EARTHQUAKE RESISTENT BUILDING CONSTRUCTION تشييد المباني المقاومة للزلازل

ABSTRACT

Earthquakes constitute one of the greatest hazards of life and property on the earth. Due to suddenness of their occurrence, they are least understood and most dreaded. The earthquake resistant construction is considered to be very important to mitigate their effects. This paper presents the brief essentials of earthquake resistant construction and a few techniques to improve the resistance of building and building materials to earthquake forces, economically.

الزلازل تشكل واحداً من أكبر المخاطر في الأرواح والممتلكات على الأرض. بسبب وقوعها المفاجئ وهي الأقل فهما والأكثر بؤسا".
ويعتبر بناء ابنية مقاومة للزلازل مهما جداً للتخفيف من آثارها. وتعرض هذه الورقة موجزاً لأساسيات بناء ابنية مقاومة للزلازل وبعض التقنيات لتحسين مقاومتها للبناء ومواد البناء لزلزال قوي، اقتصاديا

• CONTENTS المحتويات

- ABSTRACT البادئة
- INTRODUCTION المقدمة
- HOW EARTHQUAKE RESISTENT BUILDING IS DIFERENT? كيف ان الابنية المقاومة للزلازل مختلفة؟
- EFFECT OF EARTHQUAKE ON REINFORCED CONCRETE BUILDING تأثير الزلازل على المباني الخرسانية المسلحة
- SEISMIC DESIGN PHILOSOPHY فلسفة التصميم الزلزالي
- REMEDIAL MEASURES TO MINIMISE THE LOSSES DUE TO EARTHQUAKES التدابير العلاجية للتقليل من الخسائر الناجمة عن الزلازل
- EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING CONSTRUCTION WITH REINFORCED HOLLOW CONCRETE BLOCK (RHCBM) إنشاء الابنية المقاومة للزلازل بواسطة الكتل الكونكريتية المسلحة
- MID-LEVEL ISOLATION مستوى العزل المتوسط
- EARTHQUAKE RESISTANCE USING SLURRY INFILTRATED MAT CONCRETE (SIMCON) مقاومة الزلزال باستخدام ملاط منفذة حصيرة من الخرسانة المقاومة
- CONCLUSIONS الاستنتاجات
- REFERENCES المصادر

Research by Eng. Ammar Esam
To Engineers Syndicate in Kurdistan / Sulaymania

INTRODUCTION

An earthquake is the vibration, sometimes violent to the earth's surface that follows a release of energy in the earth's crust. This energy can be generated by a sudden dislocation of segments of the crust, by a volcanic eruption or even by a manmade explosion. The dislocation of the crust causes most destructive earthquakes. The crust may first bend and then the stresses exceed the strength of rocks, they break. In the process of breaking, vibrations called seismic waves are generated. These waves travel outward from the source of the earthquake along the surface and through the earth at varying speeds depending on the material through which they move. These waves can cause disasters on the earth's surface.

المقدمة

الزلزال هو الاهتزاز، قد يكون عنيف في بعض الأحيان إلى سطح الأرض ويلي الإفراج عن الطاقة في قشرة الأرض. يمكن إنشاء هذه الطاقة باضطراب مفاجئ لشرائح من القشرة أو انفجار بركاني أو حتى انفجار قنبلة من صنع الإنسان. خلع القشرة تسبب الزلازل الأكثر تدميرا. القشرة أولا قد تنثني، ومن ثم يتجاوز تفوق قوة الصخور، ويقوم بكسرها. في عملية الكسر، تتولد اهتزازات تسمى الموجات الزلزالية. هذه الموجات تنتقل إلى الخارج من مصدر الزلزال على طول السطح ومن خلال الأرض بسرعات متفاوتة تبعاً للمواد التي تتحرك من خلالها. يمكن أن يسبب موجات هذه الكوارث على سطح الأرض.

No structure on the planet can be constructed 100% earthquake proof; only its resistance to earthquake can be increased. Treatment is required to be given depending on the zone in which the particular site is located. Earthquake occurred in the recent past have raised various issues and have forced us to think about the disaster management. It has become essential to think right from planning stage to completion stage of a structure to avoid failure or to minimize the loss of property. Not only this, once the earthquake has occurred and disaster has taken place; how to use the debris to construct economical houses using this waste material without affecting their structural stability.

لا يوجد هيكل على كوكب الأرض يمكن أن يكون شيدمضادا للزلزال بنسبة 100% ؛ ويمكن زيادة فقط المقاومة للزلازل. العلاج مطلوب للإعطاء تبعاً للمنطقة التي يقع فيها بموقع معين. الزلزال الذي حدث في الآونة الأخيرة وفي الماضي قد أثارت قضايا مختلفة وقد دفعتنا إلى التفكير في إدارة الكوارث. فقد أصبح من الضروري التفكير بحقيقة من تخطيط المرحلة إلى مرحلة استكمال الهيكل لتجنب الفشل أو للتقليل من الخسائر في الممتلكات. ليس هذا فقط، ومتى حدث الزلزال وكارثة ؛ كيفية استخدام الأنقاض لبناء مساكن اقتصادية باستخدام هذه المواد النفايات دون أن يؤثر ذلك على الاستقرار الهيكلي

HOW EARTHQUAKE RESISTANT CONSTRUCTION IS DIFFERENT?

كيف أن الابنية المقاومة للزلازل مختلفة؟

Since the magnitude of a future earthquake and shaking intensity expected at a particular site cannot be estimated with a reasonable accuracy, the seismic forces are difficult to quantify for the purposes of design. Further, the actual forces that can be generated in the structure during an earthquake are very large and designing the structure to respond elastically against these forces make it too expensive.

إذ لا يمكن تقدير حجم زلزال مستقبلا وقوة الهزة المتوقعة في موقع معين مع درجة معقولة من الدقة، فأن القوى الزلزالية يصعب قياسها كمياً لأغراض التصميم. علاوة على ذلك، القوى الفعلية التي يمكن أن تتولد في الهيكل أثناء وقوع زلزال كبير جداً وتصميم هيكل للرد المرن ضد هذه القوى جعلها مكلفة للغاية

Therefore, in the earthquake resistant design post yield inelastic behavior is usually relied upon to dissipate the input seismic energy. Thus the design forces of earthquakes may be only a fraction of maximum (probable) forces generated if the structure is to remain elastic during the earthquake. For instance, the design seismic for buildings may at times be as low as one tenths of the maximum elastic seismic force. Thus, the earthquake resistant construction and design does not aim to achieve a structure that will not get damaged in a strong earthquake having low probability of occurrence; it aims to have a structure that will perform appropriately and without collapse in the event of such a shaking.

ولذلك، في وظيفة تصميم مقاومة زلزال يخضع لمرونة السلوك هو عادة الاعتماد على الإدخال وتبديد الطاقة السيزمية. وهكذا قد يكون التصميم للزلازل سوى جزء صغير من القوى (المحتملة) بالحد الأقصى إذا كان الهيكل أن يبقى مرنا أثناء الزلزال. على سبيل المثال، قد يكون التصميم الزلزالي للمباني في بعض الأحيان منخفضة قدر عشر واحد من القوة الزلزالية المرنة كحد أقصى. وهكذا، تصميم الابنية المقاومة للزلازل لا تهدف إلى تحقيق هيكل سوف لا يحصل على أضرار في زلزال قوي بعد انخفاض احتمال حدوثها؛ ويهدف إلى هيكل سوف تؤدي على نحو مناسب ودون انهيار في حالة وقوع مثل هذا الهزة

Ductility is the capacity of the structure to undergo deformation beyond yield without loosing much of its load carrying capacity. Higher is the ductility of the structure; more is the reduction possible in its design seismic force over what one gets for linear elastic response. Ensuring ductility in a structure is a major concern in a seismic construction.

الليونة هو قدرة هيكل للخضوع لتشوه يتجاوز العائد دون فقدان الكثير من قدرته على مقدرة التحمل. ألاعلى هو ليونة للهيكل؛ والأكثر هو الحد الممكن في قوتها بالتصميم الزلزالي على مدى ما يحصل للاستجابة المرنة الخطية. وضمان الليونة في الابنية يعد شاغلا رئيسيا في البناء المقاوم للهزات

EFFECT OF EARTHQUAKE ON REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

تأثير الزلازل على المباني الكونكريتية المسلحة

In recent times, reinforced concrete buildings have become common. A typical RC building is made of horizontal members (beams and slabs) and vertical members (columns and walls) and supported by foundations that rest on the ground. The system consisting of RC columns and connecting beams is called a RC frame.

في الآونة الأخيرة، أصبحت المباني الخرسانية المسلحة شائعة. المباني الخرسانية المسلحة النموذجية مكونة من الأعضاء الأفقية (عوارض وبلاطات) وأعضاء الرأسية (الأعمدة والجدران) وتدعمها الاساسات التي تستند على الأرض. يسمى هذا النظام الذي يتألف من الأعمدة الخرسانية المسلحة وموصولة بالاربطة بالهيكل الخرساني المسلح

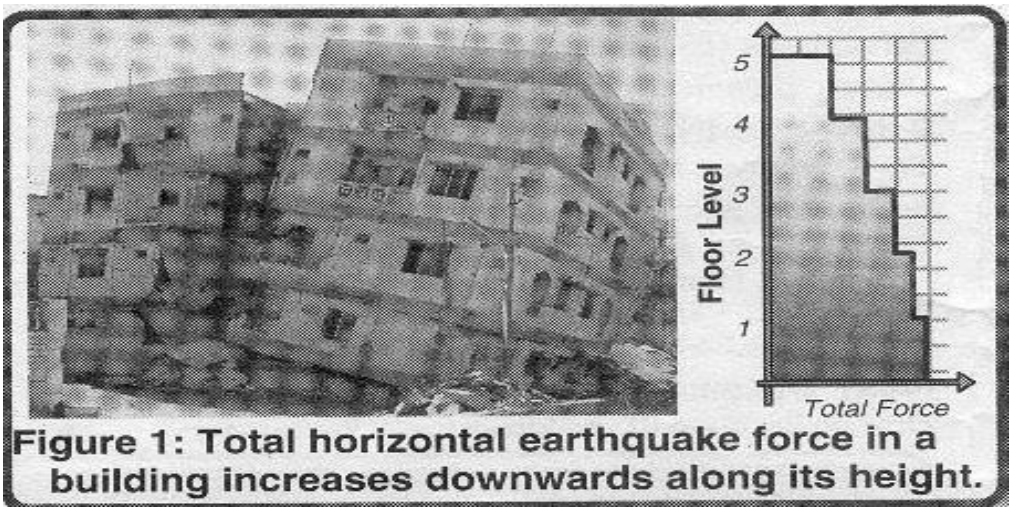


Figure 1: Total horizontal earthquake force in a building increases downwards along its height.

The RC frame participates in resisting earthquake forces. Earthquake shaking generates inertia forces in the building, which are proportional to the building mass. Since most of the building mass is present at the floor levels, earthquake induced inertia forces primarily develop at the floor levels. These forces travel downward through slabs to beams, beams to columns and walls and then to foundations from where they are dispersed to the ground. As the inertia forces accumulate downward from the top of the building (as shown in fig3.1) , the columns and walls at the lower storey experience higher earthquake induced forces and are therefore designed to be stronger than the storey above.

وتشارك المباني الخرسانية المسلحة في مقاومة قوى الزلزال. هزة الزلزال تولد قوي القصور الذاتي في المبنى والتي هي متناسبة مع كتلة البناء. نظراً لأن معظم كتلة البناء موجودة على مستوى الارض، الزلزال الناجم عن القصور الذاتي أساسا موجودة على مستوى الارض. هذه القوات تنتقل إلى الأسفل من خلال البلاطات للعوارض وللأعمدة والجدران، ومن ثم إلى الاساسات من حيث أنها منتشرة الأعمدة والجدران في الزلزال من على الى الأرض. كما تتراكم قوى الجمود إلى الأسفل من أعلى المبنى (كما هو موضح في الشكل) الى الطوابق السفلية الناجمة عن القوى ولذلك تكون مصممة لتكون أقوى من الطوابق أعلاه

Roles of floor slabs and masonry walls: دور البلاطات وجدران البناء:

Floor slabs are horizontal like elements, which facilitates functional use of buildings. Usually, beams and slabs at one storey level are cast together. In residential multistoried buildings, the thickness of slab is only about 110mm-150mm. when beams bend in vertical direction during earthquakes, these thin slabs bend along with them. When beams move in horizontal direction, the slab usually forces the beams to move together with it.

ألبلاطات الأفقية كالعناصر التي تسهل الاستخدام الوظيفي للمباني. عادة، يتم صب العوارض والبلاطات بمستوى طابق واحد معا. في البنايات السكنية متعددة الطوابق ، سمك البلاطة فقط عن 110 مم-150 مم. عندما تنحني العوارض في الاتجاه العمودي أثناء الزلازل، تنثني هذه البلاطات الرقيقة معهم. عندما تتحرك العوارض في الاتجاه الأفقي، فان الالواح عادة تجبرها بالحركة معها

Figure 2: Floor bends with the beam but moves all columns at that level together.

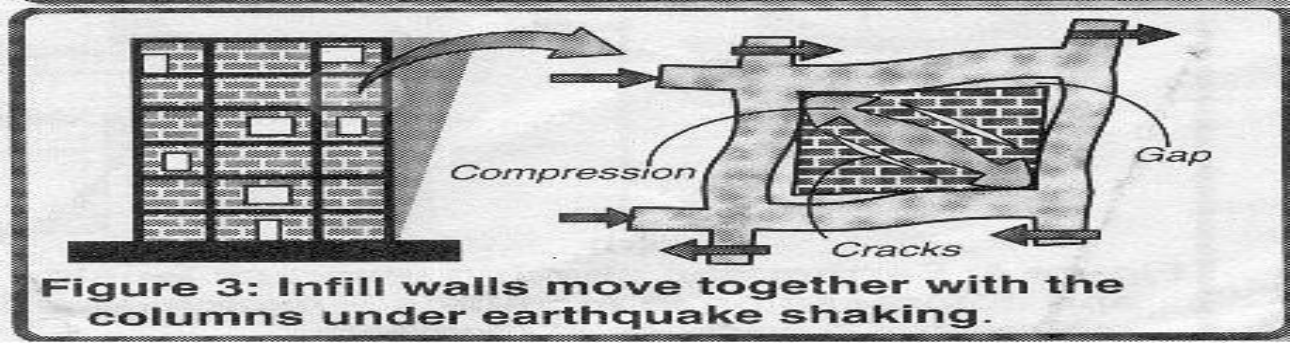


Figure 3: Infill walls move together with the columns under earthquake shaking.

In most of the buildings, the geometric distortion of the slab is negligible in the horizontal plane; the behavior is known as rigid diaphragm action. After columns and floors in a RC building are cast and the concrete hardens, vertical spaces between columns and floors are usually filled in with masonry walls to demarcate a floor area into functional spaces. Normally, these masonry walls are called infill walls, are not connected to surrounding RC beams and columns. When the columns receive horizontal forces at floor levels, they try to move in the horizontal direction, but masonry wall tend to resist this movement

في معظم المباني، التشوه الهندسي للبلاطات لا يكاد يذكر في المحتوى الأفقي؛ هذا السلوك معروف كعمل الحجاب الجاسئ. وبعد صب الأعمدة وبلاطات الأرضيات في الابنية الخرسانية المسلحة فان الخرسانة تتصلب، المسافات الرأسية بين الأعمدة والأرضيات يتم عادة

ملئها بجدران البناء بالحجر لتشكيل حدود منطقة الارضية ال المساحات المطلوبة. عادة، هذه الجدران الحجرية تسمى جدران الملئ ، وهي غير متصلة بجسور الكونكريت المسلح والأعمدة المحيطة. عندما تتلقى الأعمدة قوى أفقية في المستويات الارضية، فأنها تحاول التحرك في الاتجاه الأفقي، ولكن الجدار الحجرية تميل لمقاومة هذه الحركة

Due to their heavy weight and thickness, these walls develop cracks once their ability to carry horizontal load is exceeded. Thus, infill walls act like sacrificial fuses in the buildings, they develop crack under severe ground shaking but help share the load of beams and columns until cracking.

نظراً للوزن الثقيل والسمك، وتتشكل في هذه الجدران الشقوق بمجرد تجاوز قدرتها على تحمل العبء الأفقي. وهكذا، تتصرف جدران الملئ مثل الفواصم في المباني، وتشكل الشقوق تحت هزات الأرض الشديدة ولكن تساعد في مشاركة التحميل من العوارض والأعمدة حتى التكسير .

Strength hierarchy:

For a building to remain safe during earthquake shaking columns (which receive forces from beams) should be stronger than beams and foundations (which receive forces from columns) should be stronger than columns. Further the connections between beams and columns, columns and foundations should not fail so that beams can safely transfer forces to columns and columns to foundations.

التسلسل الهرمي للقوة:

لكي يبقى المبنى آمنة أثناء زلزال يهز الأعمدة (التي تتلقى القوى من العوارض) ينبغي أن يكون أقوى من العوارض والأسس (التي تتلقى قوى من الأعمدة) ينبغي أن تكون أقوى من الأعمدة. كذلك ينبغي أن لا تفشل الاتصالات بين الدعامات والأعمدة والأعمدة والأسس حيث أن الجسور يمكنها بأمان نقل القوى إلى الأعمدة والأعمدة إلى أسس.

When this strategy is adopted in the design, damage is likely to occur first in beams. When beams are detailed properly to have large ductility, the building as a whole can deform by large amounts despite progressive damage caused due to consequent yielding of beams.

وعند اعتماد هذه الاستراتيجية في التصميم، الضرر من المحتمل أن تحدث أولاً في الجسور. عندما ترد تفاصيل الجسور بشكل صحيح إلى ليونة كبيرة، يمكن أن تشوه المبنى برمته بكميات كبيرة على الرغم من الضرر التدريجي بسبب ما يترتب عليه من الخضوع من الجسور

If columns are made weaker, localized damage can lead to the collapse of building, although columns at storey above remain almost undamaged.

إذا صنعت الأعمدة أضعف ، يمكن أن يؤدي إلى انهيار المباني، وعلى الرغم من أن الأعمدة تظل في الطوابق أعلاه تقريبا غير تالفة

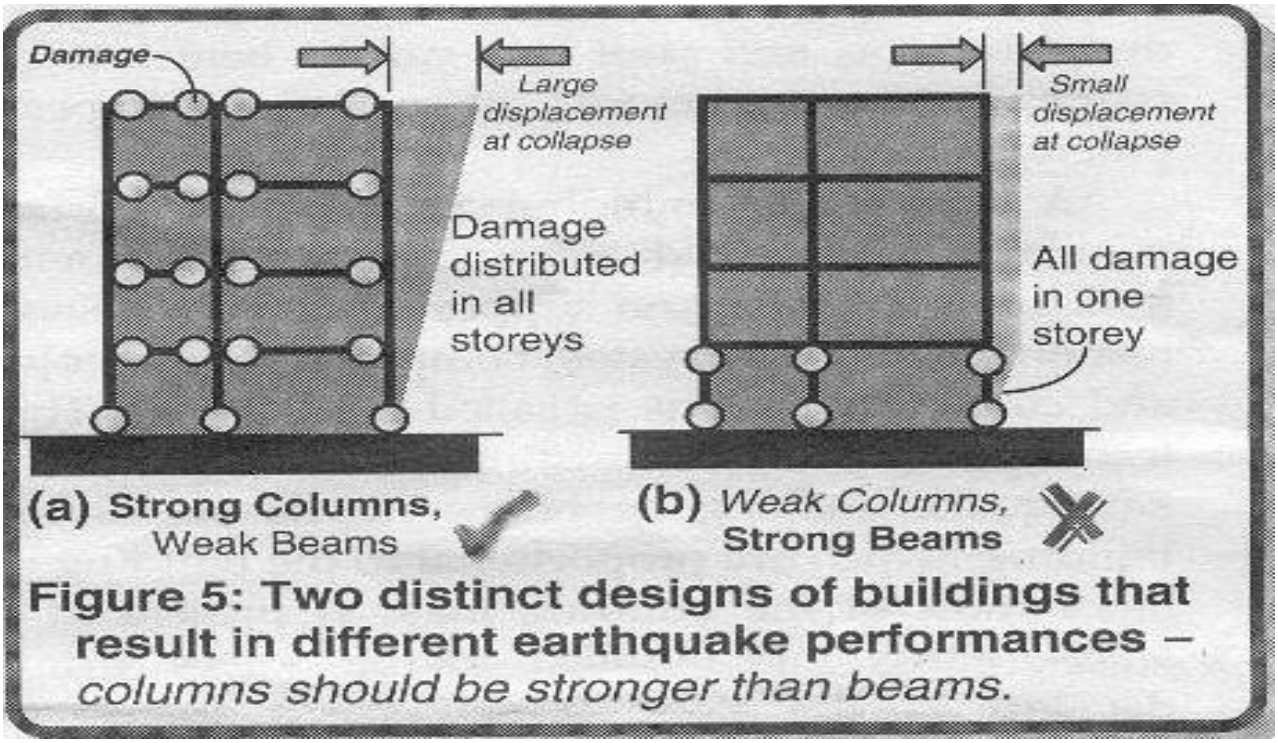


Figure 5: Two distinct designs of buildings that result in different earthquake performances – *columns should be stronger than beams.*

SEISMIC DESIGN PHILOSOPHY فلسفة التصميم الزلزالي

Severity of ground shaking at a given location during earthquake can be minor, moderate and strong. Relatively speaking, minor shaking occurs frequently; moderate shaking occasionally and strong shaking rarely. For instance, on average annually about 800 earthquakes of magnitude 5.0-5.9 occurs in the world, while the number is only 18 for the magnitude ranges 7.0-7.9. Since it costs money to provide additional earthquake safety in buildings, a conflict arises 'should we do away with the design of buildings for earthquake effects? Or should we design the building to be earthquake proof wherein there is no damage during strong but rare earthquake shaking. Clearly the formal approach can lead to a major disaster and second approach is too expensive. Hence the design philosophy should lie somewhere in between two extremes.

يمكن أن تكون شدة اهتزاز الأرض في مكان معين أثناء زلزال طفيفة – ومتوسطة - وقوية. نسبيا، الاهتزاز الطفيف يحدث بشكل متكرر؛ وهزة متوسطة تحدث أحياناً والهزة القوية نادراً ما تحدث . على سبيل المثال، في المتوسط سنوياً حدوث الزلازل حوالي 800 بقوة 5.0-5.9 في العالم، بينما بعدد 18 فقط للنطاقات قوته 7.0-7.9. نظراً لأنها تكلف أموالا إضافية لتوفير السلامة في المباني عند الزلزال ، ينشأ صراع ' أينبغي أن نقوم به بعيداً مع تصميم المباني لآثار الزلزال؟ أو ينبغي أن نقوم بتصميم المبنى لتكون مقاومة للزلازل حيث هناك أي ضرر أثناء هز زلزال قوي ولكنها نادرة. وضوح النهج الرسمي الذي يمكن أن يؤدي إلى كارثة كبرى والنهج الثاني مكلفة للغاية. ومن ثم ينبغي أن فلسفة التصميم تكمن في مكان ما بين هذين النقيضين .

Earthquake resistant building: الابنية المقاومة للزلازل:

The engineers do not attempt to make earthquake proof buildings that will not get damaged even during the rare but strong earthquake; such buildings will be too robust and also too expensive. Instead, engineering intention is to make buildings earthquake resistant, such building resists the effects of ground shaking, although they may get damaged severely but would not collapse during the strong earthquake. Thus, safety of peoples and contents is assured in earthquake resistant buildings and thereby, a disaster is avoided. This is a major objective of seismic design codes through the world.

المهندسين لا يحاولون جعل المباني المضادة للزلزال على أنه سوف لا تحصل على تضرر حتى أثناء زلزال نادرة ولكن قوية؛ سوف تكون هذه المباني قوية جداً ولكن مكلفة للغاية أيضا. بدلاً من ذلك، نية الهندسة جعل المباني مقاومة للزلازل تقاوم آثار اهتزاز الأرض، وعلى الرغم من أنه قد يحصل تلف شديد لكنها لا تنهار خلال الزلزال القوى. وهكذا، سلامة الشعوب ومقتنياتها تكون مضمونة في المباني المقاومة للزلازل، وبالتالي، تفادي وقوع كارثة. وهذا هدف رئيسي لرموز التصميم الزلزالي عبر العالم

Earthquake design philosophy فلسفة تصميم الزلزال :

The earthquake design philosophy may be summarized as follows:

- **Under minor, but frequent shaking, the main members of the building that carry vertical and horizontal forces should not be damaged; however the building parts that do not carry load may sustain repairable damage.**

- **Under moderate but occasional shaking, the main member may sustain repairable damage, but the other parts of the building may be damaged such that they may even have to be replaced after the earthquake.**

- **Under strong but rare shaking, may sustain severe (even irreparable) damage, but the building should not collapse.**

ويمكن تلخيص فلسفة التصميم الزلزال كما يلي:

- **تحت الهزة البسيطة، ولكن كثيرة الهز، لا تكون أعضاء المبنى الرئيسي التي تحمل القوى الرأسية والأفقية معطوبةً ؛ ومع ذلك فالحفاظ على أجزاء المبنى التي لا تحمل بأضرار يمكن إصلاحها. ·**

- **تحت الهزة المتوسطة ولكن أحياناً تهتز، العضو الرئيسي يتحمل على الأضرار يمكن إصلاحها، ولكن أجزاء أخرى من المبنى قد يكون معطوباً وتستبدل لتحل محلها بعد الزلزال. ·**

- **تحت الهزة القوية لكنها نادرة الهز، قد تتعرض لضرر شديد (حتى غير قابل للاصلاح)، ولكن ينبغي عدم انهيار المبنى**

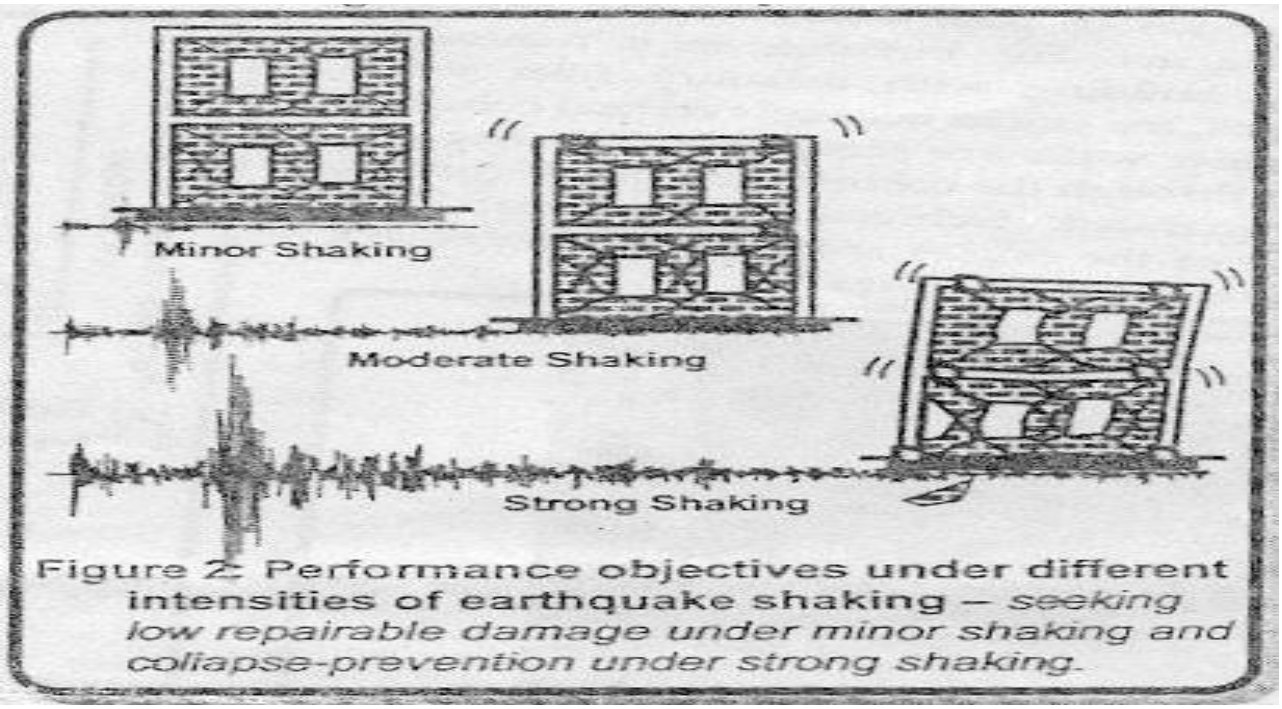


Figure 2: Performance objectives under different intensities of earthquake shaking – *seeking low repairable damage under minor shaking and collapse-prevention under strong shaking.*

Thus after minor shaking, the building will be operational within a short time and repair cost will be small and after moderate shaking, the building will be operational once the repair and strengthening of the damaged main members is completed. But, after a strong earthquake, the building may become disfunctional for further use, but will stand so that people can be evacuated and property recovered.

وهكذا بعد اهتزاز طفيف، المبنى سيبقى تشغيليا خلال فترة زمنية قصيرة وتكلفة الإصلاح سوف تكون صغيرة , وبعد الهزة المتوسطة، سيكون البناء تشغيليا وبمجرد الانتهاء من الإصلاح وتقوية الأعضاء الرئيسية المتضررة. ولكن، بعد زلزال قوي، المبنى قد أصبحت مختلة لاستخدامها مرة أخرى، ولكن سوف تصمد حيث أنه يمكن إخلاء الناس واسترداد الممتلكات

The consequences of damage have to be kept in view in the design philosophy. For example, important buildings like hospitals and fire stations play a critical role in post-earthquake activities and must remain functional immediately after earthquake. These structures must sustain very little damage and should be designed for a higher level of earthquake protection. Collapse of dams during earthquake can cause flooding in the downstream reaches, which itself can be a secondary disaster. Therefore, dams and nuclear power plants should be designed for still higher level of earthquake motion.

النتائج المترتبة على الأضرار يجب أن تبقى بعين الاعتبار في فلسفة التصميم. على سبيل المثال، المباني الهامة مثل المستشفيات ومراكز الإطفاء تلعب دوراً حاسما في أنشطة ما بعد الزلزال ويجب أن تبقى وظيفية مباشرة بعد الزلزال. هذه الهياكل يجب الحفاظ على الضرر القليل جداً، وينبغي أن تصمم لمستوى أعلى من الحماية من الزلازل. يمكن أن يسبب انهيار السدود خلال الزلازل الفيضانات في الروافد والمصب، هذا في حد ذاته يمكن أن يكون كارثة ثانوية. ولذلك، ينبغي تصميم السدود ومحطات توليد الطاقة النووية لتقاوم أعلى مستوى من الحركة الزلزالية

REMEDIAL MEASURES TO MINIMISE THE LOSSES DUE TO EARTHQUAKES

التدابير العلاجية للتقليل من الخسائر الناجمة عن الزلازل

Whenever a building project is prepared and designed, the first and the most important aspect of design is to know the zone to which this structure is likely to rest. Depending upon these, precautionary measures in structural design calculation are considered and structure can be constructed with sufficient amount of resistance to earthquake forces. Various measures to be adopted are explained pointwise, giving emphasis to increase earthquake resistance of buildings.

كلما أعددت مشروع بناء وتصميم، أولا والجانب الأكثر أهمية من التصميم هو معرفة المنطقة التي يرجح هذا الهيكل ان يكــون. اعتماداً على هذه، تعتبر التدابير الاحترازية في حساب التصميم الهيكلي وهيكل يمكن بناؤها مع كمية كافية من المقاومة لقوى الزلزال. وأن اوضح مختلف التدابير التي يتعين اتخاذها ، مع التركيز على زيادة مقاومة المباني الزلازل .

Building planning: تخطيط البناء

The records of various earthquake failures reveal that unsymmetrical structure performs poorly during earthquake. The unsymmetrical building usually develops torsion due to seismic forces, which causes development of crack leading to collapse of a structure. Building therefore should be constructed rectangular and symmetrical in plan. If a building has to be planned in irregular or unsymmetrical shape, it should be treated as the combination of a few rectangular blocks connected with passages. It will avoid torsion and will increase resistance of building to earthquake forces.

وتكشف السجلات عن مختلف الإخفاقات الزلزالية بأن ينفذ البناء بصورة غير متماثلة وسيئة أثناء الزلزال. الابنية غير المتماثلة عادة تشكل التواء بسبب القوى الزلزالية، مما يتسبب في وضع الشقوق تؤدي إلى انهيار الهيكل. ولذلك ينبغي أن تشييد مبنى مستطيل ومتناظرة في الخطة. إذا كان مبنى التخطيط بشكل غير منتظم أو غير متماثل، ينبغي أن تعامل المزيج من بضع كتل مستطيلة متصلة بممرات. أنه سيتم تجنب التواء وستزيد المقاومة بناء على الزلزال القوى

Foundation: الأســـــــاس :

IS code recommends that as far as possible entire building should be founded on uniform soil strata. It is basically to avoid differential settlement. In case if loads transmitted on different column and column footing varies, foundation should be designed to have uniform settlement by changing foundation size as per code conditions to have a loading intensity for uniform settlement.

القياسات العالمية توصي بقدر ما أمكن بناء كامل ينبغي أن تؤسس على طبقات التربة موحدة. أنها في الأساس لتجنب التسوية التفاضلية. في حالة إذا أنتقلت الأحمال على الأعمدة المختلفة وقدم العمود يختلف، ينبغي تصميم الأساس بتسوية موحدة عن طريق تغيير حجم الاسس وفقا لشروط التعليمات البرمجية وأن يكون كثافة تحميل للتسوية موحدة.

Raft foundation performs better for seismic forces. If piles are driven to some depth over which a raft is constructed (raft cum pile foundation), the behaviour of foundation under seismic load will be far better. Piles will take care of differential settlement with raft and resistance of structure to earthquake forces will be very large.

الأساسات الحصيرية ذات أداء أفضل للقوى الزلزالية. إذا كانت الركائز مدفوعة ببعض التعمق أكثر مما شيدت الاساس الحصيري فأن سلوك الاسس تحت الاحمال الزلزالية سوف يكون أفضل بكثير. سوف تتخذ الركائز عناية اكثر من التسوية التفاضلية مع الحصيرة ومقاومة الهيكل لقوى للزلزال سوف تكون كبيرة جداً

Provision of band : توفير الحزمة :

IS code recommends construction of concrete band at lintel level to resist earthquake. The studies revealed that building with band at lintel level and one at plinth level improves load carrying of building to earthquake tremendously. It is suggested here that if bands are plinth level, sill level, lintel level and roof level in the case of masonry structure only, the resistance of building to earthquake will increase tremendously. Band at sill level should go with vertical band and door openings to meet at lintel level. Hold fast of doors can be fitted in their sill band. In case of earthquake of very high intensity or large duration only infill wall between walls will fail minimizing casualties and sudden collapse of structure. People will get sufficient time to escape because of these bands.

القياسات العالمية توصي بناء حزمة على مستوى الرباط لمقاومة الزلازل. وكشفت الدراسات أن يحسن بناء مع واحد على مستوى العارضة والفرقة على مستوى الرباط يتحمل البناء حمل لزلزال هائل. واقترح هنا أن إذا كانت الحزم بمستوى العارضة ومستوى الرباط ومستوى عتبة مستوى السقف في حالة هيكل البناء فقط، ستزيد مقاومة بناء الزلزال بصورة هائلة. يجب أن تذهب الحزم على مستوى عتبة مع الشريط العمودي وفتح الباب لتلبية المستوى . وإجراء سريع للأبواب يمكن تركيبها في تلك العتبة. في حالة حدوث زلزال من كثافة عالية جداً أو مدة كبيرة سوف تفشل فقط جدار الملئ بين جدران للتقليل إلى أدنى حد من الخسائر والانهيار المفاجئ للهيكل. الناس سوف تحصل على وقت كاف لفرار بسبب هذه الحزم

Arches and domes: الأقواس والقباب :

Behavior of arches has been found very unsatisfactory during earthquake. However domes perform very satisfactory due to symmetrical in nature. Arches during earthquake have tendency to separate out and collapse. Mild steel ties if provided at the ends, their resistance can be increased to a considerable extent.

لقد وجد سلوك الأقواس غير مرضية جداً أثناء الزلزال. لكن أداء القباب كان مرضيا جداً نظراً إلى مثيلاتها في الطبيعة. الأقواس أثناء زلزال لديهم ميل للفصل والانهيار. إذا نفذت حلقات الصلب في النهايات، فيمكن زيادة المقاومة إلى حد كبير

Staircases: السلالم :

These are the worst affected part of any building during earthquake. Studies reveal that this is mainly due to differential displacement of connected floors. This can be avoided by providing open joints at each floor at the stairway to eliminate bracing effect.

هذه هي أسوأ جزء تضرر من أي مبنى خلال الزلزال. وتكشف الدراسات أن هذا يرجع أساسا إلى التشريد التفاضلي لأرضيات متصلة. وهذا يمكن تجنبها من خلال توفير المفاصل مفتوحة في كل طابق في درج للقضاء على تأثير المسك

Beam column joints: مفاصل العمود والجسور :

In framed structures the monolithic beam column connections are desirable so as to accommodate reversible deformations. The maximum moments occur at beam-column junction. Therefore most of the ductility requirements should be provided at the ends. Therefore spacing of ties in column is restricted to 100mm centre and in case of beam strips and rings should be closely spaced near the joints. The spacing should be restricted to 100mm centre to centre only near the supports. In case of columns, vertical ties are provided; performance of columns to earthquake forces can be increased to a considerable extent.

في الهياكل المؤطرة اتصالات العمود بالجسور متآلفة بغية استيعاب التشوهات وعكسها. يحدث عزوم كحد أقصى عند تقاطع العمود بالجسر. ولذلك ينبغي توفير معظم الاحتياجات الليونة في النهايات. ولذلك تباعد الحلقات في العمود المقيد للمركز 100 ملم، وفي حالة شرائط جسور وينبغي أن تكون تباعد الحلقات عن كثب قرب المفاصل. ينبغي أن تقتصر التباعد 100 ملم من مركز لمركز للقرب عند الدعائم. في حالة الأعمدة، يتم توفير الحلقات الرأسية؛ ويمكن زيادة أداء أعمدة إلى زلزال قوي إلى حد كبير

Steel columns for tall buildings in buildings more than 8 storey height should be provided as their performance is better than concrete column due to ductility behavior of material.

أعمدة الصلب للمباني العالية في أي من المباني بارتفاع أكثر من 8 طوابق فان أدائها أفضل من عمود كونكريتي بسبب سلوك الليونة للمواد

Masonry building: الابنية الحجرية :

Mortar plays an important role in masonry construction. Mortar possessing adequate strength should only be used. Studies reveal that a cement sand ratio of 1:5 or 1:6 is quite strong as well as economical also. If reinforcing bars are put after 8 to 10 bricklayers, their performance to earthquake is still better.

للمونة دوراً هاما في بناء الحجر. يجب فقط استخدام المونة التي تمتلك القوة الكافية. وتكشف الدراسات أن مونة أسمنت ورمل بنسبة 1:5. أو 1:6 قوية جداً واقتصادية أيضا. إذا ما وضعت حديد تسليح بعد 8 إلى 10 من طبقات الطوب، لا يزال أدائها للزلزال أفضل.

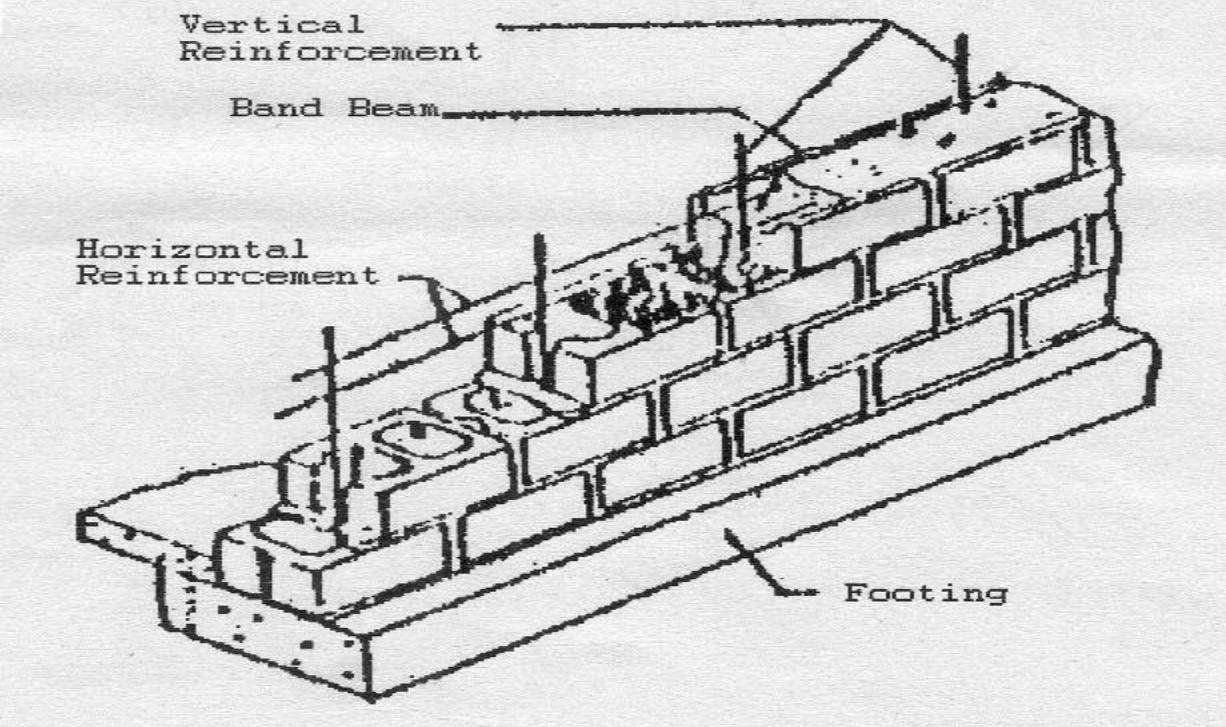
As such if few measures are adopted during stages of design and construction of building their resistance to earthquake forces can be improved considerably. Though buildings cannot be made 100% earthquake proof but their resistance to seismic forces can be improved to minimize loss of property and human life during the tremors.

على هذا النحو إذا ما اعتمدت تدابير قليلة خلال مراحل تصميم وتشييد مبنى مقاوم لزلزال قوي يمكن أن تتحسن إلى حد كبير.
على الرغم من ان البناء لا يمكن جعله مقاوم للزلزال بنسبة 100% ولكن يمكن تحسين مقاومتها للقوى الزلزالية و تقليل الخسائر في الممتلكات والأرواح البشرية خلال الهزات

EARTHQUAKE RESISTANT BUILDING CONSTRUCTION WITH REINFORCED HOLLOW CONCRETE BLOCK (RHCBM) *تشييد المباني المقاومة للزلازل بالخرسانة المجوفة معززة بلوك*

Reinforced hollow concrete blocks are designed both as load-bearing walls for gravity loads and also as shear walls for lateral seismic loads, to safely withstand the earthquakes. This structural system of construction is known as shear wall-diaphragm concept, which gives three-dimensional structural integrity for the buildings.

تم تصميم كتل خرسانية مجوفة مسلحة للجدران الحاملة للأحمال الجاذبية وكذلك جدران القص للأحمال الزلزالية الجانبية، لمقاومة الزلازل بأمان. ويعرف هذا النظام الهيكلي للبناء مفهوم القص الجدار الحاجز، الذي يعطي ثلاثي الأبعاد السلامة الهيكلية للمباني.



Structural features: المیزات الهیکلیة :

· Each masonry element is vertically reinforced with steel bars and concrete grouts fill, at regular intervals, through the continuous vertical cavities of hollow blocks.

ویتعزز كل عنصر من عناصر البناء عمودیاً مع قضبان الصلب والمونة، على فترات منتظمة، من خلال تجاویف عمودي مستمر من كتل جوفاء.

· Similarly, each masonry element is horizontally reinforced with steel bars and concrete grout fills at plinth, sill, lintel and roof levels, as continuous RC bands using U-shaped concrete blocks in the masonry course, at repetitive levels.

وبالمثل، ویتعزز كل عنصر من عناصر البناء أفقیاً مع قضبان الصلب ویملأ بالمونة على الصعیدین العارضة، وعتبات، رباطات في مجرى البناء، على المستویات المتكررة المستمرة باستخدام كتل من الكونكریتیة على شكلU وسقف، كعصابات

· Grid of reinforcement can be built into each masonry element without the requirement of any extra shuttering and it reduces the scope of corrosion of the reinforcement.

یمكن أن یبني شبكة تعزیز في كل عنصر من عناصر البناء دون اشتراط أي الشدات إضافي، وأنه یقلل من نطاق التآكل في التسلیح

· As the reinforcement bars in both vertical and horizontal directions can be continued into the roof slab and lateral walls respectively, the structural integrity in all three dimensions is achieved.

ویمكن أن تستمر في بلاطة سقف التسلیح في الاتجاهین الرأسي والأفقي والأفقي الجدران على التوالي، هو تحقیق السلامة الهیكلیة في جمیع الأبعاد الثلاثة

Structural advantages: المزایا الهیكلیة :

· In this construction system, structurally, each wall and slab behaves as a shear wall and a diaphragm respectively, reducing the vulnerability of disastrous damage to the structure during natural hazards.

في هذا النظام من البناء، هیكلیاً، كل الجدار والبلاطات یتصرف كجدار قص وحاجب على التوالي، الحد من التعرض لأضرار كارثیة للهیكل أثناء الكوارث الطبیعیة

· Due to the uniform distribution of reinforcement in both vertical and horizontal directions, through each masonry element, increased tensile resistance and ductile behavior of elements could be achieved. Hence the construction system can safely resist lateral or cyclic loading, when compared to other masonry construction systems. This construction system has also been proved to offer better resistance under dynamic loading, when compared to the other conventional systems of construction.

بسبب توزيع موحد للتسليح في الاتجاهين العمودي والأفقي على حد سواء، ومن خلال كل عنصر من عناصر البناء، يمكن زيادة مقاومة الشد والسلوك المطيل للعناصر. ومن ثم يمكن بأمان مقاومة نظام البناء للتحميل الأفقي أو دوري، بالمقارنة مع غيرها من أنظمة البناء بالحجر. أيضا ثبت هذا النظام بالبناء لتقديم أفضل المقاومة تحت التحميل الديناميكي، عند مقارنة بالنظم التقليدية الأخرى للبناء

Constructional advantages: المزايا الانشائية :

· No additional formwork or any special construction machinery is required for reinforcing the hollow block masonry.

. لا يتطلب شدات إضافية أو أي آلات بناء الخاصة لتسليح البناء بالكتلة جوفاء

· Only semi-skilled labour is required for this type of construction.

العمال شبه المهرة فقط المطلوبين لهذا النوع من البناء

· It is faster and easier construction system, when compared to the other conventional construction systems.

.ونظام البناء أسرع وأسهل، بالمقارنة مع غيرها من أنظمة البناء التقليدية

· It is also found to be cost-effective.

كما أنها وجدت لتكون فعالة من حيث التكلفة

Architectural and other advantages: الهندسة المعمارية ومزايا أخرى

· This constructional system provides better acoustic and thermal insulation for the building.

ويوفر هذا النظام إنشائيا أفضل عزل صوتي و حراري للمبنى

· This system is durable and maintenance free.· وهذا النظام هو دائم والصيانة المجانية

RHCBM has structural advantages of lighter dead weight and increased floor area. These advantages are quantitatively worked out from the fact that, RHCBM is built of 20cm thick hollow block wall, when compared to the 23cm thick one brick wall of RCC framed structure and 34cm thick one and half brick wall of load bearing structure.

مزايا الهيكلية لوزن أخف وزيادة المساحة. الكمية توضع هذه المزايا من حقيقة أن بنيت 20 سم كتلة مجوفة سميكة الجدار، إذا ما قورنت بالحائط من الطوب الواحدة 23 سم سمك و 34 سم سمك ونصف حائط من الطوب من حمل الهيكل

MID-LEVEL ISOLATION *العزل المتوسط المستوى*

This includes mid-level isolation system installed while the buildings are still being used. This new method entails improving and classifying the columns on intermediate floors of an existing building into flexible columns that incorporate rubber bearings (base isolation systems) and rigid columns which have been wrapped in steel plates to add to their toughness. A combination of these two types of columns is then used to improve the earthquake-resistant performance of the building as a whole

وهذا يشمل نظام العزلة المستوى المتوسط في حين تزال تستخدم المباني. هذا الأسلوب الجديد ينطوي على تحسين وتصنيف الأعمدة في الطوابق الوسيطة لمبنى قائم في أعمدة مرنة تتضمن المطاط محامل (نظم العزل قاعدة) وأعمدة الجامدة التي قد كانت ملفوفة في صفائح فولاذية لإضافة إلى المتانة. ثم يتم استخدام مزيج من هذين النوعين من الأعمدة لتحسين الأداء المقاوم للزلزال للمبنى ككل

This is the first method of improving earthquake resistance in Japan that classifies the columns on the same floor as flexible columns and rigid columns, and it is the first case in west Japan (the Kansai region) of attaching rubber bearings by cutting columns on the intermediate floors an existing building. This method involves improving earthquake resistance while the buildings are still being used as normal operations.

هذا هو الأسلوب الأول لتحسين مقاومة الزلازل في اليابان بأن يصنف الأعمدة في نفس الطابق كالجامد واعمده مرنة، وهو أول حالة في غرب اليابان (منطقة كانساي) إرفاق محامل المطاط بقطع الأعمدة على متوسط طوابق مبنى قائم. هذا الأسلوب ينطوي على تحسين مقاومة الزلزال بينما لاتزال تستخدم المباني كالعمليات العادية.

There are three types of base isolation systems, depending on the location where rubber bearings are incorporated:

:وهناك ثلاثة أنواع من أنظمة العزل الأساسي، تبعاً للموقع حيث يتم إدراج محامل مطاطية

- **Pile head isolation** **عزل رأس الركائز**
- **Foundation isolation** **عزل الاسس**
- **Mid-level isolation** **عزل المستوى المتوسط**

By cutting horizontally all columns and walls on a specific intermediate floor and installing rubber bearings in the columns that have been cut, that floor becomes extremely flexible, and the building will sway horizontally with the large sway amplitude of 40-50 centimeters under maximum level earthquakes. It therefore becomes possible that the finishing materials, piping and existing elevators may not be able to keep pace with the deformations and break, perhaps resulting in their protruding from the site of the building.

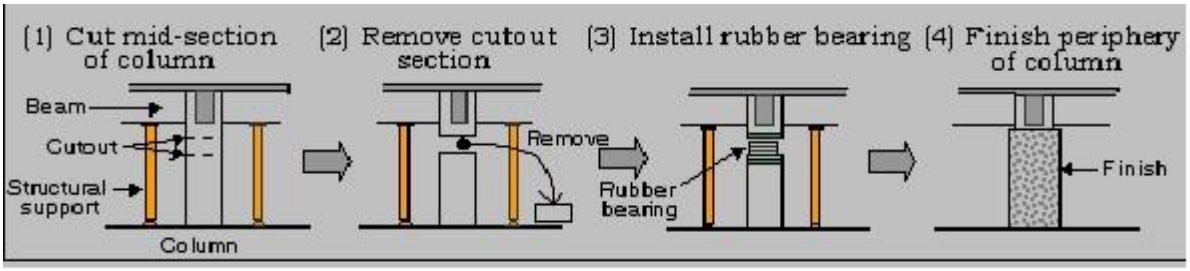
بقطع جميع الأعمدة والجدران أفقياً على طابق وسيط محدد وتثبيت محامل مطاطية في الأعمدة التي تم قطعها، أن الطبق تصبح مرنة للغاية، وفي التأثير البناء أفقياً بنفوذ كبير السعة من 40-50 سنتيمتر تحت الزلازل مستوى الحد الأقصى. ولذلك يصبح من الممكن أن مواد التشطيب، الأنابيب والمصاعد الموجودة قد لا يكون قادراً على مواكبة تشوهات، وتتكسر، وربما أدى بهم الى البروز من موقع المبنى

In the head office of Himeji Shinkin Bank, columns with rubber bearings incorporated in them to allow them to move flexibly and rigid columns which were made tougher by wrapping steel plate were placed effectively, thereby suppressing horizontal deformation and improving the earthquake resistance of the building as a whole.

في المكتب الرئيسي للبنك هيميجي، الأعمدة مع محامل مطاطية فيها السماح لهم بالانتقال من مرونة وأعمدة الجامد الذي أدى أكثر صرامة من التفاف ألواح الصلب وضعت فعلياً، وبالتالي منع التشوه الأفقي و تحسين مقاومة الزلزال للمبنى ككل

Vibration control units incorporating viscous materials with high energy absorption performance were installed in walls, to play the role of dampers. This reduced the swaying of the building. Mid-level isolation procedure is shown in the fig.

تم تركيب وحدات مراقبة الاهتزاز وإدراج المواد اللزجة مع أداء امتصاص الطاقة العالية في الجدران، للعب دور الملطف. وهذا تخفيض لتمايل المبنى. ويبين الشكل ادناه إجراء العزل المستوى المتوسط



EARTHQUAKE RESISTANCE USING SLURRY INFILTRATED MAT CONCRETE (SIMCON)

مقاومة الزلزال باستخدام مونة حصيرة منفذة الخرسانة

Following the devastating earthquakes in Turkey this summer that killed as many as 20,000 people and injured another 27,000, images of survivors trapped beneath the rubble of collapsed buildings appeared daily in news reports worldwide. Now a North Carolina State University engineer is developing a new type of concrete to help prevent such scenes from happening again. Because it's reinforced with mats made of thousands of stainless steel fibers injected with special concrete slurry, the new material, called Slurry Infiltrated Mat Concrete (SIMCON), can sustain much higher stress loads and deformations than traditional concrete. Tests show that concrete buildings or bridges reinforced with SIMCON are far more earthquake-resistant and less likely to break apart in large chunks that fall off and cause injury to people below.

في أعقاب الزلازل المدمرة في تركيا هذا الصيف عن مقتل ما يصل إلى 20 ألف شخص وإصابة 27,000 أخرين، ظهرت صور الناجين المحاصرين تحت أنقاض المباني المنهارة يوميا في التقارير الإخبارية في جميع أنحاء العالم. الآن مهندس جامعة ولاية كارولينا الشمالية يقوم بتطوير نوع جديد من الخرسانة للمساعدة على منع مثل هذه المشاهد من الحدوث مرة أخرى. نظراً لأنه يعزز مع حصائر مصنوعة من آلاف ألياف الفولاذ المقاوم للصدأ حقن بمونة خاصة، مادة جديدة، تسمى الملاط المنفذة (SIMCON) ، يمكن ذات أكثر إدامة كثير أجهادية أعلى والتشوهات من التقليدية ملموسة. وتظهر الاختبارات أن ملموسة المباني أو الجسور التي ترافقها مقاومة للزلازل وأقل عرضه للتفكك في قطع كبيرة أن تسقط وتلحق الضرر بالأشخاص أدناه.

Engineers must design buildings and bridges to fail in the safest way. In conventional concrete structures, this is achieved through the use of steel reinforcing bars -- rebars -- that give the concrete tensile strength it would otherwise lack. For safety and design reasons, the concrete is designed so that the rebars will fail before the concrete does.

يجب تصميم المهندسين المباني والجسور إلى فشل في الطريق الأسلم. في الهياكل الخرسانية التقليدية، ويتحقق ذلك من خلال استخدام الفولاذ كتسليح التي تعطي قوة الشد للكونكريت وأنها ستفتقر إلى خلاف ذلك. للسلامة وأسباب التصميم، الكونكريت مصمم بحيث سوف تفشل التسليح قبل الكونكريت

Unfortunately, many structures have not been designed to sustain the powerful stresses caused by earthquakes. When such extreme stresses occur, the concrete can crack, explode and break away from the rebars, causing the structure to collapse. By contrast, failure of SIMCON would present little danger to people or property below.

لسوء الحظ، العديد من الهياكل لم تصمم لمواصلة الضغوط القوية الناجمة عن الزلازل. عندما تحدث هذه الضغوط المتطرفة، الكونكريت يمكن ان يتشقق وينفجر وينفصل عن التسليح، مما يتسبب في انهيار الهيكل. على النقيض من ذلك، أن فشل هذا النوع من من البناء ذو خطر قليل على الناس أو الممتلكات تحته

CONCLUSIONS *الاستنتاجات*

- **There is a lack of awareness in the earthquake disaster mitigations. Avoiding non-engineered structures with unskilled labour even in unimportant temporary constructions can help a great way.**

هناك نقص في الوعي بتقديرعوامل تقليل الأمان الموجودة في كارثة الزلزال. تجنب الهياكل غير الهندسية مع اليد العاملة غير الماهرة في المنشآت المؤقتة غير المهمة حتى يمكن أن تساعد بطريقة كبيرة

- **Statewide awareness programmes have to be conducted by fully exploiting the advancement in the information technology.**

- **برامج توعية على مستوى البلاد يجب أن تجري للاستفادة من التقدم في تكنولوجيا المعلومات**

- **Urgent steps are required to be taken to make the codal provisions regarding earthquake resistant construction undebatable.**

- **مطلوب خطوات عاجلة يتعين اتخاذها لتفعيل أحكام الكودات فيما يتعلق ببناء مقاومة للزلازل وان يتخذ فحواه**

The builders and constructors should adopt the codal provisions in all the future construction, as prevention is better than cure. On the light of avoiding the risk, this may not be an impossible task as earthquake resistant measures in building involves only 2%-6% additional cost depending on the type of building.

البناؤون والانشائيون ينبغي عليهم اعتماد أحكام الكودات في كل بناء في المستقبل، كما أن الوقاية خير من العلاج. على ضوء تجنب الخطر، هذا قد لا يكون مهمة مستحيلة عندما لا يشمل تدابير مقاومة للزلازل في بناء سوى 2%-6% التكلفة الإضافية اعتماداً على نوع البناء

Using construction techniques like SIMCON and RHCBM can not only mitigate earthquake effects but also are cost effective.

يمكن التخفيف من آثار الزلزال باستخدام تقنيات البناء مثلSIMCON و RHCBM ليس فقط فعالة ولكن أيضا فعالة من حيث التكلفة

REFERENCES المصادر

1. Chopra.R, Kumar.R, Chawla.K.S, T.P.Singh, "Traditional Earthquake Resistant Houses", Honey Bee, Vol 11&Vol 12,Oct 2000-Nov 2001.

2. Deodhar.S.V, Dubey.S.K, "Remedial Measures Against Earthquake disaster", National Building Material and Construction World, Vol 2, Jan 2003, Pg 52-56.

3. Earthquake Tip 8, "What is seismic design philosophy?", Indian Concrete Journal, Jan 2004, Vol 2.

4. Earthquake Tip 17, "How do earthquakes affect reinforced concrete buildings?" Indian Concrete Journal, April 2004, Vol 1.

5. Indian Standard IS 1893-20

6. EARTHQUAKE RESISTENT BUILDING CONSTRUCTION From the Civil engineering lexicon web site