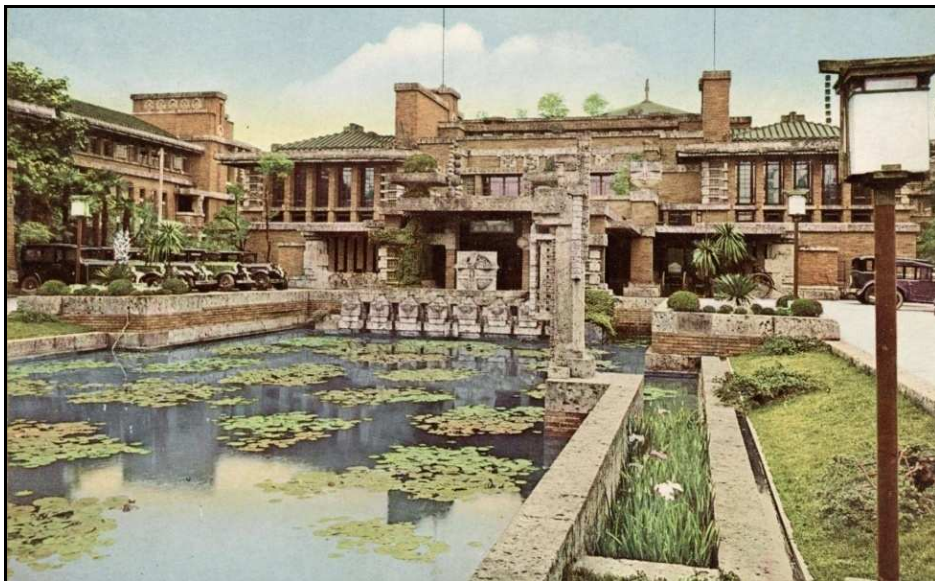
¹ البطوط محي الدين (رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري)، مصر، القاهرة، 1980.



شكل (60): طريقة تركيب الحجر (الإكساء الخارجي) المصدر: ويكيبيديا الموسوعة الحرة



شكل (61): مشهد خارجي لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا المصدر: ويكيبيديا الموسوعة الحرة

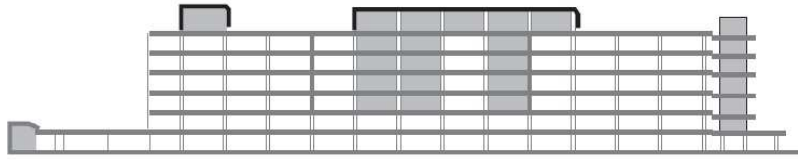


شكل (62): مشهد خارجية لمستشفى لوماليندا بكاليفورنيا المصدر: ويكيبيديا الموسوعة الحرة

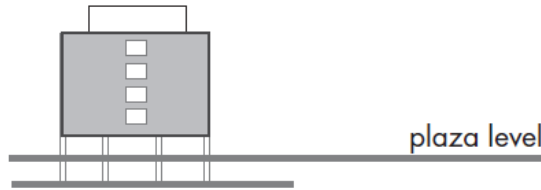
2-1-3- مستشفى أوليف بكاليفورنيا:

مستشفى أوليف بكاليفورنيا الذي تضرر بشدة بسبب حدوث الزلزال عام 1971م في سان فرناندو بكاليفورنيا. الذي يظهر مشكلة جدران القص الغير مستمرة (من الأسفل إلى الأعلى) مخطط (23). إن الشكل العام الشاقولي للبناء الأساسي يبين الطابق الأرضي والأول طابق رخو بالإضافة إلى هيكل من الإطارات المتين يدعم الطوابق العلوية (الرابع) أما الخامس فهو السقف الخارجي للمبنى بالإضافة إلى جدران القص القوية المدعمة للهيكل الإنشائي⁽¹⁾، كما في المخطط (23) و(24).

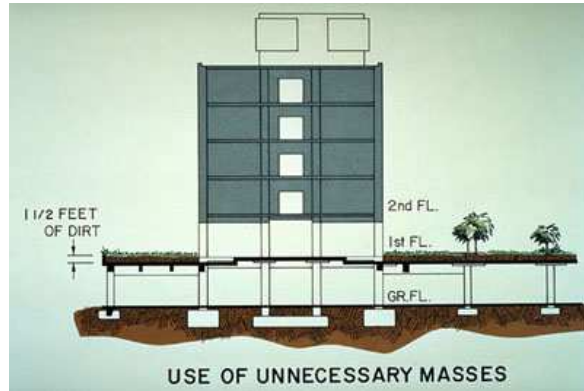
أما الطابق الأول فهو ممتد للخارج كما بالمخطط (25) ليشكل ساحة كبيرة. حدث العديد من الدمار في قسم الطابق الرخو، أما الطوابق العلوية انتقلت ككتلة واحدة وتحركت بشكل كبير عن الأعمدة الموجودة في الطابق الأرضي فهي لا تقدر استيعاب مثل هذه الإزاحة الكبيرة بين الطابق السفلي والطوابق العلوية (القاعدة والقمم) وبالتالي فشلت كما في الشكل (63)-(64)-(65)-(66). وبالتالي المبنى بقي قائم ولكن اثنان من شاغليه بالعناية المشددة وشخص الصيانة الذي يعمل خارجاً قد قتل.



مخطط (23): مقطع طولي لمستشفى اوليف يوضح أن جدران القص تتوقف عند الطابق الثالث¹



مخطط (24): مقطع عرضي لمستشفى اوليف يوضح الساحة بالطابق الثاني وعدم استمرار جدران القص⁽¹⁾



مخطط (25): مقطع عرضي لمستشفى الزيتون يوضح الساحة بالطابق الأول وإنشائية المشفى (المصدر: وكينديا الموسوعه الحرة)

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes" - A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (63): صورة لمستشفى أوليف توضح التشوه الشديد للأعمدة فوق مستوى الساحة¹



شكل (64): صورة توضح الدمار الحاصل بالمستشفى بعد وقوع زلزال سان فرناندو 1971 بكاليفورنيا (المصدر: وكينديا الموسوعه الحره)



شكل (65): صورة توضح الارتطام الحاصل بالمستشفى أثناء وقوع زلزال سان فرناندو 1971 بكاليفورنيا (المصدر: وكينديا الموسوعه الحره)

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (66): صورة لمستشفى أوليف توضح التشوه الشديد للأعمدة فوق مستوى الساحة¹

2-1-4- شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال 1994م:

فهو مباني سكنية (شقق سكنية في لوس انجلس) التي تضررت بشدة بعد زلزال نورثريدج ميدور عام 1994م الذي يظهر مشكلة جدران القص الغير مستمرة (من الأسفل إلى الأعلى) شكل (67). إن الشكل العام الشاقولي للبناء الأساسي يبين الطابق الأرضي طابق رخو فهي تركت كمواقف للسيارات والنتيجة وجود الطابق الرخو في الطابق الأرضي (مرونة بالطابق الأرضي). إن قدرة الأعمدة في الطابق الأرضي بالإضافة إلى الهيكل الخشبي الكبير فهو غير كافي على تحمل قوى الزلازل بسبب عدم استمرارية جدران القص من الأعلى إلى الأسفل وأدى ذلك إلى انهيار كامل و 16 حالة وفاة⁽¹⁾. وفي شكل (68) نوضح منزل آخر سكني بعد زلزال نورثريدج 1994 التي تم تدعيمها في الطابق الأول والثاني بإطارات خشبية هيكلية ودعمت بالإطار الهيكلي الخرساني المسبق الصنع، انهار الإطار بشكل كامل . ولكن لحسن الحظ لم تكن هناك شقق سكنية في الطابق الأرضي وبالتالي لم تصب السكان بأذى رغم قوة الهزة الأرضية وشدتها⁽¹⁾.

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (67): شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال نورثريدج ميدور عام 1994م¹



شكل (68): نوضح انهيار الطابق الأرضي للمنزل السكني بعد زلزال نورثريدج 1994⁽¹⁾

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

2-1-5- الفندق الحديث في بوخارست:

يقع مبنى الفندق في وسط المدينة بوخارست عاصمة رومانيا وقد تعرض الزلزال الرابع من مارس عام 1977م، فلم يحدث به أي تلف بخلاف بعض الشروخ الخفيفة في جدران الفناء الداخلي، نتيجة لتعرضه لقوى الالتواء في المسقط الأفقي.

2-1-5-1- التوصيف المعماري لمبنى الفندق:

أ- المسقط الأفقي على شكل مثلث متساوي الأضلاع زواياه المدببة مشطوفة، وأضلاعه مقعرة للداخل.
ب- بطارية الحركة الرأسية مركزة في قلب المسقط الأفقي كما بالمخطط (26).
ج- نسبة تكوين المبنى 1 طول: 1 عرض: 1 1/2 ارتفاع.
د- اختيار نظام المبنى بسيط، هو البلاطة والجائز والعمود، وتدعيمهم بجدران قص بكامل ارتفاع الواجهات الجانبية المشطوفة.

هـ- وجود أعمدة ظاهرة وسط الفراغ المعماري للقاعات والصالونات والمطعم، وعدم الفناء أي أعمدة بواجهة الطابق الأرضي المستخدم للاستقبال والانتظار كما بالمخطط (27).
و- كتلة المبنى متناظره سواء في المسقط الأفقي أو بالواجهات كما بالشكل (69).
ز- عدم وجود ارتدادات بالطوابق العلوية، لوضع غرف الخدمات والمخازن، وتم تخصيص طابق بكامل السطح لها للمحافظة على تشكيل وكتلة المبنى.

وقد تم تصميم المبنى طبقاً لكود الزلزال المطبقة في رومانيا، لذلك فقد خضعت عملية التصميم لدراسات عديدة شملت الشكل العام والمساحات والارتفاعات وجيولوجيا المنطقة وحدود الأرض¹.

2-1-5-2- تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى:

أ- الشكل العام للمسقط الأفقي المتناظر واختيار منتصف الشكل الهندسي ليكون مركزاً لنواة حاملة تضم عناصر الحركة الرأسية، يضمن تطابق مركز الكتلة مع مركز المقاومة لتجنب قوى العزوم عند حدوث الزلزال، ويدعم ذلك بنسبة أطوال أضلاع المبنى 1:1:1/2 وهي نسبة آمنة تجعل مركز ثقل المبنى قريباً من الأرض.

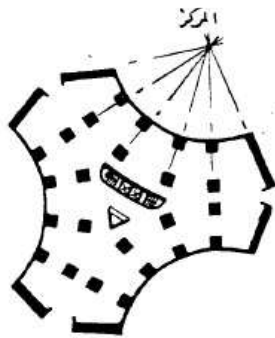
ب- الأعمدة الظاهرة وسط الفراغات المعمارية الداخلية وعلى الواجهات بالدور الأرضي تعتمد على انقطاع مسار الأحمال، كما أن تناظر مسطح الفتحات بكل الواجهات يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فلا تكون هناك واجهة أضعف من الأخرى.

¹ Polyakove, S. V., "Design of Earthquake Restant Structure,"- basic threoy of seismicstabilty, Mosco, 1985, pp 260-261

ج- اختيار الموقع ليكون المبنى مرتداً عن باقي المباني المجاورة له، وذلك لتجنب اصطدام المباني مع بعضها.

د- عدم وجود بروزات علوية يدعم الخصائص الميكانيكية للشكل المثلث بكامل ارتفاع المبنى، كما ان الابتعاد عن الأشكال الغير منتظمة أتاح للمعماري الحصول على تشكيل جمالي من نفس الكتلة المبنى، وجمالية التفريغ الدائري المقعر للداخل لأضلاع المثلث المتساوية لإدخال الإنارة الطبيعية والهواء النقي وتحديد المداخل والمخارج للحركة الأساسية للمبنى.

لعل ذلك كله قد جعل المبنى ملائماً لمقاومة القوى والموجات الزلزالية التي تعرض لها أثناء الزلزال عام 1977، فلم يحدث به أي تلف يذكره بينما أصاب الدمار الشديد معظم المباني المحيطة به.



مخطط (27): مسقط الطابق الأرضي (1)



مخطط (26): المسقط المتكرر ومحور التناظر (1)



شكل (69): المنظور العام لفندق بوخارست (1)

¹ Polyakove, S. V., "Design of Earthquake Restant Structure,"- basic threoy of seismicstabilty, Mosco, 1985, pp 260-26.

2-1-6- قصر الفنون في طشقند:

تعرض المبنى بعد تنفيذه مباشرة لزلزال طشقند وهي بالاتحاد السوفيتي سابقاً الذي حدث عام 1966، فلم يحدث به أي تلف على الإطلاق ، مما أثبت مقاومته للزلازل، حيث أن تصميماته خضعت لتوصيات" الكود الخاص بالمنطقة.

إن هذه النوعية من المباني التي تحتاج الى فراغ كبير دون وجود أعمده داخلية وكذلك إلى سقف عال يلزم بالتأكيد دراسات مستفيضة من النواحي المعمارية والإنشائية لجعلها، في مواجهة الزلازل وخاصة أنها قد تحوى داخلها كنوزاً من الفنون، ونماذج من التراث القديم المعروض بها ولا يقدر بثمن.

2-1-6-1- التوصيف المعماري للمبنى:

أ- المسقط الأفقي على شكل مضلع دائري، وكل ضلع من أضلاعه الخارجية على هيئة قشرة مقعرة للدخل من الخرسانة المسلحة المصبوبة، في الموقع، أما السقف فهو من جملونات معدنية محملة في الاتجاهات القطرية¹ ويربطها مع بعضها جوائز دائري عند مركز السقف مصنوعة من الفولاذ. ب- ارتفاع المبنى يساوي نصف قطره ، مما يجعل هيئة الكتلة أكثر رسوخاً وارتكازاً، ومركز ثقله قريباً من الأرض.

ج- عدم وجود أي فتحات على الواجهات الخارجية، فيما عدا فتحات أبواب للدخول، والمبنى متناظر حول محورين في التشكيل الهندسي الأفقي والواجهات.

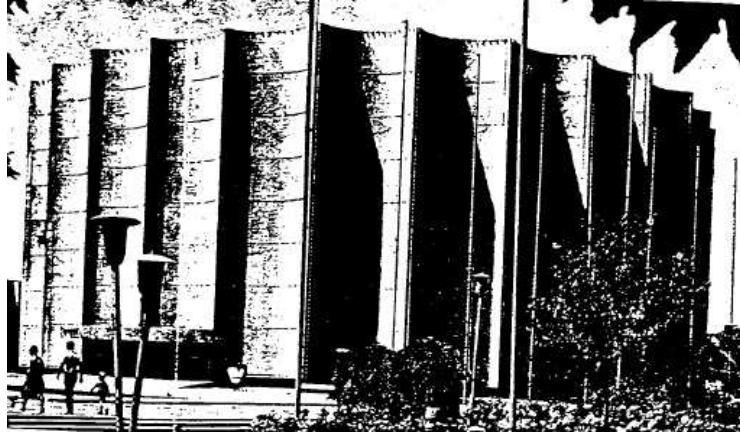
2-2-6-1- تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالمبنى:

أ- استخدام الشكل الدائري المضلع في التشكيل الهندسي الأفقي جعل الكتلة مركزة في نفس نقطة المركز الهندسي (مركز الكتلة)، وهذا يجعل من الصعب حدوث إزاحة كبيرة لكتلة المبنى بتأثير الزلازل... كما ان القشريات الخرسانية المقعرة بالواجهات تقاوم قوى القص الجانبية ، شكل (70).

ب- نسبة الارتفاع إلى نصف القطر 1:1 يجعل زمن الدورة الترددية للمبنى قصيراً جداً ، وهذا يجعل قوى القصور الذاتي المتولدة داخل المبنى تكاد تكون معدومة.

ج- تناظر المبنى عدم وجود فتحات بالواجهات الخارجية له فيما عدا أبواب الدخول، يجعل كتلة المبنى تقاوم قوى الزلازل المختلفة بطريقة أفضل سواء كانت هذه القوى أفقية أو رأسية أولى وما يترتب عليه من أي عزوم والتواء.

¹ Polyakove, S. V., "Design of Earthquake Restant Structure,"- basic threoy of seismicstabilty, Mosco, 1985, pp 212-214.



شكل (70): مبنى قصر الفنون بيشقند¹

2-1-7- التوصيف المعماري لمبنى الشقق السكنية في سان فرانسيسكو عام 1968م:

- يعتبر هذا البرج السكني بسان فرانسيسكو بمثابة نقطة علام (land mark) فهو من الأبراج البيتونية - تم دراسة الحركة داخل البرج بحيث اكتسب المبنى طابعاً مبسطاً، بسبب الابتعاد عن الأشكال الغير منتظمة وإظهار مشاكل التخطيط والخدمات والمعدات والحركة الداخلية والخارجية ، سواء في المسقط الأفقي أو الواجهات والمقاطع الرأسية².

- المبنى متناظر حول محورين متعامدين في المسقط الأفقي المربع الشكل، مع وجود فتحة سماوية مركزية داخلية للتهوية والإنارة الطبيعية ، ثم تقويتها إنشائياً بجدران قص محيطية بالفناء الداخلي.

- الواجهات المتقابلة متناظرة في الشكل ، ومسطح الفتحات بأي واجهة في مبنى البرج يساوي مسطح الفتحات في أي واجهة أخرى من الواجهات الأربعة، كما أن كل الطوابق متساوية في الارتفاع كما بالمخطط (28).

2-1-7-1- تحليل اعتبارات التصميم المعماري المقاوم للزلازل لمبنى البرج السكني:

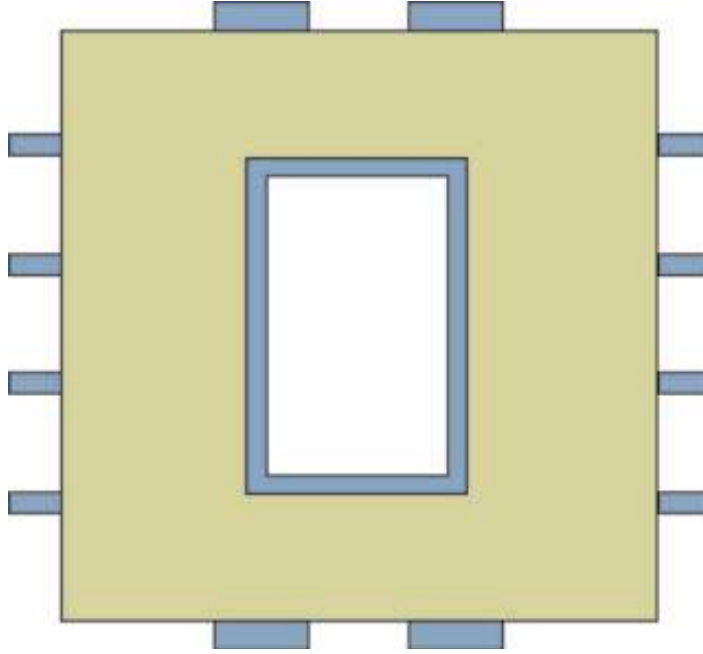
- التوافق المديولي في التصميم يكسب المبنى الاتزان نتيجة انتظام الأبعاد وأماكن وجود الأعمدة والجدران مخطط (28).

- النظام الإنشائي للتحميل يستطيع المبنى مقاومة جميع أنواع القوى التي يتعرض لها بالزلازل والحمولات الثقيلة... فالأعمدة، تقاوم القوى الرأسية ، والبلاطات والجوائز تقاوم القوى الأفقية ، والجدران الخرسانية المسلحة (جدران قص) المحيطية على الواجهات وداخل المبنى تقاوم قوى الالتواء والعزوم هذا ومع اختيار التشكيل الهندسي الأفقي للمناظر للبرج كما بالشكل (71).

¹ Polyakove, S. V., "Design of Earthquake Restant Structure,"- basic threoy of seismicstabilty, Mosco, 1985, pp212-214

² ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

- نظام بناء البرج وذلك باستخدام الهياكل والإطارات بالإضافة إلى جدران القص وتصميم الجدران الزلزالية لمقاومة حركات الأرض الحقيقية وتقليل الأضرار والمخاطر¹.
 - يعبر شكل هذا البناء على انعكاس الزلازل والحمولات الثقيلة على شكل المبنى (على التصميم المعماري المقاوم للزلازل) وذلك بألواح (الجدران الخرسانية) بالطابق الأرضي لمرحلة ما بعد التوتر والاهتزازات.
- إن المبنى يوضح أيضاً فكرة القاعدة والبرج وقرب مركز الثقل من الأرض وتطابق مركز الكتلة على مركز المقاومة بسبب تناظر التكوين المعماري حول محورين.



مخطط (28): يوضح المسقط الأفقي المتناظر للمبنى⁽¹⁾

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (71): يوضح واجهات المبنى المتناظرة لكل واجهتين متقابلتين¹

2-1-8- برج سكني في فيينا:

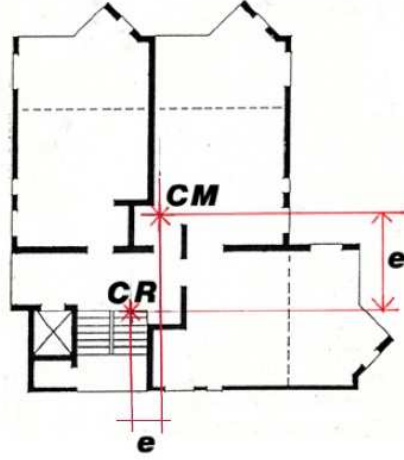
- هذا المبنى السكني بفيينا ديل مار، شيلى، تعرض البناء إلى زلزال عام 1985م، تعتبر المدينة منتج للمحيط، وصممت واجهات الشقق السكنية مفتوحة على إطلالة الشاطئ.

ويتكون المبنى السكني من سبعة طوابق سكنية بكل طابق يوجد ثلاث شقق سكنية بالإضافة إلى الخدمات والمصعد المركزي الذي يقع في الجزء الخلفي للبناء ومحاط بجدران خرسانية تعمل على مقاومة الهزات الأرضية ولكن بسبب عدم وجود توازن بالشكل الهندسي الخارجي وبالتالي عدم تطابق مركز الكتلة (CM) أو مركز القساوة مع مركز المقاومة (CR) Center of Resistance أدى ذلك إلى دوران المبنى حول مركز المقاومة وأصبح مائلاً بشكل حاد وانهار المبنى تقريباً وقت تم هدم المبنى في وقت لاحق كما بالمخطط (29).

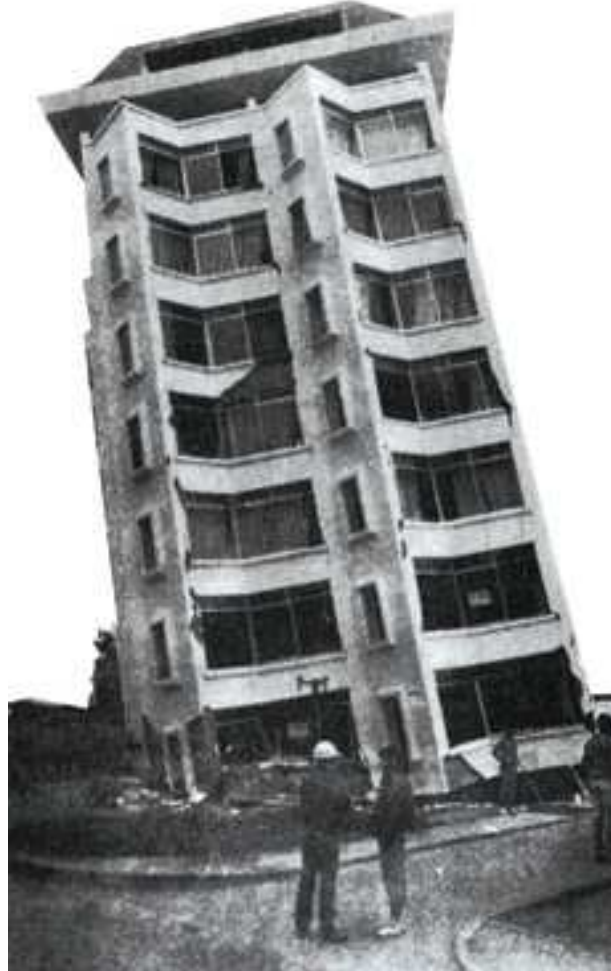
- قد تحدث هذه المشكلة في المباني المنتظمة الشكل وذلك في حال عدم التناظر بالعناصر الإنشائية وفي حالة المباني الغير منتظمة الشكل الهندسي ويتأثر التصميم المعماري المقاوم للزلازل بالتكوين

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

الهندسي للمبنى، فإن مركز الكتلة لا ينطبق على مركز المقاومة للبناء أدى ذلك إلى اهتزاز المبنى بشكل حاد وانهيار المبنى تقريباً كما بالشكل (72) بعد وقوع الزلزال.



مخطط (29): يوضح المسقط الأفقي للبناء السكني عدم تطابق مركز الكتلة على مركز المقاومة¹



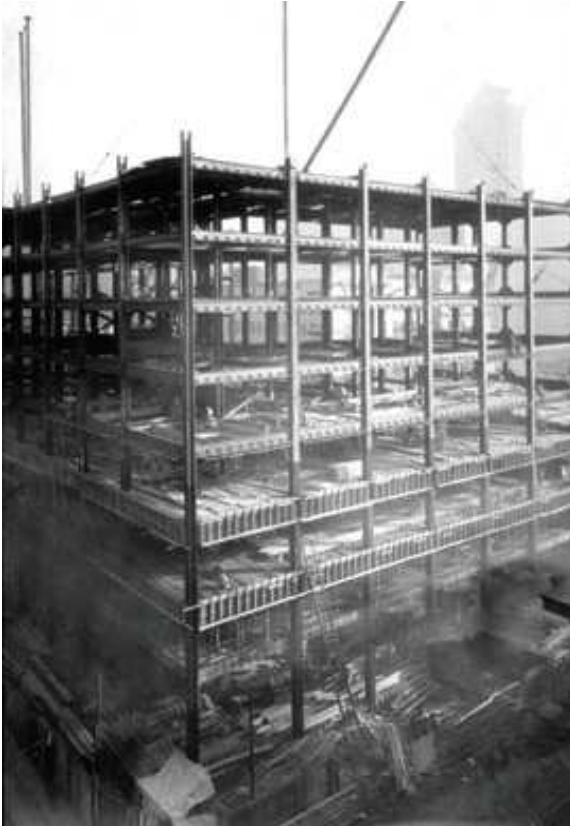
شكل (72): يوضح حالة البناء بعد وقوع الزلزال¹

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

2-1-9- مبنى روس بسان فرانسيسكو عام 1927م:

وهو يعتبر أطول مبنى بسان فرانسيسكو بذلك الوقت كما بالشكل (73) مع كافة التوصيلات في ذلك الوقت والمبنى مغلف من الخرسانة المسلحة بالإضافة إلى الفولاذ المقاوم وهو من أحد المباني المصمم على مقاومة الزلازل كما بالشكل (74).

وكما هو واضح في شكل تصميم المبنى (التراجعات) مدروسة على مقاومة الزلازل وذلك بربط كتلة البرج بالكتل المنخفضة ككتلة واحد نظام (القاعدة والبرج) وهو النظام الجيد لمقاومة الهزات الأرضية¹ مع الاخذ بالاعتبار وضع الفواصل الزلزالية بين كتل البناء.



شكل (74): يوضح هيكل الفولاذ المقاوم بإنشائية البناء¹



شكل (73): يوضح التراجعات في المبنى بسان

فرانسيسكو⁽¹⁾

2-2- عرض ودراسة لانهيارات المباني بتأثير الزلازل

2-2-1- زلزال أنكوراغ (الاسكا) عام 1964م:

حدث هذا الزلزال في السابع والعشرين من مارس عام 1964م في منطقة الاسكا، التي تقع بالقرب من المحيط المتجمد الشمالي بمنطقة شمال غرب كندا، حيث تنتهي سلسلة جبال روكي ذات التربة المنزلقية،

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R , Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

وتبدأ السهول الخضراء ذات التربة الطينية ويتخللها الأنهار التي يتم الاعتماد عليها في الزراعة الصيفية¹.

2-2-1-1 خصائص الزلازل:

البعد البؤري	33 كم من سطح الأرض
البعد السطحي	130 كم من أنكوراج على الساحل الغربي من الاسكا
قيمة الزلزال	8.5 بمقياس ريختر
زمن الصدمة	3 دقائق

2-2-1-2 الآثار الناجمة عن الزلازل:

- أ- حدوث تشكيلات أرضية كبيرة في بعض المناطق.
- ب- حدوث هبوط شديد وشروخ مستمرة في الأرض الطبيعية.
- ج- حدوث مرتفعات لأعلى بالأرض مكونة جبلاً صغيرة بارتفاع خمسة عشر متراً.
- د- أدى ذلك إلى أن معظم المباني قد أزيلت تماماً، وما تبقى منها عانى من دمار شديد.

2-2-1-3 تحليل الزلازل:

الأرض الطبيعية في هذه المنطقة تتكون من طبقة من الحجارة الصغيرة الناعمة بعمق يتراوح ما بين 6 إلى 30 متراً من الطين ، وعند حدوث الزلازل قاومت المباني الاهتزازات الأرضية وخاصة تلك التي تم تصميمها لتتحمل تأثيرات الزلازل، إلا أن حدوث انزلاق وهروب التربة² من تحت الأساسات أدى إلى الانهيار الكامل لمعظم المباني ، كما أن امتداد زمن الصدمة إلى ثلاث دقائق وهو زمن طويل ساهم أيضاً في استنفاد قدرة المباني على المقاومة وخاصة تلك المباني الكبيرة والثقيلة³.

2-2-1-4 أمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلازل:

- أ- المدرسة الثانوية في غرب أنكوراج:
- يتكون المبنى من جناحين متقابلين على شكل (L) وبينهما زاوية منفرجة ، وعندما تعرض المبنى للقوى الزلزالية ارتطم كل جناح مع الآخر في الاتجاه الطولي ، بينما في الاتجاه العرضي اختلفت المقاومة، مما أدى إلى حدوث شروخ بين الجناحين على الرغم من أن الجدران في منطقة تلاقيهما كانت من الخرسانة

¹ البطوط محي الدين (رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري)، مصر، القاهرة، 1980.

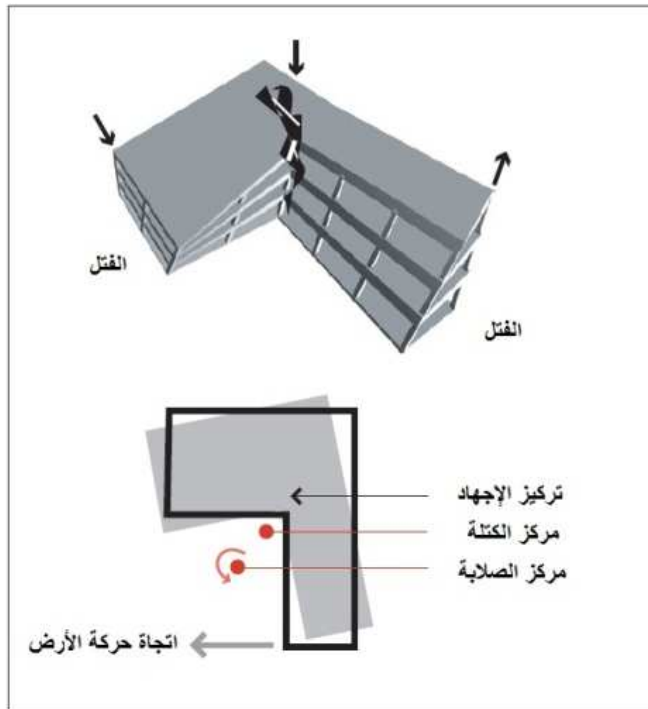
² wiegel, R. L, " Earthquakes Engineering", pp 209-221 .

³ Polyakov, S. V, "Design of Earthquake Resistant Structures ' Mir Publishers, Moscow, 1985, pp.199-202

المسلحة كما بالشكل (75) ، (76) ولكم بعض الحلول كما بالشكل (77) والشكل (78) يوضح التقليل من الضغط على الزاوية المنفرجة عن طريق استخدام توسعة من الخارج.

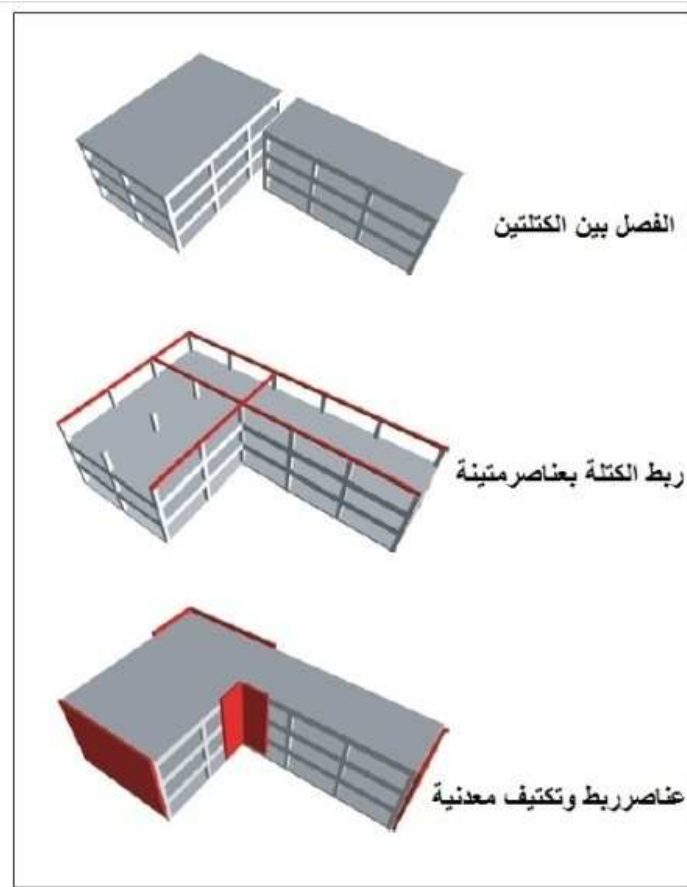


شكل (75): المدرسة الثانوية بغرب انكورا، الاسكا زلزال 1964¹

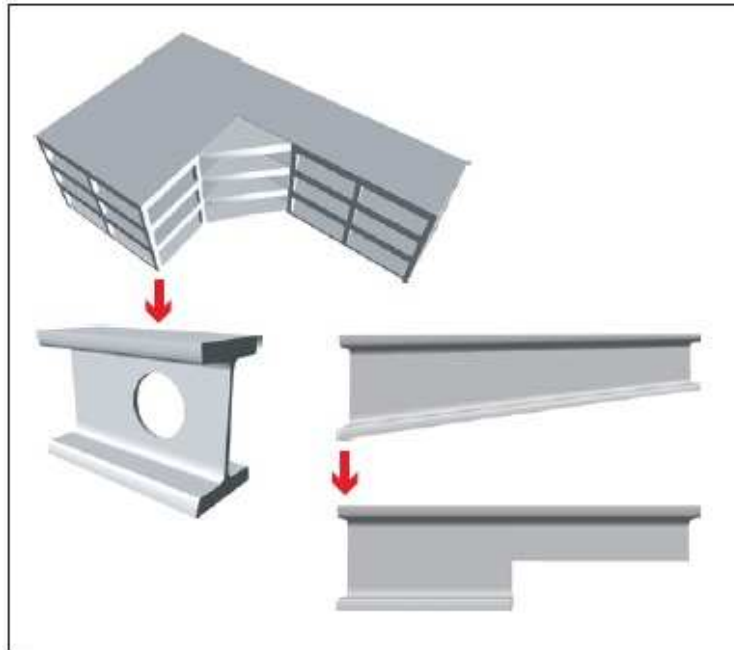


شكل (76): يوضح ماحدث للمدرسة أثناء الزلزال⁽¹⁾

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G , Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (77): يوضح حلول لشكل الكتلة المتصلة (L)¹



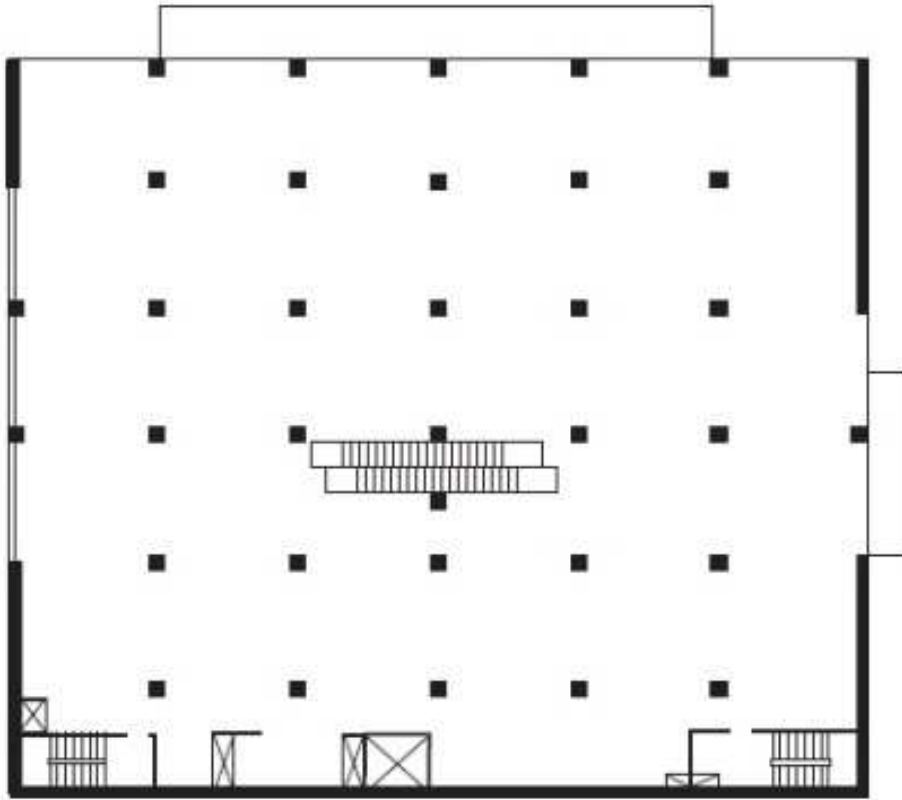
شكل (78): يوضح التقليل من الضغط على الزاوية المنفرجة عن طريق استخدام توسعة من الخارج (1)

¹ ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

ب- مبنى مخازن بيني:

يتكون المبنى من دور أرضي وأربعة أدوار علوية من الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع، والجدران الخارجية من الخرسانة المسلحة أيضاً، وتعمل كجدران قص ولكن يختلف موقعها من طابق لآخر ومن واجهة لأخرى مما جعل هناك اختلافاً في صلابة الواجهات الأربعة بكل طابق، وكذلك اختلافاً في صلابة الواجهة الواحدة بين طابق وآخر⁽¹⁾ كما بالمخطط (30).

ولإخفاء ذلك التنوع والتشكيل في الفتحات تم اكساء الواجهات من الخرسانة المسلحة سابقة التجهيز وثقيلة الوزن. وأثناء حدوث الزلزال تعرض المبنى لقوى الالتواء، واستطاعت جدران القص بالدورين الأرضي والأول احتمالها، ولكن في الأدوار العليا حيث كانت الواجهة الشمالية مفتوحة بالكامل بدون جدران قص، فلم تستطع احتمال الالتواء... كما انهارت البانوهات الخرسانة الثقيلة، وانفصلت عن الواجهة مما أدى إلى حدوث دمار كبير غير قابل للإصلاح ولذلك تم هدمه كاملاً فيما بعد لإعادة بنائه كما بالشكل (79)⁽¹⁾ ولكم بعض الحلول للمخزن كما بالشكل (80).

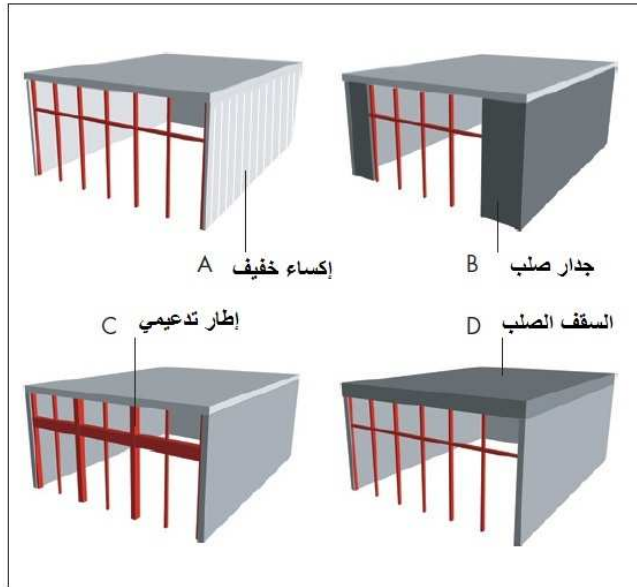


مخطط (30): المسقط الأفقي للمخزن البيني¹

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (79): يوضح الدمار الحاصل بمخزن بيني¹



شكل (80): يوضح بعض الحلول للمخزن لمقاومة الغلاف الخارجي لشكل الغير متوازن¹

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

2-2-2-2 زلزال سان فرناندو عام 1971 م بكاليفورنيا:

تشتهر ولاية كاليفورنيا بحدوث الزلازل من حيناً لآخر، ذلك لوقوعها على جانبي فالق أرضي شهير يدعى فالق سان أندروس النشط شكل (85) ومن الزلازل التي حدثت في ولاية كاليفورنيا زلزال سان فرناندو، زلزال سانتا برينا، وزلزال سان دياجو، وزلزال لوس أنجلوس. لذلك فمنذ عام 1933م تم البدء في تصميم مباني المنطقة على أساس الكود الأمريكي مما جعل المنشأة تستوعب القوى الزلزالية، والحركات الأرضية التي تحدث من وقت لآخر²، وقد حدث زلزال سان فرناندو وفي التاسع من شهر فبراير عام 1971م.

2-2-2-2-1 خصائص الزلزال:

البعد البؤري	13 كيلومتر تحت سطح الأرض
البعد السطحي	12 كيلومتر شمال سان فرناندو وبلوس انجلس
قيمة الزلزال	6,6 بمقياس ريختر
زمن الصدمة	10 ثوان

2-2-2-2-2 الآثار الناجمة عن الزلزال:

نظراً لأن حركة الأرض كانت تميل 45 درجة فقد كانت الإزاحة الأرضية ملحوظة جداً، فبلغت 1,8 متر في المستوى الأفقي و1,5 متر في المستوى الشاقولي هذه الإزاحة تركزت في المنطقة الواقعة ما بين حوض سد "قان رومان" وبين المجاورة السكنية التي تسمى "سيلمار" فحدث دمار كبير لبعض المباني، وتهدم جزئي لبعض الآخر، ولأول مرة صمدت مباني كثيرة، يتراوح ارتفاعها ما بين عشرين إلى اثنين وخمسين طابقاً مقابل الزلزال ولم تصب بأي أضرار تذكر لأنها كانت مصممة (بكود الزلزال الأمريكي) منذ بدء إعادة تخطيط منطقة لوس أنجلوس.

2-2-2-2-3 تحليل الزلزال:

في زلزال سان فرناندو عام 1971م، تأثرت المباني التي شيدت قبل عام 1933م تأثراً كبيراً، فحدث بها تلف كبير وخاصة أبنية المدارس التي بنيت بنظام الجدران الحاملة من مادة البلوك، والمستشفيات المؤلفة من طابقين أو ثلاث طوابق من الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع عام 1926م، أما المباني

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 " Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

²New Week Magazine, 30/9/1985, PP. 23-24.

السكنية والمستشفيات، التي بنيت قبل حدوث الزلزال بعشرين عام حتى وإن كانت قريبة من المركز السطحي للزلزال إلا أنه لم يحدث بها أي تلف يذكر، أو حدث بها تلف بسيط يمكن إصلاحه فيما بعد¹. إن زلزال سان فرناندو قد أعطى لمهندسي الزلازل فرصة كبيرة للبحث والدراسة كما أرسى نظريات كثيرة في التصميم المقاوم للزلازل سواء من الناحية المعمارية أو الإنشائية.

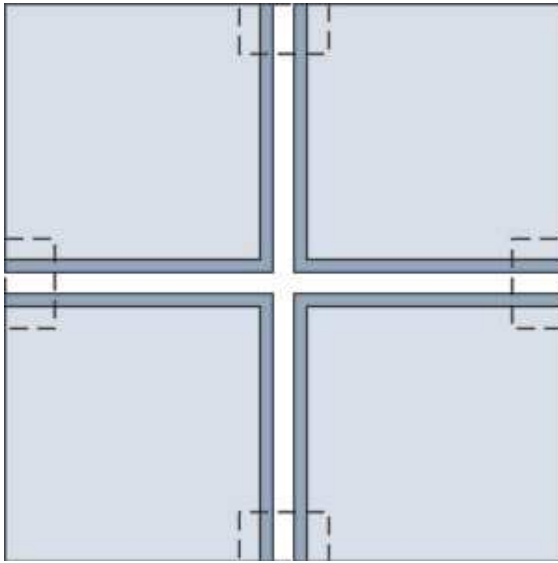
2-2-4- ومن الأمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلازل:

أ- كاتدرائية سانت ماري:

بسان فرانسيسكو 1971 الوحيدة المقواة بجدران القص من تصميم المعماري بيير لويجي نيرفي مع الشكل الهيكلية المعبر فهو الحل الوحيد للشكل الهيكلية² وهو من أحد المباني المصمم على الزلازل وبقي قائماً بعد حدوث الزلزال شكل (81)، (82)، (83)، (84).

ب- مركز اوليف الطبي:

فقد تم الشرح عنه مسبقاً فهو من أحد أهم المباني التي تعرضت للزلزال سان فرناند عام 1971م والذي تم تصميمه ليكون مقاوماً للزلازل طبقاً (للكود الأمريكي) وتم الإنتهاء من إنشائه عام 1970م ولكن حدث به دمار بسبب وجود الطابق الرخو في تصميم المبنى بعد حدوث الزلزال.



شكل (82): المسقط الأخير⁽²⁾.



شكل (81): مشهد منظوري للكنيسة من الخارج¹.

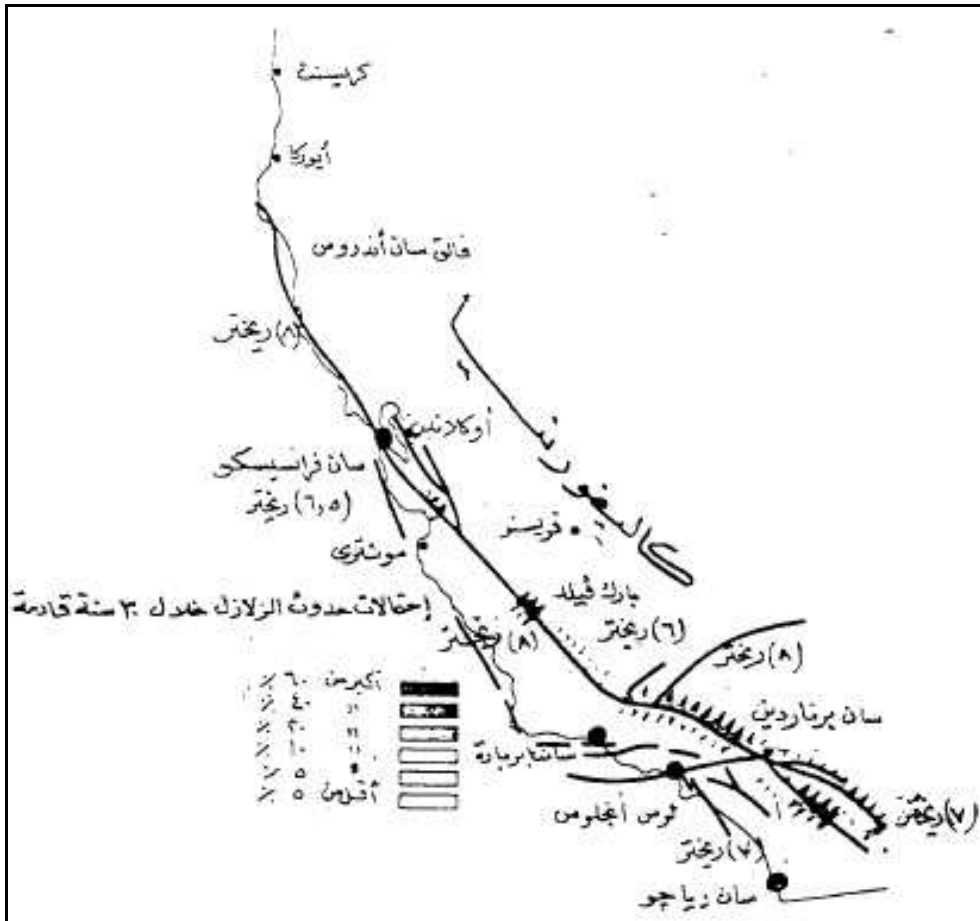
¹ Polyakove, S.V., "Design of Earthquake Restant Structure,"- basic threoy of seismicstabilty, Mosco, 1985, pp 225-233.

² ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 20



شكل (84): مشهد لداخل الكنيسة⁽¹⁾.

شكل (83): مشهد لداخل الكنيسة¹.



شكل (85): فالق سان أندروس النشط والصدوع المتفرقة منه بمنطقة كاليفورنيا²

¹ <http://www.panorama.com/>

² البيوط محي الدين (رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري)، مصر، القاهرة، 1980.

2-2-3- زلزال المكسيك 1985م:

حدث هذا الزلزال في التاسع عشر من سبتمبر 1985م، وأعقبه زلزال آخر في الثاني والعشرون من سبتمبر عام 1985م، مما كان له أكبر الأثر في حدوث دمار متعاقب واسع المدى كان سببه الأرض اللينة الموجودة في أسفل قاع البحيرة في وسط المدينة وتقع أسفل الأبنية لتهتز فترة زمنية طويلة أكثر من 90 ثانية التي يفترض من الطبيعي 2 ثانية فقط.

وهذه الفترة سببها الأبنية الطابقية التي بين 6-20 طابقاً لتهتز فترة طويلة ومتناظرة كما في الشكل (86) وهو تردد عالي بداخل الأبنية إن الأبنية العالية أقل دماراً منها إن هذا الاهتزاز العالي في البناء هو أمر غير مرغوب به، ان من الممكن ما حدث نستطيع أن يكون بشكل منخفض أو أقل تأثيراً وذلك بمحاولة التأكد بأن فترة اهتزاز الأبنية تتزامن مع الأرض.

أبنية صلبة (فترة قصيرة الاهتزاز).

أبنية لينة (فترة طويلة الاهتزاز).

وسوف تخضع الأبنية العالية إلى اهتزازات مثل الأمواج الطولية كما في الشكل (87)¹.

وهناك احتمالات متجددة بحدوث المزيد من الزلازل في هذه المنطقة، ذلك لأنها تعتبر مركز تحرك ثلاثة فوالق رئيسية تتجمع بالقرب من الساحل الغربي للمكسيك وهي فوالق المحيط الهادي، وأمريكا الشمالية، وكوكس².

2-2-3-1- خصائص الزلزال:

أ- الهزة الأولى في التاسع عشر من سبتمبر عام 1985م:

البعد البؤري	895 متر تحت سطح الأرض
البعد السطحي	402 متر غرب مكسيكو سيتي
قيمة الزلزال	7.8 بمقياس ريختر
زمن الصدمة	180 ثانية

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² News Week Magazine 30/9/ 1985 pp 18-24.

ب- الهزة الثانية في الثاني والعشرين من سبتمبر عام 1985¹:

البعد البؤري	350 كم تحت سطح الأرض
البعد السطحي	400 كم غرب مكسيكو سيتي
قيمة الزلزال	7.3 بمقياس ريختر
زمن الصدمة	90 ثانية

2-2-3-2- الأثار الناجمة عن الزلزال:

حدوث تدمير واسع المدى لأغلب مناطق العاصمة - خاصة في منطقة المركز - التي سقط فيها مائتان وستة وخمسون مبنى بخلاف مئات أخرى من المباني قامت الحكومة بهدمها، لأنها أصبحت آيلة للسقوط ما بين لحظة وأخرى.

2-2-3-3- تحليل الزلزال:

على الرغم من بدء خضوع المباني في المكسيك لـ (كود الزلازل) منذ عام 1977م إلا أن نسبة دمار وتلف المباني كانت عالية، ويرجع ذلك إلى تجاوزات كثيرة أثناء التطبيق، وعدم وجود رقابة فعالة أثناء التنفيذ، كما أن زمن صدمة الزلزال الطويلة التي امتدت إلى تسعين ثانية أجهدت المباني لدرجة لم تؤخذ بالاعتبار².

2-2-3-4- أمثلة لبعض المباني التي تعرضت للزلزال:

أ- حدوث الانهيار الكامل لأحد المباني ذي تشكيل هندسي أفقي شريطي نتيجة لضعف مقاومته في الاتجاه الطولي عنها في الاتجاه العرضي.

ب- حدوث ارتطام ما بين المباني المتلاصقة مع بعضها البعض مما أدى إلى حدوث دمار هائل بالطوابق العليا.

ج- تحطمت بعض الجوائز في بعض الزوايا فلم تجد الأحمال طريقاً بديلة، مما أدى إلى الانهيار التدريجي المتتابع لكل طابق تلو الآخر في كثير من المنشأة.

د- كثير من المباني ذات البروزات، لم تصمد في مواجهة قوى الزلزال، وموجاته المتعددة الاتجاهات³...

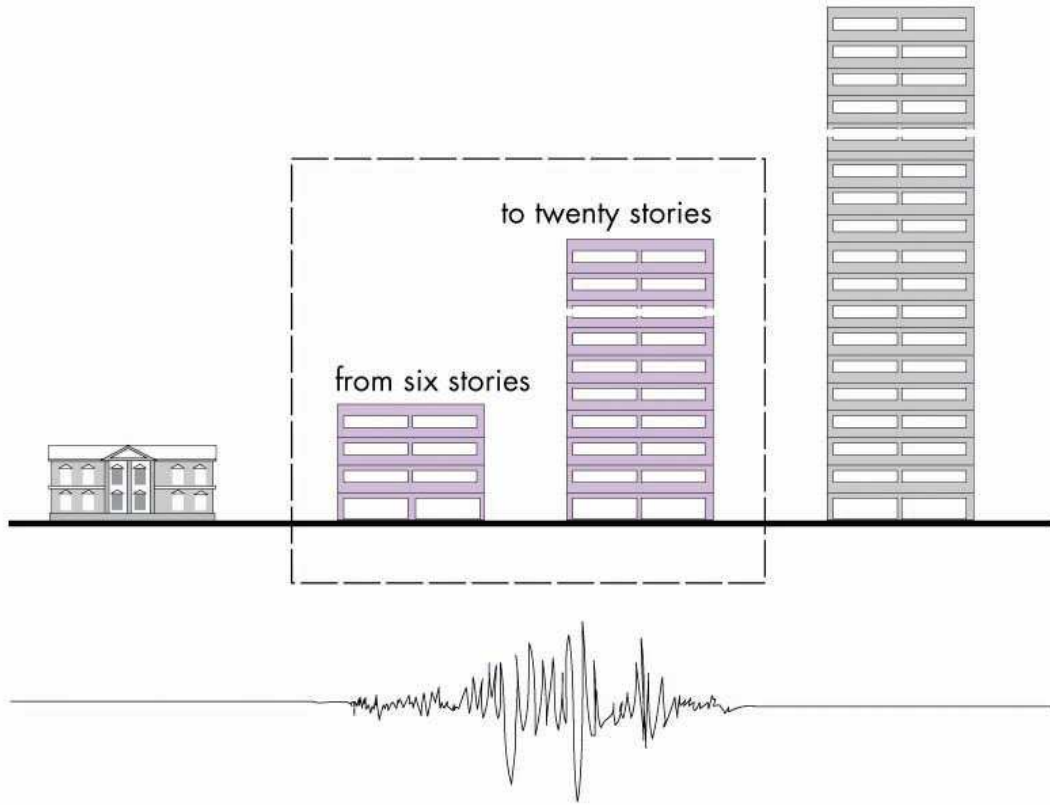
¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dregger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G , Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² Saudi Gazette News Paper, 21/9/1985, pp. 5.

³ البطوط محي الدين (رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري)، مصر، القاهرة، 1980.

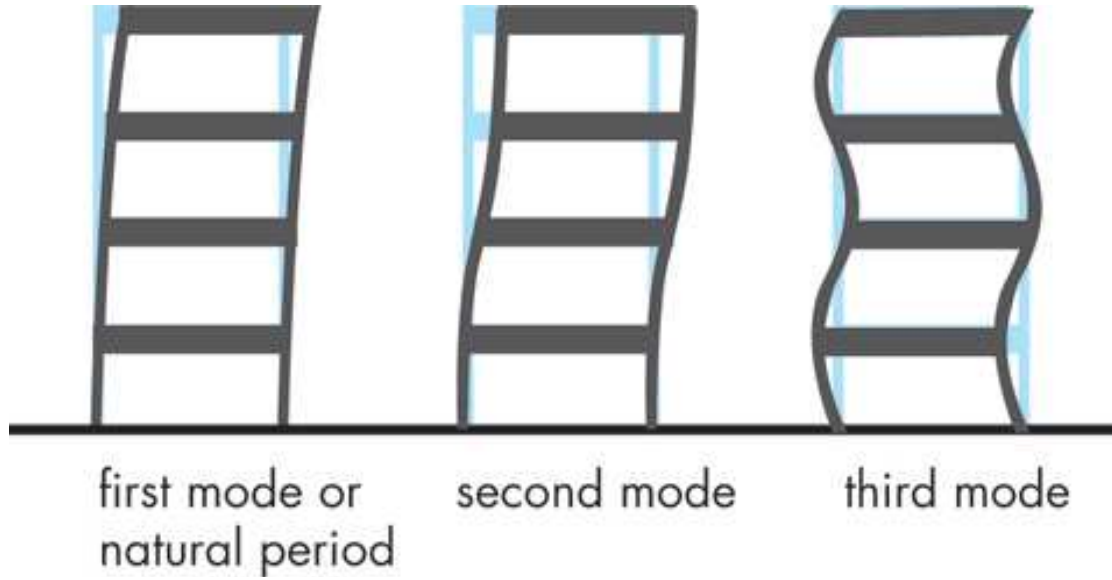
وبعد زلزال المكسيك عام 1985 قام علماء الزلازل بعمل بعض التعديلات في الكود المطبق هناك، وأصبحت عملية التصميم وكل مراحل التنفيذ تخضع لمزيد من الرقابة الفعالة، حتى لا تتكرر تلك الكارثة بحدوث زلزال جديد قد يكون له نفس الخصائص.

ويعتبر زلزال المكسيك أيضاً من أهم الزلازل التي حدثت خلال السنوات القليلة الماضية، أمكن من خلاله تأكيد صحة بعض الفروض العالمية المطبقة في التصميم المقاوم للزلازل والتي لم يكن قد ثبت صحتها حتى وقت حدوثه، وخاصة في مجال الهندسة المعمارية مثل تناسب طول المبنى إلى عرضه إلى ارتفاعه، وكذلك مدى تأثير الارتدادات أو البروزات العلوية على سلوك كتلة المبنى في مواجهة الزلزال.



شكل (86): يبين الأبنية الضعيفة بالمكسيك 1985 بالأبنية ما بين 6-20 طابق والاهتزاز الحاصل أثناء وقوع الزلزال¹

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (87): يوضح حالات الحركة الاهتزازية في الأبنية العالية (كأمواج طولية)⁽¹⁾

2-2-4- زلزال سان فرانسيسكو 1989م:

حدث هذا الزلزال في اكتوبر 1989 ولم يكن حدوثه مفاجأة بالنسبة للعاملين في مجال هندسة الزلازل، ذلك لأن منطقة سان فرانسيسكو من المناطق النشطة زلزاليا، لوجود فالق سان أندروس بالقرب منها، وفي خرائط الشدة الزلزالية التي وضعها علماء هندسة الزلازل بالولايات المتحدة الأمريكية تم وضع سان فرانسيسكو ضمن المناطق التي قد تتعرض لزلزال قيمتها 6.5 ريختر¹...

2-2-4-1- خصائص الزلزال:

البعد البؤري	تحت سطح منطقة سانتا كروز مباشرة
البعد السطحي	88 كم جنوب شرق سان فرانسيسكو
قيمة الزلزال	6.9 ريختر
زمن الصدمة	15 ثانية

2-2-4-2- الآثار الناجمة عن الزلزال:

حدث تلف كبير في عدة مستشفيات ومحطات الكهرباء وخطوط الاتصالات ومواسير المياه والطرق السريعة والجسور العلوية ، كما تهدمت المباني السكنية في 55 مجاورة سكنية واندلعت حرائق كبيرة أتت على ما تركه الزلزال من حطام وخاصة في منطقة مارينا السكنية المطلة على خليج سان فرانسيسكو².

¹ News Week Magasine No .44,30/10/1989, pp 22-34.

² Time Magasine, No.14, 17/10/1989, pp 12-29.

2-2-4-3- تحليل الزلزال:

نظراً لوقوع سان فرانسيسكو بالقرب من فالق سان أندروس النشط، لذلك فقد تم تصميم المباني بالولاية طبقاً لكود الزلازل ، مما أنقذ آلاف المنشآت من الدمار عند حدوث الزلزال في شهر أكتوبر 1989، فنجد أن في منطقة أوكلاند القريبة من الزلزال لم ينهار سوى 880 منزلاً.

وفي لوس أنجلوس التي تبعد 600 كيلو متر فلم تتأثر ناطحات السحاب ولم يحدث بها أي تلف رغم أنها تعرضت لاهتزازات شديدة بتأثير الزلزال. أما في سان فرانسيسكو فتركزت الخسائر في منطقة مارينا المطلة على الخليج بسبب ضعف التربة وتشبعها بالمياه.

2-2-4-4- أمثلة لبعض المنشآت التي تعرضت للزلزال:

أ- الجسر العلوي على خليج سان فرانسيسكو:

في عام 1950 تقرر إنشاء طريق سريع يربط بين سان فرانسيسكو وأوكلاند ماراً فوق الخليج، وعلى الرغم من اعتراض خبراء هندسة الزلازل بجامعة الينوى فقد تم تنفيذ الطريق السريع على هيئة جسر مكون من طابقين، وعندما تعرض هذا الجسر للزلزال انهار الطابق العلوي فوق الطابق السفلي لحدوث قوى قص شديدة عند وصلات تلاقي الأعمدة بين الدورين مما أدى إلى تحطم عشرات السيارات المارة فوقه شكل (88).

ب- المباني السكنية في منطقة المارينا:

تقع منطقة المارينا على ساحل خليج سان فرانسيسكو، ومعظم المباني المشيدة بها من البلوك والخشب، ولا يزيد ارتفاعها عن ثلاث طوابق¹ كما بالشكل (89).

ورغم أن هذه النوعية من البناء مناسبة لاشتراطات التشييد في المناطق الزلزالية إلا أن ضعف التربة على ساحل الخليج وتشبعه بالمياه أدى إلى تأثر أساسات المباني بموجات الزلزال شكل (91) مما ترتب عليه ما يلي:

1- تصدع المباني لعدم احتمالها الحركة الاهتزازية التي انتقلت متضخمة عدة مرات من التربة الضعيفة عبر الأساسات إلى الهيكل العلوي شكل (90).

2- انهيار الطوابق السفلى لحدوث قص شديد لم تحتمله وصلات الأعمدة بين الطوابق...

وكان نتيجة تصدع وانهيار المباني السكنية في منطقة مارينا اندلاع حرائق عديدة أتت على ما خلفه الزلزال من دمار ولتوضيح مقارنة بين الهزات الأرضية والجسر العلوي المنهار شكل (92).

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

وكانت مدينة سان فرانسيسكو قد تعرضت لزلزال آخر قيمته 8.3 بمقياس ريختر استمر لمدة 65 ثانية في 27 أبريل عام 1906 في الساعة 5.12 فجراً. وقد أدى هذا الزلزال إلى حدوث دمار شديد لأكثر من 30% من المباني والمنشآت بالمدينة وتلف كبير بالمنشآت التي لم يحدث لها انهيار كامل، كما اشتعلت النيران ببعض المناطق السكنية لتأتي على كل ما تركه الزلزال من أنقاض، كما دمرت شبكات الكهرباء والمياه والصرف الصحي بجميع أنحاء المدينة¹.

وبعد حدوث هذا الزلزال بدأت الولايات المتحدة الأمريكية تفكر في التوصل إلى تصميم منشآت يمكنها مقاومة الزلزال، وتم بالفعل تحديد بعض المبادئ التي ثبت صحتها عندما حدث زلزال طوكيو عام 1923.

ومنذ ذلك الحين برز للعالم أهمية الدراسات المبنية على الأسس التحليلية في علم هندسة الزلازل.



شكل (88): زلزال سان فرانسيسكو 1989 الجسر العلوي للطريق السريع، حدوث قص للأعمدة²

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

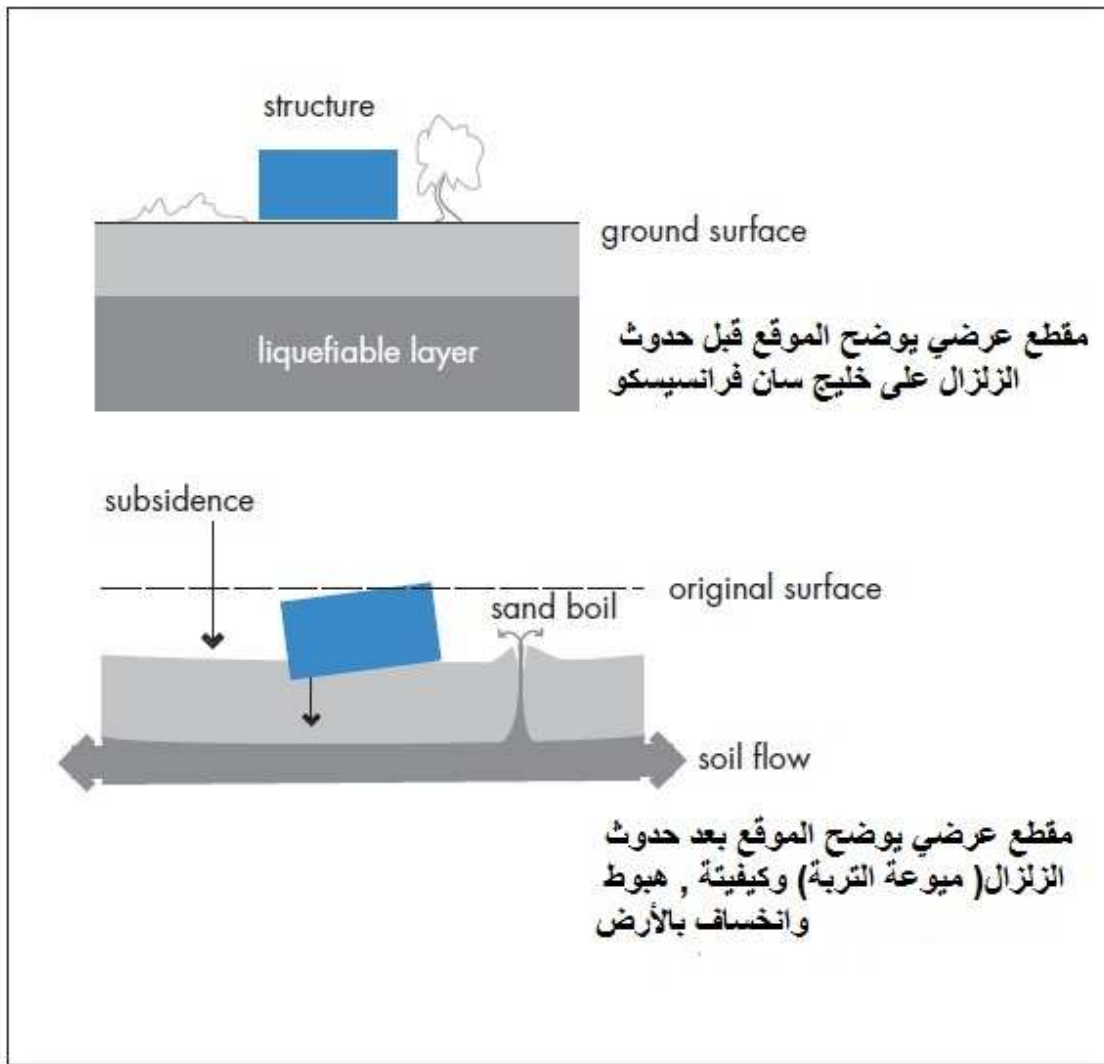
² Earthquake Engineering Research Institute(EERI).



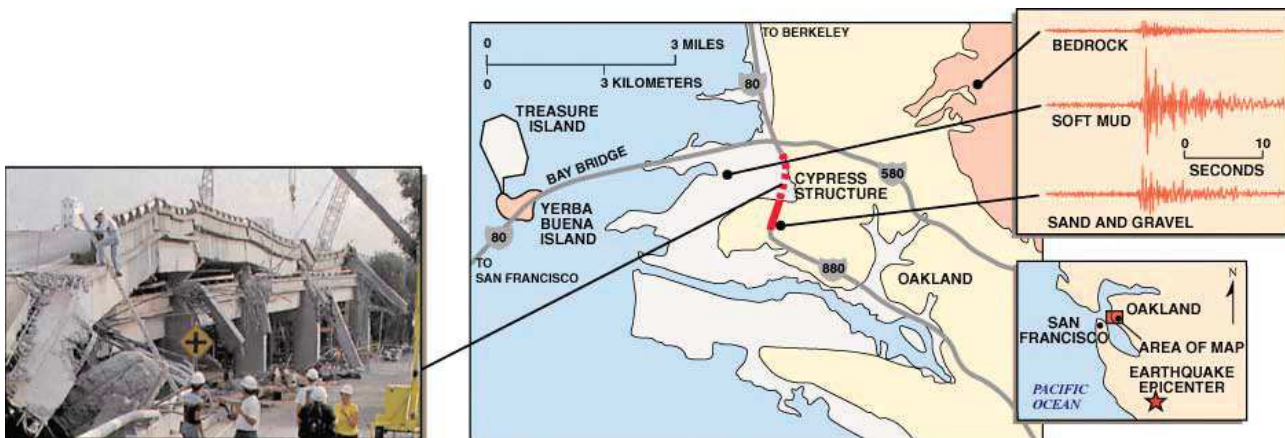
شكل (89): منزل سكني منهار في منطقة الماريننا بسان فرانسيسكو الناجمة عن هزة أرضية قوية (قوى قص) ووجود الطابق الرخو. المصدر: (NIST) National Institute of Standards and Technology



شكل (90): تصدع المباني بسان فرانسيسكو 1989 الناجمة عن ضعف التربة¹



شكل (91): مقطع عرضي يوضح الموقع وكيفية حدوث تميع وهبوط بالأرض¹.



شكل (92): يوضح مقارنة بين الهزات الأرضية تحت شجر الثرو والجسر العلوي الرابط²

¹ ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.

² United States Geological Survey (USGS).

2-3- النتائج والاستنتاجات:

من الدراسة السابقة يمكن استخلاص أن علاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى يتأثر ببساطة المنشأة، وتناظر مساقطه الأفقية والرأسية (الجانبية) فهي عوامل إيجابية في مقاومته للهزات الأرضية مع وجود تناسق في مقاطع عناصره الإنشائية وانتظامها ووجود تناظر في المقاومة (الصلابة)، ونوعية المواد المستخدمة، ووجود مقاومة وصلابة عالية وكافية لمقاومة عزوم الالتواء المحتملة، استمرار وتواصل عناصر المبنى الإنشائية في الاتجاهات الثلاثة، بدلاً من تقسيمها إلى قطع منفصلة وخلاف ذلك يقلل من مقاومة المبنى للزلازل ويؤثر بشكل سلبي على المبنى.

تُقسم المنشآت، استناداً للكودات وللمعايير الزلزالية، إلى: منشآت منتظمة، وأخرى غير منتظمة، وتقسّم المنشآت غير المنتظمة، بدورها، إلى فئات وأنواع، وذلك استناداً إلى أهمية المنشأة، ومقدار عدم الانتظام ونوعه، وأبعاد المنشأة، وبشكل خاص ارتفاعه.

أيضاً قد يلجأ المخطط في مناطق مراكز المدن، حيث توجد مباني الخدمات التجارية، والإدارية، والسكنية إلى الأبنية المتصلة التي يمكن معالجتها بوجود الفاصل الزلزالي.

ومع ذكر بعض الأمثلة العالمية التي توضح انعكاس تأثير الزلازل على شكل المبنى والسلوك الزلزالي للبناء التي من الممكن استخلاص بعض الأساسيات والحلول التي تساعد في التوصل الى القواعد العامة التي ينبغي مراعاتها عند عمل تصميم معماري لمبنى مقاوم للزلازل. وأخيراً عرض ودراسة لانهيئات المباني بتأثير الزلازل فقد تم توضيح خصائص الزلازل والآثار الناجمة عنه وتحليله وعرض بعض الأمثلة التي تعرضت للزلازل نوضح بها انعكاس تأثير الزلازل على التصميم المعماري للمبنى. فمن خلال عرض الأمثلة العالمية تم ربطهم بعلاقة السلوك الزلزالي بشكل المبنى ومدى تأثرهم بالزلازل يتضح كالأتي :

1. المباني الغير منتظمة : • المدرسة الثانوية في غرب أنكوراج • برج سكني في فيينا	2. مقدار التناظر في المبنى: • مستشفى لوماليندا بكاليفورنيا 1975 • مبنى (البرج السكني) في سان فرانسيسكو عام 1968م	3. المباني المنتظمة : • الفندق الحديث في بوخارست • قصر الفنون في طشقند
4. وجود الطوابق الرخوة • مشفى أوليف بكاليفورنيا • شقق سكنية في لوس انجلس بعد زلزال 1994م	5. المباني المتصلة. • فندق امبريال (الإمبراطوري) بطوكيو	6. المباني ذات التراجعات والبروزات • مبنى روس بسان فرانسيسكو عام 1927م

الفصل الثالث

الوضع الزلزالي في سوريا وتحليل للأبنية السكنية
المقاومة للزلازل في دمشق

الزلازل ظاهرة طبيعية جيوفيزيائية، فهي تحدث في اي وقت تعبر عن قوى ارتدادية واهتزازية كاملة بفعل حركة سالبة وأخرى موجبة لقطعة أرض هائلة على شكل صفيحة تصطدم بأخرى، وتبتعد عنها عند الفوالق، يتأثر بها ما على سطح الصفيحة تستمر الهزة خلال مدة زمنية تقاس بالثواني، يليها مجموعة من الهزات الأقصر منها زمناً، تدعى بالتتابع الزلزالية أي أن تظهر كحركات عشوائية للقشرة الأرضية على شكل ارتعاش وتموج عنيفين، وذلك نتيجة لإطلاق كميات هائلة من الطاقة من باطن الأرض، وهذه الطاقة تتولد نتيجة لحصول انكسارات أرضية في طبقات الأرض السطحية، وبالتالي تعرض هذه الطبقات، وبشكل خاص، في منطقة الصدوع الأرضية، أو بالقرب منها لإزاحات عمودية وأفقية بين صخور الأرض، وذلك نتيجة لتعرضها المستمر للتقلصات والضغط الكبيرة وعادة تقسم الزلازل الطبيعية إلى زلازل ذات أسباب تكتونية وأخرى ذات أسباب بركانية. وعموماً تمثل الزلازل ذات الأسباب التكتونية 90% من عدد الزلازل التي تحدث في العالم. وتندرج الزلازل التي تحدث في المنطقة (منطقة حفرة الانهدام) ضمن الزلازل ذات الأسباب التكتونية، وبدورها تنشأ الزلازل التكتونية، نتيجة للحركة النسبية للصفائح المشكلة للقشرة الأرضية، وهذه القطع (الصفائح) تتحرك بحركات نسبية مختلفة من بعضها البعض والفالق هو الخط الفاصل بين هذه الصفائح وينتج عن هذه الحركات تراكم في الإجهادات والتشوهات في طبقات الأرض، وزيادة هذه التشوهات والإجهادات يؤدي إلى حصول كسر في طبقات الأرض وخصوصاً في منطقة التقاء هذه القطع أو الصفائح، وتسمى هذه المناطق بالصدوع، وكلما زاد طول الكسر الأرضي تزداد درجة قوة الزلزال¹.

وعموماً تصنف الزلازل التي قد تحصل في المنطقة بالمتوسطة أو بالقوية نسبياً من حيث قوة درجتها. وتعتمد الدراسات الزلزالية، في توقعاتها لاحتمال حصول زلازل مستقبلية على عدد من العوامل، أهمها : موقع المنطقة وجيولوجيتها، ومواقع الصدوع الأرضية وأشكالها، وتاريخ المنطقة الزلزالي، وفترة تكرار حصول الزلازل، والمراكز السطحية لهذه الزلازل، إضافة إلى النشاطات الزلزالية التي تسجلها محطات وأجهزة رصد الزلازل. فاحتمال حصول زلزال في المستقبل يستند لعلم احتمالي ولا يمكن من خلال هذه العوامل، تحديد ساعة أو لحظة حصول الزلزال، لذلك، عندما يتحدث المتخصصون عن احتمال حصول زلازل قوية في المستقبل، فهذا يعني أنه قد يحصل في اي وقت على مر عشرات السنين¹.

لذا يجب أن نضع دائماً نصب أعيننا أن الزلازل ظاهرة كونية طبيعية، لا يعلم لحظة حدوثها بالضبط حتى الآن إلا عالم الغيب الله سبحانه وتعالى، ولا يمكن منعها، ولكن التخفيف من مخاطرها من خلال

¹ دم عابدين محمد يسار، منشور، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

اتخاذ الإجراءات المناسبة على كافة المستويات، ابتداءً من المواطن العادي ومروراً بالمتخصصين، ووصولاً إلى أصحاب القرار. حيث يمكن للمباني والبنى التحتية إذا صممت ونفذت وفقاً للضوابط العامة، ولمتطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل أن تقاوم هذه الدرجة، وهذا يمكن تحقيقه بسهولة¹.

وللوصول إلى تعبير كمي دقيق قدر الإمكان لوصف الهزات الأرضية، تستخدم الدراسات والمراجع الزلزالية، وهي: المقدار الزلزالي (Earthquake Magnitude)، والشدة الزلزالية (Earthquake Intensity)، والعزم الزلزالي (Earthquake Moment)، بالإضافة إلى الطاقة الزلزالية (Earthquake Energy)، وما زالت الجهود العالمية مستمرة في تطوير أساليب قياس درجة الزلازل وبشكل عام، يستخدم لإيجاد الدرجة الزلزالية، بشكل واسع¹.

إن المشكلة الحقيقية، لا تكمن في الزلازل، بل تكمن في عدم جاهزيتنا لها، فالعديد من المباني والبنى التحتية لا تتوافر فيها متطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل، وكذلك عدم وجود إدارة فعالة لمواجهة الكوارث وإدارة العمليات وإسناد الطوارئ، بالإضافة إلى عدم التزام المهندس المعماري وغيره من المعنيين بالأمر بمفاهيم وإجراءات التهيئة والاستعداد للكوارث. فقد أظهر استطلاع لواقع المباني والبنى التحتية، في معظم الدول العربية، أن العديد من هذه المنشآت لا يتضمن تحقيق الحد الأدنى المطلوب لمقاومة الزلازل المحتملة، وهذا بدوره سيؤدي إلى حدوث أضرار وانهيئات ملحوظة في العديد من المباني. في حال تعرضت هذه المناطق لزلزال معتدلة، أو قوية نسبياً (بين 6 درجات و6,5 درجة حسب مقياس ريختر)، وعلى المستوى السوري، فإن الكثير من هذه المباني سيتعرض إلى أضرار وانهيئات في العناصر المحمولة كجدران البلوك والديكور والرخام، بالإضافة إلى حصول تساقط واضح لحجر الجدران الخارجية وما يترتب عن ذلك من إعاقة وخسائر في الأرواح، وهذا بدوره سيسهم، بشكل كبير، في رفع حجم الخسائر في الأرواح والممتلكات. فبالنسبة لأنماط المباني المعاصرة، في المدن السورية، وفي الدول العربية بشكل عام، فإن العديد من هذه المباني، إن لم يكن معظمها، قد تم تصميمها وتنفيذها وفقاً لمفاهيم الهندسة المعاصرة والعالمية، فلا يزال العديد من المهندسين، يصممون وينفذون المباني لتقاوم الأحمال الرأسية (الشاقولية) فقط، بمعنى أن تحمل نفسها وما عليها من أحمال، دون الأخذ بعين الاعتبار القوى التي قد تحدثها الزلازل، علماً بأن جميع "كودات" البناء والمواصفات الموجودة في العالم، في الوقت الحالي، تأخذ بعين الاعتبار التصميم الزلزالي للمنشآت².

¹ د. الديك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.

² Hugo Bachman، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني - المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.

3-1- الوضع الزلزالي بسوريا:

تقع الجمهورية العربية السورية على الجزء الشمالي الغربي من الصفيحة العربية والتي تتحرك باتجاه الشمال الشرقي في حركة دورانية باتجاه معاكس لعقارب الساعة، عبر سلسلتي جبال زاغروس غرب إيران وطوروس جنوب تركيا، ويعود سبب هذه الحركة لانتساع البحر الأحمر بمعدل سنتمتر واحد في السنة تقريباً.

تعرض هذه الحركة النشاط الزلزالي على حدود الصفيحة العربية، ويتفاوت هذا النشاط على حدودها ولكنه أكثر حدة في الحدود الشمالية الشرقية والشمالية حيث يوجد نطاق التصادم بين الصفيحة الفارسية (إيران) والصفيحة العربية من جهة، والأناضولية (تركيا) من جهة أخرى ويؤدي هذا التصادم إلى دخول الصفيحة العربية تحت الصفيحة الفارسية والصفيحة الأناضولية بالإضافة إلى تولد احتكاك بين الصفائح الثلاث .

يعود سبب الخطر الزلزالي الذي يهدد سوريا والمناطق المجاورة إلى وجود منطقة الصدع بين الصفيحة الآسيوية والصفيحة الأفريقية، لأن بلاد الشام في ملتقى القارتين الإفريقية والآسيوية، وقربها من القارة الأوروبية فمنطقة الصدع تمتد من خليج العقبة جنوباً مروراً بالبحر الميت حتى جبال طوروس في تركيا شمالاً، وبطول قد يصل إلى 1100 كم تقريباً.

ولوجود فالق البحر الميت اسكندرون، والمسمى بصدع المحول الشرقي، وفالق النطاق الشمالي الشرقي، والمسمى بنطاق تصادم زاغروس، وتداخل الصفيحتين في الشمال، المسمى بنطاق التحام بيتلس كما بالمخطط (31)، فإن هذه البلاد تكاد تكون محاصرة من الفوالق والمصادر الزلزالية، ويشير تاريخ المنطقة إلى ماضي مأساوي حافل ومميز، وفي مقالة هامة حول تكرارية حدوث الزلازل في المدن السورية تاريخياً، وأكد استمرارية حدوث زلازل متباعدة في الشدة، والزمان، والمكان ربط فيما بينها بشكل تحليلي واستقراراً تواتراً زمنياً تكرارياً لحدوث الزلازل في سوريا من حيث الشدة والزمن المتوقع¹.

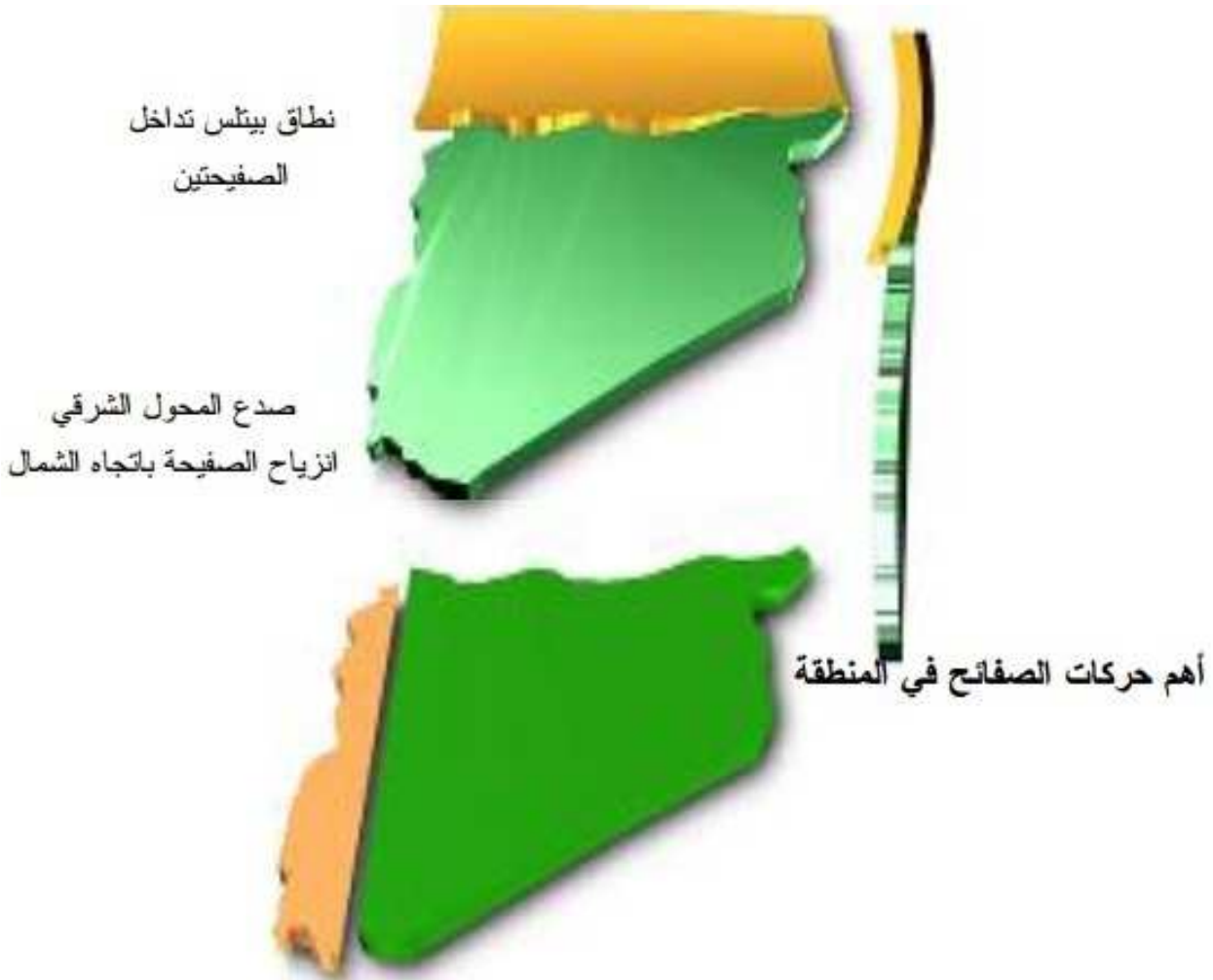
وخلص إلى أن فترات الهدوء النسبي للزلازل في المدن السورية بحدود 150 سنة، أي أن فترة تكرارها كل (40-60-80) سنة، في حين قد تطول فترات الخمود أي الفترات التي لا يحدث بها زلازل بقوة 6 درجات حسب مقياس ريختر لتصل إلى 230 سنة، وأن العام 1994 هو نقطة البدء لفترة نشاط زلزالي جديدة².

¹ داوود محمد، "سمات النشاط الزلزالي التاريخي وهدوءه المؤقت في سورية"، مجلة جامعة دمشق . المجلد (11) . العددان (43-44). جامعة دمشق، دمشق 1995.

² Hugo Bachman، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني _ المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.

3-2- مصادر النشاط الزلزالي بسوريا:

إن المصدر الرئيسي الذي يهدد الجمهورية العربية السورية هو الجزء من الصدع الرئيسي بين الصفيحتين الآسيوية والأفريقية، حيث يتفاوت النشاط الزلزالي على طوله من فترة إلى أخرى. تشير السجلات التاريخية للمنطقة بأن خليج العقبة والبحر الميت ووادي الأردن ومنطقة طبريا ومنطقة البقاع اللبنانية والقلمون السورية قد تعرضت لزلزلات مدمرة على مدار العصور الماضية¹. أن سورية محاطة بفوالق زلزالية إقليمية، يتفرع عنها العديد من الصدوع ، كما يلاحظ انتهاء فترة الهدوء النسبية، وتسجيل فترة نشاط زلزالي في وقتنا هذا، مع توقعات متشائمة لزيادة هذا النشاط، وأن مدينة دمشق تقع تحت تأثير مباشر وغير مباشر لعدة مصادر زلزالية.



مخطط (31): توضح تداخل الصفائح في سوريا¹

¹ دم عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.

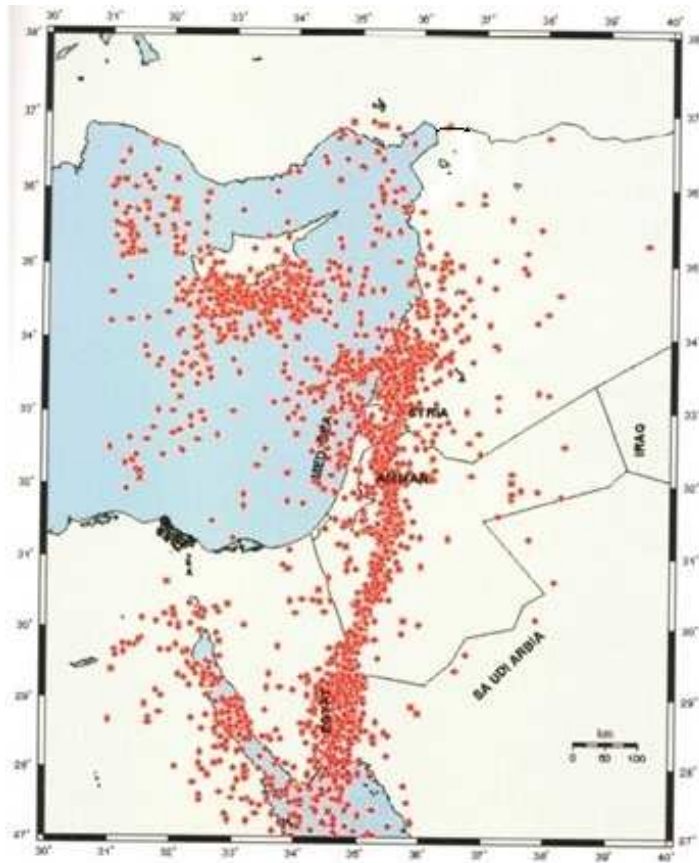
3-3- تقييم النشاط الزلزالي بسوريا:

منذ إنشاء المركز الوطني للزلازل في سوريا أخذت خارطة النشاط الزلزالي في سوريا والمناطق المجاورة تتضح أكثر فأكثر مع استمرار عمليات الرصد الزلزالي المستمر، حيث أظهرت الخارطة الزلزالية تركيز البؤر الزلزالية بشكل رئيسي على طول الفالق الزلزالي حيث تم رصد أكثر من 1204 بؤرة زلزالية منذ العام 1995 وحتى العام 2009 وإن هذه الهزات موزعة على مختلف المناطق وفق الجدول التالي¹، انظر المخطط (32) والمخطط (33):

كما يبين جدول إحصائيات النشاط الزلزالي في سوريا منذ العام 1995-2009. المصدر: (المرصد الوطني لرصد الزلازل - دمشق)

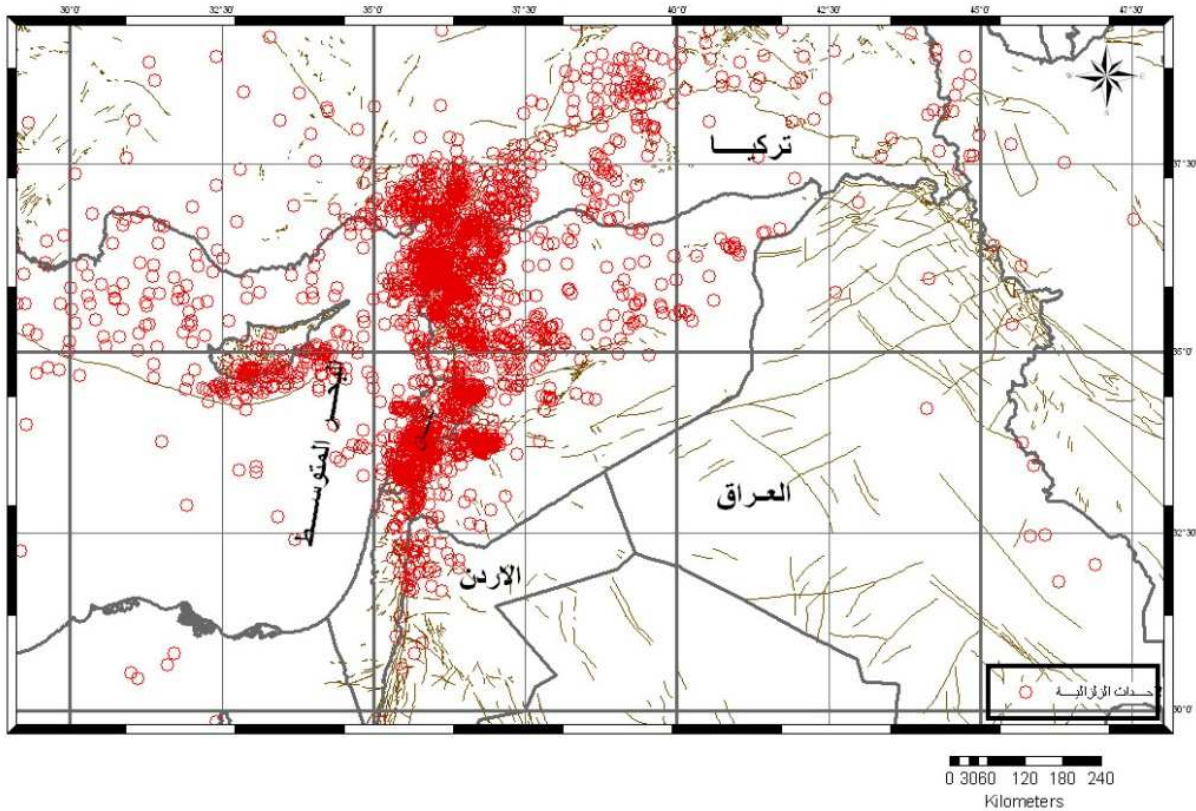
السنة	عدد الأحداث	قدر الحدث	مكان الحدث
1995	33	4.7	المنطقة الشرقية
1996	37	5.6	تدمر
1998	5	3.9	تدمر
2005	108	3.8	تدمر
2006	130	3.2	تدمر
1997	2	4.3	القنيطرة
2000	65	3.9	القنيطرة
1999	45	4	الغاب
2003	98	3.9	الغاب
2002	46	4	حمص
2001	48	3.3	غروب حلب
2004	111	3.5	دمشق
2008	93	3.7	الحسكة
2009	272	3.9	الحسكة
2007	111	4.2	حلب

¹ Hugo Bachman، باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني _ المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.



مخطط (32): خارطة النشاط الزلزالي في حفرة الانهدام الأردنية 1900-2003 وشرق المتوسط المصدر: (مرصد الزلازل الأردني)

الاحداث الزلزالية المسجلة بالشبكة الوطنية 2008_1995



مخطط (33): الأحداث الزلزالية المسجلة بالشبكة الوطنية 1995_2008 (المرصد الوطني لرصد الزلازل - دمشق)

3-4- مركز الرصد الزلزالي:

تمتلك سوريا العديد من مراكز الرصد الزلزالي التابعة لوزارة النفط موزعة في مدن عديدة من سوريا واستناداً إلى التقارير الصادرة عن مراكز الرصد الزلزالي التابعة للمركز الوطني للرصد الزلزالي - وزارة النفط والثروة المعدنية - لعامي 2004 و 2005م والتي تمثل الأحداث الزلزالية من حيث موقعها الجغرافي أي مكان حدوثها ضمن خطوط الطول ودوائر العرض هذا فضلاً عن قوة الهزة بالريختر وعمقها وتوقيت حدوثها حسب التوقيت المحلي والتي رصدتها أجهزة الرصد السيسموغرافية، قام برنامج (CDRP) Comprehensive Disaster Reduction Programmed باستنتاج خارطة الأحداث الزلزالية.

3-4-1 خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2004:

لوحظ أنه في عام 2004 تم تسجيل أعلى حدث للهزات الأرضية ضمن سوريا بقوة 3.9 ريختر بتاريخ 2004/3/9 محافظة حماه (سهل الغاب). ومن خلال الخارطة التكتونية والجيولوجية والتي تم استنتاجها من الخارطة التكتونية والجيولوجية لسورية لـ (GeoArabia) G. Barazangi, A.k.Al-Maleh and T.Sawaf، نلاحظ أن هذه النقطة تتأثر بعدد من البنيات والصدوع التكتونية.

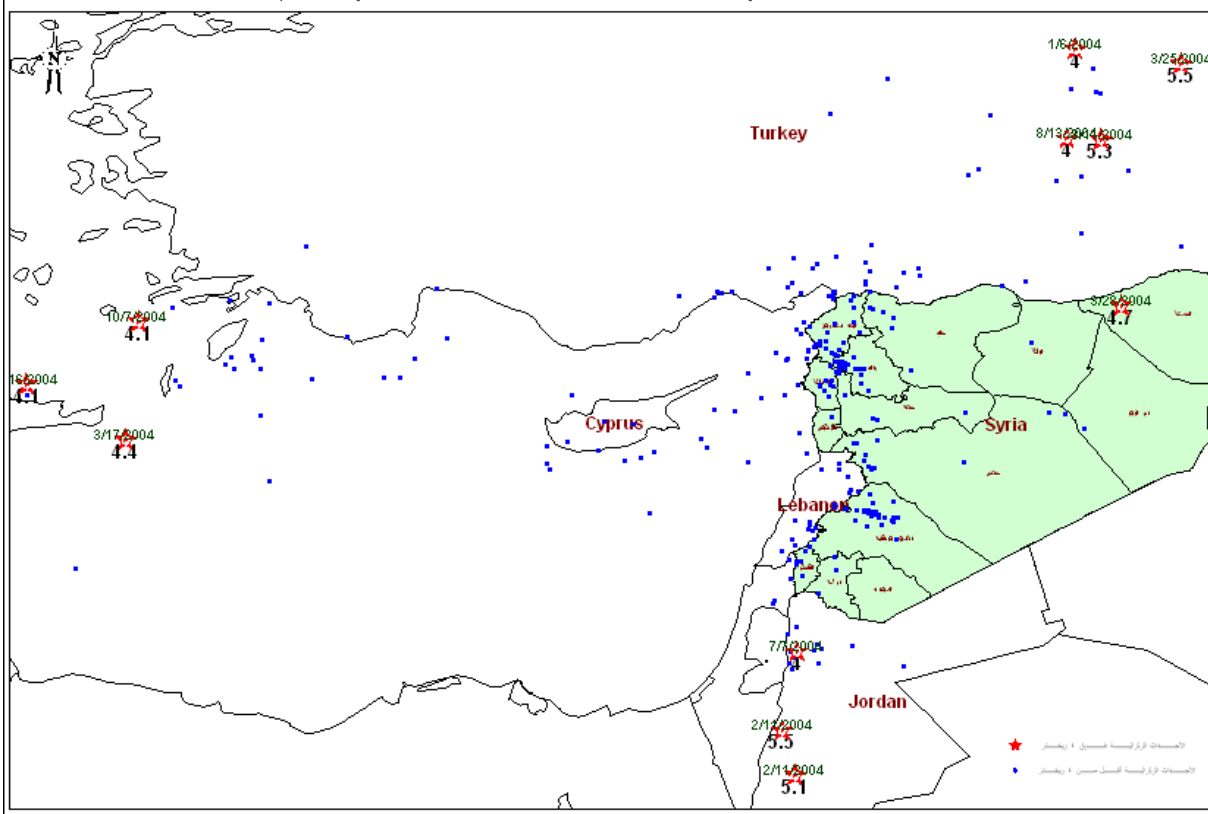
ولوحظ أيضاً حدث بقوة 3.9 ريختر بتاريخ 2004/8/3 بمنطقة البادية جبل البشري. ونلاحظ تركيز للأحداث الزلزالية في محافظة إدلب (شمالي سهل الغاب - جسر الشغور) حيث تتراوح شداتها ما بين 1 إلى 2 ريختر.

هذا فضلاً عن عدد من الهزات ما بين حسيّة والقصير شمالي سلاسل جبال لبنان الشرقية بالإضافة لتركيز كثيف للأحداث الزلزالية ما بين يبرود وجبرود والرحبية والقטיפفة (القسم الشرقي من سلاسل لبنان الشرقية) بالإضافة للقسم الجنوبي من منطقة السلاسل التدمرية الجنوبية وهذه المناطق عبارة عن سلسلة من الطيات المحدبة بالإضافة إلى عدد من الصدوع الأخرى.

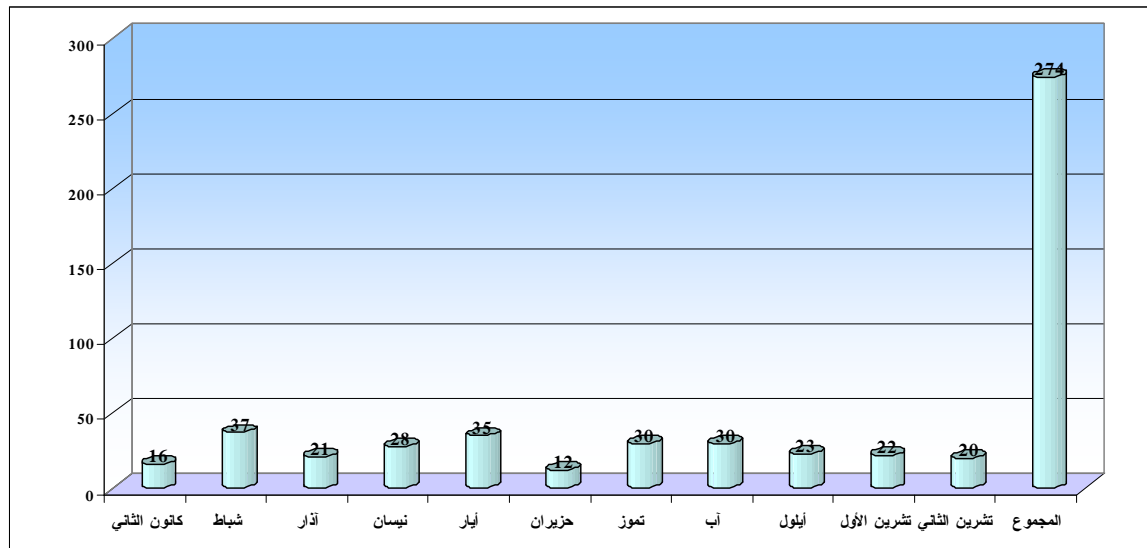
وقد تراوحت هذه الشدات ما بين 2 إلى 3.5 ريختر والتي كانت أعلاها وقد حصلت بتاريخ 2004 /2/8 والمخطط (34) يوضح الأحداث المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2004 فوق 4 ريختر.

ونتيجة لتأثر سوريا بالهزات الأرضية الواقعة ضمن مناطق الجوار السوري فكان لا بد من توقيع هذه الأحداث على الخارطة والتي كان أكثرها شدة الحدث الزلزالي بقوة 5.5 ريختر بتاريخ 2004/2/11 الساعة 10:14 في الأردن بالإضافة لعدد من الأحداث تراوحت شدتها ما بين 2 إلى 4 ريختر وقد تم تسجيل حدث زلزالي بقوة 5.5 ريختر بتاريخ 2004/3/25 وحدث آخر بقوة 5.3 ريختر ضمن الجمهورية التركية بالإضافة إلى عدد من الأحداث الزلزالية في القسم الجنوبي الغربي من تركيا.

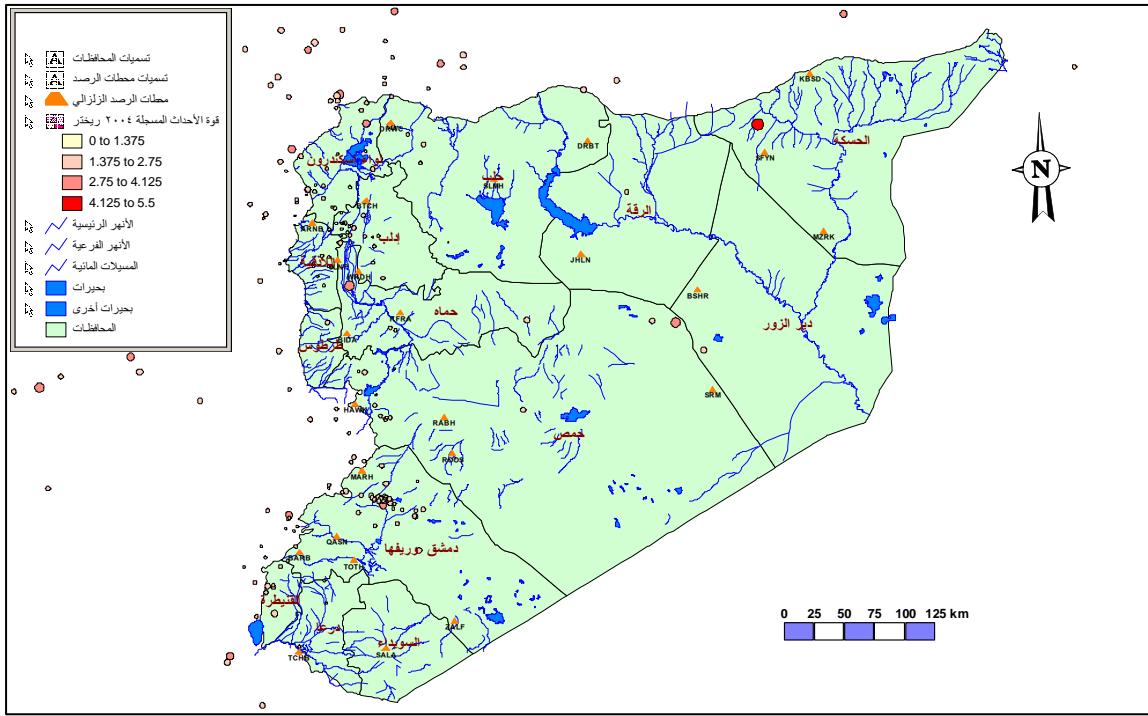
نلاحظ أيضا من خلال خارطة الأحداث الزلزالي عدد من الأحداث على طول الساحل السوري وعلى طول الحدود السورية اللبنانية⁽¹⁾ كما بالمخطط البياني شكل (93) والمخطط (35).



المخطط (34): الأحداث المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2004 فوق 4 ريختر المصدر: وزارة الإدارة المحلية.



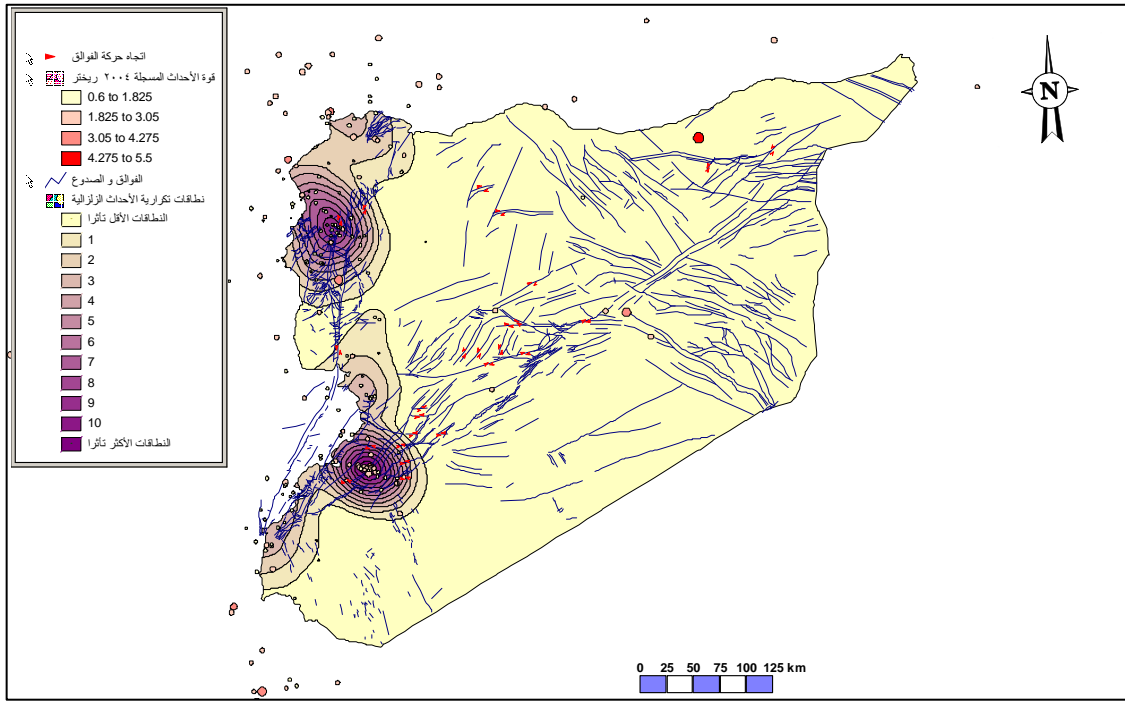
شكل (93): الأحداث الزلزالية لعام 2004 المصدر: Comprehensive Disaster Reduction Programme (CDRP)



المخطط (35): خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2004 . المصدر: وزارة الإدارة المحلية.

3-4-2- خارطة نطاقات التأثير لعام 2004:

استناداً لهذه الأحداث الزلزالية التي تم رصدها تم استنتاج خارطة نطاقات التأثير بالأحداث الزلزالية كما بالمخطط (36) حيث تم تقسيم سوريا إلى عدد من النطاقات بشكل متسلسل من النطاق الأقل تأثراً بالأحداث الزلزالية وهو النطاق التي حصلت فيه الأحداث الزلزالية بشكل متفرق، بشكل عام القسم الشرقي والأوسط من سوريا إلى النطاقات الأكثر تأثراً بالأحداث الزلزالية حيث تتأثر هذه المنطقة بعدد كبير من البنيات الجيولوجية والفوالق والصدوع حيث أنها استمرار للصدع العربي الإفريقي باتجاه الشمال هذا فضلاً عن الطيات ولاسيما المحدبة والتي هي أساس السلاسل الجبلية، وبالتالي فإنه توجد عدد من المناطق هي أكثر تأثراً من غيرها بالأحداث الزلزالية وهي بشكل عام المنطقة التي تشكل شمالي سهل الغاب - جسر الشغور - كنسبا - المرج الأخضر - الزيارة ومنطقة أخرى تمثل القسم الشرقي من جبال لبنان الشرقية ما بين يبرود وجيرود والرحيبة والقטיפفة.

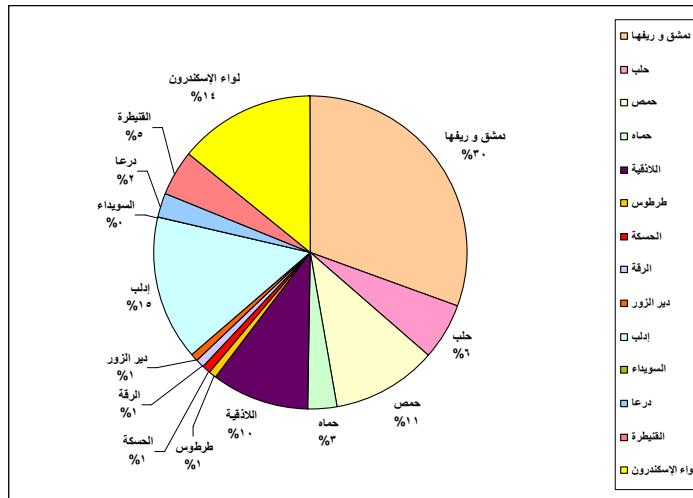


مخطط (36): خارطة نطاقات التأثير بالأحداث الزلزالية لعامي 2004. المصدر: وزارة الإدارة المحلية.

3-4-3- خارطة تصنيف المحافظات حسب أعداد الأحداث الزلزالية لعام 2004:

تبعاً للأحداث الزلزالية التي حصلت في عام 2004 تم تصنيف المحافظات إلى ثلاث تدرجات لونية حسب عدد الأحداث الزلزالية التي حصلت ضمن المحافظة من الأقل عدداً إلى الأكثر عدداً انظر الشكل (94) وذلك حسب مايلي:

1. التصنيف الأول (0-12 هزة): شمل كل من محافظات السويداء - الحسكة دير الزور - طرطوس - درعا - حماه - الرقة - القنيطرة - حلب - اللاذقية.
2. التصنيف الثاني (12-24 هزة): شمل كل من محافظتي حمص وإدلب.
3. التصنيف الثالث (24-37 هزة): شمل دمشق وريفها.



شكل (94): نسب تصنيف المحافظات حسب الأعداد الزلزالية لعام 2004 بسوريا المصدر: وزارة الإدارة المحلية بدمشق

3-4-5- خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2005:

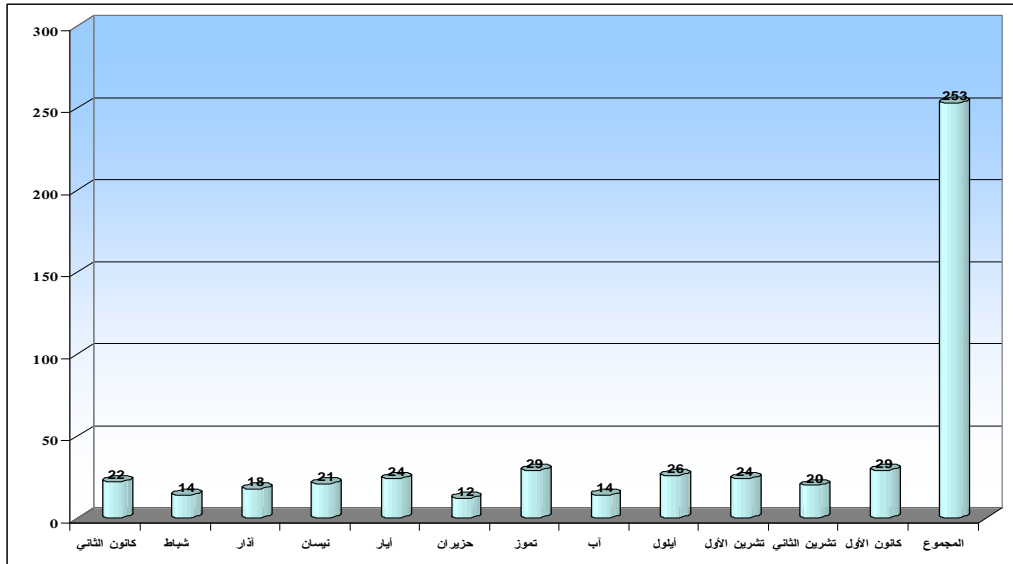
في عام 2005 تم تسجيل أعلى حدث زلزالي ضمن سوريا بقوة 4 ريختر بتاريخ 2005/5/14 شمال محافظة حماه وجنوبي محافظة إدلب في المنطقة الواقعة ما بين شمالي سهل الغاب - جسر الشغور شكل (95).

ومن خلال الخارطة التكتونية والجيولوجية لسورية لـ G. Barazangi, A.k.Al-Maleh and T.Sawaf (GeoArabia) نلاحظ أن هذه النقطة تتأثر بعدد من البنيات والصدوع التكتونية، أما باقي الأحداث الزلزالية ضمن سوريا فهي دون الـ 4-ريختر حيث نلاحظ أحداث بقوة 3.9 و 3.8 ريختر في منطقة البادية جبل البشري.

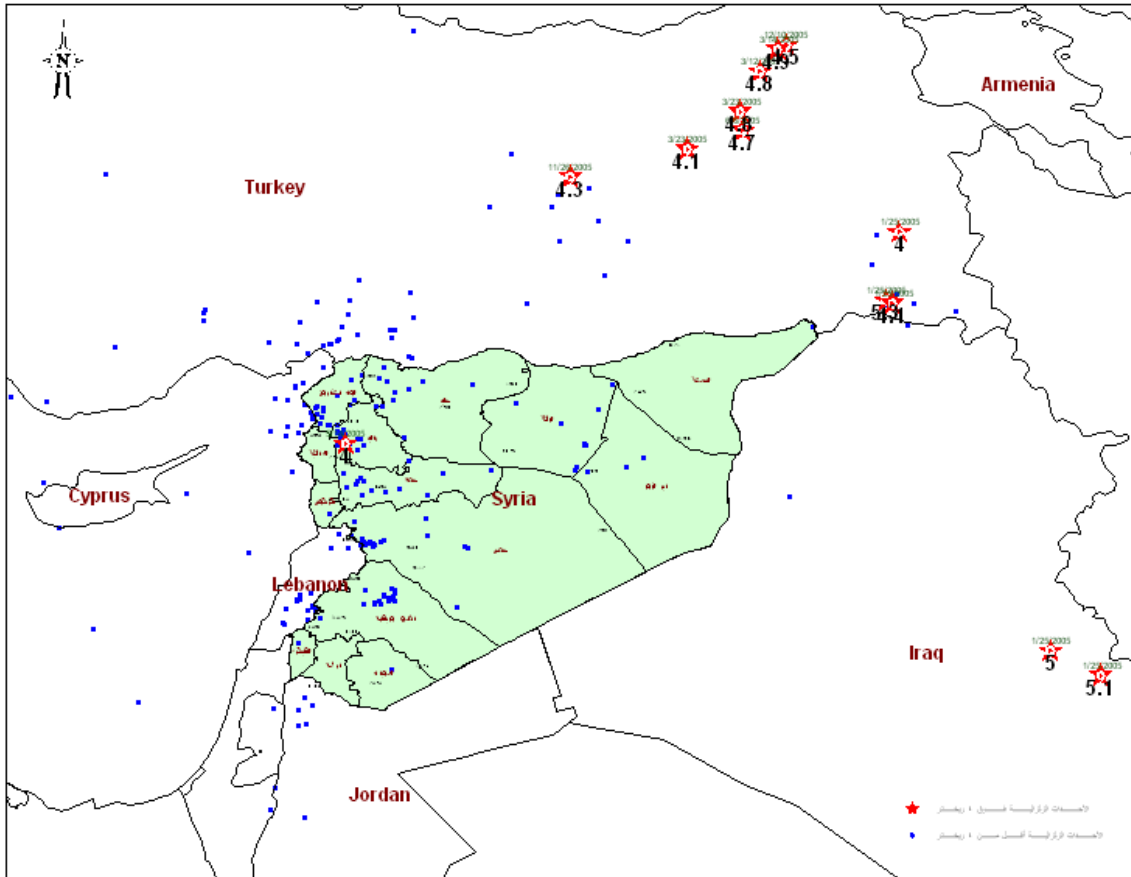
ونلاحظ أيضاً العديد من الأحداث الزلزالية وتكرارها شمالي سلاسل جبال لبنان الشرقية في المنطقة الواقعة ما بين حسيه والقصير والتي قد تراوحت شداتها ما بين 1 و 1.7 ريختر بالإضافة إلى عدد من الأحداث الزلزالية في منطقة السلاسل التدمرية الجنوبية شرقي جبرود والناصرية والرحبية والتي تتراوح شداتها ما بين 1 و 2.6 ريختر، وهذه المناطق عبارة عن سلسلة من الطيات المحدبة بالإضافة إلى عدد من الصدوع الأخرى والبنيات التكتونية الأخرى.

أما بالنسبة للهزات الأرضية الواقعة ضمن مناطق الجوار السوري ونظراً لأهميتها وتأثيرها فقط على الجوار السوري فقد كان أكثرها شدة الحدث الزلزالي الذي حصل بتاريخ 2005/1/25 الساعة 06:44 مساءً وبقوة 5.3 ريختر وذلك في المنطقة الواقعة من الحدود الشمالية الشرقية من سوريا وإلى الغرب من العراق، هذا بالإضافة إلى عدد من الأحداث الزلزالية التي تراوحت شداتها ما بين 4 و 4.9 ريختر شمالي سوريا في تركيا ضمن هضبة الأناضول وعدد من الأحداث الزلزالية الأخرى في القسم الجنوبي الغربي من تركيا وبشدات زلزالية مختلفة انظر المخطط (37) والمخطط (38).

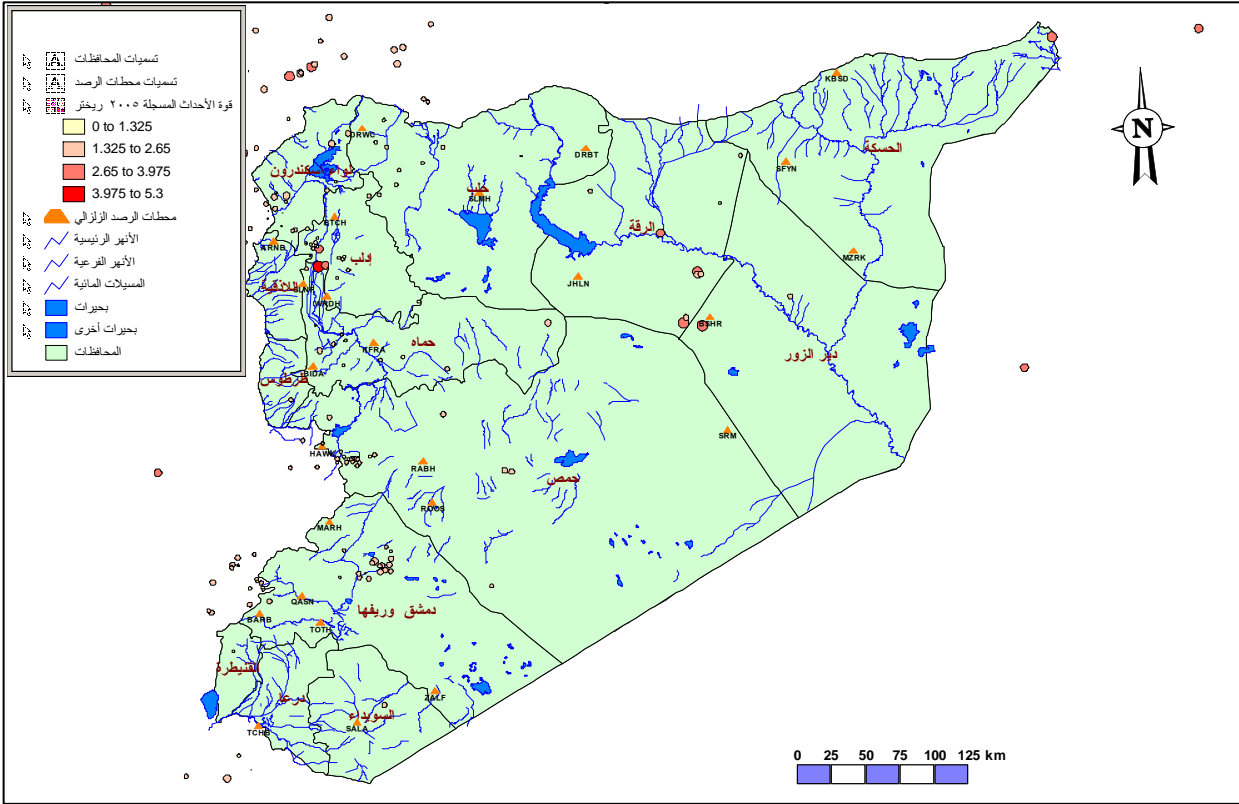
ومن خلال خارطة الأحداث الزلزالية نلاحظ أيضاً عدد من الأحداث على طول الساحل السوري وعلى طول الحدود السورية اللبنانية.



شكل (95): الأحداث الزلزالية المسجلة لعام 2005. المصدر: (CDRP) PROGRAMME.



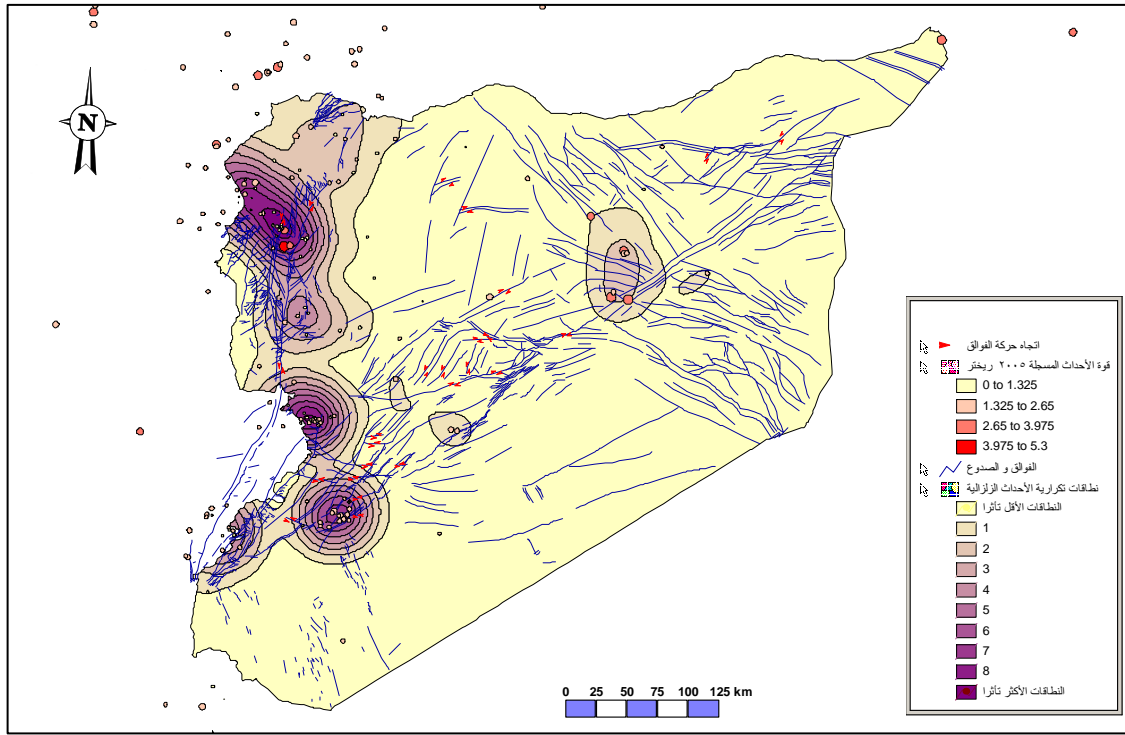
مخطط (37): الأحداث المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2005 فوق 4 ريختر. المصدر: وزارة الإدارة المحلية.



مخطط (38): خارطة الأحداث الزلزالية لعام 2005. المصدر: وزارة الإدارة المحلية.

3-4-6- خارطة نطاقات التأثير لعام 2005:

استناداً لهذه الأحداث الزلزالية التي تم رصدها تم استنتاج خارطة نطاقات التأثير بالأحداث الزلزالية حيث قسمت سوريا إلى عدد من النطاقات بشكل متسلسل من النطاق الأقل تأثراً بالأحداث الزلزالية والذي يمثل القسم الشرقي والأوسط من سوريا ولكن تتخللها نطاقات أكثر تأثراً في الشرق السوري (البادية) والتي تتأثر بعدد من البنيات التكتونية والصدوع إلى النطاقات الأكثر تأثراً بالأحداث الزلزالية وتمثل القسم الغربي من سوريا وهي بشكل عام المنطقة التي تشكل شمالي سهل الغاب وغربي جسر الشغور ومنطقة أخرى شمالي جبال لبنان الشرقية ما بين حسيه والقصير ومنطقة السلاسل التدمرية الجنوبية شرقي جبرود والناصرية والرحبية كما بالمخطط (39).



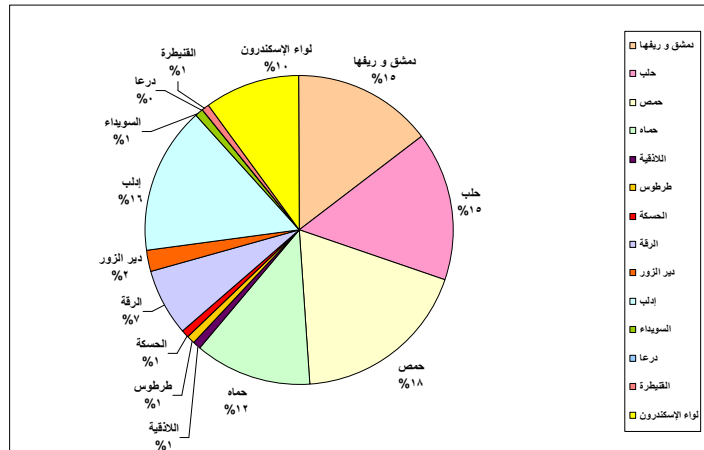
مخطط (39): خارطة النطاقات الزلزالية لعام 2005. المصدر: وزارة الإدارة المحلية.

3-4-7- خارطة تصنيف المحافظات حسب أعداد الأحداث الزلزالية لعام 2005:

تم تصنيف المحافظات السورية إلى ثلاث تدرجات لونية حسب عدد الأحداث الزلزالية التي حصلت ضمن المحافظة لعام 2005 من الأقل عدداً إلى الأكثر عدداً شكل (96) والمخطط (40) ذلك حسب مايلي:

1. التصنيف الأول (0-8 هزة): شمل كل من محافظات درعا - السويداء القنيطرة - الحسكة - اللاذقية - طرطوس - دير الزور.
2. التصنيف الثاني (8-16 هزة): شمل كل من محافظتي الرقة وحماه.
3. التصنيف الثالث (16-24 هزة): شمل كل من محافظات دمشق وريفها - إلب - حلب -

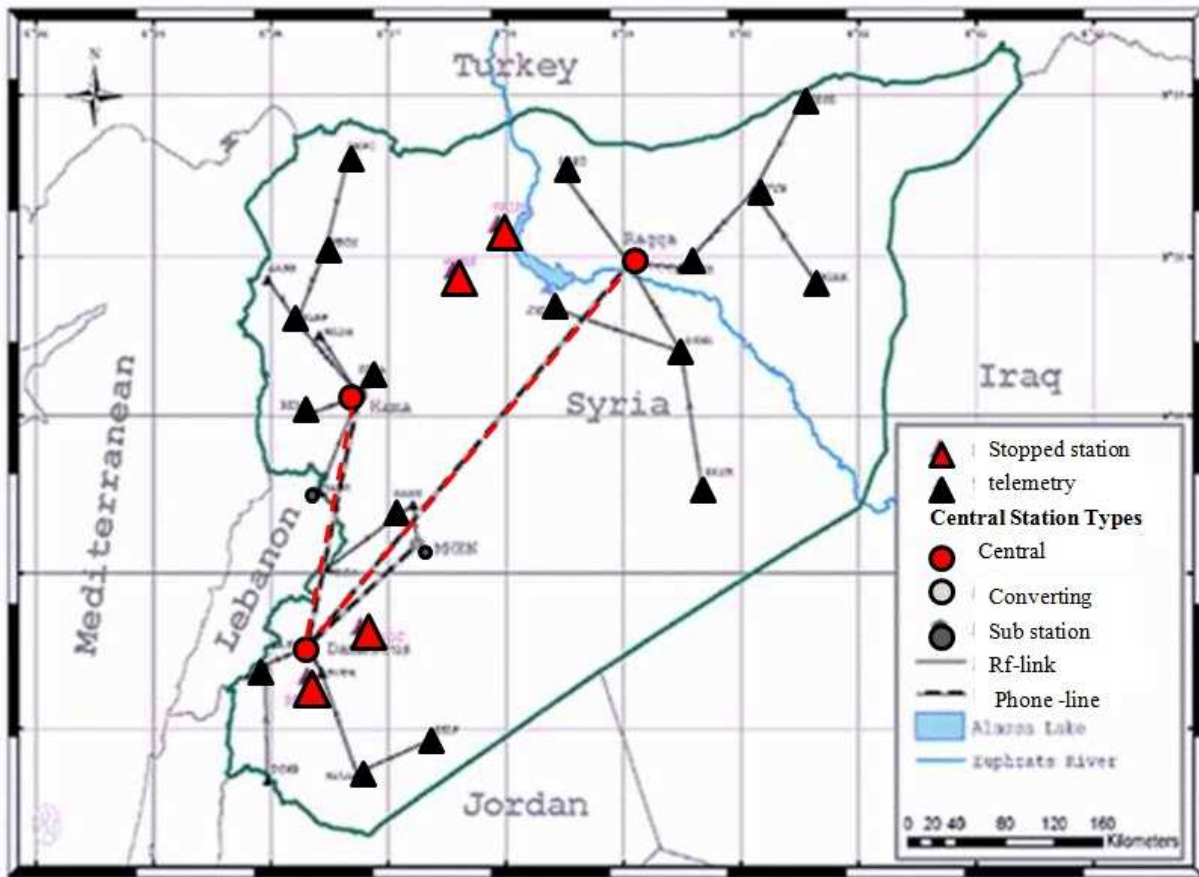
حمص.



شكل (96): النسب المسجلة للأحداث الزلزالية حسب المحافظات لعام 2005 بسوريا المصدر: وزارة الإدارة المحلية.

ويبين الجدول التالي الأحداث الزلزالية المسجلة من الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي لعام 2004-2005م. المصدر:
PROGRAMME (CDRP)

العالم	عدد الأحداث الزلزالية	أقوى حدث زلزالي (ريختر)	مكان حدوث الحدث الزلزالي	تاريخ الحدوث
عام 2004	274	5.5	الأردن	11/2/2004
		5.5	تركيا	25/3/2004
عام 2005	253	5.3	غربي العراق	25/15/2005
عام 2006 حتى شهر نيسان	49	5.3	إيران	31/1/2006



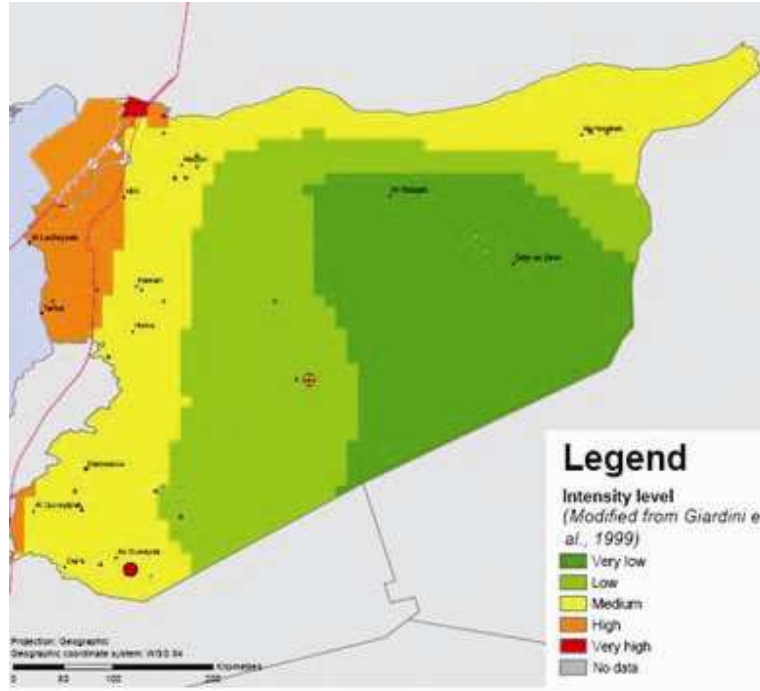
المخطط (40): الشبكة الوطنية لرصد الزلازل في سوريا¹

3-5- التقييم الزلزالي لبعض المباني القائمة وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا

ضمن المحاولات المبذولة لرسم خريطة زلزالية لسوريا قام المركز الوطني لرصد الزلازل بالبحث العلمي والتكنولوجي بتوقيع أهم الزلازل التي حدثت خلال القرن الحالي، ومنها أمكن تحديد المناطق الدائمة المعرض للزلازل في سوريا.

¹ المصدر www.science-sy.net

كما قسمت سوريا إلى خمس نطاقات زلزالية كما نرى في المخطط (41)¹ ففي النطاقين الأول والثاني ضعيفة جداً وتكون في المنطقة الثالثة مستقرة وأما الرابع والخامس تكون الأضرار فيها مادية وجسدية وهنا لا بد من إجراءات ضرورية للأبنية لمقاومة الزلازل ولا بد من وضع نظام معياري للمنشآت على حسب النطاق الموجودة فيه. بالنسبة لحوض دمشق فإنه يقع ضمن المنطقتين الزلزاليتين 3 و4 على خارطة الشدات الزلزالية المعتمدة في الكود العربي السوري عام 1995م.

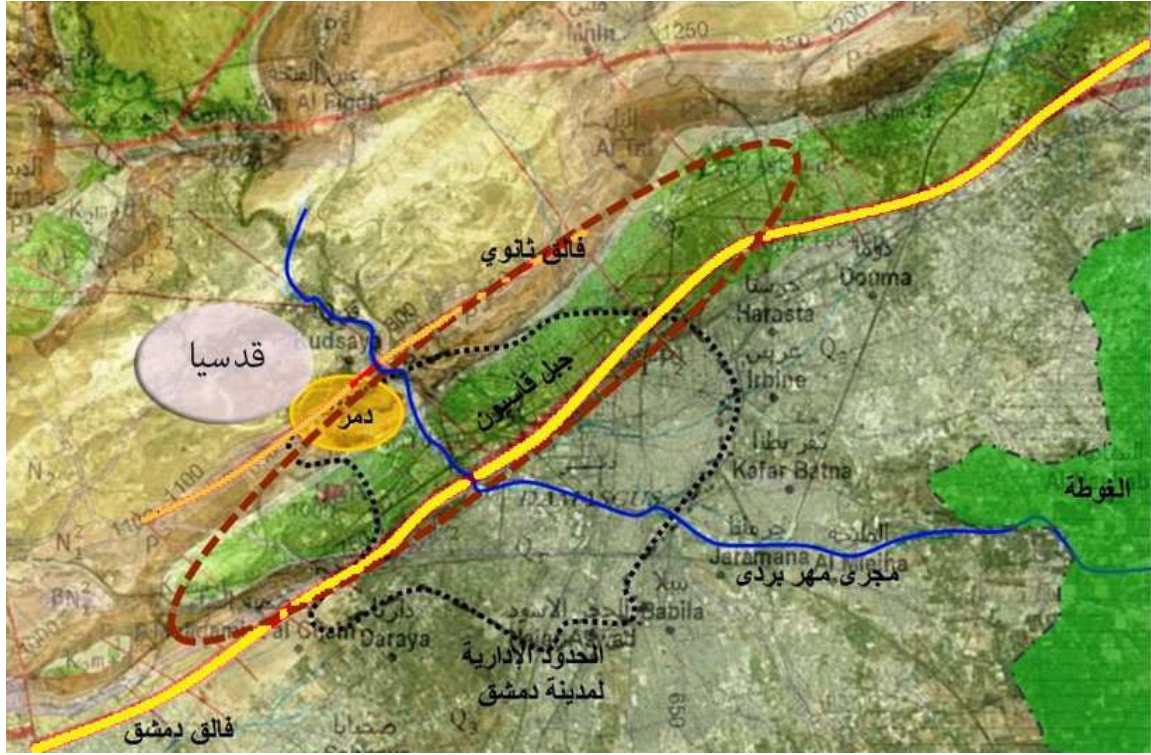


المخطط (41): خريطة توزيع المخاطر الزلزالية في الجمهورية العربية السورية¹

لعل هذا يدعو إلى التساؤل عن مدى الأخذ بعين الاعتبار عند تخطيط المدن الجديدة وعند إقامة المباني بها كذلك المنشآت السياحية والمنشآت السكنية والخدمية التي نقيهما الآن في المدن القديمة كدمشق وغيرها . فإن مدينة دمشق لها ثلاث محددات طبيعية كما نعلم (نهر بردى - جبل قاسيون - الغوطة) ويمكن اعتبارها أربع محددات إذا أضفنا الفالق الزلزالي الذي يمتد على المحور الغربي الشمالي والفاصل بين جبل قاسيون وسهل دمشق مروراً ببعض المناطق السكنية، لذلك لا بد من أخذها بعين الاعتبار أثناء عملية التخطيط لأن حدوث خلل في أي من المحددات سيشكل خطراً على مدينة دمشق وسكانها. أن عرض فالق دمشق متغير، هو في المتوسط، على بعد حوالي عشرة إلى خمسة عشر متراً، على الرغم من أنها تصل إلى أربعين متراً². كما بالمخطط (42).

¹ خارطة توزيع المخاطر الزلزالية في سوريا - منظمة الصحة العالمية.

² من الأقوال الواردة في التقرير النهائي لـ إيكوشار/ مخطط دمشق التنظيمي لـ إيكوشار وبنشوبا/ دمشق 1968.



مخطط (42): مخطط المحددات 1 - الفالق 2 - بردى 3 - جبل قاسيون 4 - الغوطة (عمل الباحث)

لذلك يستعرض هذا الباب من البحث بعض المباني القائمة، وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا، في ضوء مفاهيم التصميم المعماري المقاوم للزلازل السابق توضيحها، وينتهي بعرض تأثير الزلازل على أنظمة البناء الحديثة، بسوريا، والتي تم تنفيذ مبان عديدة بها في الأونة الأخيرة. عرض لبعض المباني القائمة في ضوء التصميم المعماري المقاوم للزلازل. تهدف هذه الدراسة الى التعرف على مدى توافر أساسيات التصميم العماري المقاوم للزلازل في بعض المباني السكنية التي تم بناؤها بسوريا خلال الفترة الحالية. والمباني السكنية التي سيتم عرضها هي النماذج المعمارية للسكن الشبابي بضاحية قدسيا بالإضافة إلى نماذج معمارية سكنية بمشروع دمر وضاحية قدسيا مدروسة على مقاومة الزلازل.

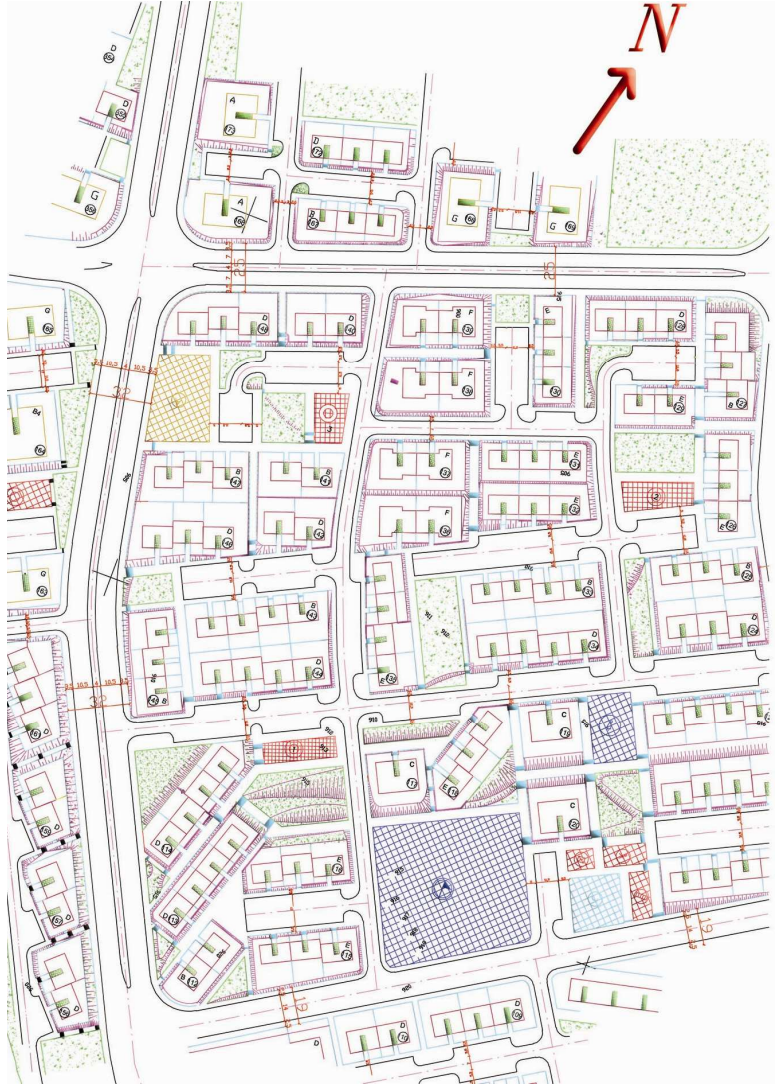
3-5-1- النماذج المعمارية للسكن الشبابي بدمشق:

نوضح عدة نماذج سكنية من المؤسسة العامة للإسكان والمطبعة بعدة أحياء سكنية بدمشق ومنها ضاحية قدسيا وتوسع مشروع دمر(الشام الجديدة) والتي تم تصميمها على مقاومة الزلازل وهي النموذج A - B - C - D - E - G يقع المشروع بضاحية قدسيا (الديماس) ولتحديد الموقع العام للمشروع وذلك كما بالمخطط (43).



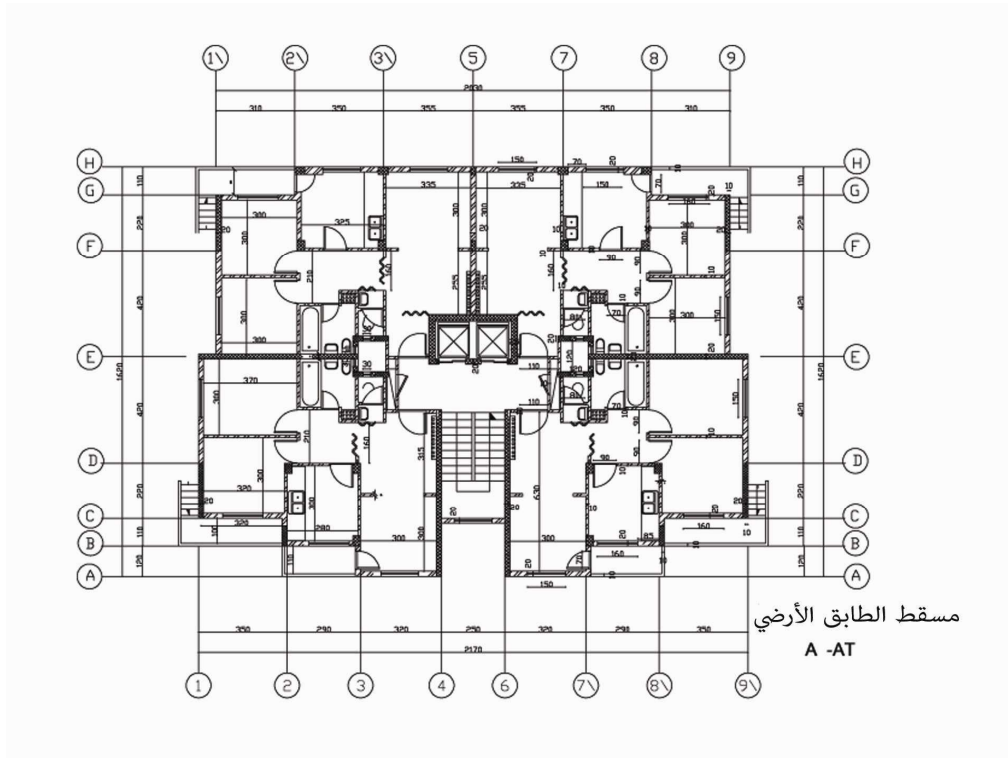
مخطط (43): الموقع العام لمشروع السكن الشبابي بضاحية قدسيا. (عمل الباحث)

ونأخذ على سبيل المثال مجمع سكني من الموقع العام لمشروع السكن الشبابي ضاحية قدسيا كما بالمخطط (44)

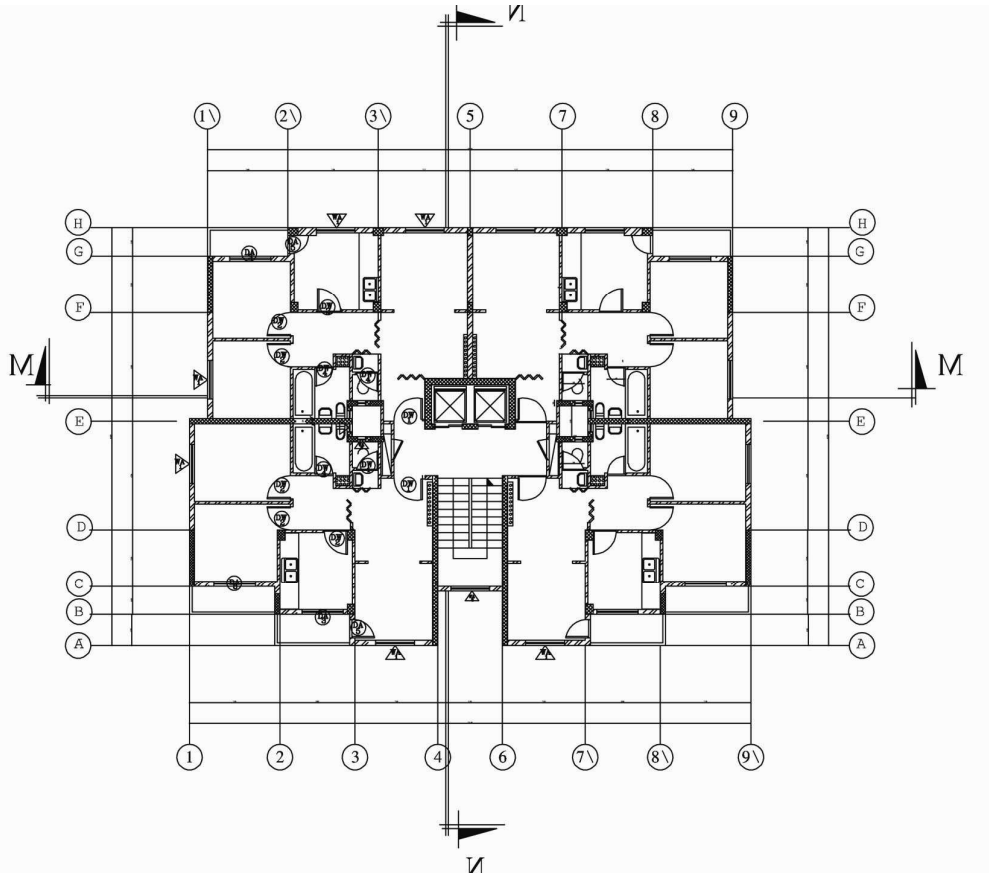


المخطط (44): مجمع سكني لمشروع السكن الشبابي المصدر: مؤسسة العامة للإسكان بدمشق

المثال الأول النموذج A سكن منفصل:



المخطط (45): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (A) المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

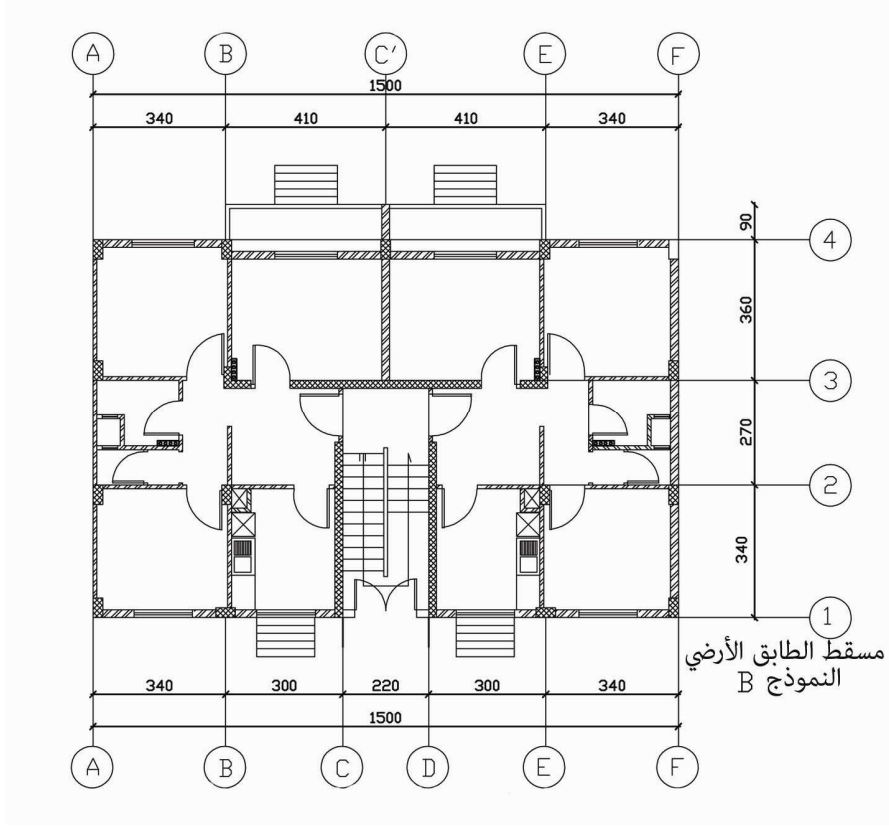


المخطط (46): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (A) المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

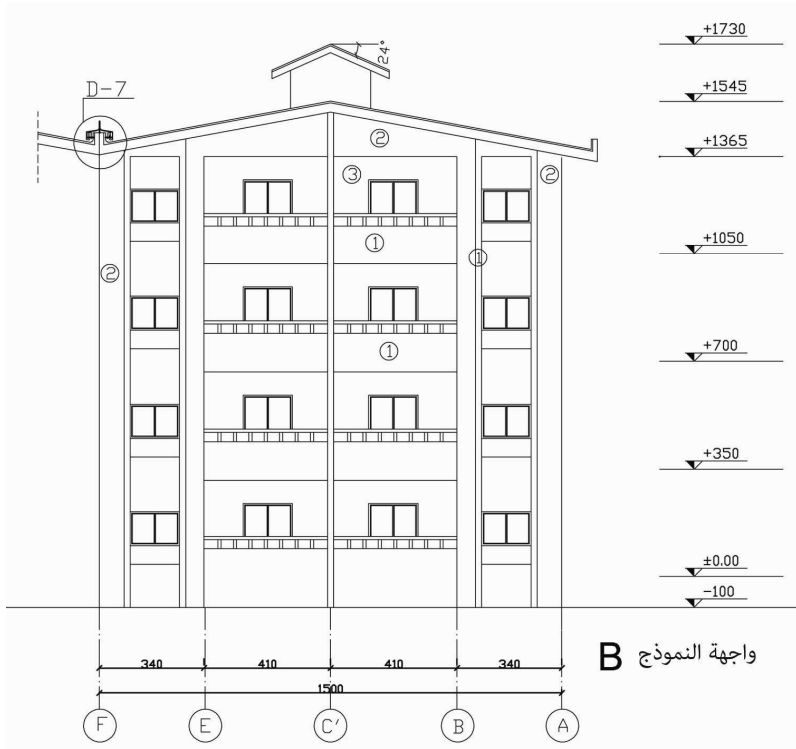
فعد تحليل هذا النموذج المعماري السكني المنفصل (النموذج A) المصمم معمارياً على مقاومة الزلازل كما بالمخطط (45) والمخطط (46) يتبين مايلي:

- 1- يتكون النموذج المعماري السكني من طابق أرضي سكني وطابق سكني مكرر.
- 2- الشكل المعماري للمبنى السكني متناظر اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة الشكل تماماً ، والواجهات متناظرين فهذا يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى.
- 3 - عدم استخدام نظام الطابق الرخو (Soft Story) في المبنى السكني.
- 4- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق لكي تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة كون المبنى سكني.
- 5- من الضروري ترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين للجار وهو ماتم فعله في هذا النموذج السكني المنفصل.
- 6- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبنى فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصيل هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.
- 7- تحقيق التناظر في توزيع جدران القص أثناء تصميمهم للمبنى السكني لأن وضع جدران القص في أطراف المبنى وبشكل متناظر، يؤدي إلى إكساب المبنى الصلابة والمقدرة اللازمين لمقاومة عزوم الالتواء وهنلاحظ وجود جدران قص محيطة بالغللاف الخارجي للمبنى وبشكل متناظر مع وجود النواة الحاملة للعناصر الشاقولية بالقرب من مركز المبنى السكني وفي منتصف محور التناظر للبنية المعمارية.
- 8- إلغاء التجويف للواجهات (عدم وجود تراجع أو بروزات بالواجهات).
- 9- تناظر مسطح الفتحات بكل الواجهات يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فلا تكون هناك واجهة أضعف من الأخرى.
- 10- كما تبين المخططات بتناظر الفتحات وعدم زيادة مساحة الفتحات عن ثلث مساحة الجدار في المديول المعماري وعدم إحداث الفتحات في مركز تلاقي مسارات القوى، والإجهادات وإزاحة النوافذ إلى جوانب الجدران، مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، أو بين فتحتين متتاليتين لا تقل عن ضعف ثخانة الجدار.

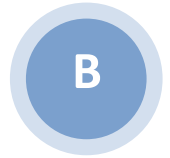
المثال الثاني النموذج B سكن متصل:

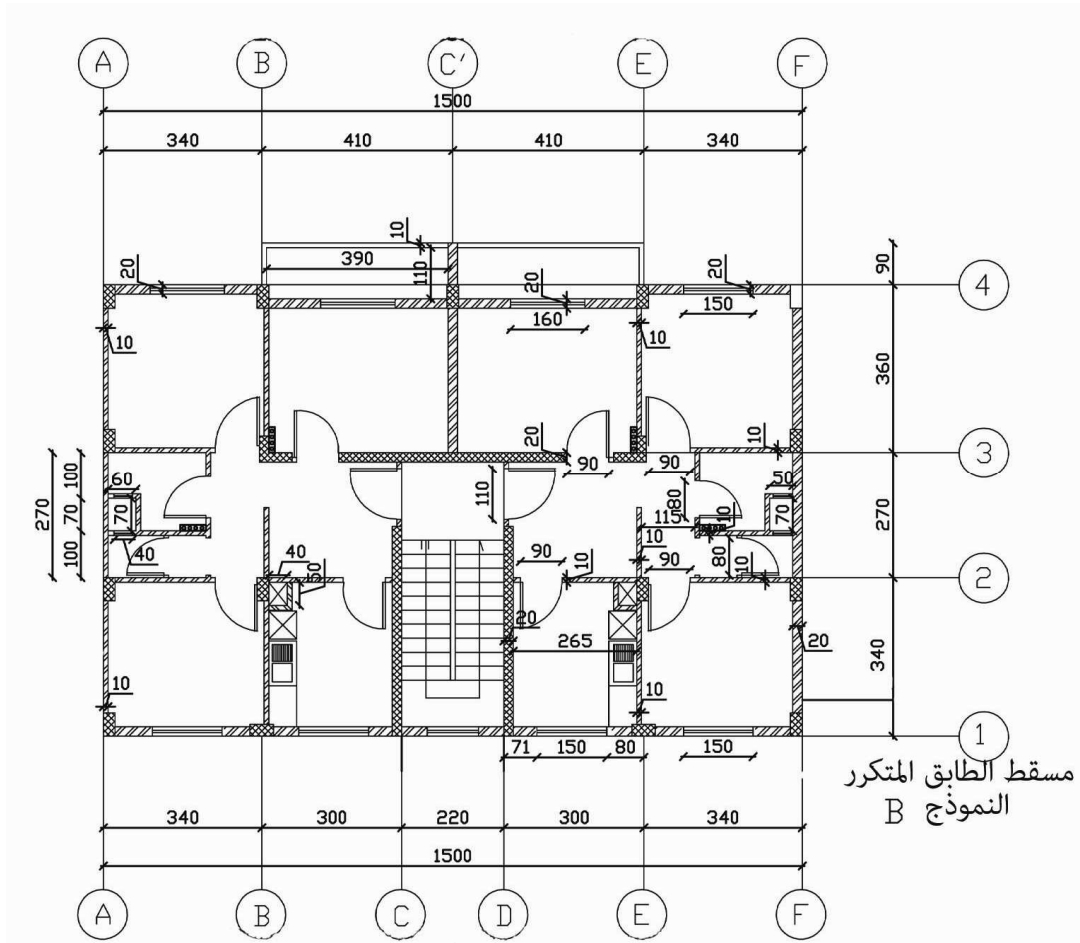


المخطط (47): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (B) المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

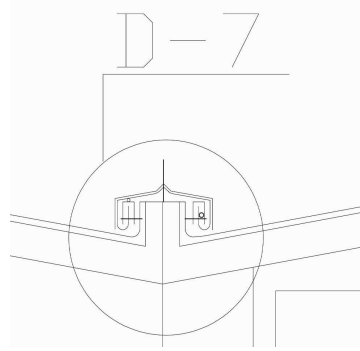


المخطط (48): الواجهة الخلفية لنموذج (B) المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق





المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق (49): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (B)



المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق الشكل (97): تفصيلة لنموذج (B)

بتحليل هذا النموذج المعماري B السكني المتصل المصمم معمارياً على مقاومة الزلازل يوضح المخطط

(45)، المخطط (46)، المخطط (47)، الشكل (97) مايلي:

1- يتكون النموذج المعماري السكني من طابق أرضي سكني وثلاث طوابق سكنية متكررة.

2- الشكل المعماري للمبنى السكني متناظر اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة تماماً

والواجهات متناظرين فهو يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذة المباني.

فإن نسبة الارتفاع والعرض والطول للمبنى هي 3:2:1 وهي النسبة ملائمة لمقاومة الزلازل وهي $h/b < 4$ حيث h هي الارتفاع و b هي العرض، فيجب أن تكون مركز كتلة المبنى مطابق على مركز المقاومة للبناء وهو من أهم الإشتراطات المعمارية لمقاومة الزلازل.

3- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق كون المبنى سكني لكي تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة.

4- لم يترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين في هذا النموذج السكني المتصل فيجب وجود فاصل زلزالي بين الأبنية السكنية المتلاصقة للجار.

5- ويلاحظ عدم وجود تباين في الارتفاع الكلي للمباني السكنية المتجاورة اي الملاصقة للجار لكي لا يحدث ارتطام بينه وبين المباني المجاورة.

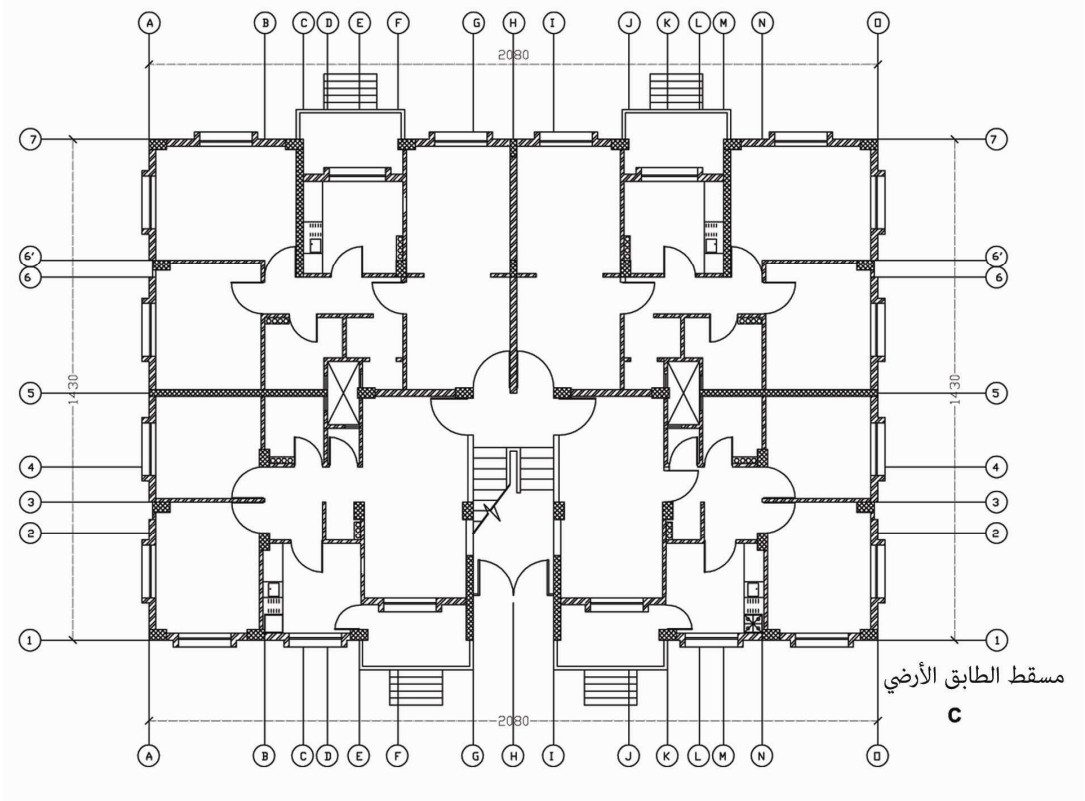
6- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبنى فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصيل هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.

7- إلغاء التراجع للواجهات (عدم وجود تراجعات أو بروزات بالواجهات).

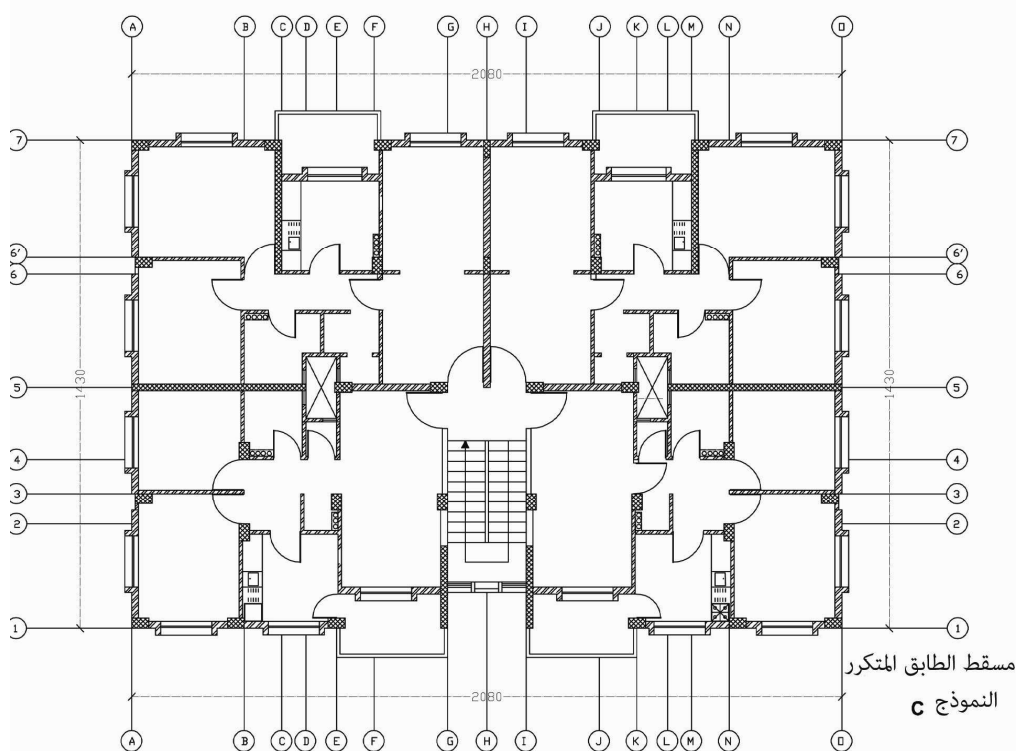
8- تناظر بمسطح الفتحات بكل واجهتين متقابلتين يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فتكون هناك واجهة أضعف من الأخرى ولكن يجب معالجة هذا الأمر بزيادة تقوية الواجهات التي يتكون بها فتحات (نوافذ) بالأعمدة أو جدران القص لتكون مقاومتها مماثلة للواجهتين المصممتين التي لا تحتوي على فتحات. كما تبين المخططات بتناظر الفتحات وعدم زيادة مساحة الفتحات عن ثلث مساحة الجدار في المديول، مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، أو بين فتحتين متتاليتين لا تقل عن ضعف ثخانة الجدار.

9- الشكل العام للمسقط الأفقي متناظر واختيار القلب ليكون مركزاً لنواة حاملة للعناصر الرأسية، يضمن تطابق مركز الكتلة مع مركز المقاومة لتجنب قوى العزوم القالبة عند حدوث الزلزال، وذلك بنسب أطوال أضلاع المبنى وهي نسب آمنة لجعل مركز ثقل المبنى قريباً من الأرض.

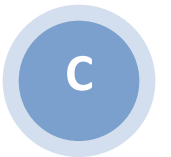
المثال الثالث النموذج C (سكن منفصل):

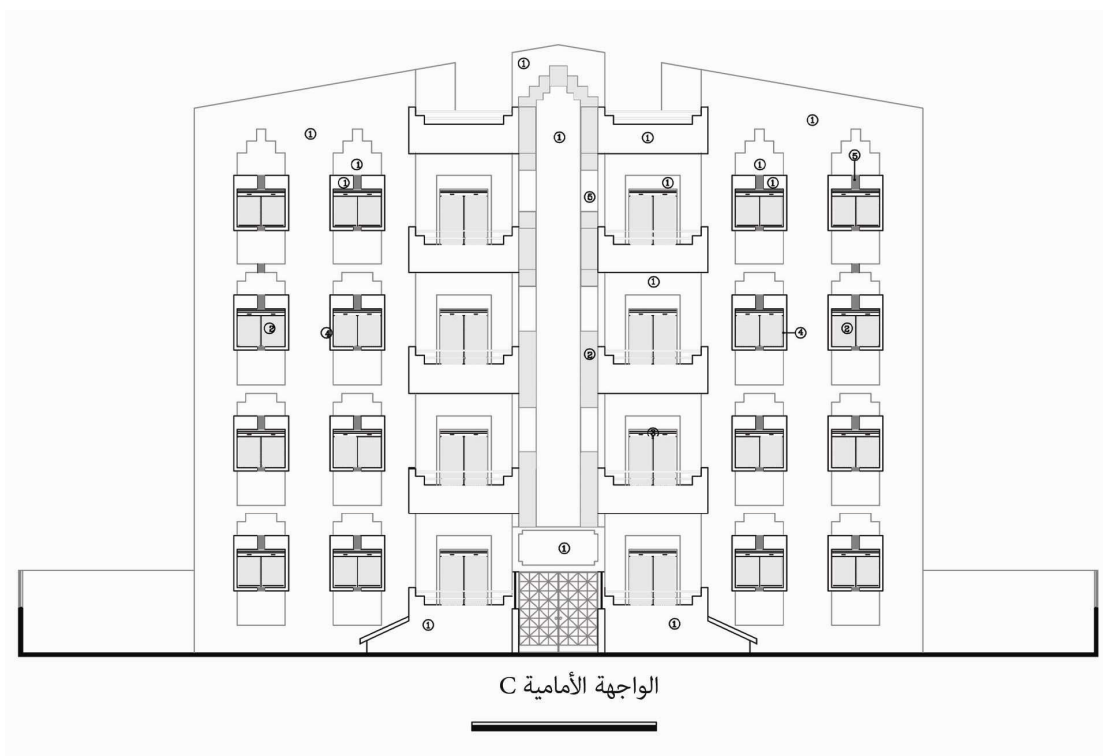


المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق
المخطط (50): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (C)

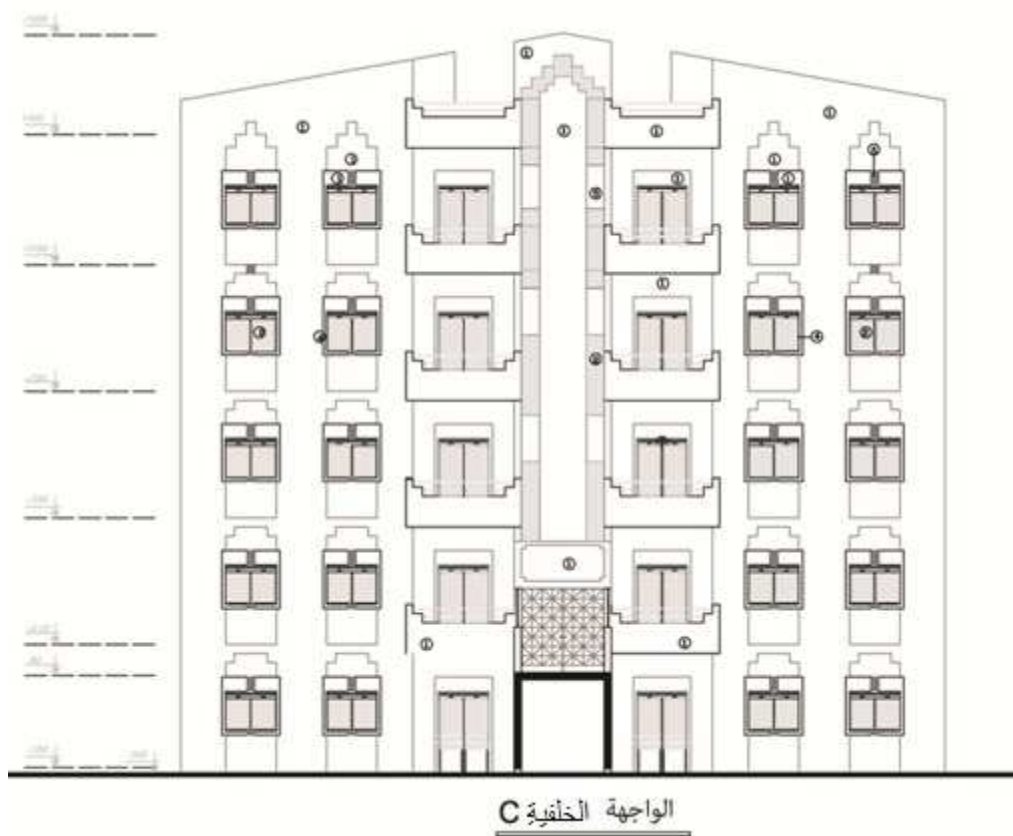


المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق
المخطط (51): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (C)





المخطط (52): الواجهة الأمامية لنموذج (C) المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (53): الواجهة الخلفية مع القبو لنموذج (C) . المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

فبعد تحليل هذا النموذج المعماري C السكني المصمم المنفصل معمارياً على مقاومة الزلازل يبين المخطط (50) مخطط (51) مخطط (52) مخطط (53) مايلى:

1- يتكون النموذج المعماري السكني من طابق أرضي سكني وثلاث طوابق سكنية متكررة بالإضافة إلى طابق القبو بسبب ميول الأرض.

2- الشكل المعماري للأبنية السكنية متناظرة اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة تماماً، والواجهات متناظرين فهو يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني . فإن نسبة الارتفاع والعرض والطول للمبني هي 3:2:1 وهي النسبة ملائمة لمقاومة الزلازل حيث $h/b < 4$ حيث h: هي الارتفاع و b: هي العرض، فيجب أن تكون مركز كتلة المبنى مطابق على مركز المقاومة للبناء وهو من أهم الإشتراطات المعمارية لمقاومة الزلازل.

3- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق لكي تستمر القوة والصلابة للمبني بنفس الدرجة.

4- تناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبني فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصيل هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.

5- تحقيق التناظر في توزيع جدران القص أثناء تصميمهم للمبني السكني.

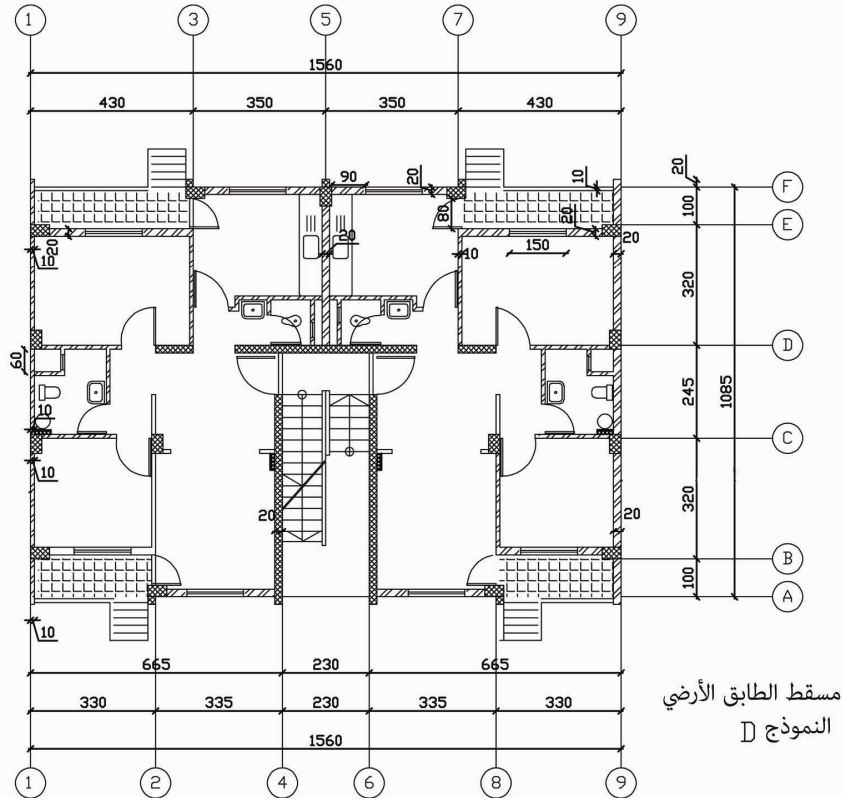
6- إلغاء التراجع للواجهات (عدم وجود تراجع أو بروزات بالواجهات).

7- تناظر مسطح الفتحات بكل الواجهات يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فلا تكون هناك واجهة أضعف من الأخرى.

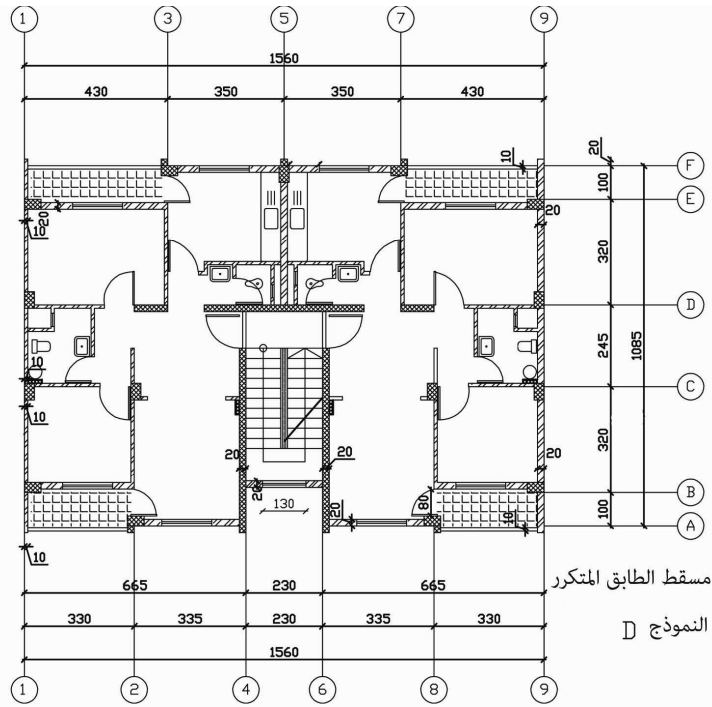
8- الشكل العام للمسقط الأفقي متناظر واختيار منتصف المسقط مركزاً لنواة حاملة للعناصر الرأسية.

9- إن ارتفاع النوافذ والفتحات في الجدران الخارجية متساوية تقريباً وللمحد من الأضرار والانهيئات المحتملة في هذه المناطق، فيتم عادة تزويد هذه الفتحات بتسليح خاص، بالإضافة إلى ضبط العلاقة بين أبعاد هذه الفتحات والمسافة فيما بينها، كما يتضح عدم زيادة مساحة الفتحات عن ثلث مساحة الجدار في المديول المعماري وعدم إحداث الفتحات في مركز تلاقي مسارات القوى، والإجهادات وإزاحة النوافذ إلى جوانب الجدران، مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، أوبين فتحتين متتاليتين لا تقل عن ضعف ثخانة الجدار.

المثال الرابع النموذج D (سكن متصل):

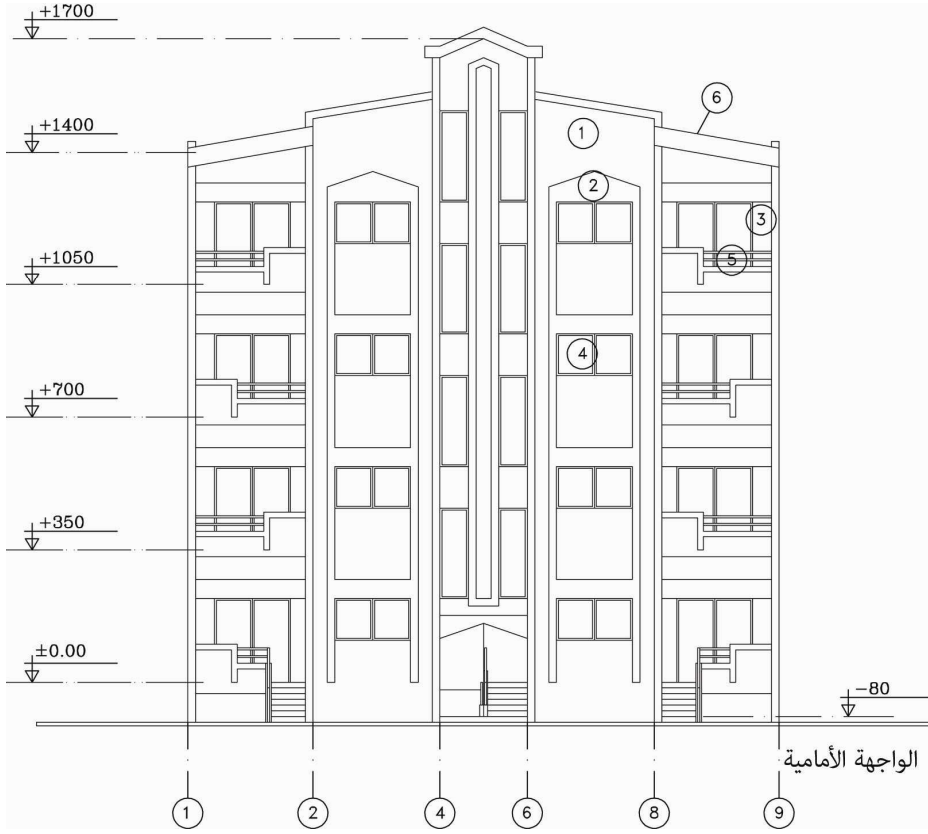


المخطط (54): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

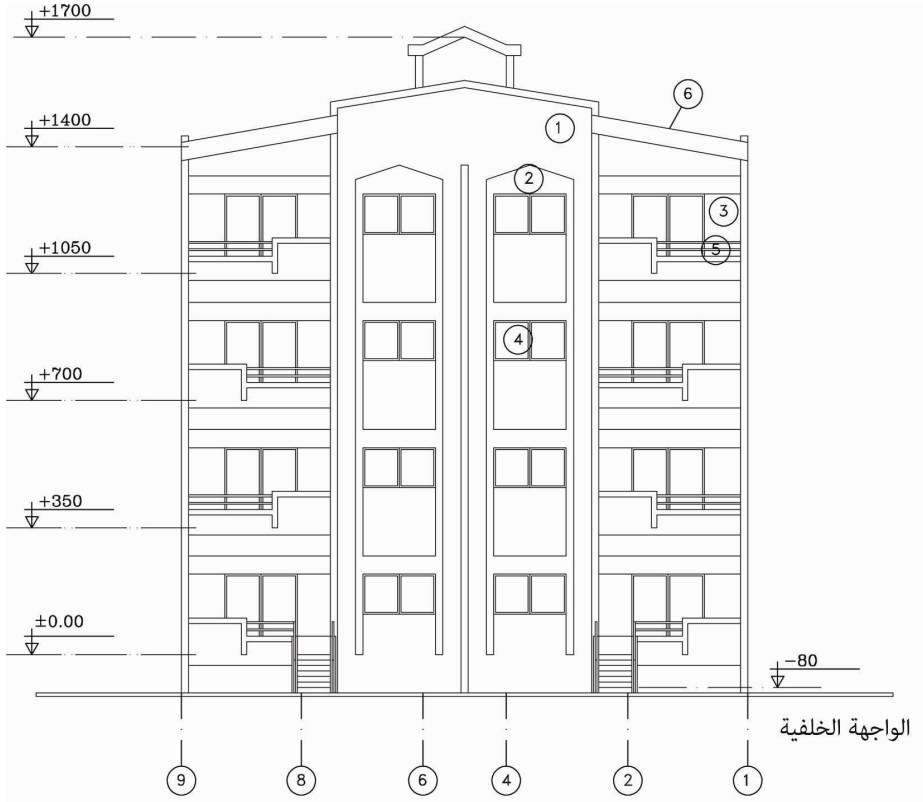


المخطط (55): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

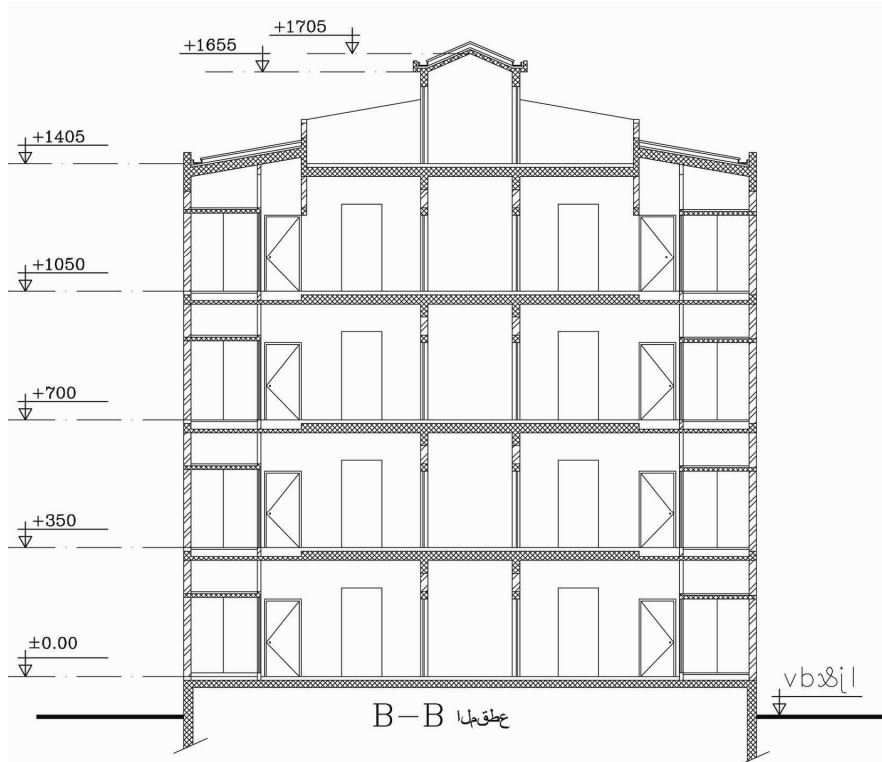




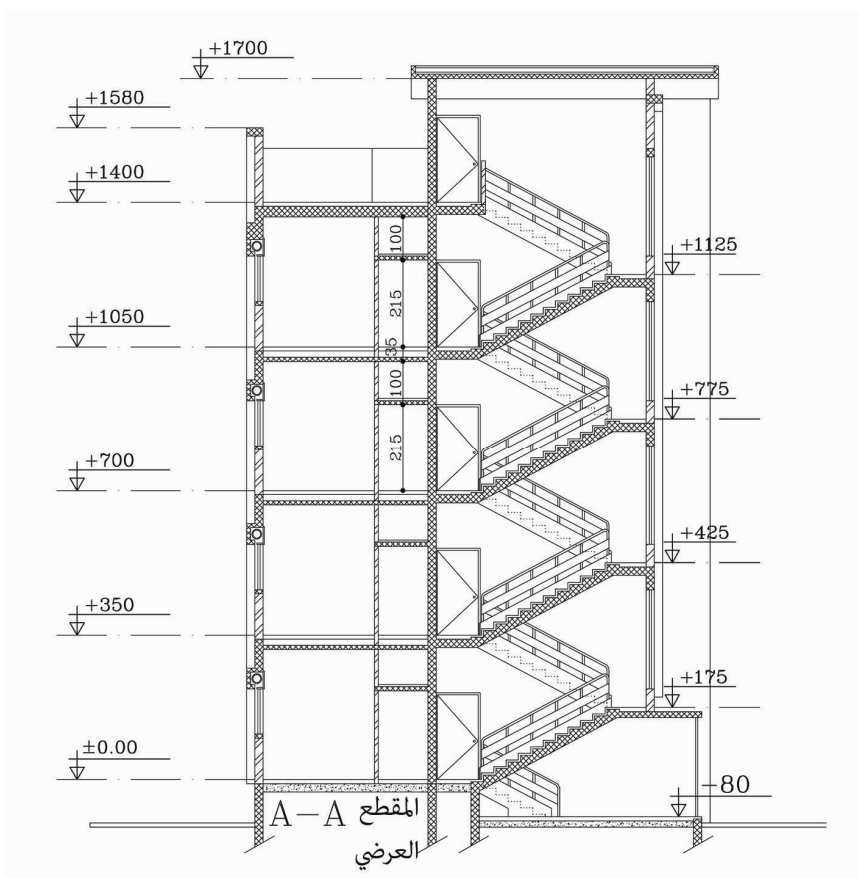
المخطط (56): الواجهة الأمامية لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (57): الواجهة الخلفية لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (58): المقطع الطولي لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

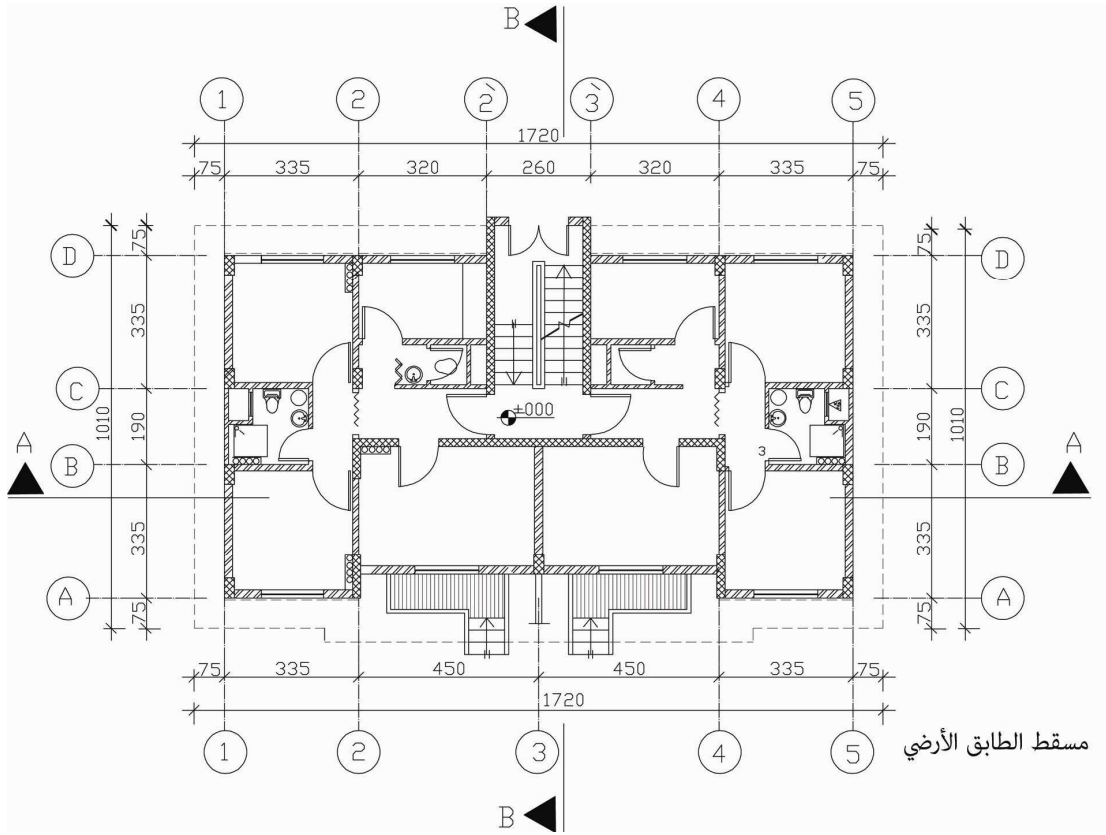


المخطط (59): المقطع العرضي لنموذج (D). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

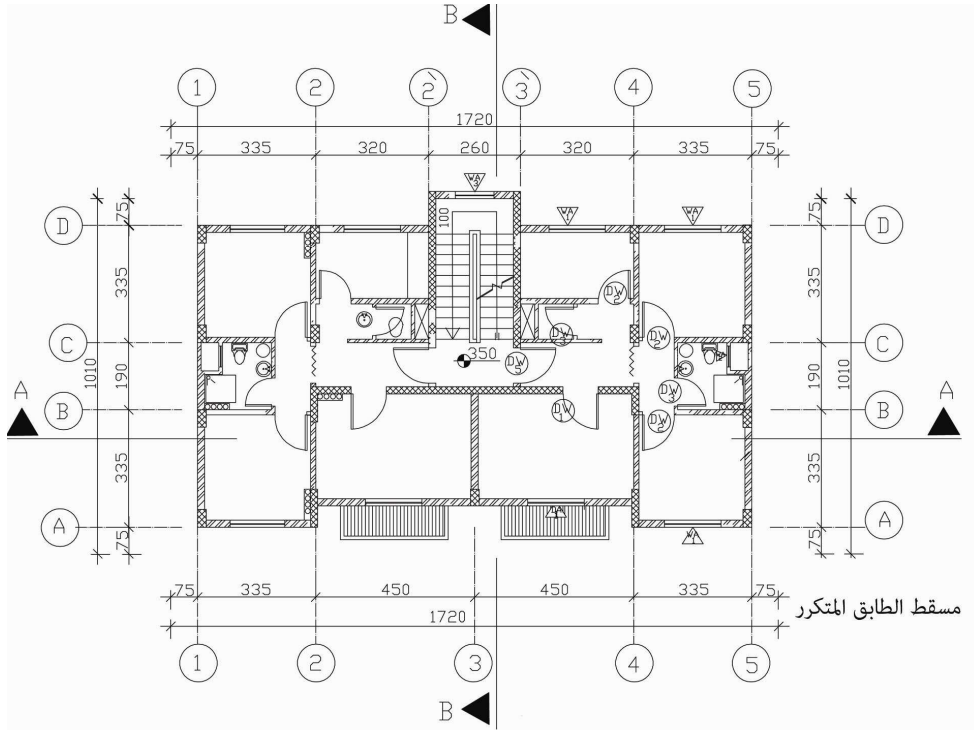
فبعد تحليل هذا النموذج المعماري D السكني المتصل المصمم معمارياً على مقاومة الزلازل يبين المخطط (54)، المخطط (55)، المخطط (56)، المخطط (57)، المخطط (58)، المخطط (59) ما يلي:

- 1- يتكون النموذج المعماري السكني من طابق أرضي سكني وثلاث طوابق سكنية متكررة .
- 2- الشكل المعماري للأبنية السكنية متناظرة اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة تماماً، والواجهات متناظرين فهو يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذا المبنى.
فإن نسبة الارتفاع والعرض والطول للمبنى هي 1:2.5:2 وهي نسبة ملائمة زلزالياً لمقاومة الزلازل بحيث يجب أن تكون مركز كتلة المبنى مطابق على مركز المقاومة للبناء وهو من أهم الإشتراطات المعمارية لمقاومة الزلازل.
- 3- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق لكي تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة.
- 4- من الضروري ترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين للجار وهو ماتم فعله في هذا النموذج السكني المتصل فيجب وجود فاصل زلزالي بين الأبنية السكنية المتلاصقة للجار بالإضافة إلى عدم وجود تباين في الارتفاع الكلي للمباني السكنية المتجاورة اي الملاصقة للجار لكي لا يحدث ارتطام بينه وبين المباني المجاورة.
- 5- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبنى فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصين هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.
- 6- إلغاء التراجع للواجهات (عدم تراجع أو بروزات بالواجهات).
- 7- الشكل العام للمسقط الأفقي متناظر واختيار القلب ليكون مركزاً لنواة حاملة للعناصر الرأسية، يضمن تطابق مركز الكتلة مع مركز المقاومة لتجنب قوى العزوم القالبة عند حدوث الزلازل، وذلك بنسب أطوال أضلاع المبنى وهي نسب أمنه لجعل مركز ثقل المبنى قريباً من الأرض.
- 8- إن ارتفاع النوافذ والفتحات في الجدران الخارجية متساوية تقريباً وللحد من الأضرار والانهيئات المحتملة في هذه المناطق، وضبط العلاقة بين أبعاد هذه الفتحات والمسافة فيما بينها.
- 9- كما تبين المخططات بتناظر الفتحات بين الواجهات مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، وأبين فتحتين متتاليتين لا تقل عن ضعف ثخانة الجدار.

المثال الرابع نموذج E (سكن متصل):



المخطط (60): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

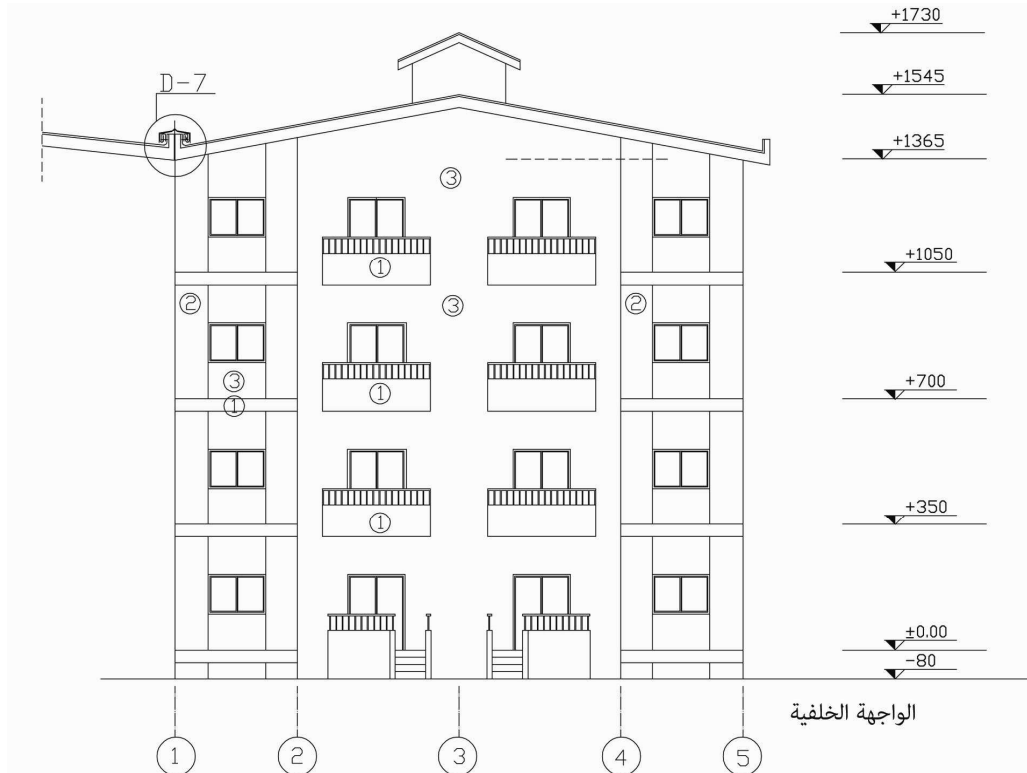


المخطط (61): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

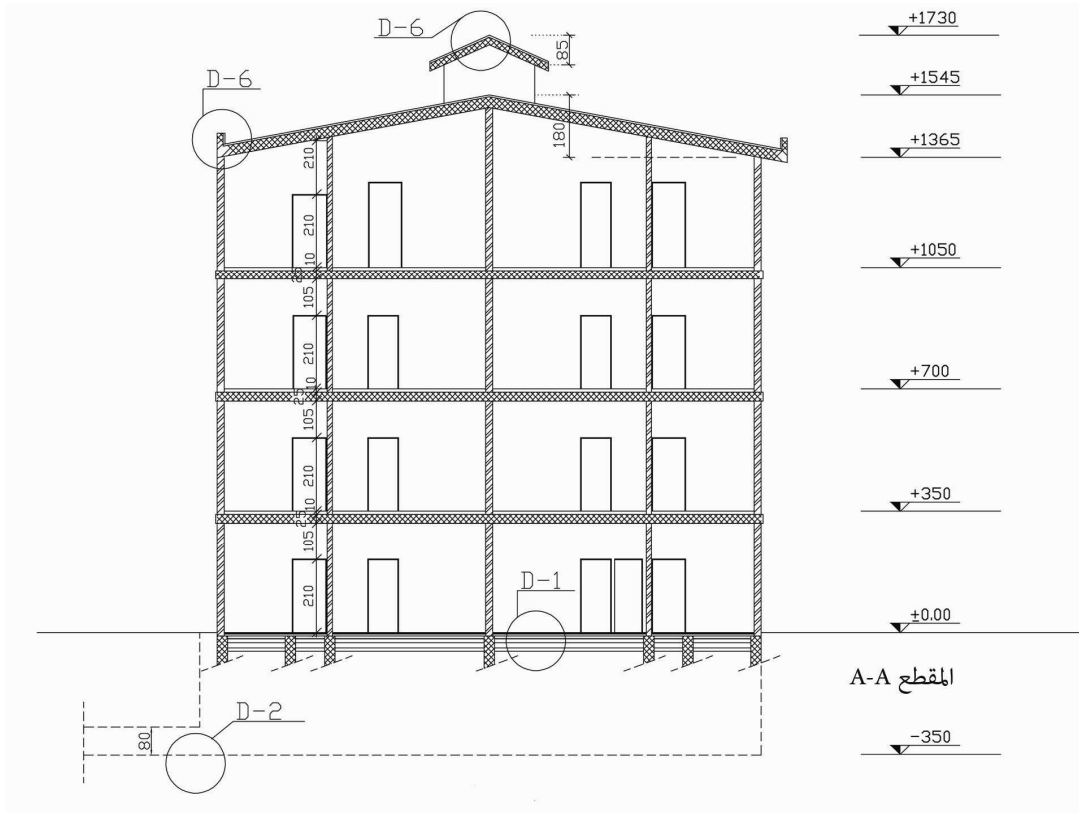




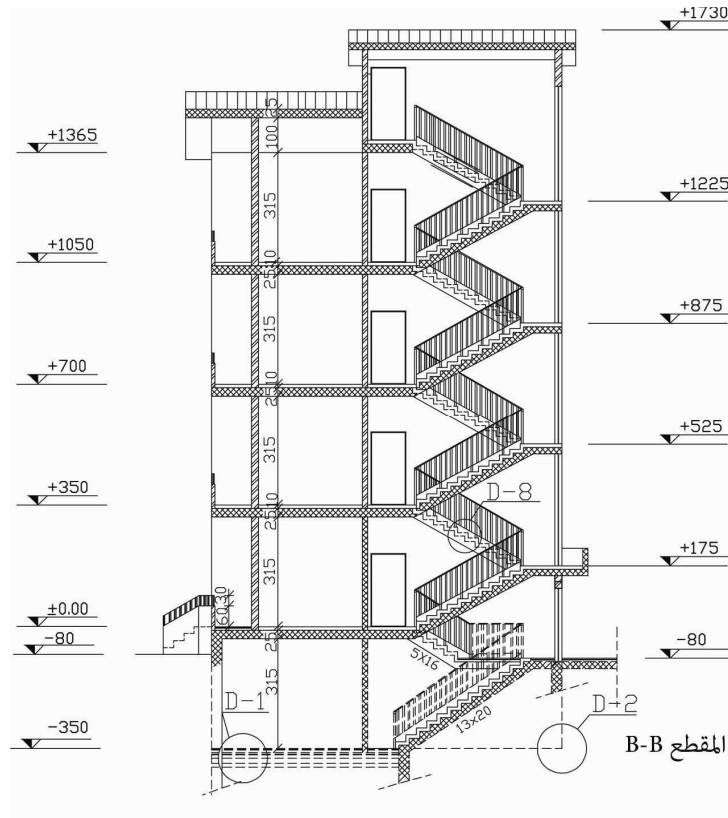
المخطط (62): الواجهة الأمامية لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (63): الواجهة الخلفية لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (64): المقطع الطولي لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

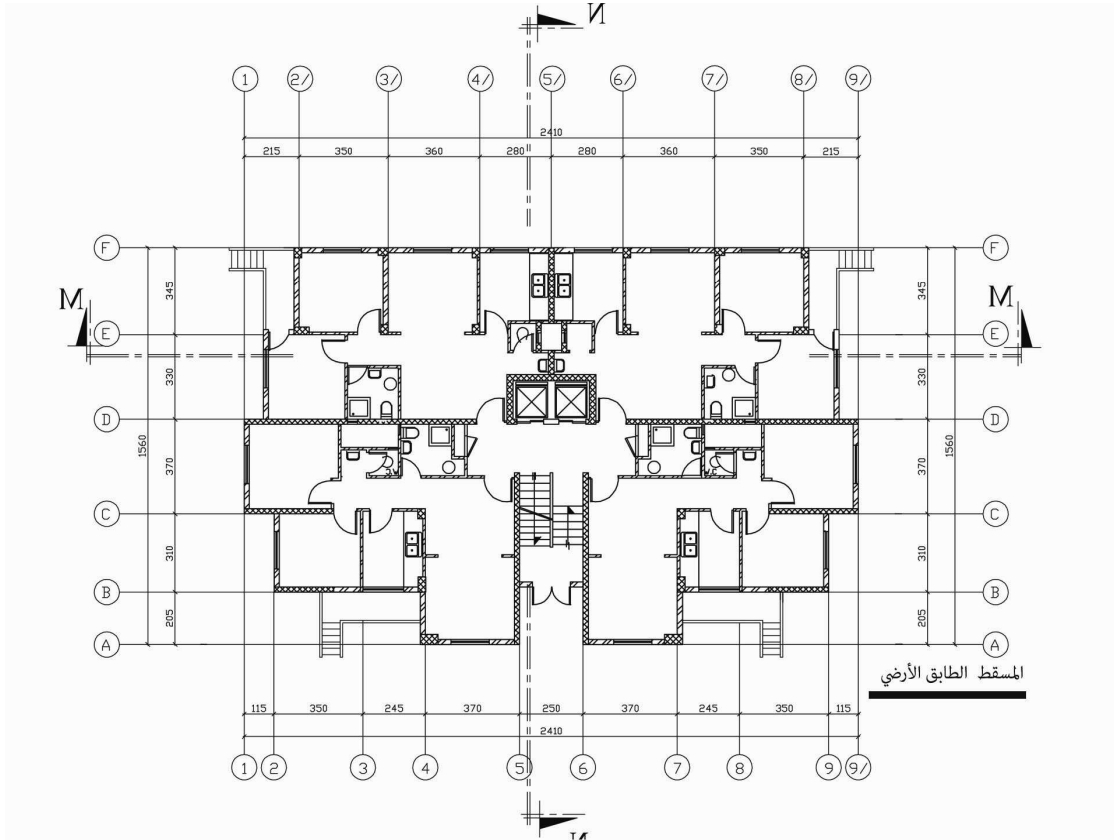


المخطط (65): المقطع الطولي لنموذج (E). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

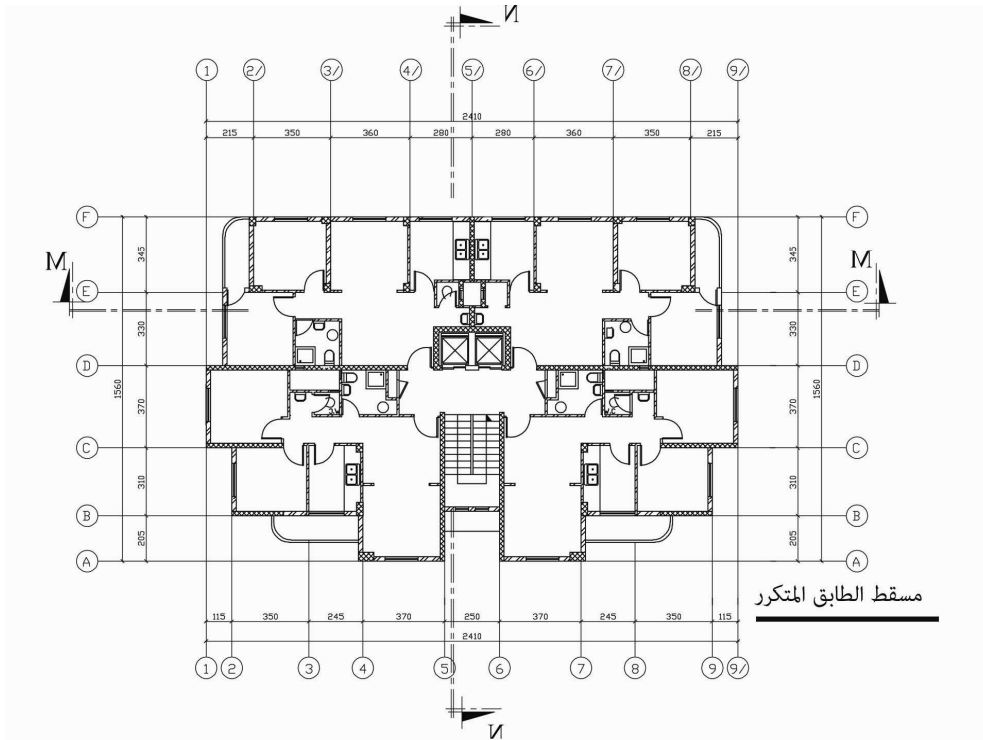
فبعد تحليل هذا النموذج المعماري E السكني المتصل المصمم معمارياً على مقاومة الزلازل كما يبين المخطط (60)، المخطط (61)، المخطط (62)، المخطط (63) المخطط (64)، المخطط (65) ما يلي:

- 1- يتكون النموذج المعماري السكني من طابق أرضي سكني وثلاث طوابق متكررة.
- 2- الشكل المعماري للبناء السكني متناظر اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة تماماً، والواجهات متناظرتين فهو يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذه المباني، فإن نسبة الارتفاع والعرض والطول للمباني هي 1:2:5، وهي نسبة ملائمة زلزالياً لمقاومة الزلازل وهي $h/b < 4$ حيث h : هي الارتفاع و b : هي العرض، بحيث يجب محاولة مطابقة مركز كتلة المبنى على مركز المقاومة للبناء وهو من أهم الإشتراطات المعمارية لمقاومة الزلازل.
- 3- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق لكي تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة.
- 4- من الضروري ترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين للجدار بشكل مدروس وهو ما لم يتم فعلة في هذا النموذج السكني المتصل فيجب وجود فاصل زلزالي بين الأبنية السكنية المتلاصقة للجدار مع عدم وجود تباين في الارتفاع الكلي للمباني السكنية المتجاورة اي الملاصقة للجدار لكي لا يحدث ارتطام بينه وبين المباني المجاورة كما هو مطبق بالنموذج E.
- 5- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبنى.
- 6- وجود بروزات بالواجهة وهو أمر غير مفضل بالتصميم المقاوم للزلازل إلا في حال أنه مدروس لمقاومة الزلازل وذلك بزيادة سماكة البلاطة وتكثيف التسليح لتكون أكثر مقاومة كما هو بالنموذج E.
- 7- تناظر بمسطح الفتحات بكل واجهتين متقابلتين يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فتكون هناك واجهة أضعف من الأخرى ولكن يجب معالجة هذا الأمر بزيادة تقوية الواجهات التي يتكون بها فتحات (نوافذ) بالأعمدة أو جدران القص لتكون مقاومتها مماثلة للواجهتين المصممتين التي لا تحتوي على فتحات. كما تبين المخططات بتناظر الفتحات وعدم زيادة مساحة الفتحات عن ثلث مساحة الجدار في المديول المعماري، مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، أو بين فتحتين متتاليتين لاتقل عن ضعف ثخانة الجدار.
- 8- الشكل العام للمسقط الأفقي متناظر واختيار المنتصف ليكون مركزاً لبطارية الحركة الرأسية.

المثال السادس النموذج G (برج سكني):

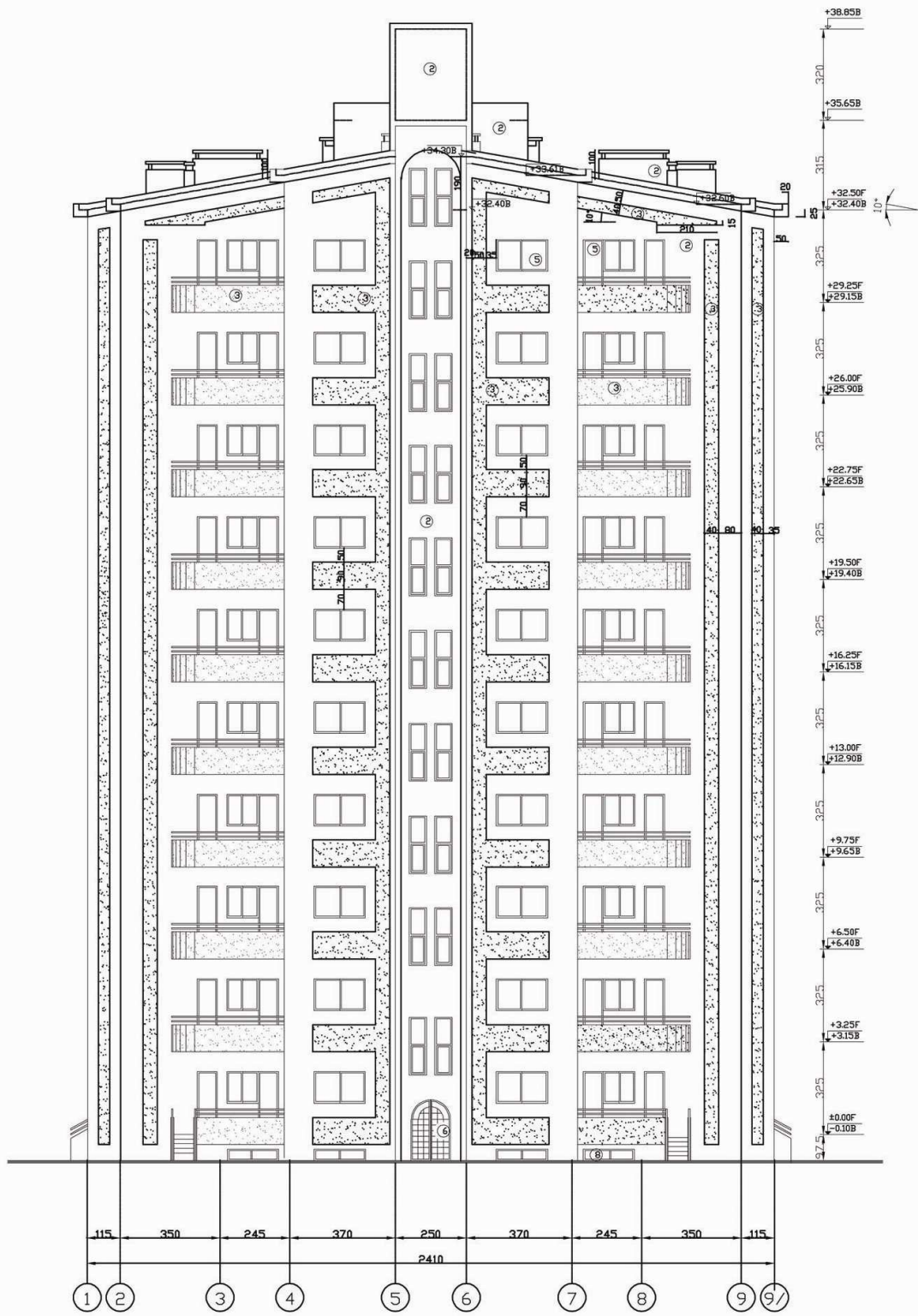


المخطط (66): مسقط الطابق الأرضي لنموذج (G). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

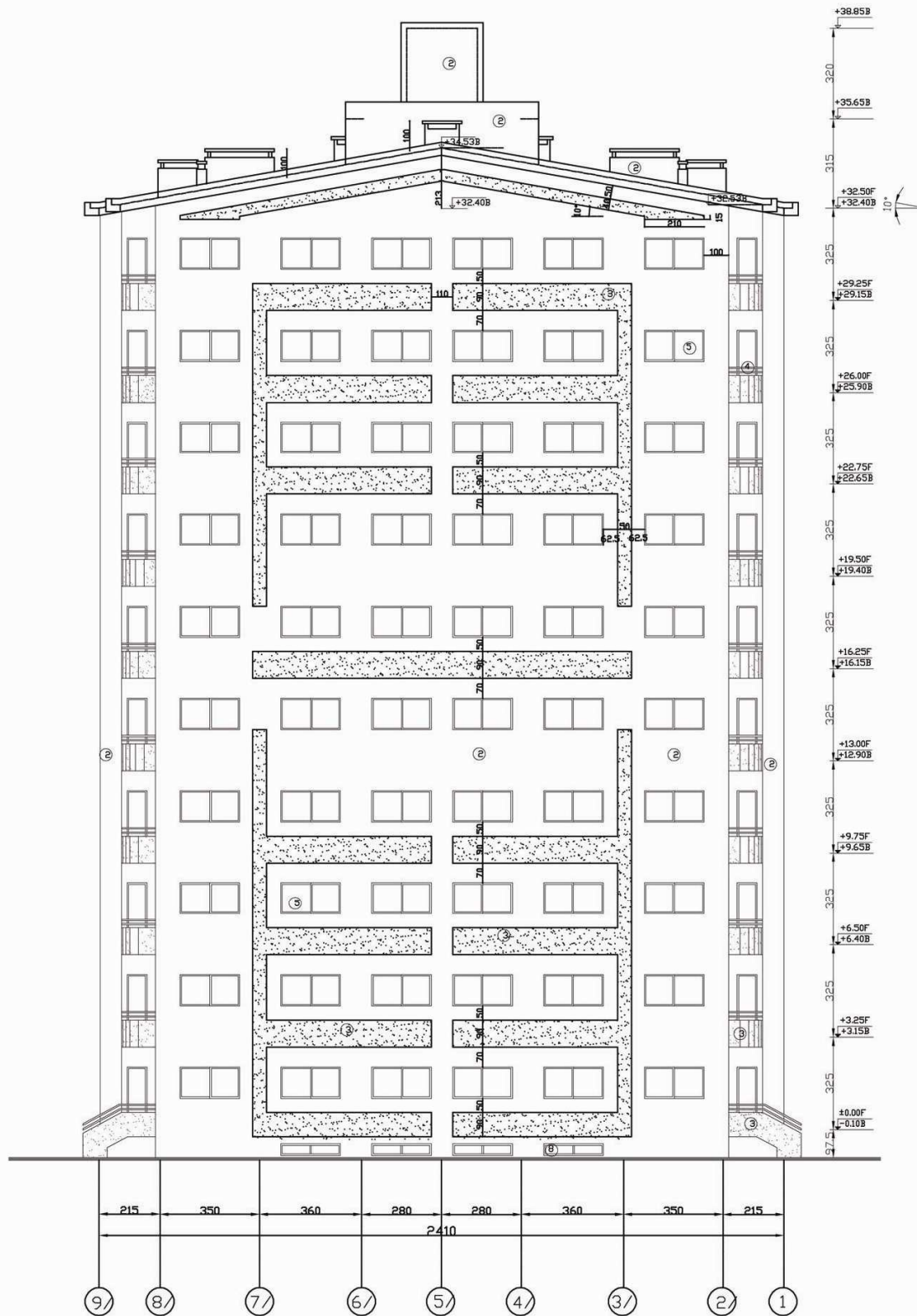


المخطط (67): مسقط الطابق المتكرر لنموذج (G). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

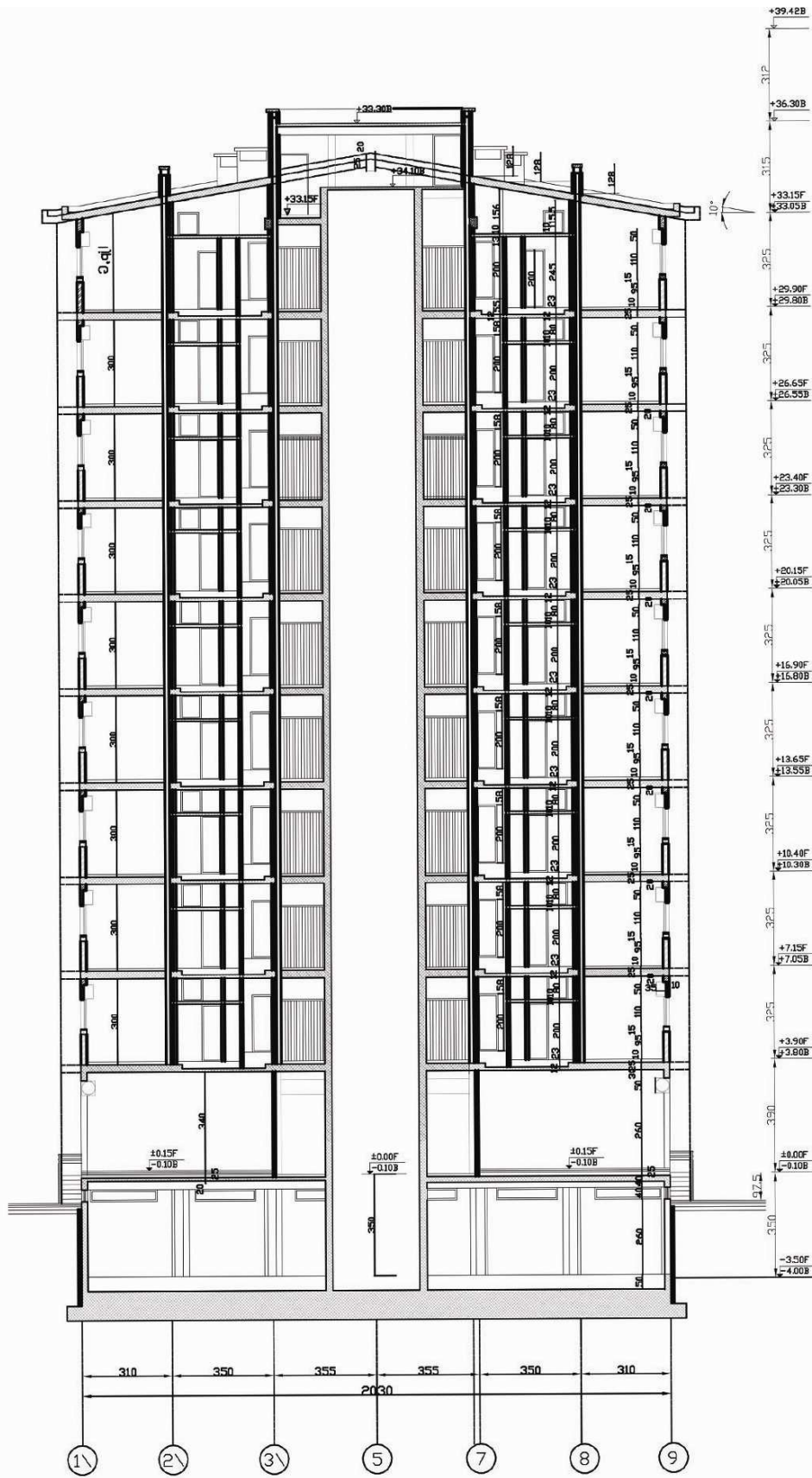




المخطط (68): الواجهة الأمامية لنموذج (G). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (69): الواجهة الخلفية لنموذج (G). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق



المخطط (70): المقطع العرضي لنموذج (G). المصدر: المؤسسة العامة للإسكان بدمشق

فعند تحليل هذا النموذج المعماري G السكني (البرج) المصمم معمارياً على مقاومة الزلازل يتبين بالمخططات التالية (66) ، (67) ، (68) ، (69) ، (70) ما يلي:

1- يتكون النموذج المعماري السكني البرجي من طابق أرضي غير سكني وتوسع طوابق سكنية متكررة بالإضافة إلى طابق القبو في هذا النموذج.

2- الشكل المعماري للمبنى البرجي متناظر اي أنها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة تماماً، والواجهات متناظرين فهو يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية لهذة المباني .

فإن نسبة الارتفاع والعرض والطول للمباني هي 4:2:1 وهي النسبة الزلزالية لمقاومة الزلازل بحيث يجب أن تكون مركز كتلة المبنى مطابق على مركز المقاومة للبناء وهو من أهم الإشتراطات المعمارية لمقاومة الزلازل .

- ويجب أن لا يفهم، مما ذكر أعلاه، أنه لا يمكن الوصول للتصميم الزلزالي إلا بتحقيق التوازي والانتظام بشكل كامل وبنسبة 100%، فوجود نسبة بسيطة من عدم التوازي والانتظام لا تؤدي إلى ارتفاع قابلية الإصابة الزلزالية (Seismic Vulnerability) للمبنى بشكل كبير، ويمكن للمهندس الإنشائي في هذه الحالة وبقليل من الجهد أن يعالج ما قد ينتج عن ذلك من جوانب سلبية. وإذا تعذر لأسباب معمارية ووظيفية تحقيق الحد الأدنى المطلوب لتوازي العناصر الإنشائية، فيمكن للإنشائي، في هذه الحالة، تصميم المبنى باستخدام الطرق المتقدمة، كاستخدام طرق التصميم الديناميكية، ونمذجة المبنى فراغياً (ومما لا شك فيه يتطلب استخدام هذا النوع من التصميم خبرة ومهارة ومستوى علمي عاليين)، أو أحياناً قد يلجأ الإنشائي إلى مقاومة جميع القوى الزلزالية، من خلال وضع جدران قص في محيط المبنى، وبشكل خاص في زوايا المبنى تعمل على إكساب المبنى صلابة عالية في مقاومة قوى الالتواء.

3- عدم استخدام نظام الطابق الرخو (Soft Story) في المبنى السكني وذلك لأن جميع جدران القص مستمرة من الأسفل إلى الأعلى.

4- وجود تباين في ارتفاعات الطوابق حيث ارتفاع الطوابق المتكررة متماثلة ومختلفة مع ارتفاع الطابق الأرضي والطابق القبو فلن تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة.

5- من الضروري ترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين للجار وهو ماتم فعلة في النموذج السكني المنفصل وبشكل مدروس زلزالياً وذلك حسب ارتفاع البرج لكي لا يحدث ارتطام بينه وبين المباني المجاورة.

6- لقد تم اختيار نظام انشائي مقاوم للزلازل في بعض الأبنية السكنية وهي البلاطة والجائز والعمود.

7- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمبنى فكلما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصين هذا البرج السكني لمقاومة أفعال الزلازل.

8- تحقيق التناظر في توزيع جدران القص أثناء تصميمهم للمبنى السكني على شكل +.

9- عدم وجود تراجع بالواجهة.

10- تناظر مسطح الفتحات بكل الواجهات يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فلا تكون هناك واجهة أضعف من الأخرى.

11- الشكل العام للمسقط الأفقي متناظر حول محور واختيار القلب ليكون مركزاً لنواة حاملة للعناصر الرأسية، يضمن تطابق مركز الكتلة مع مركز المقاومة لتجنب قوى العزوم القالبة عند حدوث الزلزال، وذلك بنسب أطوال أضلاع المبنى وهي نسب آمنه لجعل مركز ثقل المبنى قريباً من الأرض.

12- الأساسات تحت سطح الأرض: فتم تصميم الأساسات فوق حصيرة خرسانية بكامل مسطح المبنى، فتستخدم في نقل أو إعادة توزيع أحمال المبنى لطبقات الأرض ذات الإجهاد المناسب، لأحمال المبنى، حتى لا يتأثر بهروب التربة وانزلاقها، أما عمق التأسيس فيرتبط بطبقات التربة، وخواصها الميكانيكية، إذ أنه يجب الوصول إلى طبقة قوية تتحمل الإجهاد المناسب، نتيجة لأحمال المبنى المقام عليها.

3-6- النتائج والاستنتاجات:

إن الدراسات السابقة توضح خطر الزلازل والوضع الزلزالي لسوريا وتقييم نشاطها الزلزالي يتبين أن سوريا معرضة للخطر الزلزالي وخاصة في الفترة الحالية حيث تبدأ من 1995م بفترة النشاط الزلزالي حسب مركز الرصد الزلزالي ولذلك قد تم العمل على الوقاية من خطر الزلازل من الجهات المعنية. فإن التقييم الزلزالي لبعض المباني القائمة وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا يوضح أن مدينة دمشق لها أربع محددات طبيعية (نهر بردى - جبل قاسيون - الغوطة- الفالق الزلزالي) الفالق الزلزالي الرئيسي الذي يمتد على المحور الغربي الشمالي والفاصل بين جبل قاسيون وسهل دمشق مروراً ببعض المناطق السكنية والفاالق الزلزالي الثانوي الذي يمر بمشروع دمر لذلك يستعرض هذا الباب من البحث بعض المباني القائمة، وبعض الامتدادات العمرانية الجديدة بسوريا، في ضوء مفاهيم التصميم المعماري المقاوم للزلازل السابق توضيحها فعند تحليل النماذج المعمارية السكنية بدمشق يتبين ما يلي:

- 1- يتكون معظم النماذج المعمارية السكنية من طابق أرضي سكني وطابق سكني متكرر.
- 2- الشكل المعماري للمباني السكنية متناظرة اي انها ذات بنية منتظمة، المساقط متناظرة الشكل تماماً، والواجهات متناظرين فهذا يسهم في تخفيض قابلية الإصابة الزلزالية للمبنى.
- 3 - عدم استخدام نظام الطابق الرخو (Soft Story) في المباني السكنية.
- 4- عدم وجود تباين في ارتفاعات الطوابق لكي تستمر القوة والصلابة للمبنى بنفس الدرجة كون المباني مباني سكنية.
- 5- قد تم ترك مسافة ارتداد من الجهتين المتلاصقتين للجار وهو ماتم فعلة في النماذج السكنية المنفصلة.
- 6- التناظر في توزيع العناصر الإنشائية الرأسية للمباني فكما كانت هذه العناصر كثيفة ومنتظمة التوزيع زاد تحصيل هذه المباني لمقاومة أفعال الزلازل.
- 7- تحقيق التناظر في توزيع جدران القص أثناء تصميمهم للمباني السكنية لأن وضع جدران القص في أطراف المبنى وبشكل متناظر، يؤدي إلى إكساب المبنى الصلابة والمقدرة اللازمين لمقاومة عزوم الالتواء وبعضهم نلاحظ وجود جدران قص محيطة بالغللاف الخارجي للمبنى وبشكل متناظر مع وجود النواة الحاملة للعناصر الشاقولية بالقرب من مركز المبنى السكني وفي منتصف محور التناظر للبنية المعمارية.
- 8- إلغاء التجويف للواجهات (عدم وجود تراجع أو بروزات بالواجهات) في معظم النماذج السكنية.
- 9- تناظر مسطح الفتحات بكل الواجهات في معظم النماذج السكنية يجعلها متوازنة في مقدار صلابتها الخارجية فلا تكون هناك واجهة أضعف من الأخرى.
- 10- كما تبين المخططات لمعظم النماذج السكنية بتناظر الفتحات وعدم زيادة مساحة الفتحات عن ثلث مساحة الجدار في المديول المعماري وعدم إحداث الفتحات في مركز تلاقي مسارات القوى، والإجهادات وإزاحة النوافذ إلى جوانب الجدران، مع ترك مسافة مناسبة بين طرف الجدار وبداية الفتحة، أو بين فتحتين متتاليتين لاتقل عن ضعف ثخانة الجدار وهذا مما يقلل أثر وتأثير الزلازل على التصميم المعماري.

الفصل الرابع

المعايير والمبادئ الهامة الواجب أخذها بالإعتبار في
عملية التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل

من الأبواب السابقة بالبحث أمكن التوصل الى وجود اعتبارات معمارية وأخرى

انشائية تمثل أساسيات التصميم المقاوم للزلازل.

وفي هذا الباب يتم عرض ناتج البحث بالتفصيل والمعايير والمبادئ الهامة الواجب أخذها بالاعتبار في عملية التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل كمدخل حلول للمشاكل التي يمكن أن تواجه المهندس المعماري، كما يتم مناقشة قانون المباني الحالي المطبق في سوريا في ضوء أساسيات التصميم المقاوم للزلازل، وأخيراً يتم عرض النتائج والتوصيات الأساسية التي تهم المهندس المعماري.

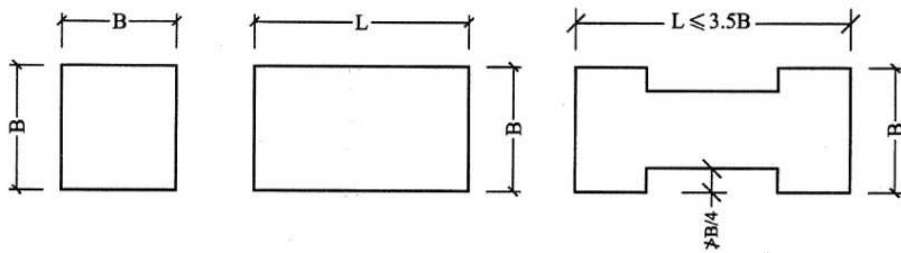
4-1-1- مبادئ التصميم المعماري المقاوم للزلازل:

هذه المعايير هي بمثابة مداخل الحلول التي ينبغي للمهندس المعماري المصمم مراعاتها في تصميماته، لأنها تؤثر كثيراً في سلوك المبنى اثناء حدوث الزلزال، مما يحمي المنشآت من التلف أو الدمار...

وهذه المعايير أو المبادئ هي:

4-1-1- الشكل العام للمبنى:

الابتعاد عن الأشكال المركبة والالتزام بقدر الإمكان بالأشكال البسيطة في التشكيل الأفقي والرأسي¹ يزيد من مقاومة البناء لقوى الزلزال المتعددة الاتجاهات والترددات شكل (98).



مساقط أفقية مقبولة إنشائياً دون فواصل

شكل (98)²

4-1-2- ارتفاع المبنى:

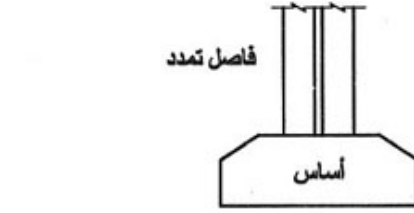
أن المباني قليلة الارتفاع هي بالتأكيد أكثر صموداً في مواجهة الزلازل عن المباني المرتفعة، لأن قوى القصور الذاتي (العطالة) المتولدة فيها نتيجة لحركة الارض تحتها تكون أقل بكثير عنها في المباني المرتفعة، كما أن الدورة الترددية لهذه المباني قليلة الارتفاع تستغرق زمناً قصيراً، اي كلما زاد ارتفاع المبنى زادت الدورة الإهتزازية له.

¹ Betero, V.V et al ., "lessons from Structural Damages Observed in Recent Earthquakes", 7th WCEE, Istanbul, 1980, pp. 257-264.

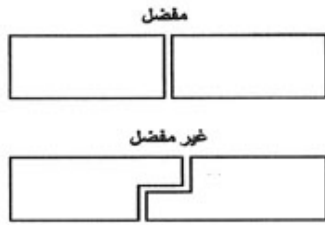
² الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة"-تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

4-1-3- امتداد المبنى في التشكيل الأفقي الهندسي:

من الأفضل في التصميم المعماري المقاوم للزلازل ألا تمتد التشكيلات الأفقية الهندسية امتداداً شريطياً، لكن قد تفرض بعض استعمالات المباني أو تقسيمات الأراضي وجود هذه المباني الشريطية (99)، فيجب تقسيم التشكيل الهندسي الأفقي إلى أجزاء بواسطة فواصل زلزالية، كما بالشكل (100)، (101) فإذا لم نستطع ذلك فعلى المعماري أن يتقبل وجود جدران قص قوية داخل المبنى لتقاوم تأثير قوى الزلزال على الامتداد الأفقي للمبنى وتوزيعهم على المحيط الخارجي للبناء لتقاوم قوى الالتواء.

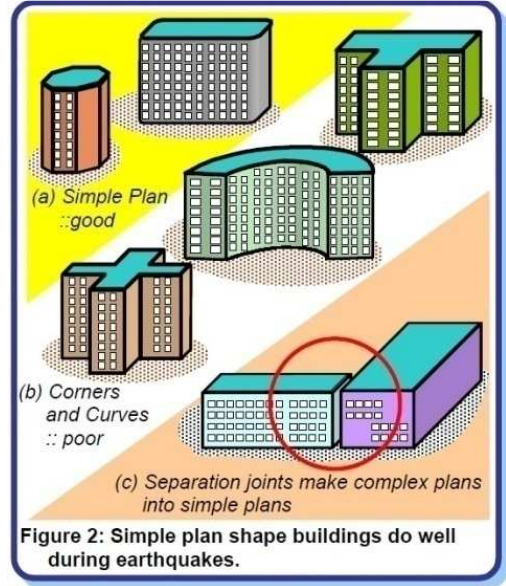


أشكال الفواصل في الأساسات والشيناجات

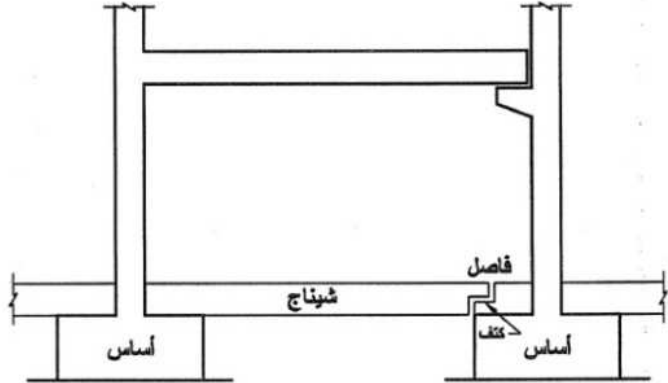


أشكال الفواصل الزلزالي في المباني

شكل (100): توضح أشكال الفواصل الزلزالي بالمباني²



شكل (99): توضح أشكال وانماط المباني الجيدة والضعيفة¹



أشكال الفواصل في الأساسات والشيناجات

شكل (101)²

¹ C. R. V. Murty, "Learning Earthquake Design and Construction", -Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology, kanpar, India, Desember, 2003.

² الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" -تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

4-1-4- تناسب أطوال أضلاع المبنى:

توصل "دوريك" وهو أحد علماء هندسة الزلازل البارزين في العالم في دراسة تطبيقية¹ قام بها عام 1976م أن أفضل تناسب بين أطوال أضلاع المبنى يجب أن لا تزيد عن 1 عرض: 2 طول: 4 ارتفاع شكل (102) وهذه النسب تضمن لكتلة المبنى مقاومة فعالة تجاه القوى الزلزالية مع مراعاة العوامل الأخرى.

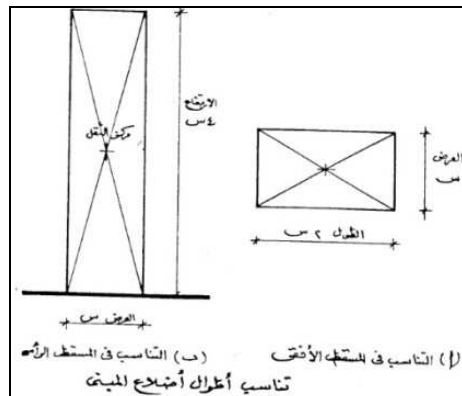
أن التناسب 1 عرض: 2 طول في المسقط الأفقي يتيح التوصل الى حلول معمارية مقبولة دون اللجوء الى الفواصل الزلزالية أو جدران القص الداخلية المستعرضة.

كما أن التناسب 1 عرض: 4 ارتفاع في المسقط الرأسي يضمن للمبنى الاستقرار والاتزان ضد قوى الالتواء بتأثر الزلزال، حيث يكون مركز كتلة المبنى في نصف الارتفاع قريباً عن خط الأرض.

4-1-5- التناظر:

يفرض التصميم المعماري المقاوم للزلازل على المهندس المعماري تحقيق التناظر الهندسي في التصميم، سواء كان هذا التناظر في التشكيل الهندسي الأفقي أو التشكيل الهندسي الشاقولي، وذلك حول محور تناظر أفقي ومحور عامودي.

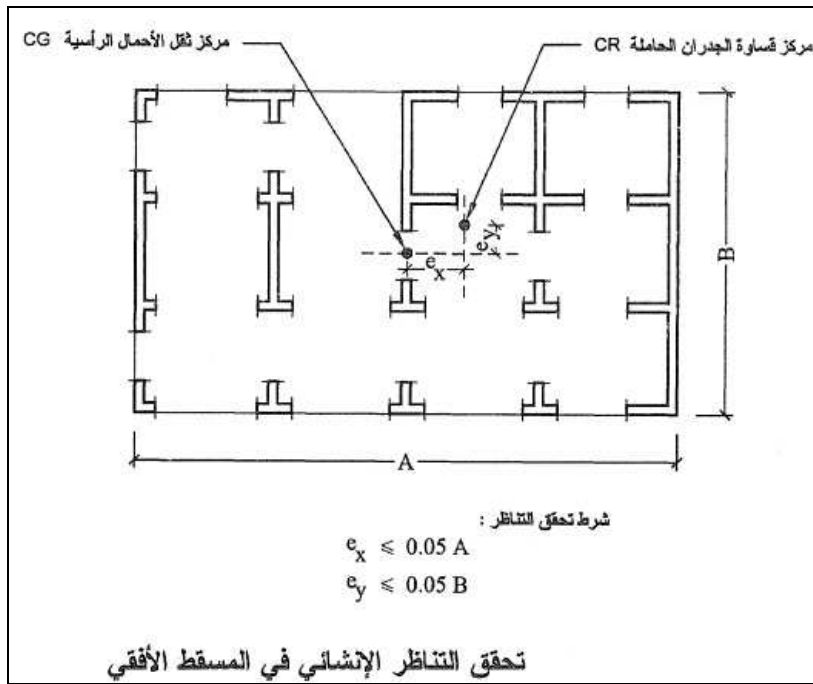
كما يجب تحقيق التناظر التركيبي، من خلال توزيع المناور وخدمات البناء وعناصر الحركة الرأسية كالمصاعد والدرج بشكل متناظر وبذلك يتم مطابقة مركز الكتلة على مركز الصلابة كما بالمخطط (71). والتناظر لا يعني التمسك بالشكل المطلق للمربع أو المستطيل أو الدائرة، ولكن يمكن التوصل إلى أشكال أخرى قد تكون مركبة، يمكن بتحليلها للحصول على الأشكال المطلقة المتناظرة، ويتم الإستعانة بالحلول الزلزالية كالفواصل وجدران القص.



شكل (102)²

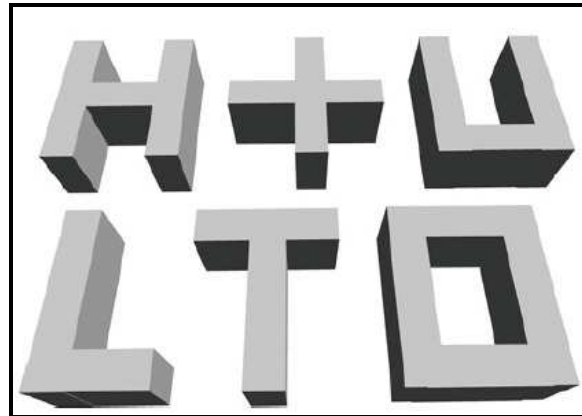
¹ Arnold, C., "Building Configuration and Seismic Design", 2001.

² الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" -تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.



4-1-6- المباني الغير منتظمة:

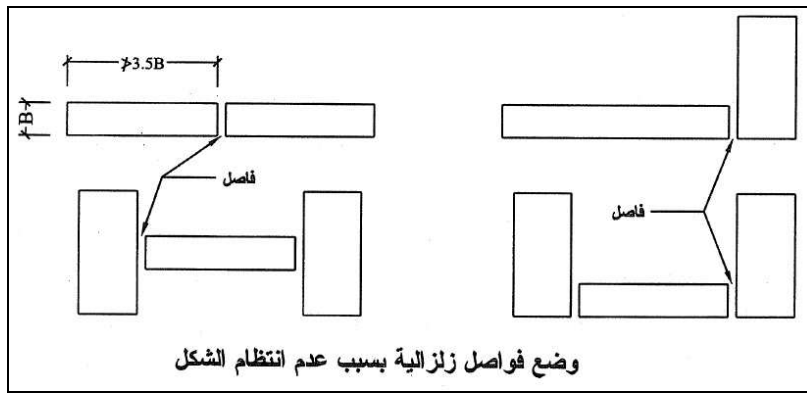
قد يصمم المهندس المعماري أشكال غير منتظمة (مركبة) بها زوايا شكل (103) ورغم أن هذه الأشكال يجب تجنبها بقدر الإمكان، إلا أنه يمكن تبسيط هذه الأشكال بفواصل زلزالية تتيح لكل جزء حرية الحركة شكل (104) شكل (105) كما يمكن توصيل المبنى ببعضه توصيلاً وثيقاً بوضع عناصر تقوية معدنية عبر منطقة التقاطع إلا أن ذلك قد يسبب عائقاً في استمرارية الفراغ الداخلي واتصاله ببعضه وعدم استمرارية الفتحات في الواجهات عند زوايا المبنى.



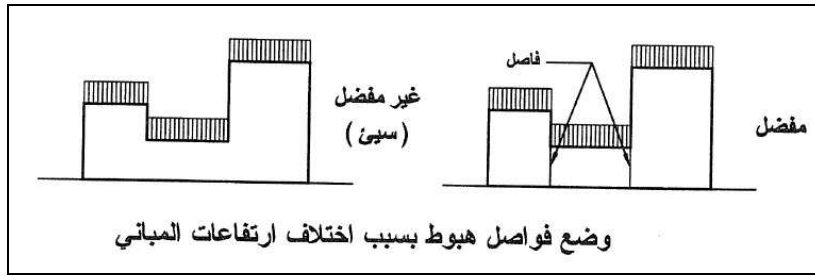
شكل (103): استخدام أشكال غير منتظمة بها زوايا (2)

¹ الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" - تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

²ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE FAIA, FEMA 454 "Risk Management Series Designing for Earthquakes"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.



شكل (104)¹



شكل (105)⁽¹⁾

4-1-7- التراجعات والبروزات:

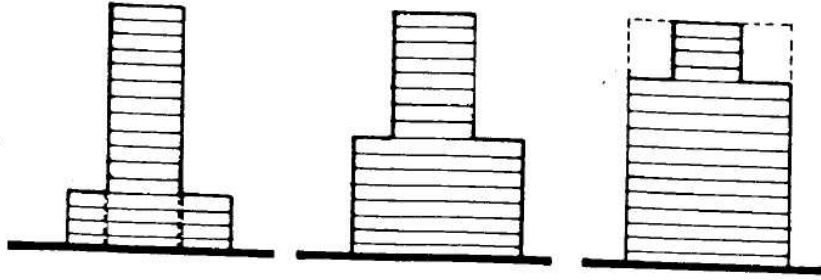
قد يستطيع المعماري أن يبتعد في تصميماته عن كثير من العوامل المؤثرة على السلوك الزلزالي السلبي للمباني، إلا أن التراجع في البناء لا يمكن الاستغناء عنها في التصميم المعماري للأبنية كلاً حسب وظيفة والأبنية العامة (نظام القاعدة والبرج) كما بالشكل (106).

ويمكن التغلب على هذه المشكلة بعمل فواصل زلزالية عامودية تقسم المبنى الى أقسام يسهل دراسة سلوكها وردود أفعالها، مع ضرورة التأكد من استمرارية الأحمال في كامل البناء وعدم انقطاعها بإلغاء أعمدة أو جوائز أو جدران قص دوناً عن الطوابق الأخرى المتكررة، وعندما يكون ارتفاع كتلة البرج أقل من ارتفاع القاعدة فإنه يمكن اعتبار المبنى كأنه قاعدة فقط بكامل الارتفاع ويهمل التراجع وذلك لأن الشكل العام لواجهة البناء أقرب إلى المستطيل شكل (106-أ).

وفي حالة تساوي البرج والقاعدة فإنه يتم تدعيم الهيكل بعناصر إنشائية إضافية مساندة أو جوائز قطرية أو عناصر تقوية شاقولية زلزالية كجدران القص لباقي أجزاء القاعدة² كما في الشكل (106-ب). أما البروزات في المباني فهو مرفوض فلم يتم حتى الآن التوصل الى حلول استخدامها لأنها تزيد من الالتواء في المبنى، ولذلك لا يمكن استخدامها.

¹ الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" - تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.

² Aranda, GR, and Bascon, O.A, " An Improved Method for Seismic Analysis of Building Irregular in Elevation ", Euroean Conf. on Earthquakes, pp 6,6 /9-6.6/16.

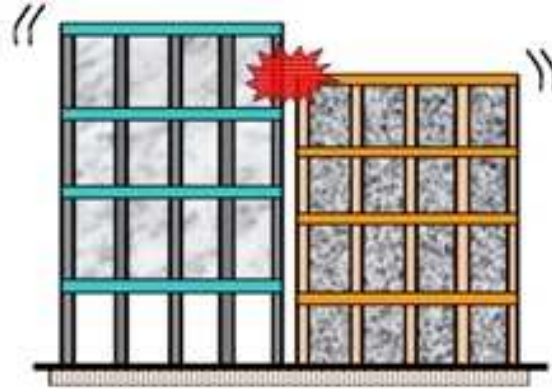


(أ) البرج أقل من القاعدة (ب) البرج يساوي القاعدة (ج) البرج أكبر من القاعدة

شكل (106): حلول الإرتدادات الشاقولية بالمبنى¹

4-1-8- البناء على حد الجدار:

أن مبدأ لصق المباني المتجاورة مع بعضها (الأبنية المتصلة) مرفوض في أساسيات التصميم المقاوم للزلازل، حيث يصطدم المنشآت وتدمر بعضها البعض، ويزيد التلف في حالة وجود فرق في الارتفاعات بين هذه المباني كما بالشكل (107).



شكل (107): حدوث اصطدام بين مبنيين متجاورين نتيجة حدوث هزة أفقية²

أن ترك وجائب بين كل مبنى وآخر تتيح له حرية الحركة وقت حدوث الزلزال، ويمكن تحديد هذه المسافة تبعاً لارتفاع المبنى، إذ تحتسب بواقع $1/2\%$ من ارتفاع كل طابق³... وهو ما يطلق عليه الفاصل الزلزالي، فمثلاً إذا كان المبنى مكوناً من عشرة طوابق وارتفاع كل طابق ثلاثة أمتار فيكون اهتزازة كل طابق 1,5 سم عن الطابق الواقع أسفله، فيتم التراجع بالمبنى كله من أعلاه إلى أسفله مسافة 1,5 سم \times 10 طوابق = 15 سم، وكذلك الجوار، لتصبح مسافة الفراغ بينهما 30 سم ويضاف عليهم 2 أو 3 سم فيصبح مجموعهم 33 سم أي مقدار الإنزياح للبناء الأول إضافةً إلى مقدار الإنزياح للبناء الثاني ويضاف عليهم 2-3 سم .

¹ Aranda , GR , and Bascon , O.A , " An Improved Method for Seismic Analysis of Building Irregular in Elevation " , Euroean Conf . on Earthquakes , pp 6,6 /9-6.6/16.

² C.R.V. Murty, "Learning Earthquake Design and Construction", -Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology ,kanpar, India, Desember, 2003.

³ . Arnold, C., "Building Configuration and Seismic Design". 2001

وينبغي دراسة طريقة معالجة الفراغ الضعيف معمارياً الناتج عن الفاصل الزلزالي، أو يتم تصميم المبنى بعد ترك مسافة ارتداد عن الجار (وجائب) لا تقل عن ثلاثة أمتار مثلاً لتضمن التهوية والإنارة الطبيعية دون اللجوء إلى المناور الداخلية.

4-1-9- الكثافة الإنشائية في التشكيل الهندسي الأفقي وتوزيعها:

ترجع أهمية الكثافة الإنشائية وتوزيعها إلى أنها تحدد السلوك الديناميكي لرد فعل المبنى على قوى الزلازل المتعددة الإتجاهات.

والكثافة الإنشائية للتشكيل الهندسي الأفقي لمبنى حديث مشيد بنظام الإنشاء الهيكلي لا يجب أن تقل عن 2%¹.

أما المباني المشيدة بنظام الجدران الحاملة فلا يجب أن تقل فيها نسبة الجدران إلى الأرضيات عن 25سم²/م² ويراعى في توزيع العناصر الإنشائية لأي مبنى أن تكون عناصره متناظرة ومنتظمة.

4-1-10- تشكيل الواجهات ومقاومة المحيط الخارجي للمبنى:

يتأثر السلوك الزلزالي للمبنى تأثيراً كبيراً بطبيعة تصميم محيطه الخارجي، فلو كان هناك اختلاف كبير بين القوة والصلابة وحول المحيط الخارجي فلن يتطابق مركز الكتلة مع مركز المقاومة، مما يتسبب في حدوث قوى الالتواء، فيدور المبنى حول مركز المقاومة وينهار، لذلك يجب تصميم محيط المبنى ليكون ذا قوة وصلابة متقاربتين، من خلال استخدام مواد بناء متباينة الصلابة، أو دراسة مسطح الفتحات بكل واجهة، بما يحقق الاتزان الديناميكي لجميع الواجهات معاً.

4-2-1- اعتبارات الأمن والسلامة:

مع زيادة الإهتمام بالتصميم والإنشاء بإشراف المؤسسات الداعمة للأمر يطلب المسؤولين الحماية من الأخطار التي تهدد حياة المستخدمين، وخاصة في حالات الكوارث الطبيعية، وما يترتب عليه من حدوث دمار للمباني والمنشآت وبالتالي حدوث حالات الوفاة أو الإصابة نتيجة التزاحم والسقوط أثناء الهروب. وفي حالات الزلازل فإن اعتبارات الأمن والسلامة تتحقق في المقام الأول بعدم الإنهيار الشامل للمبنى خلال فترات الارتجاج الأساسية والتي لا تستغرق سوى عدة ثوان، وعندئذ يلزم توفير ادراج نجاة للهروب من خلال تصميم معماري وإنشائي دقيق، يضع في اعتباره كل الأساسيات الضرورية والتطبيقات العلمية السابق توضيحها.

أن النواة الحاملة للعناصر الحركة الرأسية فهي من أهم عناصر المبنى التي يجب الإهتمام بسلامتها أثناء وبعد حدوث الزلزال، ألا أن ذلك لا يعني أن المصمم قد كفل بذلك كل اعتبارات السلامة، لأن تحطم

¹ Arnold, C., "Building Configuration and Seismic Design". 2001.

أنايبب الغاز وخطوط الكهراء، يتسبب في حدوث الحرائق، والتي قد تأتي على كل ما تركته الزلازل، فتنضاعف الخسائر المادية.

ولهذا يجب استخدام (صمامات الغاز ذاتية الحركة) التي تغلق نفسها بمجرد زيادة معدل سريان الغاز واختلاف الضغط داخل المواسير، وهو ما يحدث في حالة تسرب الغاز من الشبكة نتيجة وجود شروخ أو كسور بها، ونفس الفكرة يتم تطبيقها في شبكات الكهراء بحيث تفصل (المفاتيح ذاتية الحركة) سريان التيار عن اللوحة الموجودة بكل منطقة.

وفي حالة حدوث حرائق فإن الإجراءات المتبعة لمكافحة الحرائق لا بد وأن تتم بسرعة فائقة بحيث يمكن السيطرة على الموقف.

ويمكن للمصمم المعماري أن يحد من اندلاع الحرائق وانتشارها¹ بالوسائل الآتية:

1- تجهيز المبنى بوسائل مكافحة الفعالة مثل مصادر المياه، والرشاشات ذاتية الحركة، وأجهزة الرغاوى، والمساحيق الكيماوية، والهالوجينات، مع تدريب الأفراد على استعمالها، من خلال برنامج تدريبي وتوعية كافية بواسطة الجهات المختصة.

2- اختيار مواد البناء والإنشاء والإكساء، بحيث تقاوم اندلاع وسريان الحرائق، كما يمكن استخدام الدهانات الكيماوية المقاومة للحريق على المواد التي تشتعل بسهولة كالخشب، والفلين واللدائن الصناعية.

3- توفير وسائل اضافية للهروب من الحرائق كالأبواب، والأدراج والطرق بمعدلات تتناسب مع عدد الأفراد، مع الوضع في الاعتبار ألا تزيد أقصى فترة زمنية للهروب من المبنى عن ثلاث دقائق طبقاً للمعدلات العالمية.

4-2-2- الترميم والصيانة والتعديلات:

أن تطبق شروط التصميم المقاوم للزلازل في المناطق التوسع يمكن تحقيقه من خلال قوانين المباني المفروضة في هذه المناطق، ولكن المشكلة الحقيقية تكمن في تلك المباني القائمة فعلاً والتي يمكن أن يحدث بها الدمار.

أن تلك المناطق التي هي بلا شك مركز الكثافة السكانية، تحتاج الى دراسات مستفيضة للتوصل إلى أنسب الحلول، والتي لن تخرج عن أن تكون خاصة بالترميم والصيانة والتعديلات كما يلي:

1. تفرغ كثافة المباني القائمة بإزالة المتهاالك منها، حيث أنها لن تصمد في مواجهة الزلازل، مما يعرض حياة السكان للموت أو الإصابة، وخاصة في منطقة وسط المدينة ومراكز الخدمات .

¹ محمد الظواهري، "هندسة مقاومة الحريق"، دار الهلال، القاهرة، 1982.

2. التدعيم الإنشائي للمباني القائمة وخاصة المباني المتلاصقة مع بعضها والتي تطل على شوارع ومسارات تقل عن ارتفاع كل مبنى.

3. إعادة تخطيط المناطق بحيث يتم توفير مسطحات مكشوفة قريبة من كل مجموعة مباني، حتى يلجأ إليها السكان عند حدوث الزلزال، فلا يصابون في حالة الهروب إلى الشوارع الضيقة، ويمكن توفير سقوطها لإنهاء عمرها الافتراضي.

4. إعادة تصميم مسارات الحركة الطارئة من الآن لتسهيل حدوث عمليات الإنقاذ والإسعاف والدفاع المدني بتمكينها من الوصول إلى المناطق المنكوبة.

5. ويتم إعادة التصميم بتوسيع بعض الشوارع الضيقة أو توجد اتجاه المرور بها أو عمل شوارع مستجدة بالموصفات القياسية الأمنية، وذلك بنزع الملكيات لبعض المساكن القديمة تبعاً لحالة كل منطقة.

6. عمل دراسات زلزالية على كل مبنى قائم للتعرف على سلوكه أثناء حدوث الزلزال، فلا نفاجاً بحدوث الدمار والموت أو إصابة المواطنين، وإنما يتم التعرف على حجم الخسائر مستقبلاً عند كل درجة من درجات الهزة الأرضية.

أن الخوض في مبادئ أساسيات عمليات الترميم والصيانة والتعديلات، يهدف أساساً لحل مشكلات التصميم المقاوم للزلازل، لتأمين حياة المواطنين عند حدوث الهزات الأرضية بمختلف درجاتها الآمنة والمدمرة.

4-2-3-التكلفة:

يتضمن مفهوم فن المعمار التقليدي وظائف أساسية للمبنى، فهو يقدم التهوية حينما يوفر لمستخدميه مناخاً صغيراً خاصاً بهم ويقدم وظيفة إقتصادية حينما يتيح مكاناً لممارسة المهن المختلفة وتبادل المنفعة ويقدم وظيفة سلوكية حينما يؤثر في طريقة المعيشة أو عمل المستخدمين نحو الأفضل، ويقدم وظيفة رمزية حينما يشعر مستخدموه بالاحتواء والتملك.

يخلق التأكيد النسبي لكل وظيفة من هذه الوظائف المتعددة للمبنى إطاراً يعمل فيه المعماري لتأتي التكلفة كمعدل حرج.... وعلاقة بنية الشكل العام للمبنى وتكلفته تتوازي مع العلاقة بين الشكل العام والتصميم المعماري المقاوم للزلازل، بل يمكن القول بأنها تزداد عنها في الأهمية.

أن الشكل البسيط المنتظم المتكرر قد يكون أكثر الأشكال العامة من ناحية الوفرة الإقتصادية كما أنه ذو أهمية كبرى من ناحية مواجهة المشكلات الزلزالية، وحتى لو ارتفعت تكلفة البناء فهذا يعني الميل نحو استقرار المنشآت وبقائها، إذ أنه ليس من السهل اقتصادياً إعادة بنائها بعد هدمها لمجرد حدوث الزلزال،

لذلك نجد أنه في المناطق ذات النشاط الزلزالي، حيث توجد معايير البناء المتقدمة، نجد أن المباني ذات عمر أطول من المباني المتواجدة في المناطق العادية.

أن المحصلة النهائية لتكلفة المباني التي تصمم لمواجهة الزلازل من جميع النواحي تزيد تكلفتها العادية بنسبة تتراوح من 7% الى 15% بحد أقصى، وهي نسبة لا يمكن اعتبارها كبيرة إذا قورنت بالفوائد التي ستعود على المبنى، وأولها زيادة فترة عمره الافتراضي الى الضعف.

4-2-4- قانون المباني:

تعتبر قوانين المباني من الأساسيات الهامة لمداخل الحلول الصحيحة في هندسة الزلازل، ذلك لأنها هي الوسيلة التي يمكن بها ترجمة اعتبارات التصميم إلى محددات يتم الالتزام بها، فتقودنا إلى تكوين تصميم ملائم.

فقانون المباني بسيطرته المطلقة يمكن أن يحدد ارتفاع المبنى، ومقدار البروزات المتاحة، وشكل المبنى في المسططين الأفقي والرأسي، ونوع المواد المستخدمة في البناء والإكساء، وكذلك فإن القانون يتعامل مع البروزات والطوابق العلوية، والارتدادات الأفقية لخطوط التنظيم والمناور السكنية وأقنية المرافق والخدمات وما إلى ذلك.

قانون المباني (نظام طابطة البناء) إذن يمكنه أن يحقق الكثير لخدمة اعتبارات التصميم المقاوم للزلازل، فيساهم بذلك في الحد من الدمار للمباني والمنشآت.

إن معظم بلاد العالم تخضع اليوم لحكم قوانين المباني في حل مشاكل التصميم والبناء الخاصة بعمر المبنى وسلامته من ناحية الزلازل، وذلك من خلال فرض مقاييس ومواصفات محددة خاصة بالتصميمات وعمليات الإنشاء، ولكن هل تعالج قوانين البناء في سوريا مسألة عمر المبنى وسلامته من خلال التصميم المقاوم للزلازل بما يضمن للمواطنين أمنهم وسلامتهم وقت حدوث الزلزال فنقل بالتالي حالات الوفاة أو حتى الإصابة؟.

إلا أنه حالياً تجري بعض الحالات لتخفيف الشروط والمواصفات الفنية، في إطار العمل للتوصل الى قانون قومي حديث يتناول التصميم الزلزالي، استنتاجاً من قوانين الدول الأخرى المتقدمة والتي سبقنا كثيراً في هذا المجال.

ولما كان هذا البحث يتعرض في المقام الأول لأساسيات التصميم المقاوم للزلازل، لذلك فقد كان من الضروري ان يتم التعرض لإشتراطات قوانين البناء والإسكان للتعرف على مدى ملائمتها للتصميم المقاوم للزلازل.

4-2-5- ملخص النتائج والتوصيات:

أن المبادئ والمعايير التي يجب أن يراعيها ويتبعها المهندس المعماري في تصميم المباني المقاومة للزلازل تتعامل في المقام الأول مع الشكل العام للمبنى كما يتضح من النتائج والتوصيات الآتية:

أولاً: مبادئ التصميم المعماري:

1. التشكيل الهندسي الأفقي للمبنى يجب أن يبتعد عن الأشكال المركبة والتي يوجد بها زوايا داخلية مثل L, I, T, U حيث يتركز الإجهاد عند زوايا تلاقي الأضلاع.
2. التشكيل الهندسي الأفقي يجب أن يكون مدمجاً ومحكماً وبسيطاً، كالشكل المستطيل والمربع والدائرة والمثلث، ولا يجب أن تكون مبنى شريطي لتلافي حدوث التلف والدمار، وإلا يجب عمل فواصل زلزالية ليصبح المبنى مكوناً من عدة أجزاء متجاورة وأقل طولاً.
3. التشكيل الهندسي الأفقي للمبنى يجب أن يكون متناظراً بقدر الإمكان، وذلك لتقليل رد فعله بتأثير قوى الزلازل.
4. الأفنية الداخلية لا بد من وضعها في مركز المبنى، وفي حالة وجود أكثر من فناء فلا بد من وضعه بطريقة متناظرة.
5. الواجهات للمبنى يجب أن يكون منتظم الشكل، ولا يوجد به تراجع، أو بروزات، لتجنب تركيز الإجهادات أو انقطاع مسار الحمولات ويجب أن تكون جميعها بنفس مستوى الصلابة والمتانة.
6. أطوال أضلاع المبنى يجب أن تكون متناسبة ولا تزيد عن 1 عرض: 2 طول: 4 ارتفاع.
7. يجب أن يكون المبنى صغير الحجم، وخفيف الوزن، حتى تزداد درجة ثباته نتيجة لصغر قوى القصور الذاتي المتولدة (العطالة) داخله.
8. أن العناصر غير الإنشائية كالجدران الداخلية، والأسقف المعلقة ومواد الإكساء وغيره، يجب أن تكون مفصولة عن المبنى عن طريق فواصل خاصة يتم ملؤها بمواد مرنة وتقويتها بعناصر تكثيف معدنية.

ثانياً: مبادئ تخطيط المباني وتنسيق الموقع العام:

1. عدم البناء على حد الجار، مع ترك مسافات تراجعات بالأرض من جميع الجهات، حتى لا تصطدم المباني المتلاصقة مع بعضها فتنهار.
2. يجب عمل فواصل زلزالية رأسية في حالة تعذر ترك وجائب بين مبنى وآخر، ولا يقل هذا الفاصل عن 1/2% من ارتفاع كل طابق عن الطابق الواقع تحته مضافاً إليه 2-3 سم.

3. يجب أن تتيح تقسيمات الأراضي مسطحات من الأرض تمكن المعماري من تصميم مبنى كتلى تتوافر فيه أساسيات التصميم المعماري المقاوم للزلازل.
4. يجب ألا تقل عروض الشوارع عن مجموع ارتفاع المباني الواقعة على جانبيها، حتى لا يتسبب انهيار مبنى عن سقوطه على المبنى المقابل له عبر الشارع فينهار هو الآخر، فتغلق مسارات الحركة في الشوارع أمام حركة الإنقاذ والطوارئ.
5. يجب أن يتم توزيع المباني بشكل شطرنجي مع الأخذ بالاعتبار المسافة الواجب افتراضها بين المباني لأخذ الأمان من مواجهة الزلازل.

ثالثاً: الاعتبارات الإنشائية المؤثرة على التصميم المعماري:

1. يجب أن يكون المبنى خفيفاً بقدر الإمكان ليصبح أكثر تحملاً لقوى الزلازل.
2. يجب أن يكون المبنى بسيطاً بقدر الإمكان، وذلك بالتصميم على الموديول المعماري وتنسيق المحاور في الاتجاهين المتعامدين وذلك لتقليل رد فعل المبنى بتأثير الزلازل.
3. يجب أن توضع جدران القص على الغلاف الخارجي للمبنى أو بالقرب منه أو في زوايا البناء، وذلك لإكساب المبنى الصلابة في مواجهة الالتواء.
4. تشكيل الواجهات للكتلة في التشكيل الهندسي الشاقولي في غاية الأهمية، ويتحقق ذلك بتطبيق مركز الكتلة مع مركز الصلابة والمقاومة للمبنى من خلال عدم وجود البروزات وبساطة الشكل.
5. يجب أن تكون البلاطات الخرسانية بسمك كاف ومدعمة بالجوائز للحد من سعة إهترازها في الاتجاه الرأسي مما يقلل من تلف الجدران الداخلية والخارجية وأي عناصر أخرى.
6. عرض الجوائز الرئيسية والثانوية يجب أن يكون أصغر أو يساوي عرض الأعمدة التي ترتكز عليها الجوائز، وذلك لتجنب الاجهادات المركزة عليها، مما قد يؤثر على سلامة المبنى وقت حدوث الزلازل.
7. يجب تحديد وتوحيد موضع فتحات الأدراج ومساقط الإنارة وفراغات المصاعد بالأسقف والأرضيات بشكل متناظر بحيث لا تكون مصدر ضعف للهيكل.
8. الإبتعاد عن التعقيد في تصميم الأساسات ويجب أن تكون ملائمة لنوعية التربة ومقدار الأحمال، وأن تكون مربوطة جيداً مع بعضها بالميدات والشدادات لإمتصاص قوى الشد والضغط الواقعة عليها نتيجة للحركات الأرضية.
9. زيادة الكثافة الإنشائية وتوزيعها بطريقة متناظرة في التشكيل الهندسي الأفقي للمبنى، حيث أن العناصر الإنشائية تقاوم التأثير الانقلابي الناتج عن القوى الأفقية الجانبية (الالتواء).

10. المحافظة على مقاومة المحيط الخارجي للمبنى، وذلك بإستمرارية الأعمدة وجدران القصر بالواجهات من الأسفل إلى الأعلى، أو أن تكون أعمدة أطول وأضعف من الأخرى في حالة وجود ميزانين.

رابعاً: اعتبارات عامة:

1. أن مقاومة المبنى للزلازل لا يعتمد فقط على الطريقة التي يتم تصميمه بها، بل يعتمد أيضاً على الطريقة التي بنى وينفذ بها، وعلى ذلك لابد من مراقبة أعمال البناء والتنفيذ على وجه الخصوص.

كما يعتمد المبنى أيضاً في أدائه لمقاومة الزلازل على حالته وقت تعرضه لها، وعلى ذلك لابد من توفير الصيانة طوال فترة محددة حتى يظل على حالته التي يتم تصميمه عليها.

2. أن أي تعديل أو تغيير في المبنى يمكن أن يقلل من كفاءته في مقاومة الزلازل فلا يجب السماح بعمل أي تعديل دون الرجوع للمصمم.

وهذا لا ينطبق على النواحي الإنشائية فقط بل ينطبق أيضاً في حالة عمل تعديلات معمارية في الجدران الداخلية والخارجية والفتحات، أو تعديلات في أعمال التكييف والصحية والكهرباء.

المراجع العربية :

1. د.م عابدين محمد يسار، "المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل"، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، دمشق، سورية، 2004م.
2. ذكي الحواس، "أمراض المباني"، عالم الكتب، القاهرة، 1990
3. البطوط محي الدين إبراهيم، "تأثير الزلازل على تغيير ومفهوم أسس التصميم المعماري دراسة تحليلية لمقاومة الزلازل في مصر"، رسالة دكتوراه جامعة القاهرة، كلية الهندسة، قسم العمارة، القاهرة، 2000م.
4. د. الدييك جلال، "التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل"، مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2010م.
5. الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة" - تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.
6. Hugo Bachman, باخمان هوجو، "التصميم الزلزالي المفاهيمي للمباني _ المبادئ الأساسية للمهندسين والمعماريين ومالكي المباني والسلطات المختصة"، الوكالة السويسرية للتنمية والتعاون، دمشق، سورية، 2011م.
7. "الكود العربي السوري لتصميم وتحقيق المباني والمنشآت لمقاومة الزلازل"، نقابة المهندسين، دمشق، 2005م.
8. البطوط محي الدين إبراهيم "رسالة الماجستير بتأثير الزلازل على التصميم المعماري"، مصر، القاهرة، 1980
9. د.سمارة محمد "العزل الزلزالي، أساسيات عزل الاهتزازات الديناميكية" جامعة دمشق، نقابة المهندسين، دمشق سوريا، 2006.
10. د. الدييك جلال، "الزلازل وجاهزيتنا" مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2007م.
11. داوود محمد، "سمات النشاط الزلزالي التاريخي وهدوءه المؤقت في سورية"، مجلة جامعة دمشق . المجلد (11) . العددان (44-43). جامعة دمشق، دمشق 1995.
12. "الكود العربي السوري "تصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة"-تقسيم وتحقيق المباني والمنشآت المقاومة للزلازل، نقابة المهندسين، الطبعة الثانية، دمشق 2013.
13. محمد الظواهري، "هندسة مقاومة الحريق"، دار الهلال، القاهرة، 1982.

أدبيات البحث للمراجع العربية :

1. شاهر جمال آغا، "الزلازل حقيقتها وآثارها". مجلة عالم المعرفة، العدد 200، الكويت، آب 1995.
2. د. الديك جلال، "الزلازل وتخفيف مخاطرها" مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل، نابلس، فلسطين، 2009م.
3. الديك جلال، "قابلية الإصابة والسلوك الزلزالي المتوقع للمباني" فلسطين، الضفة الغربية، 2007.
4. بدوي ساطع، "استخدام عناصر التجميد وجمل العزل لتخفيف القوى الزلزالية"، ندوة الزلازل، جامعة تشرين، اللاذقية، 1997م.
5. دركل عبد الناصر، "الملاح التكتونية العامة للبنيات الرئيسية في سورية"، ندوة الزلازل، جامعة تشرين، اللاذقية، 1997م.
6. الركابي ماجد لطفي، "استخدام تكنولوجيا الاستشعار عن بعد في الدراسات الجيولوجية وعلاقتها بالزلازل"، هيئة الاستشعار عن بعد، ندوة هندسة القاهرة، 1996م.
7. "الكود العربي السوري لتقييم المنشآت والمباني المنفذة وإعادة تأهيلها لمقاومة الزلازل"، نقابة المهندسين، دمشق، 2000م.
8. "الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة"، نقابة المهندسين، دمشق، 1995م.
9. ديب عبد العليم، "تأثير الاهتزازات على الأبنية الهيكلية وكيفية تخفيف أثارها"، ندوة الزلازل، جامعة تشرين، اللاذقية، 1997م.
10. بروغراهام، "التطور الجيولوجي والتكنولوجي في سوريا" ترجمة الأستاذ الدكتور فؤاد العجل، المؤسسة العامة للمساحة، دمشق، 2000م.
11. حواس ذكي، "أمراض المباني عالم الكتب". القاهرة 1990.

1. ARNOLD, C. "**Building Configuration and Seismic Design**". AWEILY INTERSCIENCE PUBLICATION, 1982.
2. Egyptian Society for Earthquake Engineering Regulations for Earthquake Resistant Design of Building in Egypt. Cairo. January, 1988.
3. Rosman, R., "**Response of Building Structures Having Non Coinciding Vertical Stiffness and Mass Axes**" European Conf .On Earthquakes, 1986.
4. Rosman, R., "**Principles of Design of Earthquake Resistant Architectural Structures**" , 8th European Conf .on Earthquake Engineering , Lisbon , 1986.
5. Taranath, B.s. "**Structural Analysis and Design of Tall Buildings** . "Mc Graw Hill Book Company, New York, 1988.
6. Wiegle, R.L., "**Earthquake Engineering**".
7. Schueller Walgang . "**High Rise Building Structures**", A wiley Inerscience Puplication, New york, 1977.
8. ARNOLD,C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G , Theodoropoulos C, AIA , PE FAIA , FEMA 454 "**Risk Management Series Designing for Earthquakes**"- A Manual for Architects, December 2006 FEMA.
9. Christopher Arnold, **Architectural Considerations**, the Seismic Design Handbook, Second Edition (Farzad Naeim, Ed.) Kluver Academic Publishers, Norwell, MA 2001.
10. Tscicnias, TG., and Hutchinos, GL., "**Evaluation of code Requirments for The Earthquake Resistant Design of Torsionally Coupled Buildings.**", Proc., Instn Civ. Engrs., Part 2, 1981.
11. Raghun Prasad, B.k. and Sai Bab, A., "**Influence of Shape in Plan of A Building on The Inelastic Earthquake Response.**" European Conf. on Earthquakes
12. Dolce, M. and Simonini, A. "**The Influence of Structural Regularity on the Seismic Behavior of Buildings**". European Conf. On Earthquakes.
13. C.R.V. Murty , "**Learning Earthquake Design and Construction**", - Eartquake Tips 1, Indian Institute Of Technology ,kanpar, India, Desember, 2003.
14. Polyakove, S. V., "**Design of Earthquake Restant Structure**"- basic threoy of seismic stability, Mosco, 1985.
15. Betero, V.V et al ., "**lessons from Structural Damages Observed in Recent Eartquakes**", 7th WCEE, Istanbul, 1980.

16. Aranda, GR, and Bascon, O.A, "An Improved Method for Seismic Analysis of Building Irregular in Elevation", Euroean Conf. on Earthquakes.

أدبيات البحث للمراجع الأجنبية :

1. Alpa R. Sheth, Andrew Charleson, C. P. Rajendran, Christopher Arnold, Durgesh C. Rai, K. N. Khattri, Leonardo Seeber, Praveen K. Malhotra, Robert D. Hanson, Sri Krishna Singh, Sudhir K. Jain, Svetlana N. Brzev, T. N. Gupta, "Earthquake Tips", Learning Earthquake Design And Construction, National Information Center Of Earthquake Engineering, Kanpur208016, Indian, March 2005.
2. Andrew Charleson, " Seismic Design For Architects Outwitting The Quake", London, Oxford, Uk, 2008.
3. Arnold, C., Hopkins, D. And Elsesser, E." Design And Detailing Of Architectural Elements For Seismic Damage Control", Building Systems Development Inc, Kirta Ltd, and Forell/Elsesser Engineer Inc, (1987).
4. Vancouver, B.C., "Buildings With Innovative Aseismic Systems", 13th World Conference On Earthquake Engineering, Canada, August 1-6, 2004.
5. Christophre Arnold, Faia, Riba, "Architectural Aspects Of Seismic Resistant Design", Eleventh World Conference On Earthquake Engineering, California, U.S.A, 2003.
6. Dowrick, D. J. And Cousins, W. J, "Historical Incidence Of Modified Mercalli Intensity In New Zealand And Comparisons With Hazard Models", Bulletin Of The New Zealand Society For Earthquake Engineering, (2003).
7. Gomez F., Meghraoui M., Darkal A. N. , Sbeinati R., Darawchah R., Tabet C., Khawli M., Charabe M., Kheir K., And Barazangi M., "Coseismic Displacements Along The Serghaya Fault: An Active Branches' Of The Dead Sea Fault System In Syria And Lebanon". Journal Of The Geological Society, London, V. 158, 2001.
8. Marco Mezzi1, Alberto Parducci1, Paolo Verducci1, "Architectural And Structural Configurations Of Buildings with Innovitave Aseismice Systems", 2004.
9. Mohamad Reda Sbeinati, Ryad Darawacheh And Mikhail Mouty, "The Historical Earthquakes Of Syria :An Analysis Of Large And

- Moderate Earthquakes"** From 1365b.C. To 1900a. C. (From Annals Of Geophysics) Damascus, Syria, June 2005.
10. Polyakov. S.V," **Design Of Earthquake Resistant Structures**", Mir Publishers ,Mosco,1985.
 11. Randa M.Abdul Nasser D., Dogan S., Francisco , G. , And Muawia B.,Remote Earthquake Triggering Along The Dead Sea Faultain In Syria Following The 1995 Gulf Of Aqaba Earthquake (Ms = 7.3) , Seismological Research Letters , V.71 , N= 1 , January / February 2000.
 12. Standards New Zealand (2004). Nzs 1170.5: 2004 "**Structural Design Actions**", Part 5: Earthquake Actions, Wellington, New Zealand, (2004).
 13. Warren & Mahone," **Architecture Design For (Earthquake), Architects A Guide To The Design Of Non-Structural Elements**", Published By The New Zealand Society For Earthquake Engineering, Victoria University Of Wellington., Wellington, The New Zealand , 2007
 14. Wright, F.L, Frank Loyd Wright:" **An Autobiography**", Horizon Press, New York,U.S.A, (1977).
 15. Bolt, B. A. Engineering Seismology, In: Earthquake Engineering, Recent Advances And Applications, Eds. Y. Bozorgnia And V. V. Bertero, Crc Press. Florida. 2003.
 16. Comerio, M.,. "**Disaster Hits Home**", University Of California Press: Berkeley. 1998.
 17. Tscicnias, Tg., And Hutchinos, Gl., "**Evaluation Of Code Requirments For The Earthquake Resistant Design Of Torsionally Coupled Buildings.**", Proc., Instn Civ. Engrs., Part 2, 1981.

Web site Resources

- Global Seismic Hazard Assessment Program <http://seismo.ethz.ch/gshap/>
- Earthquake Information Network
- <http://www.eqnet.org>
- Earthquake Engineering Research Institute
- <http://www.eeri.org>
- International Association for Earthquake Engineering
- <http://www.iaee.or.jp>
- Institute of Structural Engineering , Structural Dynamics and Engineering ,Structural
- <http://www.ibk.baug.ethz.ch>
- National Information Center of Earthquake Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur. <http://www.nicee.org>
- USGS Earthquake Hazards Program
- <http://earthquake.usgs.gov/>
- European Strong-Motion Database (ISESD)
- <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/>
- Multidisciplinary Center for Earthquake Engineering Research (MCEER) <http://mceer.buffalo.edu/>
- Earthquake Hazard Centre
- <http://www.victoria.ac.nz/architecture/research/ehc/>
- Federal Emergency Management Agency (FEMA)
- <http://www.fema.gov/>
- Consortium of Universities for Research in Earthquake Engineering (CUREE) <http://www.curee.org/>
- <http://www.panorama.com/>
- National Information Service for Earthquake Engineering (NISEE)
- <http://nisee.berkeley.edu/elibrary/>

Research Abstract:

This research is dealing with reflection of earthquakes in architectural design and its range of effect on buildings and constructions, taking into consideration that earthquakes are one of most important natural destructive disasters which face us. Unfortunately, Syria is subjected to period of seismic activity since year of 1994 AD according to center of seismic surveillance, therefore, they are a field of study in Syria for realizing the importance of prevention from them, for protecting human lives and against material damages.

The objective of this thesis is trying to reduce effect and influence of general shape for the building to resist earthquakes' effect and trying to control damages resulting from earthquakes and who it reflects on relation between seismic behavior and construction of installations architecturally and structurally.

By defining standards of buildings design to resist earthquakes through designing a building with maximum safety degrees and resisting earthquakes easily and efficiently.

Therefore, the research is dealing with:

- Standards of architectural design for buildings resisting earthquakes and may be clarified by effect of ground vibrations on the building, factors that affecting seismic performance for the building, architectural considerations in architecture design against earthquakes and structural considerations in earthquake resistant architectural design.
- Range of reflection and relation of seismic behavior with building shape, by analytical study for earthquake resistance for some international buildings and presentation and study for buildings collapses by effect of international earthquakes.
- Evaluation of seismic behavior and sources of seismic activity and seismic situation in Syria. Seismic evaluation for some erected buildings and some new architectural areas in Syria and presentation for some housing models in Damascus and analyzing them.
- Showing of important principles and standards which should be taken into consideration in architectural design operation and general results, recommendations and considerations as introductions for solutions to help designing architect to avoid effect of earthquakes on the building such as destruction and damage and building resistance for earthquake danger.

Introduction:

Most natural hazards which witnessed by the earth caused at most by earthquakes, which effecting on several places from earth nearly continuously and regularly and may effect on other places suddenly causing in the two cases disasters and destruction, therefore, engineering sciences concentrate on study and analysis of earthquake phenomena willing to found building standards and codes for designing and execution of constructions resistant for earthquakes actions.

Earthquakes are natural geophysical phenomena, they occur at any time expressing for latent reflexive and vibrating forces as result of negative and another positive movements for huge piece of land by shape of plate colliding with another plate and depart from it in faults, affecting what is existed on plate surface, the earthquake continues for period of seconds, followed by group of quakes with shorter time, called as earthquake consequences so it appears as random movements for earth crust by form of sever waving and shakes, as a result of releasing huge quantities of energy from inside the earth, normally natural earthquakes will be divided to earthquakes of tectonic reasons and another of volcanic reasons.

Generally, the earthquakes which may occur in the area (Syria) are classified as moderate or relatively strong according to their energy degree. Seismic studies depend in their forecasting for possibility of happening future earthquakes on number of factors, most important of them: area location and geology, locations and forms of earth faults, earthquake history of area, reoccurrence period of earthquake happening and surface centers for these earthquakes, in addition to seismic activities registered by stations and devices of earthquake surveillance.

The real problem not in earthquakes but in our non-readiness, several constructions did not achieve minimum required limit for resisting possible earthquakes, this leads to happening of notable damages and collapses in several buildings. In case, these areas suffered from moderate earthquakes or relatively strong (between 6 and 6.5 degrees according to Richter scale), for Syrian level, most of these buildings will suffer from damages and collapses in carried elements such as block walls, décor and marble, in addition to clear falling for stones of external walls leading to hindering and soul losses, this contributes tremendously in rising size of soul and properties casualties. As for contemporary building types in Syrian cities and generally in Arab world, several or most of these buildings were designed and executed according to international and contemporary engineering concepts. Several engineers design and execute the buildings for resisting vertical loads only, meaning to bear themselves and their loads, without taking into consideration the forces resulting from earthquakes, inform that all existed building "codes" and specifications around the world currently take into consideration seismic design for constructions.

Earthquake danger which threatens Syria and adjacent areas results to existence of fault area between Asian plate and African plate because Cham countries located in point of meeting for African and Asian continents and near from European continent. Area history refers to distinguished and charged catastrophic past, in important article about historical frequency of earthquake happening in Syrian cities and confirm continuity of happening of different earthquakes in intensity, time and location, he connects between them by analyzing and stable periodic time frequency for earthquake happening in Syria against intensity and expected time and concluded that relative calm periods for earthquakes in Syrian cities are about 150 years, so frequency period is every (40-60-80) years, whereas extinction periods, meaning periods with no earthquakes with strength of 6 degrees according to Richter scale,

may be long and reaching to 230 years. Year of 1994 is starting point for period of new earthquake activity.

Research Problem:

- 1- Annual data for previous years refer to increase in number of earthquakes which happened in area of Damascus city, through noticing earthquake history of Damascus from historical references.
- 2- Not knowing performance of structural and architectural elements of the building when earthquake happened which may not only lead to damage itself put also to cause total or partial damage for other adjacent elements.
- 3- New buildings are not abiding with applying of primary principles for architectural design against earthquakes and specifications stated in building code. Therefore, earthquake hazards rise continuously.
- 4- There is no cooperation between Architect and Structural Engineer and knowing soil mechanics and geology since beginning! Leading to increase of earthquake hazards. **Research problem is in not reaching to main standards and principles for earthquakes resistant architectural design.**

Research Hypotheses:

Q: does architectural design have effect on buildings during earthquake?

Q: do building structure and dimensions of its projection in three directions effect on building performance during earthquake?

Q: do non-structural architectural elements effect on raising earthquake efficiency for the building during earthquake?

Research Object:

- **Research object is trying to reach to main required strategies and standards for Architect to deal with buildings and who it reflects on relation between seismic performance for buildings and constructional and architectural structures for housing buildings of Damascus.** Who to control destruction by architecture and spreading main knowledge for architects in this concern.

Achievements in this field internationally and locally:

On international level:

Concerned institutions on local and international level conceived that preparing to face earthquake hazards is national obligation, uphold by official and private entities in all countries. Clarifying importance of building codes in societies facing earthquake hazards, nineties decade was considered as decade for reducing effect of natural disasters around the world and working for this aim and putting uniform building code such as:

- Uniform Building Code (UBC)
- National Earthquake Hazard Reduction Program (NEHRP) and Global Seismic Hazard Assessment Program.
- Earthquake Engineering Research Institute (EERI). International Association for Earthquake Engineering (IAEE)
- Earthquake Hazards Program (USGS)

On local level:

In Syrian Arab Republic efforts of earthquake surveillance center followed to general establishment of geology and mineral resources and engineers association collaborated with remaining concerned entities and ministry of local administration (Program of Disasters Management) for reducing possible earthquake hazards,

through accrediting earthquake map for lands of Syrian Arab Republic and institution of remote sensing prepared primary map for seismic and volcanic hazards in Syria within project of estimating volcanic and seismic hazards by using technologies of remote sensing and supportive systems in cooperation with Russian Science Academy and the code special for design and execution of earthquakes resistant concrete constructions was accredited (Syrian Arab Code) then booklet of (conceptional seismic design for buildings) was issued in cooperation with Swiss Agency for Development and Cooperation in Damascus on year of 2011 AD.

It is doing on various periods intensive courses for giving engineers a suitable experience aiming to give engineering constructions the required resistance against any possible future seismic hazards.

Public and private entities which is dealing with disasters management in Syria:

- 1- Ministry of local administration
- 2- Modernization program for municipality management: ministry of local administration and Modernization program for municipality management in cooperation with Damascus governorate and experts from European Union had executed geologic investigations by specialist.
- 3- Comprehensive Disaster Reeducation Programme (CDRP)

Ministry of local administration and environment in Syrian Arab Republic in cooperation with UNDP starting from September on 2009 are working together on project of Comprehensive Disaster Reeducation Programme.

- 4- Remote sensing institution
- 5- Nuclear power assembly
- 6- National center for seismic surveillance followed to ministry of petroleum and mineral resources
- 7- Engineers Association

Therefore, the research is dealing with:

- **Standards of architectural design for earthquake resistant buildings in first chapter aiming to reach to the main required standards and principles for architect to deal with earthquake resistant buildings and who they reflect on relation between seismic performance of buildings and their constructional and architectural structures.** When earthquakes are happen there will be normally cracks or destruction for some constructions with various degrees according to structure characteristics of each building and it is possible to divide standards of architectural design for earthquake resistant buildings to a group of principles some of them connected with architectural aspects and other with structural aspects for helping in analyzing reasons of constructions collapse or steadfastness. General constructional structure for building is limited or controlled slightly with architectural structure, consequently when dealing with effect of architectural structure of building on their seismic performance, this include choosing nature and methods of structural elements distribution and some of their details, therefore, effect of structural and architectural considerations on seismic performance of buildings will be showed in this chapter.

Results and Conclusions of First Chapter:

From previous study, it is possible to conclude that kind of destruction which happened in the building controlled according to kind and properties of the soil and nature of building structure itself, whether in underground part – such as foundations and their kind and support method – or in upper ground part, architectural structure for building, it is the part which Architect deals in first stand, because he is putting

main architectural designs starting from first lines of the building which give the building suitable structure and size for fulfilling requirements of function program, therefore, unlimited difference and diversity in building shapes and structures give real imagination for size of devastation which may occur for an area when any earthquake happened in it.

General structures of buildings and methods of building had changed tremendously during past years; paths become wider and less regular, and systems of carried walls and carrier walls with concrete flags replaced by prefabricated elements with different characteristics, therefore, buildings performance changed against regular classical method. Main mistake that new buildings have no provisions of symmetry, regularity and strength so they are not studied according to earthquake resistant architectural standards, as it was available in old buildings which adhere to principle of symmetry and structural density, nearness of gravity center from land meaning building firmness and with regular shapes.

We can say that most recently constructed buildings did not conform with simple building structures known since ancient times, therefore old buildings resisted under effect of earthquakes, whereas the modern buildings face damage and destruction.

We concluded that any shape from engineering figures with beauty and imagination may be studied and handled against earthquake resistant architectural design according to provisions and standards for resisting earthquakes by finding suitable solution for building structure.

- Second chapter is dealing with some international constructions which designed architecturally for earthquake resistance and seismic behavior for them during earthquake **to conclude from them some principles and strategies which must be adhered for earthquake resistant architectural design of what important for architect.** Whereas some buildings for analysis had really subjected to earthquakes, therefore, they are samples worth of study and analysis:

Feteranzad Mstrashen Loma Linda hospital in California and imperial hotel in Tokyo, housing stories in Los Angeles after earthquake of 1994, modern hotel in Bucharest, arts palace in Tashkent, housing tower in San Francisco on 1968, housing tower in Vienna, Ross building in San Francisco 1927. Finally, presentation and study for buildings collapse by effect of earthquakes such as:

Anchorage earthquake (Alaska) on 1964, San Fernando earthquake 1971 in California, Mexico earthquake 1985, San Francisco earthquake 1989.

The aim of presenting and describing these international examples is clarifying relation of seismic performance with building structure by describing them architecturally and analysis against earthquake resistance. They are clarifying reflection of earthquake effect on building shape through presentation of international examples, they are connected with relation of seismic performance with building shape and their influence range by earthquake clarified as following:

1- Regular buildings:

- Modern hotel in Bucharest
- Art palace in Tashkent

2- Symmetry of building:

- Loma Linda hospital in California 1975
- Housing stories building in San Francisco (housing tower) 1968 AD.

3- Irregular buildings:

- High school in western of Anchorage
- Housing tower in Vienna

- 4- Vertical setback:
- Ross building in San Francisco 1927

5- Adjacency of buildings.

- Imperial hotel in Tokyo

6- Soft and weak stories

- Olive hospital in California
- Housing stories in Los Angeles after earthquake of 1994 AD

2- Presentation and study for buildings collapses by effect of earthquakes:

1- Anchorage earthquake (Alaska) year of 1964 AD:

Some examples of buildings faced earthquakes:

- a- High school in Anchorage west: example for existence of soft (weak) story in ground and first floors.
- b- Penny warehouses building: because of non-existence of shear walls on all external surroundings of the building then it cannot resist earthquake forces and faced twist. Then it was obligatory to add additional rests and supports for weak façade which does not contain shear walls for resisting earthquake forces.

2- San Fernando earthquake 1971 in California:

Some examples of buildings faced earthquakes:

- a- Saint Mary Cathedral: strengthen by shear walls, it is one of buildings resistant earthquakes and remained stable after the earthquake so resisting twist.
- b- Olive medical center: it was destroyed because of existence of soft story in building design after the earthquakes.

3- Mexico earthquake 1985 AD

4- San Francisco earthquake 1989 AD:

Some examples of buildings faced earthquakes:

- a- Higher bridge on bay of San Francisco: when faced earthquake the higher floor collapsed above lower floor as result of sever shear forces in connections of columns contact between the two floors leading to crash of tens of cars crossing above it.
- b- Housing buildings in Marina area: housing buildings in marina area on coast of San Francisco bay faced soil weakness on bay coast and its water saturation leading to influence on buildings foundations by earthquake waves resulting to: buildings cracks – collapse of lower stories because of sever shear – fire outbreak- destruction of sewage, water and electricity networks in the entire city.

Stating some international examples for clarifying reflection of earthquake effect on form and seismic performance for the building, therefore it is possible to extract some principles and solutions which help in reaching to general rules which must be adhered when working on earthquake resistant architectural design for the building. Finally, presentation and study for buildings collapses by earthquake influence, so earthquake effects and characteristics had been clarified and by analyzing and showing some examples which faced earthquake for clarifying reflection of earthquake effect on architectural design for the building.

Results and conclusions of second semester:

From previous study it is possible to conclude that relation of seismic behavior with building shape affected by construction simplicity and symmetry of its horizontal and vertical (lateral)plans, they are positive factors in its resistance for earthquakes with existence of symmetry in sections of its structural elements and their regularity and

existence of symmetry in resistance (Stiffness) and quality of used materials and existence of high and sufficient Stiffness and resistance for resisting possible twist moments, continuity of structural building elements in three directions instead of dividing them to separate parts and on contrary will decrease building resistance for earthquake and effect negatively on the building.

According to seismic standards and codes, the constructions divided to: regular and irregular constructions and irregular constructions will be divided to categories and kinds according to importance of the installation and quantity and kind of irregularity and construction dimensions especially the height.

Irregular buildings will be affected by several main factors such as:

- a- Building size
- b- structural systems for the building
- c- Shape of suites which consisting it
- d- Non-existence of separators in these suites
- e- Length to width proportion
- f- Height to width proportion

Planner in areas of city centers, whereas housing, administrative and commercial services buildings are existed, may resort to adjacent buildings which could be handled by existence of seismic separator.

Stating some international examples for clarifying reflection of earthquake effect on form and seismic performance for the building, therefore it is possible to extract some principles and solutions which help in reaching to general rules which must be adhered when working on earthquake resistant architectural design for the building. Finally, presentation and study for buildings collapses by earthquake influence, so earthquake effects and characteristics had been clarified and by analyzing and showing some examples which faced earthquake for clarifying reflection of earthquake effect on architectural design for the building.

When talking about Practical part of third chapter, it studied seismic situation in Syria and analysis of housing buildings against earthquakes in Damascus.

Seismic situation in Syria: Area history refers to distinguished and charged catastrophic past, in important article about historical frequency of earthquake happening in Syrian cities and confirm continuity of happening of different earthquakes in strength, time and location and connect between them analytically and concluded reoccurrence time frequency for earthquake occurrence in Syria against expected time and intensity. Year of 1994 is starting point for new period of seismic activity.

Seismic activity sources in Syria: the main source which threatens Syrian Arab Republic is part from main fault between Asian and African plates; seismic activity along it will differ from time to another.

Estimation of seismic activity in Syria: seismic map showed concentration of seismic centers mainly along seismic fault, more than 1204 seismic centers were watched since 1995 until 2009 and these quakes are distributed on different areas.

Center of earthquake surveillance: Syria has several earthquake surveillance centers followed to ministry of petroleum and distributed in several cities from Syria, through

Comprehensive Disaster Reduction Programmed by concluding map of earthquake incidents.

Seismic evaluation for some erected housing buildings and some new constructional extensions in Syria:

Syria was divided to five seismic ranges, in first and second ranges very weak, in third area is stable, whereas in fourth and fifth ranges there will be material and body damages, necessary procedures for buildings against earthquakes must be taken and put standard system for constructions according to its existed range. For Damascus basin it is located in 3 and 4 seismic areas on map of seismic intensities which accredited in Syrian Arab Code for year of 1995.

We may clarify that Damascus is suffering from main seismic fault which passes in Qasun Mountain and surrounded for sorry with random and weak housing buildings and another secondary fault passes in housing area of Dummar project. Earthquake resistant seismic design must be taken into consideration especially in those areas.

This study aims to knowing range of availability of earthquake resistant architectural design in some housing buildings which built in Syria during current period.

Housing buildings which will be presented are architectural models studied against earthquakes in Damascus.

Analysis of housing models studied against earthquakes clarifies the following:

- 1- Most housing architectural models are consisted from housing ground floor and repeated housing story.
- 2- Symmetrical Architectural form for housing buildings meaning that they have regular structure, plans of exactly symmetric shape and symmetric facades; this reduces seismic vulnerability of the building.
- 3- Not using system of soft story in housing buildings.
- 4- There is no difference in heights of stories so strength and Stiffness of the building will continue at same degree because they are housing buildings.
- 5- Rebound distance was left from adjacent sides for building; this was done in separated housing models.
- 6- Symmetry in distribution of vertical structural elements of buildings, whenever these elements have regular and intensive distribution then fortification of theses buildings against earthquakes will be raised.
- 7- Achieving symmetry in distribution of shear walls during designing of housing buildings because putting shear walls on edges of the building symmetrically, leads to giving the building required Stiffness and strength for resisting twist moments, in some of them we notice existence of shear walls surrounding external cover of the building symmetrically with existence of bearer core for vertical elements besides center of housing building and in middle of symmetry axis of architectural structure.
- 8- Cancellation of openings for facades (there are no seatback or protrusions in facades) in most housing models.
- 9- Symmetry with flat openings for all facades in most housing models to be balanced in external Stiffness magnitude so there is no façade weaker than other.
- 10- Designs of most housing models clarifies symmetry of openings and not increasing area of openings from third area of wall in architectural module and not founding openings in center of meeting for forces and stresses paths and removing windows to sides of walls and leaving suitable distance between edge of wall and beginning of opening, or between two consecutive openings

not less than double of wall thickness for decreasing effect and influence of earthquake on architectural design.

- Fourth chapter clarifies important standards and principles which must be taken into consideration in operation of architectural design for earthquake resistant buildings.

Summary of final results and recommendations:

Principles and standards which must be taken into consideration and followed by architect in design of earthquake resistant buildings, are dealing in first stand with building's general shape as clarified from the following results and recommendations:

First: Principles of Architectural Design:

- 1- Engineering horizontal configuration for the building must avoid compound forms which contain internal angles such as U, T, I, L, so the damage concentrates in angles of sides meeting.
- 2- Engineering horizontal configuration must be integrated, compact and simple such as rectangle, square, circle and triangle, the shape of building must not be strip to avoid damage happening and seismic separators must not be done so the building will be consisted from several adjacent parts and lesser in length.
- 3- Engineering horizontal configuration for the building must be symmetric as much as possible for reducing its reaction by earthquake forces reaction.
- 4- Internal courtyards must be put in building center, in case of existence of more than one courtyard; it must be put by symmetric method.
- 5- Building vertical plan must have regular form and there is no setback or protrusions to avoid stresses or rupture of loads line.
- 6- Building sides' length must be proportional and not exceeding from 1 width: 2 length: 4 height.
- 7- The building must be small volume and light so its firmness degree will be increased as result of small inertial force.
- 8- Nonstructural elements such as internal walls, hanged roofs, skinning materials, etc. must be separated from the building by special separators filled by elastic materials.

Second: principles of buildings planning and general site coordination:

- 1- Not building on neighbor boarder and leaving setback distances in the ground from all directions so adjacent buildings will not collide and collapse.
- 2- Vertical seismic separators must be done in case of impossibility to leave setback between one building and other, this separator must not be less than 1/2% from height of each story from its under story.
- 3- Lands divisions must offer surfaces so the architect will be able to design building mass with basics of earthquake resistant architectural design.
- 4- Streets' widths must not be less than total of buildings' height which located on the two sides, so collapsed building will not fall on the opposite building through the street so it will collapse also, then movement tracks in streets will be closed against rescue and emergency movement.

Third: structural considerations effecting architectural design:

- 1- The building must be light as much as possible to be more tolerate for earthquake forces.

- 2- The building must be simple as much as possible by designing on architectural module and coordinating axes in two orthogonal directions for reducing building reaction by effect of earthquake.
- 3- Shear walls must be put on building's external cover or besides it or in building angles for giving the building Stiffness for facing lateral forces.
- 4- Facades configuration for mass in horizontal plan is very important; this will be achieved by applying mass center with rigidity and resistance center of the building through non-existence of seatbacks.
- 5- Concrete plates must have enough thickness and supported with beams for limiting its simple harmonic motion in vertical direction so leading to damage of external and internal walls or any other elements.
- 6- Width of secondary and main beams must be lesser or equal width of columns which beams fixed on it, for avoiding concentrated stresses, this may effect building safety at time of earthquake.
- 7- Positions of stairs openings, lightning plans, hollows of lifts in ceilings and grounds must be defined and unified, so they will not be a source of weak for structure.
- 8- Avoiding complexity in design of foundations, this must be suitable for soil kind and loads magnitude and connected fully with each other by conjunctions for absorption of stress and pressure forces which applied on them as result of ground movements.
- 9- Increasing structural density and distributing it by same method in horizontal plan of building. The vertical loads will hinder overturning effect resulted from lateral horizontal forces.
- 10- Keeping resistance of external periphery of building by not canceling columns in facades or some columns may be longer or weaker from other in case of two levels.

Fourth: general considerations:

- 1- Resistance of building against earthquakes will not depend only on design method, put it depends also on method of erection and execution, therefore building and especially execution works must be controlled.

Earthquake resistance performance of building depends on its status at time of its occurrence; therefore, the maintenance must be available during a defined period, so the building will remain at same condition of design.

- 2- Any modification or change in the building may decrease its earthquake resistance efficiency, so it is not allowed to do any modification without referring to designer.

This will not be applied on structural aspects only, but it applied also in case of doing architectural modifications in external and internal walls, and openings, or modifications in works of electricity, sanitary and air-conditioning.

Index

Serial	Address	Page No.
	Research Abstract	-
	Introduction	1
	Research Problem	3
	Research Objective	4
	Reasons Of Research Choosing	4
	Achievements In This Field Internationally And Locally	4
	Research Structure Plan	6
First Chapter		
Architectural Design Standards For Earthquake Resistant Buildings		
1-1	Effect Of Ground Motions On The Building	8
1-1-1	Inertial Forces Within The Building	8
1-1-2	Period of Resonance	8
1-1-3	Torsion	9
1-1-4	Stiffness	9
1-1-5	Ductility	9
1-1-6	Structural Resistant Systems	11
1-2	Effecting Factors On Building Seismic Performance	11
1-2-2	Soil Characteristics For Building Erection	11
1-2-3	Building Properties	13
1-3	First: (Architectural Considerations In Earthquake Resistant Architectural Design)	14
1-3-1	Building Configuration	14
1-3-12	Compound Form	15
1-3-13	Non Structural Elements	16
1-3-2	Building Height	17
1-3-4	Building Proportions	19
1-3-42	Vertical Proportions	19
1-3-5	Horizontal Configuration For Buildings	22
1-4	Relation Of Seismic Performance With Building Shape	26
1-4-2	Building Symmetry	26
1-4-3	Irregular Buildings	28
1-4-4	Vertical Seatback	34
1-4-5	Adjacent Buildings	35
1-4-6	Building Above Old Erected Buildings	38

1-5	Nonstructural Elements Seismic Performance	41
1-5-1	Internal Walls Seismic Performance	46
1-5-2	Carried External Walls Seismic Performance	44
1-5-3	Cement Block And Locally Using Stone In Contemporary Building Types	46
1-6	Second: Structural Considerations in Earthquake Resistant Building Design	47
1-6-1	Structural Elements Configuration and Distribution	46
1-6-2	Unparallel Structural Systems	47
1-6-3	Building Construction Systems	49
1-6-4	Building Construction Materials	49
1-6-5	Plan Density and Distribution of Structural Elements	50
1-6-6	Facades Configuration and Resistance of Building External Periphery	53
1-6-7	Strength and Stiffness Discontinuity for Building Structural Elements	54
1-6-8	Building Vertical Configuration	58
1-6-8-1	Vertical Irregularity in Building Shape	58
1-6-8-2	Soft and Weak Stories	60
1-6-9	Short Columns	66
1-6-10	Using Cantilever Systems	69
1-7	Results and Conclusions	70
Second Chapter		
Analytical Study for Earthquake Resistance in Building through some International Examples		
<u>2-1-1</u>	Architectural Description for Loma Linda Hospital building in California 1975	73
2-1-1-1	Analysis of Considerations of Earthquake Resistant Architectural Design in the Building	74
<u>2-1-2</u>	Imperial Hotel in Tokyo	75
2-1-2-1	Architectural Description of Building	75
2-1-2-2	Analysis of Considerations of Earthquake Resistant Architectural Design in the Building	76
<u>2-1-3</u>	Olive Hospital in California	80
<u>2-1-4</u>	Housing Stories in Los Angeles after earthquake of 1994	82
<u>2-1-5</u>	Modern Hotel in Bucharest	86
<u>2-1-6</u>	Art Palace in Tashkent	86
2-1-6-1	Architectural Description of Building	86

2-1-6-2	Analysis of Considerations of Earthquake Resistant Architectural Design in the Building	86
<u>2-1-7</u>	Architectural Description for Housing Stories Building in San Francisco on 1968	87
2-1-7-1	Analysis of Considerations of Earthquake Resistant Architectural Design in the Housing Tower Building	87
<u>2-1-8</u>	Housing tower in Vienna	89
<u>2-1-9</u>	Ross Building in San Francisco 1927	90
2-2	Presentation and Study for buildings collapses by earthquake effect	90
2-2-1	Anchorage Earthquake (Alaska) on 1967	90
2-1-1-1	Earthquake Properties	92
2-1-1-2	Earthquakes Effects	92
2-1-1-3	Earthquakes Analysis	92
2-1-1-4	Examples for some buildings which faced earthquake	92
2-1-2	San Fernando Earthquake on 1971 in California	97
2-1-2-1	Earthquake Properties	97
2-1-2-2	Earthquake Effects	97
2-1-2-3	Earthquake Analysis	97
2-1-2-4	Examples for some buildings which faced earthquake	98
2-1-3	Mexico Earthquake 1985	100
2-1-3-1	Earthquake Properties	100
2-1-3-2	Earthquake Effects	101
2-1-3-3	Earthquake Analysis	101
2-1-3-4	Examples for some buildings which faced earthquake	101
2-1-4	San Francisco Earthquake 1989	103
2-1-4-1	Earthquake Properties	103
2-1-4-2	Earthquake Effects	103
2-1-4-3	Earthquake Analysis	103
2-1-4-4	Examples for some constructions which faced earthquake	105
2-3-	Results and Conclusions	108
Third Chapter		
Seismic Situation In Syria And Analysis Of Housing Buildings Against Earthquakes In Damascus		
3-1	Syria Seismic Situation	112
3-2	Syria Seismic Activity Sources	113
3-3	Seismic Activity Estimation in Syria	114

3-4	Seismic Surveillance Center	116
3-4-1	Seismic Incidents Map for 2004	116
3-4-2	Impact Ranges Map for 2004	118
3-4-3	Governorates Classification Map according to Seismic Incidents for 2004	119
3-4-4	Seismic Incidents Map for 2005	120
3-4-5	Impact Ranges Map for 2005	122
3-4-6	Governorates Classification Map according to Seismic Incidents for 2005	123
3-5	Seismic Estimation for some constructed buildings and some new architectural extensions in Syria	124
3-5-1	Architectural Models for Youth Housing in Damascus	126
3-6	Results and Conclusions	149
Fourth Chapter		
Main Standards and Principles to be considered in Architectural Design for Earthquake Resistant Buildings		
4-1	Earthquake Resistant Architectural Design Principles	152
4-1-1	Building General Shape	152
4-1-2	Building Height	152
4-1-3	Building Extension In Horizontal Configuration	153
4-1-4	Building Proportions	154
4-1-5	Symmetry	154
4-1-6	Irregular Buildings	155
4-1-7	Seatbacks	156
4-1-8	Building On Wall Limit	157
4-1-9	Structural Density And Distribution In Horizontal Configuration	158
4-1-10	Façades Configuration And Resistance Of External Periphery Of Building	158
4-2-1	Security And Safety Considerations	158
4-2-2	Restoration, Maintenance And Modifications	159
4-2-3	Cost	160
4-2-4	Building Code	161
4-2-5	Summary Of Results And Recommendations	162
	First: Architectural Design Principles	162
	Second: Principles Of Buildings Planning And General Site Coordination	162
	Third: Structural Considerations Effecting Architectural Design	163
	Fourth: General Consideration	164
	References	-

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty of Architecture
Architectural Design Department



Reflection of Earthquake Effects on Architectural Design
Case Study of Residential Buildings in Damascus City

Research Prepared for Master's Degree in Architecture
Architectural Design Department

Prepared by:
Eng. Dana Al-Fawal

Supervisor:
Dr. Eng. Jamal Al-Ahmar
Faculty of Architecture – Damascus University

2014