جامعة النجاح الوطنية

وحدة علوم الأرض وهندسة الزلازل

An-Najah National University

Earth Sciences & Seismic Engineering Unit

Dr.Jalal Al Dabbeek

Seismology

علم الزلازل

مقدمة Introduction :

إن أسوأ الكوارث الطبيعية التي شهدتها الكرة الأرضية كان سببها في الغالب الهزات الأرضية، مما جعل العلوم الهندسية تركز اهتمامها بدراسة و تحليل تلك الزلازل وصولا الى ايجاد معايير و كودات بناء لتصميم و تنفيذ منشآت مقاومة لأفعال الزلازل.

فالزلازل أو الهزات الأرضية هي احدى الظواهر الطبيعية التي تؤثر على بقاع عديدة من الكرة الأرضية بصورة دورية و منتظمة تقريبا، و تؤثر على مواقع أخرى بصورة مفاجئة مسببة في كلا الحالتين الكوارث والدمار اذا كانت شدتها كبيرة، واذا صادف و كانت بؤرتها تحت أو قرب مناطق مأهولة بالسكان.

تعرف الهزات على أنها ظاهرة فيزيائية بالغة التعقيد، تظهر كحركات عشوائية للقشرة الأرضية على شكل ارتعاش و تحرك و تموج عنيف، و ذلك نتيجة لإطلاق كميات هائلة من الطاقة من باطن الأرض ، و هذه الطاقة تتولد نتيجة لإزاحة عمودية أو افقية بين صخور الأرض عبر الصد وع التي تحدث لتعرضها المستمر للتقلصات و الضغوط الكبيرة.

تتراوح الزلازل في شدتها من هزات خفيفة بسيطة الضرر الى هزات عنيفة تؤدي الى تشقق سطح الأرض و تكوين الانزلاقات الأرضية وتحطيم المباني و الطرق و خطوط الكهرباء و المياه ...، و يتعاظم تأثير الهزات في الأراضي الضعيفة خصوصا في الرواسب الرملية والطينية حديثة التكوين.

و يعلل ذلك بأن هذه الرواسب تهتز بعنف بسبب انخفاض معاملي مرونتها و صلابتها **Modulus of Elasticity and Rigidity** و عدم مقدرتها على تخفيف التأثير التسارعي **Acceleration.**

Seismology

تعرف السيسمولوجيا على أنها علم الهزات الأرضية أو الزلازل و هي أحد فروع الجيوفيزياء ، و يهتم علم الزلازل بشكل عام بـ:

دراسة هيكلية و طبقات الكرة الأرضية.

أصل و سبب و آلية الهزات.

Seismic Engineering

هندسة الزلازل

تعتمد هندسة الزلازل على معطيات علم الزلازل، و تهتم بتحليل أثر الاهتزازات على العناصر الانشائية ، و ذلك من خلال دراسة تصرف المنشآت عند حدوث الزلازل و الاستقرار للمنشآت .

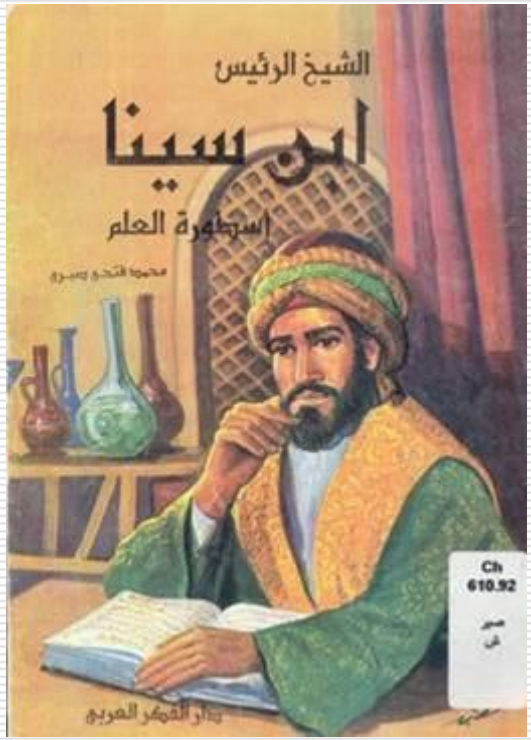
ومن الجدير بالذكر أنه خلال النصف الثاني من القرن العشرين تطورت هندسة الزلازل بشكل سريع ، بحيث شملت جميع أنواع المنشآت (المدنية ، الصناعية، الزراعية و غيرها) و أصبحت تعالج المشاكل الدقيقة للمنشآت.

(ICC, 1999)

(ICC, 1999)

Earthquake Causes

أسباب الهزات الأرضية



منذ القدم حاول الانسان معرفة أسباب حصول الهزات الأرضية ، حيث أظهرت المراجع التاريخية القديمة أن الشعوب و الامم القديمة التي عاشت فوق الكرة الأرضية حاولت اعطاء تفسير لظاهرة الزلازل الا أن جميع هذه التفاسير لم تخرج عن اطار الأساطير و الخرافات، و قد أظهرت بعض المراجع العلمية العربية (أيلوش ١٩٩٦، والسنوي ١٩٩٧)

أنه ربما يعود التفسير العلمي لأسباب الزلازل لأول مرة
الى العلامة ابن سيناء حيث أعطى تفسير لأسباب
حصول الزلازل فيه الكثير من الصحة.

أما في العصر الحديث فيعتبر العالم اولدهام Oldham
1990 والعالم ريد Raid 1910 من أوائل من
وضع الأسس الفيزيائية لتفسير عملية حدوث الزلازل.

و بشكل عام يمكن تصنيف المصادر المسببة للهزات الأرضية الى ما يلي:

أ- أسباب طبيعية لا دخل للانسان بها.

ب- أسباب غير طبيعية.

Tectonic Earthquakes

الزلازل التكتونية

يصف المختصون الهزات الأرضية التكتونية بشكل عام الى صنفين :

- الزلازل الواقعة على حدود الصفائح التكتونية و تعرف ب :

Interplate Earthquakes

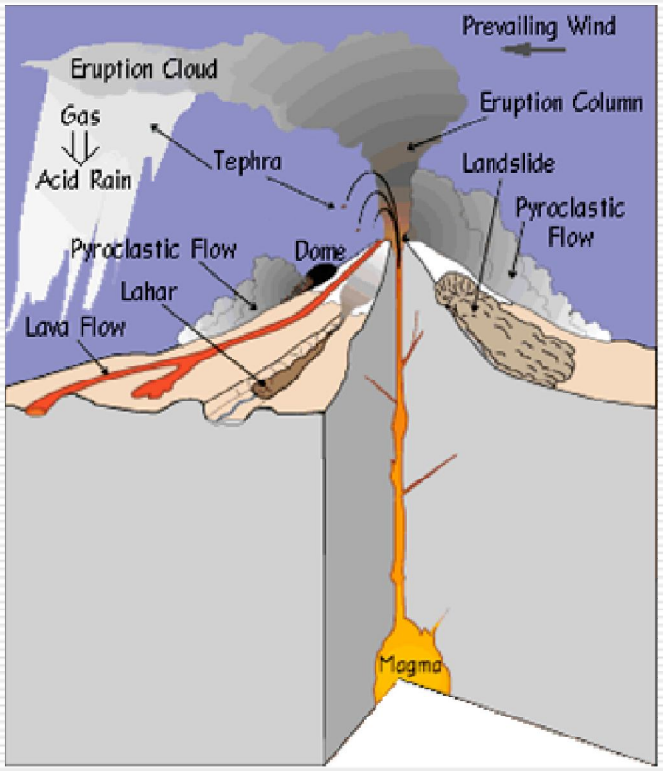
وتشكل 90% من مجموع الهزات الأرضية التي حصلت، ويتوفر لهذا الصنف العديد من الدراسات المختلفة.

وتعتبر الهزات التكتونية أهم أنواع الهزات الأرضية الطبيعية، فاضافة لكون 90% من العدد الكلي للهزات المسجلة ذات طبيعة تكتونية، يوصف هذا النوع من الهزات :

- بشدته الكبيرة
- بتأثيره على مساحات كبيرة
- دمار و خراب كبير

Volcanic Earthquakes

الزلازل البركانية



في المناطق الضعيفة من القشرة الأرضية، تندفع الصخور المنصهرة والمنطقة من الأعماق الصهارية باتجاه الطبقات الخارجية، مما قد يؤدي الى تراكم وتركيز الاجهادات على هذه الطبقات وبالتالي احتمال حدوث صدوع فجائية و حركات اهتزازية للقشرة، وقد يرافق أو يتبع ذلك انطلاق الصهارى بسرعة الى الخارج.

Implosive and Collapse Earthquakes

الزلازل الارتطامية و الانهيارية

يحدث هذا النوع من الزلازل نتيجة حصول انهيارات في عمق الأرض مثل انهيارات الكهوف والمغر، و بشكل عام يكون تأثير الزلازل الارتطامية والانهيارية محلي ومحدودة بمناطق صغيرة، وذلك بسبب ضآلة الطاقة الزلزالية المتولدة.

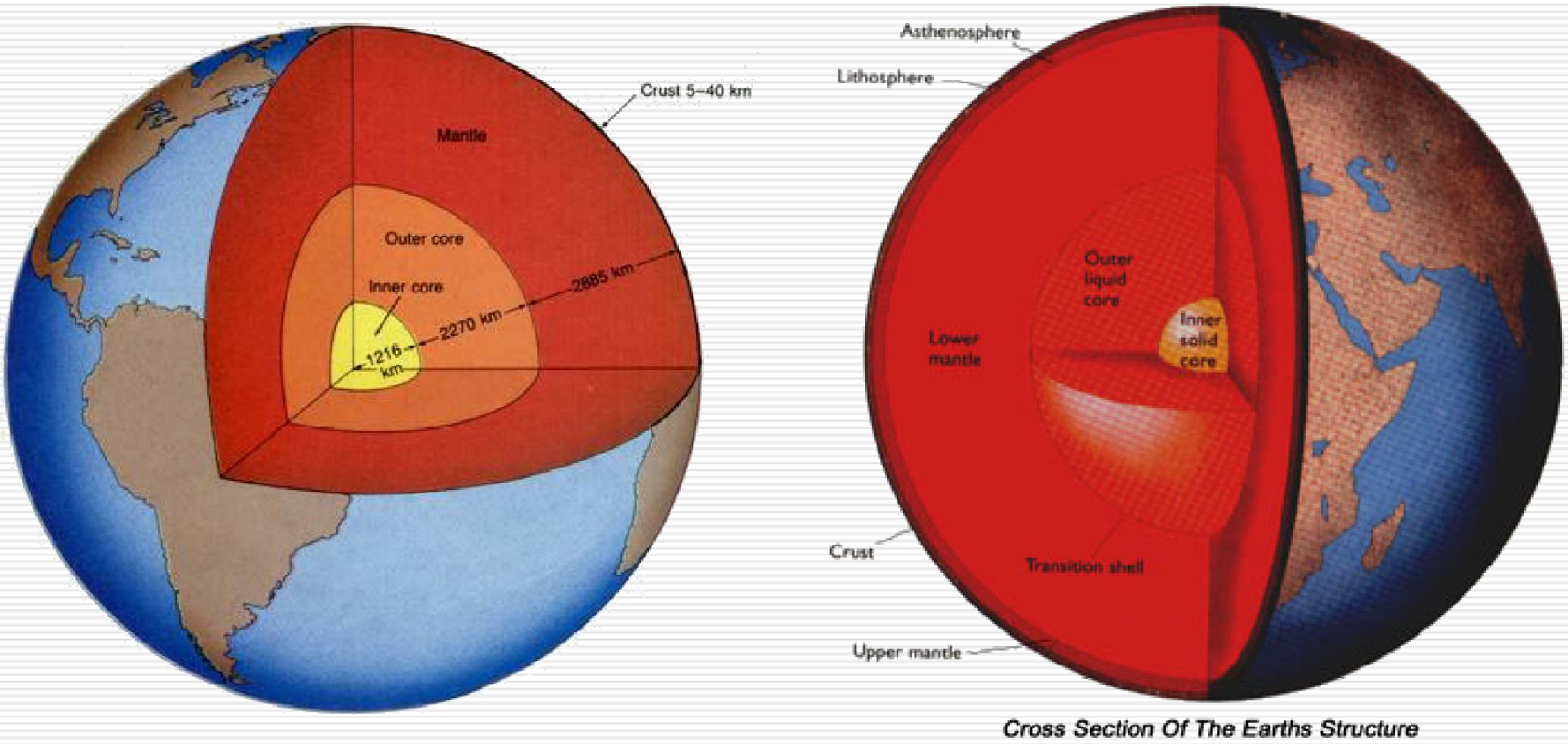
Crustal Movements and Tectonic Faults

حركة القشرة الأرضية و الفوالق التكتونية

تتكون الكرة الأرضية من الأجزاء (الأنطقة) التالية:

- القشرة الأرضية Crust
- غلاف الأرض الصخاري و المعروف باسم الليتوسفير Lithosphere
- غلاف الأرض الصهاري و المعروف باسم Asthenosphere
- غلاف النواه الخارجية Outer Core
- نواة الأرض Inner Core

تتكون الكرة الأرضية من الأجزاء (الأنطقة) التالية:



Cross Section Of The Earths Structure

تمثل القشرة الأرضية طبقة سطحية رقيقة نسبيا بالنسبة لقطر الكرة الأرضية، وتبلغ سماكتها بحدود 35 Km في معظم المناطق القارية وتنخفض الى سماكة وسطية بحدود 10-15 Km في منطقة المحيطات.

Crustal Movement

حركة القشرة الأرضية

خلال العقود القليلة الماضية أمكن معرفة الكثير عن طبيعة الكرة الأرضية وفي الحقيقة يسمى الكثيرون هذه الفترة ثورة المعرفة المتعلقة بالأرض وذلك لأنه ليس لها مثيل في أي زمن، و قد بدأت هذه الثورة في الجزء الأول من القرن العشرين باقتراح يقول: ان القارات انجرفت أو تزحزحت على سطح الأرض وقد قوبلت هذه الأفكار في حينه بكثير من التشكيك من قبل البعض وذلك لأن الرأي السائد في تلك الفترة كان يقول بأن القارات وأحواض المحيطات هي ملامح ثابتة و دائمة على سطح الأرض.

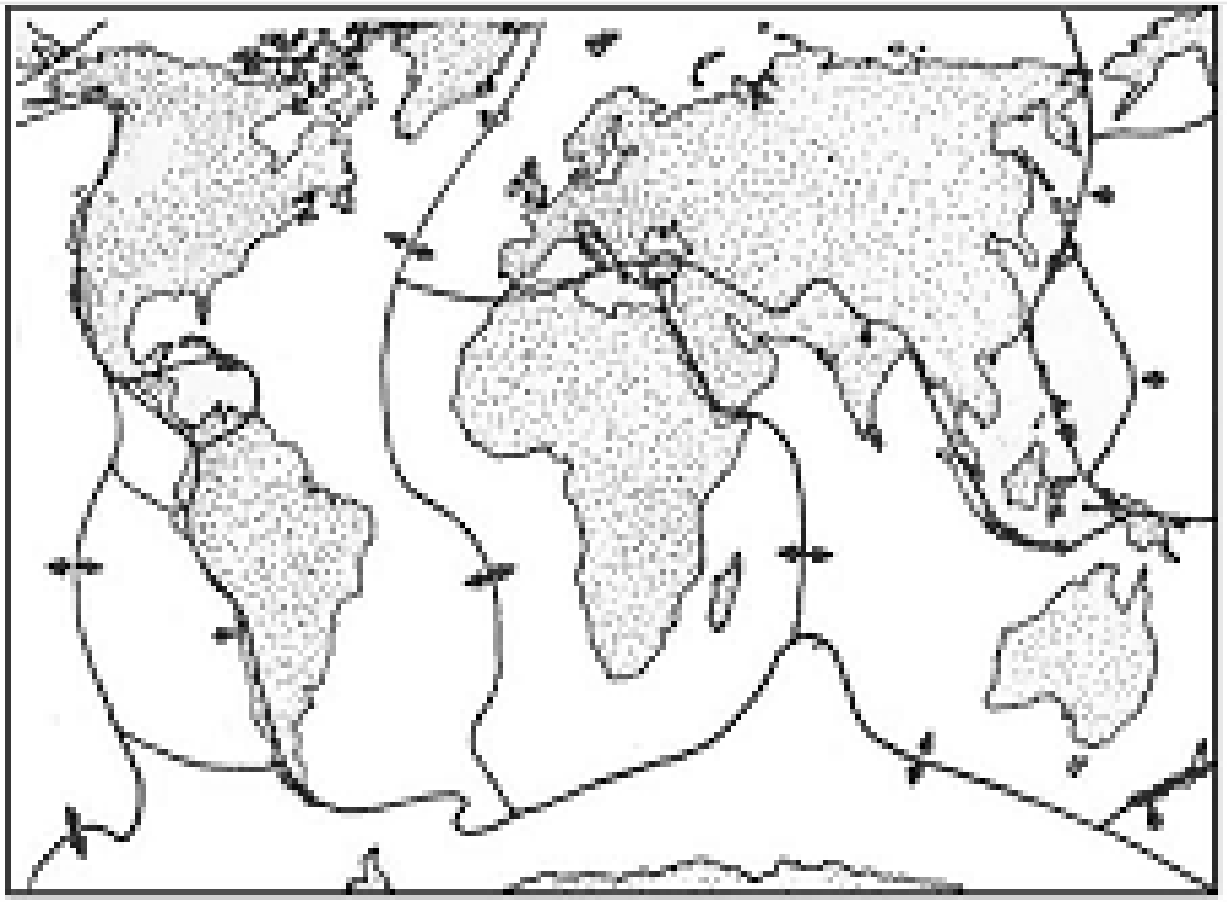
بما أن كل صفيحة تتحرك كوحدة مستقلة، فان اللقاء وحركة الصفائح النسبية فيما بينها تقدر بحوالي ٥-١٠سم، ويّعتقد بأن هذه الحركة ناتجة عن انتقالات عميقة على مستوى غلاف الصهاري.

و بسبب حركة الصفائح القشرية استنتج العلماء بأن قارات الكرة الأرضية الحالية كانت قبل 200 مليون سنة متلاصقة على شكل قارة عملاقة واحدة أطلق عليها اسم البانجي Panangea .

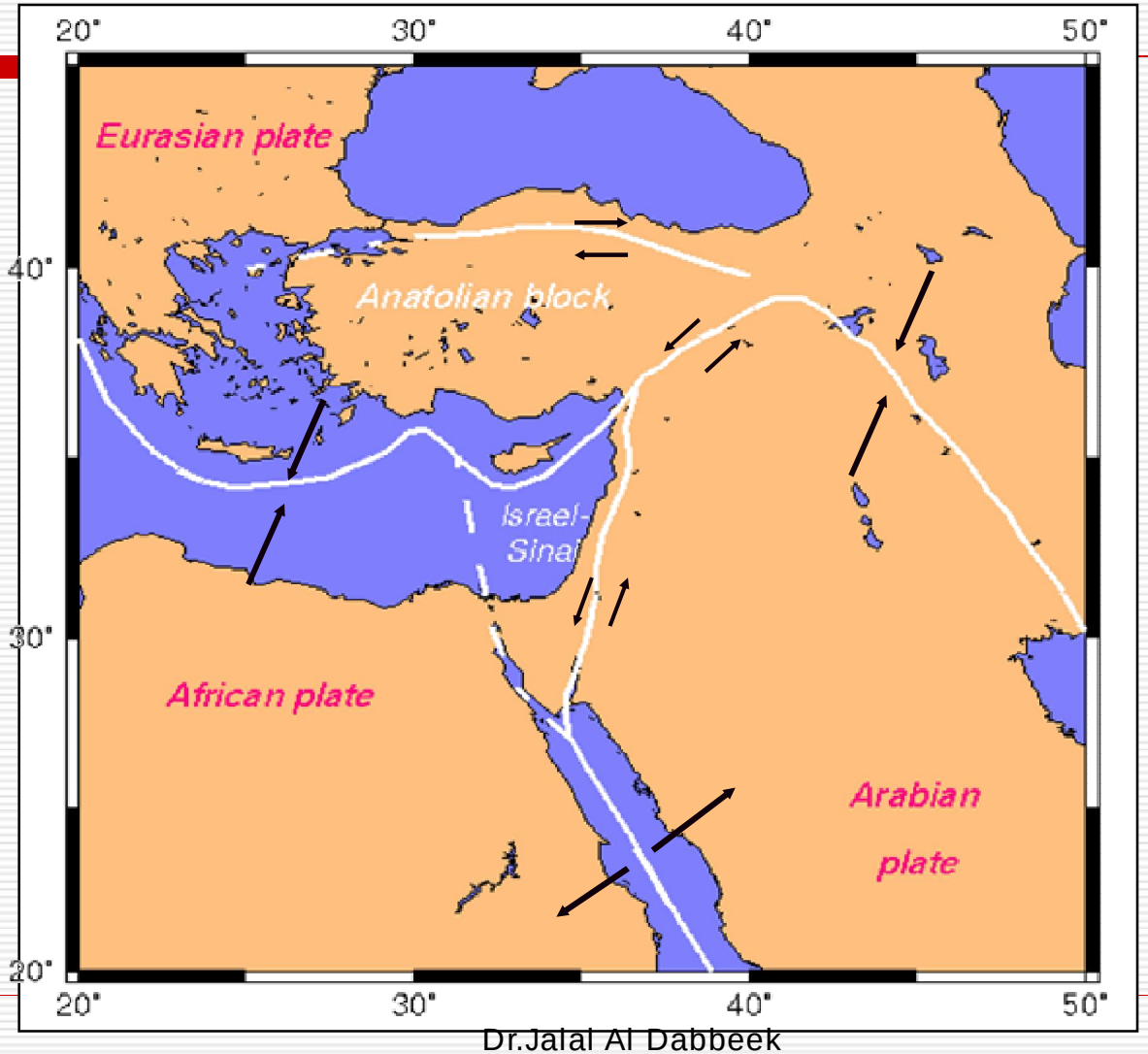
و نتيجة للحركة المستمرة لغلاف الصهاري ومع مرور عشرات أو مئات الملايين من السنين انقسمت البانجي بشكل تدريجي الى عدة قطع وصولا الى وضعها الحالي.

حركة الصفائح (القارات) في الكرة الأرصية

اتجاه الحركة النسبية لصفائح القشرة الأرضية بالاضافة إلى مواقع الفوالق القارية الرئيسية



اتجاه حركة الصفيحة العربية



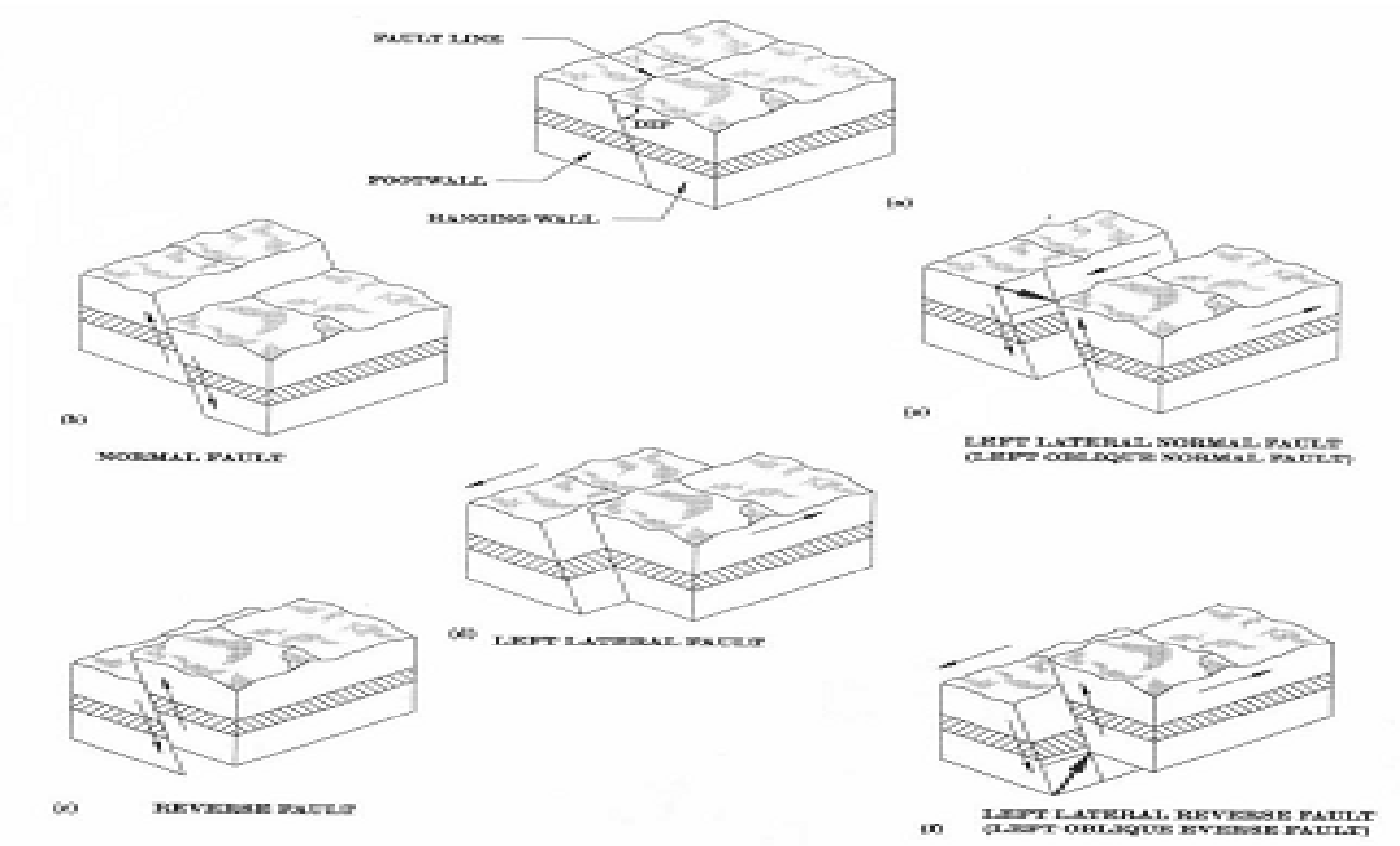
Tectonic Fault

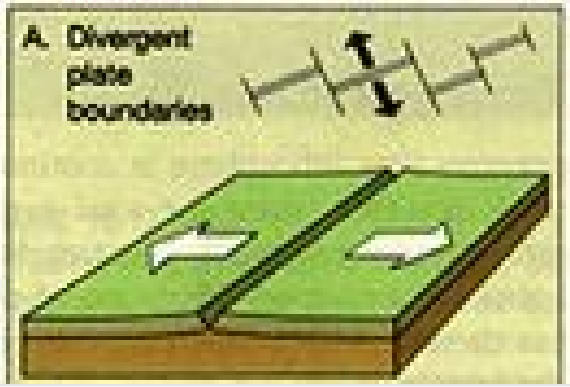
الفوالق التكتونية

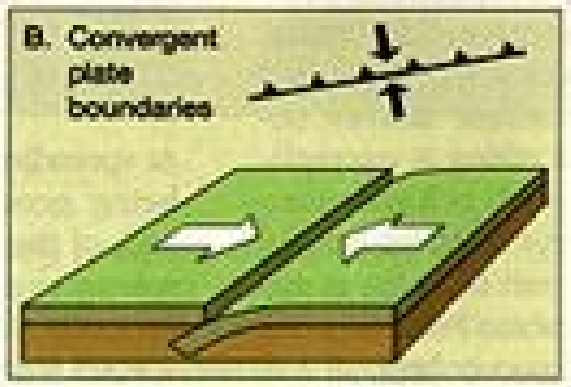
بما أن كل صفيحة تتحرك كوحدة مستقلة، فان اللقاء بين الصفائح يحدث على امتداد أطرافها، وقد تم تحديد أطرافها عن طريق رسم مراكز الزلازل و النشاط البركاني.

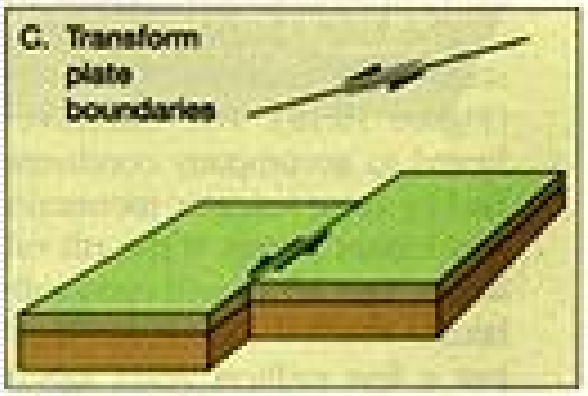
و أخيرا أمكن التعرف على ثلاثة أنواع مختلفة من أطراف الصفائح (السنوي 1997) والتي يمكن تمييزها عن طريق الحركة التي تحدثها.

أنواع الفوالق









الأطراف المتباعدة Divergence

وهي مناطق تتباعد فيها الصفائح عن بعضها تاركة ثغرة بينها.

الأطراف المتقاربة Convergence

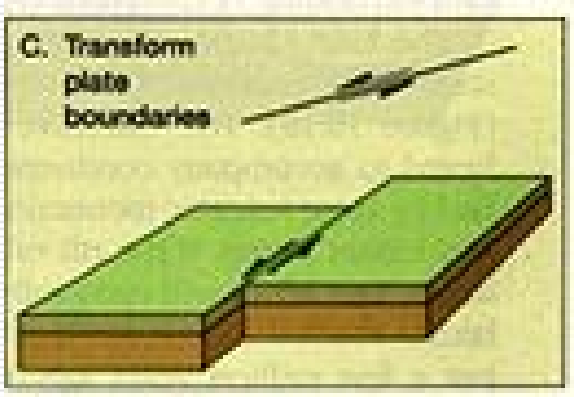
وهي مناطق تتقارب فيها الصفائح من بعضها مسببة في انزلاق أحد اللوحين المتقاربين تحت الآخر، كما يحدث عندما يتعلق الأمر بالقشرة المحيطة أو عندما تصطدم صفيحتان من القشرة القارية.

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

أطراف الصدع التحويلي Transform Fault

وهي مناطق تنزلق فيها صفيحتان جانبيا بحيث يشكل كل منهما الآخر.



عندما تلتقي صفيحتان فان أطراف أحدهما المقترب ينصاع الى أسفل مسهلا بذلك عملية انزلاقه تحت الآخر.

و عندما تصطدم صفيحتان صخريتان أحدهما محيطية و الأخرى قارية ، فان المادة المحيطية التي هي أكثر كثافة دائما تغوص في الغلاف الوهن الضعيف تحتها.

Seismic Waves

الموجات الزلزالية

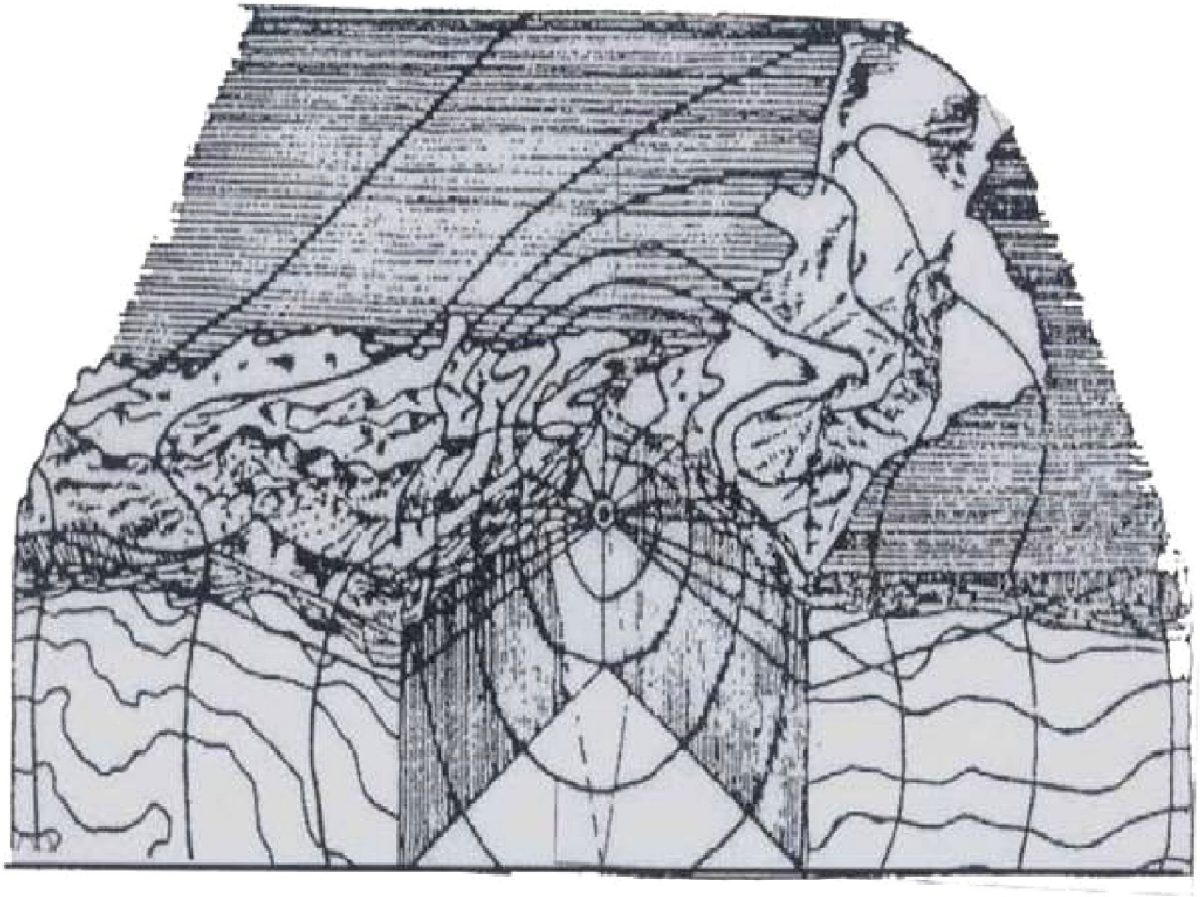
تنتشر الطاقة الزلزالية الناتجة عن اهتزاز طبقات الأرض في مركز الزلازل البؤري على شكل موجات زلزالية.

حيث تمر هذه الموجات من خلال طبقات الأرض المختلفة حتى تصل الى سطح الأرض مسببة اهتزازات لجميع الأجسام و المنشآت الموجودة في منطقة تأثيرها.

وبشكل عام تتأثر طاقة الموجات الزلزالية بالخواص الفيزيائية والتركيب الجيولوجي للطبقات الصخرية التي تمر من خلالها.

و تقسم الموجات المرنة المنبعثة من البؤرة أو مركز الزلازل الى نوعين رئيسيين هما:

الموجات الجسمية و الموجات السطحية



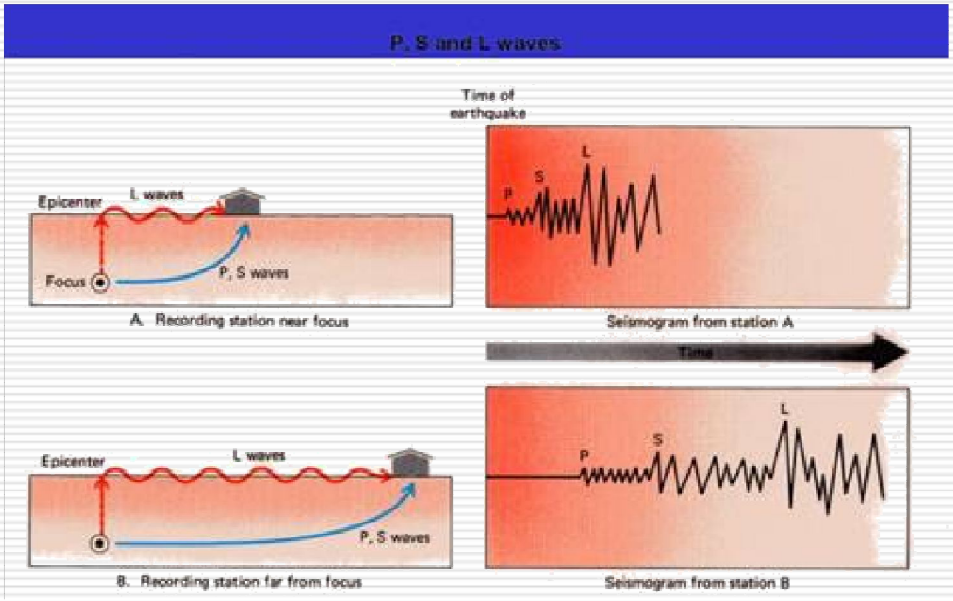
Body Waves

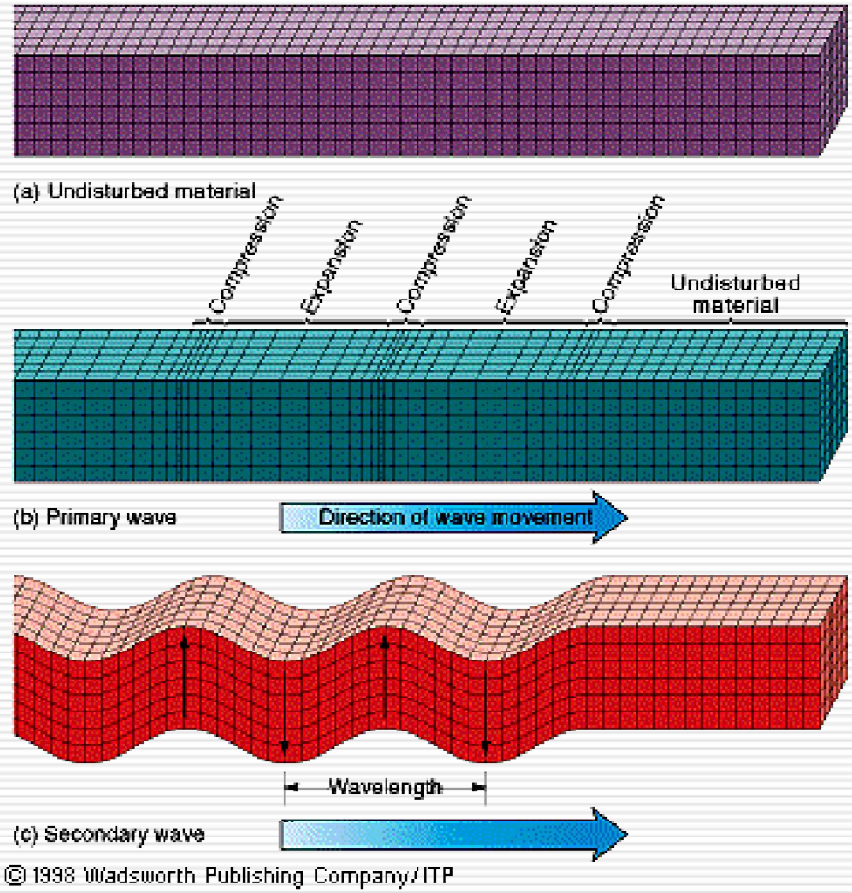
الموجات الجسمية

تنتشر هذه الموجات داخل الأرض في جميع الاتجاهات وتقسم بدورها الى نوعين:

- الموجات الطولية Primary or P- waves
- الموجات العرضية S – waves

Seismic Waves





السرعة القصوى لانتشار الموجات الطولية لا يمكن أن تتجاوز ٧-٨كم/ث، و بذلك تصل أولا الى سطح الأرض ، أما الموجات العرضية فسرعتها أقل من سرعة الموجات الرئيسية، وأقصى سرعة محتملة لا تتجاوز ٤-٥ كم/ث .

سرعة الموجات الزلزالية الطولية و العرضية في الأوساط المرنة لا تعتمد على ترد هذه الموجات ، أما العلاقة بين هذه السرعات و عمق المركز البؤري للزلزال (Vp/Vs) فهي طردية.

وبشكل عام أظهرت الدراسات الجيوفيزيائية ان النسبة بين سرعات هذه الموجات هي :

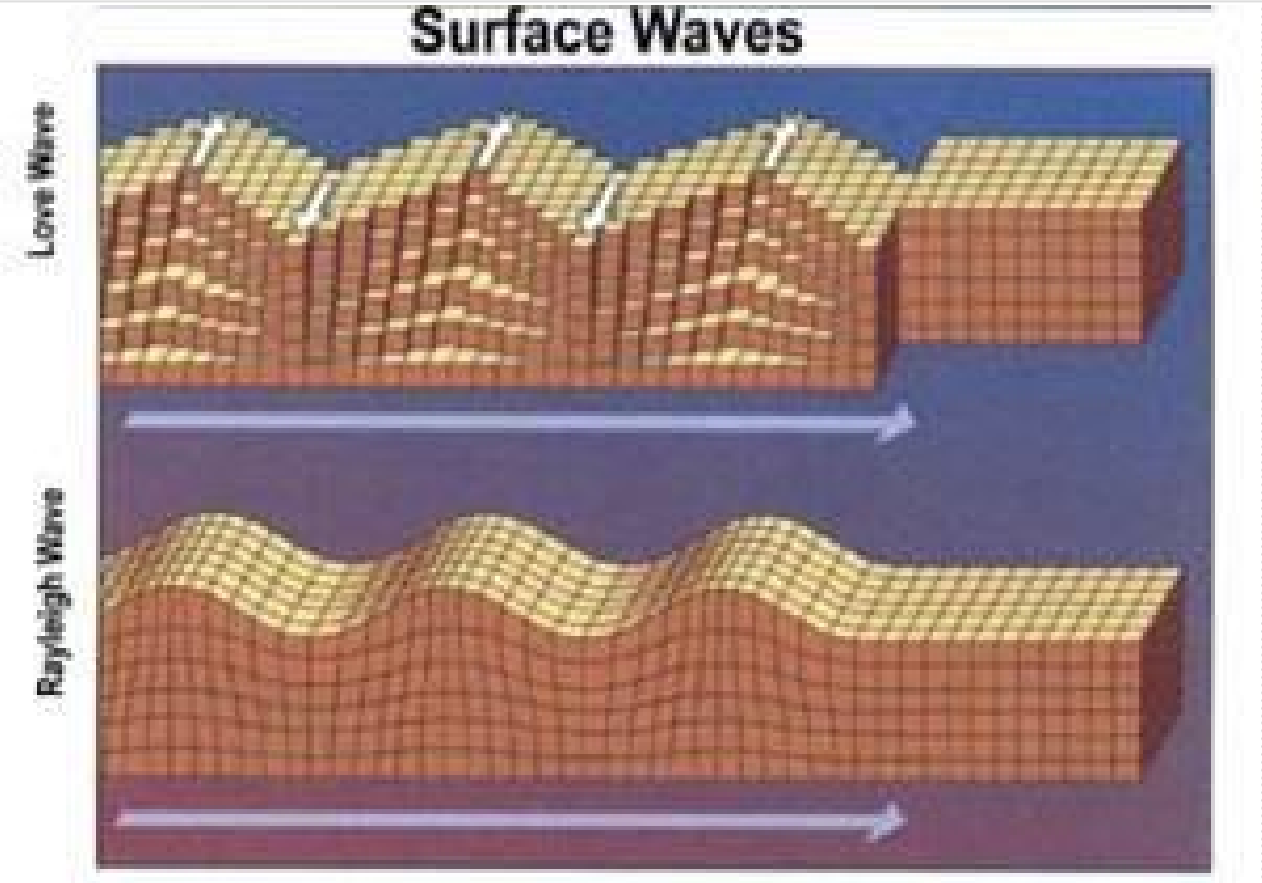
$$\frac{V_p}{V_s} = 1.67 – 1.78$$

يشار الى أن تحديد النسبة (Vp/Vs) هامة وضرورية للرصد الزلزالي، فكل دولة بحاجة لتحديد قيمة هذه النسبة في مناطقها ولتحقيق ذلك تجري دراسات من خلال تنفيذ زلازل صناعية باستخدام التفجيرات حيث يتم تحديد سرعة الموجات المختلفة و بالتالي تحديد نموذج السرعة الملائم ، أي تحديد قيمة هذه النسبة و التي سيتم اعتمادها في ايجاد المراكز الزلزالية و تحديد مقدار درجة الزلازل.

و لإيجاد سرعة الموجات الزلزالية في المنطقة تم اجراء عدد من الزلازل الصناعية باستخدام التفجيرات ومن أهم هذه التجارب التي تم اجراءها في شهر 11/1999 في البحر الميت والتي تم تنفيذها من قبل بعض دول المنطقة كمساهمة في نشاطات منظمة الخطر الشامل للتجارب النووية الخاصة بمعايرة محطات رصد الزلازل – أزمان انتقال الموجات الزلزالية و تحسين دقة تحديد مواقع الزلازل بشكل عام و التفجيرات النووية بشكل خاص (عمرات 2000 و الدبيك 2000) .

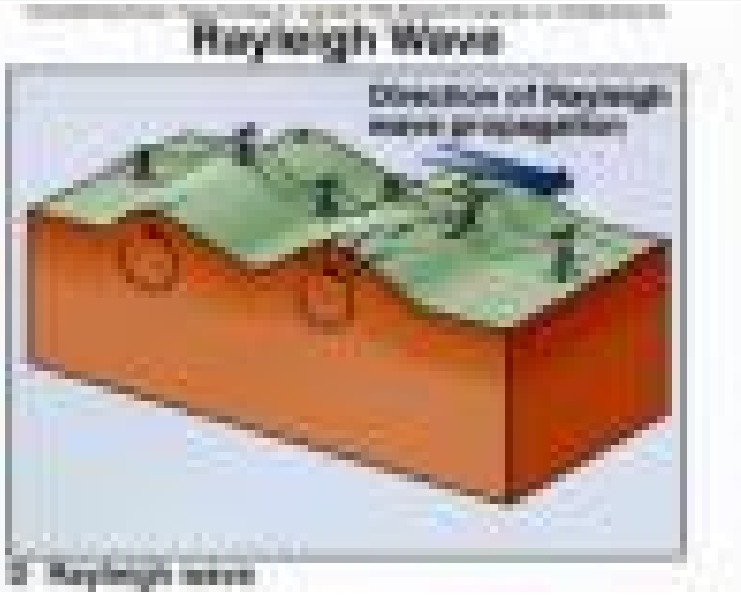
Surface Waves

الموجات السطحيّة

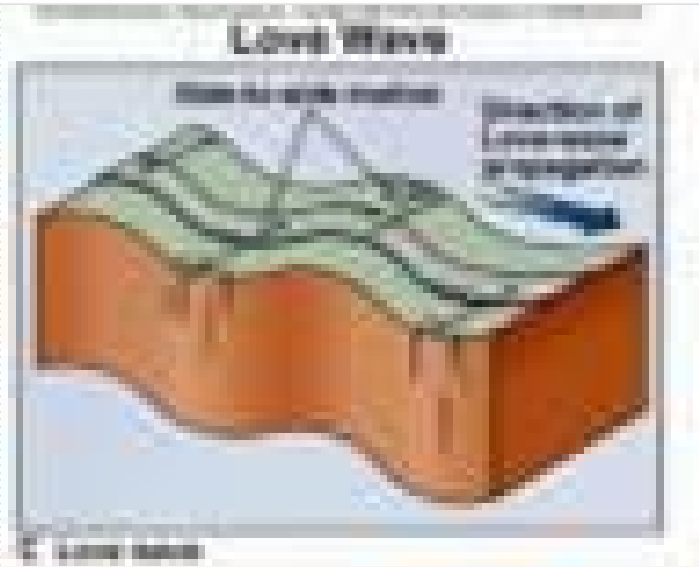


أ – موجات رايلي Rayleigh Wave

تتحرك هذه الموجات على شكل قطع ناقص أو إهليجي في المستوى العمودي لمسار انتشار الموجة.



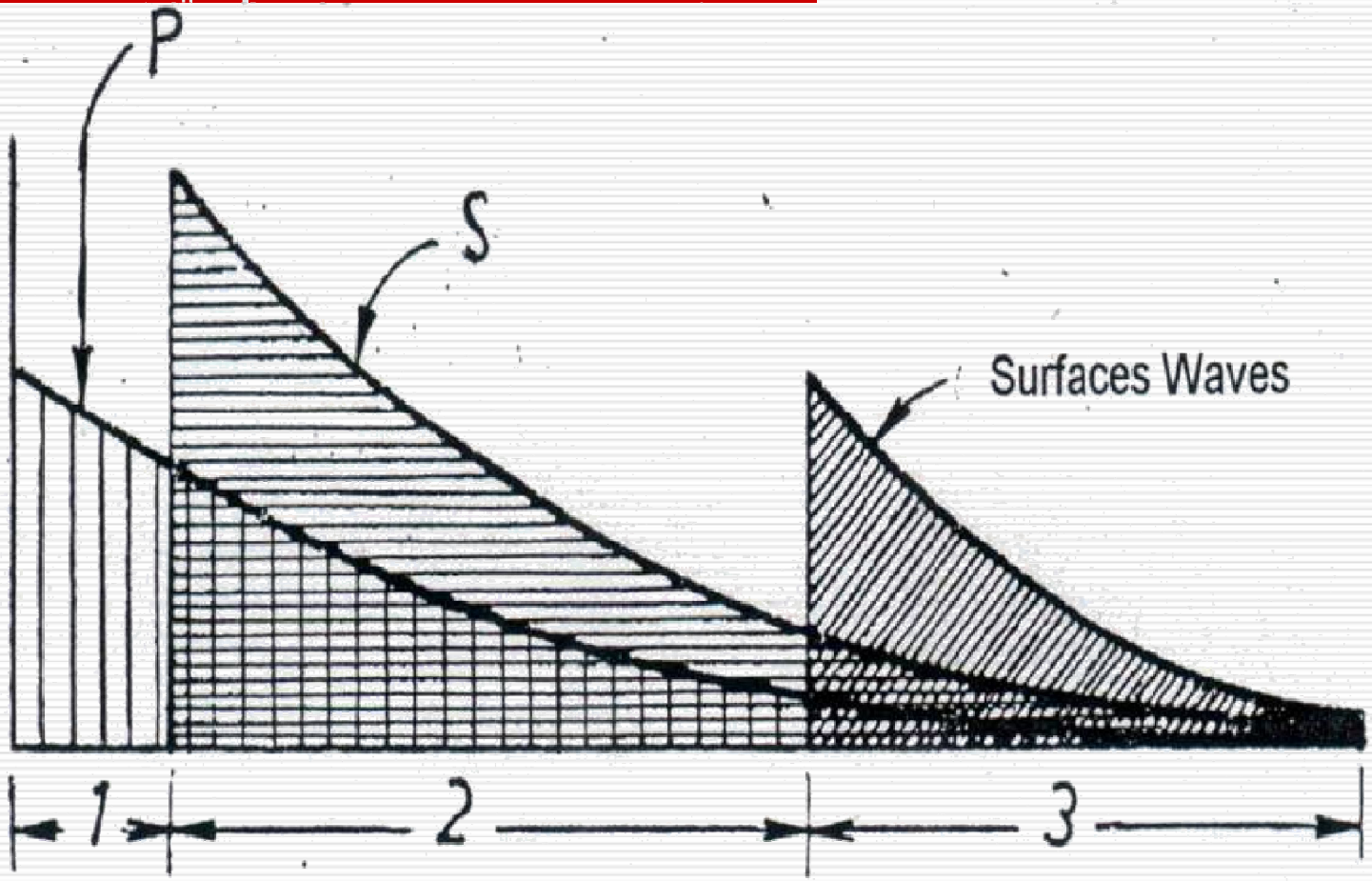
ب – موجات لوف Love Waves



يلاحظ هذا النوع من الموجات عندما تكون سرعة الطبقة العليا أقل من الطبقات التي تحتها، وتتذبذب بشكل عرضي على مسار اتجاه الانتشار و سرعتها مقاربة لسرعة الموجات العرضية.

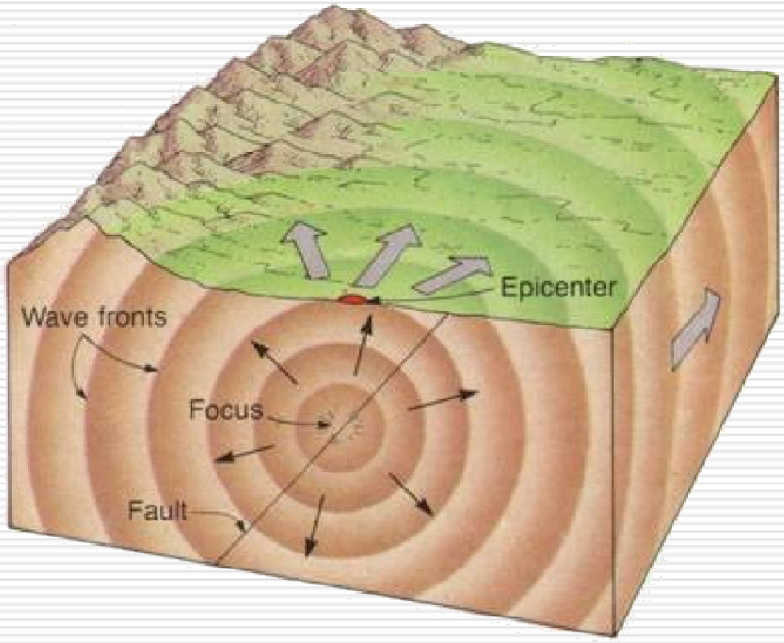
- أظهرت الدراسات أن سرعة موجات لوف تساوي 1.5-5 كم/ث في حالة التربة القوية و 0.50-1.5 كم /ث في حالة التربة الطينية.

مراحل تسجيل الموجات



Earthquake Hypocenters and Epicenters

المراكز الجوفية و المراكز السطحية للزلازل



في الزلازل ذات الطبيعة التكتونية يقع المركز الجوفي أو بؤرة الزلازل في معظم الحالات على أعماق منخفضة نسبيا تتراوح بين 80-5كم، علما أن أقصى عمق محتمل للبؤر الزلزالية قد يصل الى 700 كم.

هناك طرق عديدة لتحديد أعماق بؤر الزلازل و احدى هذه الطرق هي استخدام التسجيلات الجيوفيزيائية لزمن انتشار الموجات الزلزالية الطولية و العرضية و بناء على المعطيات يمكن استخدام العلاقة التالية لتحديد الموقع التقريبي للبؤرة.

$$d = \left[\frac{1}{V_s} - \frac{1}{V_p} \right]^{-1} T_1$$

Vs : سرعة انتشار الموجة العرضية.

Vp: سرعة انتسار الموجة الطولية .

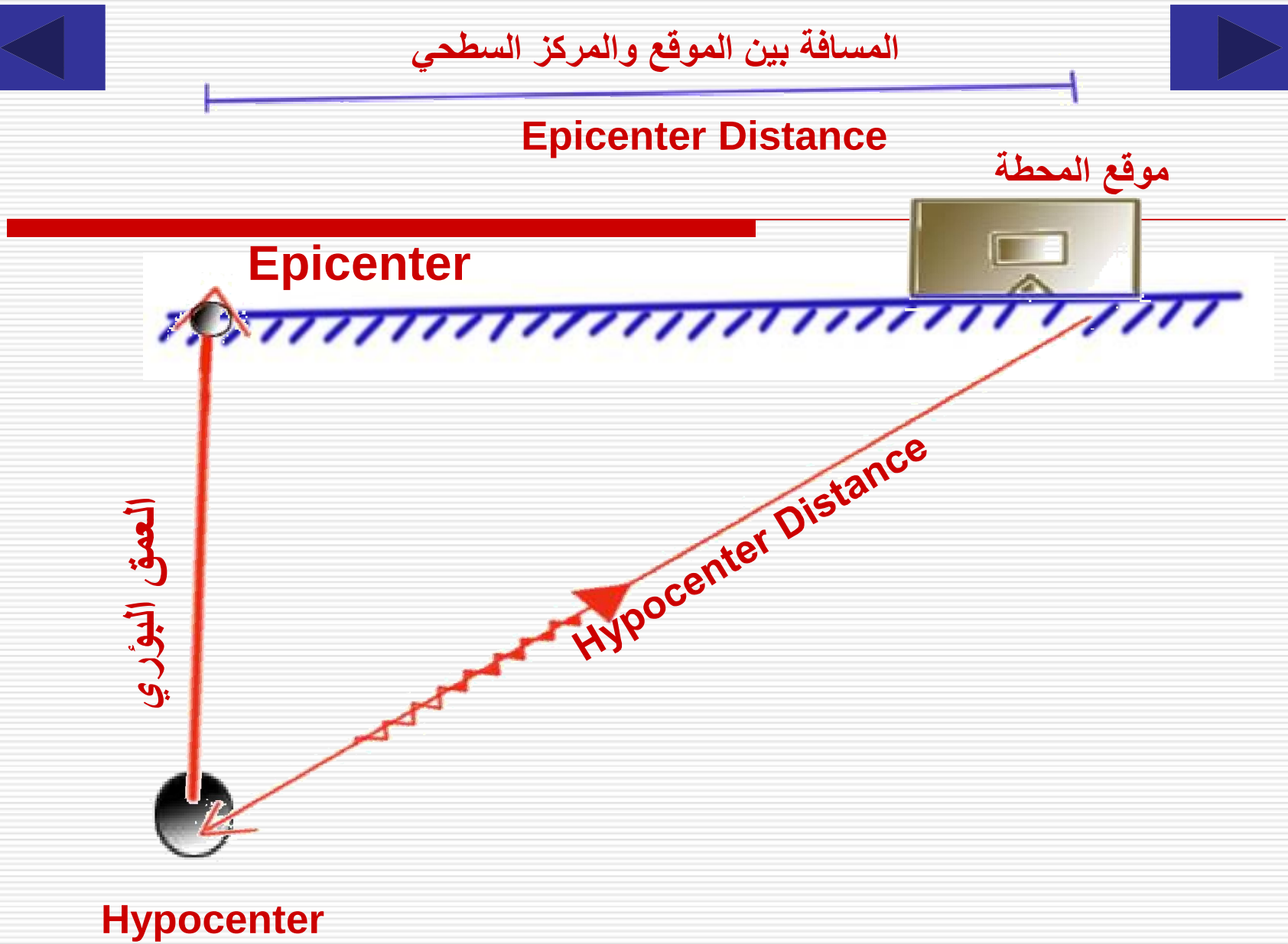
T1: الفترة الزمنية بين وصول الموجتين الطولية و العرضية.

يتطلب تحديد الموقع التقريبي للبؤرة استخدام تسجيلات ٣ محطات زلزالية على الأقل ، حيث يتم تحديد قيمة البعد البؤري لكل محطة.

بعد موقع المحطة عن البؤرة (البعد الزلزالي) و الذي يمكن ايجاده باستخدام العلاقة يمثل النقطة النظرية التي انطلق منها أول موجة زلزالية .

علما أنه ليس من الضروري أن يتطابق هذا المركز مع المنطقة التي انطلق منها أكبر كمية من الطاقة.

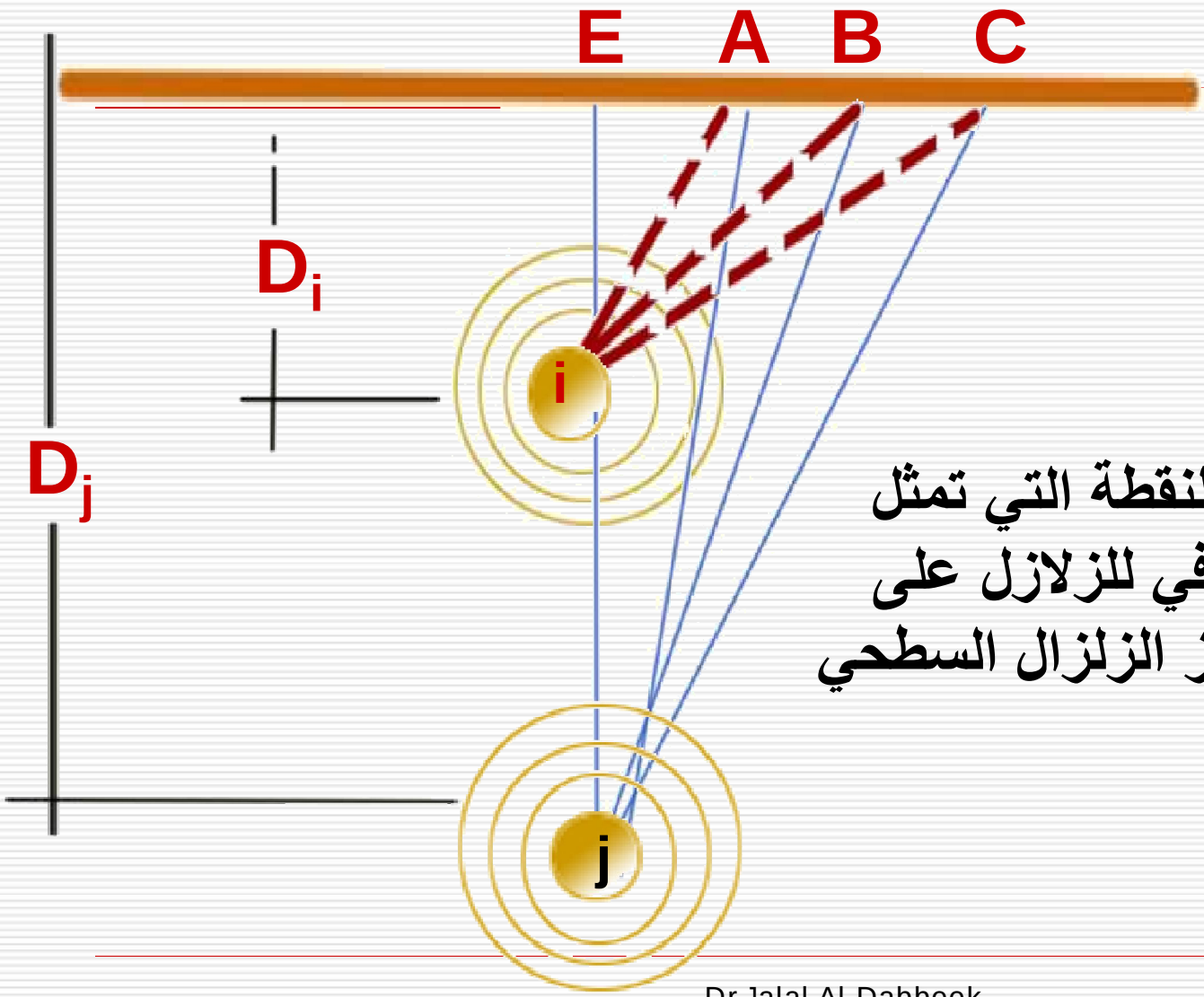
أنظر الشكل التالي


المسافة بين الموقع والمركز السطحي
Epicenter Distance
موقع المحطة
Epicenter
العمق البؤري
Hypocenter Distance
Hypocenter

تقسم الهزات من حيث عمقها الى .

• زلازل سطحية (ضحلة)	D< 70 km
• زلازل متوسطة العمق	70km<D< 300km
• زلازل عميقة	D> 300km

تشير الأبحاث و الدراسات أنه في الأعماق و على مسافات أكبر من 700 Km لا يمكن أن تحدث هزات أرضيّة ، أما عن علاقة الشدة الزلزالية بعمق المركز الجوفي للزلازل فإنه يمكن توضيح ذلك من خلال الشكل التالي فمثلا اذا صدر عن المركزين I و j نفس الطاقة الزلزاليّة فانّ تأثير المركز j على المواقع E, A,B,C يكون أكبر من أثر الهزة الصادرة عن المركز I، وذلك لأن الشده الزلزالية تتناسب طردياً مع كثافة الطاقة، في حين تتناسب الطاقة تناسباً عكسيا مع مربع المسافة بين المركز والموقع المختار.

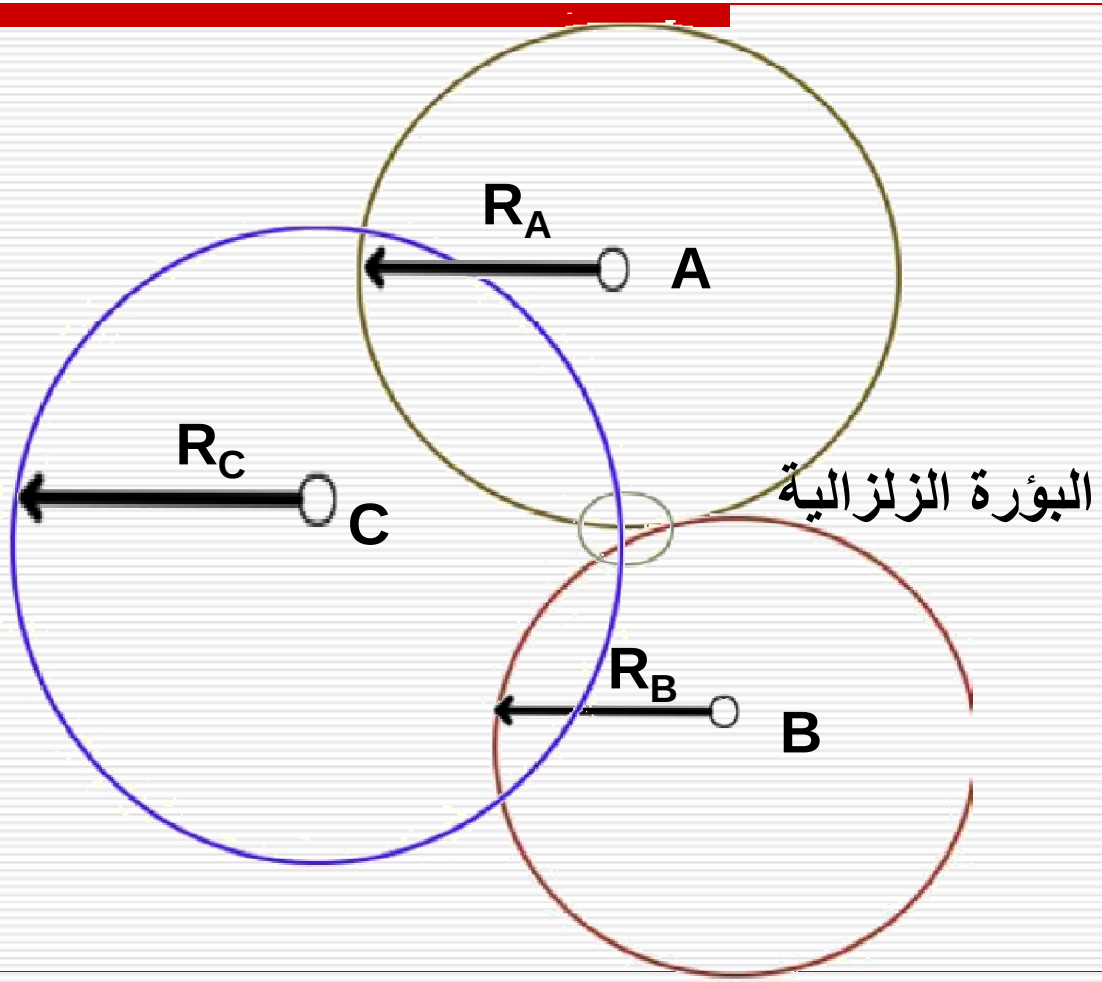


تسمى المنطقة أو النقطة التي تمثل مسقط المركز الجوفي للزلازل على سطح الأرض بمركز الزلزال السطحي Epicenter.

قد تختلف الدول المجاورة فيما بينها في تحديد موقع المراكز (المركز الجوفي و المركز السطحي)، حتى و ان استخدام الطرق الحسابية المشار اليها أعلاه، و ذلك لعدة أسباب أهمها :

الاختلاف في دقة الأجهزة المستخدمة ، خطأ التوقيت الذي قد تسببه ساعة الجهاز، الأخطاء في تحديد بداية ظهور الموجات الزلزالية المختلفة S و P و النقص في المعطيات الأخرى.

تحديد الموقع البؤري للزلزال عند توفر ثلاث محطات زلزالية



Ground Motion Records

تسجيلات الحركات الأرضية

تنشأ الحركات الزلزالية بسبب الاهتزازات التي تحدثها الموجات الزلزالية، وعند وصول هذه الاهتزازات الى سطح الأرض يمكن تسجيلها بواسطة أجهزة خاصّة لرصد الزلازل، لذلك ارتبط تطور علم الزلازل تاريخيا باكتشاف و تطور الأجهزة الزلزالية المختلفة وبتطور و استنباط العلاقات الرياضية – الفيزيائية للحركات الموجيّة.

تتميز الحركات الأرضية الزلزالية بالعلاقة مع الزمن في أنها عشوائية وغير منتظمة من حيث الاتجاه و السعة و التردد.

و استنادا الى خصائصها يمكن تصنيف الحركات الزلزالية الى:

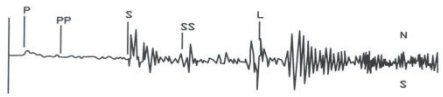
أ – هزات أرضية سطحية ذات صدمة ميكانيكية واحدة Single Shock

ب. هزات ذات حزمة واحدة من الحركات الاهتزازية القويّة

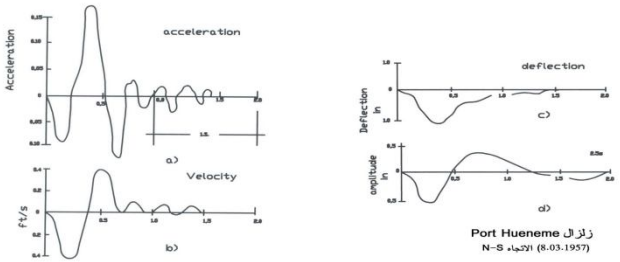
ج. هزات تتكون من العديد من حزم الحركات الاهتزازية.

د. هزات مدة تأثيرها كبيرة بالإضافة الى أن زمنها الدوري كبير.

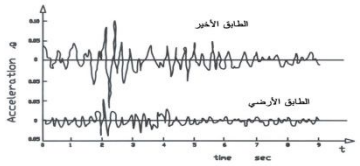
هـ. الهزات التي تسبب تشوهات دائمة و واضحة للتربة



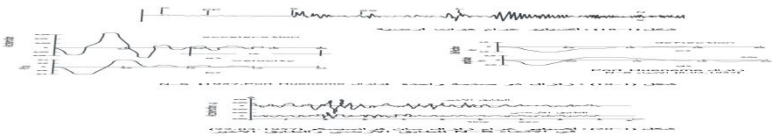
شكل (1–18) : أكسيليو غرام هزات أرضية



شكل (1–19) : زلزال ذو صدمة واحدة (زلزال Port Hueneme,1957) N–S

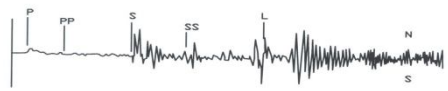


شكل (1–20) : أكسيليو غرام زلزال سان فرانسيسكو (22.03.1957)
في الاتجاه N–S للطابق الأرضي والطابق الأخير

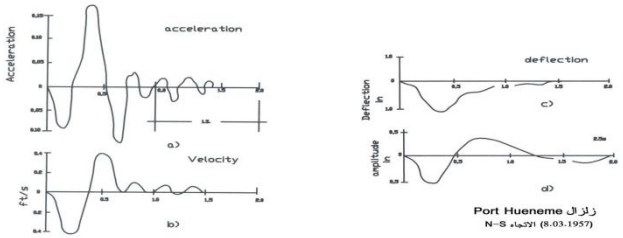


Dr.Jalal Al Dabbeek

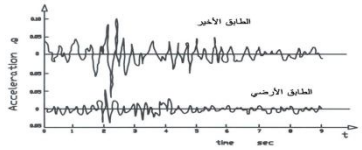
جلال الدبيك



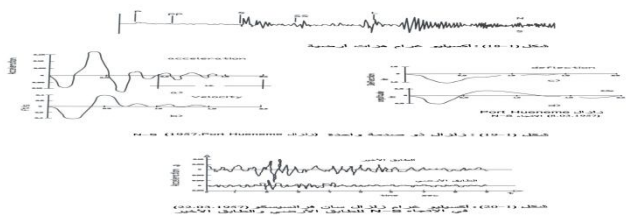
شكل (1–18) : أكسيليو غرام هزات أرضية



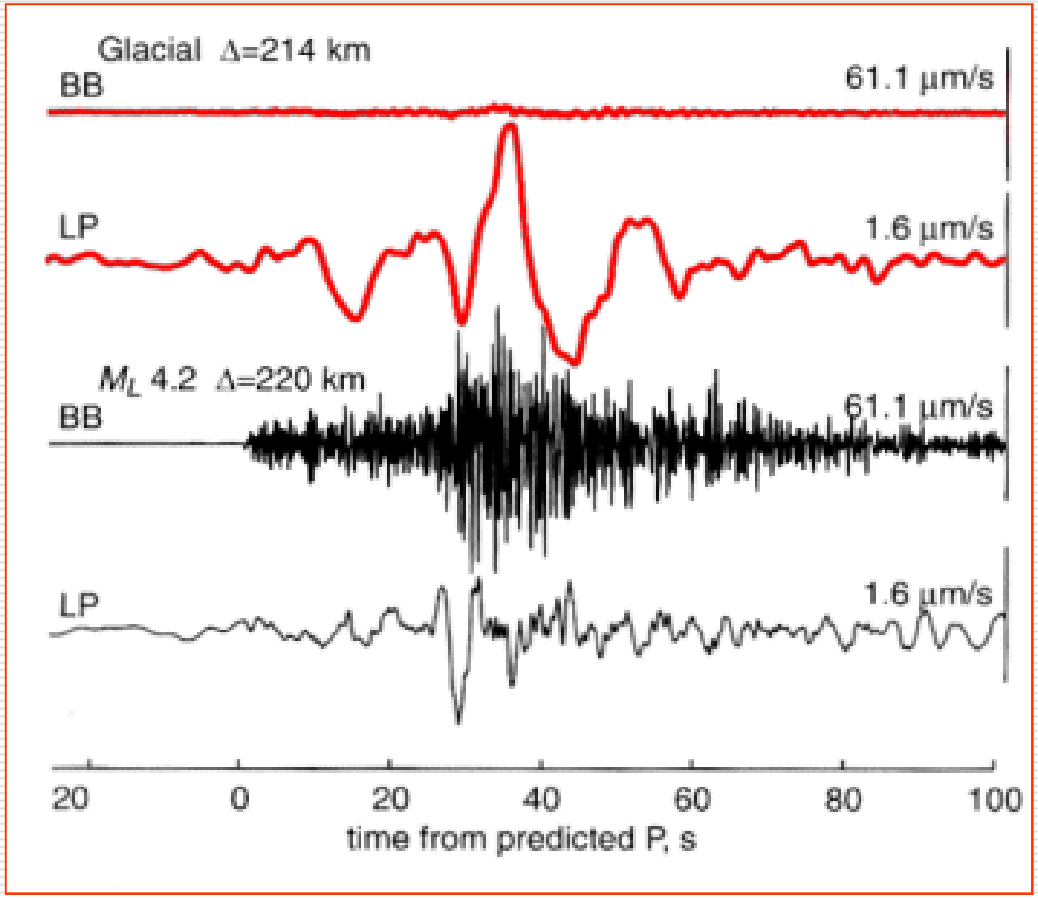
شكل (1–19) : زلزال ذو صدمة واحدة (زلزال Port Hueneme, 1957) N–S

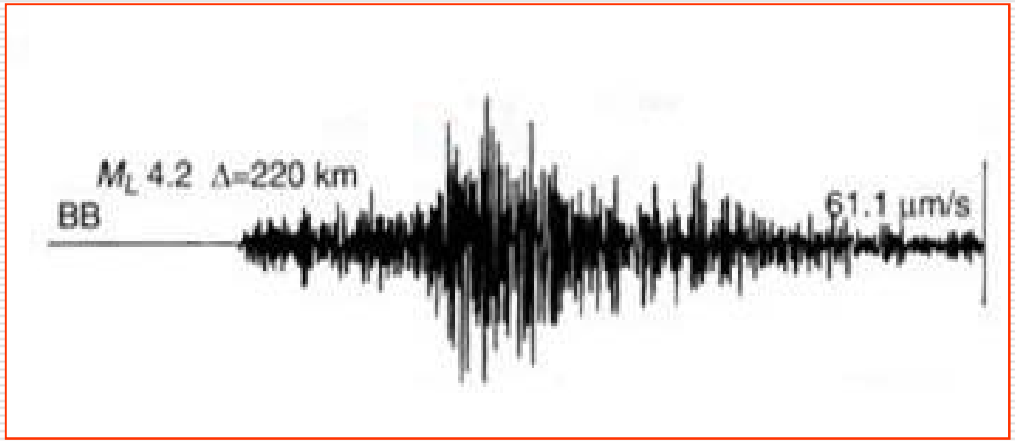


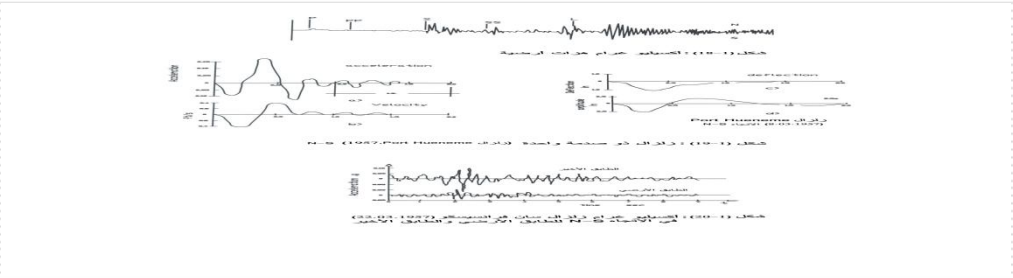
شكل (1–20) : أكسيليو غرام زلزال سان فرانسيسكو (22.03.1957)
في الاتجاه N–S للطابق الأرضي والطابق الأخير

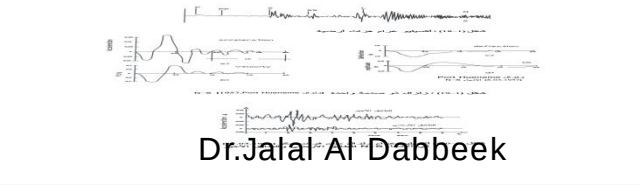


Ground Motion Records




M_L 4.2 Δ=220 km
BB
61.1 μm/s





خصائص الحركات الأرضية

Characteristics of Earthquake Ground Motion

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

يمكن تلخيص أهم خصائص الحركات الأرضية التي تعتبر ضرورية في تطبيقات هندسة الزلازل بما يلي :

- ذروة الحركات الأرضية Peak Ground Motion
- أمد الحركات القوية Duration of Strong Motion
- محتوى التردد Frequency Content

Ground Influencing Ground Motion

العوامل التي تؤثر على الحركات الأرضية

تتأثر الحركات الأرضية الزلزالية بعدد من العوامل أهمها:

* مقدار الزلازل
* البعد عن المركز السطحي
* طبيعة تربة الموقع
* الاختلاف في الجيولوجيا و في سرعة الانتشار على طول خط المسار
* حالة أو طبيعة و آلية مصدر الهزات الأرضية

The Scale of Earthquakes

مقاييس درجة الزلازل

للوصول الى تعبير كمي دقيق قدر الامكان لوصف الزلازل تستخدم الدراسات والمراجع الزلزالية عدد من المعايير الزلزالية، هي: المقدار الزلزالي والشدة الزلزالية والعزم الزلزالي، بالإضافة الى الطاقة الزلزالية ولا زالت الجهود العلمية مستمرة لتطوير أساليب قياس (درجة الزلازل).

ويمكن ايجاد الدرجة الزلزالية للهزات الأرضية من خلال:-

- أثرها على الاشخاص والمنشآت الموجودة في منطقة تأثيرها.
- استخدام العلاقات الرياضية وتسجيلات محطات الرصد.

وبشكل عام لايجاد الدرجة الزلزالية يستخدم بشكل واسع المقاييس التالية:

Intensity Scale

مقياس الشدة الزلزالية

تستند مقاييس الشدة الزلزالية في تحديدها لشدة الزلزال على مستوى درجة تأثيره على الأشخاص والمنشآت، فمبدأ هذا النوع من المقاييس يعتمد على الوصف، فكلما زاد تأثير الزلازل على الأشخاص والمنشآت تزداد درجة الشدة الزلزالية.

ومن أهم مقاييس الشدة الزلزالية و أكثرها شيوعا هو مقياس ميركالي المعدل

(MM) Modified Mercalli Intensity Scale

حيث يتم من خلال المقياس تصنيف درجات الشدة المحتملة من I و حتى XII

جامعة النجاح الوطنية
مركز علوم الأرض وهندسة الزلازل

An-Najah national University
Earth Sciences & Seismic
Engineering Center

جدول رقم (1) مقياس ميركالي للشدة

جدول (1.1)

درجة الشدة MMI	الـــــــوصف
I	لا يشعر بها ، إلا نادراً ، وفي ظروف خاصة ومثالية .
II	يشعر بها عدد قليل من الأشخاص فقط في حالة السكون خاصة في الطوابق العلوية من الأبنية العالية .
III	يشعر بها من قبل العديد من الأشخاص وخاصة في الطوابق العلوية من الأبنية ويصعب معرفة أن سبب هذه الهزة هو زلزال . يمكن قياس أمد الزلزال عند هذه الدرجة .
IV	في النهار ، يشعر بها العديد من الأشخاص داخل المباني ، والقليل منهم خارج المباني ، اضطراب في الأبواب ، والشبابيك ، والأطباق ، وطقطقة في الجدران ، والإحساس بها يشبه اصطدام شاحنه كبيرة بالمبنى . تتأرجح السيارات الواقفة بشكل ملحوظ .
V	يشعر بها جميع الناس ، والعديد يستيقظ من نومه ، تتهشم بعض الأطباق والشبابيك الزجاجية ، قد تتشقق طبقة القصارة على الجدران ، انقلاب الأشياء غير الثابتة ، اضطراب أعمدة الكهرباء والهاتف ، والأشجار ، وغيرها من الأجسام العالية في بعض الأحيان ، تتوقف الساعات البندولية عن الحركة .
VI	يصاب الناس بالذعر ويركضون إلى خارج المبنى ، يتحرك الأثاث الثقيل من مكانه ، وفي بعض الأحيان تتساقط طبقة القصارة ، تنقلب المداخن و تحدث أضرار بسيطة في المنشآت .
VII	الجميع يركضون إلى الخارج المباني ، يكون حجم الأضرار مهملاً في الأبنية المصممة والمنفذة جيداً ، وبسيط إلى متوسط في الأبنية العادية ، أضرار ملحوظة في الأبنية الرخيصة أو ذات التصميم السيء ، تتضرر المداخن ، ويشعر بها في السيارات التي تسير .
VIII	تحدث أضرار بسيطة حتى في الأبنية المصممة والمنفذة جيدة، أضرار ملحوظة في الأبنية العادية مع حدوث بعض الانهيارات، أضرار كبيرة في الأبنية الرخيصة أو ذات التنفيذ السيء، تتساقط قطع الجدران المحمولة والفاصلة خارج المنشآت الهيكلية، يسقط العديد من المداخن، تتضرر الأشجار و يتناثر الطين والرمل بكميات قليلة نسبياً، اختلاف في منسوب مياه الآبار ،إعاقة في سواقة السيارات .
IX	أضرار ملحوظة في الأبنية المصممة والمنفذة جيداً ، خروج المنشآت عن خطوط التماس مع الأساسات ، تشقق الأرض بشكل واضح تضرر شبكات المياه الصحية أسفل منسوب الأرض .
X	انهيار البيوت الخشبية ذات التصميم والتنفيذ الجيد ، تدمير معظم منشآت الطوب والمنشآت الهيكلية مع أساساتها، تشقق الأرض بشكل يؤدي إلى حدوث أضرار عديدة ، إنشاء خطوط السكك الحديدية ، انزلاق المنحدرات والحواجز الترابية وارتفاع منسوب المياه السطحية .
XI	انهيار جميع المنشآت الهيكلية ، وتدمير الجسور ، تصدعات وتشققات تغطي سطح الأرض كلية ، تدمير شبكات المياه الصحية أسفل منسوب الأرض وعدم صلاحيتها للخدمة هبوط في سطح الأرض وانسياب العديد من الأراضي المكشوفة إلى أسفل التربة الطرية، إنشاء والتواء خطوط السكك الحديدية بشكل واضح .
XII	دمار شامل، تغير تام في شكل سطح الأرض بحيث تظهر على شكل أمواج إنسيابية ، اختلاف طوبوغرافية الأرض تناثر الأجسام والكتل الترابية وقطع المنشآت في الهواء .

يعتمد مقياس ميركالي على تقييم ووصف شدة الزلازل من خلال تأثيرها على الأشخاص والمنشآت والتربة .

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

وللشدة الزلزالية أهمية كبيرة حيث تستخدم في:

- رسم خرائط تساوي الشدة و التي من خلالها يتم الحصول على أقصى شدة للزلازل المحتملة .

- دراسة الأخطار الزلزالية حيث تكون الشدة الزلزالية في ذروتها عند منطقة المركز السطحي للزلازل وتقل كلما ابتعدنا عنه.

و من الجدير بالذكر أن الدراسات والمراجع العلمية الزلزالية ومن خلال استنادها الى الأحداث الزلزالية التي حصلت في كثير من الدول واستخرجت علاقات وصفية بين كل من درجة الشدة الزلزالية وقابلية اصابة المباني من جهة، ودرجات الانهيارات المحتملة لهذه المباني من جهة أخرى

Earthquake Magnitude

مقياس المقدار الزلزالي

المقدار الزلزالي هو عبارة عن مقياس نسبي للطاقة المتحررة من مركز الزلازل ، و يرمز لهذا المقياس عادة بالحرف M و قد عرف ر يختر المقدار الزلزالي للهزات القريبة بأنه اللوغاريتم للأساس عشرة لأقصى سعة موجبة مسجلة بواسطة سيزموغراف معياري.

درجاته بمقياس ريختر	السرعة الأفقية سم / ث	آثار الزلزال (الهزات الأرضية)
٣	-	لا يحس بهاأحد ، إلا بعض الناس في ظروف خاصة جداً .
٣,٥	٣-٢	يحس بها بعض الناس فقط وخاصة الذين في الأدوار العليا، وتهتز الأشياء المعلقة تعليقاً حراً .
٤	٧-٤	يحس بها بوضوح داخل البيوت،وخاصة في الأدوار العليا ، ولكن كثير من الناس لا تعتقد أنه زلزال حيث يسبب اهتزازات كالتي يسببها المترو أو الترام أو الشاحنات الضخمة .
٤,٥	١٥-٧	أثناء النهار يحس بها الكثيرون في البيوت والكثير في الشوارع،ولا يحس بها في الليل إلا المستيقظون،وتهتز الأطباق والشبابيك والنجف، وتحدث الحوائط بعض أصوات التصدع، والإحساس به كما لو كان نتيجة اصطدام عربة نقل بالمبنى، وتهتز العربات الساكنة بوضوح .
٥	٣٠-١٥	يحس بها الجميع ويستيقظ بعض النائمين، وتسقط بعض صور الحائط وتتكسر بعض الأطباق،وتحدث شروخ بسيطة في الطبقات السطحية للجدران ،وتنقلب الأشياء غير المتزنة،وتهتز الأشجار وأعمدة النور بوضوح ، ويتوقف بندول الساعة .
٥,٥	٧٠-٣٠	يحس بها الجميع،ويفزع البعض ويفرون إلى الخارج المباني،وتتحرك قطع الأثاث الثقيلة،تحدث شروخ سطحيه وتتصدع المداخن،والمباني الضعيفة .
٦	١٥٠-٧٠	الجميع يهرعون خارج المباني،التصدع بسيط في المباني ذات التصميم الجيد،والتنفيذ السليم،والتصدع بسيط إلى متوسط في مباني الطوب الجديدة،والتصدع كبير في المباني الخرسانية السيئة أو مباني الطوب والحجر القديمة ، تنهار بعض المداخن،ويحس به قادة السيارات المتحركة .
٦,٥	٣٠٠-١٥٠	التصدع بسيط في المنشآت المقاومة للزلازل،وتصدع واضح في المباني العادية مع انهيارات جزئية،وتصدع كبير في المنشآت سيئة التنفيذ، انهيارات كبيرة في معظم جدران الطوب الدراجة محلياً ،تنفصل باكية المباني عن الأعمدة والكمرات وتتحرك بعضها للخارج،تسقط التماثيل وبعض المآذن والمداخن والأسوار،تنقلب قطع الأثاث الثقيلة ، يتغير منسوب مياه الآبار ، يزعج السيارات المتحركة .
٧	٣٠٠ إلى ٧٠٠	التشقق واضح في المنشآت المقاومة للزلازل،والمنشآت الخرسانية تميل بشدة أو تنحني خارج مستوى الإطارات،تصدع كبير في الحوائط الحاملة الغير مسلحه وانهيارات كثيرة في المنشآت سيئة التنفيذ،تنفصل بعض المباني عن أساساتها وتتشقق التربة بوضوح وتقص بعض الخوازيق (الأوتاد الأرضية) .
٧,٥	٧٠٠ إلى١٥٠٠	أغلب المباني من الحوائط لحاملة الغير مسلحه تدمر،وبعض المنشآت الخرسانية تدمر مع أساساتها،وتتشقق الأرض شقوقاً كبيرة وخطيرة،وتنحني قضبان السكك الحديدية،وتنزلق جوانب الأنهار والترع تتحرك التربة الرملية،والطمى وتنكسر المواسير المدفونة تحت الأرض .
٨	١٥٠٠ إلى٣٠٠٠	تنهار كثير من المباني الخرسانية وتسقط الكبارى،وتحدث فواصل في الأرض،تبتلع الناس والعربات،وتنهار شبكات المياه والمجاري كلية،وتحدث انزلاقات في جوانب الأنهار والتربة اللينة،وتنحني قضبان السكك الحديدية بحيث لا تعد صالحة.
٨,٥	٣٠٠٠ إلى٦٠٠٠	التدمير شامل ، موجات الزلازل ترى بوضوح على سطح الأرض ، خطوط الرؤية والأسطح المستوية تدمر ، تطير الأشياء الثقيلة في الهواء .

تحديد درجة الزلزال وفق مقياس ريختر

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

وبشكل عام يعتمد المقدار الزلزالي على قيمة الطاقة المتحررة من مركزه والتي يمكن قياسها باستخدام معطيات السيزموغرام التالية:

- زمن سجل الموجات الزلزالية .
- المسافة (بعد المحطة عن مركز الزلازل).
- السعة الموجية A
- الزمن الدوري للموجة T

في نفس الوقت و استنادا لتعريف المقدار الزلزالي فان للزلزال الواحد مقدار أو قوة زلزالية واحدة لا تختلف من موقع لآخر، وبغض النظر عن بعد هذه المواقع عن المركز السطحي للزلازل.

في حين قد تختلف الشدة الزلزالية من منطقة الى أخرى مجاورة لها تحت تأثير نفس الزلزال، فقد يكون سبب هذا الاختلاف سوء نوعية البناء أو نوعية و طبيعة الموقع.

ان اعتماد الشدة الزلزالية على احساس الناس وتقييمهم لشدة الاهتزازات في أماكنهم، يؤدي في حالات كثيرة الى المبالغة وعدم الدقة، فشدة تأثير الزلزال تعتمد على عدد من العوامل، أهمها:

- مقدار قوة الزلزال و عمقه البؤري.
- بعد المركز السطحي للزلزال عن المنطقة المتأثرة.
- طبيعة المنطقة.
- نوعية و جودة البناء في المناطق المتأثرة.
- مكان وجود الانسان الشاعر بالزلازل لحظة احساسه بالأمواج الزلزالية
- نوعية النظام الانشائي.
- تصرف الانسان أثناء حدوث الزلزال

لماذا نسمع قيماً مختلفة لنفس الزلزال

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

Seismicity of the Arab Region

زلزالية المنطقة العربية

أدى الاستخدام الواسع في معظم دول العالم لأجهزة الرصد الزلزالي خلال القرن العشرين الى تطوير الدراسات و الأبحاث الزلزالية المتعلقة بالنشاط و الحركات الزلزالية في العالم ، للتعرف على النطاقات الزلزالية العالمية .

بالرغم من عدم وقوع المنطقة العربية في النطاق الزلزالي العنيف الا أن المدن العربية لم تكن في تاريخها و حاضرها بعيدة عن الضربات الزلزالية العنيفة.

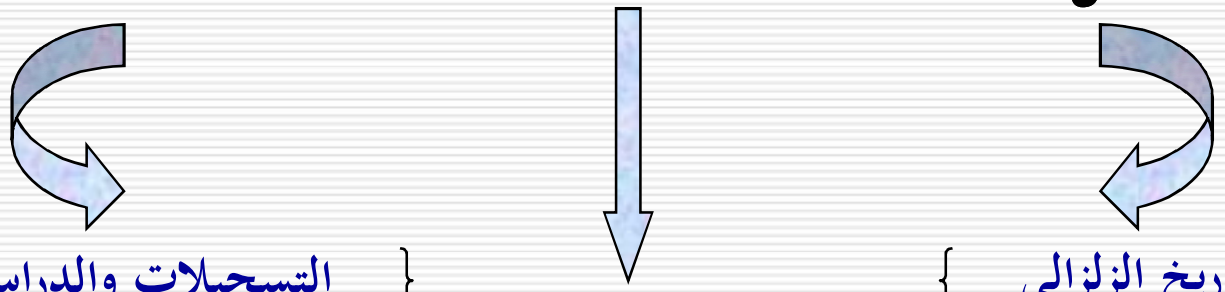
Seismicity of the Arab Region
زلزالية المنطقة العربية

- ✓ اغادير في المغرب الاعوام ١٧٣١ و ١٩٠٩
- ✓ الجزائر الاعوام ١٧١٦ و ١٧٩٠ و ١٨٦٩
- ✓ تونس عام ١٧٥٧
- ✓ ليبيا عام ١٨٥٣
- ✓ فلسطين والأردن الاعوام ١٨٣٧ و ١٩٠٣ و ١٩٢٧ و ١٩٥٤ و ١٩٩٥
- ✓ لبنان الاعوام ١٧٥٩ و ١٨٧٢ و ١٩٥٤
- ✓ العراق الاعوام ١٨٦٥ و ١٩١٧ و ١٩٤٦ و ١٩٨١
- ✓ السعودية عام ١٩٤١ واقتصر تأثير زلزال ١٩٩٥ على منطقة الشمال الغربي في السعودية
- ✓ اليمن الاعوام ١٩٦٥ و ١٩٨٢ و ١٩٩١
- ✓ مصر الاعوام ١٨٤٧ و ١٩٥٥ و ١٩٦٩ و ١٩٨١ و ١٩٩٢

هل فلسطين نشطة زلزالياً .... ؟!

هل هناك احتمال لحصول زلازل في المستقبل ....!؟

على ماذا يعتمد المختصون في تحديد امكانية حصول زلازل في المستقبل؟؟



يتأثر النشاط الزلزالي بشكل عام بموقع الدول و تاريخ الزلازل في المنطقة، وتصنف مناطق الدولة عادة الى مناطق شدة زلزالية محتملة، حيث يؤخذ بعين الاعتبار في هذا التصنيف أثر الصدوع الجيولوجية وأثر طول هذه الصد وع بالإضافة الى تاريخ الحوادث الزلزالية التي ضربت المنطقة عبر العصور.

و بخصوص احتمال تعرض كل من فلسطين والأردن لزلزال في المستقبل، أظهرت العديد من الدراسات الزلزالية وجود نشاط زلزالي في عدد من المواقع وذلك بالاستناد الى:

- طبيعة موقع المنطقة (حفرة الانهدام) والتصدعات الأرضية فيها.
- التاريخ الزلزالي للمنطقة والفترات الزمنية التي يتكرر فيها حصول الزلازل ووجود الفوالق.
- تسجيلات محطات الرصد، حيث أظهرت هذه التسجيلات

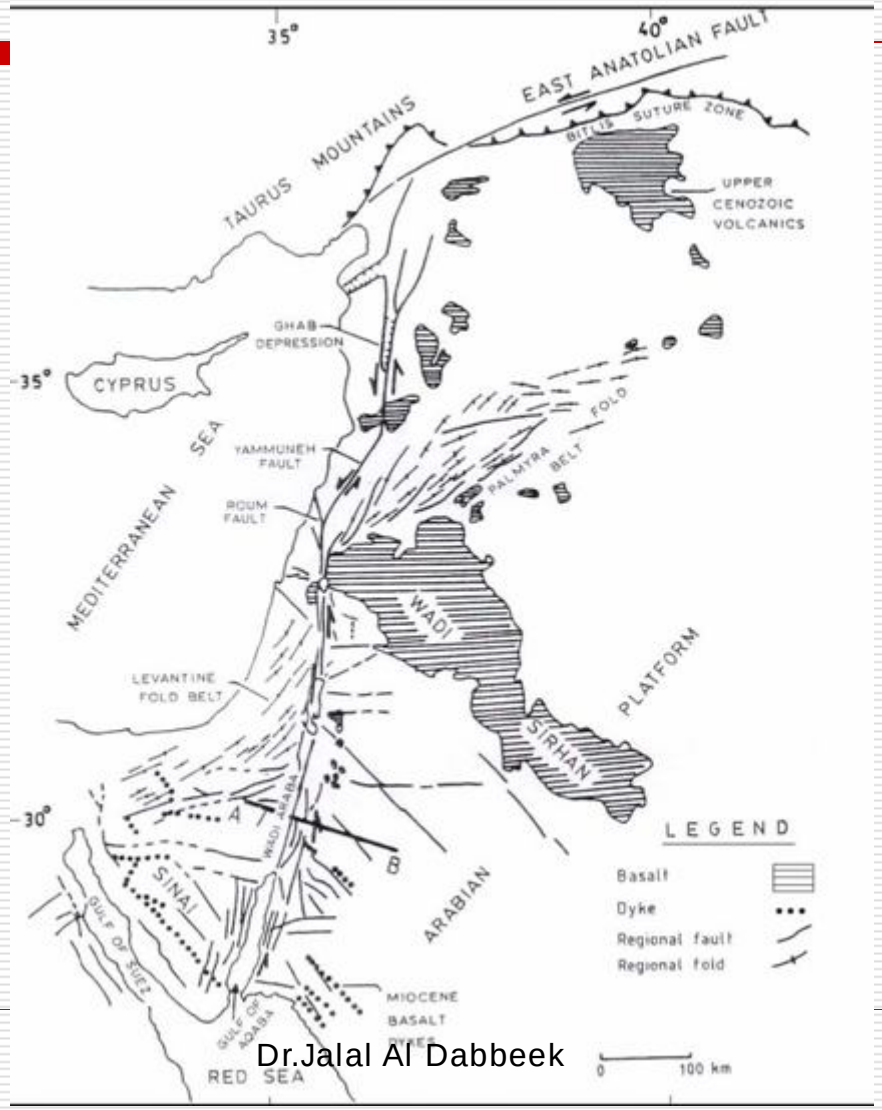
Seismicity of Palestine

الشناط الزلزالي في فلسطين

حفرة الانهدام و التصدعات الأرضية:

تعتبر حفرة الانهدام في منطقتنا امتدادا لحفرة الانهدام الاقليمية، التي تمتد من خليج عدن في البحر حتى خليج العقبة ثم تستمر في وادي عربة والبحر الميت و حول نهر الأردن و بحيرة طبريا حتى تصل الى أنطاكيا في تركيا وتؤدي الحركة المستمرة في الصفيحة العربية الى ابتعادها عن الصحيفة الافريقية بالاتجاه الشمالي الشرقي واصطدامها بصفيحة الأناضول وتتحرك في الوقت ذاته في اتجاهات أفقية وعمودية على طول حفرة الانهدام التي تفصلها عن صفيحة فلسطين وسيناء.

موقع فلسطين وتكتونية المنطقة



Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

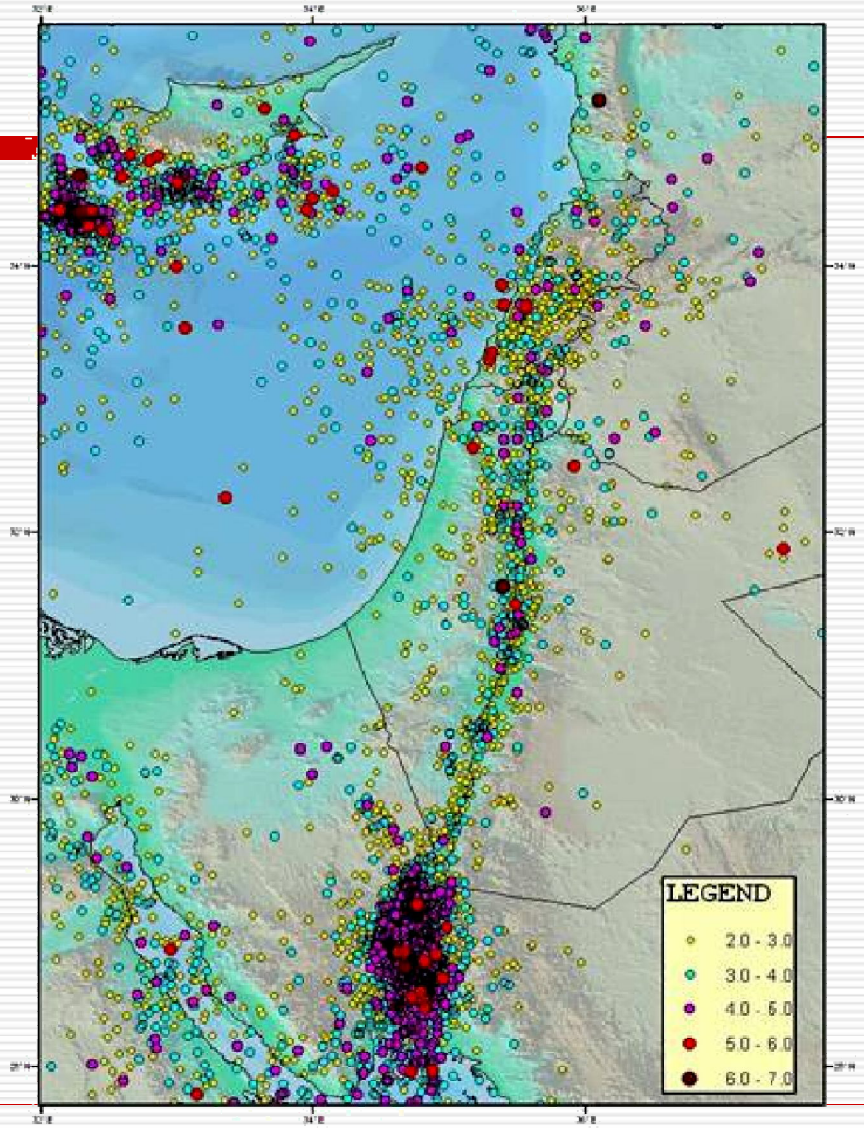
Seismicity of Palestine

النشاط الزلزالي في فلسطين

- ✓ أهم تواريخ الزلازل التي تأثرت بها معظم المدن والمناطق الفلسطينية

١٠٦٨ ـ ١٢٠٢ ـ ١٢١٢ ـ ١٣٣٩ ـ ١٤٠٢ ـ ١٥٤٦ ـ ١٦٥٦
١٦٦٦ ـ ١٧٥٩ ـ ١٨٣٤ ـ ١٨٥٤ ـ ١٨٥٩ ـ ١٨٧٢ ـ ١٨٧٣
١٨٩٦ ـ ١٩٠٠ ـ ١٩٠٣ ـ ١٩٢٣ ـ ١٩٢٧ ـ ١٩٥٤ ـ ١٩٩٦

Earthquakes 1900-2003



Kal'at Nemrod 1759

Crusader Castle 1202 AD

Sussita 749 AD

Jerash 749 AD

جلال الدبيك

July 11, 1927

M=6.2

Abu Dis

Jerusalem

Jericho

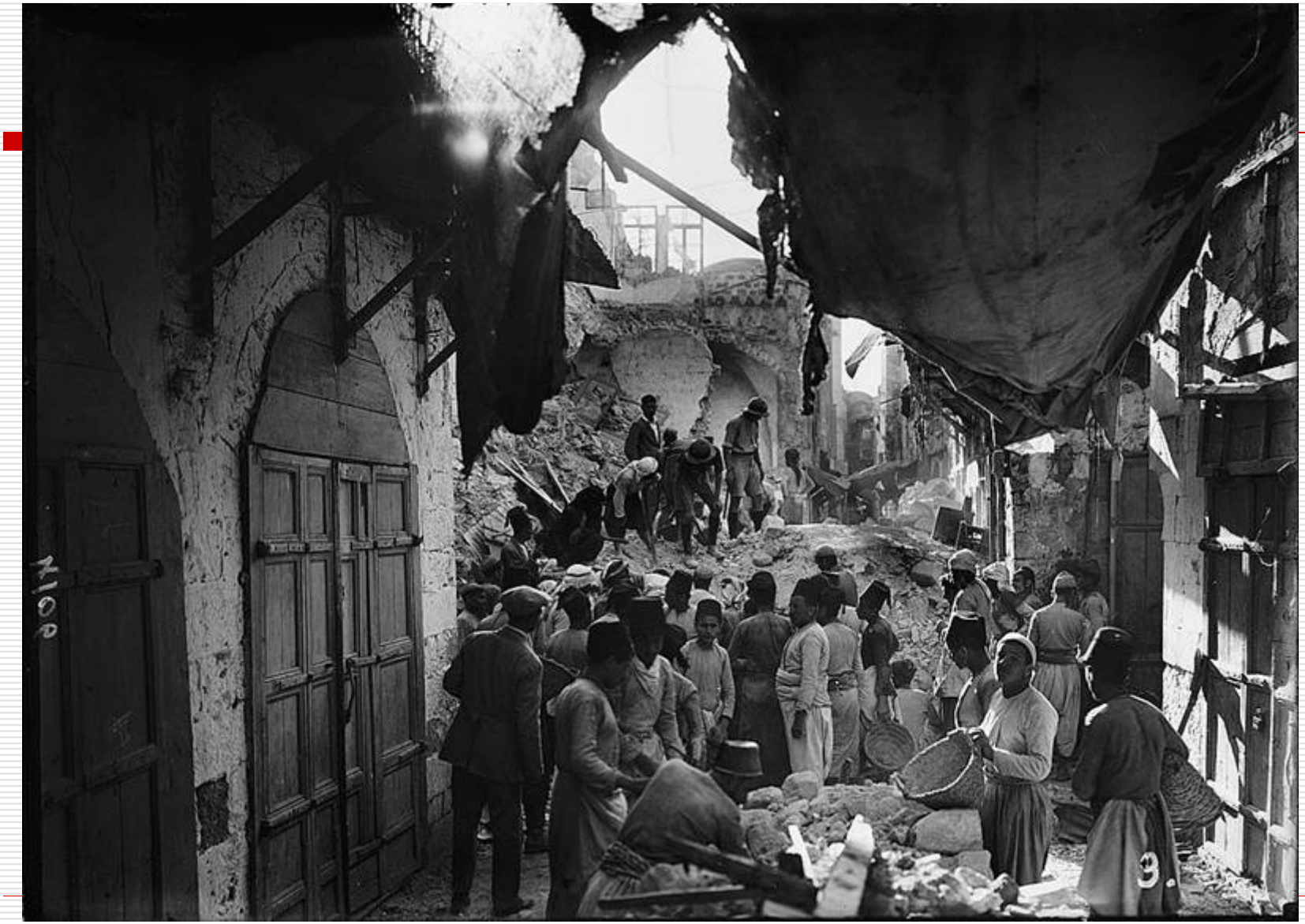
Jordan river

Nablus

Jericho

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك



جلال الدبيك

Dr.Jalal Al Dabbeek

Dead Sea Earthquake 11/2/2004

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

Five Storey Masonary Building- NABLUS City

B

Expulsion of blocks in poor mortar stone

A

D

C

Crack Patterns, Crushing and Large permanent deformation in the Masonary Pillars.

see more details page no. (4/8)

Old Masonary Building

E

D

Location: Old town of NABLUS city
Structural System: Cross Vault's
Use: Soap Factory

Corner Detachment of Building

F

G

B

A

A flat vault's collapse

fig. 2

C

Old Masonary Building

Location: Old town of NABLUS city
Structural System: Cross Vault's
Use: Soap Factory

Dr.Jalal Al Dabbeek

جلال الدبيك

احتمال حصول زلازل في المستقبل

$$M_{max} = 6.5$$

$$7 > M > 6$$

المشكلة الحقيقية

- ✓ قوة الزلزال المتوقع ... ؟ !
- ✓ ام الجاهزية .. !! ؟

يحتمل أن تتعرض المنطقة في المستقبل القريب (بداية القرن الواحد والعشرين) الى زلزال معتدل الدرجة أو قوي نسبيا (6-6.5 درجة) حسب مقياس ريختر وبعض الدراسات توقعت احتمال تجاوز هذه الدرجة وصولا الى 7 درجات.

أما بخصوص المركز السطحي لهذا الزلزال فقد رجح بعض الخبراء بأن يكون شمال البحر الميت في حين رجح آخرون بأن يكون جنوب البحر الميت أو في منطقة وادي عربة.

من الجدير بالذكر أنه لا تكمن الخطورة بمقدار درجة الزلزال المتوقع(قوي نسبيا-معتدل) بل تكمن في عدم جاهزية المجتمع بكامل فئاته ومؤسساته للتعامل مع الكوارث الطبيعية أو الانسانية بشكل عام و مع الزلازل بشكل خاص.

ويمكن تلخيص عدم الجاهزية والخلل الذي تعاني منه الأفراد والمؤسسات بما يلي:

- وجود أنماط معمارية و انشائية في المباني الدارجة لا تلبي المتطلبات العامة أو متطلبات الحد الأدنى للمباني المقاومة للزلازل.
- عدم وجود ادارة للكوارث و اسناد الطوارئ.
- عدم وجود تخطيط أو سياسة وطنية لاستخدام الأراضي تأخذ بعين الاعتبار العامل الزلزالي والجيولوجي في الاستخدام.

- عدم وجود وعي لدى المواطنين بأسس و ضوابط السلامة العامة بشكل عام وبإجراءات الوقاية و التهيئة بشكل خاص.
- عدم وجود هيئات و مؤسسات تعنى بمتابعة تصميم وتنفيذ المنشآت وفق متطلبات الكودات الزلزالية.
- عدم وجود مخططات وخرائط للأخطار المحتملة لكل من المدن و التجمعات السكنية.
- عدم الاهتمام بإجراء دراسات لمعرفة قابلية الاصابة للانسان والمنشآت و البنى التحتية.

ان المشكلة الأساسية في مجتمعاتنا العربية هي: ان العمل يتم عادة بردة الفعل وليس بالفعل، فعندما تحدث حرائق في أحد المجتمعات الصناعية أو السكنية يتم تشكيل لجنة تقصي الحقائق وللاطلاع على حيثيات الحادث، وعندما ينهار مبنى بسبب أخطاء في التصميم أو التنفيذ تتشكل لجنة خاصة بالموضوع يصدر عنها لاحقا بعض النتائج والتوصيات والتي غالبا وبعد أن تهدأ الأمور لا يكترث بها أحد، ومن ثم ترجع الأمور الى ما كانت عليه.

نحن بحاجة الى قوانين و تشريعات واضحة في فلسطين تتعلق بضرورة تصميم المنشآت لمقاومة أفعال الزلازل، وكذلك وضع الأسس والقواعد اللازمة، ولكن يبقى كل شيء حبر على ورق اذا لم يتم ايجاد الآلية المناسبة لربط التخطيط والتصميم والتنفيذ والمتابعة ومن ثم اجراء التقييم الدوري المناسب بهدف أخذ العبر وتصحيح أماكن الخطأ.

وهذا يتطلب ضرورة العمل بمبدأ الأخذ بالأسباب من خلال عمل مؤسسات متكامل يجمع بين التخصصات المختلفة ذات العلاقة وفق خطط شاملة.