

## زلزله چگونه

## اتفاق مي افتد؟

اطلاعات

مهم به زبان ساده



در این کتاب مي خوانيد:

- 1\_ علت بروز زلزله چیست؟
- 2\_ چرا کشور ما ایران زلزله خیز است؟
- 3\_ آیا خطر زلزله تهران را تهدید مي کند؟

- 4\_ خسارات زلزله و راههاي جلوگیری از آن.  
5\_ آیا زلزله را می توان پیش بینی و یا پیش گیری نمود؟  
6\_ کلام آخر(حفظ آرامش به هنگام زلزله و راههاي ایمنی).

## معرفی مولف

آقای حمید تقی زاده(میلا نی) در سال 1327 در شهر رشت متولد شد. تحصیلات ابتدایی را در شهر رشت به پایان رسانید و پس از انجام خدمت نظام وظیفه جهت ادامه تحصیلات عازم کشور ایتالیا شد و به مدت 7 سال به طور پیوسته و با ارائه 3 پایان نامه به صورت تحقیقی و عملی موفق به اخذ درجه دکترا در رشته زمین شناسی از دانشگاه مطالعات بلونیا گردید. ناگفته نماند که نامبرده با تشویق و راهنمایی های پدر مرحوم و بزرگوارشان به نام آقای محمد رسول تقی زاده (میلا نی) که از بازرگانان سرشناس و نیکوکار رشت بوده به ادامه تحصیل در اروپا پرداخته است. یاد این پدر دلسوز و مهربان گرامی و روانش شادباد.

## سخنی با خوانندگان عزیز

با عرض سلام و ادب و با سپاس و تشکر بی پایان از ایزد منان که توفیق تالیف این کتاب را به این جانب عنایت فرموده است. از آنجاییکه کشور عزیزمان زلزله خیز است وظیفه دانستم در مورد این پدیده به طور خلاصه و ساده مطالبی بنویسم تا ملت عزیز کشور ایران آگاهی عمومی نسبت به آن داشته باشند. اگر نواقص و نارسایی هایی در بیان مطالب دیده می شود به بزرگواران خودتان عفو نموده و بنده را نسبت به اشتباهات خود ارشاد فرمایید.

با تقدیم احترام حمید تقی زاده

## گفتار اول

### علت بروز زلزله چیست؟

زلزله زمانی اتفاق می افتد که سنگهای ناحیه ای از پوسته جامد زمین مقاومت خود را در مقابل نیروهایی که از داخل زمین به آنها وارد می شود از دست داده و به طور ناگهانی شکسته شوند و شکستگی توأم با جابجایی سنگ ها را گسل نامیده و تکانهای ناشی از آن را زلزله گویند. بنا براین امروزه مهمترین علت زلزله را نیروهایی میدانند که از درون زمین منشا گرفته و پس از تجمع باعث شکسته شدن ناگهانی لایه های سنگی میشوند در نتیجه حرکت لایه ها در محل گسل باعث زمین لرزه می شود. البته عامل دیگری در بروز این حادثه وجود دارند از قبیل لغزش لایه های زمین ، ریزش غارها، ریزش بهمین، انفجار گلوله های توپ، انفجار مین که می توانند در ابعاد محدودی ایجاد زمین لرزه نمایند.

انفجارات گازهای کوههای آتشفشانی نیز باعث ایجاد زلزله می شوند. به طور کلی عواملی که ایجاد زلزله می کنند بر سه گونه اند و بر حسب اینکه کدام یک از این سه عامل موجب زلزله شده باشند زلزله را بدان اسم می نامند این سه گونه زلزله به قرار زیر است:

**1\_ زلزله رمبشی (سقوطی):** این زلزله ها مربوط به شکستگی و فروریختن حفره ها و غارهایی است که در توده های بزرگ سنگ های آهکی بر اثر انحلال آهک در آبهای نافذ ایجاد می شوند. گاهی اوقات بر اثر انحلال گچ و نمک در زمینهایی که از مارنهای گچی به وجود آمده اند تولید می شوند. (به سنگ آهکی که بیش از 35 درصد مواد رسی داشته باشد مارن گفته می شود) وسعت تاثیر این گونه زلزله ها خیلی کم است و عمق کانونشان نیز کم میباشد اما برعکس خرابیها و خسارت های ناشی از آنها خیلی زیاد می باشد.

**2\_ زلزله های آتشفشانی:** زلزله ممکن است بر اثر انفجار و یا خروج گازها مترام در مجاور کوههای آتشفشان ایجاد شود. این زلزله ها همیشه پیش از آتشفشان یا همزمان با آن به وقوع می یابند و نسبتا شدید می باشند. زلزله های آتشفشانی اغلب مخرب و ویران کننده اند. منطقه تاثیر آنها زیاد وسیع نیست و عمق کانون آنها نیز کم است.

**3\_ زلزله های زمین ساختی:** زمینهایی که زیاد در معرض زلزله می باشند آنها هستند که در زیر آنها طبقات زمین در حال حرکت و جنبشند. هر تغییر ناگهانی در سرعت این طبقات متحرک تولید لرزشی در زمین می کند به این نوع زلزله ها که مربوط به جنبش های زمین ساختی زمین است زلزله های زمین ساختی می گویند. تعداد آنها خیلی بیشتر از دو نوع دیگر زلزله است و اغلب بسیار شدید و تولید خرابیهای زیادی می کنند بری زلزله های زمین ساختی دو علت متمایز از هم می توان ذکر کرد:

**الف) حرکتهای تعادلی:** برخی از زلزله ها امروزه در مناطقی ایجاد می شوند که با حرکتی خیلی آرام به طور قایم بالا و پایین می روند این حرکت قایم به واسطه واکنش حرکتی است که برای برقراری وضع تعادل به وجود می آید. قاره های بزرگ بر روی محیط سیال خمیری شکلی شناورند و ریشه آنها بیشتر در این محیط فرو می روند. بین قاره و فشار وارده از طرف محیطی که قاره در آن غوطه ور است تعادلی برقرار می باشد. هر گاه وزن قاره به واسطه ی عمل فرسایش تغییر کند این تعادل به هم خورد و موجب بالا آمدن و یا پایین رفتن آن می شود. بهترین نمونه برقرار شدن وضع تعادل را امروزه در کرانه های دریای بالتیک و کانادا می توان مشاهده کرد. این نواحی بر اثر از بین رفتن یخ های یخچال های اوایل دوران چهارم زمین شناسی که ضخامت آنها به چندین صد متر می رسیده است سبک گردیده و در نتیجه از آب خارج شده اند و هنوز هم این عمل خارج شدن ادامه دارد. زلزله های کرانه های کانادا و کرانه های دریای بالتیک ناشی از این امر است. به این نوع زلزله ها زلزله های قائم هم گفته می شود.

ارتعاشات شدید زمین لرزه سال 1906 سانفرانسیسکو حدود 40 ثانیه به درازا کشید اگر چه اغلب جابجایی ها در طول شکستگیها در همین زمان کم اتفاق افتاد، ولی تا بر قراری تعادل جابجایی های دیگری تا چند روز پس از لرزه اصلی در سنگ ها رخ داد. برقراری تعادل در سنگ ها پس از زمین لرزه اصلی معمولا با تولید زمین لرزه های کوچکتری به نام پس لرزه ها ( after shocks ) همراه است. با آن که پس لرزه ها بسیار ضعیف تر از لرزه اصلی هستند اما گاهی سبب خرابیهای عمده در بناهای سست می شوند. ضمنا به زمین لرزه های

خفیفی که روزها یا در بعضی موارد سالها قبل از زمین لرزه اصلی اتفاق می افتند پیش لرزه (Foreshock) می گویند. شناخت این پیش لرزه ها در پیشگویی زمین لرزه های بزرگ و قریب الوقوع اهمیت دارد.

**ب) جنبشهای کوهزایی:** طبقات رسوبی در قسمت های عمیق پوسته جامد زمین بر اثر افزایش تدریجی فشار، کم کم و خیلی به آهستگی تغییر مکان پیدا می کنند این تغییر مکانهای تدریجی موجب جابجا شدن طبقات رسوبی می گردند و تولید چین خوردگیها و گسل ها را می کنند. در بعضی نواحی طبقات رسوبی بر حسب جنس سنگ هایی که از آن تشکیل گردیده اند تحت تاثیر فشار های کوهزایی، چین خوردگی حاصل می کنند ولی در بعضی نواحی دیگر طبقات مزبور تاب تحمل فشارهای کوهزایی را نمی آورند و در نتیجه در آنها به جای چین خوردگی، شکستگی ایجاد میگردد در محل این شکستگیها حرکتی همراه با لرزشهای نسبتا شدید هستند به این حرکتها حرکتی کوهزایی میگویند منطقه تاثیر زلزله های ناشی از این حرکتها که به لرزه های کوهزایی موسوم اند متغیر است و کانون آنها نیز در اعماق مختلف قرار گرفته است.

نیروهای زمین ساختی به آرامی سنگهای پوسته ی دو طرف گسل را تغییر شکل می دهند. تحت این شرایط درست مانند یک عصای چوبی، سنگ ها خمش حاصل نموده و تا زمانی که شکسته شوند، انرژی کشسانی زیادی را در خود ذخیره می کنند و سر انجام مقاومت مالمشی نگهدارنده سنگ ها به پایایی می رسد و لغزش در ضعیف ترین نقطه (کانون) اتفاق می افتد و جابجایی تنش را در امتداد گسل به نقاط دور وارد کرده و سبب جابجایی بیشتر می شود تا اینکه قسمت اعظم انرژی ذخیره شده آزاد شود. این گسیختگی سبب می شود تا سنگها فوراً به جای اول خود بازگردند. ارتعاشی که ما در زمین لرزه می شناسیم نتیجه بازگشت ارتجاعی سنگ ها به شکل اولیه خود است. این ((پیش جهش)) یا حرکت فنر مانند سنگ ها، توسط رد، بازگشت کشسان (elastic rebound) نامیده شد زیرا رفتار ارتجاعی سنگ نظیر کشی است که کشیده شده و رها می شود.

زلزله ای که انسان می تواند آن را احساس کند زلزله های محسوس یا مهزلزله و زلزله ای را که به کمک زلزله نگار درک می شود زلزله نامحسوس یا کهزلزله می گویند. هر حرکت ناگهانی زمین تولیدتولید امواج لرزه ای میکند ولی درک این واقعیت مهم است که هر حرکتی در یک نقطه فشار تولید میکند از جهتی بستگی به موقعیت این نقطه دارد. و کانون یا مرکز اصل زلزله نقطه ای است که شکستگی از آنجا شروع و انرژی آزاد میشود و واقع مرکز درونی نیز گفته می شود اگر از مرکز درونی مستقیماً خطی بر سطح زمین وصل شود نقطه مورد نظر مرکز بیرونی یا سطحی زلزله می باشد. ارتعاشات زلزله از مرکز به اطراف انتشار پیدا می کند این ارتعاشات هر اندازه که از مرکز خارجی زلزله دورتر می شوند ضعیف تر می شوند.

در مرکز سطحی یا بیرونی زمین لرزش خیلی شدید است ولی در هر اندازه که از آن دورتر شویم از شدت زلزله کاسته می شود، فاصله مرکز درونی تا مرکز بیرونی زلزله را عمق کانون می گویند.

و بر این اساس دارای زلزله های کم عمق که عمقشان کمتر از 50 کیلومتر می باشد زلزله های متوسط که عمق کانونشان بین 50 الی 300 کیلومتر است و زلزله های عمیق که عمق کانون آنها بیش از 300 کیلومتر است.

بایستی توجه داشت که هنگامی در کانونی واقع در یک نقطه از زمین زلزله ای رخ می دهد در زاویه های حدود 105 تا 140 درجه نسبت به آن نقطه مستقیماً هیچ نوع موجی از درون زمین دریافت نمی شود این فاصله را اصطلاحاً منطقه سایه یا آرامش گویند و در بعضی موارد (103 الی 143) ذکر گردیده است.

منطقه تاثیر زلزله ناحیه ای است که در آن زلزله قابل احساس باشد منطقه تاثیر در مورد زلزله های مختلف متفاوت بوده و در هر مورد به عواملی مثل شدت زلزله و محیطی که امواج در آن منتشر می شوند بستگی دارد.

اگر نقاطی را که در آنها زلزله با هم مساوی است به یکدیگر وصل کنیم منحنی هایی به دست می آید که به آنها منحنی های همزلزله می گویند. منحنی های همزلزله با یکدیگر بسیار متفاوت هستند علت این امر این است که جنس سنگ ها و ساختمان پوسته جامد زمین در اطراف مرکز زلزله یکسان و یکنواخت نمی باشد.

و همانطوریکه قبلاً گفته شد معمولاً و در شرایط یکنواخت هر قدر از مرکز سطحی (بیرونی) دورتر شویم از شدت زلزله کاسته خواهد شد. و هر گاه نقاطی را که در آنها در یک زمان زلزله احساس می شود به یکدیگر وصل کنیم منحنی های غیر منظم دیگری به دست می آید که آنها را منحنی های هم لرزش گویند. علت این امر نیز این است که سرعت انتشار زلزله در سنگهایی که جنس آنها مخالف است فرق میکند. و موجب می شود که زلزله در زمان واحد به نقاطی که فاصله آنها نسبت به مرکز زلزله متفاوت است برسد.

زلزله های ضعیف و متوسط اغلب بر اثر یک ضربه به وقوع می پیوندند و مدت آنها نیز از چند ثانیه تجاوز نمیکنند. اما زلزله های شدید معمولاً ابتدا به وسیله یک یا چند جنبش ضعیف شروع می شوند و متعاقب آن یک یا چند ضربه شدید زمین را مرتعش می کند و سپس ارتعاش زمین کم شده و به تدریج خفیف می شود تا آنکه به کلی زمین به حال آرامش و سکون در آید. زلزله هنگامی ممکن است چندین ساعت دوام پیدا کند و در مورد برخی نواحی چند روز و چند هفته ممکن است زمین دارای لرزش هایی که شدت آنها متغیر باشد ادامه داشته باشد. این نوع زلزله هایی را که مدتی طولانی ادامه می یابند دوره های زلزله نامند. البته باید توجه داشت که پس لرزه ها را نباید با دوره های زلزله اشتباه گرفت.

در این نوع زلزله ها به فاصله های مختلف متناوباً حرکات شدید و خفیف تکرار می شود تکانهای زلزله به خصوص در مجاورت مرکز زلزله توام با صداهایی شبیه صدای رعد و یا صدای وزش باد یا صدای انفجار شدید می باشد. این صداها گاهی پیش از وقوع زلزله و گاهی پس از آن به گوش می رسند و وقوع بعضی زلزله ها همراه با آثار نورانی است که به شکلهای مختلف دیده می شوند. این آثار به شکل برق، جرقه های نورانی یا لکه های نورانی ظاهر می شوند. هنوز توضیح درستی درباره ی علت پدید آمدن این آثار داده نشده است ولی تصور می رود که این آثار بر اثر متصاعد شدن گازهای قابل اشتعال و التهاب آنها هنگام زلزله ایجاد می شوند.

هرگاه کانون زلزله در زیر اقیانوس یا یک دریای بزرگ باشد ارتعاشات به وجود می آیند و در زلزله های شدید حتی بیش از یک سال ادامه میابند و در بعضی موارد نسبتاً شدید و مخرب می باشند و موجب تلاطم امواج دریا می گردند. اثر زلزله در کشتیها به خوبی محسوس است اگر کشتی در حدود مرکز بیرونی زلزله باشد به طور ناگهانی بالا و پایین می رود.

در منطقه مرکز سطحی یا بیرونی زلزله سطح آب برجستگی پیدامی کند. هر گاه ضربه وارده به آب مورب باشد کشتی به طوری تکانهای شدید می خورد که مسافری کشتی تصور می کنند به یکی از سنگهای ساحلی برخورد کرده است. اگر مرکز بیرونی زلزله نزدیک ساحل باشد اغلب تولید خرابیهایی زیادی می کند زیرا بر اثر بالا آمدن آب ساحل دریا و ساختمانهای ساحلی به کلی در زیر آب می روند و هنگام برگشتن آب دریا سیلی سهمگین به وجود می آید و با خود آنچه را که در ساحل دریا قرار دارد به دریا می برد. به امواج سهمگین دریا که در اثر زلزله ایجاد می شوند سونامی گویند.

معمولاً زلزله های رمبشی (سقوطی) و زلزله های آتشفشانی بیشتر تولید حرکت قائم می کنند به این زلزله ها زلزله های مرکزی نیز می گویند. زلزله های زمین ساختی که به آنها زلزله

هاي خطي هم گفته مي شود بيشتر به طور افقي موجب حركت زمين مي شوند. زيرا كانون اين دسته از لرزه ها كم و بيش در طول چين ها و سطوح گسلها قرار دارند. البته حركات انتشار و ارتعاش امواج به علت نيروي فراوان و تكانهاي شديدوسرعت زياد بسيار پيچيده عمل مي نمايند ولي بيشتر حركات زمين به صورت افقي مي باشند.

انرژي آزا شده از مركز دروني(كانون)زلزله به صورت امواجي در تمام جهات منشر مي شوند. سه دسته تقسيم مي شوند:

**دسته اول:** امواج اوليه كه به آن امواج طوليه نيز گفته مي شود با حرف (P) نشان مي دهند و ارتعاشات آنها در طول مسير انتشار است امواج بعدي امواج عرضي يا ثانويه گفته مي شود كه با حرف (S) نشان مي دهند و ارتعاشات آنها عمود بر مسير انتشار است و بالاخره امواج سطحي كه با حرف (L) نشان داده مي شوند و به طور گسترده در هر طرف ارتعاش مي يابد. بين سه دسته فوق امواج سطحي مسئوليت تخريب بيشتر ساختمانها را به عهده دارند زيرا وارد پي ساختمانها شده و مانند اره اي در ابعاد گسترده اي عمل مي نمايند البته امواج عرضي نيز چون داراي ارتعاشات عمودي مي باشند نسبت به امواج اوليه يا طوطي از قدرت تخريب نسبتا طولاني برخوردارند.

با مطالعه امواج زلزله و رفتار آنها دانشمندان توانستند ساختمان درون زمين را شناسايي كنند زيرا امواج زلزله مانند امواج نور و يا صوت در محيط هاي مختلف رفتارهاي متفاوت دارند مخصوصا در مرز مشترك دو محيط مختلف يا مي شكند يا منعكس مي شوند بنا بر اين امواج زلزله به مشابه پيك هايي هستند كه از درون زمين به ما پيام مي رسانند و محققين با دريافت اين پيام ساختمان درون زمين را شناسايي مي كنند. در واقع كره زمين يك آزمايشگاه مجاني است يا بهتر بگوئيم يك هديه ي الهي است كه خداوند در اختيار دانشمندان قرار داده تا بتوانند به كمك رفتار امواج زلزله به كشف حقايق درون زمين بپردازند. زيرا مدرن ترين آزمايشگاههاي دنيا و با پر هزينه ترين سرمايه گزاريهها بشر قادر نيست شرايط فشار و دمائي حاكم در اعماق زمين را ايجاد نمايد.

ناحيه اي كه بيش از همه تحت تاثير زلزله قرار مي گيرد و در اطراف مركز سطحي(بيروني)زلزله قرار دارد وسعت اين ناحيه تابع شدت زلزله و فاصله كانون زلزله است. در گذشته براي اندازه گيري شدت زلزله از مقياس هاي احساساي استفاده مي شدو بر مبناي اين مقياس ها ، زلزله ها بر حسب ميزان خسارات و نحوه ارتعاشات طبقه بندي مي شدند . يكي از اين مقياس ها به نام مقياس مركالي دانشمند ايتاليائي است كه در سال 1931 مقياس پيشنهادي خود را بر مبناي زلزله ها به 12 درجه به شرح زير تقسيم نمود.

**درجه 1:** اين گونه زلزله ها براي انسان غير محسوسند. ارتعاشات آنها بسيار خفيف بوده و فقط به وسيله ي لرزه نگار قابل درك مي باشند.

**درجه 2:** زلزله هاي اين دسته ضعيف هستند ولي عده بسيار كمي به خصوص اشخاص عصباني كه در حال استراحت باشند آنها را احساس مي كنند. كساني كه در طبقات بالاي ساختمانها منزل دارند بيشتر از سايرين اين زلزله ها را حس مي كنند.

**درجه 3:** زلزله هايي كه در اين درجه قرار دارند خفيف بوده و به وسيله ي عده ي كمي درك مي شوند هنگام وقوع اين زلزله ها صداهايي شبیه صدای حرکت اربابه های سنگین به گوش می رسند.

**درجه 4:** شدت اين زلزله ها متوسط است. در هواي آزاد كمتر ولي داخل منازل بيشتر احساس مي شوند . هنگام وقوع اين گونه زلزله ها شيشه پنجره مي لرزد ظروفي كه بر روي ميز

قرار دارند مرتعش شده و آهسته تکان می‌خورند. درها و کف و سقف اتاقها اگر از تخته ساخته شده باشند به صدا در می‌آیند.

**درجه 5:** زلزله‌های این دسته تا اندازه‌ای شدید می‌باشند و به وسیله اکثر اشخاصی که در حال حرکت و یا مشغول کار هستند احساس می‌شوند. اشیاء غیر منقول لرزش پیدا می‌کنند. مبل‌ها و صندلیها و تختخوابها تکان می‌خورند و بعضی از زنگها به صدا در می‌آیند.

**درجه 6:** این دسته از زلزله‌ها شدید هستند و به وسیله‌ی تمام افراد درک می‌شوند این گونه زلزله‌ها اگر در شب اتفاق بیفتند موجب بیدار شدن مردم از خواب میشوند و عده‌ی بسیاری وحشت زده از خانه‌های خود به کوچه‌ها و خیابانها می‌روند. تابلوها و تصاویر آویخته به دیوار و کتابهای داخل قفسه به زمین می‌افتند دیوارها و سقف‌ها ترک بر می‌دارند لوسترها و چراغ‌های آویخته به سقف‌ها حرکت نوسانی پیدا می‌کنند لرزش درختان به خوبی قابل رویت است.

**درجه 7:** زلزله‌هایی که در این درجه قرار می‌گیرند خیلی شدید هستند و موجب وحشت عمومی می‌شوند. این دسته زلزله‌ها باعث واژگون شدن مبلمان در منازل و شکاف در دیوارها و خانه‌هایی که استحکامشان کم است خراب می‌شوند دودکشهای بلند بخاری‌ها خراب شده و موجب خرابی سقف‌ها می‌گردند.

**درجه 8:** این دسته زلزله‌ها خسارت‌های زیاد به بار می‌آورند بر اثر آنها بعضی از دیوارها و تمام برجها و دودکشهای بخاریها و کارخانجات فرو ریخته و خراب می‌شوند در این گونه زلزله‌ها در نواحی کوهستانی موجب سقوط قطعات سنگ از کوه می‌گردند.

**درجه 9:** زلزله‌های این درجه موجب می‌شوند که به خانه‌هایی که از سنگ ساخته شده‌اند خسارت وارد آید و بعضی از آنها به کلی ویران شوند.

**درجه 10:** زلزله‌های درجه 10 به همه چیز خسارت وارد می‌سازند و موجب لغزیدن و لیز خوردن زمینها می‌شوند. در سطح کوچه‌ها و خیابانها شکاف ایجاد می‌کنند. در این نوع زلزله‌ها اغلب خانه‌هایی که از سنگ ساخته شده‌اند، خراب می‌شوند به خانه‌های چوبی و پلها خسارت زیادی وارد آمده و بعضی از آنها خراب می‌شوند. لوله‌های آب و گاز قطع و موجب ریزش دریا بارها و کرانه‌های پرشیب رودخانه‌ها و قلل بعضی از کوهها می‌شود.

**درجه 11:** این دسته زلزله‌ها موجب بروز حوادث بسیار ناگوار می‌شوند. شکافهای عریضی در پوسته‌ی جامد زمین ایجاد می‌کنند. زمینها لغزش پیدا کرده و تغییر مکان می‌دهند. پلها خراب شده و خطوط راه آهن پیچیدگی و انحنا پیدا می‌کنند.

**درجه 12:** زلزله‌های این درجه فاجعه‌انگیز هستند. این زلزله‌ها تغییرات زیادی در پوسته‌ی جامد زمین می‌دهند و موجب تغییرات عمده‌ای در نقشه جغرافیایی زمین می‌شوند هیچ بنایی در مقابل تکانهای این زلزله قادر به مقاومت نمی‌باشد. شکستهای عمودی و افقی مهمی در زمین ایجاد شده و موجب ریزش کوهها می‌شوند.

ولی روش متداول امروزی که برای همه آشنا می‌باشد درجات ریشتر است. در سال 1935 شخصی از انستیتوی تکنولوژی آمریکا به نام چارلز ریشتر سعی کرد تا زمین لرزه‌های

کالیفرنیا جنوبی را از لحاظ بزرگی به گروه های بزرگ، متوسط و کوچک رده بندی کند، در روش مذکور بزرگی زمین لرزه ها از روی حرکتی به دست می آید ، که توسط دستگاههای لرزه شناسی به ثبت می رسد. امروزه در سرتاسر جهان برای توصیف بزرگی زمین لرزه از مقیاس اصلاح شده ریشتر استفاده می شود و دارای محاسبه ی لگاریتمی می باشد بدین معنا که افزایش یک درجه در مقیاس ریشتر ده برابر بر دامنه امواج و سی و یک برابر مقدار انرژی امواج می افزاید نتیجه این می شود که دامنه ی زلزله با بزرگی 7 ، هزار بار بیشتر از دامنه ی زلزله ای با بزرگی 4 و قدرت آن تقریباً سی هزار بار بیشتر خواهد بود. همچنین زلزله ای با شدت 5 در مقیاس ریشتر معادل 199 تن ماده منفجره T.N.T انرژی آزاد می نماید ولی با شدت 7 ریشتر معادل 199000 تن به همین دلیل در زلزله های بزرگ حتی اختلاف 0/5 درجه در مقیاس ریشتر می تواند به مراتب مخرب تر باشد، زلزله ها بر اساس تقسیم بندی ریشتر 9 درجه می باشند.

**ارتباط زلزله با عوامل دیگر:** اگر چه علت اصلی ایجاد زلزله همان عوامل درونی زمین است، ولی علل کوچکتری نیز در ایجاد زلزله موثرند. مثلاً در اثر جزر و مد نه تنها آبهای اقیانوسها و دریاها بالا و پایین می آیند بلکه توده های مذاب درون زمین نیز تحت تأثیر جزر و مد قرار می گیرند و بالا آمدن و پایین رفتن این توده های مذاب موجب حرکت پوسته ی جامد می گردد و به عوامل دیگری که ذکر شد به ایجاد زلزله کمک می کند. هنگام هلال یعنی شب های اول ماه و اواسط ماه که جزر و مد شدیدتر است بیش از سایر اوقات زلزله اتفاق می افتد همچنین هنگامی که ماه در حضيض است یعنی ماه به زمین خیلی نزدیک شده است و یا در مواقعی که ماه از نصف النهار یک ناحیه می گذرد ارتعاشات ناشی از زلزله زیادتر و شدیدتر از سایر مواقع است. بین بارش و تغییرات فشار جوی و زلزله هم روابطی موجود می باشد. پس از بارندگی مداوم معمولاً زلزله زیاد رخ می دهد زیرا بارش زیاد موجب افزایش فشار بر روی پوسته جامد زمین می شود. در فصول پاییز و زمستان و حتی در سایر فصل ها که بارش و تغییرات فشار جوی زیادتر باشد زلزله بیشتر اتفاق می افتد. البته تنها بارندگی یا فشار جوی نمی تواند عامل تعیین کننده در ایجاد زلزله باشند به طور مثال استانهای گیلان و مازندران به طور مداوم و در فصل های مختلف دارای بارندگی های موسمی زیادی می باشند و بالعکس مناطقی هستند که میزان بارندگی سالیانه بسیار کم دارند. معذالک زلزله های شدیدی در آن مناطق اتفاق می افتد بنابراین عوامل فوق به صورت جنبی و حاشیه ای مورد نظر می باشند. و به هیچ وجه به عنوان معیار اصلی در ایجاد زلزله به حساب نمی آیند.

## گفتار دوم

### چرا کشور ما ایران زلزله خیز است؟

برای پاسخ به این سوال باید ببینیم در ابعاد گسترده جهانی کدام نقاط زلزله خیزند و در نتیجه مشخص می شود که ایران هم یکی از نقاط زلزله خیز جهان می باشد. تحقیقاتی که روی حدود 30 هزار زلزله انجام شده موید این نظر است که بیشتر زلزله های شدید بر روی به اصطلاح دو کمر بند قرار دارند و نقاط موجود در این دو کمر بند زلزله خیز

می باشند ، و از لحاظ زمین شناسی نقاطی فعال \_ ضعیف و آسیب پذیر گفته می شوند. یک کمر بند که در امتداد سواحل غربی آمریکای جنوبی و شمالی قرار دارند و کمر بند دیگر از حوالی مدیترانه شروع و پس از گذشتن از ترکیه ، ایران و افغانستان به جنوب شرقی آسیا می رسد. علاوه بر دو کمر بند فوق که اماکن اصلی زلزله های شدید و مخرب جهان می باشند ، در نقاط دیگری نیز زلزله های خفیف و کوچک رخ می دهند که به علت دامنه تاثیر محدود ، از قدرت تخریب بالایی برخوردار نمی باشند .

از کشورهای زلزله خیز جهان می توان ایتالیا ، یونان، ترکیه، ایران، چین، ژاپن، فیلیپین، هندوستان، هندوچین و نیوزلند و قسمت های شمالی و جنوبی آمریکا و آمریکای مرکزی را نام برد.

حال ببینیم چرا این مناطق زلزله خیزند. ابتدا باید بدانیم که قسمت سطحی زمین از چند صفحه جداگانه به نام سنگ کره (لیتوسفر) نامیده می شود، تشکیل شده و یکپارچه نیست البته چون زمین کروی است در واقع به صورت نیم کره هایی می باشند. صفحات مزبور ثابت نبوده بلکه به حالت شناور روی قسمت خمیری شکل گشته به نام آستونسفر قرار دارند. وقاره ها بر روی این صفحات قرار دارند. هنگامی که دو صفحه به هم نزدیک می شوند محل برخورد صفحات ایجاد چین خوردگی فعالیت های آتشفشانی ، زلزله و غیره می نمایند.

مثلا کشور ایران تحت تاثیر چین خوردگی های آلپ دوران سوم زمین شناسی قرار گرفته و در نتیجه کوههای البرز و زاگرس در ایران به وجود آمده و این کوهها از لحاظ زمین شناسی جوان و فعال می باشند. در واقع زلزله های ایران مربوط به فعالیت های حاشیه چین خورده آلپ هیمالیا می باشند، که ادامه کمر بند مدیترانه است از طرفی کشور ایران از نقطه نظر زمین شناسی بین دو صفحه یعنی صفحه ی عربستان و صفحه ی شوروی سابق قرار دارد.

حرکت این صفحات نیز ایجاد زلزله می کند البته اکثر زلزله های ایران هنگامی اتفاق می افتد که گسل های قدیمی فعال شده و شروع به حرکت و جابجایی می نمایند. زلزله های شمال ایران نیز به همین علت اتفاق افتاده اند. طبق محاسبات آماری به ازای هر 5 سال یک زلزله شدید با حدود 7 درجه در مقیاس ریشتر در ایران اتفاق می افتد. به علاوه زلزله های خفیف و کوچک فراوانی که سالیانه در ایران اتفاق می افتند و بعضی از آنها نیز می توانند مخرب باشند.

## گفتار سوم

### آیا خطر زلزله تهران را تهدید می کند؟

ار آنجاییکه تعدادی از مناطق و خیابان های تهران روی شکستگیها و یابه اصطلاح گسل قرار دارند بنابراین فعالیت شدید و ناگهانی گسلها می تواند زلزله ای به دنبال داشته باشد. البته تعدادی از این گسلها غیر فعالند و می توان گفت که حادثه زلزله در تهران با تاخیر همراه می باشد زیرا گسلهایی که دارای فعالیت می باشند انرژی مازاد را تخلیه می نماید. اما در تهران بزرگ در اکثر نقاط چنین پدیده ای به چشم نمیخورد و در واقع نوعی وقفه زمانی در بروز حادثه زلزله ایجاد شده است که این تاخیر خود در تجمع و تراکم تدریجی انرژی کمک می نماید. و در نتیجه اگر زلزله ای در تهران رخ دهد حدس زده می شود که نسبتا شدید باشد. ولی به هیچ وجه نمی توان زمان و بروز و شدت آن را پیش بینی نمود و ممکن است به

این زودپی ها چنین اتفاقی نیافتند، و به لطف الهی با حرکات ملایم انرژی ذخیره شده تخلیه گشته و حتی در صورت بروز نیز شدتی نداشته و مشکلی پیش نیاید.

به طور کلی می توان گفت که شهر تهران بزرگ بر روی گسل آلپ هیمالیا قرار دارد اگر زلزله ای در تهران رخ دهد میزان آسیب پذیری و خسارات وارده نسبت به بافت شهری و تراکم جمعیت در مناطق مختلف تهران متفاوت خواهد بود. بنابراین باید پیش بینی های لازم را جهت خطرات احتمالی در نظر داشت.

در این رابطه اولین کنفرانس بین المللی بلایای طبیعی در اردیبهشت ماه 1371 در تهران بر پا شد. در این کنفرانس علاوه بر شهرداران کشورهای مختلف نمایندگان یونسکو سازمان بهداشت جهانی فدراسیون بین المللی صلیب سرخ و هلال احمر جهانی و دیگر مقامات ذیربط حضور داشتند. در کشور ما روز 20 مهر به عنوان روز ملی کاهش اثرات بلایای طبیعی نامگذاری شده و همه ساله مسئولین محترم با آموزش نیروهای مردمی و برپایی نمایشگاهها مردم را برای مقابله با این حوادث آشنا می سازند.

راستی راه نجات تهران بزرگ چیست؟ اگر مسئله قبل از وقوع زلزله و صرفاً جهت پیش گیری باشد باید زمینه حرکات ملایم لایه های شکسته شده را فراهم نمود. البته فشار وارده در امتداد یک گسل باعث لغزش و جابجایی خفیف می شود، ولی مداوم نبوده بلکه در اثر برخورد گرفتگی و در نتیجه توقف ایجاد می شود. ولی جابجایی های مداوم، زلزله های خفیفی در ابعاد محدود ایجاد می نماید که باعث تخلیه انرژی شده و فقط زلزله نگارها آنها را ثبت نموده و برای انسان قابل احساس نمی باشد. آزاد شدن ناگهانی انرژی ناشی از حرکات سنگها پیامدهای خطرناکی در پی خواهد داشت. امروزه علم مدرن زلزله شناسی در تدارک پروژه ای است که طی آن بتواند حرکات سنگها را در امتداد گسلها به طور مداوم و ملایم ممکن می سازد تا مانع تجمع انرژی شده و در نتیجه زلزله های خطرناک و مخرب اتفاق نیافتد.

بدین معنی که کارشناسان در نظر دارند در امتداد یک گسل چاههای عمیق حفر نموده و در آنها آب تزریق نمایند این آب در اثر نشست و نفوذ در منطقه حساس گرفتگی موجب لغزش شده و در نتیجه حرکات خفیف جهت آزاد شدن تدریجی انرژی آغاز خواهد شد و همانطوریکه اشاره شد تداوم این حرکات مانع بروز زلزله های خطرناک و شدید خواهد شد. ولی دانش زلزله شناسی در حال حاضر از اقتدار و مهارت لازم در این زمینه برخوردار نیست. و این که آیا می توان برای تهران بزرگ چنین پروژه ای را به مرحله اجرا گذاشت یا خیر نیاز به تامل و تعمق بیشتری دارد.

بهترین راه این است که حتی الامکان از تراکم جمعیت تهران کاسه شود و به تدریج مناطق پر خطر با هماهنگی مسئولین ذیربط به فضای سبز تبدیل شوند. رعایت اصول مهندسی و فنی در سازه ها می تواند نقش موثری داشته باشد در حال حاضر هیچ کس نمی تواند وقوع زلزله را دقیقاً پیش بینی نماید ولی به هنگام بروز آن هماهنگی و همکاری های متقابل بین مردم و مسئولین می تواند در جلوگیری از کاهش خسارات جانی و مالی به طور قابل ملاحظه ای موثر باشد و رعایت موارد ایمنی و حفظ آرامش که در گفتار ششم به آن اشاره خواهد شد کاملاً ضروری می باشد. البته اگرچه باید اصول و موارد ایمنی در این زمینه را با توکل به خدای بزرگ مراعات نمود ولی در نهایت باید راضی به رضای الهی بوده و همواره رحمت خداوند سبحان را در نظر داشت.

## گفتار چهارم

## خسارات زلزله و راههای جلوگیری از آن.

به کمک لرزه نگارهای دقیق، حساب شده است که، در هر سال 8 تا 10 هزار زلزله رخ می دهد و بدین ترتیب به طور متوسط در هر ساعت یک بار زلزله می شود. از طرفی سرزمین های وسیعی از بعضی قاره ها هنوز فاقد چنین دستگاههایی هستند لذا تعداد زلزله هایی که در مدت سال در تمام سطح زمین اتفاق می افتند باید به مراتب بیش از تعدادی باشند که در بالا به آن اشاره شده است. شدت تمام زلزله ها به یک اندازه نیست و بسیاری از آنها به اندازه ای ضعیف هستند که انسان ابدأ آن را احساس نمی کند.

انسان زلزله هایی را احساس می کند که موجب حرکت چراغهای آویخته در سقف و با لرزش شیشه های پنجره و حرکاتی دیگر از این قبیل می شوند. زلزله ی شدید باعث ریزش گچ سقف ها و دیوارها می گردد و بر اثر آن اشیایی که بر روی میز و یا کف قفسه قرار گرفته اند واژگون می شوند. اما زلزله های خیلی شدید که موجب خرابی شهرها و قصبات و آبادیها و باعث تلفات انسانی می شوند خیلی به ندرت رخ می دهند. در شهرها خرابی ساختمانها بر اثر زلزله اغلب اوقات توام با آتش سوزی است. زیرا خرابی اجاقهای منازل، واژگون شدن چراغها، انفجار کپسولهای گاز و نشت لوله های گاز، قطع سیم های برق و اتصال آنها به یکدیگر تولید حریقهایی بسیار بزرگ می کنند. با این که آتش سوزی پیامد فرعی و کوچکی از زمین لرزه سال 1964 آلاسکا بود اما حداکثر خسارت را به بار آورد.

زمین لرزه سال 1906 که مرکزش در نزدیکی شهر سانفرانسیسکو بود یادآور تهدید وحشت ناک آتش سوزی است. بخش مرکزی شهر غالباً از ساختمانهای چوبی قدیمی و آجری بزرگ ساخته شده بود. اگرچه بیشتر ساختمانهای آجری غیر بتونی سست به سختی آسیب دیدند ولی آتش سوزی مهیبی که به هنگام گسستگی خطوط گاز و برق آغاز شد بخش وسیع تری از شهر را منهدم ساخت.

آتش مهارنشدنی برای سه روز ادامه یافت و باعث خسارت زیادی شد. لرزش اولیه زمین که خطوط آب شهر را قطع کرد بر پیچیدگی موضوع افزود. سرانجام آتش هنگامی مهار شد که با انفجار دینامیت ساختمانهایی را در طول بلوار وسیعی از بین بردند و از گسترش آتش جلوگیری کردند. گرچه تلفات ناشی از آتش سوزی را اندک می دانند ولی در تمام موارد چنین نیست. چنانچه زمین لرزه سال 1923 ژاپن حدود 250 مورد آتش سوزی ایجاد کرد و بدین ترتیب شهر یوکوهاما منهدم و بیشتر از نیمی از خانه های شهر توکیو تخریب شد کشتار بیش از 100000 نفر به سبب آتش سوزی بود که به طور استثنایی توسط تندبادهای شدید گسترش می یافت.

ویرانگری زمین لرزه ی سال 1964 آلاسکا نتیجه مستقیم ارتعاشات زمین نبوده بلکه فرو نشست زمین و زمین لرزه های ناشی از ارتعاشات احتمالاً بیشترین خسارات را به ساختمانها وارد ساخت. اغلب خسارتهای شهر انکوویچ آلاسکا نیز به زمین لرزه های حاصل از لرزش و نوسان زمین نسبت داده شده بسیاری از خانه ها در بلندیهای تورناگین تنها به علت آنکه لایه های رس مقاومت خود را از دست دادند منهدم شدند و در حدود 4000 متر مربع زمین را با خود به سمت اقیانوس روان ساختند، انهدام چنان کامل بود که این منطقه را با بولدوزر هموار کردند. پارکی ایجاد شد که به همین مناسبت نام ((پارک زمین لرزه)) به آن اطلاق شد. قسمت پایین شهر انکوویچ به صورت قطعاتی از زمینهای سست از هم گسیخت و قسمتهایی از مراکز تجاری حدود 3 متر جابجا شد. تلفات زلزله هایی که در شب به وقوع می پیوندند خیلی

بیشتر از زلزله هایی هستند که در روز اتفاق می افتند، زیرا در شب اهالی شهرها و روستاها در داخل خانه های خود هستند. در شب نیز اگر در اواخر شب که مردم بیشتر در خواب می باشند زلزله رخ دهد خرابی و خسارت بیشتر خواهد بود و برای افراد خواب آلود بر اثر ترس و اضطراب خطرات دیگری پیش آمد می کند. زلزله های شدید راه آهن و پلها و جاده ها را خراب و غیر قابل عبور می سازد. شدت خرابی بناهای شهرها و روستاها گذشته از این که تابع شدت زلزله و جنس زمینی است که ساختمان در آن بنا گردیده است تابع جهت زلزله نیز می باشد. زلزله های قائم بیشتر در مرکز بیرونی و اطراف آن اتفاق می افتند. زیان این گونه زلزله ها کمتر از زلزله های افقی است.

به تدریج که از مرکز زلزله دورتر شویم بر اثر حرکت های موجی زلزله، زمین مانند گهواره ای به حرکت در می آید.

در این نوع زلزله ها که آنها را زلزله های افقی می گویند دیوارهایی که موازی با امتداد زلزله هستند بیشتر از دیوارهای عمود بر امتداد زلزله خراب می شوند. بر اثر زلزله نه تنها شهرها و روستاها خراب می گردند و خسارتهای فراوانی به اهالی آنها وارد می آید بلکه بر اثر زلزله شکل طبیعی زمین نیز تغییرات عمده ای پیدا می کند. بر اثر زلزله در زمین شکافهای کم و بیش عریضی ایجاد می شود. این شکافها به خصوص در نواحی نزدیک به مرکز خارجی زلزله بیشتر تولید می گردند و معمولاً جهت معینی ندارند. در کوهها جهت این شکافها بیشتر در امتداد دامنه ی کوه و در کرانه های دریا در امتداد طول کرانه می باشد. عرض این شکاف از 25 سانتی متر تا 15 متر و طول آنها تا چندین کیلومتر ممکن است برسد. این شکافها بر اثر ضربه ی اولیه زلزله ایجاد می گردند و امکان دارد که بر اثر ضربه های بعدی مجدداً به هم آمده و آنچه را به درون خود فرو برده اند برای همیشه در درون زمین مدفون می سازند. هر گاه این شکافها در زمینهای آبرفتی ایجاد شوند و ضمناً به مخازن آبهای زیر زمینی برخورد کرده باشند. ممکن است آب، همراه گل و لای با فشار زیاد از آنها به خارج فوران کند و گاهی نیز ممکن است گازهای قابل اشتعال از آنها خارج شوند و در هوا مشتعل گردند. وضع اخیر بیشتر در زمینهای نواحی نفت خیز اتفاق می افتد. در دامنه ی کوهها سنگهای زیادی بر اثر زلزله ریزش می کنند. در صورتی که کوه پوشیده از برف باشد در نواحی بهمن گیر، ایجاد بهمن می شود. در یخچالهای طبیعی باعث سقوط توده های بزرگ یخ می گردد. بر روی زمین قطعات سنگ را ممکن است به فاصله های زیادی بغلتاند و گاهی ممکن است این غلتیدن سنگ به وسیله ی زلزله با غلتیدن و حرکت کردن سنگ به وسیله ی حرکت یخچالهای طبیعی اشتباه شود.

بر اثر زلزله، طبقات فوقانی بعضی از زمینها بر روی طبقات زیرین خود لیز خورده و تغییر مکان پیدا می نمایند. آب بعضی از چاهها، قناتها و چشمه ها می خشکد و در بعضی نقاط چشمه های جدیدی ظاهر می شوند و آب بعضی قناتها زیاد می شوند. علت این امر آن است که شکافها و مجراهایی که به واسطه ی آنها آب های زیر زمینی بیرون می آیند بر اثر لرزش زمین تنگ تر می شوند و یا این مجاری بر اثر ریزش خاک به کلی مسدود می شوند. درجه حرارت آب چشمه ها نیز ممکن است بر اثر ارتباط پیدا کردن با آبهای دیگری که درجه ی حرارت آنها فرق دارد تغییر کند. وضع آب چشمه های آب گرم که غالباً در مناطق زلزله خیز قرار دارند بر اثر زلزله تغییر می کند. گاهی بر اثر زلزله طبقات غیرقابل نفوذی که در زیر طبقات آبدار قرار گرفته اند شکاف بر می دارند و آبهای محصور در طبقات آبدار از این شکافها به قسمتهای عمیق زمین می روند. در چنین مواردی آب چاهها در آن منطقه کم شده و یا به کلی خشک می شوند.

بر اثر زلزله در کرانه ی برخی از دریاها آب عقب می رود و کرانه از زیر آب بیرون می آید.

در برخی دیگر از کرانه ها آب پیشروی می کند و قسمتی از کرانه ی قدیمی را می پوشاند. راه جلوگیری از خطر زلزله ساختن بناهایی است که بیشتر در مقابل زلزله بتواند مقاومت و پایداری نماید. بناهایی که در نواحی زلزله خیز ساخته می شوند باید دارای پی های عریض باشند. از ساختن برجها باید خودداری کرد و دیوارهای اصلی بنا را عمود بر امتداد امواج زلزله ساخت و برای دیوارهای موازی با امتداد زلزله پشت بند قرار داد در بین دیوارها میله های آهنی گذاشت و از تزیینات سقف اتاق به وسیله ی گچ بری و غیره خودداری کرد. حتی الامکان از سنگین بودن و ناموزون نمودن شکل ساختمان جلوگیری کرد. انودکردن و سفیدکردن اتاق باید به وسیله ی مصالح ساختمانی بسیار محکم انجام گیرد. نوع مصالح ساختمان در مقاومت بنا و در مقابل زلزله تاثیر بسیار زیادی دارد. ساختمانهایی که از آجر ساخته شده اند و ملاط بین آجرهای آن خوب باشد بیش از ساختمانهایی است که از قلوه سنگهای بزرگ با ملاطی از خاک سست ساخته شده اند در مقابل زلزله مقاومت می کنند. به طور خلاصه می توان گفت برای جلوگیری از خرابی ساختمانها، جاده ها، پلها و سدها سه عامل باید در نظر گرفته شود.

\* اول ترکیب خاک و مقاومت زمینی که روی آن ساختمان ساخته می شود.

\* دوم کیفیت مصالح ساختمان و استاندارد بودن بتن و جوشکاری صحیح اسکلت فلزی و غیره.

\* سوم شکل ساختمان بدین معنی که هر قدر شکل ساختمان و آپارتمان ها منظم تر باشند و بارهای ساختمانی در سطح افق و ارتفاع یکنواخت تر و متعادل تر باشند ضریب مقاومت چنین ساختمانی در برابر زلزله افزایش خواهد یافت و باید از اشکال نامنظم ظاهری در سیستم آپارتمان سازی جلوگیری کرد مانند عقب رفتگی و یا جلو آمدگیها، تزیینات سنگین و غیرمعارف ظاهری و داخلی \_ طبقات آزاد که هر یک از این موارد باعث کاهش ضریب مقاومت ساختمان در مقابل زلزله می باشد و سایر موارد پیچیده و محاسباتی مهندسی که از حوصله بحث ما خارج است.

ساختمانهایی که سقف گنبدی دارند نسبت به ساختمانهای دیگر مقاوم ترند. به همین دلیل در معماری قدیم از چنین روشهایی استفاده می شد و اماکن متبرکه و مساجد قدیمی هنوز پابرجا هستند و پلها و سدها حالت قوسی از لحاظ تقسیم نیرو و مقاومت بیشتری را دارا می باشند. همانند سی و سه پل اصفهان برای اولین بار در زیر پلها یک قوس کامل که نیروها بر روی دو پایه پل متحمل می شد ساخته شد.

بعد ها قوس های کوچکی به صورت تقسیم نیرو که هر یک بر روی دو پایه قرار داشت باعث بالا رفتن ضریب مقاومت بیشتر پل گردید. اساسا جهان هستی حالت گنبدی دارد و در واقع یک ستاره یا سیاره قوس در قوس است و حالت کروی را به وجود می آورد پس شکل هندسی در هماهنگی ناشی از نظم ساختمان موثر می باشد. مدرن ترین و در عین حال پرهزینه ترین روش مقاوم سازی ساختمانها در مقابل زلزله پی شناور است که در واقع همان پی صفحه ای متحرک می باشد، که از مجموعه ی مغز انسان الهام گرفته شد. که به هنگام ضربه آن را دفع می نمایند. بر این ملاحظه می شود که همه چیزا لهام گرفته از قدرت لایزال الهی و ناظم مطلق عالم هستی می باشد و بشر حتی زمینه های مقاوم سازی ساختمانها و دیگر مظاهر علمی را از خداوند متعال کمک می گیرد و با توکل به ذات مقدس الهی موفقیت علمی کسب نموده و به معرفت و کمال می رسد.

به ساختمانهایی که موارد فوق در آنها رعایت شده باشند ساختمانهای ضد زلزله گفته می شوند. البته هیچ گاه نمی توان ساختمانی را به طور صددرصد ضد زلزله تلقی کرد. ولی مراعات اصول مهندسی و فنی تخریب ساختمانها و خسارات مربوط به آن را به حداقل می رساند. ممکن است ساختمانی بسیار محکم و مقاوم ساخته شود و تمام اصول مهندسی در آن

مراعات گردد اگر چنین ساختمانی بر روی گسل قدیمی قرار گرفته باشد به مجرد فعال شدن و حرکت قطعات گسل اگر انرژی آزاد شده فوق العاده زیاد باشد کلاً چنین انرژی صرف تخریب ساختمان می شود زیرا شکستگی های اولیه وجود داشته و انرژی ها رها شده صرفاً متوجه ویرانی ساختمانها می شوند. بنابراین باید گسل های هر منطقه شناسایی شده و در اطراف آن ها از هرگونه تاسیسات ساختمانی جلوگیری شود فرم منظم برای سیستم ساختمان را جانوران نیز مراعات می کنند.

به طور مثال زنبور عسل با فرم شش ضلعی منظم از کم مصرف ترین و بهترین فرم قابل تصور برای ساختن سلولهایش استفاده نموده است. حال چگونه این فکر جالب با تمام محاسبات ریاضی و مهندسی به مغز زنبور عسل رسیده چیزی است که متخصصین، زیاد درباره اش نوشته و حرف زده اند ولی کسی نتوانست چیزی را اثبات کند و فقط بایستی نسبت به عظمت ذات مقدس الهی انگشت حیرت به دهان گرفت و از ساختمانهای اسکلت فلزی برای سبک کردن بار ساختمان تیر آهن های مربوطه را به صورت منظم و لانه زنبوری می برند. زمینهایی که از خرد و متلاشی شدن سنگهاوریزش آنها بر روی دامنه کوهها به وجود آمده اند یا طبقات نازک سنگهای آبرفتی که بر روی سنگهای سخت قرار گرفته اند و زمینهای باتلاقی و مردابی از نظر ساختمان مناسب و خطرناک می باشند. ساختمانهایی که بر روی خاکهای رسی زمینهای شن زار یا طبقات ضخیم آبرفتی بنا شده اند خیلی بیشتر در معرض خرابی هستند تا خانه هایی که بر روی صخره ها و سنگهای سخت بنا گردیده اند.

در بعضی کشورها که دارای اداره ی زلزله شناسی هستند، پرسشنامه هایی که محتوی سوالاتی درباره ی چگونگی وقوع زلزله است بین اهالی توزیع می کنند تا آن که به محض وقوع زلزله پرسشنامه را پر کرده و به اداره ی مزبور بفرستند نتیجه ای که از جواب های مختلف به دست می آید کمک قابل توجهی به مطالعه عمومی زلزله در آن کشور می کند. حال که می دانیم بروز زلزله های خیلی شدید خسارات جانی و مالی در بردارندگاهی به اصطلاح به آن روی سکه انداخته و تصور کنیم اگر زلزله اتفاق نمی افتاد چه می شد؟ در آن صورت نیروها و گازهای متراکم درون زمین تخلیه نمی شدند زمین به یک نقطه بحرانی نزدیک می شد و در آن شرایط احتمال بروز یک فاجعه بود پس لرزه باعث تعادل انرژی درون زمین می شود و انرژی مازاد به صورت امواج تخلیه می شوند.

می توان چنین نتیجه گرفت که چنین مکانیسمی برای سلامت کره ی زمین و حیات مربوط به آن یک موهبت الهی است. اگرچه هر حادثه طبیعی و به اصطلاح نامساعد حکمت الهی است و در هر حکمتی یقیناً رحمتی است که بشر و علوم مدرن و مادی امروزی از آن ناآگاهند. اگر در پشت سدی به مقدار قابل ملاحظه ای آب جمع شود، رسوبات و فشار آب موجود باعث تخریب سد می شوند به طوریکه ممکن است روستاهای اطراف آن و یا حتی شهری به زیر آب فرو رود. ولی دریچه های اطمینان سد را باز می کنند آب تخلیه شده را کانال کشی و زهکشی می نمایند و به مصارف و اهداف زراعی و کشاورزی می رسانند و در محل خروج با توربین های مولد برق ایجاد نیروی عظیم برق را نیز فراهم می سازند.

بنابراین زلزله به مشابه سوپاپ اطمینان یا دریچه های اطمینان زمین عمل می نمایند و انرژی اضافی را تخلیه می نمایند تا زمین دچار فاجعه نشود. خوشبختانه قسمت اعظم زلزله های زمین خفیف می باشند و انسان بدون آنکه احساس زلزله نماید عمل تخلیه انرژی خودبه خود انجام می گیرد.

در حال حاضر کشور ژاپن در زمینه ذخیره چنین انرژی در حال مطالعه می باشد یعنی در نظر دارد که قدرت تخریب زلزله را به هنگام بروز به حداقل رسانده و انرژی آزاد شده را برای مقاصد علمی ذخیره نماید.

## گفتار پنجم

### آیا زلزله را می توان پیش بینی و یا پیش گیری نمود؟

1\_ در مناطقی که دارای حرکات زمین ساختی می باشند ، سطح زمین به آهستگی و به طور مداوم تغییر شکل می دهد و قبل از وقوع زلزله نحوه ی این تغییر شکل ها به طور ناگهانی تغییر می کند که به آن آنومالی تغییر شکل می گویند. بنابراین با اندازه گیری مداوم حرکات پوسته ی زمین می توان زمانی را که این حرکات از حالت متعارف خارج می شوند به عنوان زمان بحرانی و احتمال بروز حادثه ی زلزله تلقی کرد. اندازه گیری حرکات پوسته ی زمین به وسیله ی دستگاهی به نام تیلت متر انجام می شود. در حال حاضر نمی توان از این روش به طور دقیق نتیجه گیری کرد ولی با تحقیقات بیشتر می توان به آن امیدوار بود.

2\_ تنش هایی که به هنگام زلزله به وجود می آیند باعث تغییر خواص الاستیک پوسته ی زمین شده و در نتیجه سرعت انتشار امواج لرزشی از داخل سنگهای پوسته نیز تغییر خواهد کرد. بدین ترتیب اگر سرعت انتشار امواج لرزشی در داخل زمین به طور مداوم اندازه گیری شود (هنگامیکه میزان این سرعت ها به یک حد بحرانی و غیر عادی رسیدند امکان وقوع زلزله وجود خواهد داشت). دستگاههایی از قبیل زلزله نگار \_ انحراف سنج و یا تنش سنج مخصوصا در اطراف گسل های فعال به پیش بینی زلزله کمک می کند. برای اندازه گیری سرعت سیر امواج می توان به طور مصنوعی در یک نقطه امواج لرزشی تولید نموده و سپس به کمک لرزش سنج ها ، میزان سرعت امواج را اندازه گرفت.

3\_ به هنگام وقوع زلزله امواج مختلف منتشر می شوند. قسمتی از این امواج قابل شنیدن می باشند و در مواقعی زلزله توام با صدای غرش می باشد این غرش ها در حقیقت یک نوع تشعشع صوتی است که معمولا توام با بروز تعدادی شکاف که همگی در امتداد خط شکستگی قرار دارند می باشند. حال اگر در اعماق زمین میکروفون های حساسی را قرار دهیم هنگام وقوع زلزله صدای ناشی از این میکروفون ها صداهای مختلفی را منتشر می کنند تشخیص صدای مربوط به زلزله را مشکل می سازد. ولی اگر بتوان صداهای منتشر شده را تفکیک نمود و دقیقا فرکانس ناشی از صوت امواج زلزله را مشخص نمود چنین راهی در پیش بینی زلزله می تواند موثر باشد.

4\_ یا هنگام وقوع بسیاری از زلزله ها تغییراتی در میدان مغناطیسی زمین رخ می دهد. با مطالعه و بررسی این تغییرات احتمال پیش بینی زلزله وجود دارد.

5\_ بعضی از کانیها که اجزای تشکیل دهنده ی سنگ ها میباشند مانند کانی کوارتز دارای خاصیت پیرو الکتریک می باشد یعنی تحت فشار به هنگام زلزله در اثر امواج الاستیک در سنگ های پوسته جریانهای الکتریکی به وجود می آید این جریانها قابل اندازه گیری می باشند. دانشمندان با اندازه گیری مداوم این جریان ها اگر به عللی به طور ناگهانی در چند روز یا چند هفته اضافه شدند می توانند وقوع حادثه زلزله را پیش بینی نمایند.

6\_ برخی از حوادث جوی مانند تخلیه های جوی ، پدیده های غیرعادی و یا نورانی شدن آسمان شب یا روز قبل از زمین لرزه مشاهده می شود و حیوانات نیز قبل از بروز زلزله حرکتی انجام می دهند که نشان دهنده ی خطر وقوع زلزله می باشد.

7\_ به طور کلی آب چشمه ها حتی چند ماه قبل از زلزله تغییر می کند، یعنی ممکن است گرم شده و یا تغییر رنگ و تغییر طعم دهد و املاح مربوط به آن تغییر نماید کدر شود و کلا از حالت متعارفی خارج شود. این آزمایش تجربی کمک قابل توجه به پیش بینی زلزله می نماید. بنابراین اگر موارد فوق توسط اهالی محل و یا منطقه ای گزارش شود باید حتماً آب چشمه ها را آزمایش نمود و پیش بینی های لازم جهت جلوگیری از خسارت های احتمالی زلزله به عمل آید.

با وجود تحقیقات و مطالعات ژئوفیزیکی (فیزیک زمینی) زیادی که انجام شده مسئله ی پیش گویی زمین لرزه هنوز از یک راه حل نهایی بسیار دور است و این بدان جهت است که هر منطقه شرایط خاص خود را داراست و این شرایط خود به مرور زمان تغییر می کند. در نتیجه این روشها به تنهایی توانایی حل مسئله ندارند ولی با استفاده از مجموع آنها مسلماً می توان به نتایج مطلوبی رسید.

با اینکه هیچ روش مطمئن و معتبری برای پیش بینی های کوتاه مدت زمین لرزه مطرح نیست اما چندین پیش بینی با موفقیت همراه بوده است در سال 1996 زمین لرزه تاشکند در اتحاد شوروی سابق از روی تغییر میزان گاز رادن در چاههای مجاور پیش بینی شد. رادن گازی بی اثر است که در اثر تلاشی عنصر رادیو اکتیوی به نام رادیوم به وجود می آید و مقدار کمی از آن در برخی سنگها دیده شده است. در شرایط عادی این گاز در سنگ محبوس بوده اما در حین افزایش تنش شکستگیهای حاصل موجب رهایی آن می شوند. شاید بارزترین پیش گویی زمین لرزه به زلزله سال 1975 در ایالات لاینوفنیگ چین بر می گردد در این ناحیه لرزه شناسان برای اولین بار موفق به پیش بینی زمین لرزه بزرگی با قدرت تخریب یک شهر عظیم شدند. با تخلیه حدود 3 میلیون نفر از ساکنین ساختمانهای نا مقاوم و سست دهها هزار خانوار نجات یافتند. هر چند این واقعه از ماهها قبل پیش بینی شده بود ولی بدون شک بروز تعدادی از زمین لرزه های خفیف به پیش بینی و توجه دادن مدام به خطر قریب الوقوع آن کمک کرده بود. متأسفانه چینی ها قادر به تعیین زمان دقیق وقوع زمین لرزه های بزرگ سال 1976 تانگ شان نشدند و هشدارهای نارسا و طویل المدت آنها از زمین لرزه ای قریب الوقوع چندان دقیق و جامع نبود که بتواند از مرگ حدود 240000 نفر از مردم جلوگیری کند. ضمناً چینی ها هشدارهای نادرست دیگری هم اعلام داشتند. چنانکه در یک استان نزدیک هنگ کنگ مردم مسکن خود را برای بیش از یک ماه ترک کردند اما هیچ زمین لرزه ای رخ نداد. ضمناً هزینه ی تخلیه ی میلیونها نفر صرف نظر از زمان کار ازدست رفته و تهیه اسکان موقت و مسائل بی شماری از این قبیل در برابر احتمال وقوع زمین لرزه باید طی یک برنامه ریزی مدون مورد توجه قرار گیرد.

راستی چه چیزهایی موفقیت یا شکست پیش بینی زلزله را تعیین می کند؟ اغلب متخصصین عقیده دارند که پیش بینی زمین لرزه وقتی موفقیت آمیز است که در آن ناحیه جغرافیایی حدود بزرگی و احتمال وقوع معین باشد همانطور که انتظار داریم محققین دریافته اند که تعیین زمان زمین لرزه ای مشخص یک دوره نسبتاً کوتاه چند روزه تا چند هفته مشکل است ولی در مورد پیش بینی های دراز مدت زمین لرزه نیز پیشرفت هایی حاصل شده است. پیش بینی های دراز مدت بر پایه فرضیه دوره ای بودن زمین لرزه ها استوار است. به بیان دیگر تنش به طور مداوم در طول گسلهای فعال افزایش می یابد تا هنگامی که گسیختگی اتفاق افتد. سپس بلافاصله پس از آن دوباره تجمع نیرو آغاز می شود. یاد آور می شوم که بیشتر زمین لرزه ها

در نتیجه ی حرکت نسبی قطعات بزرگ پوسته در طول حاشیه صفحات ایجاد می شوند، چون صفحات به طور ثابت در حرکتند لذا پیش بینی می شود که در طول زمان طولانی در طول تمام حاشیه صفحات لیتوسفر زمین لرزه های بزرگی رخ دهد.

با مطالعه وقایع ثبت شده تاریخی معلوم شد که بعضی قطعات این کمربندهای لرزه ای برای مدت بیش از یک قرن زمین لرزه بزرگی ایجاد نکرده اند. این مناطق به ظاهر آرام که به عنوان محل های احتمالی وقوع زمین لرزه های بزرگ در دهه های بعد مشخص شده اند به نام وقفه های لرزه ای مشهورند. در 20 سال اخیر که مطالعات مقدماتی در جهت خود پیش می رفت برخی از این وقفه ها گسیخته و موجب بروز زمین لرزه بزرگ شد. منطقه ای که سبب زمین لرزه مخرب سپتامبر 1985 مکزیکوسیتی شد خود یکی از این وقفه ها است. از این رو برخی از پیش بینی های دراز مدت هم اکنون انجام شده است و اطلاعات ناشی از آنها می توانند در تدوین قوانین ساختمانی مورد بهره برداری قرار گیرند.

بسیاری از دانشمندان امید دارند که روزی بتوانند خطر زمین لرزه ها را به وسیله ی ایجاد زمین لرزه های خفیف و متعدد و با استفاده از تزریق مایعات و یا انفجارات کاهش دهند که این خود عملاً کنترل واقعی زمین لرزه و جلوگیری از تخریب می شود و در واقع نوعی پیش گیری از زلزله های مخرب تلقی می شود. چنین روشهایی نیروی تجمع یافته را به طور مداوم و آهسته آزاد می کند در حالی که این نیروها می توانند با ایجاد زمین لرزه ای با قدرت بالا آزاد شوند. تاکید می کنم که هزاران زمین لرزه ی کوچک باید رخ دهد، تا معادل انرژی آزاد شده در یک زمین لرزه قوی باشد این واقعیت به همراه عدم دسترسی به بسیاری از گسلها امکان کنترل زمین لرزه را بدان آسانی که تصور می رود میسر نمی سازد.

## گفتار ششم

### کلام آخر (حفظ آرامش به هنگام زلزله و راههای ایمنی):

#### راههای ایمنی و حفظ آرامش

به منظور به حداقل رسانیدن خسارات ناشی از زلزله ، از سوی دستگاههای اجرایی و مردم لازم است مسائلی مراعات شود. دستگاههای اجرایی مسئولیت نظارت مستقیم و تاکید بر استحکام ساختمانها، پلها و جاده ها را به عهده دارند و همچنین ستاد حوادث و سوانح طبیعی کشورمان به هنگام بروز حادثه ی زلزله به عنوان یک نیروی فعال وارد میدان عمل می شود و مسئولیت امداد را به عهده دارد.

ولی اقدامات اولیه بر عهده ی مردم است و لازم است هر کس برای حفظ جان و مال و خانواده اش اقدامات اولیه را قبل از رسیدن کمک های امداد انجام دهد و در واقع مسیر کمک رسانی را برای ستاد امداد هموار نماید و ای مسئله نه تنها برای زلزله بلکه برای سایر سوانح مانند سیل، طوفان، آتش سوزی و آتشفشان و غیره و ... باید در نظر گرفته شود.

در بسیاری از کشورهای جهان برای مقابله با حوادث طبیعی مردم آموزش های لازم را فرا می گیرند.

و خوشبختانه این مسئله در کشور عزیزمان به اجرا در آمده و به علاوه مسئولین محترم همایش های متعددی در این زمینه بر پا می دارند.

اگر به هنگام وقوع زلزله آرامش خود را حفظ نماییم مسلماً از خطرات زیادی، خود و دیگران را نجات خواهیم داد.

وتنها راه حفظ آرامش یاد خداوند بزرگ است و اینکه حقیقت حیات را باید پذیرا بوده و آن را باور داشت و پدیده زلزله هم جزئی از حقیقت حیات است. اگر هم در شرایطی حادثه ی زلزله در ذهنتان وارد شد سعی کنید جنبه های مثبت آن را به یاد آورید اینکه زمین را به آرامش، سلامت و تعادل می رساند.

و اینکه دانشمندان اطلاعات علمی باارزشی از مطالعه آن به دست می آورند و اینکه مجهولات ساختمان درون زمین تبدیل به معلومات می شوند.

### به طور کلی می توان راههای ایمنی مربوط به زلزله را به سه دسته تقسیم نمود:

#### قسمت اول: قبل از وقوع زلزله چه باید کرد؟

تجربه ناشی از زلزله های گذشته نشان می دهد که بیشترین جراحات به هنگام وقوع زلزله مربوط به شکسته شدن و پاشیدن شیشه ها و فرو ریختن قطعاتی از مصالح ساختمانی، سقف اتاقها، دیوارها، و در هم ریختن وسایل و اثاثیه منزل می باشد بنابراین لازم است قبل از وقوع زلزله اقدامات زیر انجام شود:

- 1- محل خواب خود را دور از پنجره ها، آئینه ها و یا قاب عکسها و اشیاء بزرگی مانند کمد، قفسه ی کتاب ها انتخاب کنید و زیر اشیاء آویخته از سقف مانند لوسترها، چراغها، گلدانهای آویز و سایر اشیاء سنگین تزیینی ن خوابید. لوازم و اشیاء را قبلاً در جای خود محکم کنید.
- 2- اشیاء سنگین را از روی طاقچه بردارید مخصوصاً اگر بالای سرتان به هنگام خواب باشند و آنها را در قفسه های پایین قرار دهید.
- 3- اشیاء و ظروف شکستنی و بطری ها را در محلی امن قرار دهید تا هنگام زلزله شکسته و پراکنده نشوند.
- 4- مواد آتشگیر را از نزدیکی آب گرمکنو اجاق دور نمایید.
- 5- لوازم سنگین خانگی از قبیل یخچال، تلویزیون، آبگرمکن، کمد و قفسه های کتاب را با پیچ و مهره یا هر وسیله دیگر در جای خود محکم کنید. و برای اتاقهای خواب از پرده های ضخیم جهت جلوگیری از پراکندگی شیشه استفاده شود.
- 6- وسایل زندگی را در داخل اتاقها و راهروها طوری قرار دهید که جابجایی آنها راه خروج را مسدود نسازد که البته با مراعات مورد 5 این مشکل قابل حل می باشد.

- 7- کلیه راه‌های خروجی محل زندگی و محل کار خود را شناسایی کنید.
- 8- از محل کپسول‌های ضد آتش اطلاع داشته و در جایی آنها را قرار دهید که به سرعت بتوانید از آنها در حداقل زمان ممکن استفاده نمایید.
- 9- هر یک از اعضای خانواده تعلیمات کمک‌های اولیه و امداد رسانی را فراگرفته و به دیگران نیز بیاموزند.
- 10- یک جعبه‌ی محتوی کمک‌های اولیه را همراه با داروها و لوازم مورد نیاز از قبیل باند، پنبه، سوت، کبریت، پتو، صابون، ویک جفت کفش در محل امنی قرار دهید و در صورت وقوع زلزله از آنها استفاده نمایید.

### قسمت دوم : هنگام وقوع زلزله چه باید کرد؟

#### الف: اگر در محل سرپوشیده هستید:

- 1- باید خداوند مهربان آرامش خود را حفظ نمایید.
- 2- خود را به زیر میز برسانید و یا در میان چارچوب محکم درها پناه بگیرید.
- 3- از کنار پنجره‌ها، آینه‌ها و اشیاء شکستنی دور شوید.
- 4- مواظب افتادن آجر و گچ و یا سایر مصالح ساختمانی و قفسه‌های کتاب و غیره باشید.
- 5- هنگام خروج از ساختمان به سمت خروجی‌ها هجوم نبرید.

#### ب: اگر در فضای باز هستید:

- 1- باید خداوند مهربان آرامش خود را حفظ نمایید.
- 2- روی زمین دراز بکشید و زانوی خود را زیر شکم جمع کنید و با دست‌ها سر خود را ببوشانید.
- 3- در صورتی که نزدیک پنجره‌های بزرگ، ساختمان‌های بلند دیوارها و تیرهای چراغ برق هستید از آنها فاصله بگیرید.
- 4- اگر پارچه یا لباسی در دسترس دارید آن را روی سر خود ببندید تا از خرده‌شیشه‌ها در امان باشید.

5- بعد از پایان تکانهای زلزله از جا بلند شوید و به دیگران کمک نمایید.

### قسمت سوم: پس از وقوع زلزله چه باید کرد؟

- 1- هنگام حرکت در مناطقی که در آنجا شیشه شکسته شده یا آوار ریخته کفش بپوشید.
  - 2- در یافتن زخمی ها و معرفی آنها به نیروهای امدادی کمک کنید.
  - 3- ساختمان محل کار یا تحصیل و با زندگی خود را از نظر آتش سوزی باز بینی کنید.
  - 4- کلیه وسایل برقی ، گازی ، لوله های آب و سیم های برق را بازدید کنید و در صورت لزوم جریان آنها را قطع نمایید.
  - 5- برای تکانهای بعدی به نام پس لرزه آماده باشید و زلزله را کاملاً تمام شده تلقی نکنید بنابراین موارد قسمت اول را یعنی(قبل از وقوع زلزله را) در نظر داشته باشید.
  - 6- در صورتیکه آب قطع شده باشد آب مورد نیاز را از چاه یا آبگرمکن و یا منابع مشابه تهیه کنید.
  - 7- از ازدحام در مناطق آسیب دیده بپرهیزید و مسیرها را جهت عبور وسائط نقلیه امداد و کمک رسانی باز نگه دارید و با ستادهای امداد رسانی همکاریهای لازم را داشته باشید.
- به خاطر داشته باشید که اجرای دستورالعمل های بالا و تمرین آنها می تواند ایمنی شما را هنگام وقوع زلزله تا حدود قابل ملاحظه ای تامین نماید.
- در این جا بحث خود خاتمه می دهم و از درگاه احدیت سلامتی ، آرامش و روزهای خوب و بانشاطی را برای همه ملت عزیز ایران آرزو می نمایم.

---

### منابع و ماخذ:

مبانی زمین شناسی از آقای دکتر رسول اخروی  
زمین شناسی عمومی آقایان سیروس شفیعی\_حسن مدنی

---

تایپ این کتاب در ساعت 12:50 به پایان رسید.

خرمه روزان بدارید.

*FIERY\_68@YAHOO.COM*