Seismic resistant design overview

Panitan Lukkunaprasit

Center of Excellence in Earthquake

Engineering and Vibration

Chulalongkorn University

http://evr.eng.chula.ac.th/earthquake

Outline

- **Chronology of important events/ milestones**
- **Lessons from past earthquakes**
- **Seismic design concept**
- **Other issues**
  - **What design spectrum?**
  - **Importance of exits/ stairways in evacuation in case of emergency**
  - **ethics**

Chronology of important events/ milestones

Year	Event	Impact
Prior to 1983 Thailand was believed to be in a non-seismic zone		
1983	M5.9 eqk. (Kanchanaburi)	- Set-up of National Eqk. Committee of Thailand in 1985
1986		- 1st draft of Ministerial Regulations on seismic resistant design
		- set-up of Eqk.Eng.& Vibration Res. Lab. at Chulalongkorn Univ. (CU-EVR)

1994 **M5.1 Phan Eqk.** **(structural damage)**

- Significantly raised public awareness

- **- Eqk. Eng. research started to increase significantly both in terms of man-power and funding**
  - 1st Ministerial Regulations on seismic resistant design promulgated in 1997 (after about 10 years since 1st draft)

1998

- TMD* seismograph network expanded to 11 digital seismograph **stations and a central data acquisition system**

~ 2000 - some important active faults in the north found to be capable of generating a M7+ eqk with a recurrence interval of 2000 yrs or more

2004 M9.0 Sumatra Eqk. - Worldwide impact (Indian Ocean Tsunami)
- Ministerial Regulations 49 amended to cover 5 more provinces with soft soil deposits

2007 M6.3, Laos eqk. - damage to buildings in Chiang-rai

กฎกระทรวง

กำหนดการรับน้ำหนัก ความต้านทาน ความคงทนของอาคาร
และพื้นดินที่รองรับอาคารในการต้านทานแรงอันสะเทือนของแผ่นดินไหว
พ.ศ. ๒๕๕๐

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๕ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ และมาตรา ๘ (๓) แห่งพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร (ฉบับที่ ๓) พ.ศ. ๒๕๔๓ อันเป็นกฎหมายที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๕ ประกอบกับมาตรา ๓๒ มาตรา ๓๓ มาตรา ๔๑ มาตรา ๔๒ และมาตรา ๔๓ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทยโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมอาคารออกกฎกระทรวงไว้ ดังต่อไปนี้

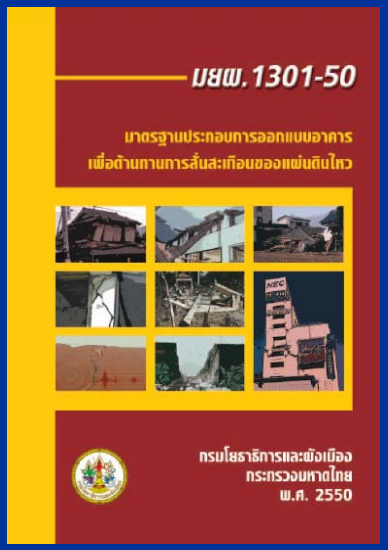
ข้อ ๑ ให้ยกเลิกกฎกระทรวง ฉบับที่ ๔๕ (พ.ศ. ๒๕๔๐) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒

ข้อ ๒ ในกฎกระทรวงนี้

"บริเวณเฝ้าระวัง" หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหว ได้แก่ จังหวัดกระบี่ จังหวัดชุมพร จังหวัดพังงา จังหวัดภูเก็ต จังหวัดระนอง จังหวัดสงขลา และจังหวัดสุราษฎร์ธานี

"บริเวณที่ ๑" หมายความว่า พื้นที่หรือบริเวณที่เป็นดินอ่อนมากที่อาจได้รับผลกระทบจากแผ่นดินไหวระยะไกล ได้แก่ กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดสมุทรสาคร

มยพ. 1301-50



เพื่อเพิ่มเติมรายละเอียดการคำนวณออกแบบอาคารในกฎกระทรวง ให้มีความสมบูรณ์และชัดเจนยิ่งขึ้น หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำไปใช้ปฏิบัติให้การก่อสร้างอาคารเป็นไปตามหลักวิชาการ เกิดความปลอดภัยสูงสุดโดยไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมากนัก

Damage to buildings – lessons from past earthquakes

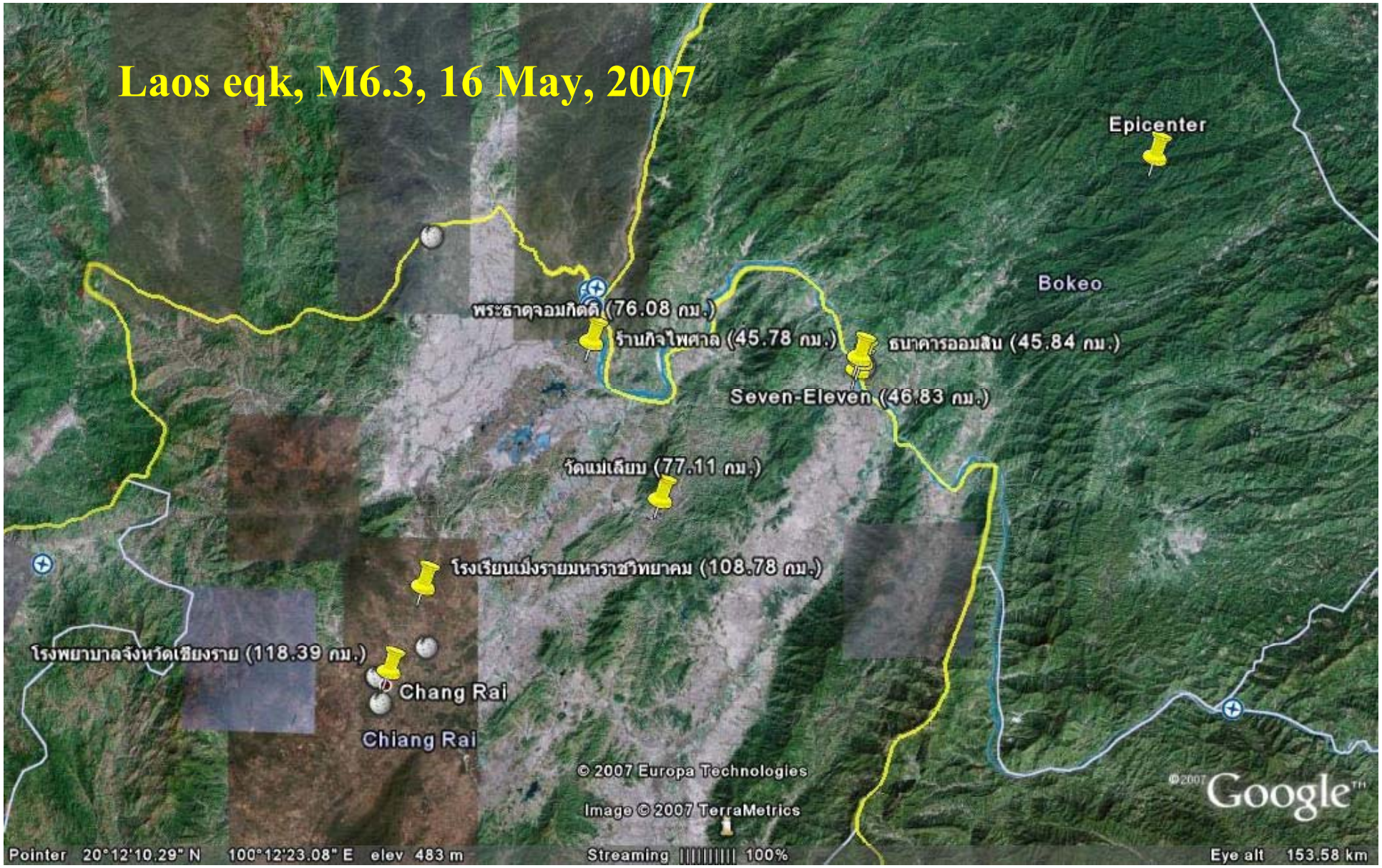
Damage to OPD RC bldg. in Phan Earthquake (Chiangrai)

Sept.1994 M 5.1 Richter R~25 km

Shear failure in short columns observed even in moderate earthquake

Damage to a newly built school building in Phan Earthquake, 1994.

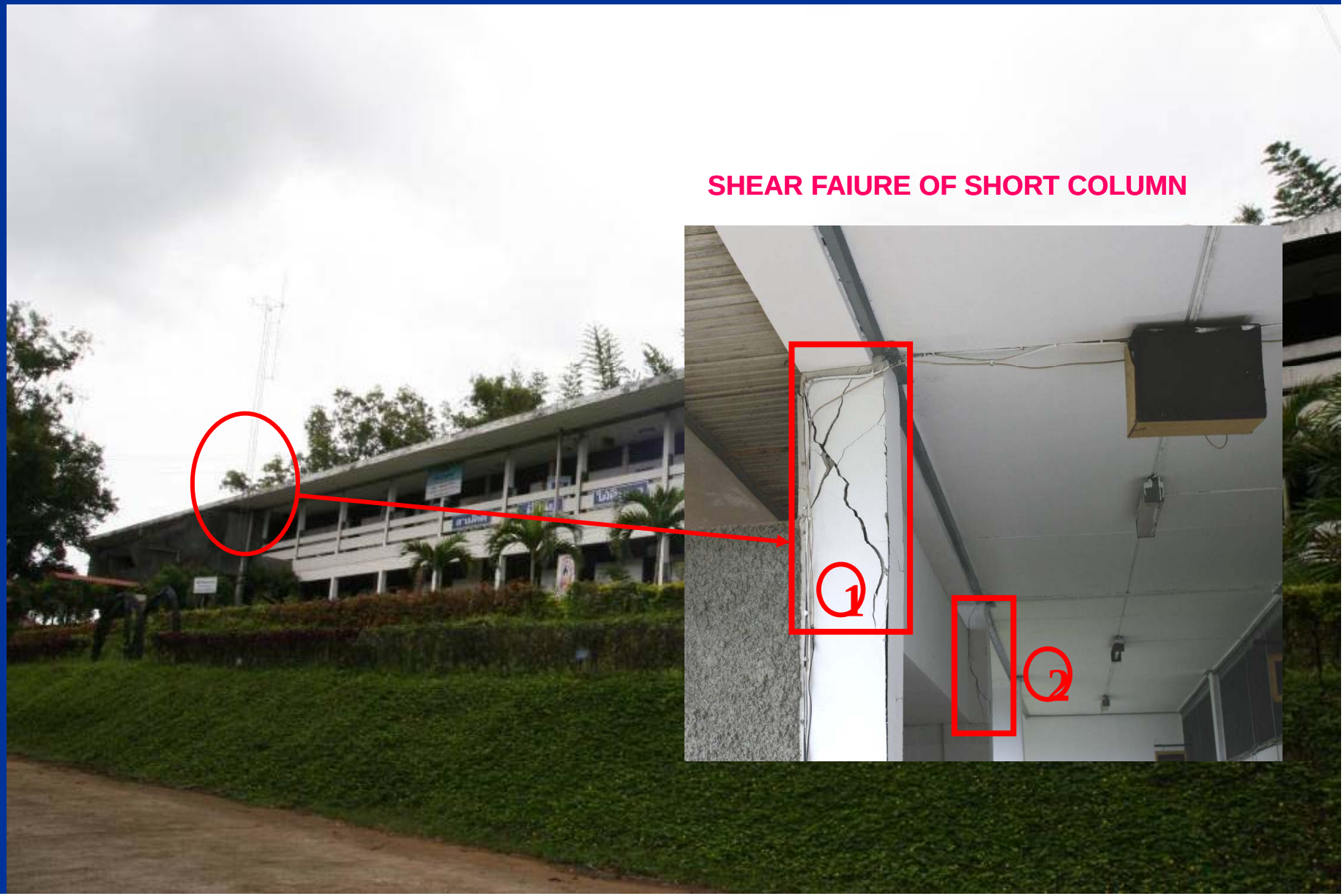
Note soft-story and torsional irregular system



จุดศูนย์กลางแผ่นดินไหวตามประกาศของกรมอุตุนิยมวิทยาและตำแหน่งอาคารที่สำรวจ (ภาพถ่ายและวัดระยะทางจาก Google Earth)

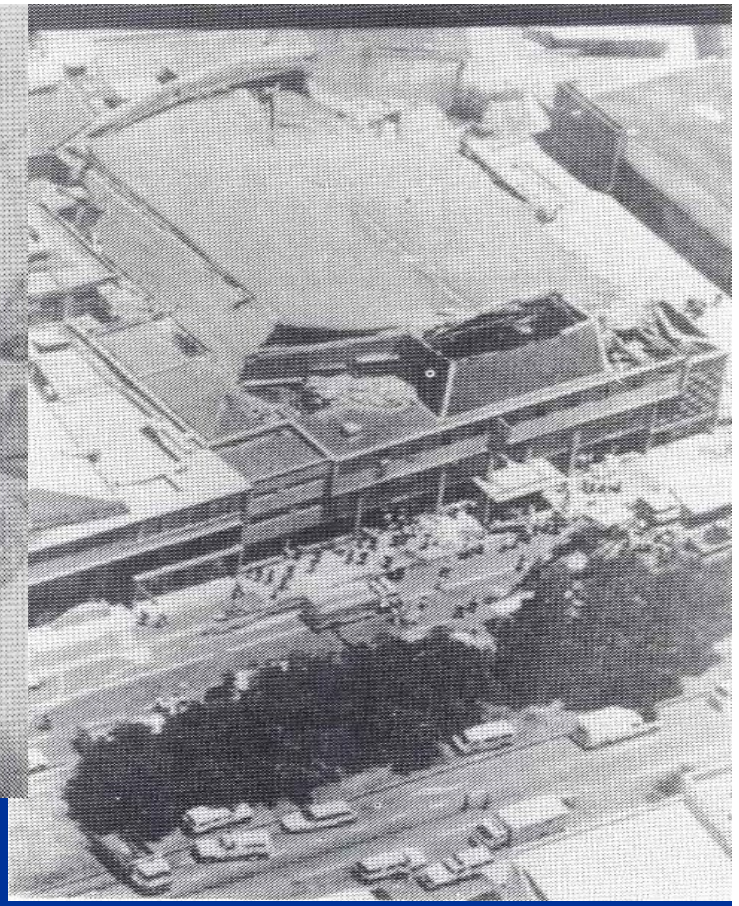
Two-story school building in Chiang-rai

โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม อ.เมือง จ.เชียงราย

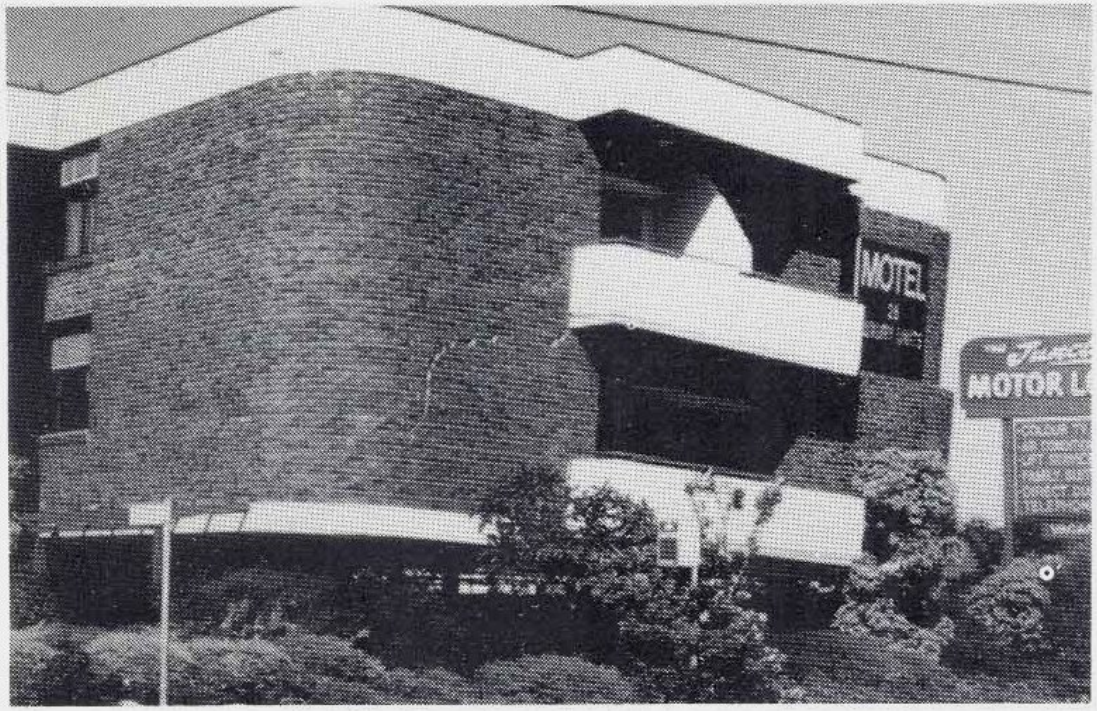


ลักษณะการแตกร้าวของเสาต้นที่ 1 และต้นที่ 2 ตามลำดับ ขนาดความกว้างของรอยแตกร้าวประมาณ 10 มม.

No damage to longer columns



Extensive structural damage and collapse at the Newcastle Working Mens' Club, where nine persons died in the earthquake **(Newcastle earthquake,M5.6, 1989)**



PLATES 5.63 and 5.64 *The combination of a soft first storey and a highly asymmetric stiffness layout led to shear failure and crushing at the top of a row of exterior reinforced concrete columns at the Junction Motel. This building was demolished immediately after the earthquake (location 39)*

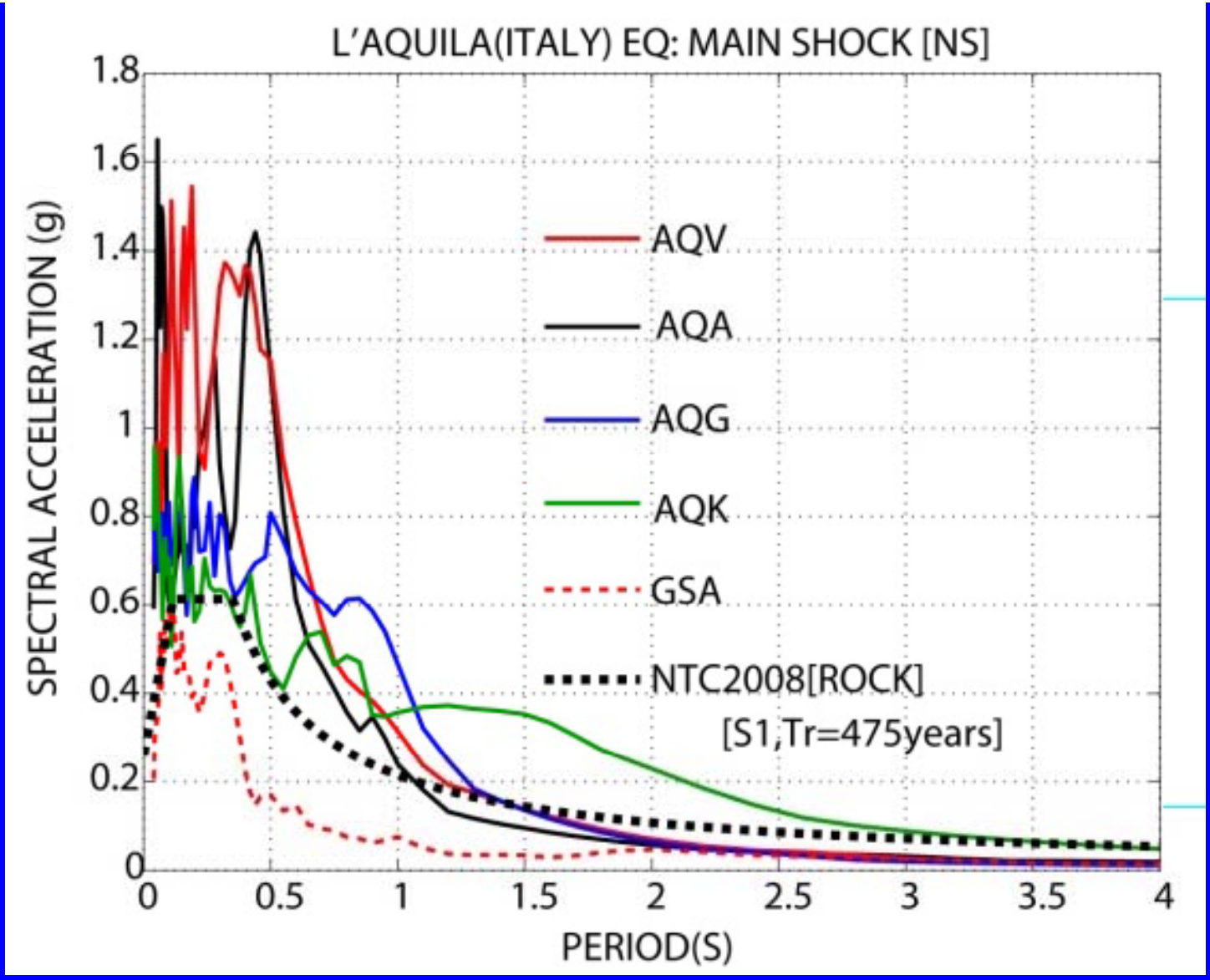
NewCastle earthquake,M5.6, 1989

L'Aquila earthquake, Itay Mw 6.3

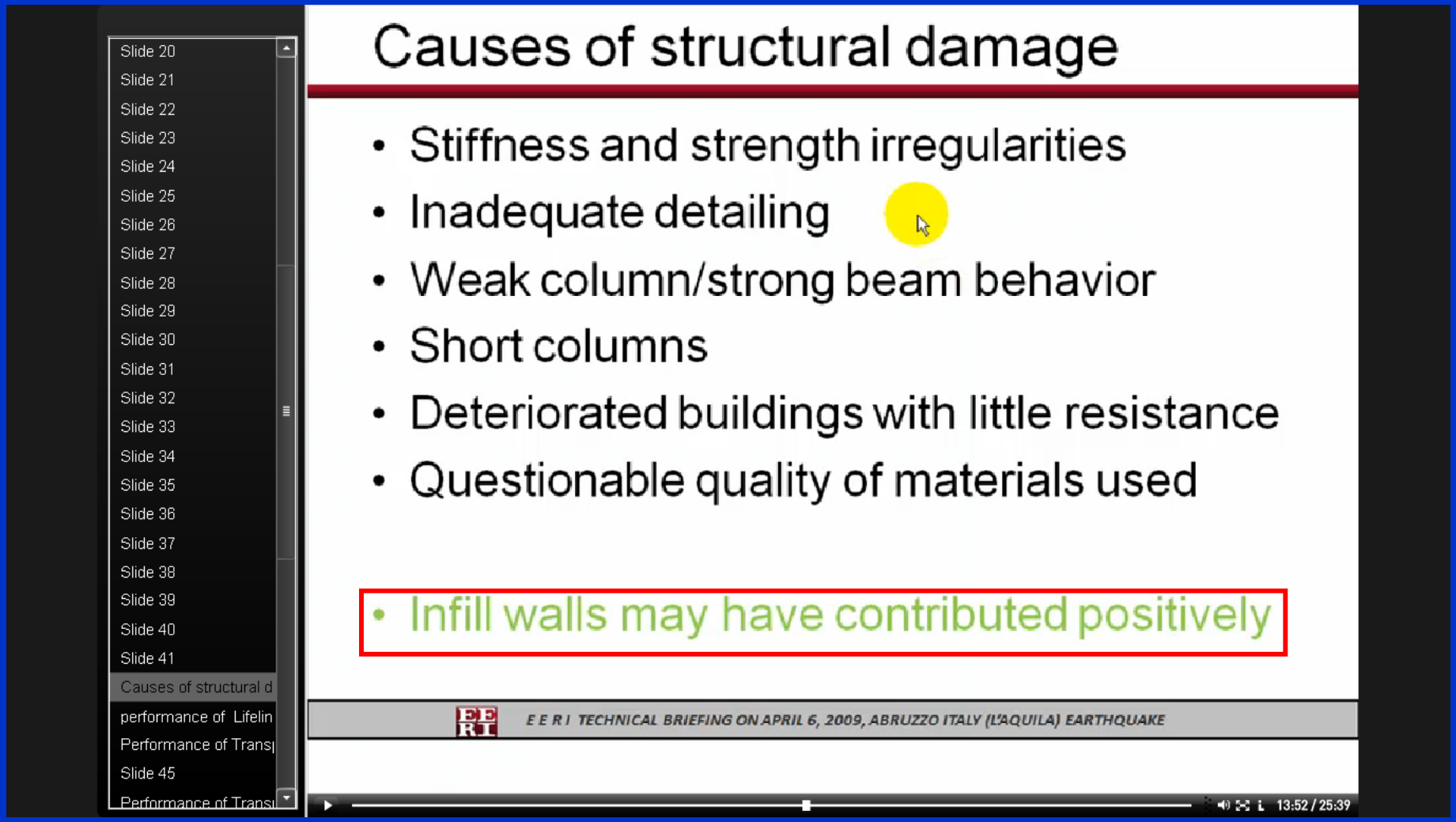
6 April 2009

- Epicentral distance of about 7 km from L'Aquila; depth ~ 5-10 km
- PGA ~ 0.35 g -1 g on rock sites at about 10 km from epicenter
- 10,000 - 15,000 buildings suffered severe damage to total collapse
- Fatalities ~ 300
- Economic loss > $ 12,000 million

(EERI 2009)



Response spectra for 5% damping and comparison with 2008 Italian Code Spectrum.



(Schotanus, 2009)

Soft story irregularity

Figure 12. *Collapse of part of the Duca D'Abruzzi Hotel caused by a softstory mechanism. The far part of the building was saved by a seismic separation joint.*

(EERI, 2009)

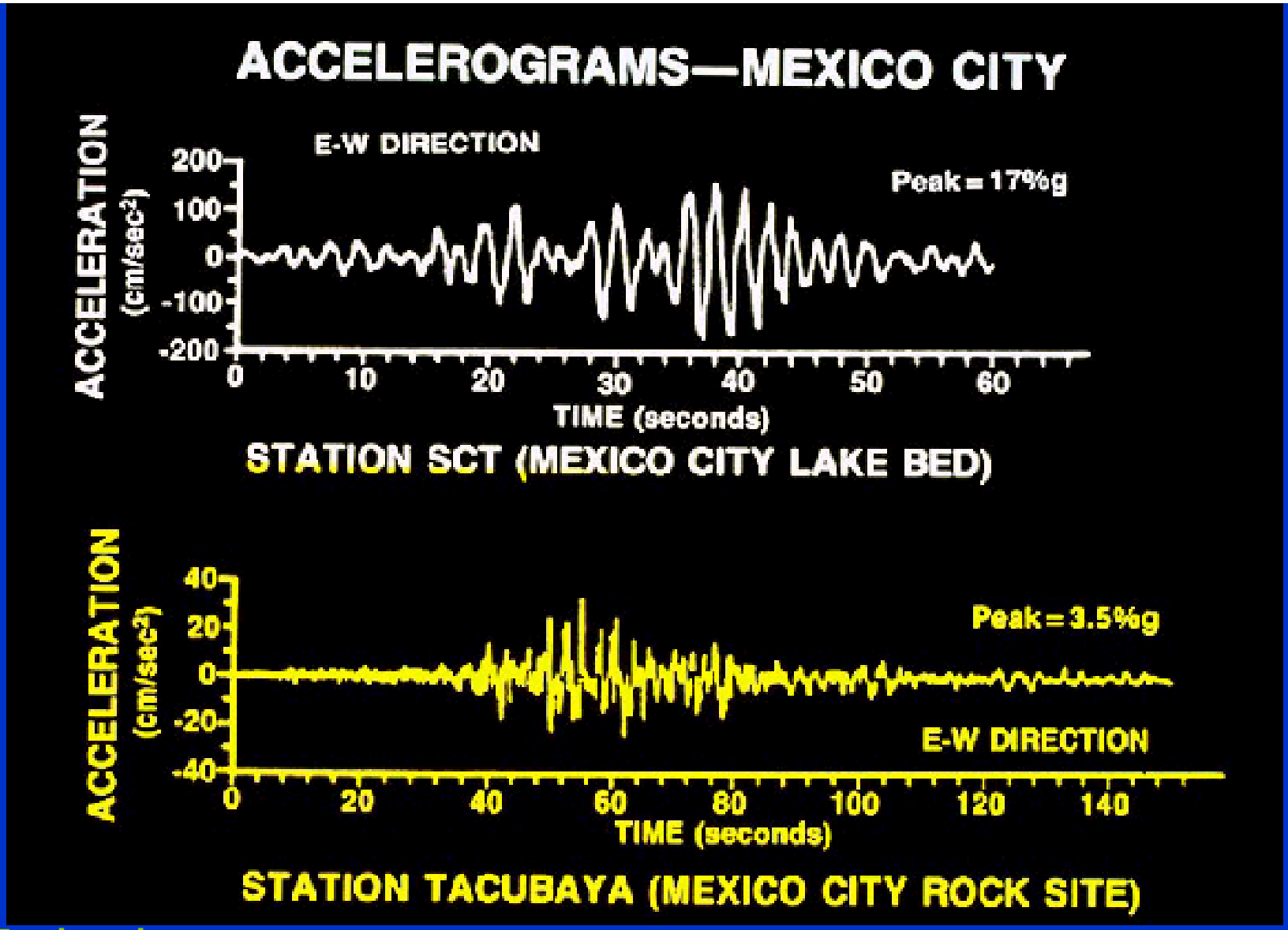
(EERI, 2009)

(Schotanus, 2009)

- *Soft-story collapse*
- *Non-ductile detailing*

Mexico City Earthquake, Sept.1985

- M 8.1 at about 350 km from Mexico City
- PGA ~ 3%g on rock sites
- Ground motion magnified to about 17%g on soft soil sites, featuring long duration motion with predominant 2 s period
- Buildings 6-15 stories severely affected
- Fatalities > 9500



Mexico Earthquake

Comparison of horizontal accelerograms recorded in lake bed zone (Top) and on rock-like material (bottom), Mexico City, September 19, 1985 earthquake.

Two-second period amplification occurred in parts of the lake bed zone , making the ground shaking there much more intense.

Mexico Earthquake

This slide of Mexico City shows damaged and undamaged buildings in the background and a collapsed building in the foreground, the result of the September 19, 1985 Mexico earthquake. Damage was restricted primarily to the lake bed zone which amplified the foundation ground motion and caused the actual demand to exceed the capacity incorporated in the design process.

SURVIVABLE COMMUNICATION SYSTEMS

A community must have communication systems that work after the event strikes. The September 19, 1985, Mexico earthquake knocked out the telecommunications system.

1985 Mexico Earthquake (Hospital Juarez, Mexico City)

Collapse of hospital. Several hundred persons were trapped in the maternity ward of the reinforced concrete structure.

SEISMIC DESIGN

. **S**tructural System

. **A**nchorage

. **B**racing

. **C**onnection

. **D**uctility

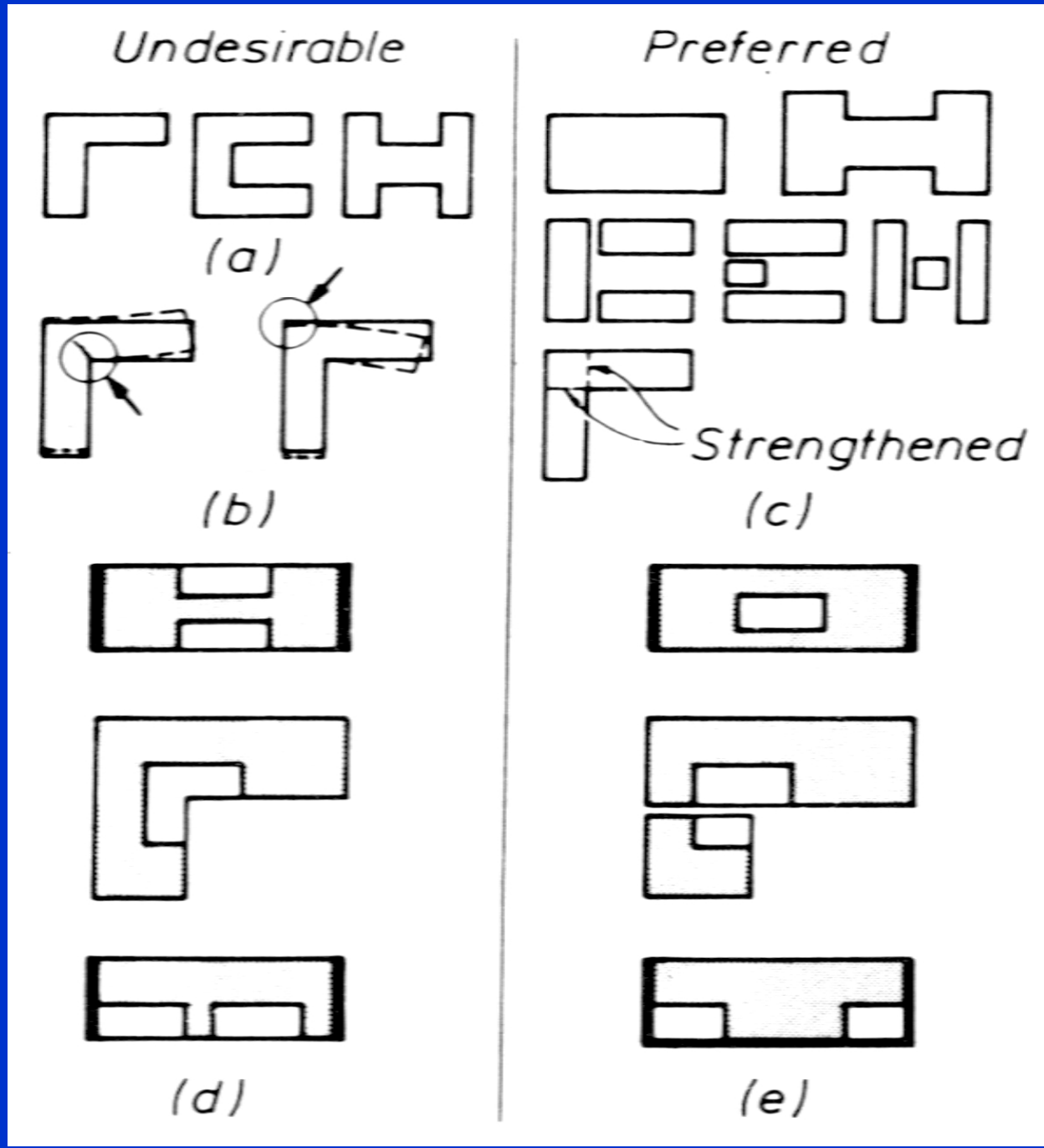
POOR DESIGN CONCEPTS CANNOT BE MADE TO PERFORM WELL IN STRONG EARTHQUAKES

David J. Dowrick

Building form

ตัวอย่างรูปแบบแปลนอาคารที่ควรเลือกและไม่ควรเลือก

Simple rules for plan layouts of aseismic buildings.(Only with dynamic analysis and careful detailing should these rules be broken)



Structural systems

Pre-1971 Concrete Frame Buildings

Examples of damage to concrete shear wall buildings. Older well-configured shear wall buildings, such as these generally performed well relative to life-safety protection.