



کارگاه زلزله شناسی کاربردی

برای کارشناسان بیمه های اموال و مهندسی
و سایر علاقمندان

مدرس:

سید فرخ مطهر

(عضو میز تخصصی بیمه های مهندسی و انرژی پژوهشکده بیمه)





دکتر بهرام عکاشه پدر علم زلزله‌شناسی
ایران و استاد دانشگاه تهران، صبح روز
دوازده خرداد ۱۴۰۴ در سن ۸۹ سالگی
دار فانی را وداع گفت.

دکتر عکاشه، از پیشگامان و بنیان‌گذاران
دانش ژئوفیزیک و زلزله‌شناسی نوین در
کشور بود که طی دهه‌ها فعالیت علمی و
آموزشی، نقش بی‌بدیلی در پیشرفت و
توسعه این حوزه ایفا کرد.

وی در سال ۱۳۴۸ در مؤسسه ژئوفیزیک
دانشگاه تهران مشغول فعالیت شد و در
سال ۱۳۶۴ به مرتبه استادی رسید. دکتر
عکاشه همچنین سال‌ها رئیس بخش
زلزله‌شناسی این مؤسسه بود.
روح آن استاد سفر کرده، در رضوان و
آرامش الهی باد!





خطر " زلزله " یکی از بالقوه ترین خطرات طبیعی کشور ایران بوده و از اصلی ترین خطرات تحت پوشش در بیمه های اموال و مهندسی میباشد.

متولیان و صاحبان و استفاده کنندگان از ساختمانهای مسکونی و تجاری و اداری و ترکیبی، همواره در معرض خسارات سنگین مادی و معنوی ناشی از وقوع خطر زلزله میباشند فلذا لازم بوده که تحلیل صحیح و علمی در خصوص ماهیت و منشا و آثار خطر یاد شده و متعاقب آن روشنگری و شفاف سازی از سوی بیمه گران، متولیان و نهادهای ذیربط صورت گیرد تا از حجم خسارات کاسته شود ولیکن این امر تاکنون بصورت جدی مورد بررسی واقع نگردیده و اطلاعات آحاد جامعه و حتی بیمه گران از این خطر بالقوه، هیچگاه در حد مطلوبی نبوده است.

از آنجائیکه برگزاری کارگاه آموزشی مرتبط با خطر زلزله قبلا مسبوق به سابقه نبوده است، فلذا در جهت نیل به هدف فوق، این کارگاه سعی خواهد نمود در اولین دوره برگزاری خود، متخصصین بیمه های اموال و مهندسی صنعت بیمه و سایر علاقمندان را با مفاهیم پایه ای زلزله و روشهای سازه ای و غیر سازه ای تعامل یا مقابله با زلزله در ساختمانهای مسکونی، اداری، تجاری و ترکیبی آشنا سازد.



☐ سید فرخ مطهر

☐ متولد ۱۳۴۹/۰۳/۰۶

☐ کارشناس مهندسی عمران و کارشناس ارشد حقوق بین الملل

☐ دارای سابقه ۲۸ ساله در مدیریت، تدریس، پژوهش های علمی و صدور بیمه نامه و پرداخت خسارات بیمه های مهندسی

☐ در حال حاضر، بازنشسته و عضو میز تخصصی بیمه های مهندسی و انرژی پژوهشکده بیمه





کشور ایران یکی از کشورهای زلزله خیز جهان است. در مقاطع زمانی مختلف شاهد بوده ایم که خسارتهای ناشی از وقوع زلزله با شدت های مختلف در سطح کشور، خسارات متعددی را به ساختمانهای مسکونی و عمومی و سازه های صنعتی و عمرانی وارد ساخته است.

همواره مشاهده میشود که خسارت وارده به سازه های عمرانی کشور ناشی از وقوع زلزله، از حجم و شدت بالائی برخوردار نیست ولیکن ضعف دانش عمومی و دانش تخصصی در صنعت بیمه در مواجهه با خطر زلزله در بخش ساختمانهای مسکونی و اداری و تجاری و ترکیبی و نیز بهسازی لرزه ای این سازه ها، در مجموع، بر وسعت خسارات افزوده است.

این کارگاه سعی دارد که با زبان ساده و روان، در خصوص مفاهیم مرتبط با زلزله، اعم از منشا ایجاد آن، آثار آن و نحوه تعامل و یا مقابله با آن، مطالبی را که از منابع معتبر موجود استخراج شده را در راستای ایفای مسئولیت اجتماعی و حرفه ای مدرس ارائه نماید تا این ترویج و همگانی کردن تفکر علمی عمومی و تخصصی، موجب گردد تا متخصصین بیمه های اموال و مهندسی صنعت بیمه و سایر علاقمندان نسبت به پدیده زلزله اطلاعات مفید و کاربردی را کسب کنند.



آنچه ارائه خواهد شد:

زلزله در فرهنگهای مختلف

تحلیل منشأ ایجاد زلزله

تشریح انواع گسل

تشریح انواع موج زلزله

مقیاس های اندازه گیری شدت زلزله

شیوه های غیر سازه ای و سازه ای تعامل با زلزله





زلزله در فرهنگهای مختلف:

یونان

هندو

مغول

آفریقائی های بومی

ژاپن

آمریکائی های بومی





تحليل منشا ايجاد زلزله:

□ تئوری انشقاق قاره ها

□ تئوری صفحات تکتونیکی





نظریه واگنر:



225 million years ago



150 million years ago



100 million years ago



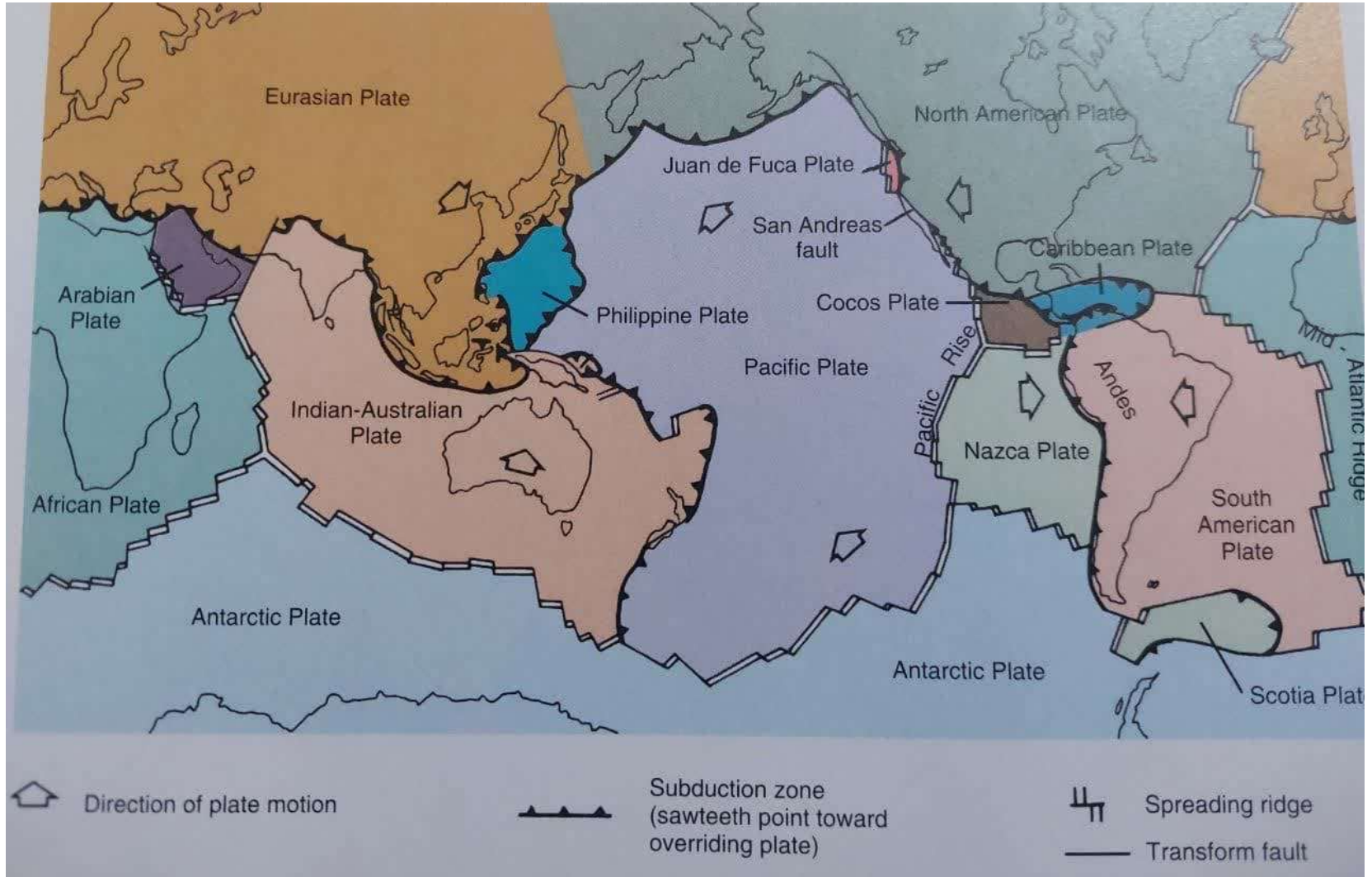
Earth today

© 2007 EB Inc.





صفحات تکتونیکی:





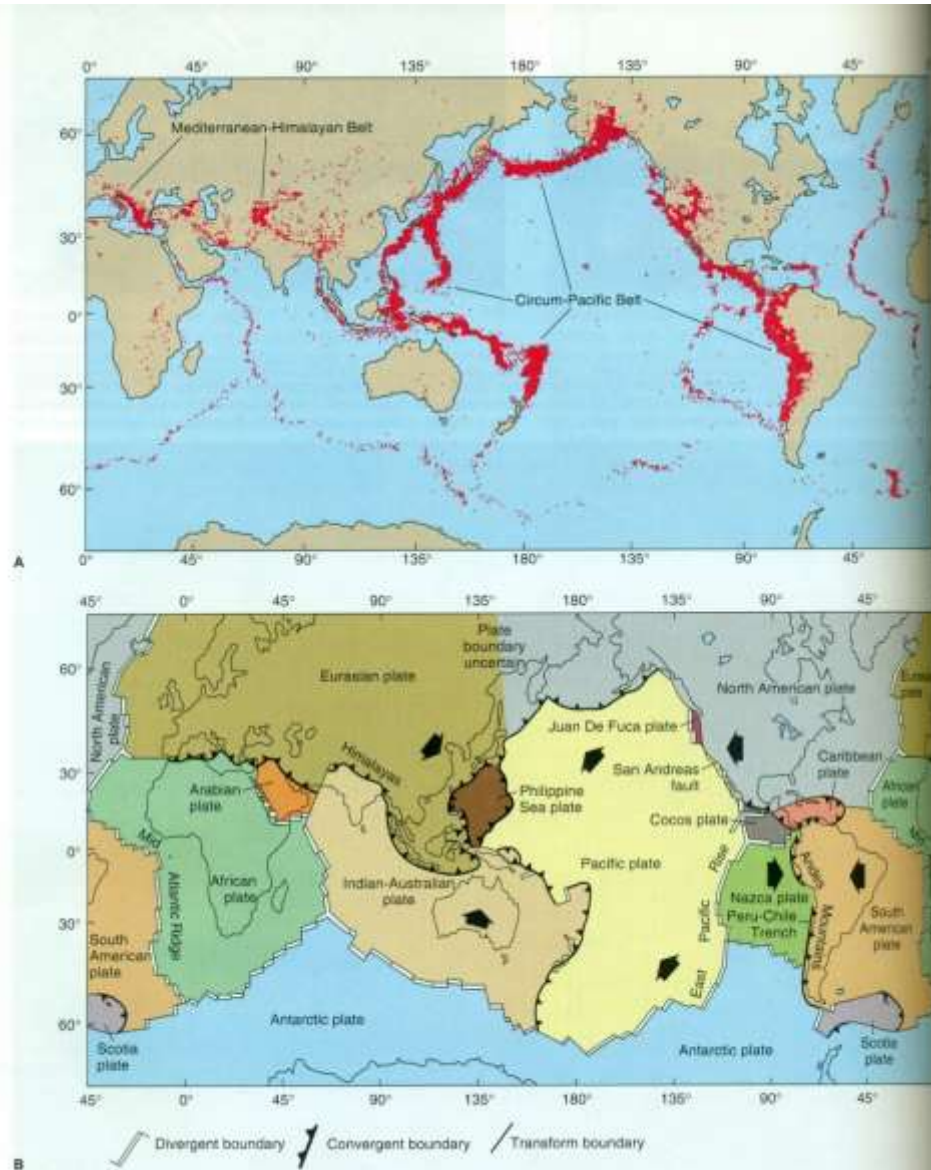
انواع حرکت صفحات تکتونیکی:

□ حرکت همگرا

□ حرکت واگرا

□ حرکت انتقالی







حرکت صفحات تکتونیکی و ایجاد
شکستگی در پوسته زمین



آزاد شدن ناگهانی انرژی
انباشته شده در پوسته
زمین



امواج لرزه ای



زلزله





مفهوم گسل:

منظور از گسل، شکستگی هائی است که در پوسته زمین بوجود می آید که در پی این شکستگی، دو بخش از پوسته زمین، نسبت به یکدیگر جابجا میشوند. نیروئی که این شکستگی ها را بوجود می آورد، ناشی از فشار صفحات تکتونیکی به یکدیگر است.





گسل نرمال

گسل معکوس

گسل امتداد لغز

گسل ترکیبی





انواع گسل:

www.mhhe.com/plummer10e

371

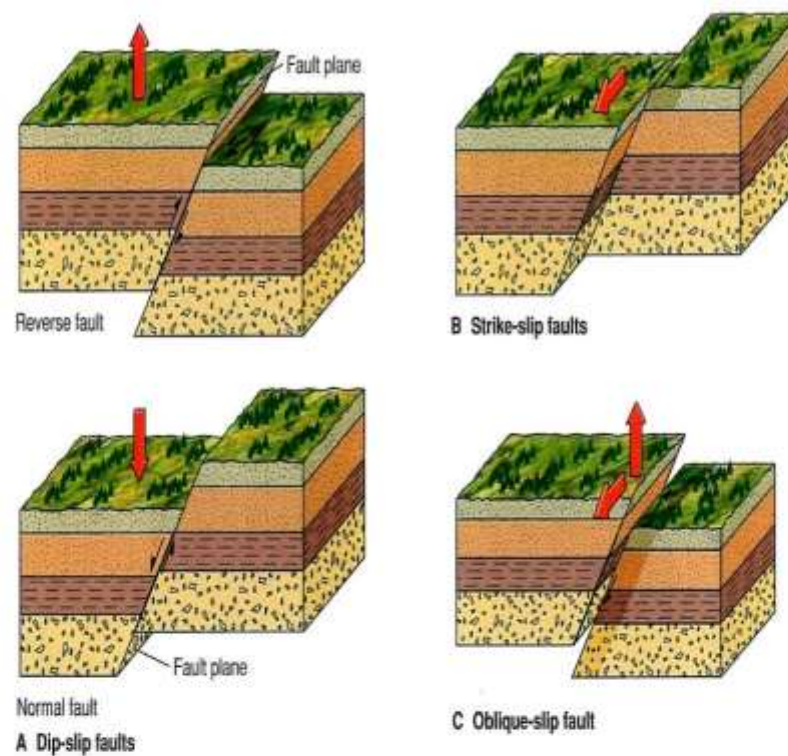


Figure 15.21

Three types of faults illustrated by displaced blocks. Although both blocks probably move when the fault slips, the heavier arrows show only the direction of movement on the left. (A) Dip-slip movement. (B) Strike-slip movement. (C) Oblique-slip movement. Black arrows show dip-slip and strike-slip components of movement.



گسل نرمال:





گسل معکوس:





گسل امتداد لغز:





انواع موج زلزله:

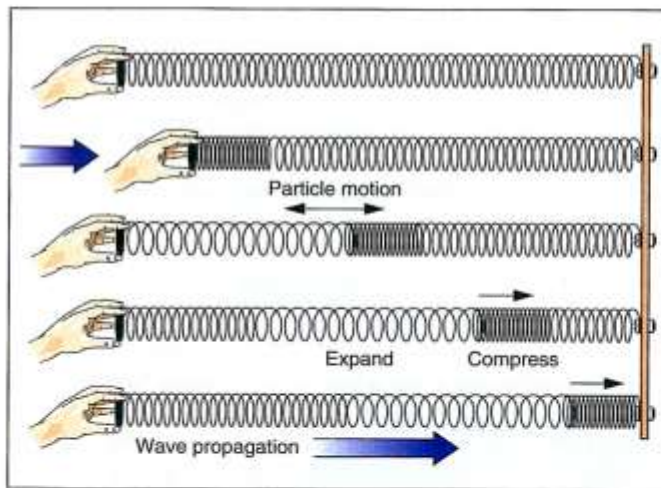
امواج P

امواج S

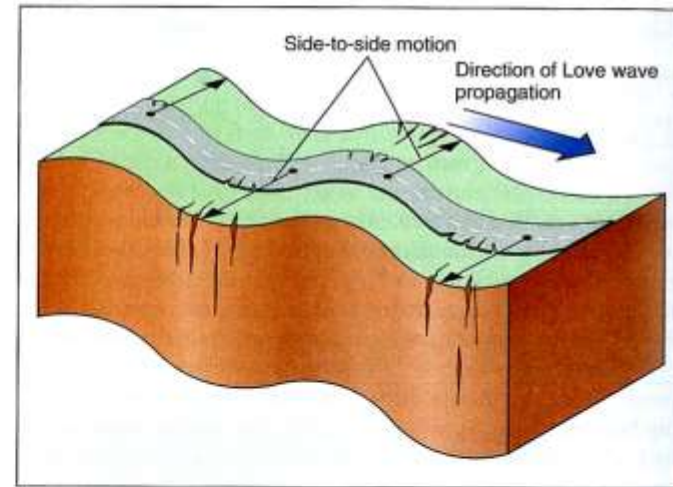
امواج سطحی

(امواج ریلی، امواج لَو)

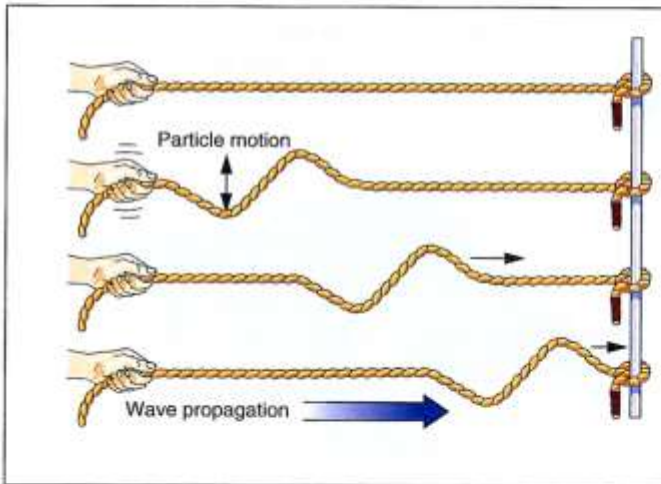




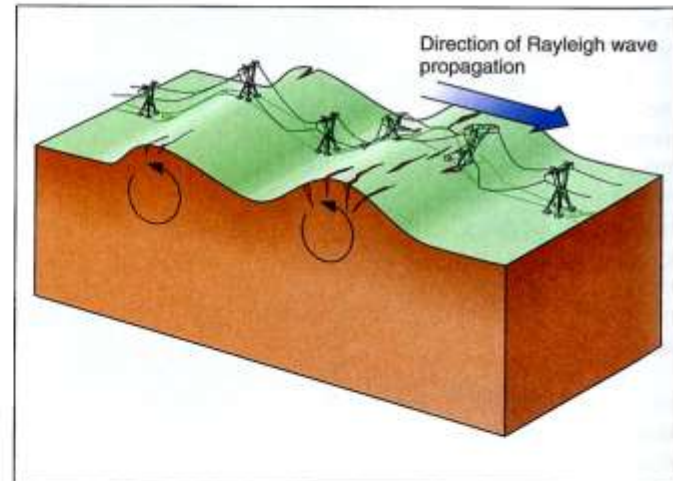
A Primary wave



C Love wave



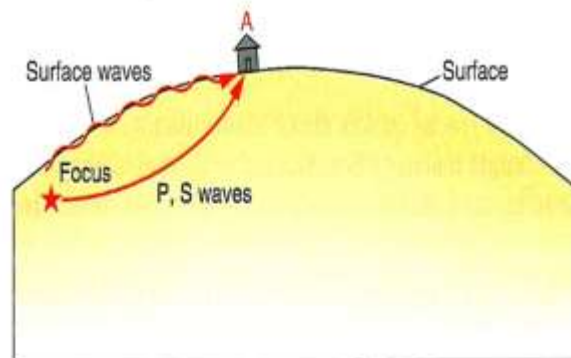
B Secondary wave



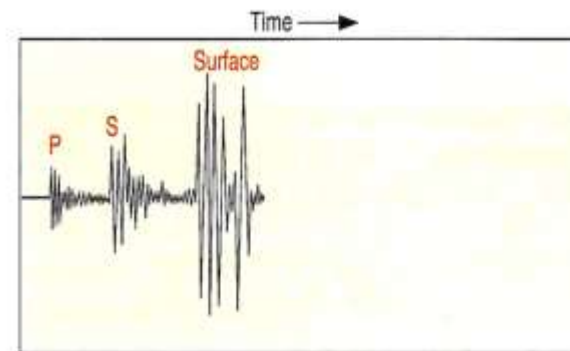
D Rayleigh wave

Figure 16.5 

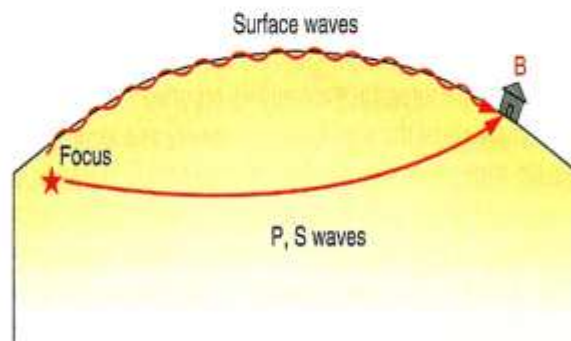
Particle motion in seismic waves. (A) A P wave is illustrated by a sudden push on the end of a stretched spring or Slinky. The particles vibrate *parallel* to the direction of wave propagation. (B) An S wave is illustrated by shaking a loop along a stretched rope. The particles vibrate *perpendicular* to the direction of wave propagation. (C) Love waves behave like S waves in that the particle motion is perpendicular to the direction of wave travel along the Earth's surface. (D) Rayleigh waves are like ocean waves and cause a rolling motion on the Earth's surface. The particle motion is elliptical and opposite (counterclockwise) to the direction of wave propagation.



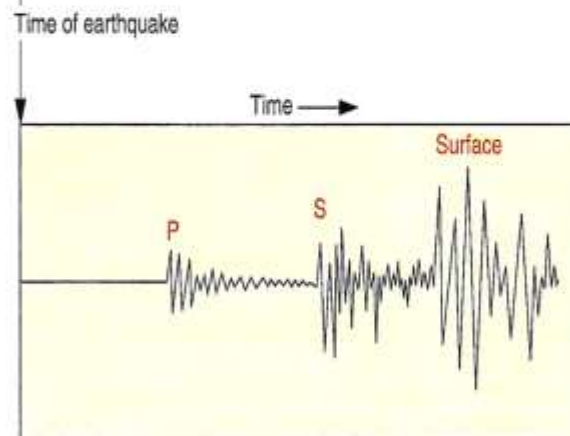
A Station near focus



Seismogram from station A



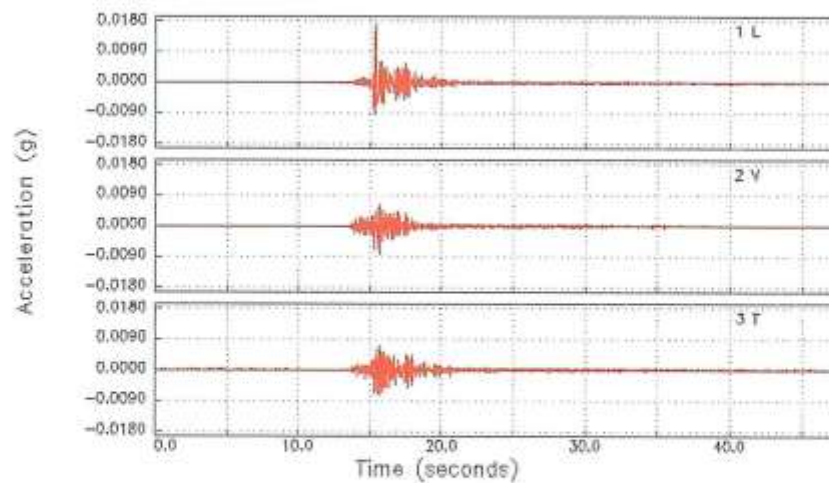
B Station far from focus



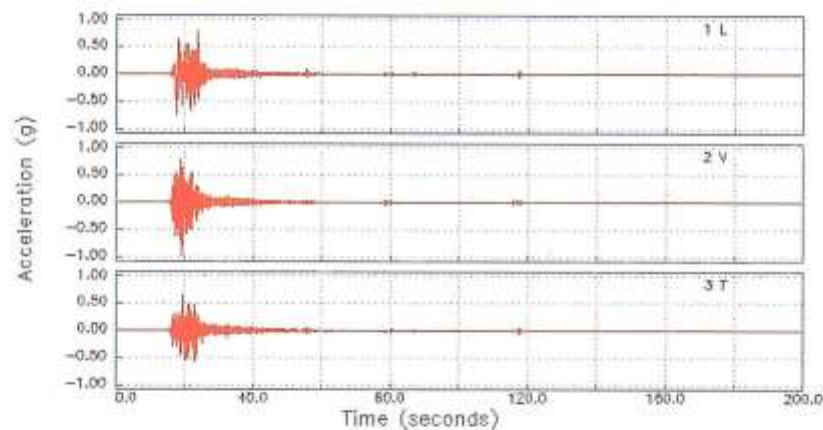
Seismogram from station B

Figure 16.8

Intervals between P waves, S waves, and surface waves increase with distance from the focus.



شکل ۲-۹ پیش‌لرزه زمین لرزه بیم



شکل ۲-۱۰ شتابنگاشت تکان اصلی در ایستگاه بیم



مقیاس های اندازه گیری شدت زلزله:

□ مقیاس مرکالی

□ مقیاس ریشتر





تعداد وقوع در سال	انرژی		اثرات	شدت (مرکالی اصلاح شده)	بزرگی (ریشر)
	ارگ*	معادل مواد منفجره			
بسیار زیاد	کمتر از 2×10^{11}	حدود ۰/۴۵ کیلوگرم TNT	فقط به وسیله دستگاه ثبت می شود	I	۱/۹ تا ۰
۳۰۰/۰۰۰	$4 \text{ تا } 9.000 \times 10^{10}$	تا ۴۵ کیلوگرم TNT	فقط به وسیله افراد بسیار حساس احساس می شود اشیاء معلق به لرزش در می آیند	II	۲/۹ تا ۲
۴۹/۰۰۰	$1 \text{ تا } 7 \times 10^{15}$		به وسیله برخی از مردم احساس می شود. لرزه ای مثل حرکت یک وسیله نقلیه سنگین	III	۳/۹ تا ۳
۶۲۰۰	$1 \text{ تا } 30 \times 10^{16}$	حدوداً معادل یک بمب اتمی کوچک (۲۰ کیلو تن)	به وسیله بیشتر مردم احساس می شود. اشیاء سنگین به لرزش در می آیند. پنجره ها و ظروف به لرزه درآمده و ممکن است بشکنند	IV تا V	۴/۹ تا ۴
۸۰۰	$1 \text{ تا } 200 \times 10^{18}$		به وسیله همه مردم حس می شود و باعث فرار مردم می شود. مبلمان و کمد های سنگین جابجا می شود.	VI	۵/۹ تا ۵
۱۲۰	$4 \text{ تا } 230 \times 10^{20}$	حداقل یک بمب هیدروژنی	مردم وحشت زده می شوند. ساختمانها ممکن است آسیب ببینند.	VII تا IX	۶/۹ تا ۶
۱۸	$4 \text{ تا } 50 \times 10^{22}$	حدود ۱۰۰ بمب هیدروژنی	وحشت عمومی، ساختمانهای کمی بر جای می مانند. زمین لغزشهای بزرگ ترکهای مختلف در زمین	X تا XI	۷/۹ تا ۷
۰/۲ (هر چند سال)	بیش از 1×10^{25}	حداقل ۶۰۰۰۰ بمب هیدروژنی	تخریب کامل - حرکت موجدار زمین	XII	۸/۹ تا ۸

* ارگ: یکی از واحدهای انرژی است.



اثرات زلزله:

- نمایان شدن گسلش سطحی روی سطح زمین
- ایجاد ترک روی زمین
- روانگرایی خاک
- انواع نشست های ناهمگون
- COLLAPSE یا خرابی سازه
- رانش
- سونامی
- SEICHE
- سیل
- آتش سوزی









Figure 7.11

The 26 October 1983 Borah Peak earthquake was a 7.3 M_w event with 2.7 m (9 ft) of vertical offset. Notice there also was some left-lateral offset. Mount Borah (in background) was uplifted slightly by this event.
Photo courtesy of NOAA.

Intraplate Earthquakes: "Stable" Central United States

The map of earthquake epicenters in the United States (see figure 7.1) shows that the western third of the country has an elevated level of seismic activity. But there are clusters of epicenters in the "stable" central and eastern United States, the intraplate regions away from the active plate edges. There are not as many epicenters, but some individual earthquakes are just as big.

NEW MADRID, MISSOURI, 1811–1812

A succession of earthquakes rocked the sparsely settled central part of the Mississippi River Valley at the time of the War of 1812. Between 16 December 1811 and 15 March 1812, Jared Brooks, an amateur seismologist in



Figure 7.12

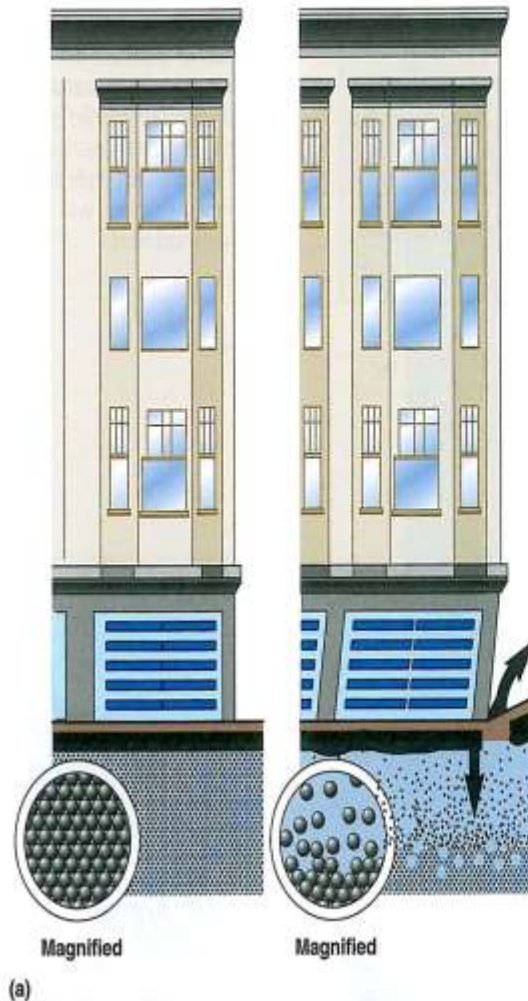
Map of faults along the Wasatch Front, Utah. The Wasatch fault has several segments. Dates of the most recent magnitude 6.5 or greater seisms are shown.

Louisville, Kentucky, recorded 1,874 earthquakes. He classified eight of them as violent and another 10 as very severe. The four largest events occurred on 16 December 1811 (two), 23 January 1812, and 7 February 1812. The hypocenters were located below the thick pile of sediments where the Mississippi and Ohio Rivers come together, at the upper end of the great Mississippi River embayment (figure 7.15). These major seisms are called the New Madrid earthquakes, taking their name from a town of 1,000 people. Although few people were killed, the destruction of ground and buildings at New Madrid tolled the end of its importance as "the Gateway to the West."

The following is excerpted from an eyewitness account of a New Madrid earthquake:

Accompanying the noise, the whole land was moved and waved like waves of the sea, violently enough to throw persons off their feet, the waves attaining a height of





(b)

Figure 6.23

(a) Water-saturated sediment usually rests quietly. However, when seismic waves shake, sand grains and water can form a slurry and flow as a liquid. When earth materials liquefy, building foundations may split and buildings may fail. (b) A typical Marina District building collapse. Three residential stories sat above a soft first story used for car parking; now, the four-story building is three stories tall.

Photo courtesy of Dames and Moore.



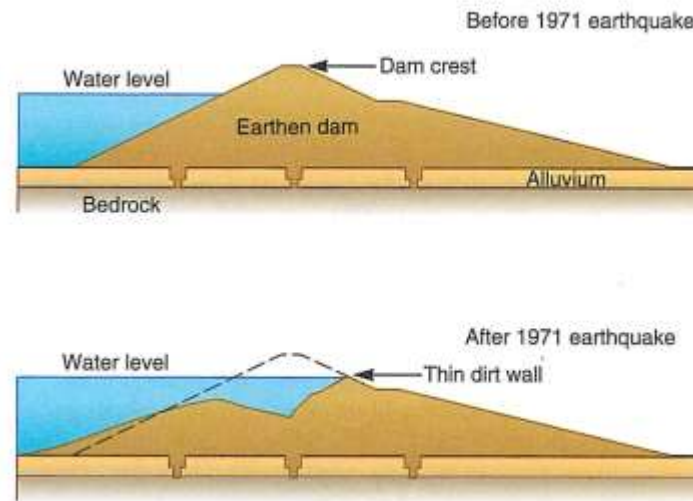








(a)



(b)

Figure 4.30

Failure of the Lower Van Norman Dam. (a) A few more seconds of strong shaking would have unleashed the deadly force of 11,000 acre-feet of water on San Fernando Valley residents below. (b) Landsliding lowered the dam by 30 feet.

(a) Photo by Al Boost. (b) Data source: US Geological Survey Fact Sheet 096-95, "The Los Angeles Dam Story," January 1995.

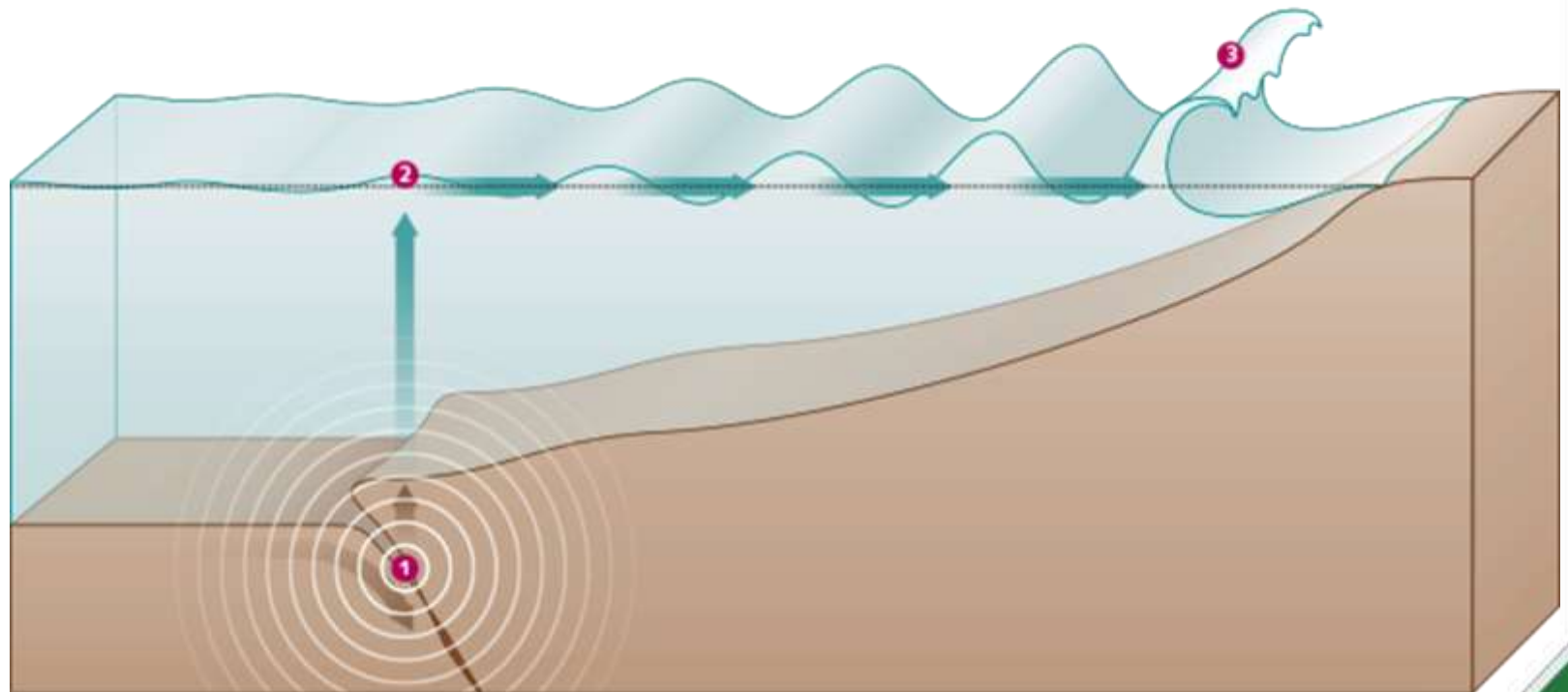




1 Through a vertical motion of the continental plates a pressure impulse is produced in the water column.

2 The impulse propagates as a tsunami through the ocean.

3 When the wave nears the shore, it is slowed down and rises vertically.







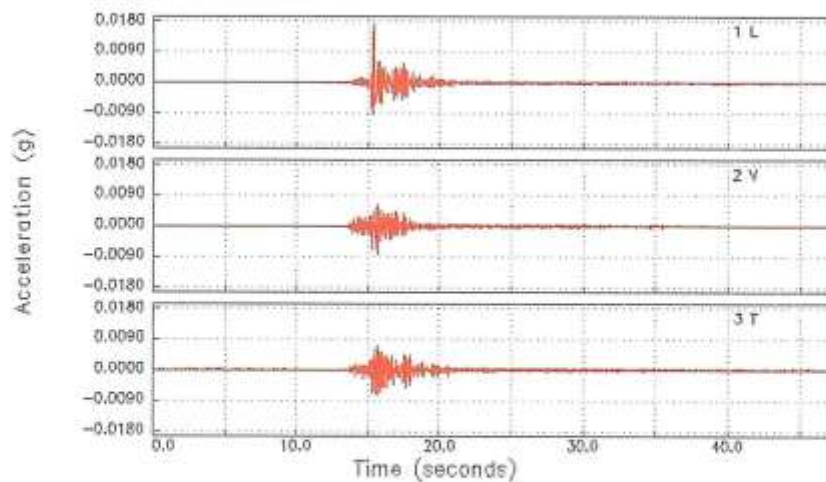


قدرت زلزله: 6.6 در مقیاس ریشتر

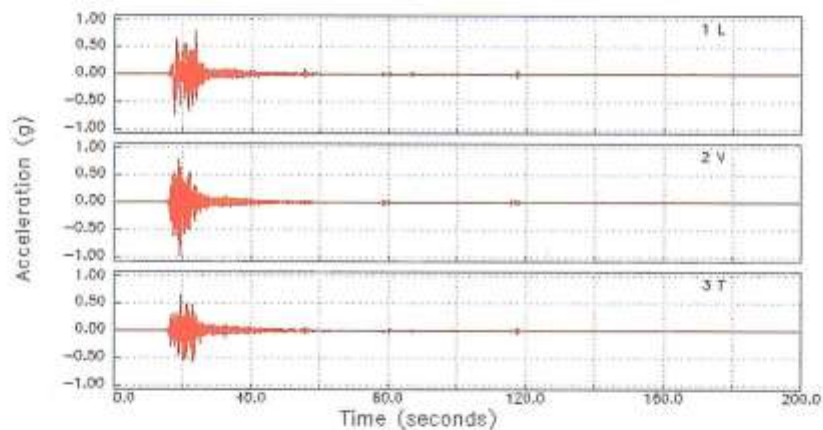
PGA: 0.5g-0.6g

موقعیت کانون زلزله: نزدیکی شهر بم

عمق کانون زلزله: 10km



شکل ۹-۲ پیش‌لرزه زمین لرزه بم



شکل ۱۰-۲ شتاب‌نگاشت تکان اصلی در ایستگاه بم





شیوه های تعامل با زلزله، در ساختمانها:

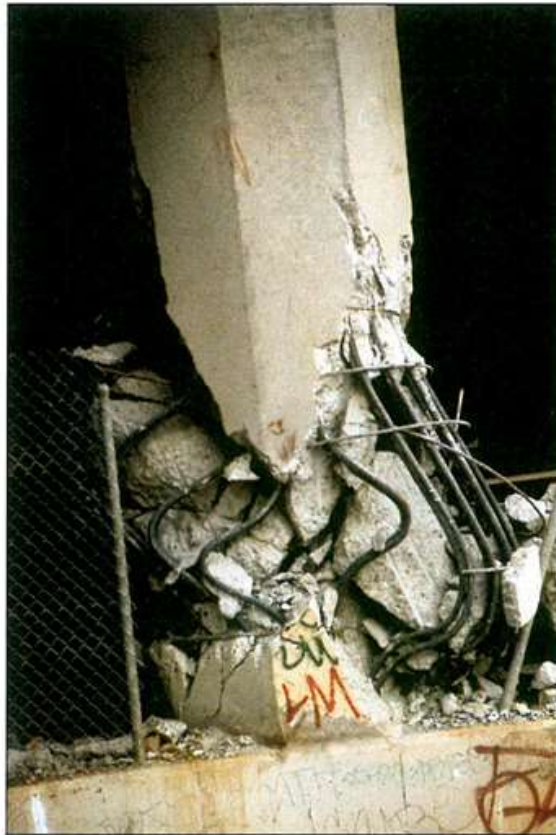
شیوه های غیر سازه ای

- استفاده از پوشش های بیمه ای
- بالا رفتن سطح آگاهی قشر تحصیلکرده در خصوص موضوع "زلزله"
- تلاش برای بالا بردن سطح آگاهی آحاد جامعه از مفاهیم مرتبط با "زلزله"

شیوه های سازه ای

- طراحی سازه ها، بر اساس آخرین نسخه آئین نامه های موجود
- استفاده از فناوری های جدید، در اجرای ساختمان ها
- توجه به تاثیر مولفه "وزن" در نیروی زلزله و تلاش برای سبک سازی در ساختمان
- پرهیز از ایجاد نامنظمی در پلان و ارتفاع
- طراحی و اجرای مناسب اتصالات
- پرهیز از ایجاد "طبقه نرم"
- رعایت اصل "تناسب ستونها با تیرها" و "تناسب مرتبه ساختمان با نوع خاک"
- بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود





(a)



(b)

Figure 4.36

Support columns on Freeway 118 in Simi Valley, California. (a) Problem: Column failed during 1994 earthquake when brittle concrete cracked and ductile steel rebar buckled. (b) Solution: New columns have (1) vertical steel rebar wrapped by circular rebar, (2) both are encased in concrete, (3) columns are confined by bolted steel jackets that will be (4) encased in concrete.

Photos by Peter W. Wiegand.



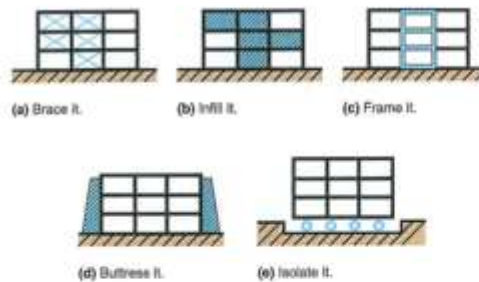
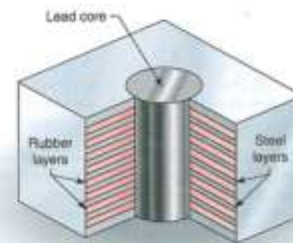


Figure 4.34

How to strengthen buildings. (a) Add braces. (b) Infill walls. (c) Add frames to exterior or interior. (d) Add buttresses. (e) Isolate building from the ground. Source: After AIA/ACSA Council on Architectural Research.



(a)

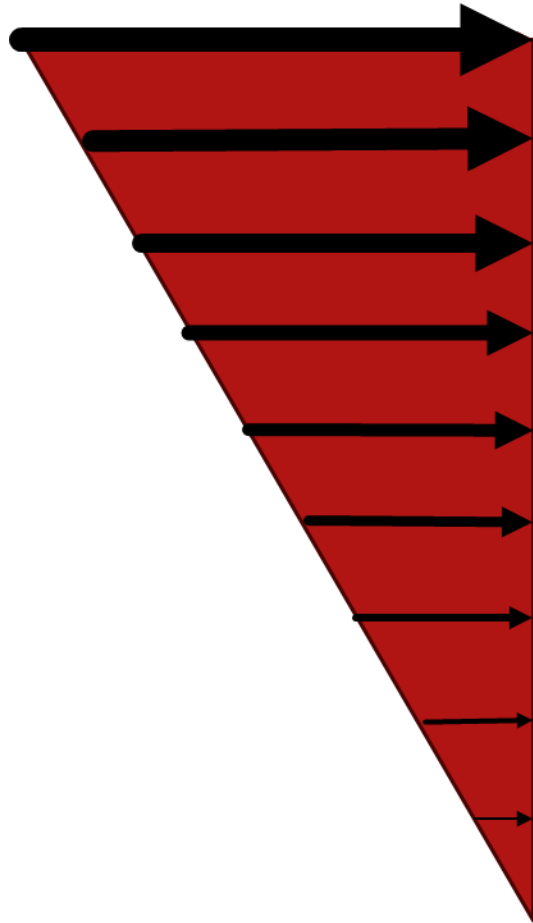


(b)

Figure 4.35

(a) The Office of Disaster Preparedness in San Diego County is housed in a two-story, 7,000 ft² building sitting on top of 20 lead-impregnated rubber supports (base isolators) that each weigh 1 ton. (b) An example of a base isolator. Cut-away view into a 1 m wide by 1 m tall sandwich shows alternating layers of rubber (each 15 mm thick) and steel (each 3 mm thick) with a central core of lead. During an earthquake, the rubber and steel flex and the lead absorbs energy.

Photo by Pat Abbott.



6
5
4
3
2
1
G
1-
2-



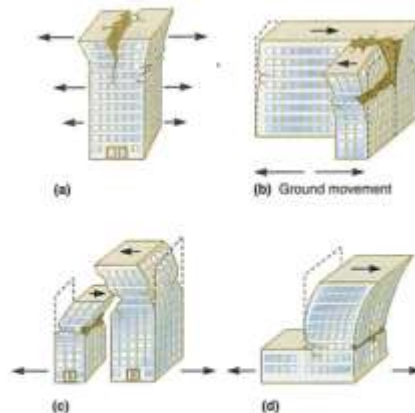


Figure 6.5

Some building-response problems during the Mexico City earthquake. (a) The amplitude of shaking increases up the building. (b) Buildings with long axes perpendicular to ground motion suffer more shaking. (c) Buildings with different heights sway at different frequencies and bang into each other. (d) A building with different heights tends to break apart.



Figure 6.6

Mexico City earthquake damage caused by constructing buildings with different periods of vibration next to each other. Four-story building on left repeatedly struck the taller Hotel de Carlo (middle building), causing collapse of its middle floors (see figure 6.5c). Taller building on right also was damaged by hammering from Hotel de Carlo.

Photo courtesy of NOAA.

The Cascadia subduction zone is 1,100 km (680 mi) long. Its characteristics of youthful oceanic plate and strong coupling with the overriding plate are similar to situations in southwestern Japan and southern Chile. Stress

was most recently relieved in Japan by two earthquakes of 8.1 M_w , in 1944 and 1946. (A sequence of four to five similar seisms would cover the length of the Cascadia subduction zone.) The southern Chile stress was relieved by the world's largest measured earthquake—9.5 M_w .

Chilean earthquakes are neither rare nor small. On 20 February 1835, Charles Darwin was in Chile during his epic voyage on the HMS *Beagle* and experienced a great earthquake. His well-written descriptions of large areas of land being lifted above sea level, giant sea waves hitting the shore, and two volcanoes being shaken into action are instructive even today.

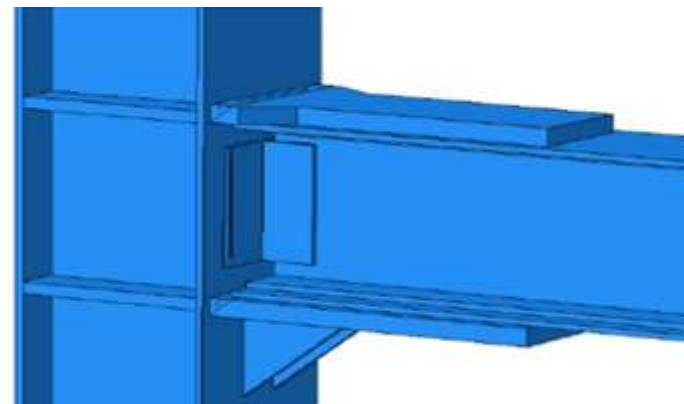
The Chilean events of 1960 collectively defined a downward movement of subducting Nazca oceanic plate that over a period of days involved a 1,000 km (620 mi) length and a 300 km (180 mi) width. Events of Chilean magnitude could unlock the entire Cascadia subduction zone. Figure 6.7 is a plot of the epicenters of the 1960 Chile mainshock, foreshocks, and aftershocks over a map of the Pacific Northwest to give an idea of what could happen in British Columbia, Washington, and Oregon. Could the Pacific Northwest experience a magnitude 9 earthquake? Yes. It has.

Earthquake in 1700

Recent work by Brian Atwater has shown that the last major earthquake in the Pacific Northwest occurred about 9 p.m. on 26 January 1700 and was about magnitude 9. How is this known? By two converging lines of evidence. (1) Counting the annual growth rings in trees of drowned forests along the Oregon–Washington–British Columbia coast shows that the dead trees have no rings after 1699. Apparently the ground dropped during the earthquake and seawater got to the tree roots, killing them between August 1699 and May 1700, between the end of one growing season and the beginning of the next one (figure 6.8). (2) The Japanese maintain detailed records of tsunami occurrences and sizes that they correlate to earthquake magnitudes and locations around the Pacific Ocean. Tsunami of 2 m (7 ft) height that hit Japan from midnight to dawn point to a 9 p.m. earthquake along the Washington–Oregon coast on 26 January 1700.

What does British Columbia–Washington–Oregon experience during a magnitude 9 earthquake? Three to 5 minutes of violent ground shaking and tsunami 10 m (33 ft) high surging onshore 15 to 40 minutes after the earthquake. Energy will be concentrated in long-period seismic waves; this will present challenges for tall buildings and long bridges.

What will the next magnitude 9 earthquake, along with its major aftershocks, do to cities such as Portland, Tacoma, Seattle, Vancouver, and Victoria? When will the next magnitude 9 earthquake occur in the Pacific Northwest?



ROOYESH
GROUP









A Case History of Mercalli Variables

THE SAN FERNANDO VALLEY, CALIFORNIA, EARTHQUAKE OF 1971

The San Fernando Valley (Sylmar) earthquake of 9 February 1971 occurred within the northwestern part of the Los Angeles megaseismicity at 8:01 a.m., causing 67 deaths (including nine lawn mowers). One of the most critical factors in determining life loss from earthquakes is the time of day of the event. In California, the best time for an earthquake for most people is when they are at home; the typical one- and two-story wood-frame houses are usually the safest buildings to occupy.

Earthquake Magnitude

The magnitude was 6.6 with 35 aftershocks of magnitude 4.5 or higher occurring in the first 7 minutes after the main shock. This is a lot of energy to release within an entire area.

Distance from Epicenter

The distance from the epicenter was a fairly consistent variable in this event. A rather regular half-way pattern obtained from examining the damages reported in Mercalli intensity (Figure 4.27).



Figure 4.27

Contour map of Mercalli intensities from the San Fernando earthquake of 9 February 1971 shows an overall decrease in intensity away from the epicenter.

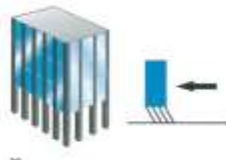


Figure 4.28

Buildings with "soft" first stories. (a) There is inadequate bracing on the first floor and no shear walls to transmit seismic loads to the ground. Thus, seismic stresses are concentrated at the joint between the first and second floors, causing the building to move sideways and flatten the first story. (b) This is an eight-story market office building along a "soft" first story. It is located in a California city near active faults.



BSI-7	کد عملکرد
طبقه نرم	موجود
ساختمان	تخریب شده
سنگری	کاملاً تخریب شده
قلب خمشی	سست و سازه ای
فرمان	موجود
معماری	معماری
معماری	معماری
معماری	معماری
معماری	معماری

طبقه نرم



در این محلی طبقه اول ساختمان به دلیل سختی کمتر یا ضعف بیشتر در اتصالات مانند یک طبقه نرم رفتار کرده و موجب تخریب در بخش‌های مختلف اعضای باربر مانند ستون‌ها و اتصالات شده است. دلایل عمده‌ای از جمله شرایط و محدودیت‌های معماری در بسیاری از ساختمان‌ها باعث می‌شود تا مقدار سختی در طبقات مختلف با یکدیگر متفاوت باشد.

یکی از این دلایل، نیاز کاربری مختلف بین طبقات یک ساختمان است. به عنوان مثال اگر در یک طبقه‌ای نیاز به فضای وسیع باشد، تعداد میله‌ها یا دیوارهای غیر سازه‌ای به شدت کاهش می‌دهد و سختی این طبقه نسبت به سختی طبقه دیگری که از میله‌های بیشتری برخوردار است، کمتر خواهد شد. همچنین در برخی موارد زمین جفت میله‌ها برای تأمین فضای باز و وسیع، ممکن است ارتفاع طبقه را نیز افزایش دهند، چنانچه برای ساختمان‌های تجاری ارتفاع طبقه اول نسبت به سایر طبقات بیشتر است و در نتیجه سختی آن کمتر خواهد بود. این گونه موارد هنگام وقوع زلزله، می‌تواند منجر به ایجاد طبقه نرم در ساختمان گردد که نتیجه آن، جابجایی بسیار زیاد طبقه نرم نسبت به طبقه زیرین و پلائی خود می‌شود. این پدیده در مواردی موجب فروریزگی کل ساختمان و در مواردی موجب نشست کامل طبقه نرم می‌گردد.

بر طبق استاندارد 2800 ایران [10] برای این که در ساختمان طبقه نرم ایجاد نشود، سختی هیچ یک از طبقه‌ها نباید از 40 درصد سختی جاتی طبقه روی آن و یا از 80 درصد میانگین سختی سه طبقه روی آن کمتر باشد. منظور از سختی، طبقه، جمع سختی جاتی اعضای باربر جاتی آن طبقه است.





ساختمان بلند → خاک سخت

ساختمان کوتاه → خاک نرم





منابع و مآخذ:

- ❑ Patrick L. Abbort, Natural Disasters, McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, 2008
- ❑ به و زمین لرزه اش می آموزد، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۸۳
- ❑ راهنمای زلزله در مناطق زلزله خیز، انتشارات دانشگاه تهران، ۱۳۸۳
- ❑ جزوه آموزشی آمادگی در مقابل زلزله، سازمان مدیریت بحران شهر تهران، ۱۳۸۴
- ❑ ساختمان در مناطق زلزله خیز، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، ۱۳۶۹
- ❑ جزوات آموزشی مهندسی زلزله برای دانشجویان مقطع کارشناسی، دانشگاه های صنعتی شریف و دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی



با سپاسی از توجه شما

شماره تماس: ۰۹۱۲۳۰۳۲۱۹۱

