مقارنة بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم في تصميم الأبنية المقاومة للزلازل

علي نور الدين عزيز
باحث \ الجامعة التكنلوجية \ قسم هندسة العمارة، بغداد \ العراق
أ.د. علي محسن جعفر الخفاجي
الجامعة التكنولوجية \ قسم هندسة العمارة، بغداد \ العراق

Comparison Between Regular and Irregular Configuration in Earthquake Resistant Design

Ali Nur–Aldeen Azeez
M.Sc. Candidate / Department of Architecture / University of Technology, Baghdad / Iraq
ali_nd_azeez@yahoo.com
Prof. Dr. Ali Mohsen Jaafer Al–Khafaji
Department of Architecture / University of Technology, Baghdad / Iraq
alimkhafaji@yahoo.com

المستخلص

يعتبر التصميم المقاوم للزلازل واحداً من اكبر التحديات التي يتطلب من المهندس المعماري اخذها بنظر الاعتبار عند تصميم الابنية لكونها احدى اخطر الكوارث الطبيعية التي تؤثر على أستقرارية المبنى وديمومته، ونتيجة لأرتباط السلوك الزلزالي للمبنى بالتكوين الشكلي له، واختلاف المقاومة الزلزالية بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم للأبنية تم تحديد المشكلة البحثية بعدم وضوح السلوك الزلزالي للأبنية غير المنتظمة وفرقه عن الابنية المنتظمة عند حدوث الزلازل وبذلك يتحدد هدف البحث ببيان الفرق بين الابنية المنتظمة وغير المنتظمة تحت تأثير الزلازل، وبيان الاعتبارات التصميمية الواجب اتباعها عند تصميم الابنية المقاومة للزلازل وعلى جميع المستويات، ولغرض تحقيق هذا الهدف سيتم بناء أطار معرفي شامل يتم فيه توضيح مفهوم التكوين الشكلي والفرق بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم، وبيان الاعتبارات التصميمية الواجب اتباعها عند تصميم الابنية المقاومة للزلازل سواء ان كانت منتظمة او غير منتظمة وصولاً الى تحديد اهم المفرادت التي تؤثر على عملية التصميم المعماري المقاوم للزلازل، ثم انتخاب مجموعة من المشاريع ومن ثم وصفها وتحليلها لتطبيق مفردات الآطار المستخلصة من المعرفة السابقة، ليتم التوصل الى الاستنتاجات النهائية للبحث التي بينت أن التكوين الشكلي يعتبر أحد اهم محددات السلوك الزلزالي للمبنى، ونتيجةً لإرتباطه بالهيكل الانشائي، فالتصميم المقاوم للزلازل يتطلب مجموعة من القرارات المشتركة بين المعماري والإنشائي لضمان تحقيق الشكل الامثل للمبنى والاكثر مقاومةً للزلازل، بالاضافة الى ذلك توفر الأشكال المنتظمة إمكانية التوقع بالسلوك الزلزالي للمبنى، على العكس من الاشكال غير المنتظمة التي يكون سلوكها الزلزالي غير متوقع الامر الذي يتطلب حلولاً إنشائية خاصة والتي غالباً ما تكون مكلفة إقتصادياً.

الكلمات المفتاحية: مقاومة الزلازل، التكوين الشكلي المنتظم، التكوين الشكلي غير المنتظم، الأعتبارات التصميمية

Abstract

Earthquake resistant design is one of the greatest challenges that must be considered by the Architect because it is a serious natural disaster that affects the stability and durability of the building, Due to the connection between seismic behavior of buildings with its formal configuration and the differences in seismic resistance between regular and irregular buildings, the research problem presented as the confusion of seismic behavior of irregular buildings, and their difference from the regular buildings when earthquakes occurs, so the aim of the research is to clarify the deferences between regular and irregular configuration ,also clarifying the design considerations in earthquake resistant design for regular and irregular buildings, by constructing a cognitive framework that clarifies the concept of configuration , and the differences between regular and irregular configuration, and design considerations that must be conformed in designing earthquake resistant buildings to determine the main and secondary vocabulary of the theoretical framework, by using inductive methodology (descriptive, and analytical) through election, analyzing of two different case studies, major result shows that the formal configuration is considered as one of the most important factors that determines the seismic behavior of buildings , and due to its connection to the structural system ; earthquake resistant design requires a set of interacted decisions between architectural and structural engineers so as to achieve the best configuration of the building in resisting earthquakes, also the regular configuration of buildings provides the possibility to predict the seismic behavior of the building , as for irregular configuration of buildings whose seismic behavior is unexpected, which requires special construction solutions that are mostly cost effective.

Keywords: Earthquake resistance, Regular configuration, Irregular configuration, Design considerations

1 – المقدمة

يعتمد سلوك المبنى أثناء حدوث التأثير الزلزالي بشكلٍ خاص على شكله وحجمه والتركيب الهندسي له، ولما كان التكوين الشكلي للمبنى مشروطاً بالمتطلبات الوظيفية بالاضافة الى نوعية النظام الانشائي الذي يعتبر احد اهم العوامل التي تحدد السلوك الزلزالي للمبنى، حيث يعرَف التكوين الشكلي بأنه إمكانية تحديد إنتظام المبنى والهيكل الإنشائي من عدمه منذ المراحل الأولية للتصميم وتأثير التصميم المقترح على السلوك الزلزالي للمبنى وذلك بعد إجراء العمليات الحسابية والتحليلية للهيكل الإنشائي (Drazic, 2016, p.884)، الامر الذي يتطلب مجموعة من القرارات المشتركة بين كلاً من المعماري والانشائي لتحديد الشكل النهائي للمبنى، ونتيجة لبعض المتطلبات الوظيفية التي تفرض على المصمم اختيار الاشكال الحرة والتي توفر له حرية التصميم وتوزيع الفضاءات، ينتج عن ذلك مجموعة من الابنية غير المنتظمة والتي غالباً ما تعرض المبنى الى مجموعة من الاخطار تحت التأثير الزلزالي كالتصدع على مستوى الجدران او الأنهيار الكلي او الجزئي للمبنى اذا لم تصمم وفقاً لمعايير التصميم الزلزالي المخصصة لكل شكل من الاشكال المنتظمة او غير المنتظمة،وفقاً لما تقدم تتحدد المشكلة البحثية بعدم وضوح السلوك الزلزالي للأبنية غير المنتظمة وفرقه عن الابنية المنتظمة عند حدوث الزلازل وبذلك يتحدد هدف البحث ببيان الفرق بين الابنية المنتظمة وغير المنتظمة تحت تأثير الزلازل، وبيان الاعتبارات التصميمية الواجب اتباعها عند تصميم الابنية المقاومة للزلازل وعلى جميع المستويات، ولتيسير دراسة ما سبق تم اعتماد المنهجية المتمثلة بـــ:

- بناء الاطار المعرفي شامل يتم فيه توضيح مفهوم التكوين الشكلي والفرق بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم، وبيان الاعتبارات التصميمية الواجب اتباعها عند تصميم الابنية المقاومة للزلازل (منتظمة او غير منتظمة) وصولاً الى تحديد اهم المفرادت التي تؤثر على عملية التصميم المعماري المقاوم للزلازل

- انتخاب مشاريع لغرض التطبيق.
- تطبيق الاطار النظري على المشاريع المنتخبة للتوصل الى النتائج والاستنتاجات النهائية للبحث.

2 - الاطار المعرفي للبحث

سيتم في هذه الفقرة تناول التكوين الشكلي للمبنى، وبيان الفرق بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم عند التصميم المقاوم للزلازل.

2-1 التكوين الشكلي للمبنى :

يعتمد الاداء الزلزالي للمبنى على مجموعة من العوامل المرتبطة مع بعضها البعض كالتصميم المعماري والتكوين الشكلي له على مستوى الواجهات والمخططات والهيكل الانشائي، بالاضافة الى المنطقة الزلزالية التي يقع فيها المبنى ومدى قربة من خط الشروع الزلزالي، لذا فأن عملية المقاومة الزلزالية يجب ان تكون من مسؤلية المعماري والانشائي معاً لان قرارات احدهما تؤثر على تصميم الاخر (Inan,2011,p.2)، وبشكلٍ عام يتكون المبنى من مجموعة من الانظمة المعقدة التي ترتبط مع بعضها البعض لتكوين الشكل النهائي له، الامر الذي يتطلب التعاون والعمل المستمر بين الانشائي والمعماري منذ المراحل الاولية لعملية التصميم، وذلك لضمان التخلص من الصفات غير المرغوب فيها والحصول على التكوين الشكلي الامثل للمبنى، يعتمد مقدار التأثير الزلزالي على المبنى حسب الشكل العام له حيث تم ملاحظة ان الأداء الزلزالي للأبنية غير المنتظمة يكون غير محصن ضد التأثيرات الزلزالية بالمقارنة مع الابنية المنتظمة، (Drazic, 2016, p.884)، أن الفرق بين الابنية المنتظمة وغير المنتظمة في مواجهة التأثيرات الزلزالية هو كالأتي:

2-1-1 التكوين الشكلي المنتظم :

يشير التكوين الشكلي المنتظم الى الابنية التي تتسم بالبساطة في الشكل والتوازن في توزيع الكتل والتناظر على مستوى المخطط والتماثل في توزيع عناصر الهيكل الانشائي والبساطة او

2-1-2 التكوين الشكلي غير المنتظم او الضعيف:

وهي الابنية ذات التكوين الشكلي المعقد وغير المنتظم والتي تتسم بالتوزيع غير المتوازن للكتل على مستوى المخطط الافقي، الامر الذي ينتج عنه توزيع عشوائي لعناصر الهيكل الانشائي بالاضافة الى التعقيد وصعوبة التحليل الزلزالي للمبنى، مما يؤدي الى تعرض المبنى الى اجهادات عالية وغير متوقعة عند حدوث الزلازل، او قد تكون الابنية منتظمة لكنها تتكون من اكثر من نظام انشائي موزع بصورة غير صحيحة مما يؤدي الى ضعف مقاومته الزلزالية، والذي يتطلب مجموعة من الحلول الانشائية الخاصة، وذلك لكون السلوك الزلزالي لهكذا نوع من الابنية غير متوقع، مما قد يعرض المبنى لخطر التصدع او الانهيار الكلي اذا ما تم تطبيق المحددات الزلزالية اللازمة لهكذا نوع من الابنية بصورةٍ صحيحة.

يؤثر التكوين الشكلي للمبنى على سلوكه تحت التأثير الزلزالي، ويوضح الجدول رقم 1 الفرق بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم في مواجهة الزلازل.

جدول (1) يوضح الفرق بين الأشكال المنتظمة والأشكال غير المنتظمة
المصدر: (Drazic, 2016, p.889)

الاشكال المنتظمة	الاشكال غير المنتظمة
تصميم غير مكلف اقتصادياً .	تتطلب حلولاً إنشائية خاصة ذات تكلفة عالية ، وبالتالي يجب أن يكون هناك تبريراً مقنعاً لدى المعماري لأختيار هذه الأشكال غير المنتظمة في فكرتة التصميمية .
توفر الأشكال المنتظمة إمكانية التوقع بالسلوك الزلزالي للمبنى أثناء التأثير الزلزالي .	يجب أن يكون المعماري على دراية تامة بتأثير التكوين الشكلي المختار على نوعية الهيكل الانشائي وبالسلوك الزلزالي للمبنى تحت التأثير الزلزالي بالإضافة إلى إن مشكلة الاشكال غير المنتظمة لايمكن حلها بإستخدام الحسابات الزلزالية لإنها في الغالب ستكون خاطئة .
تكون أشكال أكثر متانة وأمان وتكون مقاومة للزلازل بشكل أفضل من الأشكال غير المنتظمة .	يجب على المعماري والإنشائي التعاون لتقليل التأثير الزلزالي على هذه الأشكال بالإضافة إلى تحقيق النواحي الجمالية دون التأثير على متانة المبنى ، إذ يجب تقديم الحلول الإنشائية لمقاومة المبنى للزلازل من قبل الإنشائي منذ المراحل الأولى من العملية التصميمية .

لا تفرض هذه الأشكال حلولاً إنشائية تؤدي إلى تغييرات على مستوى شكل المبنى ، وإنما تتناسب في الغالب نوعية الحلول المقترحة مع تصميم المبنى المحدد من قبل المعماري .	يجب على المعماري أن يتقبل الحلول الإنشائية المقترحة من الإنشائي بالإضافة إلى التغييرات التي تجرى على التصميم ، والتي تعمل على إيجاد الحل لمشكلة المقاومة للزلزالية لهذه الأشكال .

نستنتج مما تقدم إن الأشكال المنتظمة هي الأشكال الأكثر مقاومةً للتأثير الزلزالي من الأشكال غير المنتظمة والتي تتطلب استخدام تقنيات حديثة وحسابات معقدة لتكون مقاومة للتأثير الزلزالي، وكل ذلك يعود إلى الفكرة التصميمية التي يُعدها المعماري، فأذا إستخدم الاشكال المنتظمة في التعبير عن فكرته التصميمية يكون المبنى أكثر أماناً ومقاومةً للزلازل أما إذا إستخدم الأشكال غير المنتظمة او الضعيفة فهو يؤثر على السلوك الزلزالي للمبنى ويجعله غير قابل للتوقع.

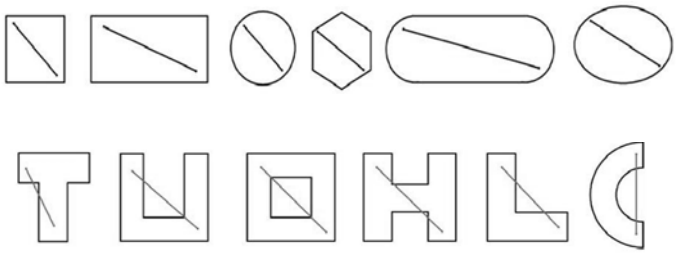
2-2 الاعتبارات التصميمية المعتمدة في تصميم الابنية المقاومة للزلازل

بعد ما تم التطرق الى الفرق بين التكوين الشكلي المنتظم وغير المنتظم، سيتم التطرق الى الاعتبارات التصميمية الواجب اتباعها في كل نوع من الابنية وعلى جميع المستويات (الشكل – المخطط الافقي – الواجهات – الهيكل الانشائي للمبنى) وكما يأتي:

2-2-1 الابنية المنتظمة :

يعتمد الشكل العام للمبنى على مجموعة من الأشكال لتكوينه حيث يمكن أن تقسم تلك الأشكال إلى البسيطة (وهي الأشكال الهندسية الأساسية platonic forms كالمربع والمستطيل والمثلث والدائرة والأشكال السداسية وغيرها) والأشكال المركبة complex forms (والتي تشتمل على الأشكال التي لا يمكن التوصيل بين أي نقطتين من أطرافها بخط مستقيم دون أن يخرج أحد أطراف هذا الخط إلى خارج الشكل) كما موضح في الشكل (1) (مدونة الزلازل العراقية، 2017،ف3،ص44)، إن الغرض من تحديد الشكل العام للمبنى (سواء إن كان على مستوى المخطط الأفقي أو على مستوى الواجهات) لبيان مدى تأثر المبنى بالإهتزازات الأرضية التي قد يتعرض

لهـا بالإضافـة إلـى باقـي الخصائص الواجـب مراعاتهـا عند تصميـم المبانـي لمقاومه تأثير الزلازل.(البطوط، 2000، ص23-24).



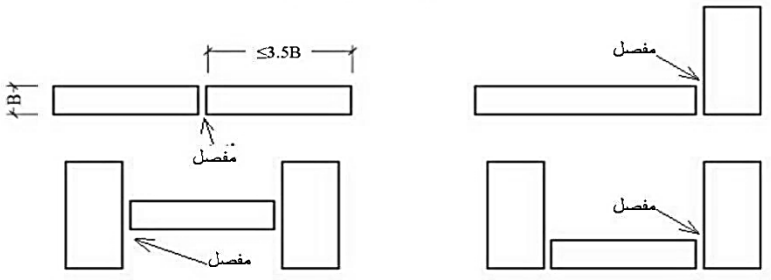
الشكل (1) يوضح الاشكال المعتمدة لتكوين وتشكيل المبنى
المصدر (Arnold, C, Reitherman, R. whitaker, D,1981 , p.231)

الاشكال المركبة

يتضح مما تقدم إن الشكل الإكثر مقاومةً للتأثير الزلزالي هو الشكل البسيط الذي يكون أكثر إتزانـاً من الأشكال المركبة إذ يمكن إستخدام أكثر من شكل بسيط ودمجها مع بعض في التكوين الشكلي للمبنى لأنها تكون أكثر إستقراراً وتكون عملية إختيار الهيكل الإنشائي الملائم لها أسهل مما هي عليه في الأشكال المركبة حيث توزع الأحمال الزلزالية عليها بشكل متساوي.

2-2-1-2 الاعتبارات التصميمية على مستوى شكل المبنى في الابنية غير المنتظمة :

يفضل أن تكون كتلة المبنى منتظمة قدر الإمكان وخالية من المفاصل joints، أي يكون الشكل المستخدم شكل بسيط ومنتظم، اما في حالة إستخدام الأشكال المركبة فيتوجب إستخدام مفاصل زلزالية بين الكتل، أذ تقسم هذه المفاصل المبنى ذو الكتلة الواحدة إلى مجموعة من الكتل تحافظ بدورها على المبنى من التأثير الزلزالي كما هو مبين في الشكل(2) (Saudi building code, 2007 P.304):



شكل (2) يوضح إستخدام المفاصل الزلزالية في حالة الأشكال المركبة نتيجة لعدم إنتظام الشكل (مدونة الزلازل العراقية ، 2017،ف3 ،ص45)

يعد إستخدام مفاصل التمدد من الأمور الضرورية جداً عند تصميم الأبنية (المقاومة للزلازل أو الأبنية الإعتيادية) إذ يجب إن لا يتجاوز البعد بين الأعمدة أو الجدران الخارجية للكتلة الواحدة المسافات الاتية:

1. 45 م للمناطق عالية الرطوبة، أي المناطق القريبة من البحر.
2. 40 م للمناطق الرطبة، أي إن معدل الهطول السنوي للأمطار فيها يتجاوز 600 ملم.
3. 35 م في المناطق معتدلة الرطوبة، والتي يكون معدل الهطول السنوي لها يتراوح بين 200 ملم إلى 600 ملم).
4. 30 م في المناطق الجافة، والتي يكون معدل الهطول السنوي لها أقل من 200 ملم.

وعند الحاجة لزيادة هذه المسافات فيمكن زيادتها بما لا يتعدى الثلث وذلك بعد إحتساب التأثيرات الحرارية على المبنى (مدونة الزلازل العراقية، 2017،ص46)

يتضح مما تقدم أهمية التكوين الشكلي للمبنى في تحديد مقدار الأخطار الزلزالية المسلطة عليه، فأذا كانت الأشكال الهندسية المستخدمة بسيطة تكون عملية توزيع الأحمال الزلزالية عليها متساوية فيفضل أن تكون هذه الأشكال متناظرة، أما في حالة إستخدام الأشكال المركبة (غير المتناظرة فيتم اللجوء إلى إستخدام مفاصل الهبوط ومفاصل التمدد والتي تعمل على المحافظة على المبنى من الأخطار الزلزالية.

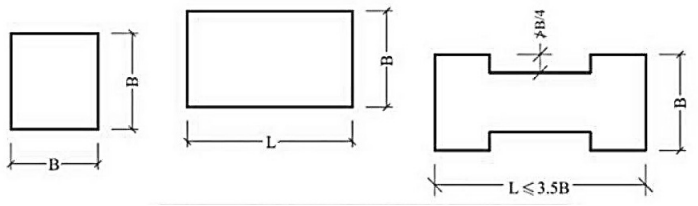
بالإضافة إلى نوعية الأشكال المستخدمة على مستوى المبنى يجب تحديد نسبة طول المبنى إلى عرضه، حيث ذكرت (دراسة الفوال)، إن من المبادئ الأساسية الواجب مراعاتها في التصميم الزلزالي للأبنية هي التشكيل أو التكوين الهندسي الأفقي، إذ يجب المحافظة على نسبة طول المبنى إلى عرضه، وذلك لان الأبنية الممتدة بالإتجاه الأفقي تكون أكثر عرضة لتأثير الأحمال الزلزالية، فكلما زاد إمتدادها أفقياً زادت إحتمالية تعرض المبنى للإجهادات مما يؤدي إلى عدم تساوي تأثير الإهتزازات الأرضية على المبنى بشكل متساوي، أي يمكن أن يتعرض جزء من المبنى إلى أضرار أكثر من الأجزاء الاخرى له.

نستنتج مما سبق أهمية مراعاة النسبة بين الإمتداد الرأسي للمبنى والامتداد الأفقي له، حيث كلما زاد الإمتداد الأفقي للمبنى كلما زادت إحتمالية تعرضه لتأثير القوى الزلزالية.

2-2-2 الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الافقي :

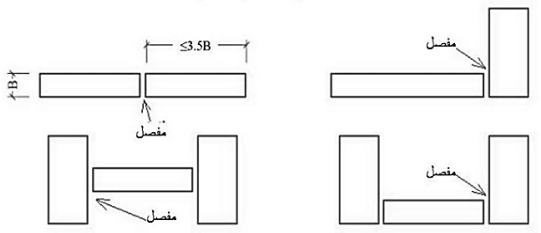
2-2-2-1 الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الافقي في الابنية المنتظمة :

يفضل ان يكون المخطط الافقي للمبنى منتظماً وبسيطاً قدر الإمكان حيث يكون الشكل المعتمد أما مربعاً أو مستطيلاً (أي شكل متناظر كما في حالة الأشكال الهندسية البسيطة) وإذا كان الشكل المعتمد غير متناظر فيمكن إستخدامه على مستوى المخططات بدون مفاصل بنائية بين الكتل كما موضح بالشكل (3) (مدونة الزلازل العراقية، 2017،،ص44).

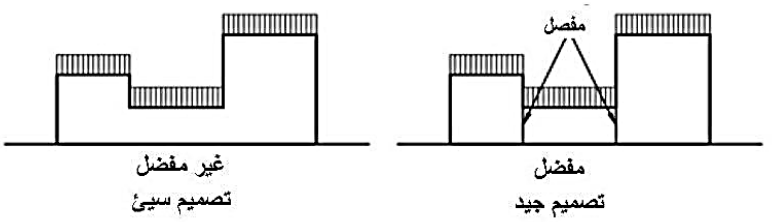


شكل (3) يوضح المخططات بدون مفاصل بين كتلها مقبولة من الناحية الانشائية
المصدر: (البطوط، 2000، ص23-24)

عند تصميم المبنى وإستخدام الأشكال البسيطة (في حالة عدم وجود المفاصل البنائية) يجب أن لايتجاوز طول كتلة المبنى 3.5 مرة بقدر عرضها وذلك لتجنب تعرض المبنى لإجهادات داخلية تحدث نتيجة تغير طبيعة الزلزال ، وفي حالة تجاوز الكتلة هذا المقدار فيجب إستخدام المفاصل الزلزالية التي يمكن أن تكون مفاصل التمدد الاعتيادي expansion joints أو مفاصل هطول settlement joints كما في الشكل (4) .



استخدام مفاصل الهبوط
settlement joints



استخدام مفاصل التمدد
expansion joints

شكل (4) يوضح طريقة إستخدام مفاصل التمدد ومفاصل الهطول
المصدر: (مدونة الزلازل العراقية ، 2017،ص45)

2-2-2-2 الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الافقي في الابنية غير المنتظمة :

إذا كان المخطـط الأفقـي للمبنـى غيـر منتظم فسـيكون عرضةً لأضـرار حقيقية والتـي يجـب تجنبها مـن قبل المصمـم لأنها تعـرض المبنى إلـى مخاطر قد تـؤدي إلى إنهيـاره، اذ يكـون سـلوكه الزلزالـي ضعيـف فلا يسـتطيع أن يقـاوم الأحمـال الزلزالية المسـلطة عليـه وذلـك بسـبب الأخطـاء التصميميـة (المعماريـة والإنشـائية) الحاصلة

فيهـا، (Harmankaya and Asena, 2012,p43)، إن عـدم الإنتظـام فـي المخطـط الأفقي يتسبب بمجموعة من المشاكل يمكن تلخيصها بما يأتي:

أ. الانقطاع على مستوى طوابق المبنى:

يعتبر موقع الفتحات الموجودة على مستوى الطابق داخل المبنى (سواء كانت فتحات للتهوية أو للسلالم أو المصاعد أو الخدمات) وتكاملها مع عناصر النظام الإنشائي أحد أهم العوامل المؤثرة على السلوك الزلزالي للمبنى، حيث يتم إنتقال القوى الزلزالية إلى العناصر العمودية من النظام الإنشائي عن طريق بلاطات الارضية، (Tugba inan,2011, p.307)، على إفتراض إن الأرضيات تكون متشابهة ومتكررة في جميع طوابق المبنى، فأذا إحتوت هذه الأرضيات على فتحات سيكون من الصعب إنتقال القوى الزلزالية بشكلٍ مباشر إلى العناصر العمودية من النظام الإنشائي مما يؤدي إلى تركز قوى الشد في مناطق معينة من المبنى دون الاخرى (Harmankaya and Asena, 2012, p44).

أكدت دراسة (Celep & Kumbasar, 2004) الحالات التي تؤدي إلى حدوث إنقطاع على مستوى طوابق المبنى وهي:

- أن تكون المساحة الكلية للفتحات في الطابق (بما فيها فتحات السلالم والمصاعد وفتحات التهوية) تتجاوز نسبة 1: 3 من المساحة الكلية للطابق
- عندما تشكل الفتحات بين الطوابق عائقاً أمام إنتقال القوى الزلزالية إلى العناصر العمودية من النظام الإنشائي للمبنى.
- عند حدوث إختزال مفاجئ في مساحة الطابق والذي يؤثر سلباً على قوة ومتانة الطابق
- عندما تكون النسبة بين مساحة الفتحات الكلية للطابق إلى مساحة الطابق الكلية أكبر من 1: 3، ففي هذه الحالة يجب ان يتم تقسيم الطابق إلى أشكال منتظمة لضمان التوزيع المتساوي للأحمال الزلزالية بالإضافة إلى إستمرارية إنتقال تلك الأحمال إلى عناصر النظام العمودية، وإن عدم الإنتظام في شكل المخطط الأفقي على الرغم من كونه غير محبذ عند تصميم الأبنية المقاومة للزلازل، لابد من أن تكون مدروسة بطريقة صحيحة من حيث حساب توزيع الأحمال وإنتقالها عبر عناصر النظام الإنشائي لضمان تحقيق الأمان والسلامة

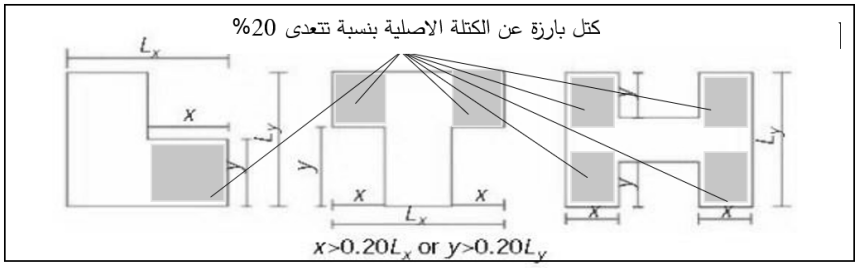
عند تصميم المبنى (Harmankaya and Asena,2012,p44)، لذا يجب أن يتم تقوية هذه الفتحات بإستخدام الخرسانة المسلحة عند الأركان أو عمل الفتحات بإستخدام جدران القص الكونكريتية بالإضافة إلى ضرورة تقوية الأعمدة والجسور المحيطة بهذه الفتحات لضمان تحقيق الموازنة بين طوابق المبنى المختلفة، بالإضافة إلى ذلك فإن موقع الفتحات في المباني ذو أهمية بالغة في السلوك الزلزالي للمبنى، حيث أشارت دراسة (Inan, 2011, p. 309)، إلى إن المباني التي تحتوي على فتحات في أحد أركانها دون الآخر، يكون سلوكها الزلزالي سيء بالمقارنة مع المباني التي تكون فتحاتها في وسط المبنى.

نستنتج مما تقدم أهمية مواقع الفتحات في المقاومة الزلزالية للمبنى حيث إن هنالك علاقة قوية بين السلوك الزلزالي للمبنى ومواقع الفتحات الموجودة فيه وتكاملها مع العناصر العمودية من النظام الإنشائي، فمن الضروري أن يتم توزيع فتحات المبنى بالطريقة الصحيحة التي لا تؤدي إلى تركيز القوى الزلزالية في جزء منه دون الآخر، وكذلك لتجنب حدوث الإنقطاع بين طوابق المبنى المختلفة.

ب. الإسقاطات في المخطط الأفقي:

يحدد الشكل المعماري قوة المبنى ومتانته ويعود سبب ذلك إلى إن السلوك الزلزالي للمبنى يعتمد بالدرجة الأولى على شكله (Harmankaya and Asena, 2012,p.44)، فإذا كان المخطط الأفقي للمبنى ذو شكل مركب أو غير منتظم، فإن ذلك يؤدي إلى تركز قوى الشد في أجزاء معينة من المخطط دون الإخرى وخاصةً عند الأركان وذلك بسبب قوى الزلازل (Inan, 2011, p.310)

وتعرّف على انها الإسقاطات الناتجة عن المخططات الأفقية ذات الأشكال غير المنتظمة والمحتوية على أشكال بارزة بزاوية أكثر من °180على مستوى المحاور الرئيسية (المحور السيني)، وتكون الكتل بارزة عن الكتلة الأصلية للمخطط بنسبة تتعدى 20% (Harmankaya and Asena, 2012,p.45)، كما في الشكل (5).



الشكل (5) يوضح مفهوم الاسقاطات في المخطط الافقي
المصدر: (Inan , 2011 , p.310)

ومن أهم الأسباب التي تؤدي إلى حدوث إسقاطات على مستوى المخطط الأفقي هي (Inan، 2011، p.310).

- الأبنية التي تحتوي على كتل بارزة في جوانبها بشكل يشبه الأجنحة، حيث تسبب هذه الكتل تعرض المبنى لقوى الإلتواء والتي تؤدي إلى تشوه شكل المبنى وذلك نتيجة تحركها بإتجاهات مختلفة، اذ يُفضل فصل هذه الكتل عن الكتلة الرئيسية للمبنى بإستخدام المفاصل الزلزالية.
- تركز الإجهادات عند العقد في زوايا المبنى والتي يتم معالجتها عن طريق تقوية زوايا المبنى بإستخدام جدران القص الكونكريتية فيها، أو بأستخدام المفاصل الزلزالية للفصل بين الكتل ومنع عدم الإنتظام.

نستنتج مما تقدم إن الإسقاطات على مستوى المخطط الأفقي يعود سببها إلى عدم الإنتظام في الشكل، ولما كان التصميم المعماري يعكس النواحي الجمالية والوظيفية، فمن الصعوبة أن تكون جميع الأبنية المقاومة للزلازل ذات أشكال متناظرة وبسيطة نظراً لإختلاف وظيفتها بالأضافة إلى أهمية الناحية الجمالية التي يبحث عنها المصمم، لذلك فهو يلجأ إلى إستخدام الاشكال غير المنتظمة أو المعقدة (وخاصة الحرة منها) والتي تعكس الناحية الرمزية وتضيف سمة الجمال على التصميم، ولما كان شكل المبنى هو الذي يحدد السلوك الزلزالي له، والمقاومة الزلزالية للمباني البسيطة والمتناظرة أقوى وأفضل من المباني غير المنتظمة، لذا

يجب تزويد الأبنية غير المنتظمة بالحلول الإنشائية اللازمة لمنع حدوث الإسقاطات على مستوى المخطط الأفقي.

3-2-2 الإعتبارات التصميمية على مستوى الواجهات:

يحرص المعماري عند تصميم واجهات الأبنية على التباين في معالجاتها تبعاً لتوجيه المبنى والنواحي الوظيفية له بالإضافة إلى النواحي الرمزية والجمالية، متناسياً أهمية مراعاة المخاطر الزلزالية عند تصميم الابنية لمقاومة الزلازل، وقبل التطرق إلى أهم الجوانب التي يجب مراعاتها عند تصميم الواجهات يجب الاشارة الى اهمية ارتفاع المبنى عند التصميم المقاوم للزلازل، اذ يعتبر ارتفاع المبنى احد المحددات الرئيسية المؤثرة في مقاومة المبنى للتأثير الزلزالي، فكلما إزداد إرتفاع المبنى كلما إزدادت إحتمالية تعرضة للقوى والإجهادات الزلزالية، الأمر الذي يتطلب دراسة أهمية هذا الإرتفاع من الناحية التصميمية وما إذا كان المبنى ناطحة سحاب أو مبنى متعدد الطوابق، إذ إن لكل منها نظام إنشائي ومعالجة إنشائية يتم تحديدها على أساس إرتفاع المبنى المفروض، ومتطلباته الإنشائية والوظيفية (FEMA,2006,P.454).

يتضح مما سبق إن من أهم العوامل المحددة للتأثير الزلزالي على المبنى هو إرتفاعه، حيث كلما إزداد إرتفاع المبنى كلما إزدادت التأثيرات الزلزالية عليه مما يتوجب مراعاة الإرتفاع كمحدد أساسي عند تصميم الأبنية المقاومة للزلازل.

أما بالنسبة لإعتبارات تصميم واجهات الأبنية المقاومة للزلازل فتتلخص بما يأتي:

1-3-2-2 الواجهات المنتظمة :

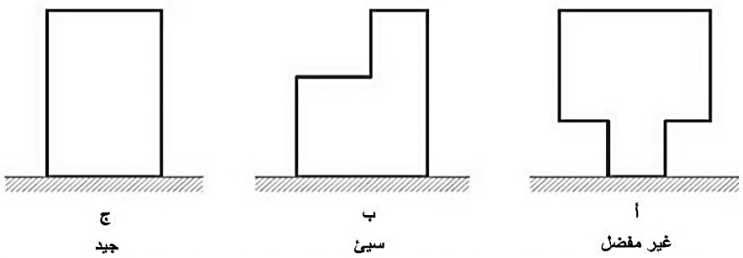
1 - فتحات الشبابيك في الواجهات وتصميم المبنى:

كثيراً من الأحيان ولأغراض وظيفية وجمالية بالإضافة إلى الأغراض البيئية من توجيه المبنى للحصول على الإنارة والتهوية الطبيعية، يتم تزويد الواجهة الأمامية من المبنى بمجموعة من الفتحات، أما بالنسبة للواجهات الاخرى فتكون الواجهة الخلفية والتي تتجه في الغالب بالإتجاه الجنوبي محتويةً على عدد أقل من الفتحات وتكون الواجهات الجانبية خالية من الفتحات وذلك لإحاطة المبنى بالمجاورات، الأمر الذي يؤدي إلى ضعف

الواجهة الامامية بالنسبة للواجهة الخلفية والواجهات الجنوبية الاخرى (الفوال، 2014،،ص-49ص50)، مما يؤدي إلى تعرض المبنى لقوى الإلتواء الناتجة عن تباين القوة في واجهات الأبنية، والتي تنتج عنها تصدعات المبنى وإنهياره، ولمعالجة هذه الحالة يتم المساواة بين القوى المختلفة في واجهات الأبنية، وذلك بزيادة عدد الفتحات في الواجهات الخلفية أو بتقليل عدد الفتحات في الواجهة الأمامية لتحقيق التساوي بالقوى بين واجهات المبنى المختلفة (البطوط، 2000، ص-55ص57).

نستنتج مما سبق إنه كلما زادت الفتحات في واجهات المبنى وكلما قلت مقاومة المبنى للإجهادات الزلزالية، وخصوصاً بالنسبة للواجهات الأمامية وذلك لإنها تحتوي في الغالب على عدد كبير من الفتحات بالمقارنةً مع واجهات المبنى الإخرى، الأمر الذي يتطلب دراسة الفتحات ليس من الناحية التصميمية فحسب وإنما من الناحية الإنشائية، لغرض تحقيق التوازن بين الواجهات المختلفة للمبنى لتجنب تعرضه إلى الأضرار الناتجة عن التأثيرات الزلزالية والتي تكون مدمرة في بعض الاحيان.

2 - عندما تكون واجهة المباني مختلفة في الإرتفاع فأن الأمر يتطلب إستخدام مفاصل الهطول التي تفصل الكتل بعضها عن البعض، وكما موضح في الشكل(6).



شكل (6) يوضح نماذج لواجهات المباني حيث ان أ: يمثل إنموذج غير مفضل ، ب: يمثل النموذج السيئ ، ج: يمثل النموذج الجيد
المصدر: (مدونة الزلازل العراقية ، 2017، ف3،ص47)

3 - أما الأبنية التي يزيد فيها بعد الواجهة من الأعلى عن بعدها من الأسفل سواء كانت هذه الزيادة من جانب واحد أو من جانبين (كما موضع في الشكل6 أ) فهي من الواجهات التي يجب الإبتعاد عنها بالإضافة إلى الواجهات التي يقل فيها عرض الواجهة من الأعلى بصورة كبيرة عن العرض من الأسفل (كما موضح في الشكل6 ب)، ومن الجدير

بالذكر إنه في حالة ورود تفصيل للواجهة غير جيد فإن ذلك لا يشير إلى عدم إمكانية إستخدامه ولكنه لا يؤدي غايته التصميمة من ناحية المقاومة الزلزالية فضلاً عن الناحية الإقتصادية (مدونة الزلازل العراقية، 2017، ص45 – ص46).

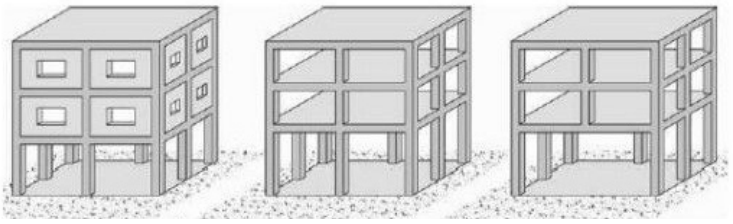
4 – عند تصميم الواجهة في الأبنية المتعددة الطوابق فإنه من المفضل عدم الرجوع في الطوابق العليا للواجهة عن الطوابق السفلى ضمن حدود الكتلة الواحدة، وإن كانت هنالك حاجة ملحة لهذا الرجوع فيجب أن لا تزيد مسافة ذلك الرجوع عن ربع المسافة الأصلية (مدونة الزلازل العراقية، 2017، ف3،ص45 – ص46).

5 – عند إنشاء المبنى على نوعين مختلفين من التربة تزيد قابلية تحمل أحداهما على ضعف قابلية تحمل الأخرى، أو في حالة إستخدام أسس سطحية وأسس عميقة لتشييد المبنى عليها، ففي هذه الحالة يجب اللجوء إلى إستخدام مفاصل الهطول التي تكون مستمرة في الأساس أيضا، حيث تمر فوق نقطة تغير التربة أو تغير الأساس أذ تكون كل كتلة من الكتل التي لا تحتوي على المفاصل تستند على تربة متجانسة محتوية على أسس متجانسة. (الكود العربي الموحد للمباني والمنشآت المقاومة للزلازل، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب،2005).

2-2-3-2 في الواجهات غير المنتظمة :

1. عند إختلاف إرتفاعات الكتل في الواجهة واذا كانت الحاجة ملحة لذلك، يمكن الإستغناء عن مفاصل الهطول ولكن بشرط أن لايقل إرتفاع الكتلة ذات الإرتفاع الأقل عن ثلثي إرتفاع الكتلة الأعلى منها والمجاورة لها وذلك عند البناء على التربة الإعتيادية أو لايقل عن نصف إرتفاع الكتلة الأعلى منها والمجاورة لها في حالة البناء على تربة صخرية، ويمكن الإستغناء عن المفاصل تماماً عند إستخدام الركائز، وذلك بعد إستحصال موافقة إستشاري التربة. (الكود العربي الموحد للمباني والمنشأت المقاومة للزلازل، مجلس وزراء الإسكان والتعمير العرب، 2005).
2. وجود الطوابق الرخوة والطوابق الضعيفة في الأبنية المتعددة الطوابق (والتي تحصل عادةً عندما يكون أحد طوابق المبنى أضعف من الطابق الأعلى منه في

منظور القوى الزلزالية) أما الطوابق الرخوة فتعرف على إنها الإزاحة النسبية للمبنى بفعل التأثير الزلزالي (Inan، 2014، p.p. 312_313)، فإذا كان هناك طابق رخو في المبنى، فأن مجموع النزوح النسبي للمبنى يجب أن يكون في الطوابق العليا من المبنى، والذي يحدث عادةً في طابق واحد فقط وهو الطابق الرخو، أن إحتواء المبنى على طابق رخو أو طابق ضعيف يؤدي إلى تعرض المبنى لإزاحة غير متوقعة، الأمر الذي يعرض المبنى إلى الإنهيار بشكلٍ تام،(Harmankaya and Asena،2012،p.44).



ج- الطوابق العليا طوابق رخوة لان لعدم إستمرار إمتداد الأعمدة من الطابق الأرضي إلى الطوابق العليا	ب- الطوابق العليا أضعف من الطابق الأرضي لان الأعمدة فيها أقصر من أعمدة الطابق الأرضي	أ- الطابق الارضي أضعف من الطوابق العليا لكونها مغلفة بالطابوق

الشكل (7) يوضح تأثر الطوابق الضعيفة والطوابق الرخوة على المقاومة الزلزالية للمبنى
المصدر Harmankaya and Asena ,2012,p.44

ولتقليل أخطار الطوابق الضعيفة أو الطوابق الرخوة يتم إتباع ما يأتي:

أ - إضافة الإطارات القطرية (bracing elements) والتي تعمل على تقوية الأعمدة والهيكل الإنشائي والمحافظة على قوة طوابق المبنى (Inan, 2014, p.p.312-315).

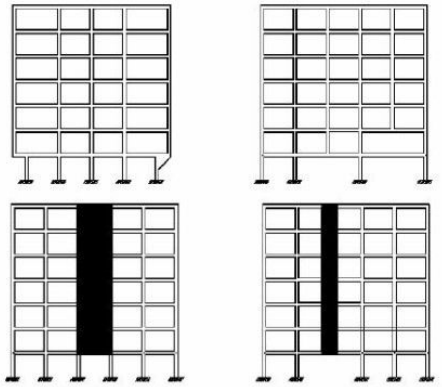
ب - إبقاء محيط المخطط الأفقي مفتوح وتدعيم المساحات الداخلية بالإطارات القطرية.

ج - زيادة متانة وإعداد الأعمدة في الطابق الأرضي لضمان إستقرارية قاعدة المنشأ القطرية.

د - إستخدام الأعمدة ذات التيجان المقوسة أو المتدرجة لزيادة صلابتها (Inan, 2014, p.p.312-315).

هـ- التأكيد على متانة الطابق الأول بإعتباره قاعدة أساسية لهيكل إنشائي ذو أساس ثقيل (Harmankaya and Asena,2012,p.45)،

3. الإنقطاع الحاصل على مستوى العناصر الإنشائية العمودية والذي يحصل عادةً في حالة إعتراض القوى لمسارات القوى الزلزالية عند إنتقالها خلال العناصر الإنشائية العمودية، إذ يجب في الأبنية المتعددة الطوابق أن تستمر الأعمدة وجدران القص الكونكريتية من الطابق الأرضي إلى الطوابق العليا، فأذا تم إزالة أحد الأعمدة وخصوصاً في الطوابق الأرضية يؤدي ذلك إلى حدوث مشاكل كبيرة في إستقرارية المنشأ الأمر الذي يتطلب إستخدام الروافد لنقل تلك الأحمال وتوزيعها على باقي العناصر الإنشائية للتعامل مع هذا الانقطاع (Harmankaya and Asena,2012,p.45).



الشكل (8) يوضح الإنقطاع الحاصل في العناصر الإنشائية العمودية في الأبنية المتعددة الطوابق المصدر : (Inan, 2014, p.p.312-315)

يتضح مما تقدم ان التأثير الزلزالي على مستوى الواجهات يعتمد على انتظام الواجهة من عدمه، فالواجهات المنتظمة تكون اقل عرضةً للتأثيرات الزلزالية واكثر مقاومةً لها، اما الواجهات غير المنتظمة تكون ذات مقاومة زلزالية قليلة بالمقارنة مع الواجهات المنتظمة مما يعرض المبنى الى خطر الإنهيار الكلي أو الجزئي إذا لم يتم تدعيمها بالحلول الإنشائية الصحيحة والتي تعمل على المحافظة على إتزان المبنى بالإضافة إلى تحقيق الناحية الرمزية والجمالية التي يسعى لها المعماري.

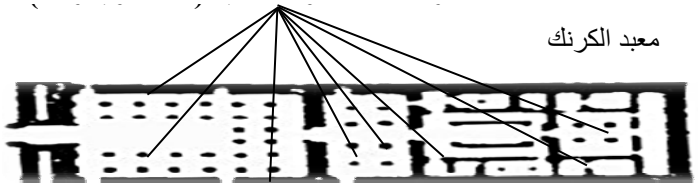
2-2-4 الإعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الانشائية :

يحدد عمل المعماري عند تصميم أي مبنى بوظيفته، وشكله، وإختيار نوع النظام الإنشائي، ولمّا كان الشكل يعرّف على إنه إرتباط الكتلة البنائية بالبيئة المحيطة بها، أو المظهر الخارجي الذي يحدد المبنى بشكلٍ عام فهو يمثل عمل المصمم على المستوى الخارجي من المبنى، والذي يعكس النواحي الجمالية والتعبيرية، أما الوظيفة فهي عملية تنظيم الفضاء الداخلي وفقاً لما يخدم إحتياجات الشاغلين، فالنظام الإنشائي عبارة عن مجموعة من العناصر التي تحمل المبنى وتنقل الأحمال والقوى إلى الأرض، وعليه فإن عملية التصميم المقاوم للزلازل لا تقتصر على إختيار نوع النظام الإنشائي المناسب فقط، وإنما ترتبط بالعناصر الإنشائية الداعمة لهذا النظام، وترتبط هذه العناصر بمجموعة من الإعتبارت التصميمية التي يجب أخذها بنظر الإعتبار عند التصميم الزلزالي للمبنى والتي تقسم إلى: (Piekarski, Filipowski,2016, p. 1453)

2-2-4-1 إعتبارات العناصر الإنشائية في الأبنية المنتظمة :

أ- توزيع العناصر الإنشائية في المخطط الافقي وكثافتها:

يعتبر النظام الإنشائي من أهم محددات مقاومة المبنى لقوى الزلازل، حيث إن توزيع عناصر النظام الإنشائي بالإضافة إلى الكثافة الإنشائية (وهي عبارة عن المساحة الكلية للعناصر الإنشائية مقسومةً على المساحة الكلية للمبنى) هي التي تحدد مدى مقاومة المبنى للقوى الزلزالية، فالأبنية القديمة التي لازالت قائمة لحد الأن وإستطاعت أن تقاوم الزلازل عند الرجوع إليها نجد الكثافة الإنشائية لعناصرها تصل إلى 40% كما في معبد الكرنك في الأقصر مصر وتاج محل في الهند.



شكل (9) يوضح نسبه الكثافة الإنشائية في معبد الكرنك تصل إلى 40 %
المصدر : (البطوط، 2000،ص31)

أما بالنسبة للأبنية المعاصرة فنلاحظ إن الكثافة الإنشائية لها تكون قليلة جداً حيث تصل تقريبا إلى 2% الأمر الذي يؤدي إلى عدم صمودها أمام قوى الزلازل، مما يؤدي إلى إنهيارها نتيجةً لقلة الكثافة الإنشائية لها وطريقة توزيع عناصرها الإنشائية بصورة لايمكنها مقاومة القوى الزلزالية بالشكل الصحيح، تعد عملية توزيع عناصر النظام الإنشائي من أهم العوامل المحددة لمدى مقاومة المبنى للتأثير الزلزالي، لذا فإن للكثافة الإنشائية أهمية كبيرة لبيان مقدار مقاومة المبنى للزلازل، فكلما إزدادت الكثافة الإنشائية للمبنى كلما إزداد مقدار مقاومته للتأثير الزلزالي، لذلك نجد إن الأبنية القديمة لازالت صامدة لوقتنا الحاضر على الرغم من تعرض المناطق المتواجدة فيها لتأثيرات زلزالية عالية،(البطوط، 2000، ص30 – ص31).

ب – توقيع الفضاءات ذات المعدات الثقيلة:

من العوامل الاخرى التي تؤثر على المقاومة الزلزالية للمبنى هي توقيع الفضاءات فيه، فمن الضروري بالنسبة المعماري أن يحدد مواقع المعدات الثقيلة كغرف الأرشيف وقاعات الإجتماعات والمسابح في الطوابق الدنيا من المبنى للتقليل من تأثير قوى الإنحناء والقص الناتجة عن التأثير الزلزالي والتي تؤثر على الهيكل الإنشائي للمبنى، فيزداد إتزان المبنى وبالتالي تقل الحاجة إلى الحلول الإنشائية المقاومة للزلازل (Giuliani, 2000, p.3).

نستنتج مما تقدم أهمية توقيع الفضاءات ذات الأوزان الثقيلة في الطوابق الدنيا من المبنى، نتيجةً لتناسب القوى الزلزالية مع ارتفاع المبنى طردياً، فأذا تم توقيع هذه الفضاءات في الطوابق العليا من المبنى، فأن ذراع القوة يزداد الأمر الذي يؤدي إلى زيادة قوى الإنحناء والقص التي يتعرض لها المبنى مما يؤدي إلى إنهياره بشكلٍ كامل عند تعرضه للتأثير الزلزالي.

ج – الكتل المثبتة من طرف واحد Cantilever:

يتم إستخدام هذا النوع من الكتل الإنشائية في بعض التصاميم وذلك لإعطاء المبنى جمالية أكثر وخاصةً على مستوى الواجهات، حيث تستخدم لإبراز الكتل في الطوابق العليا من المبنى كالبالكونات والشرفات، ولكن يكون تأثير هذه الكتل سلبياً على المبنى في حالة تعرضه لقوى الزلازل، وذلك لعدم تنفيذها حسب شروط وضوابط التصميم الزلزالي الخاص بهذا النوع من العناصر الإنشائية، وخاصةً عندما تكون هذه الكتل بارزة عن كتله

المبنى الرئيسية بمسافة كبيرة، الأمر الذي يؤدي إلى تعرضها إلى قوى زلزالية تؤدي الي إنهيار المبنى بشكلٍ كامل (الفوال، 2014، ص 69)، ويمكن معالجة هكذا نوع من الكتل عن طريق إستخدام بعض المعالجات الإنشائية المتمثلة بالعناصر الشدية التي تعمل على التقليل من أحمال هذه الكتل على المبنى، أو بإستخدام جدران القص لهذه البروزات التي تتحمل أوزان هذه الكتل، أو بإستخدام عناصر التقوية القطرية التي تكون من الخرسانة المسلحة ويتم وضعها في الجدران الجانبية (الدبيك، 2010، ص.85).

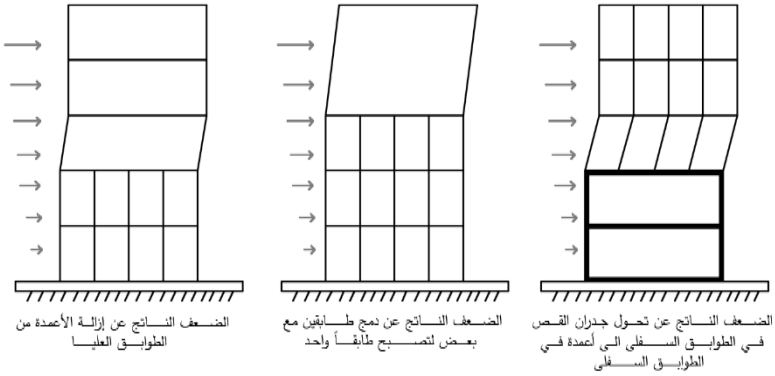
2-2-4-2 إعتبارات العناصر الإنشائية في الأبنية غير المنتظمة

أ - الأنظمة الإنشائية في الأبنية غير المنتظمة:

عند تصميم الأبنية ولأغراض جمالية تكون الأبنية الناتجة ليس فيها محور صريح يتم توزيع عناصر الأنظمة الإنشائية على أساسه،او تكون الابنية الناتجة متناظرة لكنها ذات توزيع انشائي غير منتظم او نتيجة لأحتواء المبنى على اكثر من نظام انشائي موزعة بصورة عشوائية تؤدي الى إضعاف مقاومة المبنى للأحمال المسلطه عليه، وكذلك إذا ما كانت الأرض التي يقام عليها المبنى غير منتظمة، فالشكل الناتج للمبنى يكون غير متناظراً اوغير منتظم، الأمر الذي يؤدي إلى تعرض المبنى إلى قوى إلتواء تحدث نتيجةً لإستخدام أنظمة أنشائية غير مدروسة من ناحية مقاومة القوى الزلزالية، وإنما تقتصر وظيفتها فقط على مقاومة ألاحمال الحية والميتة. ولغرض معالجة هذه الحالة في الأبنية غير المنتظمة تم إستحداث مجموعة من الحلول الإنشائية التي تعمل على زيادة قوة الهيكل الانشائي كما في إستخدام جدران القص في أطراف المبنى التي تقوم على زيادة قوة المبنى ومقاومة قوى الإلتواء التي يتعرض لها (الدبيك، 2010، ص.58)

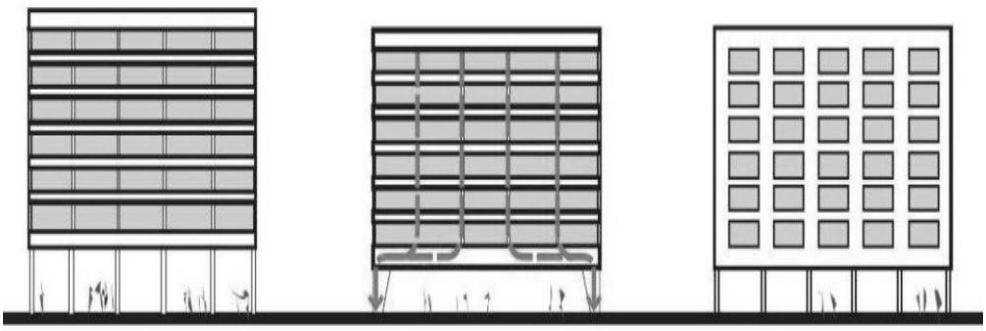
ب - الضعف الحاصل في الهيكل الانشائي:

يحصل في بعض الأحيان وخاصةً في الأبنية متعددة الطوابق ضعف في الهيكل الانشائي ويكون لهذا الضعف عدة أسباب منها إزالة بعض أعمدة الهيكل الإنشائي في الطوابق العليا أو دمج طابقين لتصبحا طابقاً واحداً أو نتيجة لتحول جدران القص في الطوابق السفلى من المبنى إلى أعمدة في الطوابق العليا، مما يؤدي إلى حدوث إنحراف في الهيكل الإنشائي للمبنى الأمر الذي يؤدي إلى إنهيار المبنى بشكل تام. كما في شكل (10).



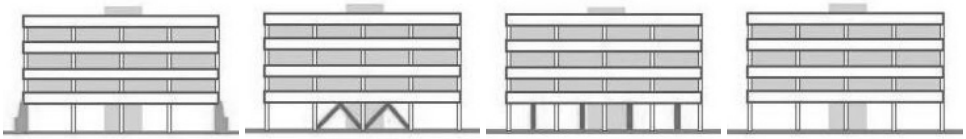
الشكل(10) يوضح إنحراف الهيكل الإنشائي في الطابق الضعيف من المبنى المصدر: الباحث

و يعزى أحياناً سبب الضعف الحاصل في المبنى نتيجةً لعدم الإستمرارية في إنتقال الأحمال من أعلى المبنى إلى الاسفل وذلك نتيجه لنقصان في عدد الأعمدة في الطابق الأرضي لأغراض جمالية أو نتيجة لثقل الهيكل الإنشائي في الطوابق العليا مما يؤدي الي تسليط قوى كبيرة على الأعمدة في الطابق الأرضي، وكما في الشكل(11) (Hugo Bachman, 2002).



شكل (11) يوضح أسباب الضعف الحاصل في الهيكل الإنشائي
المصدر: (Fema , 2006, p454)

ويمكن حل مشكلة عدم الإستمرارية في إنتقال الأحمال من أعلى المبنى إلى الأسفل وذلك عن طريق إضافة أعمدة أو دعامات في الطوابق السفلية التي تعمل على تقوية الطابق الأرضي وتساعد في إنتقال الأحمال إلى الأسس بحيث تؤدي إلى إنتقال الأحمال إلى الأسفل بصورة صحيحة. كما هو موضح في الشكل (12) (Fema, 2006, p454)



شكل (12) يوضح الحلول المستخدمة لاعادة توزيع الاحمال بصورة صحيحة
المصدر: (Fema , 2006, p454)

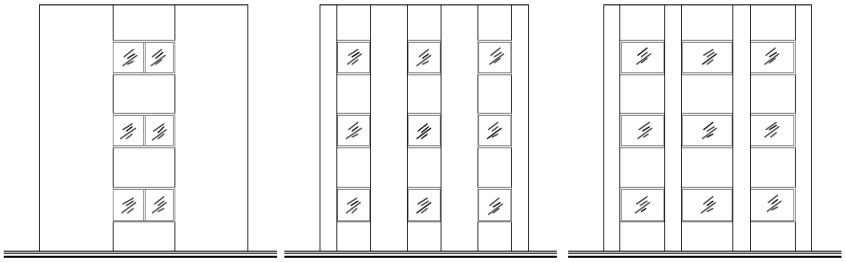
جـــ _ اختلاف صلابة الهيكل الانشائي للمبنى:

يعـزى سـبب إختلاف صلابة المنشـأ إلـى وجوده فـي موقع منحـدر كالجبال مما يـؤدي إلـى أن يكـون المبنـى مختلـف فـي صلابـة هيكلـه الإنشـائي نتيجـة للإختلاف الحاصـل فـي مسـتويات أساسـاته، حيث يكـون جزءاً مـن المبنى مسـتنداً علـى أعمدة وجـزءاً آخراً مسـتقراً على صخـور الجبل وذلك نتيجـةً لأنحـدار الأرض، أي إنها لا تكون مسـتوية، ويمكـن معالجـة ذالـك امـا عـن طريـق تعزيـز النظـام الانشـائي بعناصـر انشـائية افقيـة تعمـل علـى الربـط بين الاجـزاء المدرجـة من الهيـكل الانشـائي وتعزز مـن صلابـة النظـام الانشـائي أو عن طريـق تسـوية الارض المنحدرة لضمـان ان يكون اسـاس المبنـى مسـتقراً على ارض مسـتوية مما يؤدي إلـى ضمان عـدم اختلاف صلابة الهيكل الانشائي الناتج عن انحدار الارض (Duggal,2014,p.157).

نستنتج مما سبق إن أحد الأسباب التي تؤدي إلى حدوث إختلاف في صلابة الهيكل الإنشائي هي إختلاف قاعدة أستناد المبنى، والناتجة عن تواجد المبنى على نوعين من أنواع التربة وفي هذه الحالة من الضروري إستخدام مفاصل الهطول والتي تكون ممتدة إلى الأسس لغرض التخلص من الضعف الحاصل، أو عن طريق تسوية الأرض لتوحيد التربة التي يُنشأ عليها المبنى.

بالاضافة إلى ماتقدم يعزى سبب الاختلاف في صلابة المنشأ إلى إحتواء المبنى على طابق وسطي، الأمر الذي يؤدي إلى إن يكون هذا الطابق ذو أعمدة أقل إرتفاعاً من باقي الطوابق، وتكون هذه الاعمدة أكثر صلابةً وقوةً من الأعمدة الطويلة، ويمكن تجاوز هذه المشكلة بإضافة دعامات في الطوابق الأخرى والتي تعمل على زيادة قوة الأعمدة الطويلة، أو بزيادة سماكة الأعمدة الطويلة وتدعيمها بالعناصر الإنشائية الإفقية التي تعمل على تقوية هذه الأعمدة لتصبح بقوة الأعمدة القصيرة، (Duggal,2014,p.157).

ومن الأسباب الإخرى التي تؤدي إلى إختلاف صلابة الهيكل الإنشائي هي الفتحات الموجودة في جدران القص والتي يتم وضعها من قبل المعماري لأغراض تصميمية، فكلما زادت عدد الفتحات في الواجهة كلما ادى ذلك إلى إضعاف قوة الجدار وصلابته (عابدين، 2004،ص263)، كما هو موضح في الشكل (13).



فتحات انشائية كبيرة وكثيرة ، تؤدي الى ضعف المقاومة الزلزالية للمبنى

زيادة في عدد الفتحات الانشائية ، يصاحبة في زيادة في ضعف جدران المبنى

فتحات انشائية قليلة ، لاتؤثر في مواجهة المبنى للقوى الزلزالية

شكل (13) يوضح الضعف الحاصل في جدران القص كلما إزدادت عدد الفتحات فيه
المصدر : (عابدين ، 2004 ،ص 263)

نستنتج مما تقدم أهمية الانتباه الى عدد الفتحات الموجودة في واجهات المبنى ومواقعها، إذ كلما إزدادت عدد الفتحات كلما ضعفت المقاومة الزلزالية للمبنى.

د – إستخدام أعمدة قصيرة في الهيكل الإنشائي:

يلجأ المصمم في بعض الأحيان إلى إستخدام أعمدة قصيرة في الهيكل الإنشائي بدلاً من إستخدام الأعمدة الطويلة، ويعود سبب ذلك إلى إن الأعمدة القصيرة تكون أكثر تحملاً للقوى المسلطة عليها فتعطي إتزاناً وإستقراراً للمبنى، ولكن هذا ينطبق على القوى العمودية فقط. أما في حالة تعرض المبنى إلى قوى أفقية كقوة الرياح وقوى الزلازل فإن الأعمدة القصيرة ستكون أحد أهم العوامل التي تؤثر على إنهيار المبنى وذلك لأنها تتعرض إلى قوى زلزالية أكثر من الأعمدة الطويلة لكونها أكثر صلابة منها، إذ إن القوى الزلزالية تؤثر على العناصر الإنشائية حسب صلابتها، فكلما إزادت صلابة العنصر الإنشائي كلما أدى إلى تعرضها إلى قوى زلزالية أكبر، ولما كانت صلابة العمود ذات علاقة عكسية مع طوله، (حيث إنها تتناسب عكسياً مع مكعب أرتفاع العمود)، فكلما قل إرتفاع العمود كلما زادت مقدار صلابته وزاد القوة الزلزالية المؤثرة عليه، (Inan,2014,p.315)، وللتقليل من تأثير إستخدام الأعمدة القصيرة يمكن تعزيزها بإستخدام عناصر التقوية الأفقية والتي تعمل على زيادة قوة هذه الأعمدة وربطها بعضها مع البعض، وكذلك يمكن تحويل هذه الأعمدة إلى جدران قص كونكريتية، بالإضافة إلى زيادة قوتهاعن طريق ملئ الفجوات بين تلك الأعمدة بالجدران والتي تعمل على التقليل من تأثير القوى الأفقية للزلازل، إذ إن من الضروري المحافظة حالة التساوي في أطوال الأعمدة عند الواجهات، وإذا دعت الحاجة إلى عدم التساوي فمن الممكن الإستعانة بعناصر التقوية الأفقية التي تعمل على المساواة بين متانة الأعمدة المختلفة في الطول (Harmankaya and Asena,2012,p.46).

هـ – الأعمدة الضعيفة والجسور القوية:

عند تعرض النظام الإنشائي للتأثير الزلزالي فمن المفضل أن يكون الجسرbeam هو الجزء الذي يتعرض للتشوه والتصدع قبل العمود، إذ إن الضعف أو التشوه الذي يصيب العمود يؤثر على إستقرارية المنشأ بشكلٍ كامل، وفي الوقت نفسه فان الضعف الحاصل في الجسور يؤثر نسبياً على إستقرارية المنشأ، لذا فيجب أن تكون الجسور أكثر مرونةً من الأعمدة (الفوال، 2014،ص66 – ص67).

فأذا كانت الجسور أكثر متانةً من الأعمدة ستحدث تشوهات في الجزء الأعلى والأسفل من الأعمدة مما يجعلها قابلة للإنحناء، وستفقد بسهولة إستقرارها وثباتها، الأمر الذي

سيضعف من مقاومة المبنى، أما إذا كانت الأعمدة أكثر صلابةً من الجسور فأن التشوهات الناتجة عن تعرض المبنى للتأثير الزلزالي سوف تصيب نهايات الجسور، حيث يمكن لهذه الجسور إمتصاص قدر كبير من القوى الزلزالية والتعرض إلى التصدع دون حدوث خسائر جسيمة على مستوى المبنى ككل، حيث إن إرتباط الأعمدة بالجسر يجب أن يتعرض إلى التشوه قبل إنهيار الطابق الناتج عن أنهيار الأعمدة (Harmankaya and Asena,2012,p.46)، إذ يمكن التخلص من هذه المشكلة عن طريق إختيار الحجم الصحيح للعمود وزيادة متانته بإستخدام القدر الكافي من حديد التسليح داخل الأعمدة (Inan,2014,p.315).

نستنتج مما تقدم ان استقرارية المبنى ومقاومته الزلزالية تعتمد على الاعمدة المكونة للنظام الانشائي، فعلى المعماري أن يعرف أن العمود الضعيف والجسر القوي ليس مفضلاً عند تصميم الأبنية المقاومة للزلازل، وانما يجب ان يكون العمود اقوى من الجسر لتحقيق المقاومة الزلزالية الامثل للمبنى، وضمان استقرارية المنشأ عند حدوث الزلازل.

وقد تطرق بعض الباحثين الى اعتباراتٍ اخرى لمقاومة الزلازل في الابنية وهي التأثير الزلزالي على الابنية والذي يحدث عادةً نتيجةً لعدم ترك المسافات الزلزالية اللازمة بين الأبنية المتجاورة أو لإنعدامها، وقد يحدث إيضاً في أجزاء مختلفة من نفس المبنى، وهناك عدة أسباب تؤدي إلى هذا الإختلاف وتتمثل بالتربة الضعيفة، المخطط غير المنتظم، حيث ان الأبنية ذات المخططات غير المنتظمة تكون عرضة لتأثير قوى الإلتواء الناتجة عن التأثير الزلزالي، والتي يعود سببها إلى عدم وجود المفاصل الزلزالية في هذه المخططات، لهذا فمن الضروري أن يكون الحد الأدنى من المفاصل الزلزالية هو 3 سم لمبنى ذو إرتفاع يصل إلى 6 طوابق، ومن ثم يضاف 1 سم لكل 3 متر من الإرتفاع ومن الجدير بالذكر إن المفاصل الزلزالية يجب أن يتم وضعها بين الأبنية المتجاورة وكذلك بين الأبنية القديمة والجديدة سواء ان كانت منتظمة او غير منتظمة، فضلاً عن أهمية مسافة المفصل الزلزالي (Inan, 2011, p.316)

نستنتج مما تقدم إن المفاصل الزلزالية بين الأبنية أحد العوامل التي تؤثر على الإداء الزلزالي للأبنية بالإضافة إلى تأثيرها على الأبنية المجاورة لها، فإذا كانت الأبنية متلاصقة

بعضها مع بعض فإن ذلك يؤدي إلى ضعف الإداء الزلزالي لها فضلاً عن أهمية النظر إلى إرتباط المفاصل الزلزالية بإرتفاع المبنى، أي كلما إزداد إرتفاع المبنى كلما إزدادت مسافة المفصل الزلزالي بين الأبنية المتجاورة.

3-2 إستخلاص مفردات الاطار النظري

بعد ان تم التطرق الى الاعتبارات التصميمية المعتمدة في تصميم الابنية المقاومة للزلازل والمستخلصة من مجموعة من الدراسات السابقة، تمكن البحث من استخلاص مجموعة من المفردات المرتبطة بكل من الاعتبارات السابقة الذكر، والجدول (2) يوضح ذلك

جدول (2) يوضح المفردات الرئيسية والثانوية والقيم الممكنة للأطارالنظري

المصدر: الباحث

المفردة الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة			
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى شكل المبنى	الأشكال المنتظمة	أشكال بسيطة	اشكال متناظرة ذات توزيع متسأوي للأحمال	
			أشكال مركبة	أستخدام مفاصل الهبوط	
				طول الكتلة لايتجاوز 3.5 مرة بقدر عرضها	
		الأشكال غير المنتظمة	أشكال معقدة	توزيع غير متساوي للأحمال	
				أستخدام حلول إنشائية خاصة	
			أشكال غيرمتناظرة	أشكال ممتدة افقياً و عمودياً	
	الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الأفقي	مخططات بسيطة	مخططات منتظمة متناظرة		
			طول المبنى لايتجاوز 3.5 مره بقدر عرض المبنى		
			إستخدام مفاصل التمدد		
		مخططات معقدة أو غير منتظمة	مخططات ذات سلوك زلزالي ضعيف		
			الإنقطاع على مستوى طوابق المبنى وجود طوابق وسطية		موقع فتحات التهوية والسلالم عند زوايا المبنى أو بمساحة تتجاوز 1.3 من مساحة المخطط
			الإسقاطات على مستوى المخطط الإفقي تركز الأجهادات عند العقد وفي زوايا المبنى		وجود كتل بارزة عن الكتلة الأصلية

الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى الواجهات	ارتفاع المبنى	أبنية متعددة الطوابق		
			ناطحات سحاب		
		الواجهات المنتظمة	فتحات الشبابيك		واجهات ذات عدد متساوي من الفتحات
				واجهات ذات عدد مختلف من الفتحات	
			أرتفاع كتل الواجهات		واجهات ذات ارتفاعات متسأوية
				واجهات ذات ارتفاعات مختلفة	
			نسبة بعد الواجهة من الأعلى إلى بعدها من الأسفل		
			نسبة عرض الواجهة من الأعلى إلى عرضها من الأسفل		
			طوابق المبنى		بروز طوابق المبنى العليا عن الطوابق السفلى أو بروز قاعدة المبنى
				واجهات خالية من البروزات	
		الواجهات غير المنتظمة	كتل مختلفة الإرتفاع		
			الطوابق الرخوة		وجود طابق وسطي
				تقليل أرتفاع الأعمدة	
			الأنقطاع الحاصل على مستوى عناصر الأنشاء العمودية		إنقطاع الأعمدة في الطوابق العليا
				إنقطاع جدران القص في الواجهات	
	الإعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الإنشائية	نوع النظام الإنشائي	Shear wall		
			Braced frame		
			Moment resisting frame		
		توقيع الفضاءات ذات المعدات الثقيلة	تأثير زلزالي عالي		ابنية عالية – ناطحات سحاب
					توقيع المسابح وقاعات الاجتماعات في الطوابق العليا
			تأثير زلزالي واطئ		ابنية ليست عالية – متعددة طوابق
					توقيع المسابح وقاعات الاجتماعات في الطوابق السفلى
					توقيع المعدات الثقيلة في الطوابق السفلية من المبنى
		في الابنية المنتظمة	توزيع العناصر الإنشائية بشكل متساوي		
			كثافة عالية للعناصر الإنشائية		
			عدم وجود الكتل المثبتة من طرف واحد		
			التأثير الزلزالي على الابنية المتجاورة		وجود مفاصل زلزالية على مستوى المبنى
				وجود مسافات زلزالية بين الابينة المجاورة	

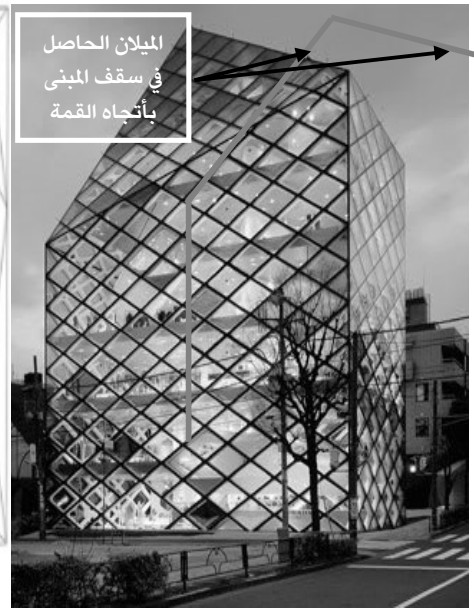
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الإنشائية			
		في الأبنية غير المنتظمة	الضعف الحاصل في الهيكل الإنشائي	الضعف على مستوى زوايا المبنى
				اختزال بعض الأعمدة من طوابق المبنى
				زيادة وزن الطوابق العليا من الهيكل الأنشائي
			اختلاف صلابة الهيكل الإنشائي	نوع التربة: مستوية
				نوع التربة: متعرجة
				وجود طوابق وسطية
				وجود فتحات في جدران الواجهات الخارجية
			التأثير الزلزالي على الأبنية المجاورة	عدم وجود مفاصل زلزالية على مستوى المبنى
				عدم وجود مسافات زلزالية بين الأبنية المجاورة
				تربة ضعيفة
				مخطط غير منتظم

3 – التطبيق العملي

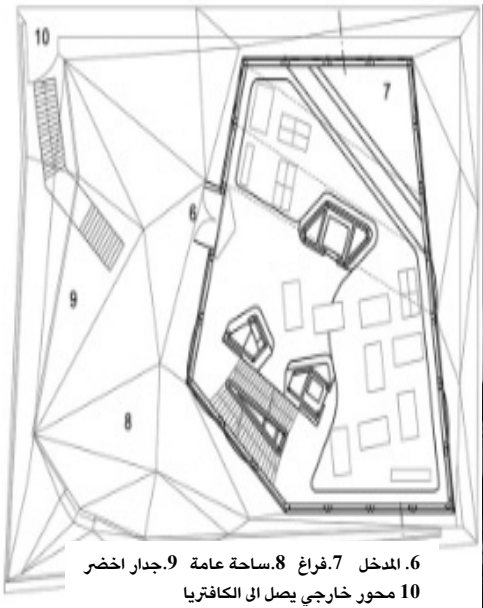
سيركز هذا المحور على تطبيق المفردة الرئيسية للأطار النظري بمفرداتها الثانوية على المشاريع المنتخبة للتوصل الى الاستنتاجات النهائية للبحث وكما يأتي:

3 – 1 مشروع (A): في اليابان Prada Boutique Aoyama

ركز المصمم على انشاء مبنى يشتمل على الرمزية والابداع معاً لكي يتناسب مع العلامة التجارية التي يمثلها (PRADA)، الامر الذي دفع المصمم الى اختيار شكل خماسي يحتوي على ستة واجهات مكونة من شبكة من الاطارات القطرية ذات تقسيمات معينية يبلغ ابعادها 3.2م عرض و2.0م ارتفاع لكل معين، وتم تغليف هذه الفتحات المعينية بنوع خاص من الزجاج المنحني، اذ ان هذه التقسيمات المعينية اكسبت المبنى طابعاً خاصاً يعتمد بشكل كبير على زاوية نظر المشاهد للمشروع، اذ يبدو هيكل المبنى اشبه بالبلورة او حجر الثمين واحياناً يبدو كالبناء القديم المهجور وخاصةً بوجود سقف المبنى المسطح المائل الذي يشبه سقوف الابنية القديمة، يتزايد الطابع المتناقض والمتغير والمتذبذب لهوية المبنى من خلال التأثير النحتي لبنيته السطحية المزججة، فالشبكة ذات الشكل المعيني على الواجهة مغطاة من جميع الجوانب بمزيج من الألواح الزجاجية المحدبة أو المقعرة أو المسطحة. تولد هذه الأشكال الهندسية انعكاسات مختلفة على مستوى الواجهات الامر الذي يمكن المشاهدين سواء من داخل المبنى او خارجه من رؤية مجموعة متغيرة من الصور للمبنى ولمنتجات شركة (PRADA) وصور مختلفة عن المدينة بالنسبة للناظر من داخل المبنى /http: //www.galinsky.com/buildings pradatokyo/،، يوضح الشكل (14) الواجهة الرئيسية للمبنى، اما الشكل (15) يوضح مخطط الطابق الارضي للمبنى، اما الشكل (16) فيوضح الهيكل الانشائي للمبنى، ويوضح الشكل (17) فهو مقطع عمودي يوضح الهيكل الانشائي للمبنى (https://moreaedesign.wordpress.com/2010/09/15/more-about-prada-aoyama-epicenter/)،

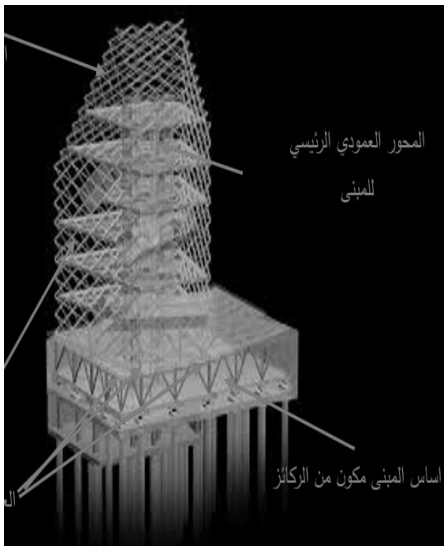


شكل(14) يوضح الواجهة الرئيسية للمبنى

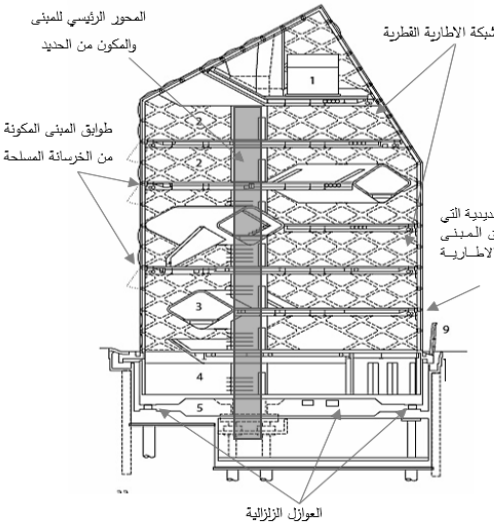


6. المدخل 7.فراغ 8.ساحة عامة 9.جدار اخضر
10 محور خارجي يصل الى الكافتريا

شكل(15) يوضح مخطط الطابق الارضي للمبنى



شكل(16) يوضح الهيكل الانشائي للمبنى



شكل (17) مقطع عمودي يوضح عناصر الهيكل الانشائي في المبنى

الاعتبارات التصميمية المتبعة في مقاومة الزلازل	
الاعتبارات التصميمية على مستوى شكل المبنى (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
عمَد المصمم الى استخدام الاشكال الهندسية البسيطة والمنتظمة فأستطاع التعبير عن فكرته التصميمية من خلال استخدام شبكة من الاطارات القطرية التي كونت الشكل العام للمبنى ، وتم تغليفها بأستخدام الالواح الزجاجية ذات الاشكال المعينية ، ولرغبة المصمم بتعدد الصور الذهنية التي تصل الى المتلقي ، أستخدم الالواح الزجاجية بأشكالٍ متعددة ، فتارة تكون مسطحة ، وتارة أخرى تكون مقعرة او محدبة في محاولة لخلق حواراً مكثفاً بين المتلقي والمبنى ، الامر الذي يعزز من جمالية المبنى وقوة فكرتة التصميمية الناتجة عن تعدد التأويلات من قبل المتلقي ، Nakai, Masayoshi,2008,p.3	اعتمد المصمم على استخدام الاشكال المنتظمة على مستوى الشكل الخارجي للمبنى اذ استخدم المصمم الاشكال الهندسية المنتظمة اما على مستوى المخطط الافقي فقد استخدم المصمم الشكل الخماسي ،والذي يحتوي على اربع محاور رئيسية مخصصة للسلالم والمصاعد والتهوية , والتي تم توزيعها بمسافات متساوية تقريباً , يعتبر المخطط الافقي للمبنى من المخططات البسيطة ذات الاشكال المتناظرة والتي تكون مقاومتها الزلزالية اكبر من الاشكال المركبة , ولا تحتاج الى حلول انشائية تستدعي اجراء تغييرات كبيرة على مستوى الشكل العام للمبنى , وانما تتماشى مع التصميم الذي تم تحديده من قبل المصمم.
الاعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الافقي (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
ان المخطط الافقي للمبنى يتسم بكونه ذو شكل هندسي بسيط خماسي الشكل وليس من الاشكال المعقدة او المركبة الامر الذي يقلل من الاجهادات الداخلية التي يتعرض اليها المبنى والناتجة من التأثيرات الزلزالية والتي تؤثر على المبنى بشكل اكبر اذا ما كان المخطط الافقي له غير منتظم كما موضح في الشكل (17) https: //archello.com/project/prada-boutique-aoyama-tokyo	يعتبر شكل المخطط الافقي من الاشكال البسيطة غير المركبة ، والتي حرص المصمم عند استخدامها على ان الايتجاوز طول كتلة المبنى 3.5 مرة بقدر عرضها الامر الذي ادى الى ان يكون المخطط من المخططات المنتظمة ذات المقاومة الزلزالية العالية

الاعتبارات التصميمية على مستوى واجهات المبنى (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
يتكون المبنى من كتلة واحدة تتخذ شكل البلورة او الحجر الثمين ,اذ يتميز سقف المبنى بميلانه نحو احد جوانب الشكل الخماسي الذي تتخذه الكتله كما موضح في الشكل (16) , الامر الذي يضيف طابعاً جمالياً متميزاً على واجهات المبنى , التي يغلب عليها التقسيمات الهندسية المغطاة بالالواح الزجاجية , تتميز واجهات المبنى المكونة من شبكة من الاطارات القطرية بتقسيماتها المعينية والمغلفة بنوع خاص من الزجاج ذو سطوح منحنية اومقعرة او محدبة , اذ ان هذه التقسيمات المعينية اكسبت المبنى طابعاً نحتياً خاصاً يتسم بالرمزية العالية والابداع ويتلائم مع العلامة التجارية التي يمثلها (Prada). https: //divisare.com/projects/336109-herzog-de-meuron-johannes-marburg-prada-aoyama	يبلغ ارتفاع المبنى 32 م لذا فهو من الابنية المتعددة الطوابق , اذ يتكون المبنى من 7 طوابق مكوّن من كتلة واحدة مغطاة بغلاف من شبكة من الاطارات القطرية ذات تقسيمات معينية متساوية في الابعاد , حيث يبلغ ارتفاع المعين الواحد 2م اما عرضه فهو 3.2 م , اما بالنسبة لشكل الكتلة ، فالمبنى يتكون من كتلة واحدة ممتددة من الطابق الارضي الى الطوابق العليا من المبنى خالية من البروزات ، متساوية في العرض من الاسفل الى الاعلى ، تحتوي على ميلان على مستوى السقف يتجه بأتجاه القمة فيتوسط سقف المبنى من الاعلى تقريباً وكما موضحة في الشكل (16).
الاعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الانشائية (الوصف العام)	**التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة**
يتكون النظام الانشائي للمبنى من شبكة حديدية من الاطارات القطرية ذات تقسيمات هندسية معينية الشكل تغلف المبنى من الخارج وترتبط بطوابق المبنى المكونة من الخرسانة المسلحة عن طريق الاطارات الحديدية المحيطة بطوابق المبنى , حيث تم تغليف كل طابق من هذه الطوابق بالاطارات الحديدية لربطها مع الشبكة القطرية المكونة للغلاف الخارجي للمبنى, وتستند هذه الطوابق على المحور العمودي الرئيسي للمبنى والممتد خلال جميع الطوابق والمكون من انابيب حديدية كما موضح في الشكل (19) ,	تم اعتماد نظام الشبكة الاطارية القطرية ذات التقسيمات الهندسية بالنسبة للأطار الخارجي للمبنى , اما طوابق المبنى فقد تم اعتماد الخرسانة المسلحة في بنائها وتم ربطها بالشبكة الاطارية عن طريق اطار حديدي يحيط بهذه الطوابق ويربطها بالشبكة الاطارية ,وقد تم تدعيمها عن طريق المحور العمودي الرئيسي للمبنى والذي يخترق جميع الطوابق وصولاً الى السرداب المكون من الاعمدة الحديدية والتي تم تدعيمها بأستخدام المساند القطرية , اما أرضية المبنى فمكونة من الخرسانة المسلحة , وبذلك فأن النظام الانشائي للمبنى هو نظام مختلط من الهيكل

اما بالنسبة لقاعدة المبنى (السرداب) فقد تم فيه استخدام الاعمدة الحديدية التي تم تدعيها بأستخدام الدعامات القطرية اما بالنسبة لأرضية السرداب فمكونة من الخرسانة المسلحة والتي يوجد تحتها العوازل المنزلقة تحت الاعمدة وعوازل الرصاص المطاطية في الاركان , اما الاحمال الافقية التي تؤثر على المبنى فتنتقل عبر شبكة الاطارات القطرية الى طوابق المبنى المكونة من الخرسانة المسلحة ومنها الى الشبكة المحيطة بالطابق الموجود تحته وصولاً الى الاطارات القطرية الموجودة في السرداب ومنها الى الاعمدة التي تم تعزيز مقاومتها الزلزالية بأستخدام العوازل المنزلقة الموجودة تحت هذه الاعمدة ، Nakai, Masayoshi,2008,p.3 ،https: //divisare.com/projects/336109-herzog-de-meuron-johannes-marburg-prada-aoyama	الحديدي ذو الاطارات القطرية والخرسانة المسلحة . تم توزيع العناصر الانشائية عن طريق تغليف المبنى من الخارج بهيكل حديدي يغلف المبنى بشكلٍ كامل وتم تدعيمه عن طرق طوابق المبنى المرتبطة به بالاضافة الى المحور الرئيسي المكون من الحديد ايضاً, وبالتالي فأن الكثافة الانشائية للمبنى عالية ولتجنب حصول ضعف في الهيكل الانشائي تم تدعيم السرداب بالدعامات الأفقية والقطرية لزيادة اتزان المبنى ومتانة الهيكل الانشائي . اما بالنسبة لتوزيع فضاءات المبنى فقد حرص المصمم على وضع المعدات الثقيلة في السرداب وكذلك الفضاءات المخصصة للخزن في الطوابق السفلى من المبنى وخصصت باقي الطوابق لفضاءات المكاتب والمقهى والفضاءات المفتوحة للحفاظ على المبنى من التأثيرات الزلزالية .

2-3 مشروع (B): Tod's Omotesando Building في اليابان

عندما اراد محل "Tod's Maca Omotesando" افتتاح مبنى جديد كانت الفكرة الاساسية من هذا المبنى هو التعبير عن فخامة عنوان العلامة التجارية، حيث قام المعماري Toyo Ito " "بأخذ هذه الناحية بنظر الاعتبار لتكوين تصميم يتسم بالابداع، حيث تم اختيار الموقع ضمن الشارع الاكثر رقياً في مدينه طوكيو وهو شارع Yoyogi للتسوق ضمن قطاع Aoyama في اليابان، اما الفكرة التصميمية فهي تكوين مبنى محاط بقشرة خارجية من الكونكريت المحتوية على فتحات للشبابيك تتخلل هذه القشرة الكونكريتية والتي تظهر بشكل فروع الاشجار لتحاكي الاشجار الموجودة في هذا الشارع، Nakai,2008,P.8 كما موضح في الشكل (18)، ويعود السبب في اختيار هذه الفكرة نتيجة للتاثير العضوي للطبيعة الموجودة خارج المبنى وخصوصاً في الاشهر الباردة عندما تسقط اوراق الاشجار وتصبح الفروع عارية، وتنعكس اشكالها على واجهات المبنى، حيث ان واجهة المبنى تعمل على محاكاة النمو الطبيعي لفروع هذه الاشجار مكونة بذلك مرآة تعكس اشكال هذه الاشجار في واجهة المبنى، ومن الجدير بالذكر ان الاحمال الافقية

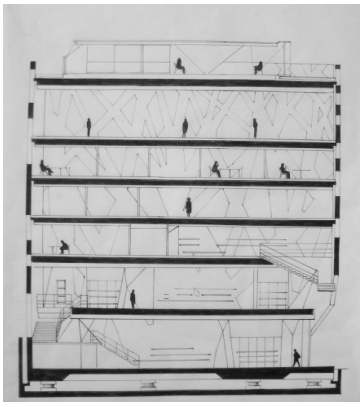
المتمثلة بأحمال الرياح واحمال الزلازل يتم مقاومتها عن طريق الجدران الكونكريتية التي تعكس شكل فروع الاشجار، (https: //en.wikiarquitectura.com/building/tods-omotesando-buiding). يوضح الشكل (19) التصميم الداخلي للمبنى، اما الشكل (20) فيوضح مقطع عمودي في المبنى، والشكل (21) يوضح مخطط الطابق الأرضي للمبنى https: //arcspace.com/feature/tods-omotesando/.

عناصر انشائية على شكل فروع الاشجار مكونة من الكونكريت وبسمك 30 سم

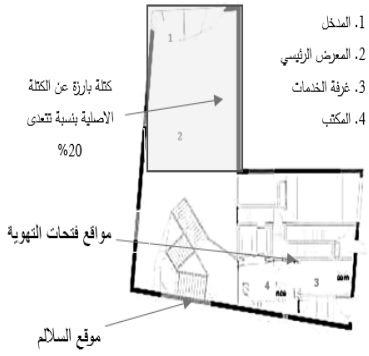
شكل (18) يوضح واجهة المبنى

عناصر انشائية على شكل فروع الاشجار مكونة من الكونكريت وبسمك 30 سم

شكل (19) يوضح التصميم الداخلي للمبنى



شكل (20) مقطع عمودي في المبنى



شكل (21) يوضح مخطط الطابق الارضي للمبنى

الأعتبارات التصميمية المتبعة في مقاومة الزلازل	
الأعتبارات التصميمية على مستوى الشكل (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
نتيجة لتأثر المصمم بالبيئة المحيطة بموقع المشروع ، والمعروفة بالأشجار النفضية ، ورغبته في تكامل المبنى مع البيئة المحيطة به ، ركز الباحث على أستخدام الأشكال الشجيرية المتفرعة على مستوى واجهات المبنى وكذلك أستخدم الأشكال المركبة على مستوى المخططات والتي تمكن من تنفيذها عن طريق أستخدام هيكل من الخرسانة المسلحة يأخذ الشكل الشجيري كما في الشكل (21) (Nakai,2008,P.8) (https: //www.arch2o.com/tods-omotesando-building-toyo-ito-associates-architects)	• أعتمد المعماري هذه الأشكال لأهمية الناحية الرمزية في هذا المبنى ،فركز المصمم على عدم تجاوز طول كتلة المبنى 3.5 مرة بقدر عرض الكتلة وذلك لتجنب تعرض المبنى لإجهادات داخليه تحدث نتيجة لتغير طبيعة الزلزال . • نتيجة لكون شكل المبنى مركب فتتطلب الإمر أستخدام طرق تحليل ديناميكية معقدة بالإضافة إلى حلول إنشائية أكثر تعقيداً نتيجة لعدم أنتظام شكل المبنى والذي يؤدي إلى التوزيع غير المتساوي للأحمال ، مما دفع المصمم والإنشائي إلى أستخدام أستراتيجية القاعدة العازلة لمقاومة التأثير الزلزالي الذي يمكن أن يتعرض اليه المبنى ، إذ لا يمكن الأستغناء عن هذه الأستراتيجية في هذا المبنى.
الأعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الأفقي (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
يتصف المخطط الافقي للمبنى بكونه غير منتظم ، الامر الذي يعرض المبنى لإخطار حقيقية ناتجة عن عدم انتظام المخطط الافقي كما موضح في الشكل (24)، مما يؤدي إلى ضعف السلوك الزلزالي للمبنى ، فلا تستطيع ان تقاوم الاحمال الزلزالية المسلطة عليها ،ويمكن الاشارة إلى اهم المشاكل التي واجهها المخطط الافقي غير المنتظم للمبنى بمايأتي : - الانقطاع على مستوى طوابق المبنى : والذي يحدد عن طريق عدد الفتحات الموجودة في المخطط الافقي للمبنى والمستخدمة لعناصر الحركة العمودية او التهوية ومدى تكاملها مع عناصر النظام الإنشائي للمبنى (Inan,2012,p.307) 2.الاسقاطات في المخطط الافقي : نتيجةً لكون المخطط الافقي للمبنى ذو شكلٍ مركب، الامر الذي يؤدي إلى تركز قوى الشد في اجزاء معينة من المخطط دون الاخرى (Inan ,2011,p.310)	• ركز المصمم على اهمية مواقع السلالم وفتحاتها بحيث لا تتجاوز النسبة المحددة لها (1: 3) من المساحة الكلية للطابق ولم يتم توقيعها في اركان المبنى ، بالإضافة إلى تقوية هذه الفتحات بأستخدام الخرسانة المسلحة . تم معالجة هذه المشكلة من قبل المصمم عن طريق الاستعانة بجدران القص الكونكريتية التي تعمل على تقوية هذه الكتلة البارزة عن كتلة المبنى الامر الذي ادى إلى تقليل احمال الالتواء التي تتركز على هذا الجزء من المبنى والتي تؤدي في اغلب الاحيان إلى حدوث تشوه في الشكل العام للمبنى .

الأعتبارات التصميمية على مستوى واجهة المبنى (الوصف العام)	التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة
يعتبر التكوين العمودي للمبنى والمتمثل بالنسبة بين ارتفاع المبنى إلى عرضه ضمن حدود النسب المقبولة التي تجعل المبنى مقاوم للاجهادات الزلزالية بشكلٍ جيد، تتصف واجهة مبنى Tod's Omotesando Building بكونها واجهة ذات شكل مستطيل متعدد الفتحات من جميع جهات المبنى ويعود سبب تعدد الفتحات لفكرة المصمم في رغبته لتوافق المبنى مع البيئة المحيطة فأخذت هذه التفرعات الشكل الشجيري لتعكس اشكال اغصان الاشجار النفظية وكما موضّح في الشكل (21)، (Martini,2015,p.5).	• يبلغ ارتفاع المبنى 27متر اما عدد طوابق المبنى فهي 4 طوابق وبذلك فأن نسبة التكوين العمودي لكتلة المبنى ضمن حدود النسب المقبولة من المعايير العالمية المحددة للتكوين العمودي لكتلة المبنى • تعتبر واجهة مبنى Tod's Omotesando Building من الواجهات المنتظمة وذلك لانها تتخذ الشكل المستطيل , وهو من الاشكال المفضلة عند تصميم الابنية المقاومة للزلازل • عدم احتواء واجهة المبنى على بروزات على مستوى الطوابق العليا من المبنى • تتميز كتل الواجهة بكونها متساوية في الارتفاع , اذ لايوجد كتلة اعلى من الاخرى • تساوي ارتفاع كتل الواجهة من الاعلى الارتفاع من الاسفل • عدم رجوع الطوابق العليا من المبنى إلى الخلف وهو ما يميز الواجهات المنتظمة تم توزيع الفتحات بشكل متوازن بين واجهات المبنى الستة لغرض تحقيق التساوي بين القوى الجانبية الناتجة عن التأثير الزلزالي والتي تتعرض اليها واجهات المبنى المختلفة .
الأعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الإنشائية للمبنى (الوصف العام)	**التحليل وفقاً لمفردات التطبيق المنتخبة**
على الرغم من كون المخطط الأفقي للمبنى ذو شكل غير منتظم الأمر الذي دفع المصمم إلى أستخدام ,الطوابق االكونكريتية المسطحة (flat reinforced concrete slab) بالإضافة إلى أستخدام جدران القص الكونكريتية حول محاور الحركة العمودية , وتعزيز ذلك بتغليف المبنى بقشرة خارجية من الكونكريت المسلح بسماكة تصل إلى 30 سم كما موضح في الشكل (21) ، تتخللها الفتحات المغلفة بالزجاج والتي تحيط بالمبنى من جميع جهاته تعمل على تحمل الإحمال العمودية للمبنى بالإضافة إلى مقاومة	• يتكون النظام الإنشائي للمبنى من الخرسانة المسلحة التي تتخذ الشكل الشجيري وتتفرع لتعمل على تقوية الهيكل الإنشائي من خلال تقوية الأرتباط بين عناصر الهيكل الإنشائي أذ تعمل فروع الهيكل الإنشائي (ذات الشكل الشجيري) كروابط أفقية تقوي النظام الإنشائي الساند للمبنى • يعتبر المبنى من الأبنية قليلة الأرتفاع والتي تم فيها توقيع المعدات الثقيلة وقاعات الأجتماعات في الطوابق السفلى مما يقلل التأثير الزلزالي على المبنى .

القوى الأفقية التي تؤثر على المبنى بشكلٍ عام . ونتيجةً لكون المبنى مكوّن من سبعة طوابق فأن التأثير الزلزاالي ولقلة عدد طوابق المبنى يكون ليس بالقوي وانما يعتبر تأثيراً طبيعياً يتسم المخطط الأفقي للمبنى بكونه ذو شكل مركب وتخلو واجهاته من البروزات, الامر الذي زاد من مواجهة المبنى للتأثيرات الزلزالية التي يتعرض لها . أن المبنى لايحتوي على طوابق مزنية أو أعمدة وأنما يستند المبنى على الغلاف الخارجي الذي تم أقتراحه من قبل المصمم للحصول على أكبر مساحة من الفضاءات الداخلية المفتوحة , أما بالنسبة للتربة التي أقيم عليها المشروع فهي تربة مستوية غير متعرجة او مدرجة الأمر الذي سهل على المصمم أختيار نوع الأساس و نوع النظام الإنشائي الذي تم أختياره من قبل المصمم وأنشاؤه من الخرسانة المسلحة ليس كنظام أنشائي فقط وأنما كعنصر تزييني على مستوى واجهات المبنى . https: //www.arch2o.com/tods-omotesando-building-toyo-ito-associates-architects/	• أن عدم الأنتظام على مستوى المخطط الأفقي أدى إلى حصول ضعف في المبنى عند الزوايا الأمر الذي دفع المصمم إلى أستخدام الخرسانة المسلحة لتقوية الأرتباط بين زوايا المبنى . • أدى خلو المبنى من الأعمدة إلى ضعف الهيكل الإنشائي للمبنى , الإمر الذي دفع المصمم إلى إعتماد القشرة الخارجية للمبنى في نقل الأحمال العمودية المسلطة عليه . • أن كثرة الفتحات على مستوى جدران القص الخارجية للمبنى (الواجهات) أدت إلى إختلاف صلابة الهيكل الإنشائي مما دفع المصمم إلى الأعتماد على الروابط الأفقية (فروع الاشجار) بين النظام الإنشائي لتعزيز القوة والمتانة . أن المبنى لا يحتوي على مسافات زلزالية بينه وبين الأبنية المجاورة له الأمر الذي يزيد من تأثير المبنى على الأبنية المجاورة

4 - تطبيق الاطار النظري على المشاريع المنتخبة

سيتم في هذه الفقرة قياس متغيرات الاطار النظري على العينة المنتخبة بأستخدام التحليل الوصفي المقارن بين المشاريع من خلال جدول يتضمن حقل تدقيق تحقق القيم الممكنة للمؤشرات، والذي يتم ملؤه من قبل الباحثين لأختبار مدى تحقق القيم الممكنة بالأستناد الى المعلومات المستخلصة من كل مشروع، حيث يشير الرمز (1) الى تحقق القيم الممكنة، ويشير الرمز (0) الى عدم التحقق وكما مبين في الجدول (3)

جدول (3)

المفردة الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة			المشاريع المنتخبة		
					A	B	النسبة الاجمالية
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى شكل المبنى	أشكال المنتظمة	أشكال بسيطة	اشكال متناظرة ذات توزيع متسأوي للأحمال	1	0	50%
			أشكال مركبة	أستخدام مفاصل الهبوط	0	0	0%
				طول الكتلة لايتجاوز 3.5 مرة بقدر عرضها	0	0	0%
		الأشكال غير المنتظمة	أشكال معقدة	توزيع غير متساوي للأحمال	0	1	50%
				أستخدام حلول إنشائية خاصة	0	1	50%
			أشكال غيرمتناظرة	أشكال ممتدة افقياً و عمودياً	0	1	50%
	الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الأفقي	مخططات بسيطة	مخططات منتظمة متناظرة		1	0	50%
			طول المبنى لايتجاوز 3.5 مره بقدر عرض المبنى		1	0	50%
			إستخدام مفاصل التمدد		0	0	0%
		مخططات معقدة أو غير منتظمة	مخططات ذات سلوك زلزالي ضعيف		0	1	50%
			الإنقطاع على مستوى طوابق المبنى	موقع فتحات التهوية والسلالم عند زوايا المبنى أو بمساحة تتجاوز 1.3 من مساحة المخطط	0	1	50%

المفردة الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة			المشاريع المنتخبة		
					A	B	النسبة الاجمالية
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى المخطط الأفقي			وجود طوابق وسطية	0	0	0%
			الإسقاطات على مستوى المخطط الإفقي	وجود كتل بارزة عن الكتلة الأصلية	0	1	50%
				تركز الأجهادات عند العقد وفي زوايا المبنى	0	1	50%
	الإعتبارات التصميمية على مستوى الواجهات	ارتفاع المبنى		أبنية متعددة الطوابق	1	1	100%
				ناطحات سحاب	0	0	0%
		الواجهات المنتظمة	فتحات الشبابيك	واجهات ذات عدد متساوي من الفتحات	1	0	50%
				واجهات ذات عدد مختلف من الفتحات	0	1	50%
			أرتفاع كتل الواجهات	واجهات ذات ارتفاعات متساوية	1	1	100%
				واجهات ذات ارتفاعات مختلفة	0	0	0%
				نسبة بعد الواجهة من الأعلى إلى بعدها من الأسفل	1	1	100%
				نسبة عرض الواجهة من الأعلى إلى عرضها من الأسفل	1	1	100%
			طوابق المبنى	بروز طوابق المبنى العليا عن الطوابق السفلى أو بروز قاعدة المبنى	0	0	0%
				واجهات خالية من البروزات	1	1	100%

المفردة الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة			المشاريع المنتخبة		
					A	B	النسبة الاجمالية
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى الواجهات	الواجهات غير المنتظمة	كتل مختلفة الإرتفاع		0	0	0%
			الطوابق الرخوة	وجود طابق وسطي	0	0	0%
				تقليل أرتفاع الأعمدة	0	0	0%
			الأنقطاع الحاصل على مستوى عناصر الأنشاء العمودية	إنقطاع الأعمدة في الطوابق العليا	0	0	0%
				إنقطاع جدران القص في الواجهات	0	0	0%
	الإعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الإنشائية	نوع النظام الإنشائي	Shear wall		1	1	100%
			Braced frame		1	1	100%
			Moment resisting frame		0	0	0%
		توقيع الفضاءات ذات المعدات الثقيلة	تأثير زلزالي عالي	ابنية عالية – ناطحات سحاب	0	0	0%
				توقيع المسابح وقاعات الاجتماعات في الطوابق العليا	0	0	0%
			تأثير زلزالي واطئ	ابنية ليست عالية – متعددة طوابق	1	1	100%
				توقيع المسابح وقاعات الاجتماعات في الطوابق السفلى	1	1	100%
				توقيع المعدات الثقيلة في الطوابق السفلية من المبنى	1	1	100%
		في الابنية المنتظمة	توزيع العناصر الإنشائية بشكل متساوي		1	0	50%
			كثافة عالية للعناصر الإنشائية		1	0	50%
			عدم وجود الكتل المثبتة من طرف واحد		1	0	50%

المفردة الرئيسية	المفردات الثانوية	القيم الممكنة				المشاريع المنتخبة		
						A	B	النسبة الاجمالية
الإعتبارات التصميمية المستخدمة في مواجهة الزلازل	الإعتبارات التصميمية على مستوى العناصر الإنشائية	في الأبنية غير المنتظمة	التأثير الزلزالي على الابنية المتجاورة	وجود مفاصل زلزالية على مستوى المبنى		1	0	50%
				وجود مسافات زلزالية بين الابينة المجاورة		1	0	50%
			الضعف الحاصل في الهيكل الإنشائي	الضعف على مستوى زوايا المبنى		0	1	50%
				اختزال بعض الأعمدة من طوابق المبنى		0	1	50%
				زيادة وزن الطوابق العليا من الهيكل الأنشائي		0	0	0%
			اختلاف صلابة الهيكل الإنشائي	نوع التربة	مستوية	1	1	100%
					متعرجة	0	0	0%
				وجود طوابق وسطية		0	0	0%
				وجود فتحات في جدران الواجهات الخارجية		0	1	50%
			التأثير الزلزالي على الأبنية المجاورة	عدم وجود مفاصل زلزالية على مستوى المبنى		0	1	50%
				عدم وجود مسافات زلزالية بين الأبنية المجاورة		0	1	50%
				تربة ضعيفة		0	0	0%
				مخطط غير منتظم		0	1	50%

الاستنتاجات

1. يعتبر التكوين الشكلي أحد اهم محددات السلوك الزلزالي للمبنى، ونتيجةً لإرتباطه بالهيكل الانشائي، فالتصميم المقاوم للزلازل يتطلب مجموعة من القرارات المشتركة بين المعماري والإنشائي لضمان تحقيق الشكل الامثل للمبنى والاكثر مقاومةً للزلازل.
2. يختلف السلوك الزلزالي للأبنية المنتظمة عن الابنية غير المنتظمة، حيث تعتبر الابنية المنتظمة ذات سلوك زلزالي افضل من الابنية غير المنتظمة عند التعرض الى تأثيرات زلزالية عالية
3. توفر الأشكال المنتظمة إمكانية التوقع بالسلوك الزلزالي للمبنى، على العكس من الاشكال غير المنتظمة التي يكون سلوكها الزلزالي غير متوقع الامر الذي يتطلب حلولاً إنشائية خاصة والتي غالباً ما تكون مكلفة إقتصادياً.
4. يتم اللجوء الى إستخدام الاشكال غير المنتظمة من قبل المصممين لرغبتهم في التعبر عن الفكرة التصميمية او المعنى المقصود بوضوح، الامر الذي يتطلب من المعماري تبريراً مقنعاً عند أستخدام الاشكال غير المنتظمة في تصاميمه وخاصةً في المناطق ذات التأثيرات الزلزالية العالية.
5. تتعرض المخططات الأفقية المنتظمة لإجهادات اقل بالمقارنة مع المخططات غير المنتظمة وذلك لأنها تتميز بالتكوين البسيط والتوزيع المتساوي لعناصر الهيكل الانشائي مما يجعلها اكثر متانةً واماناً في مواجهة القوى الزلزالية.
6. تتعرض المخططات الافقية غير المنتظمة لأجهادات عالية ناتجة عن عدم انتظام المخطط الافقي، والتي غالباً ما تؤدي الى تعرض المبنى لخطر التصدع او الانهيار، الامر الذي يتطلب الالتزام بالحلول وبالمحددات الزلزالية الواجب اعتمادها للحد من المشاكل التي تواجه المخططات غير المنتظمة.
7. يعتبر ارتفاع المبنى احد المحددات الرئيسية المؤثرة في مقاومة المبنى للتأثير الزلزالي، فكلما إزداد إرتفاع المبنى كلما إزدادت إحتمالية تعرضة

للقوى والإجهادات الزلزالية، الأمر الذي يتطلب دراسة أهمية هذا الإرتفاع من الناحية التصميمية وما إذا كان المبنى ناطحة سحاب أو مبنى متعدد الطوابق.

8. تؤثر الفتحات الموجودة في واجهات على مقاومة المبنى للإجهادات الزلزالية، وخصوصاً بالنسبة للواجهات الأمامية وذلك لإنها تحتوي في الغالب على عدد كبير من الفتحات بالمقارنةً مع واجهات المبنى الإخرى، الأمر الذي يتطلب دراسة الفتحات ليس من الناحية التصميمية فحسب وإنما من الناحية الإنشائية، لغرض تحقيق التوازن بين الواجهات المختلفة للمبنى لتجنب تعرضه إلى الأضرار الناتجة عن التأثيرات الزلزالية والتي تكون مدمرة في بعض الاحيان.
9. يلجأ المصممين الى إستخدام الواجهات المنتظمة والابتعاد عن الواجهات غير المنتظمة عند تصميم الابنية المقاومة للزلال، وذلك لصعوبة معالجة عدم الانتظام على مستوى واجهات الابنية لأنها تؤثر وبشكل مباشر على المقاومة الزلزالية للمبنى.
10. تؤثر مواقع المعدات الثقيلة والفضاءات ذات الاوزان العالية على المقاومة الزلزالية للمبنى، الامر الذي يتطلب دراسة التوقيع الصحيح لهذه المعدات والفضاءات ذات الاوزان العالية (كالمسابح والمعارض وقاعات الاجتماعات) بالشكل الذي لا يؤثر على مقاومة المبنى للتأثيرات الزلزالية اذ يجب توقيعها في الطوابق السفلى من المبنى لتقليل الاجهادات الزلزالية التي يمكن ان يتعرض اليها.
11. تعتبر عملية توزيع الأحمال الإنشائية من أهم المتطلبات التي تعمل على حماية المبنى من التأثير الزلزالي، لذا فإن إختيار الحلول الإنشائية الصحيحة هي التي تحدد مدى مقاومة الهيكل الإنشائي للزلازل، وعليه يجب أن يتم الأخذ بنظر الإعتبار عند التصميم الأخطار التي يتعرض لها المبنى نتيجة القرارات التصميمية غير المدروسة إنشائياً.
12. تعتمد إستقرارية المبنى والنظام الانشائي له ضد التأثير الزلزالي على الأعمدة، فكلما كان العمود قوياً كلما كان المبنى اكثر استقراراً ومتانة الامر الذي يتطلب

الانتباه الى قوة ومتانة الاعمدة من قبل المصمم، واذا ما تم اللجوء الى استخدام الاعمدة القصيرة، فيجب ان يتم تعزيزها بالعناصر الانشائية الافقية وذلك لأنها تزيد من نسبة الاجهادات التي يتعرض اليها المبنى.

13. تعتبر المفاصل الزلزالية احدى اهم المحددات التي تؤثر على السلوك الزلزالي للمبنى على مستوى العناصر الانشائية، وذلك لأنها لا تؤثر على الأداء الزلزالي للمبنى فحسب، وانما تؤثر على الأداء الزلزالي للأبنية المجاوة ايضاً الامر الذي يتطلب الألتزام بالمسافات الزلزالية بين الابنية للتقليل من الاخطار الزلزالية الناتجة عن تلاصقها.

المصادر والمراجع

- مدونة الزلازل العراقية " ،(2017)، الفصل الثاني .
- البطوط ، محي الدين ابراهيم ،(2000)، " تأثير الزلازل على تغيير مفهوم وأسس التصميم المعماري " ، كلية الهندسة ، جامعة القاهرة .
- الفوال ، دانة الفوال ، (2014)،" إنعكاس تأثير الزلازل على التصميم المعماري ، حالة دراسية لابنية مدينة دمشق السكنية " ، رسالة ماجستير ، قسم هندسة معماري ، جامعة دمشق ، الجمهورية العربية السورية.
- "الكود العربي الموحد للمباني والمنشأت المقاومة للزلازل" ،(2005)، مجلس وزراء الاسكان والتعمير العرب .
- الدبيك ، جلال الدين الدبيك ،(2010)، " تخفيف مخاطر الزلازل في فلسطين " ، مركز علوم الارض وهندسة الزلازل ، جامعة النجاح الوطنية ، نابلس ، فلسطين .
- عابدين ،"محمد يسار ، (2004)،" المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزلازل " ، مجلة دمشق للعلوم الهندسية ، دمشق ، سوريا .
- Drazic, Vatin, Jasmina, Nikolai, (2016),” The Influence of Configuration on to the Seismic Resistance of a Building”, 15th International scientific conference, Underground Urbanisation as a Prerequisite for Sustainable Development, Elsevier.
- Inan, Tugba, (2011),” Evaluation of Structural Irregularities Based on Architrctural Design Concideration In Turkey” Department of Architecture, Izmir Institute of Technology, Izmir Turkey.

- ARNOLD, C., (1982),"Building Configuration and Seismic Design". a Weily Interscience Publiction.
- Arnold, C.; Reitherman, R.; Whitaker, D., (1981) ," Building configuration and seismic design: The architecture of earthquake resistance".
- Saudi building code, (2007), "load and forces requirements SBC 301".
- Harmankaya, Soyluk, Zeynep Yeşim, Asena, (2012)," Architectural Design of Irregular Buildings in Turkey", International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS Vol, 12 No, 01.
- Celep, Z., Kumbasar, N., (2004)," Introduction to Earthquake Engineering and Earthquake Resistant Building Design" Beta press, Istanbul, Turkey.
- Arnold, C. and Reitherman, R., (2002), "Building Configuration and Seismic Design", John Wiley & Sons, New York, NY.
- ARNOLD, C, FAIA, RIBA, Bruce Bolt, Dreger D, Elsesser E, Eisner R, Holmes W, McGavin G, Theodoropoulos C, AIA, PE, FEMA 454, (2006), "Risk Management Series Designing forEarthquakes- A Manual for Architects", FEMA.
- Piekarski, Filipowski, Maciej, Szymon, (2016)," Flexible Shaping Architectural Forms Using Reciprocal Structres" World Multidisciplinary Civil Engineering – Architecture –Urban Planning Symposium, 161,1452-1457.
- Giliani, Hugo, (2000)," Seismic Resistant Architecture: ATheory For the Architectural Design of Building in Seismic Zones", 12th World Conference on Earthquake Engineering; Auckland, New Zeland.
- Huho Bachman, (2002)," Seismic Conceptual Design of Buildings - Basic principles for engineers, architects, building owners, and authorities".
- FEMA454- chapter 4, (2006)," Earthquake Effects on Buildings", Christopher Arnold.
- Duggal, S.K., (2014)," Earthquake–Resistant Design of Structures", Second Edition.
- Nakai, Masayoshi, (2008)," UniqueArchitectural Forms Enabled by Base-Isolation". The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China.

- Martini, Kirk, (2015),” Utilitarian to Aesthetic: The Evolution of Base Isolation”, University of Virginia, Charlottesville, VA.USA.
- http: //www.galinsky.com/buildings/pradatokyo/
- https: //moreaedesign.wordpress.com/2010/09/15/more-about-prada-aoyama-epicenter/
- https: //archello.com/project/prada-boutique-aoyama-tokyo
- https: //divisare.com/projects/336109-herzog-de-meuron-johannes-marburg-prada-aoyama
- https: //en.wikiarquitectura.com/building/tods-omotesando-buiding
- https: //arcspace.com/feature/tods-omotesando/
- https: //www.arch2o.com/tods-omotesando-building-toyo-ito-associates-architects).