دور المهندس المعماري في تصميم المباني المقاومة للزلازل محلياً

م. لينا علي ابراهيم* أ. د. م. غسان عبود**

الملخص

تعتبر الهزات الارضية والزلازل من أكبر المخاطر الطبيعية التي شهدتها الكرة الارضية، لتأثيرها الكارثي والمدمر على المباني والبنى التحتية في مناطق متعددة، هذا ما دفع العلوم الهندسية لدراستها وتحليلها، لإيجاد معايير ونظم للبناء، والتصميم والتنفيذ للمنشآت، ووضع منهجية هندسية ضابطة تحت مسمى هندسة الزلازل.

فالتصميم الزلزالي يبدأ للمبنى بالدراسات الأولية للمهندس المعماري بهدف تحقيق المتطلبات المعمارية الأساسية، وإنتاج تكوينات معمارية متوازنة تسهم في رفع أداء المبنى ضد الزلازل، من خلال حلول تصميمية إبداعية تتطابق مع البرنامج الوظيفي للمبنى، واستخدام مفردات معمارية مكملة للنظام الإنشائي لتحقيق المتانة والثبات، وإخراجها بالشكل الجمالي المطلوب.

يهدف هذا البحث إلى قياس مدى معرفة المهندسين المعماريين المحليين بالاشتراطات والمعايير الزلزالية، ويستعرض أهم الاعتبارات المعمارية والإنشائية المؤثرة على أداء المبنى، ويدرس بعض الأمثلة العالمية التي استفادت من العناصر الإنشائية المقاومة للزلازل بتصميمات مميزة، وتحليل نتائج الاستبانة التي وزعت على المهندسين المعماريين لرصد مستوى الادراك والوعي لدور التصميم المعماري المؤثر في الثبات والاستقرار للمبنى، للوصول الى مقترحات تساعد في رفع مستوى المعرفة لدى المهندسين المعماريين بالاعتبارات والاشتراطات الزلزالية.

الكلمات المفتاحية: العمارة الزلزالية – العناصر غير الانشائية – مسار الأحمال – العناصر الهيكلية– المتطلبات الزلزالية

*أعد البحث في سياق الدكتوراه للطالبة المهندسة لينا علي ابراهيم بإشراف الأستاذ الدكتور المهندس غسان عبود– قسم غلوم البناء والتنفيذ –كلية الهندسة المعمارية– جامعة دمشق.

** قسم علوم البناء والتنفيذ– كلية الهندسة المعمارية– جامعة دمشق.

The role of architects in earthquake-resistance in buildings locally

Prepared by
Arch. Lina Ibrahim*

Supervised by
Prof. Ghassan Aboud**

Abstract

Earthquakes are considered one of the greatest natural hazards the globe has witnessed, due to the catastrophic and devastating aftermath on buildings and infrastructures in multiple regions. This is what prompted engineering sciences to study and analyze this phenomenon, to find standards and systems for construction, design and implementation of facilities, and to develop a controlled engineering methodology under the name of earthquake engineering

The seismic design of the building begins with the architect's initial studies, with the aim of achieving the basic architectural requirements, and producing balanced architectural configurations that contribute to raising the building's performance against earthquakes. This might happen through creative design solutions that match the functional program of the building, and using architectural vocabulary that complements the structural system to achieve durability and stability, and its aesthetic appearance as well.

This research aims to measure the knowledge of seismic requirements and standards amongst local architects, and to review the most important architectural and constructional considerations which affect the performance of the building, and to study some global examples that have benefited from earthquake-resistant structural elements with distinctive designs, to analyze the results of the questionnaire distributed to architects in order to monitor the level of awareness of the influence of architectural design on stability of the building, to reach proposals that help increase the knowledge of the architects regarding seismic considerations and requirements.

Keywords: seismic architecture - non-structural elements - load paths - structural elements - seismic requirements

* The research was prepared in the context of aMaster's student, Lina Ali Ibrahim, under the supervision of Prof. Dr. Ghassan Aboud - Department of Building Construction - Faculty of Architecture - Damascus University.

** Department of Building Construction - Faculty of Architecture - Damascus University.

المدخل:

تـؤثر متطلبـات هندسـة الـزلازل بشـكل مباشـر علـى الحلول والتصاميم المعمارية، وبالتالي فإن المعرفة الدقيقة لتأثيراتها هو الأساس لأي نشاط معماري في المناطق المعرضة للزلزال، فغالباً ما تُقيّد الهندسة المعمارية في البلدان ذات الخطورة الزلزالية باشتراطات وقواعد إنشائية زلزالية تؤثر على التصميم المعماري المدروس وفقا للعوامل البيئية المحيطة.

فالاعتقاد السائد أن اشتراطات ومتطلبات الكود الزلزالي مقيدة للحرية التصميمية ومحددة للحلول المعمارية، لكن المشكلة الحقيقية تكمن في وجود نقص بالمعرفة والاطلاع وعدم القدرة على تطوير فكر معماري إبداعي، ضمن متطلبات البناء المقاوم للزلازل، وهنا تبرز أهمية وجود تعبير ونهج خاص للدراسات المعمارية، لتكون مصدراً مهماً للهوية المعمارية في المناطق المعرضة للزلازل.

فالمقاومة الزلزالية لها متطلباتها التي يجب أن تراعى أثناء الدراسة المعمارية فيما يتعلق بتكوين المبنى، واختيار الجملة الانشائية، وتوزع العناصر الهيكلية القادرة على استيعاب القوى الزلزالية، لتساعد على تحسين أداء السلوك الانشائي المقاوم للزلزال، فقد توفر هذه المتطلبات فرصة للابتكار وإعادة التفكير في الصفات المكانية والابداعية للتصميم المعاصر.[1]

هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى قياس درجة معرفة المعماريين لأهم الاشتراطات الزلزالية؛ للدور الكبير والمؤثر للتصميم المعماري في مقاومة المباني الزلزالية.

أهمية البحث:

إن البحث في هذا المجال مهم للمهندسين المعماريين المحليين، باعتبار منطقتنا الجغرافية تقع تحت تأثير مباشر وغير مباشر لعدة منابع زلزالية، مع العلم أنها ذات كثافة حضرية غير مؤهلة زلزالياً لأن مبانيها في الغالب قد انشأت قبل إصدار الكود الزلزالي عام 1995، وهذا ما جعلها تفقد نسبة كبيرة من عوامل الأمان لمواجهة أخطار الزلازل.[8]

نسعى في هذا البحث لتسليط الضوء على الاشتراطات المعمارية الزلزالية الأساسية التي يجب أن يحترمها المعماريون لتحقيق التكامل الإبداعي مع المقاومة الزلزالية، وصولاً إلى مقترحات تساعد في رفع مستوى المعرفة لديهم في هذا المجال.

منهجية البحث:

<u>نظري استقرائي:</u> من خلال استعراض أهم الاعتبارات والاشتراطات المعمارية والإنشائية لرفع أداء الأبنية لمقاومة الهزات الأرضية والتخفيف من أضرارها وأخطارها على المباني وضمان سلامة أرواح شاغري المكان.

<u>التحليل الإحصائي:</u> لتحديد مدى معرفة المهندس المعماري بالاعتبارات التصميمية والإنشائية الزلزالية التي تؤثر على التصميم المعماري، من خلال استبانة وزعت على المهندسين المعماريين (العينة البحثية) تم من خلالها قياس درجة المعرفة الزلزالية بالمفاهيم الأساسية المرتبطة بموضوع البحث.

1- العمارة الزلزالية:

استخدم هذا المصطلح عالمياً لوصف درجة من التعبير المعماري لبعض جوانب عمل الزلزال أو المقاومة الزلزالية، فيمكن تعريف عمارة الزلازل على أنها أي ارتباط مرئي أو مفاهيمي بين مفاهيم هندسة الزلازل ومفاهيم العمارة [7]، فلا تتحقق الهندسة المعمارية للزلازل إلا من خلال

تضمين مبادئ هندسة الزلازل في المفاهيم المعمارية، لتحقق رؤية معمارية زلزالية مقبولة من قبل المهندسين المعماريين، فتكّون منهجاً تعبيرياً خاصاً للتصميم والحلول المعمارية في المناطق الزلزالية. [1]

محلياً تحدد مقاومة المباني للزلازل وفق الكود الزلزالي عن طرق التحليل الإنشائي للمبنى، دون ذكر أثرها على الاعتبارات المعمارية، والتي تؤثر بشكل مباشر على سلوك المبنى في مقاومة الزلزال.

وبهذا يكون الاتجاه العام هو تكليف الإنشائيين بمهمة المقاومة الزلزالية بالكامل رغم معرفتنا أن عمل المهندسين المعماريين هو محور هذه المشكلة، فهم أول من يتدخل في تكوين المشروع وتحديد الشكل العام للمنشأة والتصميم الهيكلي المنسجم مع المتطلبات الوظيفية والفراغية للمبنى وكذلك للتعبير عن مفاهيمهم المعمارية الأساسية [2]

2- معايير مقاومة الزلازل: [4]

يجب أن تستجيب العمارة في المناطق الزلزالية لسلسلة من الاعتبارات والمعايير المتعلقة بتكوين المباني التي تقلل من المخاطر أثناء الزلزال. فالاعتبارات المعمارية هي من أساسيات التصميم لأنها تتعلق بتشكيل المبنى في التكوين الهندسي الأفقي والمقاطع الشاقولية، والمعماري الناجح هو الذي يستطيع أن يحقق التوازن بين الاعتبارات المعمارية والإنشائية، ويتعامل مع المحددات الزلزالية المختلفة ليصل بتصميماته إلى درجة من الجمال والابتكار. وفي بحثنا سيتم استعراض هذه الاعتبارات الأساسية:

2-1 الاعتبارات المعمارية: [6]

التصميم المعماري ليس مجرد بحث عن الجماليات والوظائف فقط، بل قرارات تضمن متانة وثبات المنشأة بنظرة ورؤية اقتصادية، فالمعايير التي يجب مراعاتها هي:

1- حجم وشكل المبنى.

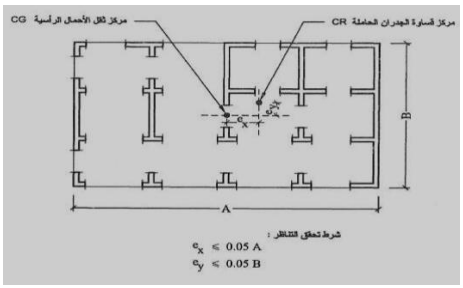
2- طبيعة وحجم وموقع العناصر الهيكلية الإنشائية.

3- طبيعة وحجم وموقع المكونات غير الإنشائية التي قد تؤثر على الأداء الإنشائي للمبنى.

تتوافق هذه المعايير مع عوامل مختلفة مثل وظيفة المبنى واعتبارات الشكل والتصميم.[4]

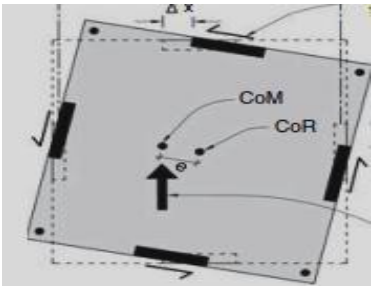
لذلك يجب مراعاة الأمور التالية:

1. **التنـــاظر:** الشكل المتناظر لمسقط البناء يجنبه الانحراف المركزي بين مركز الثقل (COM) الذي يحدده شكل مخطط البناء ومركز الصلابة (COR) الذي يحدده المسقط الإنشائي. انظر الشكل(1)



الشكل(1):التناظر الإنشائي في المسقط الأفقي[9]

إن عدم التطابق بينCOR (مركز الصلابة) و COM (مركز الثقل للكتلة) يسبب انهيار الهيكل لتشكل عزم الدوان. موضح بالشكل (2)



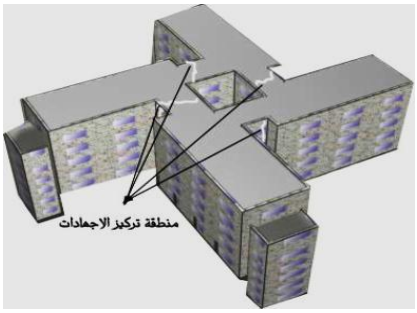
الشكل(2): تشكل عزم فتل [1]

2. **شكل المخططات الأفقية:**

إن الأشكال المنتظمة للمساقط المعمارية قادرة على تحمل القوى الزلزالية، لذا ينصح يتجنب الأشكال غير المنتظمة الموضحة بالشكل (3)

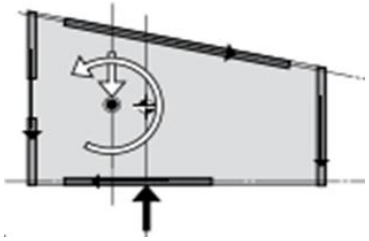
الشكل(3): الأشكال المعمارية غير المنتظمة. [9]

ففي هذه الأشكال لا تتطابق فيها مركز ثقل مع مركز الصلابة، مما يسبب بعزوم فتل بالكتلة وتركز الاجهادات في أماكن الاتصال الموضحة بالشكل(4) فيكون المبنى ضعيف أمام القوى الزلزالية.[9]



الشكل(4): أماكن تركز الاجهادات [9]

أما المخططات الافقية بعناصر هيكلية غير متعامدة (الجدران المائلة) تحتاج لقوى إضافية للحفاظ على توازنها واستقرارها. يمكن تحقيق ذلك بوضع جمل إنشائية خاصة قادرة على تحمل القوى الأفقية الزلزالية في أطراف المبنى، كما في الشكل(5)، لإكساب المبنى صلابة عالية لمقاومة قوى الالتواء.



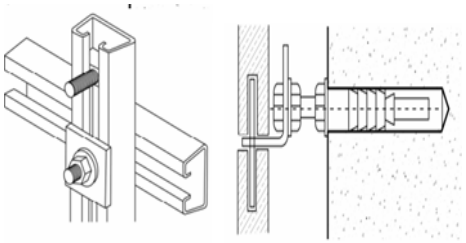
الشكل(5): تموضع جدران القص في المساقط ذات الجدران المائلة [2]

3. العناصر غير الإنشائية: [3]

تحتوي المباني – إضافة للعناصر الإنشائية– على عناصر غير إنشائية، مثل: الجدران الداخلية، والأسقف المستعارة، وعناصر التزيين بأنواعها المختلفة، والأثاث، وتصميم هذه العناصر من صلاحيات المهندس المعماري ومسؤولياته.

الشكل(6): أثار انهيار الاسقف المستعارة. [3]

تؤدي الأضرار والانهيارات التي تحدثها الزلازل في العناصر غير الإنشائية، الموضحة بالشكل (6)،إلى خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، فانهيار أو تضرر هذه العناصر يسهم بشكل كبير في ارتفاع حجم الخسائر المادية، لذلك ركزت هندسة الزلازل على أهمية ربط وتثبيت هذه العناصر بما يتلاءم مع الحركات الاهتزازية التي قد يتعرض لها المبنى. موضحة بالشكل(7).



الشكل(7): طريقة تثبيت العناصر غير الإنشائية [3]

4. الإكساء: [3]

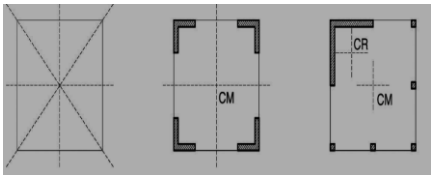
في معظم الحالات يكون لمواد الإكساء دور خطير في الأضرار الزلزالية، لذلك يجب على المعماري اختيار مواد إكساء أقل خطورة أي لا تتشظى مسببة إصابات ولا تتكسر بشكل خطير ولا تتحطم بتأثير تشوهات نسبية صغيرة كما في الشكل(8)، ولا تحتاج لأعمال إنشائية كثيرة في مرحلة الإنشاء.

الشكل(8): أمثلة على انهيار مواد الإكساء الخارجي [3]

2-2 الاعتبارات الإنشائية: [2]

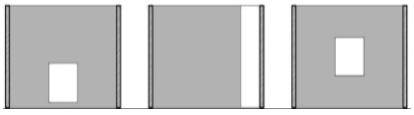
تلعب الهيكلية الانشائية للمبنى دوراً مهماً في مقاومته للقوى الزلزالية؛ فتوزع العناصر الإنشائية له دور كبير في استيعاب القوى الزلزالية وتفريغها، فالزلازل تتسبب في حدوث أضرار من خلال التركيز على نقاط الضعف في التكوين الإنشائي الفراغي للمبنى لذا ركزت الاعتبارات الإنشائية على الأمور التالية:

1. توزيع الدعامة: توفر الجدران الداعمة الصلابة لمقاومة القوى الأفقية والالتوائية الناتجة أثناء الزلزال، الموضحة بالشكل(9)، لذا فإن توزيعها والمسافة بينها تؤثر بشكل مباشر على مقاومة الالتواء للبناء.



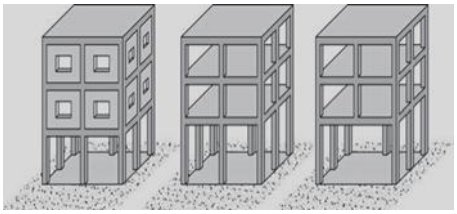
الشكل(9): تموضع الجدران الداعمة. [5]

2.الفتحات الإنشائية: تعمل البلاطات (الديافرام diaphragm) كأغشية تقاوم الضغوط الأفقية الناتجة عن الزلزال. فمن خلال إنشاء الفتحات فيها، الموضح بالشكل (10)، تشكل مناطق ضعيفة، لذلك يجب تحديد موقع هذه الفتحات وحجمها لدورها المؤثر والكبير في المقاومة الزلزالية للمبنى.[2]



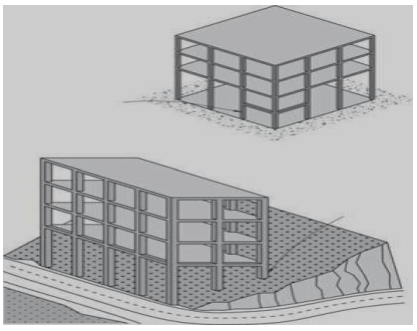
الشكل(10):حالات الفتح ضمن الديافرام. [5]

3. **الاستمرارية الشاقولية:** لضمان مقاومة جيدة للهيكل يجب أن تكون العناصر الإنشائية مستمرة على طوال ارتفاع المبنى، فمن الأخطاء التصميمة التي تسبب أضراراً هيكلية أثناء الزلزال هو إحداث تغييرات مفاجئة بين الطوابق المجاورة، وإزالة الجدران الفاصلة من أي أرضية، وتغيير أبعاد العنصر الإنشائي الشاقولي، الموضح بالشكل(11)، يؤدي إلى إضعاف مقاومته للالتواء.



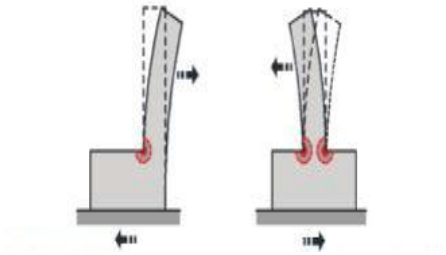
الشكل(11): الاستمرار بالعناصر الانشائية يجنب المبنى عزوم الفتل [5]

4. العمود القصير: ينشأ عند وجود اختلاف في مناسيب الموقع فيتم إنشاء أعمدة أقصر من غيرها في بعض النقاط، أو عندما يتم تقييد الأعمدة التي يمكن ضبط ارتفاعها بارتفاع جزئي، وبالتالي فإن العمود سيتلقى تركيزاً من الإجهاد يمكن أن يتجاوز قدرته على المقاومة. كما بالشكل(12)



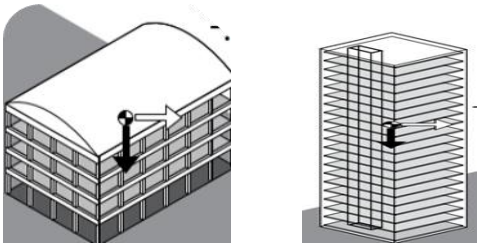
الشكل(12): حالات تشكل الأعمدة القصيرة.[1]

5. الارتفاع الكلي: ترتبط هذه الخاصية بارتفاع المبنى ووجود اختلاف في الارتفاع (الارتفاع بعدة مناسيب) دون وجود فواصل، وهذا يؤدي إلى حدوث تواتر وتذبذب بالمبنى نتيجة ارتفاعه، موضح بالشكل(13).



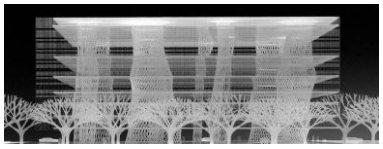
الشكل(13): تمركز الاجهادات بأماكن التراجعات. [4]

فالمعايير الزلزالية لا تحد من ارتفاع المباني، لكنها تعطي معايير معينة فيما يتعلق بالنسب الهندسية للمبنى – نسبة الطول والارتفاع (النحافة)– التي تؤثر على توازن البناء، فالنسب المنتظمة في حجم المبنى تساعد على تجنب الهبوطات التفاضلية الناتجة عن إزاحة التربة أثناء الزلزال؛ بسبب الاختلاف في مركز الثقل ضمن الكتلة، بالإضافة إلى ذلك فإن البعد الطويل جداً في اتجاه واحد سيؤدي إلى مشاكل الالتواء، مما يتسبب في انهيار المبنى. موضح الشكل(14).



الشكل (14): اختلاف بحجم المبنى سبب لاختلاف بمركز الثقل [2]

مما سبق يمكننا أن نشكل قاعدة من المعلومات الأساسية الزلزالية التي تساعد على تحريض الفكر المعماري لتصميم مبتكر بالاستفادة من الإمكانيات الإنشائية للعناصر الهيكلية وتوظيفها بما يخدم الحل التصميمي ضمن تحقيق الاعتبارات الإنشائية والمعمارية الزلزالية، فإذا نظرنا إلى المشاريع الحديثة في المناطق الزلزالية، يمكننا أن نرى أن الدراسات الإنشائية المقترحة ساعدت في إيجاد عمارة زلزالية مبتكرة، كما في مكتبة وسائط سينداي في اليابان(Sendai Mediatheque) الموضح بالشكل (15)، والتي أبدع تويو إيتو بتصميمها وجعلها أحد الأمثلة الرائعة التي جسدت الاستجابة المعمارية للتصميم الزلزالي باقتراح جملة إنشائية قادرة على استيعاب القوى الأفقية (الأعمدة المائلة) وتحديد تموضعها بما يخلق التوازن ضمن المسقط الإنشائي، وكذلك استمراريتها على طول المبنى ساعد في ثباتها ومتانتها بمنطقة زلزالية خطيرة، مع مراعاته لتحقيق المتطلبات المعمارية الرئيسية بمرونة الحل الوظيفي التي يحتاج الى فراغات واسعة، وجمالية الكتلة المصممة، بالإضافة لتحقيق ميزات الشفافية الخارجية وإمكانية الإنارة بالضوء الطبيعي ووصل المكتبة بصرياً بمحيطها الخارجي.



الشكل (15): مكتبة وسائط سينداي[5]

أما مبنى(Cruz del Sur 2009)، في تشيلي الموضح بالشكل(16)، استطاع(Izquierdo & Lehmann) إنشاء مبنى تميز بتحقيقه للمتطلبات المكانية بالمحافظة على الفراغ المحيط والمطلوب كساحات تفاعلية خارجية وممر للمشاة، والمتطلبات الإنشائية بقدرته على استيعاب القوى الأفقية الزلزالية، فتم اقتراح جملة إنشائية اعتمدت على الدعامات المائلة المرتبطة بنواة صلبة من الجدران القصية (المقاومة للقوى الزلزالية). إن هذا المبنى يحافظ على التكوين المناسب للمعايير الزلزالية، من خلال الشكل المنتظم والمتناظر والمحافظة على ارتفاع متساوٍ في كل مستوى، وتطابق مركز الثقل مع مركز الصلابة، والحساب الدقيق لأبعاد القاعدة والنواة المركزية لتحمل إجهاد القص الأفقي وعزوم الانعطاف.

الشكل (16): Cruz del Sur.[5]

يمكننا أن نلاحظ أن كلا المثالين جسدا المقاومة الزلزالية، فكانت مجالا لتصميم مبتكر، بالاستفادة من العناصر الإنشائية القادرة على رفع أداء المبنى واستيعاب القوى الأفقية الزلزالية وتحقيق المتطلبات المعمارية الأساسية ودمجها مع معايير مقاومة الزلازل. وبذلك نرى كيف بدأ التصميم المعاصر في إيجاد لغة مشتركة مع المقاومة الزلزالية، وجعلها ملهما للابتكار والإبداع، حيث لم يعد الأمر يتعلق بقواعد تقييدية بل بإمكانيات جديدة للمشروع تسمح بمراجعة وتجديد المفاهيم في الهندسة المعمارية، باستخدام العناصر الانشائية ذات الوظيفة المقاومة للزلازل بالتعبير المعماري المعاصر المنسجم مع معايير مقاومة الزلازل.

3- المعرفة الزلزالية لدى المهندسين المعماريين:

إن إدراك المعماريين للتأثير الكبير لقراراتهم التصميمية على سلوك المبنى في الزلزال هو ضرورة أساسية، لذلك تم إجراء تحليل إحصائي لقياس درجة هذه المعرفة باستخدام برنامج الحزمة الإحصائية SPSS-25 في تحليل البيانات التي جمعت من الاستبانة:

- **الإحصاء الوصفي:** بحساب التوزع التكراري والنسبي وذلك للمتغيرات الديموغرافية مثل (الدرجة العلمية، سنوات الخبرة بعد التخرج، مجال العمل الهندسي).
- **الإحصاء التحليلي (الاستدلالي):** لعرض وتفسير النتائج بغية الوصول إلى هدف الدراسة، بإجراء الاختبارات التالية:

– اختبار (t) لعينة واحدة (One- sample T test) للكشف عن الصورة الذهنية لأفراد عينة الدراسة حول تساؤلات محاور الاستبيان، وحساب المتوسط الحسابي المرجح (الرأي العام لعينة الدراسة المتفق عليها حول أسئلة الاستبيان) والانحراف المعياري (مقياس التشتت لآراء الأفراد حول هذه الاسئلة) والأهمية النسبية علماً أنّ قيمة الوسط الحسابي للمقياس المستخدم (ليكرت) هو (3).

اعتمد الباحث في الدراسة الحالية على الاستبانة التي صممت على أساس مقياس ليكرت الخماسي (Malhotra,2004,285) بغرض معرفة اتجاه آراء أفراد عينة الدراسة فيما يتعلق بعبارات ومتغيرات الدراسة بالقياس معتمدا بالخيارات (موافق بشدة، موافق، محايد، غير موافق، غير موافق بشدة) التي تُدخل في برنامج الـ SPSS عن أرقام تعتبر أوزان (درجات) لخيارات المقياس، كما هي موضحة في الجدول التالي:

الجدول (1): الترميز المشفر لمقياس ليكرت الخماسي

الخيار	موافق بشدة	موافق	محايد	غير موافق	غير موافق بشدة
الوزن (الدرجة)	5	4	3	2	1

يمكن حساب المتوسط الحسابي للمتغير الذي تقاس بياناته بمقياس ليكرت الخماسي ويسمى في هذه الحالة بـ "المتوسط المرجح"، تم حساب معيار الحكم على قيم هذا المتوسط :

المعيار= (درجة الإجابة العليا – درجة الإجابة الدنيا)/ عدد فئات الإجابة

المعيار = (5–1) / 5 = 0.8

وبناءً عليه يكون توزيع الدرجات اعتماداً على طول الفئة كالآتي:

الجدول (2): توزيع درجات مقياس ليكرت حسب المجال

المجال	درجة الموافقة	تقدير الدرجة	الأهمية النسبية
1-1.8	غير موافق شدة	ضعيفة جداً	20%–36%
1.8-2.60	غير موافق	ضعيفة	36.2%-50%
2.60-3.40	محايد	متوسطة	50.2%-68%
3.40-4.20	موافق	كبيرة	68.2%-84%
4.20-5	موافق بشدة	كبيرة جداً	84.2%-100%

إعداد الباحث:

تم اختبار ثبات الاستبيان باستخدام معامل ألفا كرونباخ (Cronbach'sAlpha) وهو مقياس معامل الثبات، فكانت النتيجة في كامل محاور الاستبيان (62.5%) وهي نسبة مقبولة وجيدة للقيام بعملية التحليل لتحقيق أهداف الدراسة، ولم نجد أية عبارات سلبية مرتبطة بالاستبيان بشكل عكسي وهذا ما يزيد الربط الوثيق والدقة في تحليل النتائج.

التحليل الوصفي لمتغيرات الدراسة:

سنتبع هنا تقسيم المحاور الذي اعتمدناه في الاستبيان كما يأتي:

- **المعلومات الشخصية:**

من أجل التعرف على خصائص العينة البحثية أجرينا التوصيفات التالية:

الجدول (3):التوزع النسبي لعينة الدراسة حسب المتغيرات الديموغرافية

		N	%
الدرجة العلمية	بكالوريوس	161	63.1
	درجة ماجستير	79	31
	درجة دكتوراه	15	5.9
	المجموع	255	100
عدد سنوات الخبرة العملية	0-5سنوات	163	63.9
	6-10 سنوات	45	17.6
	10-20سنة	25	9.8
	أكثر من 20 سنة	22	8.6
	المجموع	255	100
مجال عملك الهندسي	مهندس دارس	178	69.8
	مهندس دارس، مهندس إشراف	13	5.1
	مهندس دارس، مهندس إشراف، مهندس تنفيذ	19	7.5
	مهندس دارس، مهندس تنفيذ	10	3.9
	مهندس إشراف	15	5.9
	مهندس إشراف، مهندس تنفيذ	2	8
	مهندس تنفيذ	18	7.1
	المجموع	255	100
مجال عملك الهندسي	مهندس دارس	220	86.3
	مهندس إشراف	49	19.2
	مهندس تنفيذ	49	19.2

إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائيSPSS

- **توصيف المحاور الرئيسية:**

وفقاً لما ذكرنا سابقاً تتكون الاستبانة من ثلاثة محاور (مفهوم العمارة الزلزالية، أثر المهندسين المعماريين في الدراسات الزلزالية، علاقة المهندسين المعماريين المحليين مع الهندسة الزلزالية)، وسنقوم بتوصيف كل محور على حدى من خلال حساب الإحصاءات الوصفية واختبار (t-test) لعينة واحدة (t-test one-sample) الذي يختبر تساوي المتوسط النظري لكل عباره من عباراته مع القيمة الوسطية (الحيادية) في مقياس ليكرت وهي (3) وذلك عند مستوى الدلالة (0.05).

المحور الأول: مفهوم العمارة الزلزالية:

ضمن هذا المحور تم استطلاع آراء المهندسين المعماريين حول المفاهيم الزلزالية العامة وارتباطها بالمفاهيم المعمارية.

يبين الجدول التالي توصيف لعبارات محور مفهوم العمارة الزلزالية.

الجدول (4): توصيف لعبارات محور مفهوم العمارة الزلزالية

العبارات	الآراء			المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية %	إحصائية t-test	اتجاه الآراء
		N	%					
العمارة الزلزالية هي درجة عالية من التكامل بين الإنشائي والمعماري	غير موافق بشدة	0	0	4.31	0.7	%86.2	31.46	موافق بشدة
	غير موافق	3	1.2					
	محايد	20	7.8					
	موافق	126	49.4					
	موافق بشدة	106	41.6					
يتضمن التصميم الزلزالي مجموعة القواعد التي تقيد وتحد من حرية التصميم المعماري	غير موافق بشدة	0	0	3.26	0.9	%65.2	4.538	محايد
	غير موافق	67	26.6					
	محايد	66	26.2					
	موافق	105	41.7					
	موافق بشدة	14	5.6					
يلعب التصميم المعماري دوراً بتحسين كفاءة الدراسات الزلزالية للمباني	غير موافق بشدة	0	0	4.11	0.8	%82.2	21.947	موافق
	غير موافق	14	5.5					
	محايد	27	10.7					
	موافق	130	51.4					
	موافق بشدة	82	32.4					
يمكن تحقيق اشتراطات الدراسات الزلزالية دون التأثير على متطلبات المعمارية	غير موافق بشدة	0	0	3.58	1	%71.6	9.720	موافق
	غير موافق	48	19.2					
	محايد	42	16.8					
	موافق	126	50.4					
	موافق بشدة	34	13.6					
محور مفهوم العمارة الزلزالية	غير موافق بشدة	0	0	4.06	0.7	%81.2	25.67	موافق
	غير موافق	3	1.2					
	محايد	39	15.3					
	موافق	152	59.6					
	موافق بشدة	61	23.9					

إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي SPSS

يبين الجدول السابق أنّ قيم المتوسطات الحسابية لإجابات أفراد العينة على العبارتين (يلعب التصميم المعماري دوراً بتحسين كفاءة الدراسات الزلزالية للمباني، يمكن تحقيق اشتراطات الدراسات الزلزالية دون التأثير على متطلبات المعمارية) تقع ضمن المجال [3.40،4.19] المقابل لدرجة إجابة "موافق"، وكان متوسط إجابات الأفراد على العبارة (العمارة الزلزالية هي درجة عالية من التكامل بين الانشائي والمعماري) بلغ (4.31) الذي يقع ضمن المجال [4.20،5] المقابل لدرجة إجابة "موافق بشدة" إلا أن متوسط إجابات الأفراد على العبارة (يتضمن التصميم الزلزالي مجموعة القواعد التي تقيد وتحد من حرية التصميم المعماري) بلغ (3.26) الذي يقع ضمن المجال [2.60،3.39] المقابل لدرجة إجابة "محايد". ويشير قيمة الانحراف المعياري الصغير في كل عبارة إلى التشتت البسيط في الإجابات حول هذه العبارة وهو ما يعكس التباعد البسيط في وجهات نظر أفراد العينة.

وبشكل عام بلغت قيمة المتوسط الحسابي المرجح للمحور الأول (4.06) التي كانت تقع ضمن المجال [3.40،4.19] المقابل لدرجة إجابة "موافق" ويشير قيمة الانحراف الكلية (0.6)، وبالتالي يمكننا القول بأنهم يوافقون على مضمون عبارات هذا المحور بنسبية (81.2%).

<u>المحور الثاني: أثر المهندسين المعماريين في الدراسات الزلزالية</u>:

في هذا المحور تم التركيز على المعايير الزلزالية وارتباطها بالدراسات المعمارية، ودور المهندس المعماري بالدراسات الزلزالية.

يبين الجدول التالي توصيف لعبارات محور أثر المهندسين المعماريين في الدراسات الزلزالية:

الجدول (5): توصيف لعبارات محور أثر المهندسون المعماريون في الدراسات الزلزالية

العبارات	الآراء			المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية %	إحصائية t-test	اتجاه الآراء
		N	%					
للمهندس المعماري دور في التصميم الزلزالي	غير موافق بشدة	2	0.8	3.97	0.8	79.4%	19.398	موافق
	غير موافق	14	5.5					
	محايد	31	12.2					
	موافق	150	58.8					
	موافق بشدة	58	22.7					
يساعد إطلاع المعماريون على المتطلبات الزلزالية الاساسية باقتراح حمل إنشائية مناسبة	غير موافق بشدة	0	0	4.46	0.7	89.2%	35.510	موافق بشدة
	غير موافق	4	1.6					
	محايد	11	4.3					
	موافق	104	40.8					
	موافق بشدة	136	53.3					
استخدام تكوينات معمارية على شكل L T- U- H -يؤثر في الدراسات الزلزالية	غير موافق بشدة	0	0	3.58	0.8	71.6%	11.216	موافق
	غير موافق	19	7.5					
	محايد	104	41.1					
	موافق	93	36.8					
	موافق بشدة	37	14.6					
تلعب العناصر غير الإنشائية دوراً مهماً في التصميم الزلزالي للمباني	غير موافق بشدة	0	0	3.11	1	62.2%	1.744	محايد
	غير موافق	82	33.5					
	محايد	72	29.4					
	موافق	74	30.2					
	موافق بشدة	17	6.9					
تؤثر القرارات المعمارية المتعلقة بمواد إكساء المغلف على الدراسات الزلزالية للمباني	غير موافق بشدة	0	0	3.38	1	67.6%	6.329	محايد
	غير موافق	61	24.4					
	محايد	56	22.4					
	موافق	109	43.6					
	موافق بشدة	24	9.6					
يجب دراسة الأثر المعماري لطرق ربط وتثبيت العناصر الهيكلية في الدراسة الزلزالية	غير موافق بشدة	0	0	4.12	0.7	82.4%	24.107	موافق
	غير موافق	12	4.7					
	محايد	20	7.9					
	موافق	147	57.9					
	موافق بشدة	75	29.5					
يجب على المعماريين السعي لتحقيق موازنة بين المتطلبات المعمارية والزلزالية	غير موافق بشدة	0	0	4.31	0.7	86.2%	30.758	موافق بشدة
	غير موافق	5	2.0					
	محايد	16	6.3					
	موافق	129	50.8					
	موافق بشدة	104	40.9					
يؤثر التصنيف الزلزالي لموقع المشروع على الدراسة المعمارية	غير موافق بشدة	0	0	4.20	0.8	84%	23.974	موافق بشدة
	غير موافق	13	5.1					
	محايد	21	8.3					
	موافق	123	48.4					
	موافق بشدة	97	38.2					
محور أثر المهندسون المعماريون في الدراسات الزلزالية	غير موافق بشدة	0	0	4.10	0.6	82%	28.721	موافق
	غير موافق	2	0.8					
	محايد	30	11.8					
	موافق	163	63.9					
	موافق بشدة	60	23.5					

إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي SPSS

يبين جدول (5) أنّ قيم المتوسطات الحسابية لإجابات أفراد العينة على العبارات (للمهندس المعماري دور في التصميم الزلزالي، استخدام تكوينات معمارية على شكل L - T- U- H يؤثر في الدراسات الزلزالية، يجب دراسة الأثر المعماري لطرق ربط وتثبيت العناصر الهيكلية في الدراسة الزلزالية) تقع ضمن المجال [3.40،4.19] المقابل لدرجة إجابة "موافق"، وكان متوسط إجابات الأفراد على العبارات (يساعد اطلاع المعماريين على المتطلبات الزلزالية الأساسية باقتراح جمل إنشائية مناسبة، يجب على المعماريين السعي

لتحقيق موازنة بين المتطلبات المعمارية والزلزالية للمبنى أثناء تصميمه، يؤثر التصنيف الزلزالي لموقع المشروع على الدراسة المعمارية) يقع ضمن المجال [5،4.20] المقابل لدرجة إجابة "موافق بشدة"، إلا أن متوسط إجابات الأفراد على العبارات (تلعب العناصر غير الإنشائية دوراً مهماً في التصميم الزلزالي للمباني، تؤثر القرارات المعمارية المتعلقة بمواد إكساء المغلف على الدراسات الزلزالية للمباني) يقع ضمن المجال [4.19،3.40] المقابل لدرجة إجابة "محايد". ويشير قيمة الانحراف المعياري الصغير في كل عبارة إلى التشتت البسيط في الإجابات وهو ما يعكس التباعد البسيط في وجهات نظر أفراد العينة. وبشكل عام بلغت قيمة المتوسط الحسابي المرجح للمحور الثاني (4.10) التي كانت تقع ضمن المجال [4.19،3.40] المقابل لدرجة إجابة "موافق" وتشير قيمة الانحراف الكلية (0.6) إلى التشتت البسيط في الإجابات حول هذا المحور وهو ما يعكس التباعد البسيط في وجهات نظر أفراد العينة، وبالتالي يمكننا القول بأنهم يوافقون على مضمون عبارات هذا المحور بنسبية (82%).

المحور الثالث: علاقة المهندسين المعماريين المحليين مع الهندسة الزلزالية:

ركز هذا المحور على قياس مدى إطلاع المهندسين المحليين على الاعتبارات الزلزالية المحلية، وطريقة اكتسابهم للمعلومات الزلزالية، وتحديد الأساليب التي تساعد على رفع سوية معرفة المهندسين المحليين بالمفاهيم الزلزالية.

يبين الجدول التالي توصيف لعبارات محور علاقة المهندسين المعماريين المحليين مع الهندسة الزلزالية:

الجدول (6): توصيف لعبارات محور علاقة المهندسين المعماريين المحليين مع الهندسة الزلزالية

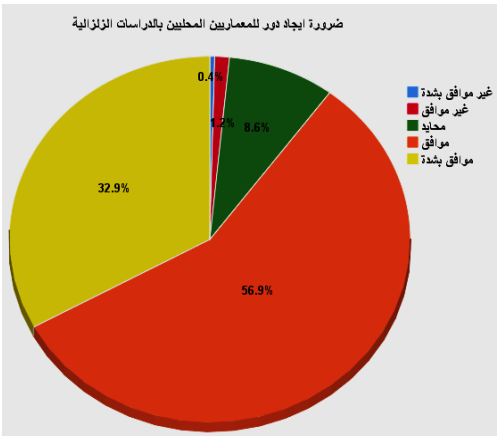
العبارات	الآراء	N	%	المتوسط الحسابي	الانحراف المعياري	الأهمية النسبية %	إحصائية t	اتجاه الآراء
تعتبر الخطورة الزلزالية في مدينة دمشق عالية	غير موافق بشدة	6	2.4	2.92	0.9	58.4%	-1.47	محايد
	غير موافق	88	34.5					
	محايد	89	34.9					
	موافق	65	25.5					
	موافق بشدة	7	2.7					
نسبة المباني في مدينة دمشق التي تراعي متطلبات الدراسة الزلزالية كبيرة	غير موافق بشدة	39	15.3	2.25	0.8	45%	-4.13	غير موافق
	غير موافق	139	54.5					
	محايد	53	20.8					
	موافق	22	8.6					
	موافق بشدة	2	0.8					
المهندسون المعماريون في سورية لديهم الادراك الكافي للمبادئ الانشائية بما يساعد للوصول لتصاميم معمارية متكاملة زلزالياً	غير موافق بشدة	25	9.8	2.44	0.9	48.8%	-10.12	غير موافق
	غير موافق	133	52.2					
	محايد	60	23.5					
	موافق	34	13.3					
	موافق بشدة	3	1.2					
علاقة المهندسين المعماريين المحليين مع الهندسة الزلزالية	غير موافق بشدة	24	9.4	2.54	0.6	50.8%	-13.2	غير موافق
	غير موافق	101	39.6					
	محايد	116	45.5					
	موافق	14	5.5					
	موافق بشدة	0	0					

إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي SPSS

يبين الجدول (6) أنّ قيم المتوسطات الحسابية (المتوسط المرجح) لإجابات أفراد العينة على العبارات (نسبة المباني في مدينة دمشق التي تراعي متطلبات الدراسة الزلزالية كبيرة، المهندسون المعماريون في سورية لديهم الإدراك الكافي للمبادئ الإنشائية بما يساعد للوصول لتصاميم معمارية متكاملة زلزالياً، تعتبر الخطورة الزلزالية في مدينة دمشق عالية) تقع ضمن المجال [1.80، 2.60] المقابل لدرجة إجابة "غير

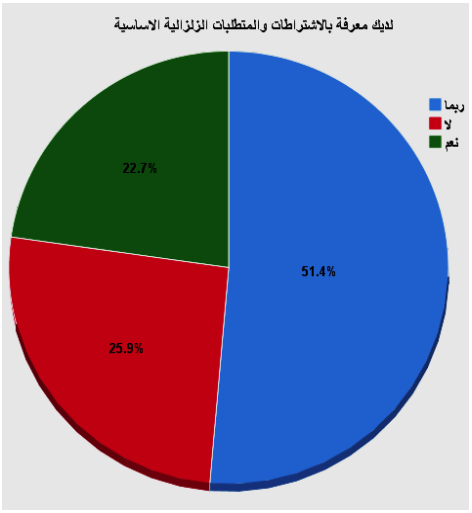
موافق"، وتشير قيمة الانحراف الكلية (0.6) إلى التشتت في الإجابات حول هذا المحور وهو ما يعكس التباعد في وجهات نظر أفراد العينة، وبالتالي يمكننا القول بأنهم غير موافقون– الأهمية النسبية (50.8%)– على مضمون عبارات هذا المحور.

أما التوزع النسبي لعينة الدراسة حول إجاباتهم على السؤال (ضرورة ايجاد دور للمعماريين المحليين بالدراسات الزلزالية) يعكس التوافق على أن يكون للمعماري الدور المؤثر في الدراسات الإنشائية المحلية:



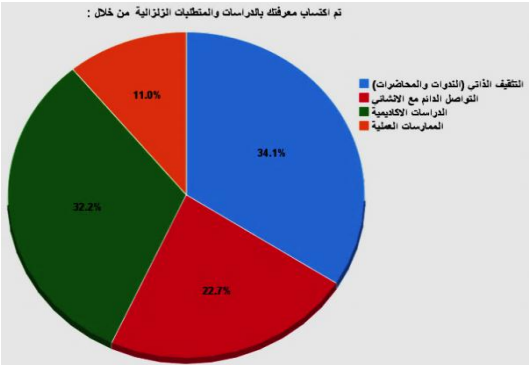
الشكل (17): الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حسب السؤال "ضرورة ايجاد دور للمعماريين المحليين بالدراسات الزلزالية [إعداد الباحث]

والتوزع النسبي لعينة الدراسة حول إجاباتهم على السؤال (لديك معرفة بالاشتراطات والمتطلبات الزلزالية الأساسية) يظهر التشتت بين أفراد العينة في مدى معرفتهم باشتراطات الكود الزلزالي المحلي فالنسبة الكبيرة للعينة ربما لديها المعرفة والاطلاع وهذا ما يعكس التفاوت بمستوى التقدير الحقيقي للمعرفة بالاشتراطات الزلزالية:



الشكل (18):الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حسب السؤال "لديك معرفة بالاشتراطات والمتطلبات الزلزالية الاساسية "[إعداد الباحث]

والتوزع النسبي لعينة الدراسة حول إجاباتهم على السؤال (تم اكتساب معرفتك بالدراسات والمتطلبات الزلزالية) فأظهرت الدراسة أن المعرفة الزلزالية لدى أفراد العينة كانت من خلال الاجتهاد بالتثقيف الذاتي بنسبة 34.1% أما الاكتساب هذه المعلومات من الدراسات الأكاديمية فكانت النسبة 32.2%، قلة هذه النسبة تدل على ضرورة إدخال مفردات أكاديمية معمارية ضمن الدراسات التصميمية.



الشكل (19):الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حسب السؤال "تم اكتساب معرفتك بالدراسات والمتطلبات الزلزالية [إعداد الباحث]

أما التوزع النسبي لعينة الدراسة حول إجاباتهم على السؤال (يمكننا تفعيل دور المعماريين المحليين في الدراسات الزلزالية) كان التوافق على تحقيق ذلك بضرورة العمل على إضافة متطلبات الدراسات الزلزالية، واشتراطاتها ضمن المفردات التعليمية الأكاديمية أو التخصصية بنسبة 69.1 %.

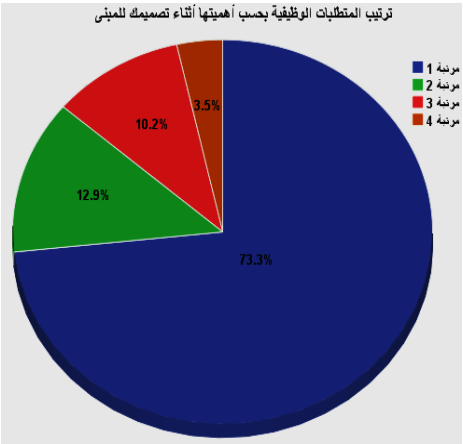
وأن يلعب المعماري دوراً مساهماً في تنظيم إرشادات تعبيرية بصرية تلحق بالكود الزلزالي لتسهيل الاطلاع عليها من العينة البحثية المعمارية بنسبة 45.3% وضرورة إقامة ندوات تثقيفية مخصصة للمعماريين بنسبة 45.7%

الجدول (7):التوزع النسبي لعينة الدراسة حسب السؤال "يمكننا تفعيل دور المعماريين المحليين في الدراسات الزلزالية

		N	%
يمكننا تفعيل دور المعماريين المحليين في الدراسات الزلزالية من خلال	إضافة تعليم المبادئ الزلزالية في المراحل الدراسية أو التخصصية	68	26.7
	إضافة تعليم المبادئ الزلزالية في المراحل الدراسية أو التخصصية ,إقامة ندوات ومحاضرات موجهة للمعماريين	21	8.2
	إضافة تعليم المبادئ الزلزالية في المراحل الدراسية أو التخصصية ,إقامة ندوات ومحاضرات موجهة للمعماريين ,مشاركة المعماريين بدراسة كود زلزالي بمنظور معماري	60	23.5
	إضافة تعليم المبادئ الزلزالية في المراحل الدراسية أو التخصصية ,شاركة المعماريين بدراسة كود زلزالي بمنظور معماري	27	10.6
	إقامة ندوات ومحاضرات موجهة للمعماريين، مشاركة المعماريين بدراسة كود زلزالي بمنظور معماري	9	3.5
	مشاركة المعماريين بدراسة كود زلزالي بمنظور معماري	43	16.9
	المجموع	255	100

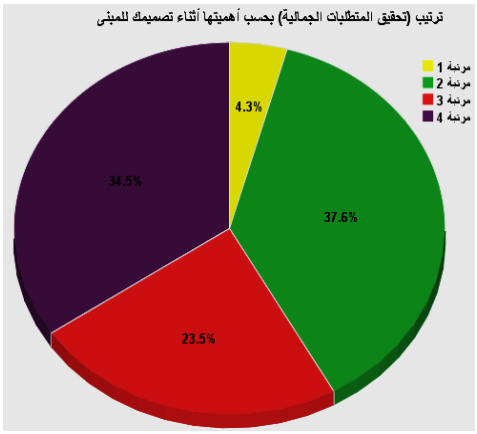
إعداد الباحث بالاعتماد على مخرجات البرنامج الإحصائي SPSS

أما التوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلبات المعمارية (الوظيفية، الجمالية، التحميل والحل الإنشائي، وتطبيق الاشتراطات الزلزالية) بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى فكانت النتائج كالتالي:



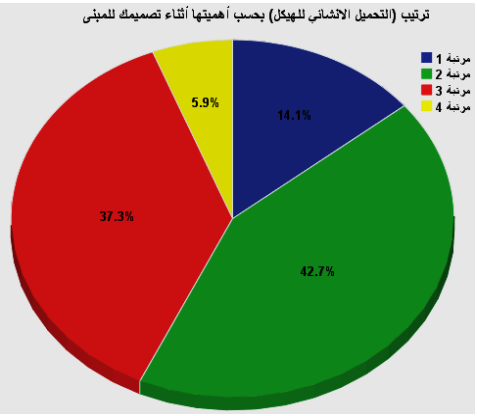
الشكل (20):الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلبات الوظيفية بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى [إعداد الباحث]

التوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلبات الجمالية بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى:



الشكل (21) :الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلبات الجمالية بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى[إعداد الباحث]

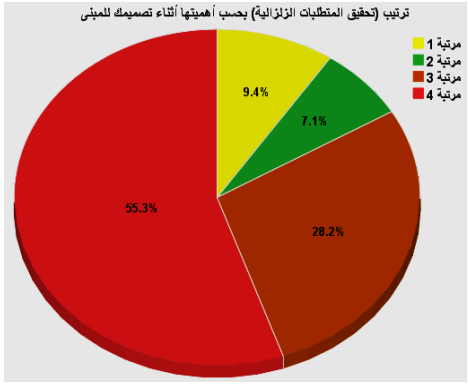
التوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلب (التحميل الانشائي للهيكل) بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى):



الشكل (22): الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلب (التحميل الانشائي للهيكل) بكل بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى[إعداد الباحث]

والشكل (23) يوضح التوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلب (تحقيق المتطلبات الزلزالية) بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى.

وهذا ما أظهر التشتت بين أفراد العينة حول ترتيب الأولية للمتطلبات



الشكل (23):الرسم البياني للتوزع النسبي لعينة الدراسة حول ترتيبهم للمتطلب (تحقيق المتطلبات الزلزالية) بكل بحسب أهميتها أثناء تصميم المبنى[إعداد الباحث]

فالفكر المعماري يعطي الأولوية للحل الوظيفي و الجمالي الذي يؤثر على المشروع وهذا ما ظهر جلياً بالاستبانة بجعل المتطلب الزلزالي بالمرتبة الرابعة من الاهتمامات. ومع ذلك فإن موضوع المقاومة الزلزالية يتوافق بشكل مباشر مع عمل المهندس المعماري في مرحلة التصميم.

4- النتائج والمناقشة:

من خلال ما سبق يمكننا التوصل للنتائج التالية:

1. **توافق أفراد العينة بشدة على المحورين:** (مفهوم العمارة الزلزالية، أثر المعماريين في الدراسات الزلزالية) مما يعكس ضرورة التكامل الإنشائي والمعماري، فكان الإجماع والتوافق بشدة على المفاهيم الإنشائية واعتبار العمارة الزلزالية أعلى درجات التكامل الهندسي، فمعرفة المعماري للاشتراطات الزلزالية يساعد على اقتراح الجمل الإنشائية المناسبة لتحقيق الأمان والمتانة للمباني في الأماكن المعرضة للزلازل.
2. توافق أفراد العينة على المفاهيم العامة لمقاومة المباني للزلازل من خلال أن التصميم المعماري يحسن من كفاءة الدراسات الزلزالية، وإمكانية جعل الاشتراطات الزلزالية ملهماً معمارياً دون التأثير على المتطلبات المعمارية الأساسية، وكذلك التوافق على دور شكل المخططات المعمارية في تأمين السلامة الزلزالية.
3. التشتت بالإجابات كان واضحاً بالمعلومات التخصصية بالموضوع الزلزالي كتأثير العناصر غير الإنشائية وكذلك الإكساء اللذان يلعبان دوراً مهماً بالتصميم المقاوم للزلزال، وتأمين السلامة من الكوارث البشرية والإنشائية التي قد تسببها، وكذلك كان التشتت باعتبار التصميم الزلزالي مقيداً للتصميم المعماري وقد يعود ذلك لضعف توجه واهتمام المعماريين بالموضوع الزلزالي، و قلة الاطلاع على الأمثلة العالمية التي اعتبرت أن المعايير الزلزالية مصدر مهم للهوية المعمارية في المناطق المعرضة

للزلازل، أما التباين بين أفراد العينة في اعتبار مدينة دمشق لها خطورة زلزالية فكان لضعف اطلاع بعض أفراد العينة على الوضع الجيولوجي للمدينة واعتبار هذا الموضوع بعيد عن الاختصاص المعماري.

4. أما إجماع أفراد العينة على عدم الموافقة باعتبار المباني في مدينة دمشق تراعي المتطلبات الزلزالية، و مدى معرفة المهندسين المعماريين المحليين بالمعايير الزلزالية فهذا يعكس غياب الدراسات المعمارية الزلزالية المحلية، والاكتفاء بدراسات المهندسين الإنشائيين، وهذا ما يفرض علينا ضرورة تفعيل دور المهندسين المعماريين المحليين من خلال تثقيفهم وتعليمهم للاشتراطات المعمارية والإنشائية الأساسية.

5- التوصيات:

تم التوصل للتوصيات التالية:

1. إجراء المزيد من الدراسات والتحليلات حول الترابط بين المفاهيم المعمارية ومقاومة الزلازل في مجال الهندسة المعمارية للزلازل.
2. رفع سوية المعرفة الزلزالية لدى المهندسين المعماريين المحليين من خلال الأبحاث والندوات الموجهة لهم.
3. تفعيل دور المهندسين المعماريين بدراسة المتطلبات الأساسية لمقاومة المباني زلزالياً واعتبارها توجهاً معمارياً معاصراً.
4. ضرورة إدراج قضايا التصميم الزلزالي في مناهج الهندسة المعمارية.
5. إعطاء دور أساسي للمهندسين المعماريين بالمشاركة الحقيقية لمعالجة قرارات التصميم في الكود الزلزالي الحالي لإعداد مصدر إرشادي زلزالي من منظور معماري.

References:

1. Charleson, Andrew. (2008). Seismic Design for Architects: Outwitting the Quake .1ST Edition, Amsterdam: Elsevier/ Architectural. P(296).
2. CHING,D.K,Ching.(2014). BUILDING STRUCTURES ILLUSTRATED.second edition, USA, WILLEY, P(354).
3. Charleson, Andrew. (2007) Architectural Design forEarthquake, A guide to the design of non-structural elements. Second Edition, the New Zealand Society for Earthquake Engineering , P(79).
4. LIUNJI,MENTOR,(2016). SEISMICARCHITECTURE, 1ST Edition, Montenegro, MSPROJECT, d.o.o, P(494).

المقالات:

5. Moroni, Ginnia.(2013).Seismic Resistance and Contemporary Design. UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE. https://www.researchgate.net/publication/316754150
6. Mezzi, M., Parducci, A., & Verducci, P. (2004, August). Architectural and structural configurations of buildings with innovative aseismic systems. In 13th WCEE. Canada
7. Slak, T., & Kilar, V. (2008). Simplified ranking system for recognition and evaluation of earthquake architecture. In 14th World Conference on Earthquake Engineering. China.

المراجع العربية:

8. د. م عابدين محمد يسار، (2004) المعايير المعمارية لاستعداد مدينة دمشق لمواجهة الزالزل، دمشق، سورية، مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية.
9. الدبيك جلال، (2010) التصميم المعماري للمباني المقاومة للزلازل، نابلس، فلسطين، مركز علوم الارض وهندسة الزلازل.

Received	12/7/2021	إيداع البحث
.Accepted for Publ	19/10/2021	قبول البحث للنشر