« بنام خداوند بخشنده مهربان »

زمین شناسی کاربردی

مدرس:

سعید کریمی زینکانلو

گروه عمران

آموزشکده فنی و حرفه ای پسرانه پروفسور حسابی شیروان

۱۳۹۴

Scanned by CamScanner

فصل چهارم

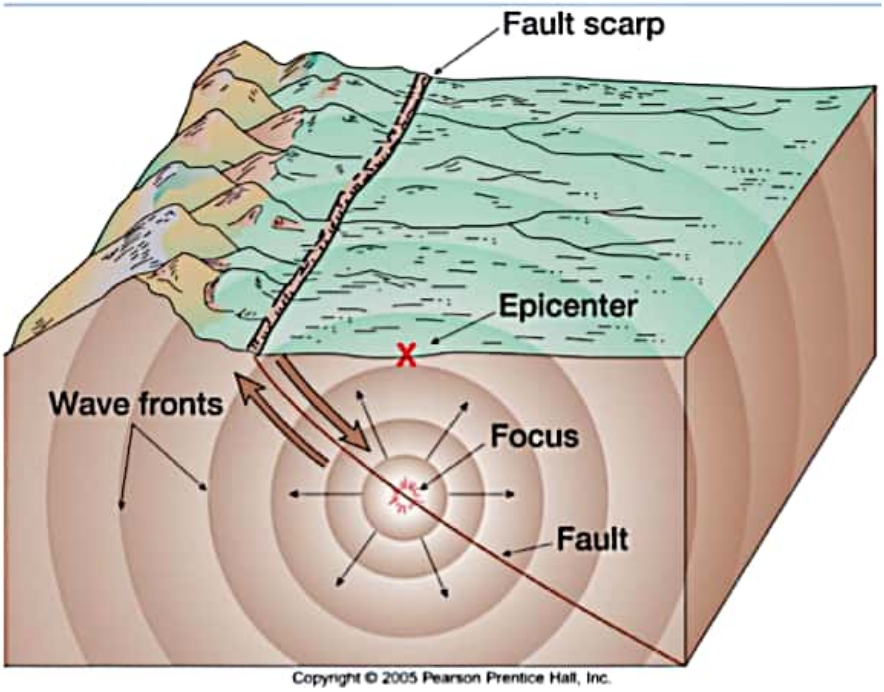
زمین لرزه

Scanned by CamScanner

زمین لرزه Earthquake :

به علت مقادیر زیادی انرژی در درون زمین و با توجه به نظریه جابجایی قاره ها، تغییرات عمده ای در قسمت سطحی زمین رخ می دهد که زمین لرزه یکی از این تغییرات است. به عبارت دیگر زمین لرزه پدیده انتشار امواج در زمین به علت آزاد شدن مقدار زیادی انرژی ناشی از اغتشاش سریع در پوسته زمین و یا در قسمت بالائی گوشته در مدت زمان کوتاه می باشد. یک زلزله شدید ممکن است ناشی از شکست سنگ بستری به طول بیش از 100 تا 400 کیلومتر و عرض و ضخامت چندین کیلومتر باشد.

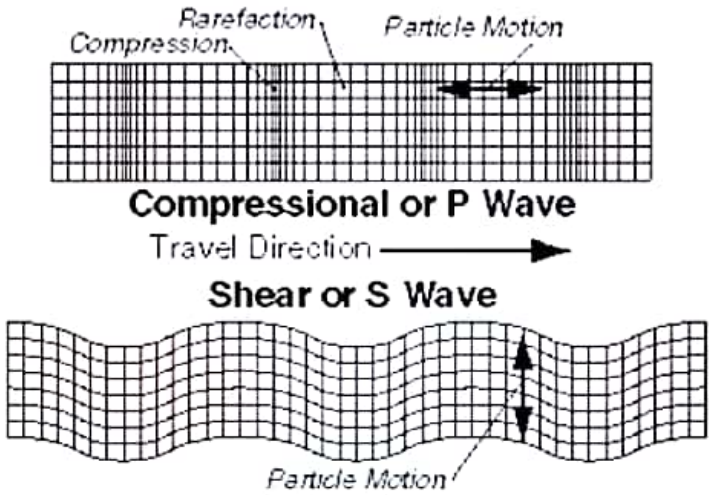
محلی که منشاء زلزله بوده و در حقیقت انرژی به یکباره از آنجا رها و آزاد می گردد کانون زلزله (Focus یا Hypocenter) و نقطه ای واقع بر سطح زمین که در بالای کانون قرار دارد مرکز زلزله (Epicenter) نامیده می شود.



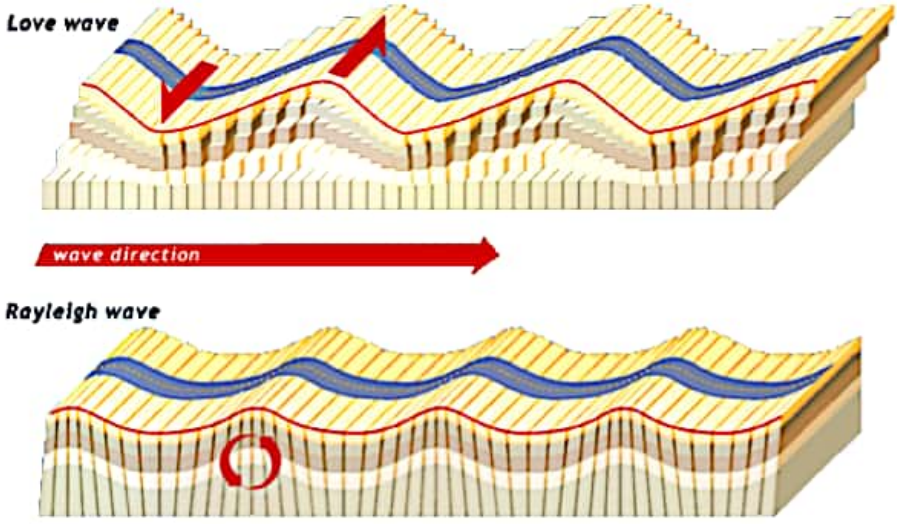
دامنه حرکت زمین در روی سطح، ابتدا شامل لرزه های جزئی است که به یکباره افزایش می یابد و پس از مدت کوتاهی حرکت تدریجاً فروکش می کند.

دو نوع موج در زمان وقوع زلزله در داخل زمین حرکت می نمایند که مشتمل بر امواج طولی (اولیه) و امواج عرضی (ثانویه) می باشد. که امواج اولیه به نام P-Wave و امواج ثانویه را (S-Wave) می نامند. به طور کلی به دو موج گفته شده امواج حجمی می گویند.

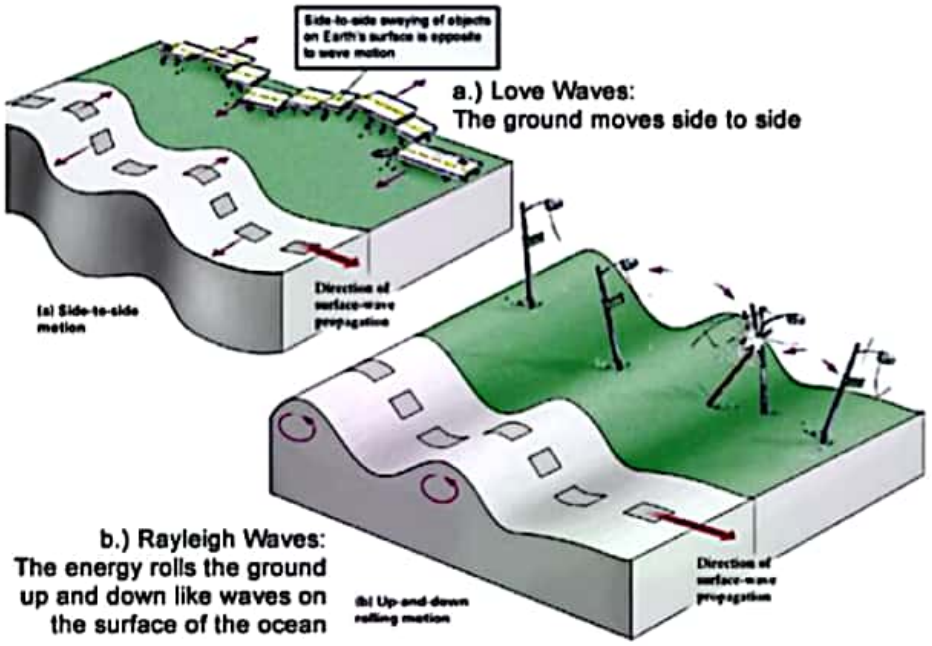
Scanned by CamScanner



انواع دیگر امواج امواج سطحی می باشند. زمانیکه امواج حجمی در داخل لایه های مختلف پوسته زمین منتشر می شوند در سطح مشترک انواع لایه ها منعکس می شوند که در این حالت مقداری از انرژی یک نوع موج به انرژی موج دیگر تبدیل می شود. بعضی از امواج فقط در سطح زمین منتشر می شود که حرکاتی را در سطح زمین به وجود می آورد و از آنجا که محدوده انتشار آنها فقط در قسمت سطحی می باشد به امواج سطحی معروفند. که به دو نوع موج لاو و رایله تقسیم بندی می شوند.



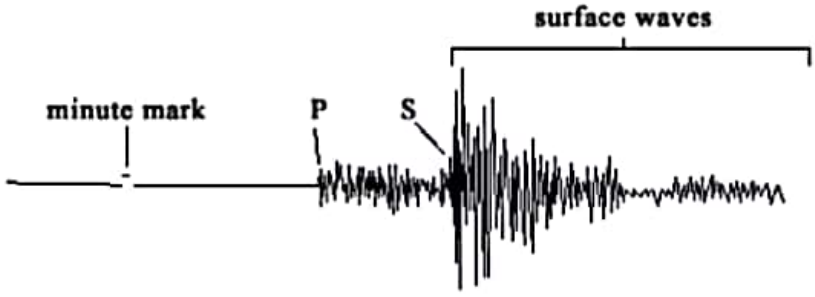
Scanned by CamScanner



حرکات زلزله:

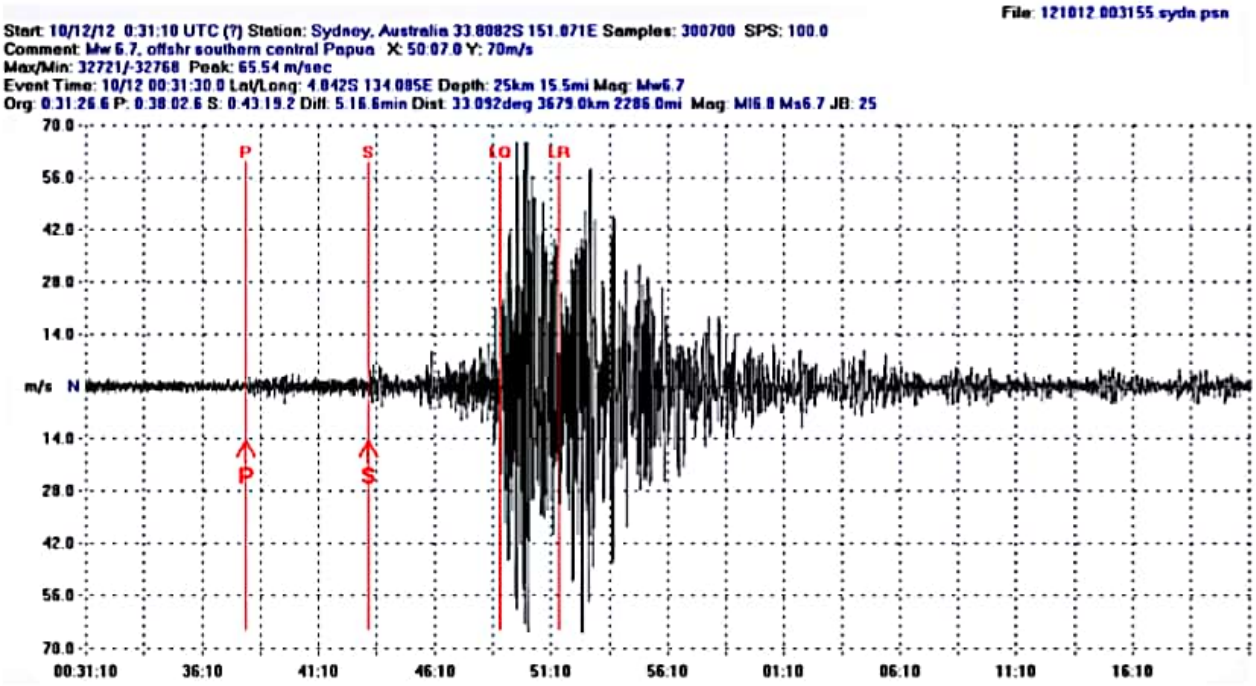
حرکات ناشی از زلزله ترکیبی از نواسانات امواج می باشد که توسط دستگاه های ویژه ای که شتاب مطلق زمین (شتاب سنج) و یا تغییر مکان نسبی زمین (لرزه سنج) را اندازه می گیرند، ثبت می شوند. نمودار شتاب ثبت شده را شتاب نگار و نمودار لرزش را لرزه نگار می نامند.

در شکل زیر یک نمونه از نمودار زلزله نگار ثبت شده را مشاهده می نماییم.

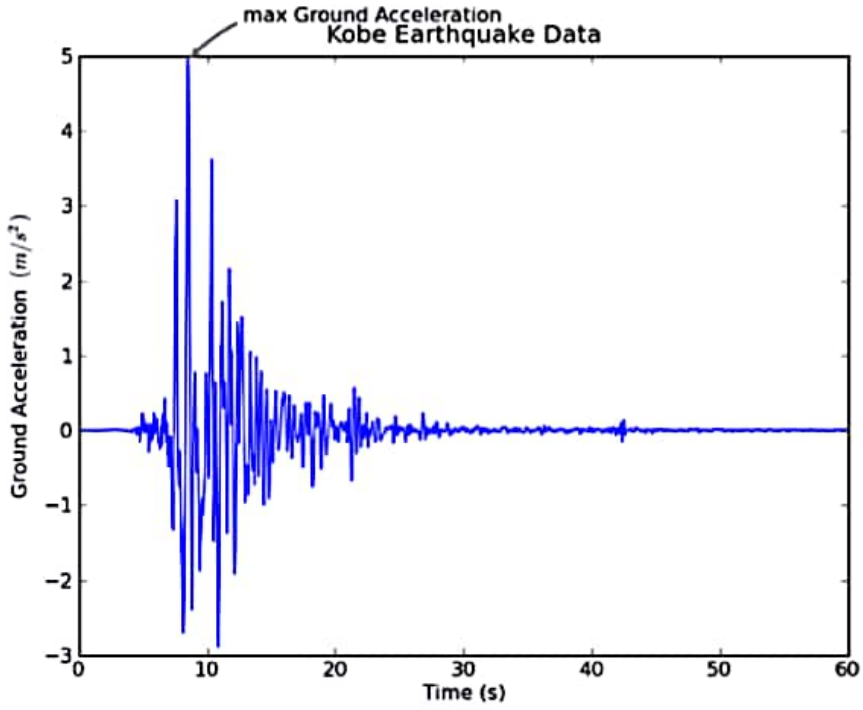


Scanned by CamScanner

یک نمونه از لرزه نگار واقعی ثبت شده:



نمونه ای از شتاب نگاشت ثبت شده در زلزله کوبه ژاپن:



Scanned by CamScanner

مقیاس شدت زلزله:

منظور از شدت زلزله میزان خطرناکی یک زمین لرزه یا میزان درجه لرزش در محل وقوع می باشد. مقیاس های متفاوتی توسط افراد متفاوت ارائه گردید. مقیاسی که به صورت مشاهده خرابی در محل مورد استفاده قرار می گیرد مقیاس مرکالی می باشد. که بعد ها این مقیاس اصلاح گردید و بنام اختصاری MM نمایش داده شد. این مقیاس یک مقیاس دقیق مهندسی نیست بلکه یک مقیاس نظری برای اثرات ناشی از تکان زمین است و مقیاس مرکالی اصلاح شده (MM) مشتمل بر دوازده درجه می باشد که با اعداد یونانی I تا XII نشان داده می شود.

رده بندی شدت مرکالی (اصلاح شده) MMI

شدت	تأثیرها
I	احساس نمی شود
II	توسط شخص در حال استراحت یا در طبقات بالای ساختمان احساس می شود
III	در داخل ساختمان احساس می شود. اشیاء آویزان تکان می خورند ارتعاشی مثل گذر کامیونهای سبک دارند. مدت لرزش قابل برآورد است. ممکن است زلزله به حساب نیاید.
IV	اشیاء آویزان تاب می خورند. ارتعاشی مثل گذر کامیونهای سنگین یا احساس ضربتی مثل برخورد یک توپ سنگین به دیوار دارد. ماشینهای پارک شده تکان می خورند. پنجره ها، بشقابها و درها به صدا در می آیند. شیشه ها به صدا در می آیند. ظروف سفالی به هم می خورند.
V	در خارج ساختمان احساس می شود. جهت آن قابل برآورد است. افراد خواب بیدار می شوند. مایعات به حرکت در می آیند و برخی از آنها به خارج ظرف خود می ریزند. اشیاء ناپایدار کوچک جا به جا یا واژگون می شوند. درها تکان می خورند و باز و بسته می شوند. ساعتهای آونگی متوقف شده، به حرکت آمده یا سرعتشان تغییر می کند.
VI	توسط همه احساس می شود. بسیاری مضطرب شده و از ساختمانها خارج می شوند. اشخاص به طور نامتعادلی حرکت می کنند. پنجره ها، بشقابها و ظروف شیشه ای می شکنند. اشیاء، کتابها و چیزهای دیگر از قفسه ها به خارج می ریزند. عکسها از دیوارها فرو می افتند. مبلها جا به جا شده یا واژگون می شوند. گچهای ضعیف ترک برمی دارند. زنگهای کوچک کلیساها و مدارس به صدا در می آیند. درختان و بوته ها تکان می خورند.

Scanned by CamScanner

VII	ایستادن مشکل می شود. توسط رانندگان وسایل نقلیه احساس می شود . اشیاء آویزان شدیداً نوسان می کنند. مبلها و وسایل چوبی می شکنند . دودکشهای ضعیف در محل اتصالشان به سقف می شکنند . قطعات گچ، آجرهای سست، سنگ و کاشی سقوط می کنند. امواج آب در سطح حوضها و آبگیرها گل آلود می شود. لغزشها و حفرات کوچکی در سواحل شنی و ماسه ای ایجاد می شود. زنگهای بزرگ کلیساها به صدا در می آیند. نهرهای آبیاری صدمه می بینند.
VIII	هدایت وسایل نقلیه مشکل می شود. گچ کاریها و برخی از دیوارها فرو می ریزند . دودکشها و بناهای یادبود، برجها و مخازن مرتفع می چرخند و فرو می ریزند. دیوارهای جداکننده ای که محکم نباشد از محل خود خارج می شوند. شمعهای فرسوده شده می شکنند. شاخه های درختان می شکنند . میزان دما و جریان آب چشمه ها و چاهها تغییر می کند. در زمینهای مرطوب و دامنه های پرشیب ترکهایی ایجاد می شود.
IX	عموم مردم احساس وحشت می کنند . ساختمانهای پیش ساخته، اگر خوب به هم متصل نشده باشند، از محل پی جا به جا می شوند مخازن شدیداً صدمه می بینند. لوله های زیرزمینی می شکنند. ترکهای آشکاری در زمین ایجاد می شود. در زمین های آبرفتی، ماسه و گل به خارج فوران می کنند.
X	پی اغلب بناهای معمولی و پیش ساخته تخریب می شود . برخی از سازه های چوبی خوب ساخته شده و پلها تخریب می شوند . سدها و خاکریزها صدمه جدی می بینند . زمین لغزه های بزرگ به وقوع می پیوندد. آب از ساحل کانالها، رودخانه ها، دریاچه ها و غیره به خارج می ریزند. ماسه و گل در سواحل و زمینهای هموار به طور افقی جا به جا می شوند. ریلهای راه آهن کمی خم می شوند.
IX	ریلها به شدت خم می شوند. خطوط لوله زیرزمینی کاملاً از سرویس خارج می شوند.
XII	خسارت تقریباً به طور کامل است. توده های سنگی بزرگ جا به جا می شوند. اشیاء به هوا پرتاب می شوند.

مقیاس *بزرگای زلزله:*

بمنظور اندازه گیری زمین لرزه و بدست آوردن معیاری برای مقایسه و سنجش زمین لرزه ها، از بزرگای زلزله استفاده می‌شود که می‌توان آن را با در نظر گرفتن دامنه نوسانات روی نگاشت محاسبه نمود. مقیاسهای متفاوتی برای اندازه گیری بزرگی زلزله وجود دارد. اولین مقیاس بزرگا، توسط چارلز ریشتر در سال 1935 برای زلزله های جنوب کالیفرنیا تعریف شد که بزرگی محلی یا ML نامیده می‌شود. علاوه بر مقیاس ریشتر، مقیاسهای مختلف دیگری نیز وجود دارند که هر کدام کاربردهای خاص خود را در مهندسی زلزله و زلزله شناسی ایفا می کنند. هر زلزله فقط و فقط یک بزرگا دارد و بزرگا با فاصله از محل وقوع زلزله تغییر نمی یابد. ذکر این نکته ضروری است که بزرگای زلزله، بتنهایی نمی‌تواند معیاری برای سنجش میزان خرابی در زلزله باشد. همانطور که گفته شد، بزرگای زلزله فقط بر اساس میزان انرژی آزاد شده در زلزله محاسبه می‌گردد و عمق و یا سایر پارامترها در محاسبه آن دخیل نمی‌باشد. از این رو دو زلزله با بزرگاهای یکسان ولی عمقهای متفاوت میزان خرابیهای متفاوتی را ببار می‌آورند. چرا که با عمیقتر شدن کانون زلزله،

Scanned by CamScanner

امواج لرزه ای فاصله بیشتری را تا سطح زمین طی می کنند که در این فاصله مقداری از انرژی آزاد شده کاهیده شده و از بین می‌رود. لازم به ذکر است اغلب زلزله های ایران، از نوع کم عمق می‌باشند، لذا انتظار می‌رود میزان خرابی و آسیب ناشی از این زلزله‌ها بیشتر باشد.

- مقیاس ریشتر (M_L)

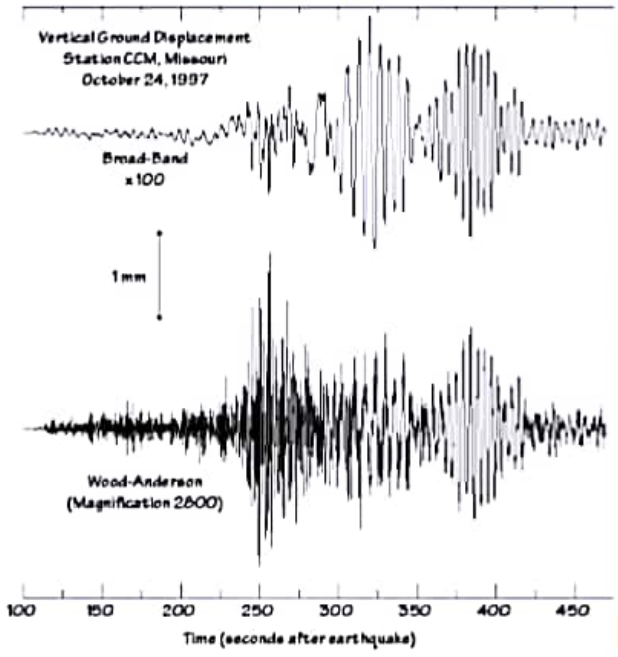
این مقیاس برای زلزله های کم عمق و محلی می باشد که در سال 1935 توسط ریچارد ریشتر Richard Richter در زلزله کالیفرنیای جنوبی ارائه گردید. از آنجایی که این مقیاس در منطقه کالیفرنیای جنوبی و مختص آن منطقه در آن زمان ارائه گردید به این مقیاس محلی Local گفته می شود.

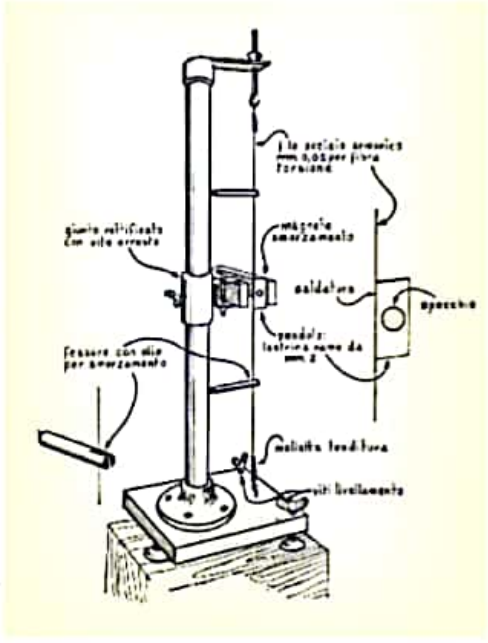
رابطه ریشتر عبارتست از:

$$M_L = \log {}^{A}/_{A_0}$$

که در رابطه فوق A ماکزیمم دامنه ثبت شده توسط دستگاه وود اندرسون Wood-Anderson در پریود زلزله 0.8 ثانیه و ضریب میرایی 0.8 در محل و فاصله 100 کیلومتری از مرکز زلزله می باشد. A_0 برای دستگاه در حال استاندارد برابر 0.001 می باشد.

دستگاه لرزه نگار وود اندرسون و زلزله ثبت شده توسط دستگاه فوق در زیر مشاهده می نمایید.





(شرح موارد تکمیلی در کلاس)

Scanned by CamScanner

- **مقیاس گوتنبرگ-ریشتر (M_S) :**

این مقیاس در سال 1956 توسط گوتنبرگ و ریشتر معرفی گردید که برای زلزله های با طول موج های سطحی می باشد. رابطه این روش به قرار زیر است:

که در رابطه فوق A' ماکزیمم حرکت زمین می باشد که واحد آن میکرومتر (μm) است. Δ فاصله لرزه نگار تا مرکز زلزله را شامل می گردد که مقیاس آن درجه است. به طور کلی این مقیاس مناسب برای زلزله های با احتمال رخداد متوسط تا بزرگ و سطحی مناسب می باشد.

- **مقیاس بزرگای گشتاوری:**

این مقیاس که بهترین و ناسب ترین رابطه برای تعیین آن در سال 1977 توسط Kanamori و رابطه تکمیلی و اصلاح شده آن در سال 1979 توسط Hank و Kanamori جهت تعیین مقیاس بزرگای گشتاوری ارائه گردید به شرح زیر می باشد:

$$M_0 = \mu . A . D$$

که M_0 معروف به Scalar Seismic Moment می باشد. و μ مدول برشی واحد آن $\frac{Dyn}{cm^2}$ ، A سطح کل گسل که جابجایی در آن رخ داده بر حسب cm^2 ، D متوسط جابجایی فاصله بین دو صفحه A.

- **مقیاس بزرگای امواج حجمی m_b**

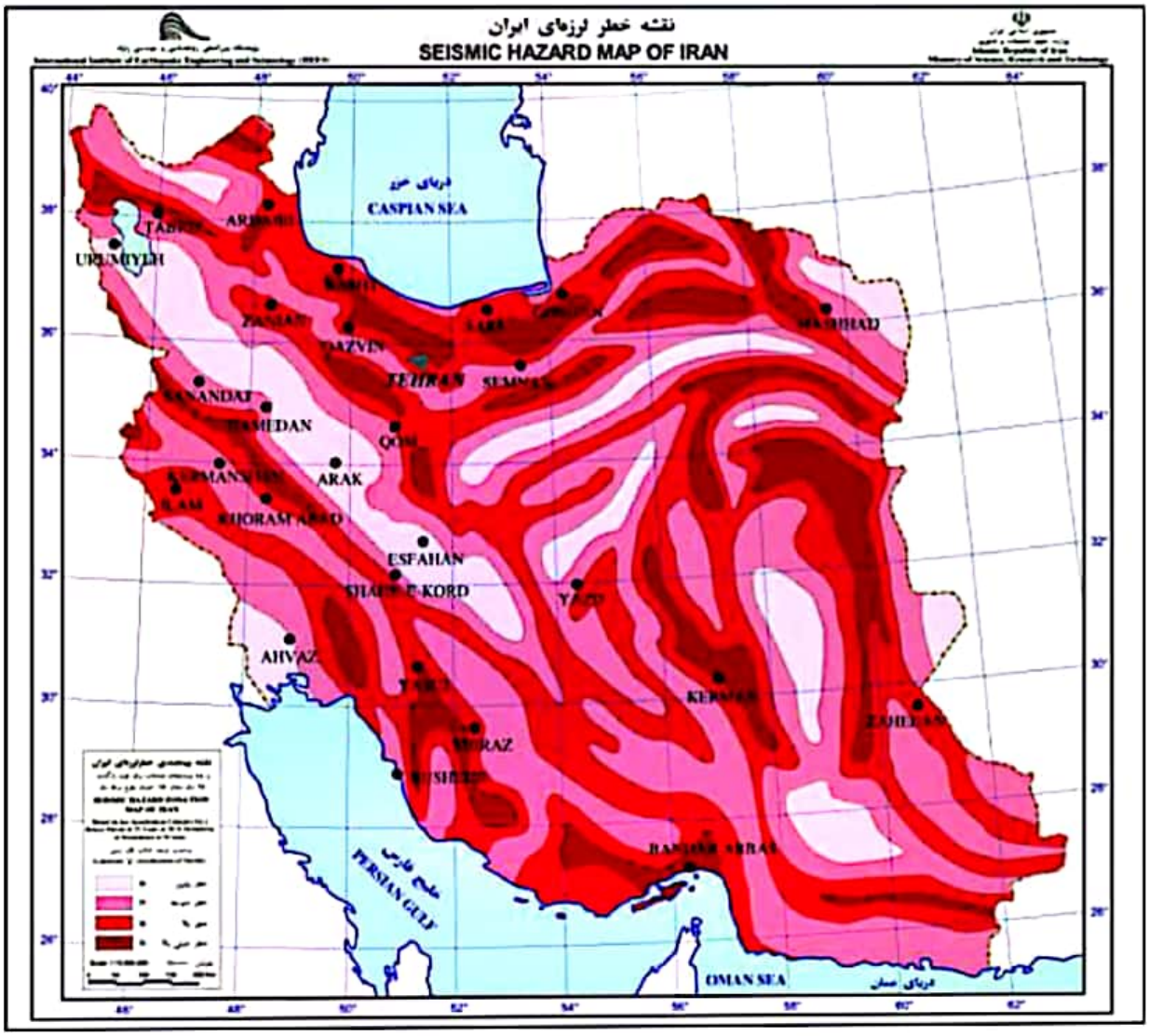
این مقیاس یرای امواج با طول موج با پریود پایین در حدود 1 ثانیه می باشد. این رابطه برای امواج P با مدت زمان حرکت پریودیک 10 ثانیه می باشد.

که در رابطه فوق A دامنه امواج T ،P پریود، $\sigma(\Delta)$ فرمول بر حسب Δ بر حسب درجه می باشد.

(لازم به ذکر است روابط فوق صرفاً جهت آشنایی شما عزیزان با روابط مهندسی زلزله می باشد و دانشجو در درس مهندسی زلزله توضیحات کامل و روابط و نمودارهای تکمیلی را خواهد آموخت)

Scanned by CamScanner

با توجه به آمار زلزله های ثبت شده در ایران می توان نقشه های پهنه بندی خطر لرزه ای هر منطقه را تهیه نمود. برا ایران این نقشه توسط سازمان و ارگان های مختلف تهیه گردیده است. در زیر یک نمونه از نقشه لرزه خیری ایران که توسط پژوهشگاه بین المللی زلزله تهیه گردیده است مشاهده می نمایید.



Scanned by CamScanner

هوازدگی در سنگ ها:

هوازدگی نتیجه فعالیت عوامل فیزیکی، شیمیایی و زیستی است که همه با هم بر سنگهای سطح اثر می کنند، ولی سبب جابه جایی مواد حاصل، نمی شوند. وجود منافذ و درزها و شکافها در سنگها باعث می شود که سنگها در معرض حمله فیزیکی و شیمیایی آب و هوا قرار گیرند و به تدریج خرد و متلاشی یا هوازده شوند. هوازدگی به زبان ساده عبارت است از پاسخی که مواد سطح زمین در مقابل تغییر محیط از خود بروز می‌دهند و شامل از هم پاشیدن سنگها و تجزیه آنها در سطح زمین و یا نزدیک به سطح زمین است. بعد از میلیونها سال ، بالا آمدگی و فرسایش ، سنگهای موجود در سقف توده‌های نفوذی از بین رفته و توده در سطح زمین هوازده می شود. این توده متبلور که در دما و فشار زیاد و احتمالا در چند کیلومتری زیر زمین تشکیل شده بود، اکنون در سطح زمین و در معرض شرایطی کاملا متفاوت قرار دارد.

وجود منافذ و درزها و شکافها در سنگها باعث می شود که سنگها در معرض حمله فیزیکی و شیمیایی آب و هوا قرار گیرند و به تدریج خرد و متلاشی یا هوازده شوند.

- **هوازدگی فیزیکی:**

هوازدگی فیزیکی عبارت است از خرد شدن فیزیکی سنگها به قطعات و ذرات کوچکتر بدون آنکه ترکیب آنها تغییر کند. عوامل موثر بر هوازدگی فیزیکی یخبندان ، انبساط حاصل از برداشته شدن بار فوقانی ، انبساط حرارتی و فعالیت موجودات زنده،رشد ریشه گیاهان و نفوذ آنها به داخل ترکهای سنگها

- **هوازدگی شیمیایی**

در هوازدگی شیمیایی، ترکیب سنگ ها و کانیها تغییر می کند و در نتیجه آن ، مواد جدید بوجود می آید . انجام هوازدگی در خود حل کند. ترکیب کانی ها با آب ، یکی از مهم ترین واکنشهای شیمیایی به خصوص در کانیهای سیلیکاتی است. در اثر این واکنش ،از فلدسپات ها خاک رس بوجود می آید. در هوازدگی شیمیایی آب مهمترین عامل به شمار می‌رود. ولی لازم به ذکر است که آب خالص غیرفعال بوده و نمی‌تواند هیچ تغییری در سنگها ایجاد کند .افزایش مقدار کمی از مواد محلول می‌تواند آب را فعال سازد .اکسیژن و دی‌اکسید کربن محلول در آب باعث ایجاد تغییرات اساسی در سنگها می‌شوند.

سرعت هوازدگی سنگ ها:

عوامل آب و هوایی ، بویژه رطوبت اهمیت ویژه‌ای در سرعت هوازدگی سنگها دارد. بهترین محیط برای هوازدگی شیمیایی آب و هوای گرم و فراوانی رطوبت است. در نواحی قطبی و در عرضهای جغرافیایی بالا چون برودت هوا ، رطوبت مورد نیاز برای هوازدگی را به صورت یخ در می‌آورد لذا هوازدگی شیمیایی در این نواحی بی‌تاثیر است. در نواحی خشک نیز به علت وجود رطوبت کافی هوازدگی شیمیایی نقش ندارد.

Scanned by CamScanner

زمین شناسی مهندسی

ناپایداری دامنه ها:

توده های سنگ و خاک در سراشیبی ممکن است بدون دخالت یک عامل حمل و نقل مثل آب، باد یا یخ، به حرکت درآیند. می توان این حرکات مواد در دامنه ها را به چهار نوع تقسیم کرد: نوع اول عبارت است از حرکت و سقوط ذرات سنگ و خاک از سراشیبهای خیلی تند که «ریزش» نامیده می شود. نوع دوم حرکت توده های سنگ یا رسوب در امتداد سطح لغزشی است که «لغزش» نامیده می شود. در نوع سوم حرکات دامنه ای مواد به صورت خمیری یا نیمه مایع به سمت پایین جریان پیدا می کنند که «جریان» نامیده می شود مانند جریانهای گِل . نوع چهارم خزش ذرات تشکیل دهنده یک د امنه ، دانه دانه به پایین می افتند . برای این کار باید پوشش دامنه از سازندهای قابل انتقال مثل ماسه و خاک تشکیل شده باشد . این جابجایی مختص شیب های ملایم است . رشد و نمو واز بین رفتن گیاهان و عمل جانوران زمین کاو و همچنین تغییرات حجم مواد به علت تغییر درجه ح رارت ورطوبت و بخصوص یخ زدن و آب شدن یخ خاک موجب شدت جابجایی نامرئی ذرات شده و بالخره موجب پایین ریختن سریع ان ها می شود . باید دانست که عمل خزش فوق العاده ضعیف و به نسبت سانتیمتر در قرن است . می توان عمل خزش را از خم شدن تیرها و دکل های برق روی دامنه ها فهم ید. عمل خزش در سرزمین هایی که یخبندان فراوان است بیش از مناطقی که هرگز یخبندان ندارند، اتفاق می افتد.

Scanned by CamScanner