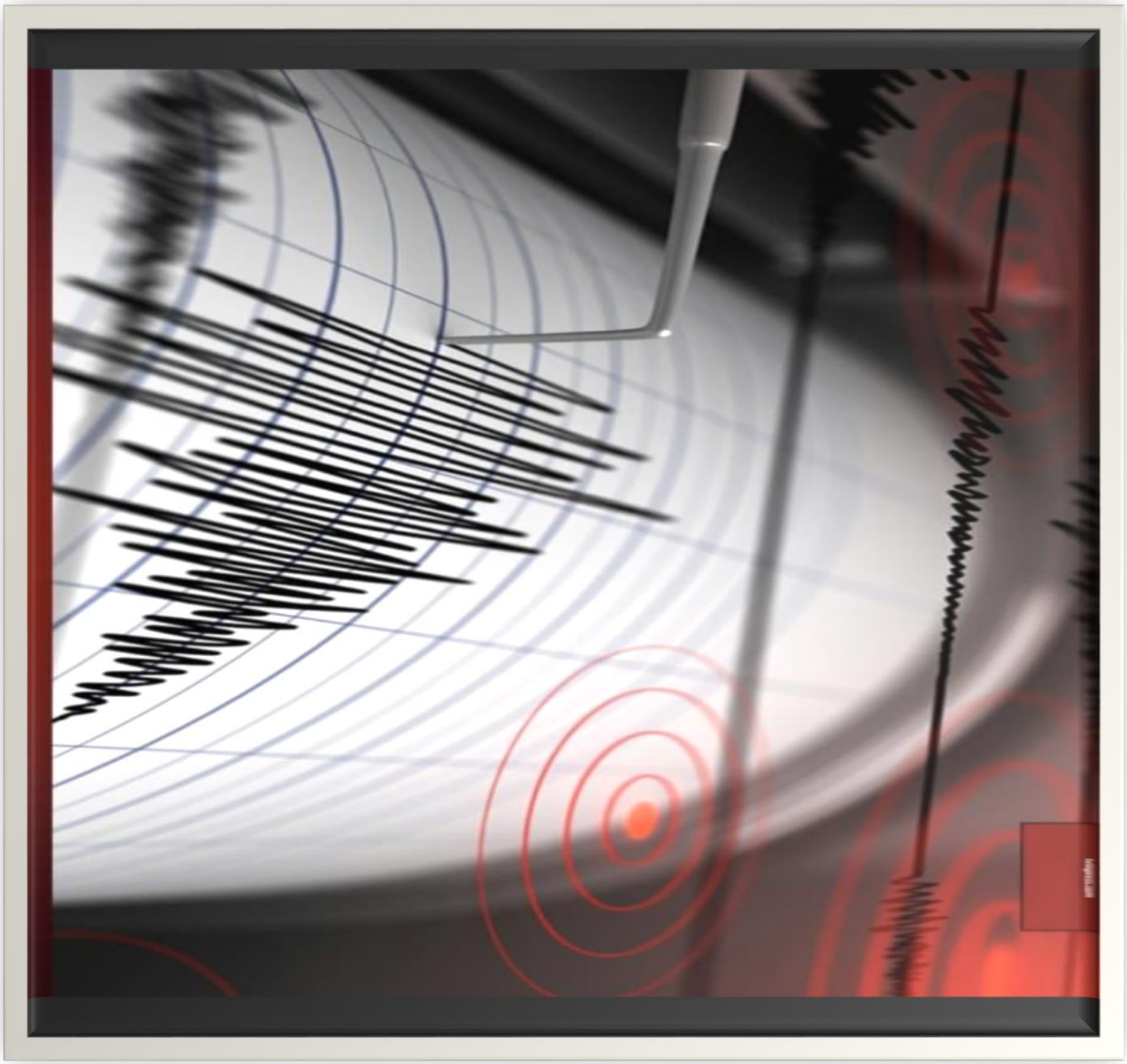
اعداد المهندس
حسين شريف محمد مراد
خريج جامعة سليمانية –كلية الهندسة المدنية
سنة 2003-2004
ذمارةى ث : 6142

البحث عن الزلازل
و
اضرار بمنشآت الهندسة المدنية
Search of Earthquakes
&
Damage to Civil Engineering Structures



Prepared by :

Engineer Hosean Shareef Mohammad

Selymania University

Building Construction Department

مقدمة: تعتبر الزلازل من اشد الظواهر والكوارث الطبيعية تأثيراً على الإنسان وممتلكاته,بسبب ماينجم عنها من إرهاق للارواح وتدمير للمنشآت والمباني ،فضلاً عن تعطيل لمرافق المعيشة. ولقد كان اكثريةالناس يعتقدون بأن الانشطة الزلزالية محدودة في الاقليم والعراق ولكن عكس ذلك تماماً . فالانشطةالزلزالية موجودة منذ قديم الزمان حسب ماورد في السجلات التاريخية . إلا ان الاحساس بها كان قليلاً بشكل عام وذلك لقلة الإمتداد العمراني .ولكن مع التطور العمراني الذي شهدته في الاقليم كوردستان بشكل خاص والعراق بشكل عام ما بعد عام 2003 زاد الإحساس بالهزات الارضية والتي نجم عنها في بعض الاحيان زلازل خطيرة ولذلك يجب على المهندسين الأنشائين على ازدياد الإهتمام في مجال الزلازل و بالدراسات والبحوث في مجال علم الزلازل وفروعه المختلفة. وقد صدر العراق المدونة (الكود) العراقي في العام 2017 .ونحاول في بحثنا شرح كيفيية تجنب الاضرار في إنشاء البينايات والحلول الهندسية حسب الكود العراقي ودراسات هندسية في هذا المجال. وعند دراسة الزلازل فى اي مكان يجب ان لا ننسى اليابان بسبب موقعه علمياً في التطور العلمي لهندسة الزلازل وبالاخص بعد حدوث زلزال كانتو العظيم الذي راح ضحيته فية 142,807 شخص مصرعهم وكذالك موقعه الجغرافي اي إن اليابان مساحته بالنسبة للعالم (0,2%) ولكن نسبة حدوث الزلزال تصل (10%) عالمياً .

1-الزلزال :-Earthquake

يعرف الزلزال بأنه الظاهرة التي تحدث عند اهتزاز الارض ،وفي العادة تحدث غالباً داخل قشرة الارضية لطبقات الصخرية الصلد اسفل طبقات التربة السطحية والتي تمتد حتى عمق نحو (30~40) كم , قوى التصدع نتيجة الشد او القص على حدود الالواح فتولد الصدمةالناشئة عن ذلك لتنتشر خلال القشرة الارضية مسببة الزلزال.

2-البؤرة والمركز السطحي :-Focus and Epicenter

يحدث الزلزال عندما تكون هناك منطقة منفصلة ومتصدعة من القشرة الارضية . والمكان الذي يحدث عنده الصدع الاولي يسمى البؤرة او المركز الجوفي وتسمى النقطة المقابلة للبؤرة في اتجاه رأسي مباشرة على السطح بالمركز السطحي . ويبدأ تصدع القشرة من بؤرة زلزال ما وتنتشر لمناطق السطح الخارجي حتى تصل إلى منطقة معينةومتصدعة على السطح ويسمى هذه المنطقة بمنطقة المصدر.

3-مقياس قدر الزلزال وشدتها :- Magnitude and Intensity scale of Earthquake

يقاس حجم زلزال ما وطاقته بالقدر الزلزالي وتعرف شدة الزلزالية او مقياس شدة الزلزال بأنه قياس شدة الاهتزازات الملحوظة في مكان خاص . وعند مقارنة زلزال ما بالاهتزازات الارضية الناتجة عن تأثير تفجير كمية من الديناميت ، وكان تأثير تفجير الديناميت مشابهاً لقدر الاهتزازات المحسوسة وشدتها في منطقة ما, فإن ذلك يكون مشبهاً لشدة الزلزال .

يعرف القدر الزلزالي كمياً بأنه لوغارتم الطاقة بمعنى أن زيادة قيمة القدر الزلزالية بمقدار واحد صحيح يكون مكافئاً لزيادة الطاقة الزلزالية الى نحو ثلاثين مثلاً لها وهي قيمة معامل الضرب $10\sqrt{10}$ وإن الزيادة بمقدارين تكون الضرب في (1000) ويبين الجدول التالي العلاقة بين مقدار الزلزالي والطاقة المستهلكة والمكافئة لها.

4-سوابق الهزة ، والهزة الرئيسية ، وتوابع الهزة ، واسراب الزلزال Foreshock ,Mainshock , Aftershock and Earthquake Swarm

عند حدوث سلسلة من الزلازل باعماق بؤر سطحية خلال فترة محدودة وفي مساحة معينة ، فإن الحدث الذي يفوق حالة السكون يسمى بالهزة الرئيسية . ومجموعة الزلازل الصغيرة التي تقل عن الهزة الرئيسية وتسبقها في الحدث

تسمى بسوابق الهزة . والزلازل التي تتبع الهزة الرئيسية وتكون اقل منها في الشدة تسمى بتوابع الهزة . وأما مجموعة الزلازل التي تحدث بغير هزة رئيسية تسمى بأسراب الزلازل .

يمكن تقسيم اشكال الزلازل التي تحدث في حيز زمني الى ثلاث مجموعات :

(أ) الهزة الرئيسية – سوابق الهزة – توابع الهزة .
(ب) الهزة الرئيسية – توابع الهزة .
(ت) أسراب الهزة .

يندر ملاحظة سوابق الهزة ، بينما تلاحظ دئماً توابع الهزة بعد كل زلزال . وتعتبر سوابق الهزة مهمة في التنبؤ بالزلازل ، بينما تعتبر التوابع شيئاً اساسياً لدراسة ميكانيكية الانفجار المتولد عن الهزة الرئيسية ، وتسمى المنطقة التي تحدث بها توابع الهزة بمنطقة التوابع .

5-اسباب الزلازل Cause of Earthquake

يرجع سبب الزلازل إلى تكسر الصدوع اي تتعرض الالواح الصخرية التي تغطي القشرة الارضية الى صغوط وتشوهات مع الزمن ينتج عنها قوى تتزايد في صورة إجهاد صفائحي على سطوح الالواح . وإذا زادت الاجهادات الناتجة عن قوى الاحتكاك بين السطوح فإنها تندمج وتحدث الازاحة على جانبي الصدع وتنطلق الطاقة المحبوسة مسببة الزلازل طبقاً لشكل الصدع الحادث وكذلك تنبعث الموجات الزلزالية عند تكسر الصدوع . وأن سرعة تكسر الصدوع تكون في حدود (2~3) كم|ث .

6-حركةالموجةالزلزالية Motion Wave Seismic

تتولد الإهتزازات الناشئة عن الزلزالية من تكسر الصدوع الزلزالية ، ثم تنتشر خلال الارض في صورة أمواج . وعموماً ، تسمى هذه الامواج بالاموج الزلزالية . واثناء إنتشارها من مركز الزلزال الجوفي حتى نقطة الرصد تصبح موجات معقدة ذات خصائص متعددة .وتختلف ترددات الموجات الزلزالية حسب درجتها مرتبة كالتالي من الاعلى إلى الادنى :

الموجة الاولية (Primary Wave) > الموجة الثانوية (Secondary Wave) > الموجة لسطحية (Surface Wave)

التردد هو عدد الموجات المتكررة لكل ثانية و وحدته الهرتز (Hertz) . وتتغير الترددات للموجات الزلزالية من القيم الاعلى الى القيم الادنى ، وكذلك فترة دوام الموجات الزلزالية تتراوح من الاطول الى الاقصر طبقاً للترتيب التالي :

الموجة الاولية (Primary Wave) > الموجة الثانوية (Secondary Wave) >الموجة لسطحية (Surface Wave)

يعبر عن فترة دوام الموجة بالزمن اللازم للموجة لكي تكرر نفسها . وتحكم كلا من فترة دوام T، وتردد الموجه *f*، ،

العلاقة التالية :

$$T = 1/f$$

ويرجع ذلك الى أن درجة الترددات تتراوح من الاعلى إلى الادن بحيث إن

الموجة الاولية (Primary Wave) > الموجة الثانوية (Secondary Wave) > الموجة لسطحية (Surface Wave)، وان فترة دوام الموجة تتراوح من الاطول الى الاقصر بحيث تصبح

الموجة الاولية (Primary Wave) > الموجة الثانوية (Secondary Wave) >الموجة لسطحية (Surface Wave)

كذلك يستخدم الاختلاف في سرعة انتشار الموجات للحصول عل مسافة التقديرية لبؤرة زلزال ما من موقع .يحسب فرق الزمن بين الهزة الاولى المحسوسة للزلزال وزمن استقبال اكبر موجة في الحركة الافقية (Secondary Wave) بالثانية . ثم يوجد حاصل ضرب في الزمن بقيمة نحو (6) ويحول الى وحدة كيلومتر للحصول على مسافة المركز السطحي للزلزال .

أضرار الزلازل على سطح الارض Earthquake Damage to Ground

تعد التربة أضعف مواد الإنشاء مقاومةً للحركات الزلزالية . وتشتمل الأضرارالجسيمة للزلازل بالنسبة للأراضي على الانزلاقات الأرضية وتميع التربة.وعلى نحو التالي :

(أ) تفتت المنحدرات الجبلية Mountainside Crumbling

تتفتت المنحدرات الجبلية عندما تزداد الاجهادات الدخلية بها ، بسبب الاهتزازات الناجمة عن الزلزال ، عن الحدود التي تحافظ على اتزانها . وينتج عن التفتت الانسياب الحطامي او التَيَهور (حطام صخري مفاجئ) الذي ينساب بانتظام كالشلال الى اسفل الجبل ، ساحقا و طامرا أي شئ في مساره . لإتتحرك التربة والصخور لمسافات حتى تتكدس على المنحدرات ذات المويل الخفيفة .

و قد تحتجز تلك الحطامات المتكدسة مجاري المياه او الانهار مكونة البحيرات . ومع الوقت ، تفيض المياه وينكسر المفيض الطبيعي المتكون من الحطامات المنحدرة ويتسبب في الاغراق الكبير بالوحل المنساب . وعموماً ، تتميز شلالات حطام الصخور بأنها لا تحتوي على المياه بينما يحتوي انسياب الحطام على المياه .

(ب) انزلاق الاراضي والصخور المتساقطة Landslides Falling Rocks

تأخذ الانزلاقات الارضية والصخور المتساقطة طريقها بنفس آلية حدوث تفتت المنحدرات الجبلية ، ولكن مقياس حدوثها صغير جدا بحيث لايحدث عنها انسياب حطامي او حطام صخري . وتحتوي الصخور المتساقطة التي تنتقل لمسافات طويلة من خلال مسارات معقدة على طاقة حركية كبيرة ، ولذلك تكون وقعها كبيرة.

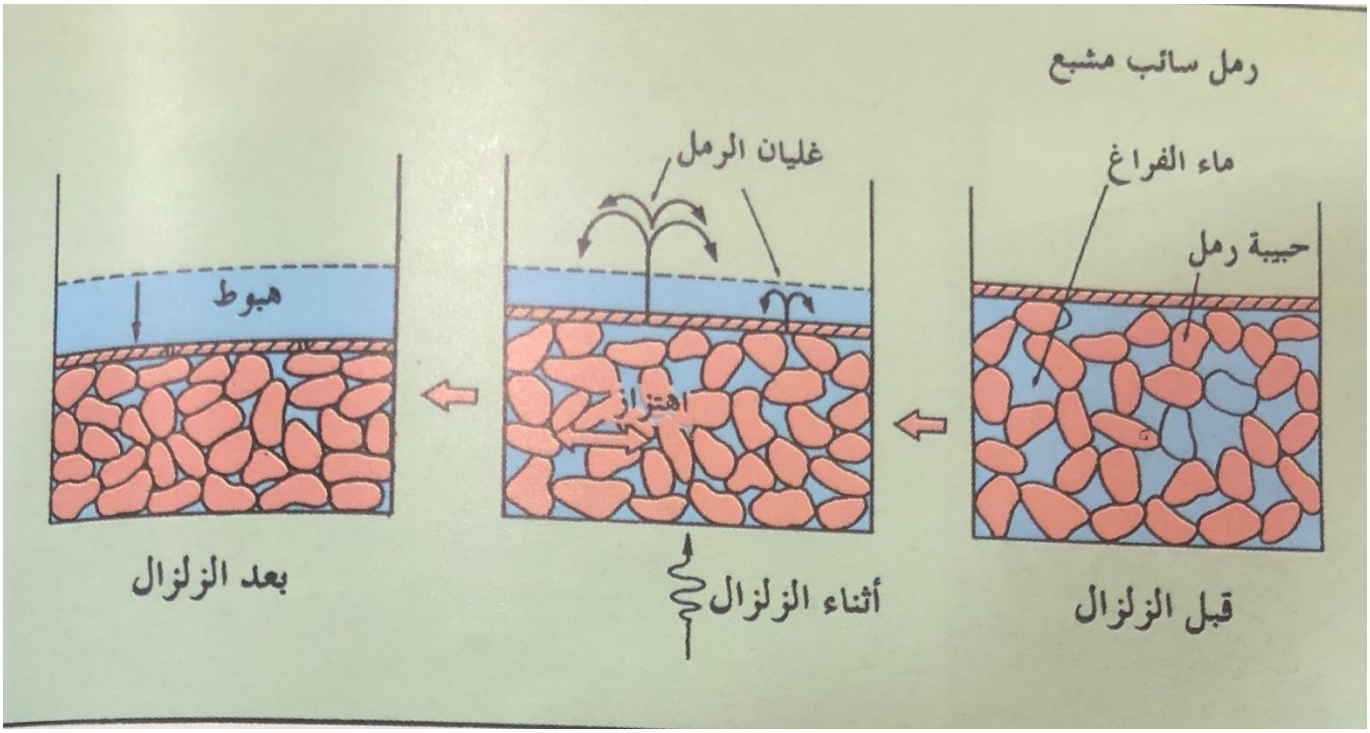
(ج)التميع Liquefaction

على عكس التربة الطينية ، فإن التربة الرملية لاتمتلك خاصية الترابط بين حبيباتها . فعندما تقع كتله رملية تحت تاثير قوا خارجية فإن الحبيبات الرملية تقاوم تلك القوة بفعل الاحتكاك الموجود بينهما وعند وجود ماء في الفراغ الموجود بين الحبيبات

(ويسمي ماء – الفراغ) فإن ضغط الماء (صغط ماء - الفراغ) يقاوم ايضاً القوة الخارجية الؤثرة . ويتناسب الاحتكاك الحادث طردياً مع القوة الناشئة من دفع الحبيبات لبعضها . ولهذا ،فإن كتلة الرمل المضغوطة جيداً ، والتي فيها تدفع حبيبات لرمل كل منها الاخرى بقوة كبيرة ، تتميز باحتكاك قوى لايتفكك بفعل القوة الخارجية . وفي المقابل ، عندما تملأ المياه الفواصل بين الحبيبات ، لا ينضغط الرمل تماما . ولذلك ، عند وجود قوة خارجية على الرمل ، تميل حبيبات الى أن تنضغط أكثر وان تتحرك لتقلل من حجم الفراغ بين الحبيبيات . وفي هذه الحالة ، يكون معامل المرونة للحجم كبيراً لدرجة ينشأ عنها ضغط ماء – فراغ كبير (زيادة ضغط ماء - الفراغ) .ويعمل هذا الضغط المائي (الهيدروليكي) النشئ على تقليل قوى الحبيبات الناشئة عن دفعها لبعضها ،

اي تقليل قوة الاحتكاك بين الحبيبات. وعندما تؤثر القوى الخارجية الناشئة عن الزلزال بصورة تكرارية على الرمل ، يزداد

ضغط ماء – الفراغ ، وفي النهاية يحطم قوة الدفع او الاحتكاك بين الحبيبات . وينتج عن ذلك حالة تسمى التميع ,وهي التي تتوقف فيها حبيبات الرمل عن الدفع في الماء ، وهي الحالة التي تشبه فيها حركة التربة الرملية حركة السائل ، فعند تميع الارض ، تهبط المنشئات الثقيلة وتطفو الانابيب الخفيفة المدفونة وينتج عن ذلك احياناً إزاحة دائمة كبيرة لسطح الارض تصل احياناً إلى اكثر من 10 امتار. والشكل التالي يوضح الية التميع.



أضرار الزلازل على المنشئات Earthquake Damage to Structures

يبنى كل من منشئات الهندسية المدنية والمباني على الارض في الغالب الاحوال . ويجب ان تكون المنشآت متينة قادرة على تحمل وزنها ومقاومة القوي الافقية الخارجية ، مثل هبوب رياح قوية او حدوث زلزال . وفيما عدا ذلك ستكون هذه المنشآت سريعة التأثير بالاضرار . وفي الزلازل يتغير في مجال الزمن . ولذلك من المهم دراسة العلاقة بين الحركة الارضية واهتزاز المنشآت . ويعتبر ذلك أحد الموضعات الرئيسية في علم هندسة الزلازل .

هندسة الزلازل Earthquake Engineering

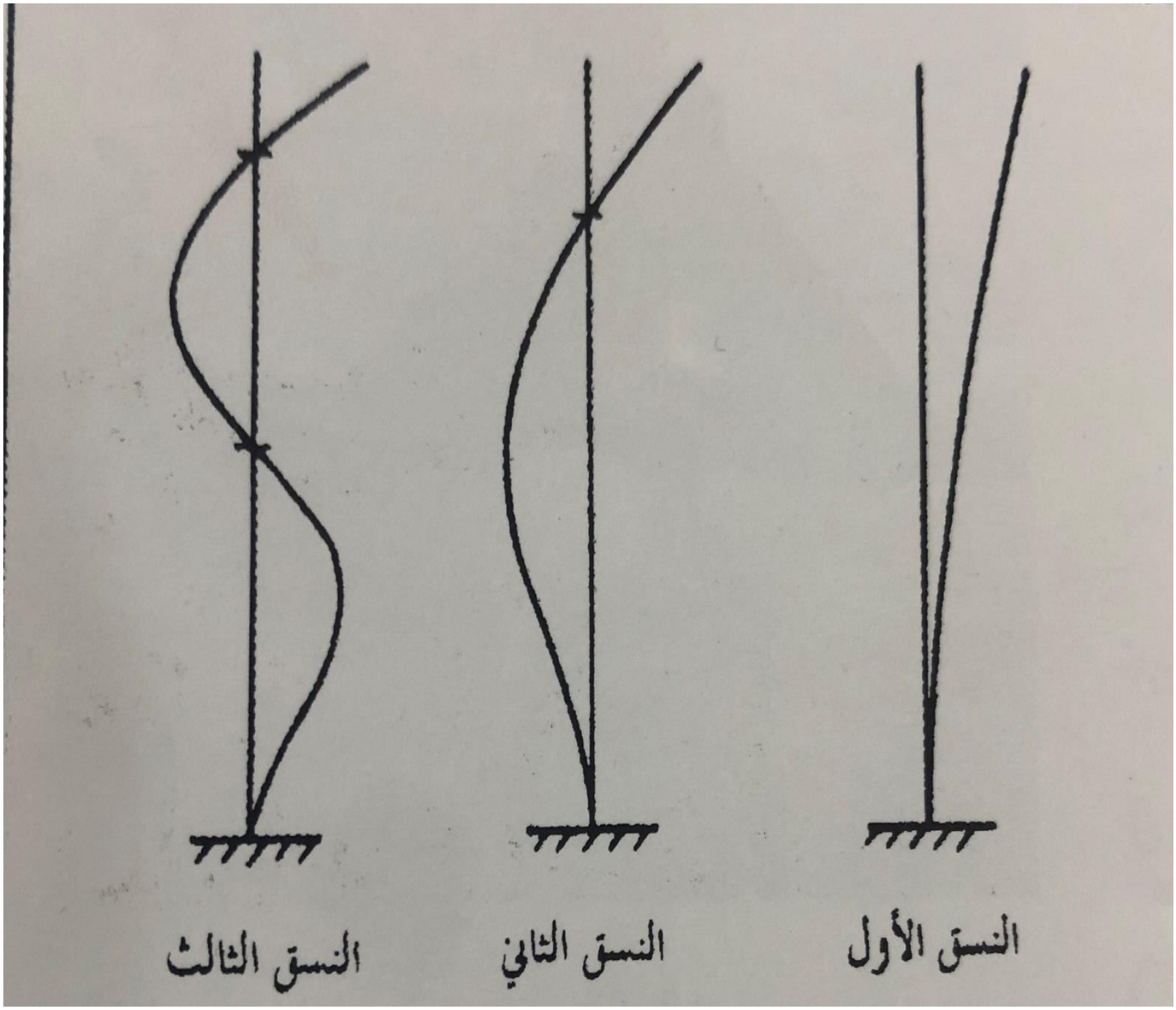
هو فرع متعدد التخصصات من الهندسة يهتم بتصميم وتحليل الهياكل الإنشائية ، مثل المباني والجسور ، مع أخذ الزلازل في الاعتبار .

اهتزاز المشآت بفعل الزلزال Vibration of Structures Caused by Earthquake

للمنشآت ترددات وفترات اهتزاز معينة ،تكون عندها قابلة للتذبذب بالاضافة الى اهتزازها بشكل معين . وتعرف تلك الفترات بالفترات الطبيعية وتلك الترددات بالترددات الطبيعية ، على الترتيب . ويعبر عن العلاقة بين فترة التذبذب الطبيعية الاولى (T)
والتردد الطبيعي الاول *(f) كالتالي :-*

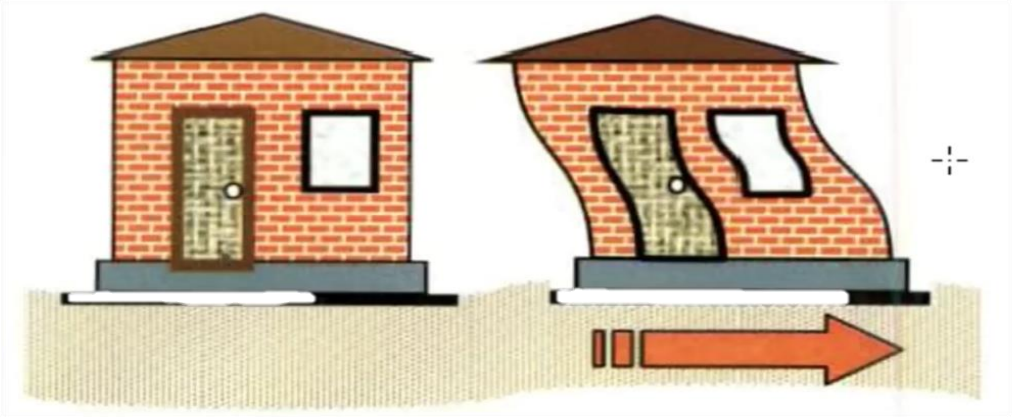
$$T=1/f$$

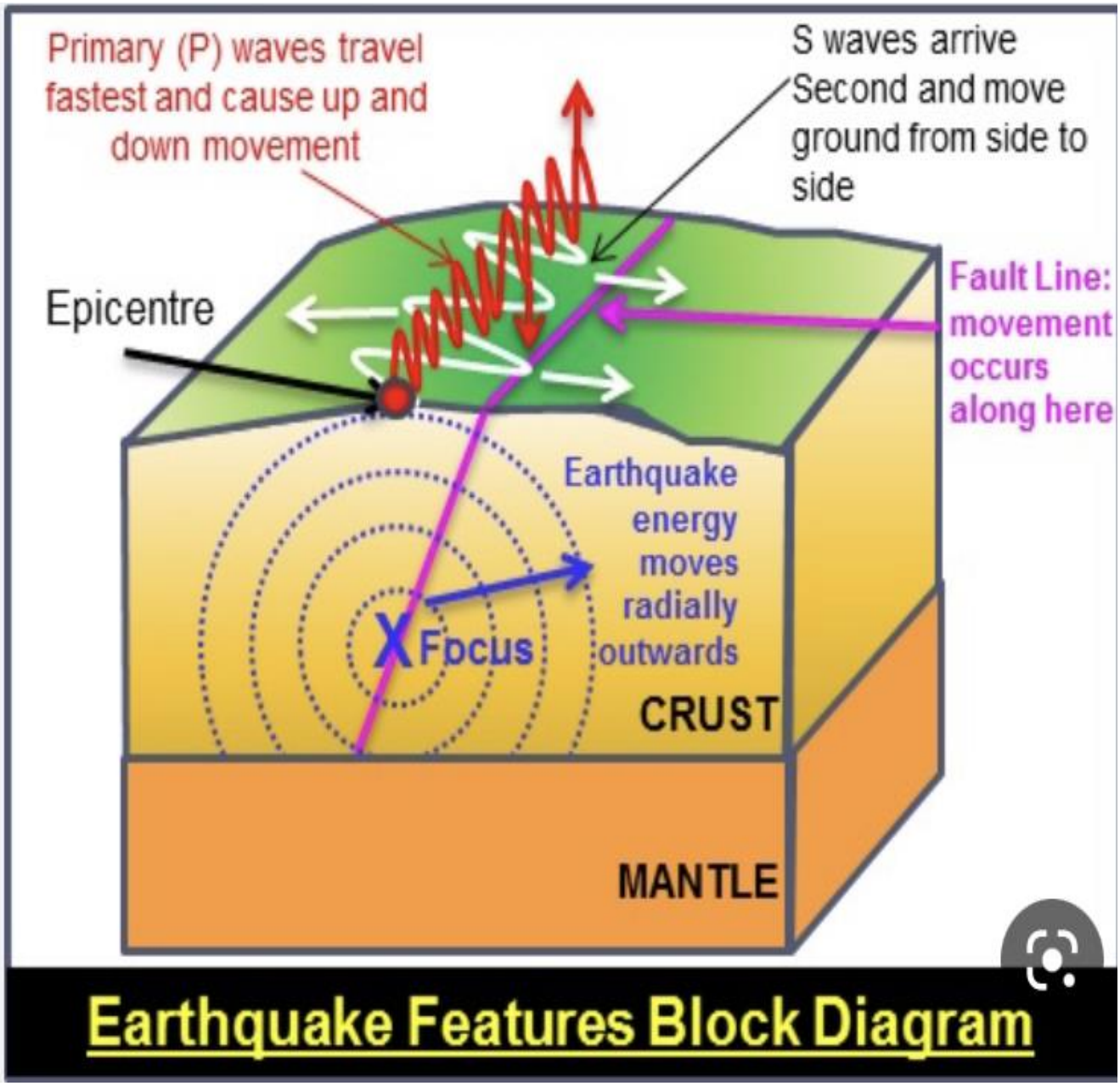
وعندما تهتز منشأة بفعل قوة خارجية خلال تلك الفترة الطبيعية ، فإنها تهتز بشدة . وتعرف هذه الظاهرة بالرنين .
يعتبر الاهتزاز الزلزالي حركة معقدة . ولذلك ، قد يكتسب منشأ فترة اهتزاز يتذبذب عندها أثناء زلزال ذي حركة اهتزاز زلزالية معقدة ، ويميل الى الرنين بسبب هذا الاهتزاز . وعندما يحتوي الاهتزاز الزلزالي على عدد من فترات الاهتزاز الطبعية للمنشأ.
فسوف تزداد درجة حدوث الرنين له ويعود غالباً تحطم المنشآت اثناء زلزال ما الى ظاهرة الرنين .
ومن اشكال الاهتزازات التي تحدث استجابة لهذه الفترات كما في الشكل التالي.

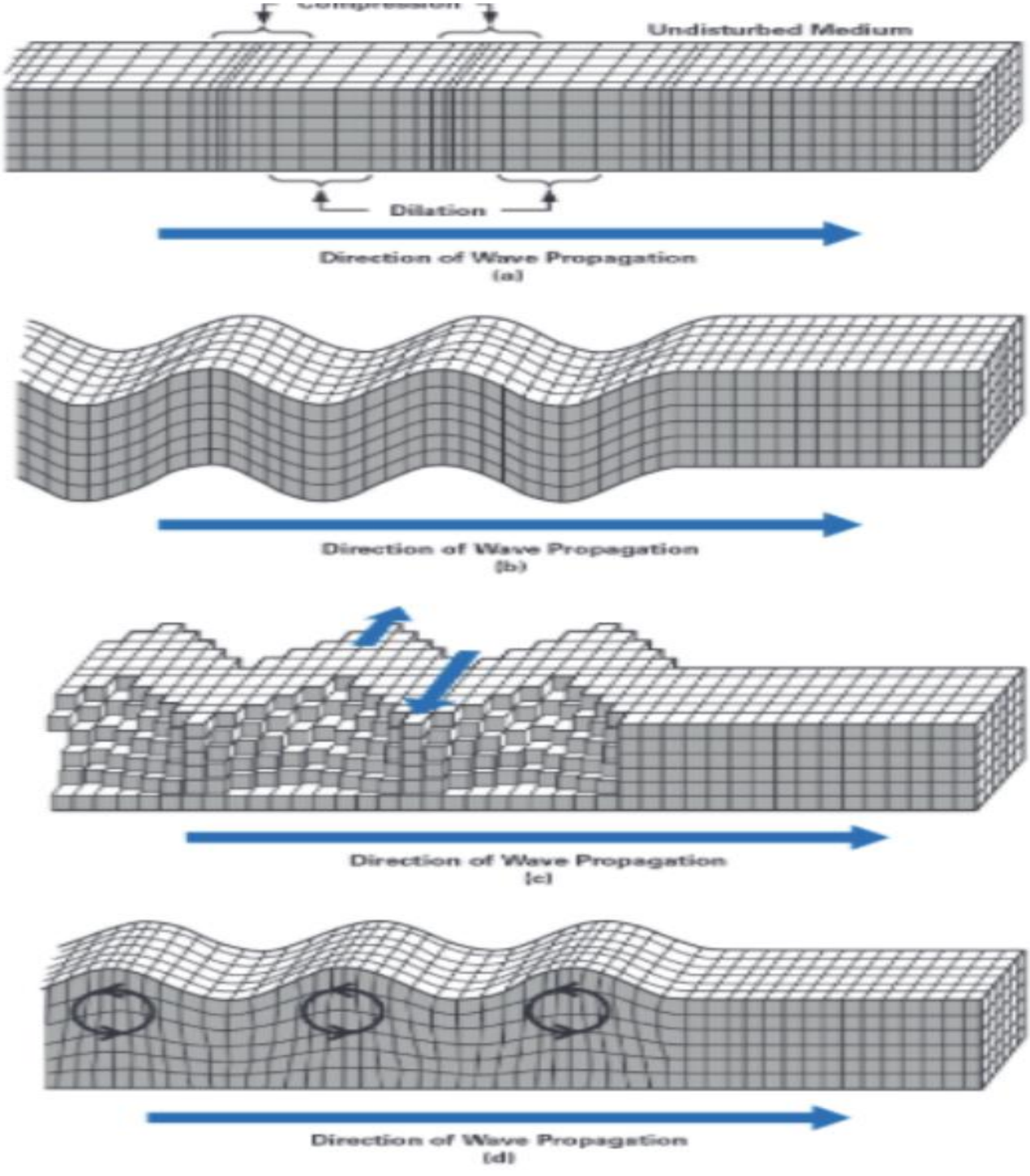

النسق الأول
النسق الثاني
النسق الثالث

الاضرار بمنشآت الهندسة المدنية Damage to Engineering Structures

توجد انواع متعددة من المنشآت الهندسية (الجسور ، السدود ،الانفاق ، ضفاف الانهار، المواني ....إلخ). وتستعمل الخرسانة ، والحديد والمواد الاخرى بيتكوينات متعددة لإقامة تلك المنشآت . ولهذا ، تتغير مقاومة تلك المنِشآت للزلازل طبقاً لنوعية المواد المستخدمة في إنشائها . وفي معظم الحالات ، لاتبدي المنشآت الترابية مقاومة قوية للزلازل .والتربة لها عامل مهم جداً ، وتجري عليها دراسات عديدة للوصول الى افضل اساس للمباني .وكانت المواصفة الامريكية للتصميم المقاوم للزلازل تعتبر نحو 4% من الوزن الذاتي كحمل زلزالي في التجاه العرضي . وبعد الزلزال سان فرناندو بضواحي لوس انجلس في الولايات المتحدة الامريكية عام 1971 تغير حمل التصميم لنحو 10% لحد الان .وفي اليابان يعتبره نحو 20% .هناك بعض الصور يوضح الاضرار بمنشآت الهندسة المدنية وكيفية حدوث زلزال من جوف الارض.




Primary (P) waves travel fastest and cause up and down movement
S waves arrive Second and move ground from side to side
Epicentre
Fault Line: movement occurs along here
Earthquake energy moves radially outwards
Focus
CRUST
MANTLE
Earthquake Features Block Diagram

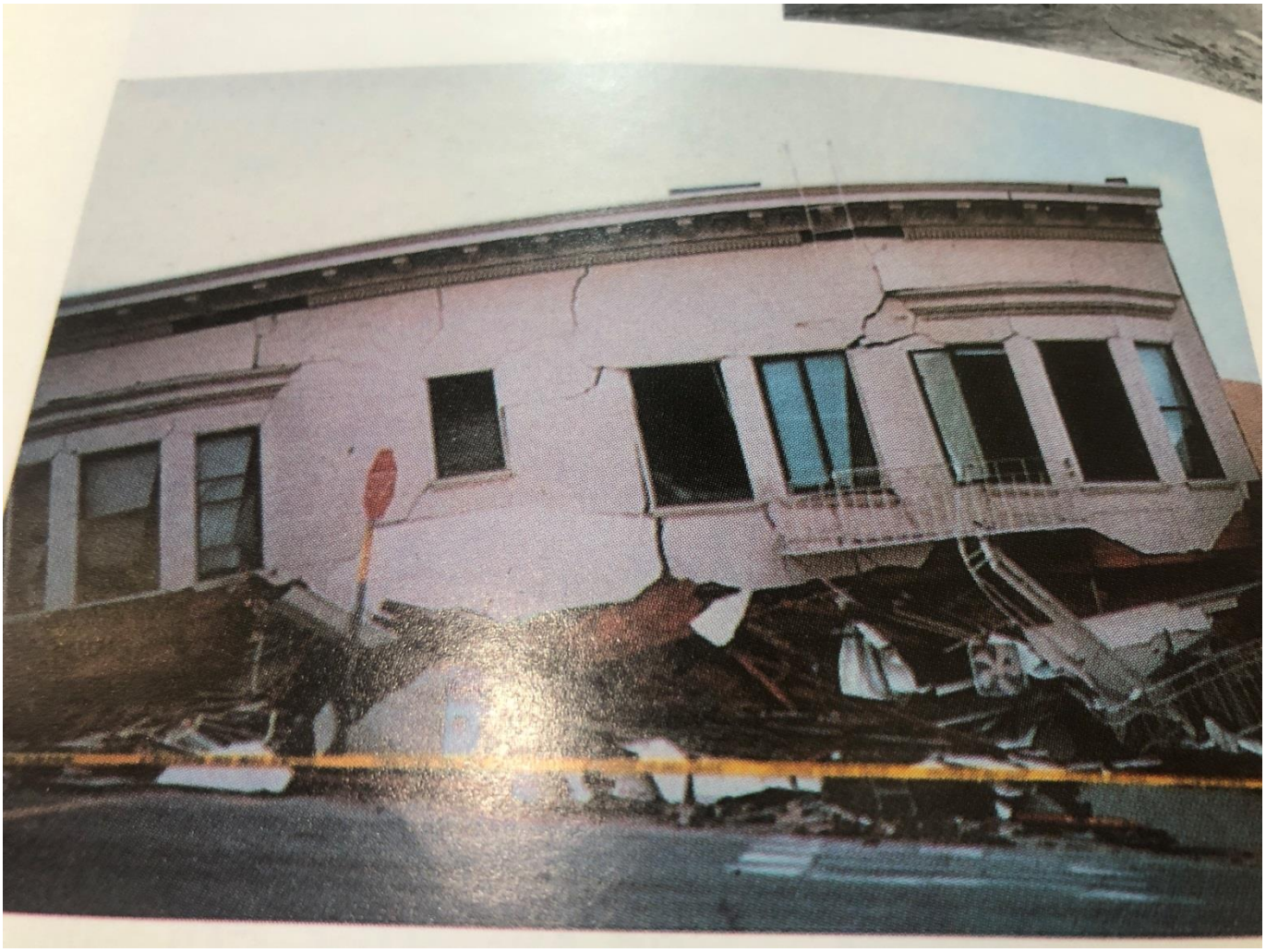

Undisturbed Medium
Dilation
Direction of Wave Propagation
(a)
Direction of Wave Propagation
(b)
Direction of Wave Propagation
(c)
Direction of Wave Propagation
(d)

زلزال لومابريتا،االولايات المتحدة الامريكية، 1989

زلزال كهرمان مرعش ،تركيا ، 2023

زلزال جزيرة ليوزن ،الفلبين ، 1990

زلزال كهرمان مرعش ،تركيا ، 2023



زلزال لومابريتا،االولايات المتحدة الامريكية، 1989

زلزال كهرمان مرعش ،تركيا ، 2023

زلزال كهرمان مرعش ،تركيا ، 2023

الإستنتاج Conclusion

1- الاهتمام بالمرونة في المستوى الاولى للابنية الاعتيادية ذات ارتفاع محدد لزلازل اقل قوة،وفي المستوى الثاني للابنية المرتفعة الواسعة لمواجه زلازل شديدة القوة اي جعل هذه الابنية اكثر مقاومة للزلازل ، لا يجب بالضرورة ان يكون الهيكل الهندسي القوي قوياً جداً او مرتفع التكلفة . ولكن ان يكون مصمما بشكل صحيح لتحمل الآثار الزلزالية مع الحفاظ على المستوى مقبول من الضرر.

2- الاهتمام بالمتانة وذلك في تعديل وتصحيح مقاومة وصلابة العناصر الإنشائية ككل ، اي لتحسين أداء المبنى ضد الزلازل المفترضة . وتشمل التقوية غالباً زيادة مقاومة العناصر المنفردة او مطاوعها او إضافة عناصر إنشائية جديدة لزيادة مقاومة المبنى للقوى الجانبية بشكل جيد، كما حدث انهيار 10 آلاف مبني على الاقل في الولايات العشرة التركية فيما عدا بيناية غرفة مهندسي في مدينة كهرمان مرعش صامدا وثابتاً في حادثة زلزال (2023-2-6) تركيا.

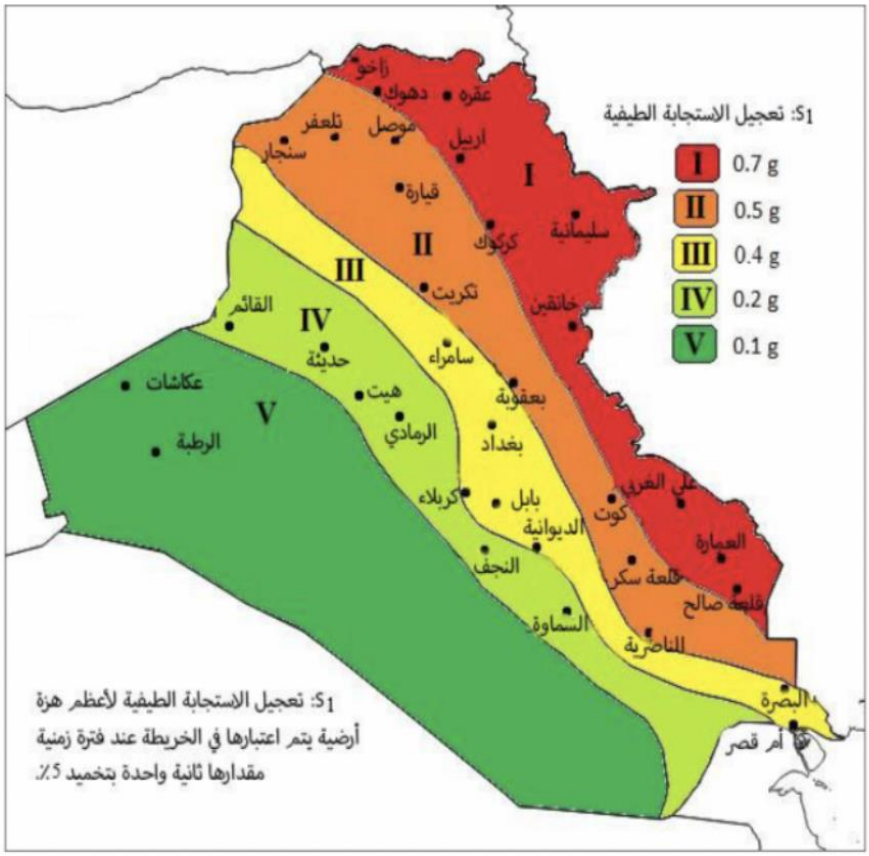
3- ان يكون المبنى منتظما ومتناسقاً بقدر الامكان , وإذا ما كانت الطوابق كلها بلارتفاع نفسه ، وكانت الاعمدة على شكل شبكة تفصلها مسافات متساوية ، فإن ذالك يزيد قدرة المبنى على الصمود امام اي زلزال .

4- معرفة الوقت التقريبي لوقوع الزلزال ، وذلك بواسطة فحص وسائل التنبؤ بالزلزال . فإذا أمكن التنبؤ بالزلزال فسوف تكون الخسائر البشرية قليلة او منعدمة . كما تنبئا العالم الهولندي بزلزال 2023 في تركيا التي سامعنا بالاخبار .

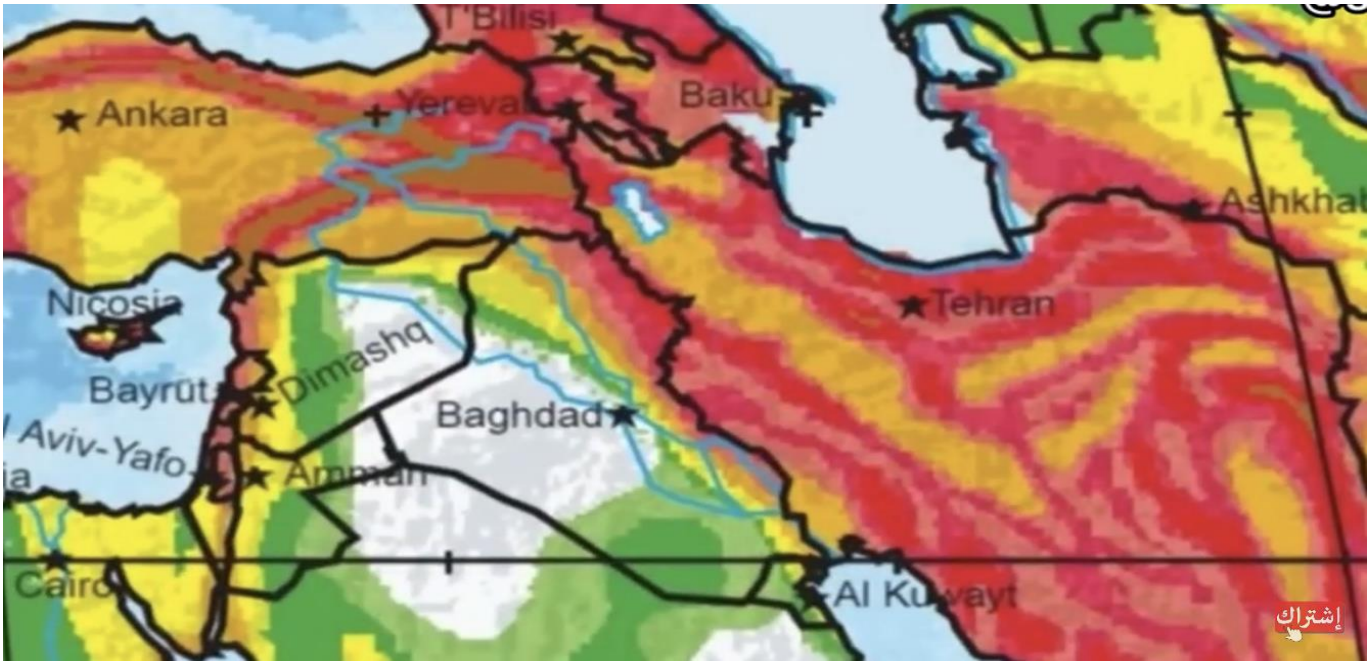
5- ربما يكون أفضل إجراء في المقام الثاني بعد التنبؤ هو ضمان عمل نظم الإنذار باللازل بيطريقة جيدة .

6- بالنسبة لمدينة التي نعيش فيه نحن (قضاء جمجمال) يجب اجراء فحص التربة لفحص (Bearing Capacity) اقصى حمل مسموح قبل كل تصميم .وكذلك اخذ بالاعتبار موقع خط الزلازل حسب مدونة

العراق لعام 2017.



خطوط العرض



مقياس ريختر	الوصف	تأثير الزلزال	تكرر حدوثه
أقل من 2.0	دقيق	زلازل دقيقة لا يمكن أن يحس بها إلا الحيوانات.	حوالي 8,000 يوميا
2.0-2.9	صغير جداً	لا يشعر به البشر ولكن الأجهزة ترصده.	حوالي 1,000 يوميا
3.0-3.9		يشعر به البشر لكن قلما يسبب ضرراً.	49,000 سنويا (تقديري)
4.0-4.9	خفيف	يشعر البشر بهزة مع تحرك الأشياء وظهور صوت الزلزال. لكنه لا يسبب ضرراً.	6,200 سنويا (تقديري)
5.0-5.9	معتدل	المباني الضعيفة قد تتضرر بشكل كبير ولكن المباني القوية لا تتضرر كثيراً.	800 سنويا
6.0-6.9	قوي	يمكن أن يسبب ضرراً كبيراً حتى 160 كم عن نقطة حدوثه. (100 ميل).	120 سنويا
7.0-7.9	كبير	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة على مساحة كبيرة.	18 سنويا
8.0-		يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة	

google.com

مقياس ريختر	الوصف	تأثير الزلزال	تكرر حدوثه
أقل من 2.0	دقيق	زلازل دقيقة لا يمكن أن يحس بها.	حوالي 8,000 يوميا
2.0-2.9	صغير جداً	لا يشعر به البشر ولكن الأجهزة ترصده.	حوالي 1,000 يوميا
3.0-3.9		يشعر به البشر، لكن قلما يسبب ضرراً.	49,000 سنويا (تقديري.)
4.0-4.9	خفيف	يشعر البشر بهزة مع تحرك الأشياء وظهور صوت للزلزال. لكنه لا يسبب ضرراً.	6,200 سنويا (تقديري.)
5.0-5.9	معتدل	المباني الضعيفة قد تتضرر بشكل كبير ولكن المباني القوية لا تتضرر كثيراً.	800 سنويا
6.0-6.9	قوي	يمكن أن يسبب ضرراً كبيراً حتى 160 كم عن نقطة حدوثه. (100 ميل).	120 سنويا
7.0-7.9	كبير	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة على مساحة كبيرة.	18 سنويا
8.0-8.9	عظيم	يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة حتى مئات الأميال عن نقطة حدوثه.	1 سنويا
9.0-9.9		يمكن أن يسبب أضراراً كبيرة حتى آلاف الأميال عن نقطة حدوثه.	مرة لكل 20 سنة
+10.0	خارق	لم يحدث إلى الآن.	نادر (غير معروف)

www.balla7mr.com

مصادر Reference

1- اضرار الزلازل –الاساسيات الهندسة والدروس /محمد عوض بحر الرياض .

2- Mother of Earthquake Engineering Learning from the Observation of Earthquake Damage (Hakuno Motohiko)

3- Google search

4- حساب مبنى إطاري لمقاومة الزلازل /تاليف الدكتور المهندس حسن عمقية .

5- المدونة (كود) العراقي لعام 2017

6- Design of Concrete Structures authors H.Nilson , David Darwin , Charles W.Dolan

7- Report prepared by Aljazera .Net site ;Qater

8- Report prepared by TRT .Net site ;Turke

9- الخرسانة المسلحة /تاليف محمد فريز عابدين ،عصام مالك ، زهير عامر /جامعة دمشق.

10- www.balla7mr.com