

ความรู้พื้นฐานและสิ่งที่ควรทราบเกี่ยวกับ

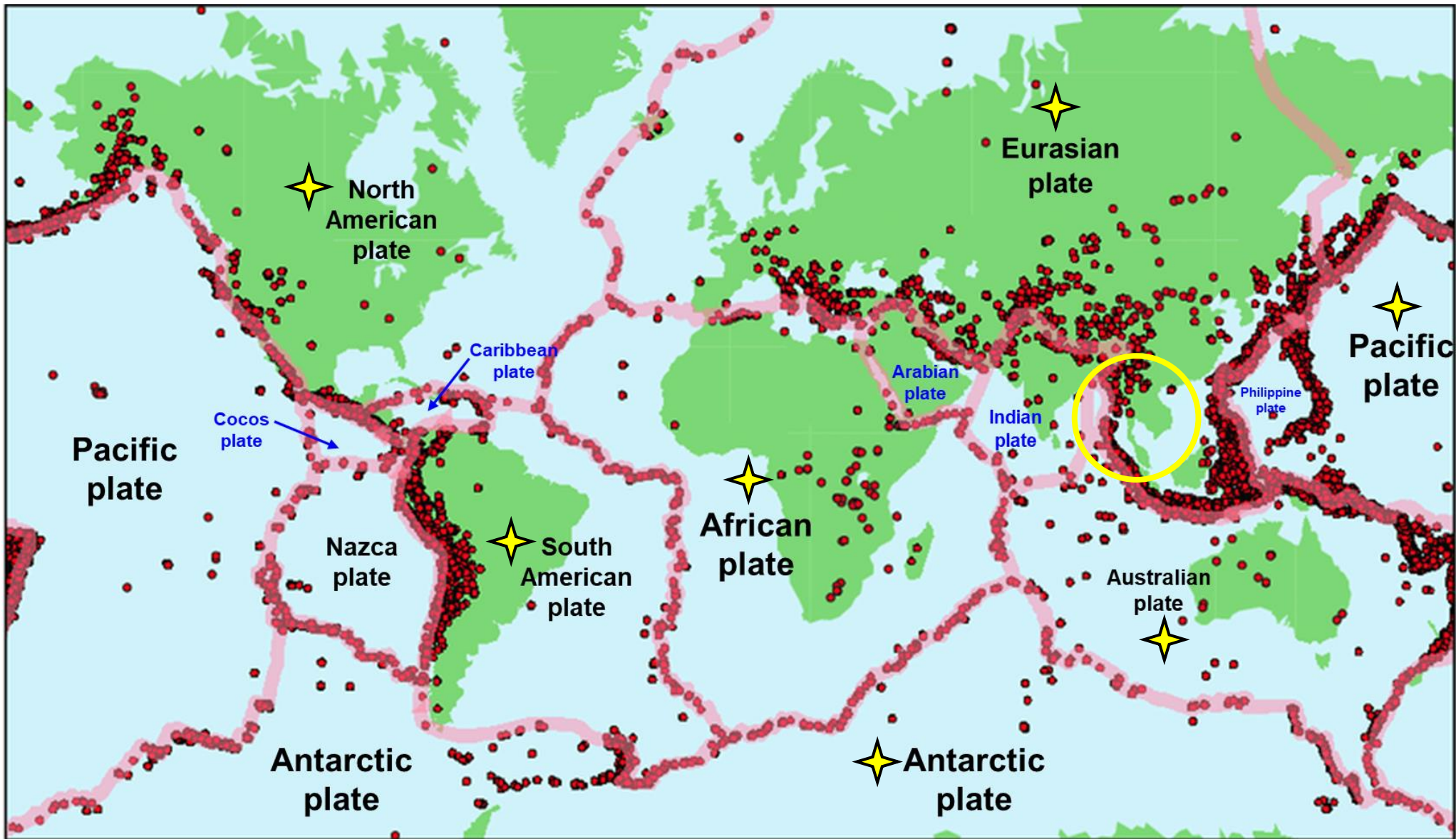
อาคารที่ได้รับผลกระทบ จากแผ่นดินไหว



ศาสตราจารย์ ดร.สุสันต์ หอพิบูลสุข

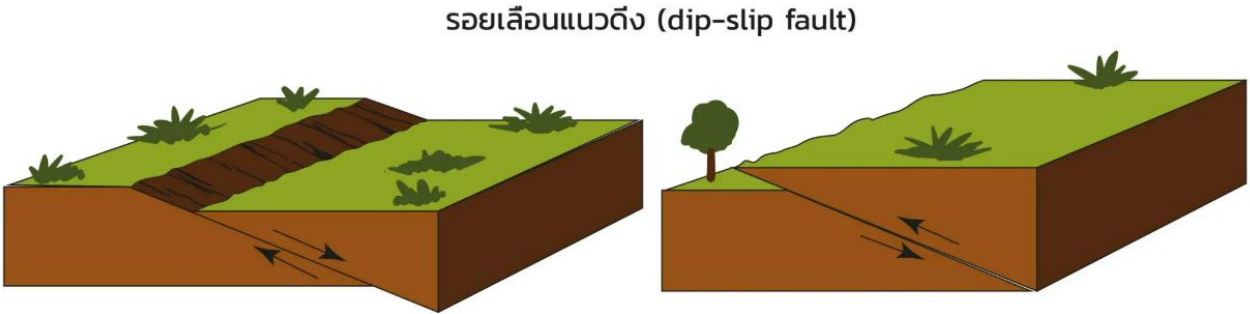


สาเหตุของการเกิดแผ่นดินไหว

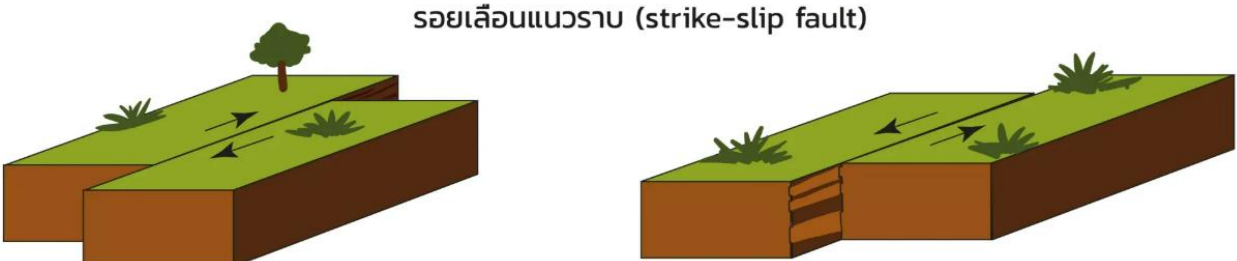
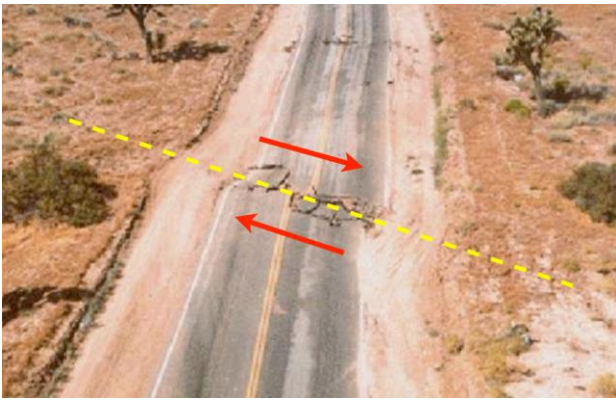




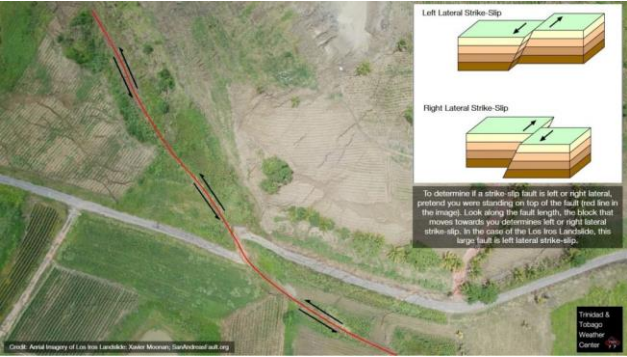
ที่มา : https://wiki.seg.org/wiki/Normal_fault



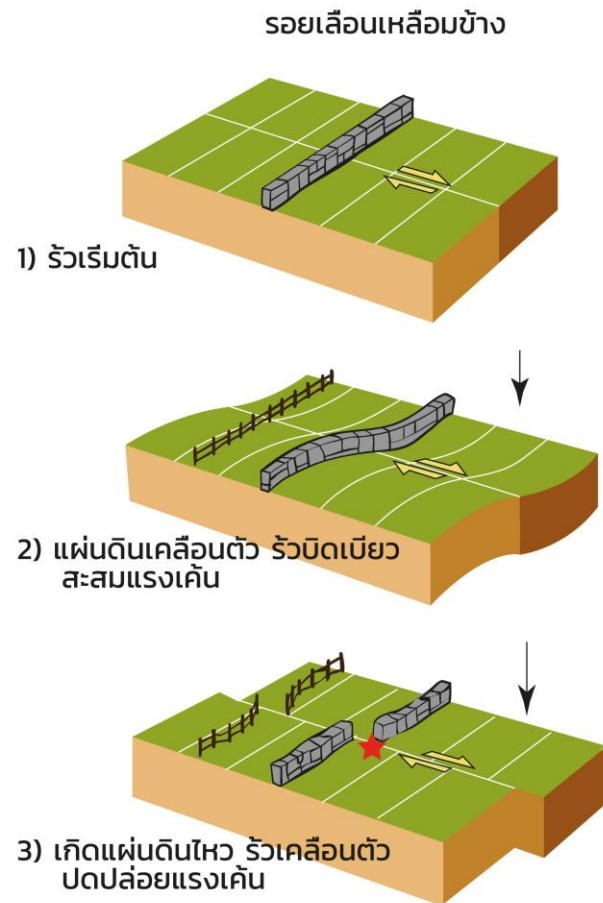
1) รอยเลื่อนปกติ (normal fault) 2) รอยเลื่อนย้อน (reverse fault)



1) รอยเลื่อนขวาเข้า (right-lateral fault) 2) รอยเลื่อนซ้ายเข้า (left-lateral fault)



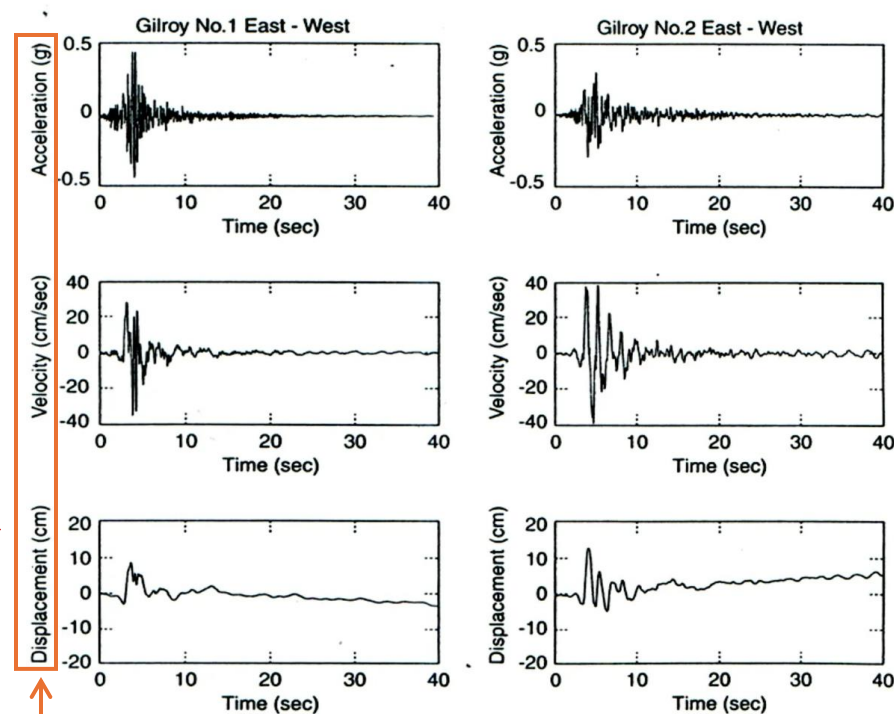
ที่มา : www.mitrearth.org



ที่มา : www.mitrearth.org



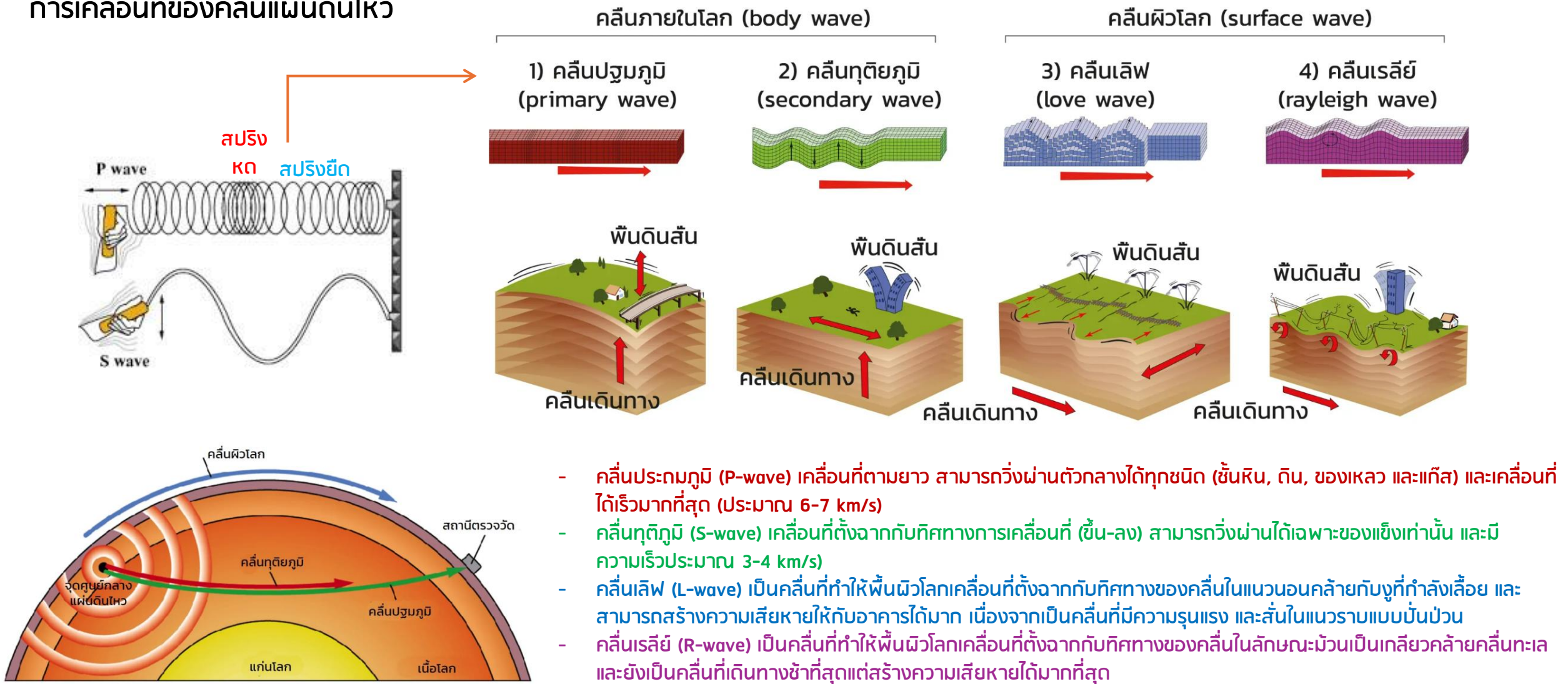
ถ้าเราลองพยายามหักไม้ การงอไม้ในช่วงแรกจะไม่ทำให้ไม้หัก ในทันที แต่จะโค้งโค้งงอไปเรื่อยๆ จนไม้ทนไม่ไหว จึงหักและดีดป๊าว ซึ่งถ้าเปรียบกับโลก “ดีดป๊าว” ก็คือ แผ่นดินไหวนั่นเอง โดยแนวคิดนี้นักแผ่นดินไหววิทยา ตั้งชื่อเอาไว้เมื่อปี พ.ศ. 2450 ว่า “แนวคิดการคืนตัววิสฤ (elastic rebound)” (Reid, 1910)



หน่วยวัดแรงสั่นสะเทือนของแผ่นดินไหวมี 3 หน่วย

ที่มา : www.fathom.com

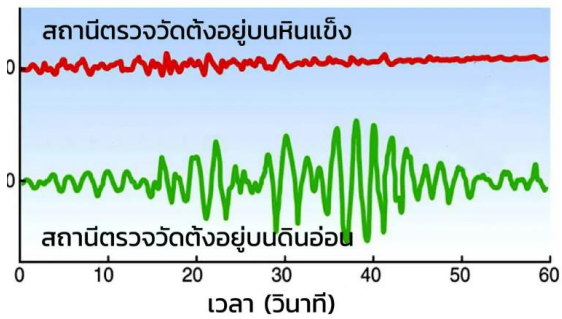
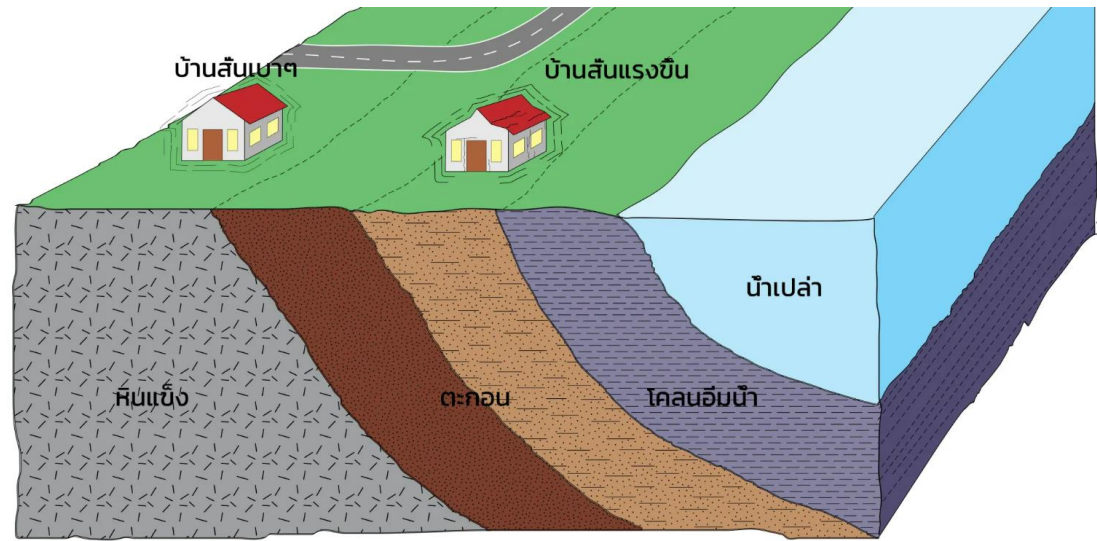
การเคลื่อนที่ของคลื่นแผ่นดินไหว



- คลื่นปฐมภูมิ (P-wave) เคลื่อนที่ตามยาว สามารถวิ่งผ่านตัวกลางได้ทุกชนิด (ขึ้นหิน, ดิน, ของเหลว และแก๊ส) และเคลื่อนที่ได้เร็วมากที่สุด (ประมาณ 6-7 km/s)
- คลื่นทุติยภูมิ (S-wave) เคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ (ขึ้น-ลง) สามารถวิ่งผ่านได้เฉพาะของแข็งเท่านั้น และมีความเร็วประมาณ 3-4 km/s)
- คลื่นเลิฟ (L-wave) เป็นคลื่นที่ทำให้พื้นผิวโลกเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นในแนวนอนคล้ายกับงูที่กำลังเลื้อย และสามารถสร้างความเสียหายให้กับอาคารได้มาก เนื่องจากเป็นคลื่นที่มีความรุนแรง และสั่นในแนวราบแบบบั่นป่วน
- คลื่นเรลีย์ (R-wave) เป็นคลื่นที่ทำให้พื้นผิวโลกเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นในลักษณะม้วนเป็นเกลียวคล้ายคลื่นทะเล และยังเป็นคลื่นที่เดินทางช้าที่สุดแต่สร้างความเสียหายได้มากที่สุด

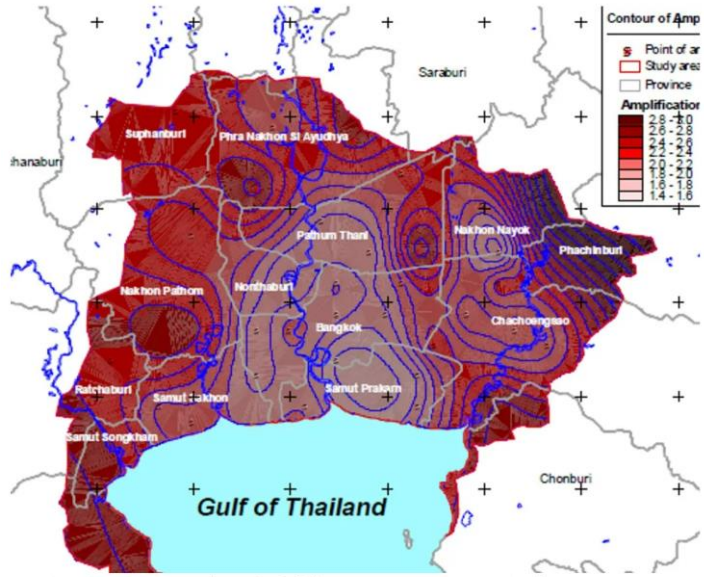
ที่มา : www.mitrearth.org

การเคลื่อนที่ของคลื่นแผ่นดินไหว



กรณีศึกษาที่ประเทศเม็กซิโก: เมื่อคลื่นเดินทางผ่านชั้นดินอ่อน ใต้กรุงเม็กซิโกซิตี แรงสั่นสะเทือนกลับเพิ่มระดับสูงขึ้น ผลจากการขยายแรงสั่นสะเทือนของชั้นดินอ่อนทำให้อาคาร 5,700 หลัง เสียหายอย่างหนัก และมีผู้เสียชีวิตมากกว่า 9,000 คน

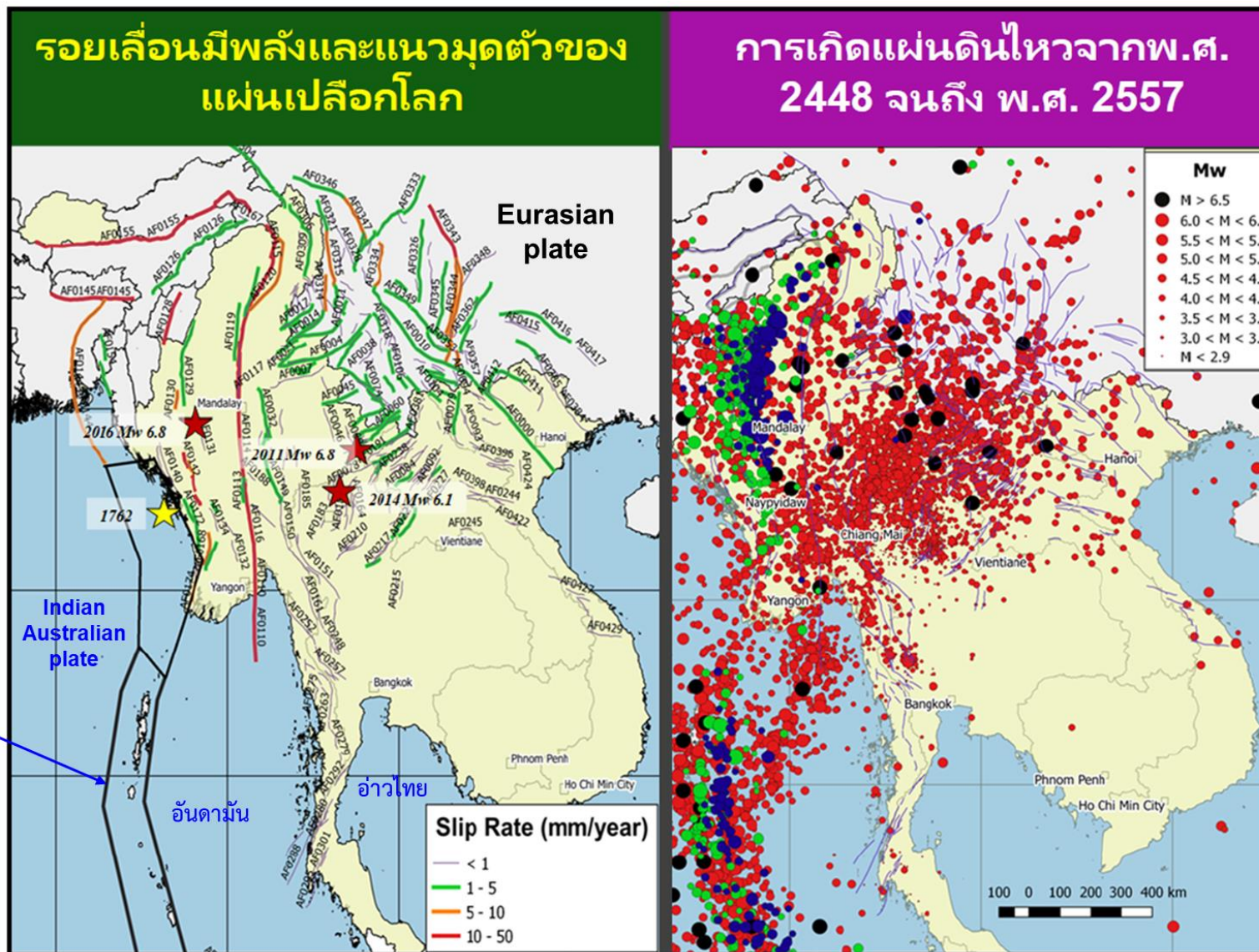
ที่มา : www.mitrearth.org



ผลการวิเคราะห์การขยายความแรงของคลื่นแผ่นดินไหว ในพื้นที่ราบภาคกลางตอนล่าง (อำนาจ และ สุทธิศักดิ์, 2552)

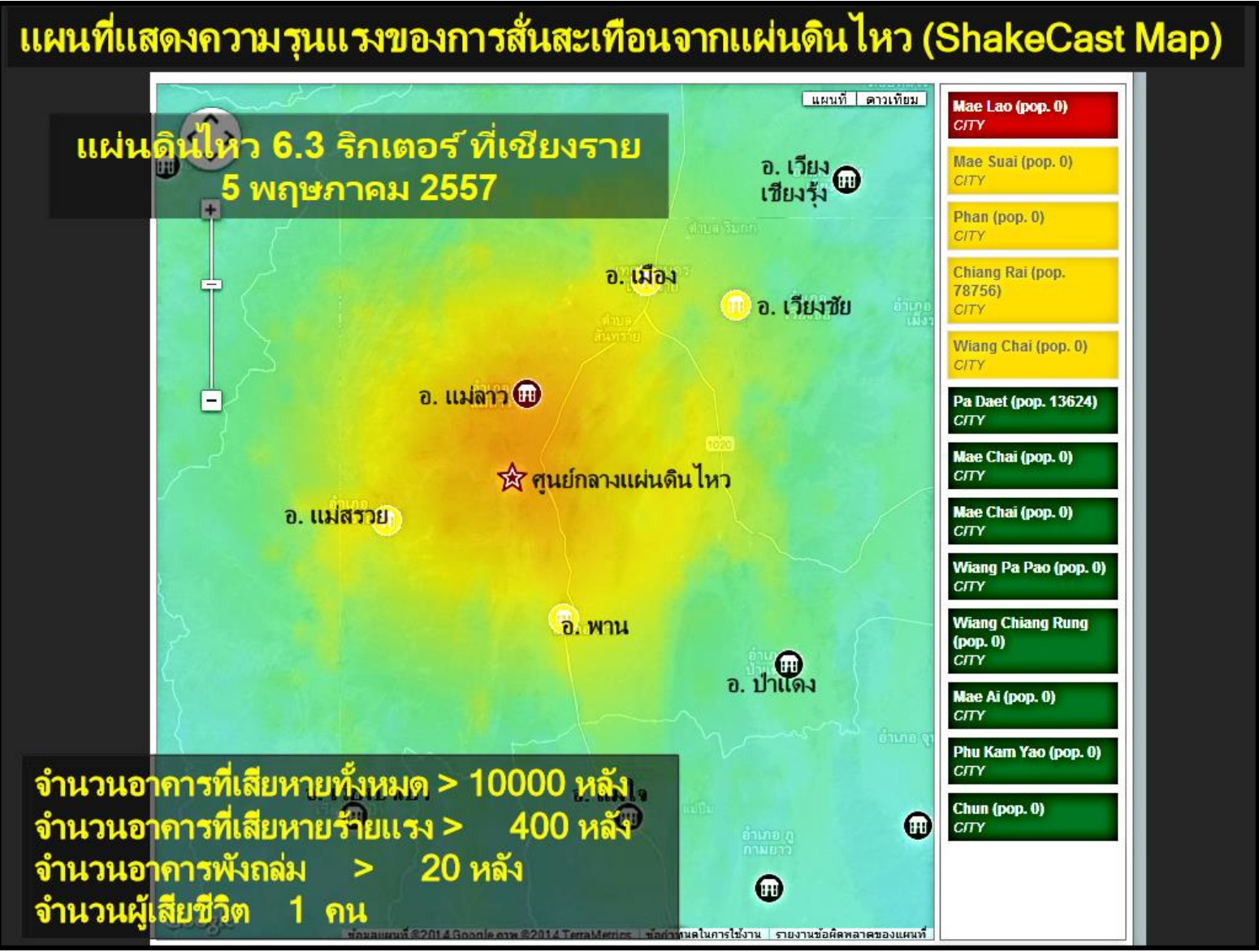
จากการศึกษาพฤติกรรมการตอบสนองแรงสั่นของดินเหนียวในพื้นที่ กทม. และปริมณฑลของอำนาจ และ สุทธิศักดิ์ (2552) ประเมินว่า ดินอ่อนใต้กรุงเทพฯ มีโอกาสขยายแรงสั่นสะเทือนได้ 1.4-3.0 เท่า จากระดับปกติ





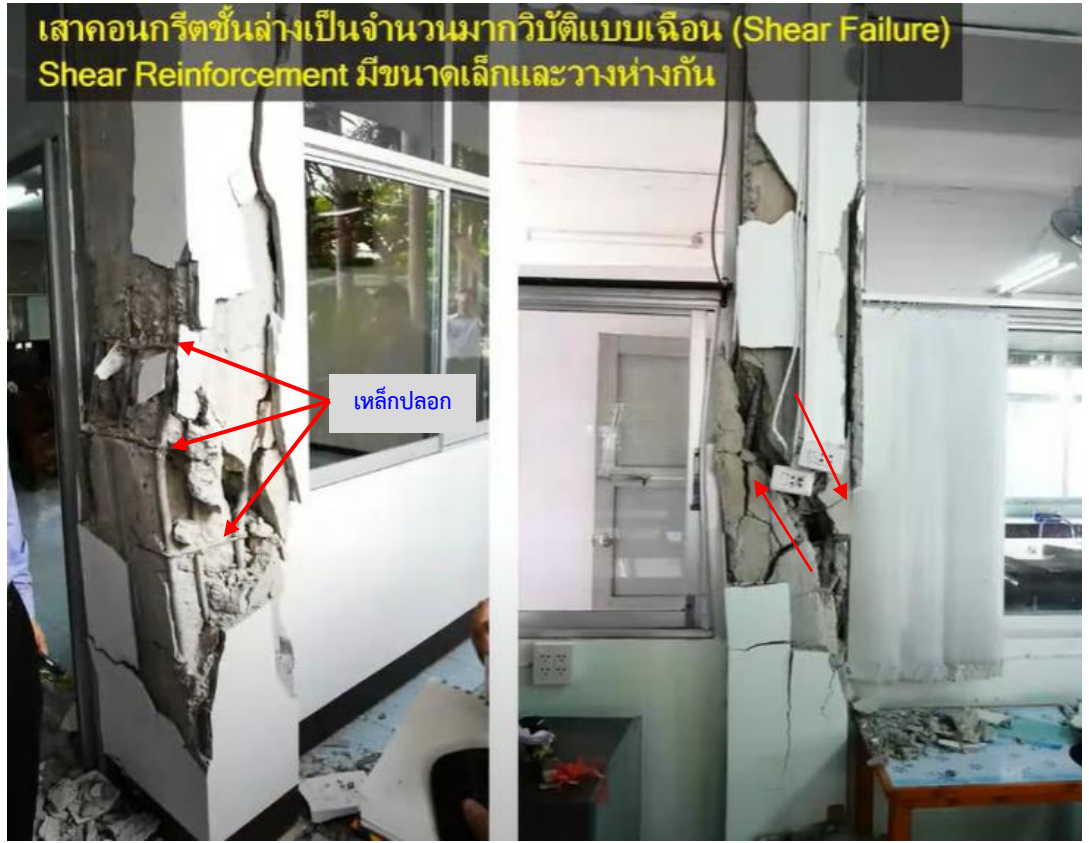
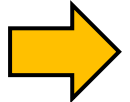
แนวมุดตัวของ
แผ่นเปลือกโลก

ที่มา: ศ. ดร.เป็นหนึ่ง วานิชชัย





ที่มา: ศ. ดร.เป็นหนึ่ง วาณิชชัย

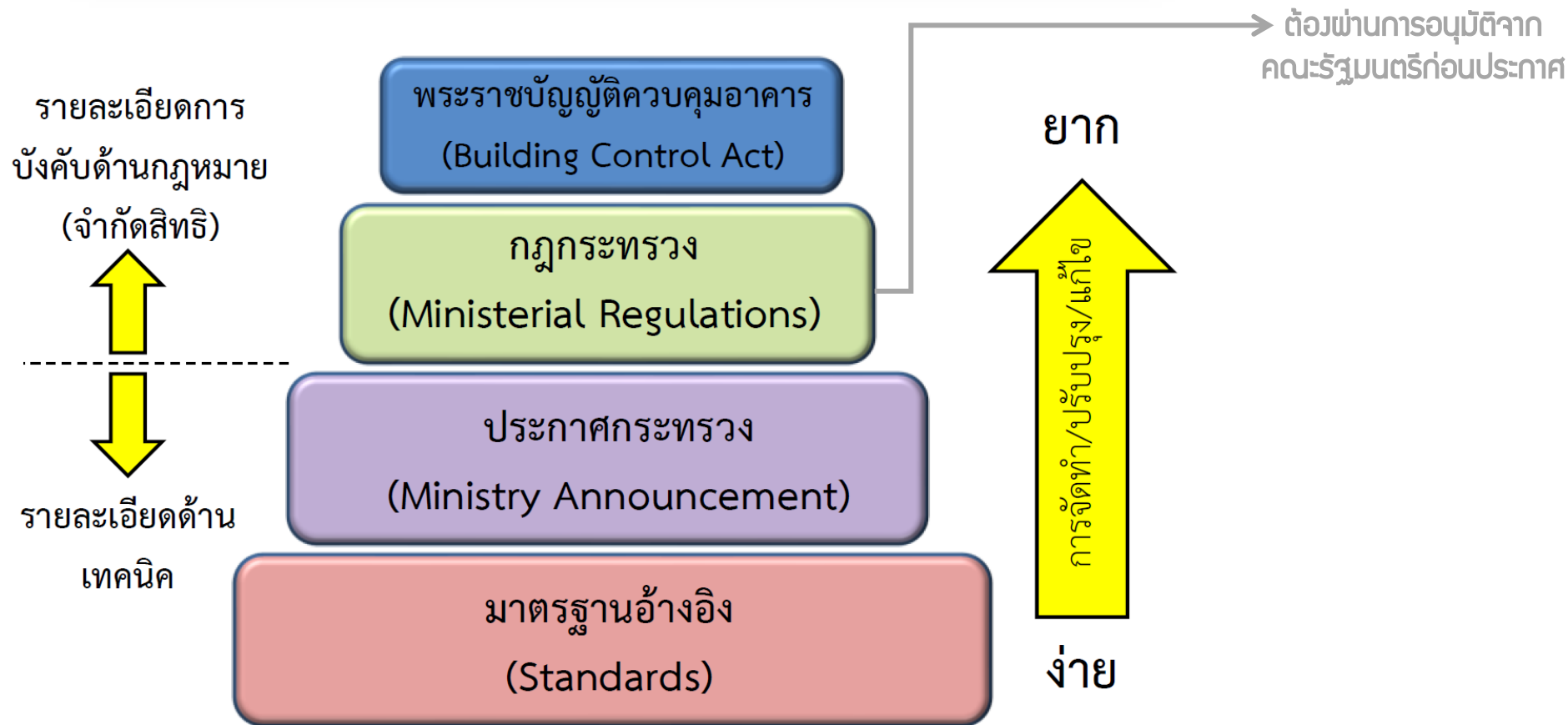


อาคารมีเสาประมาณ 30 กว่าต้น หลังจากเกิดแผ่นดินไหว
เสียหายไปแล้ว 10 ต้น



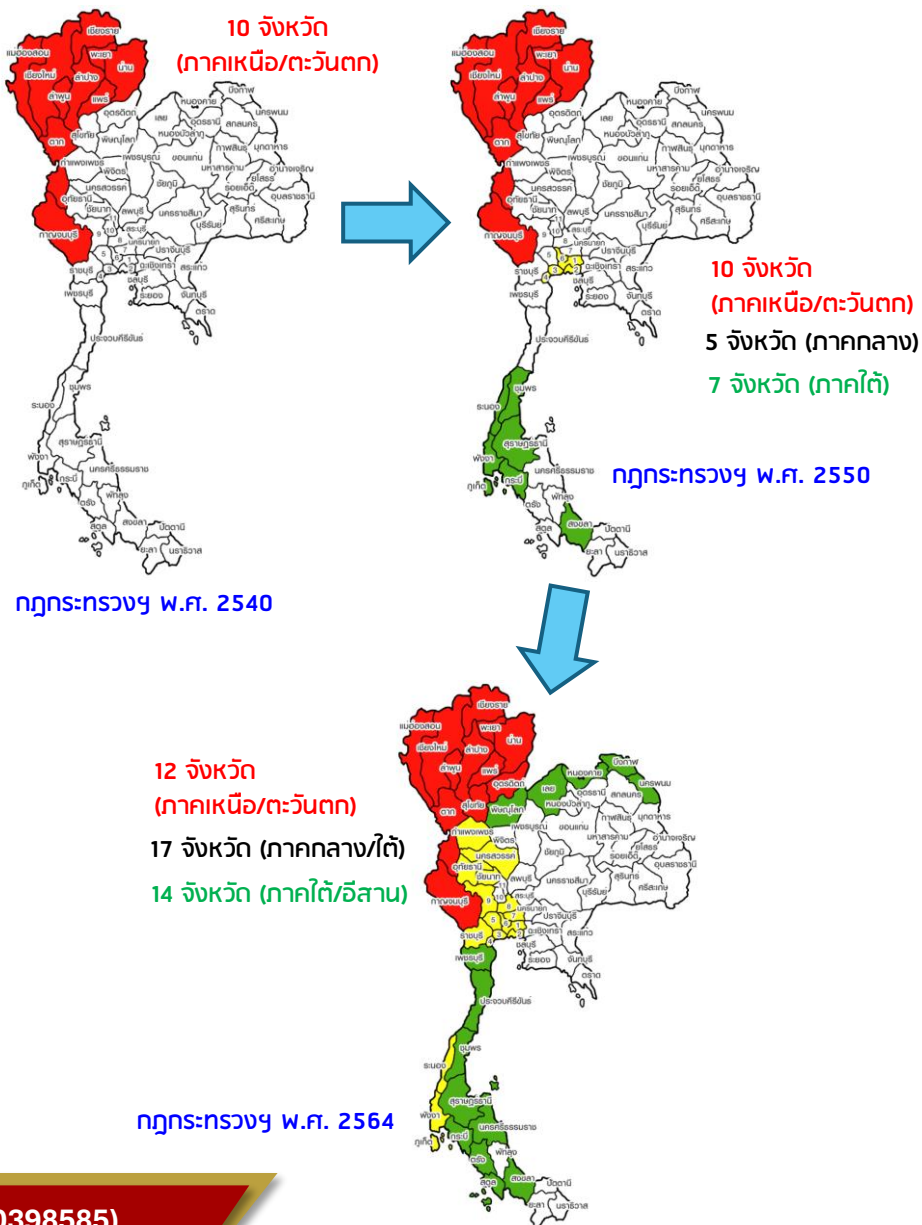
แนวคิดการออกแบบอาคาร ต้านทานแผ่นดินไหว

กระบวนการออกแบบตามกฎหมายควบคุมอาคาร



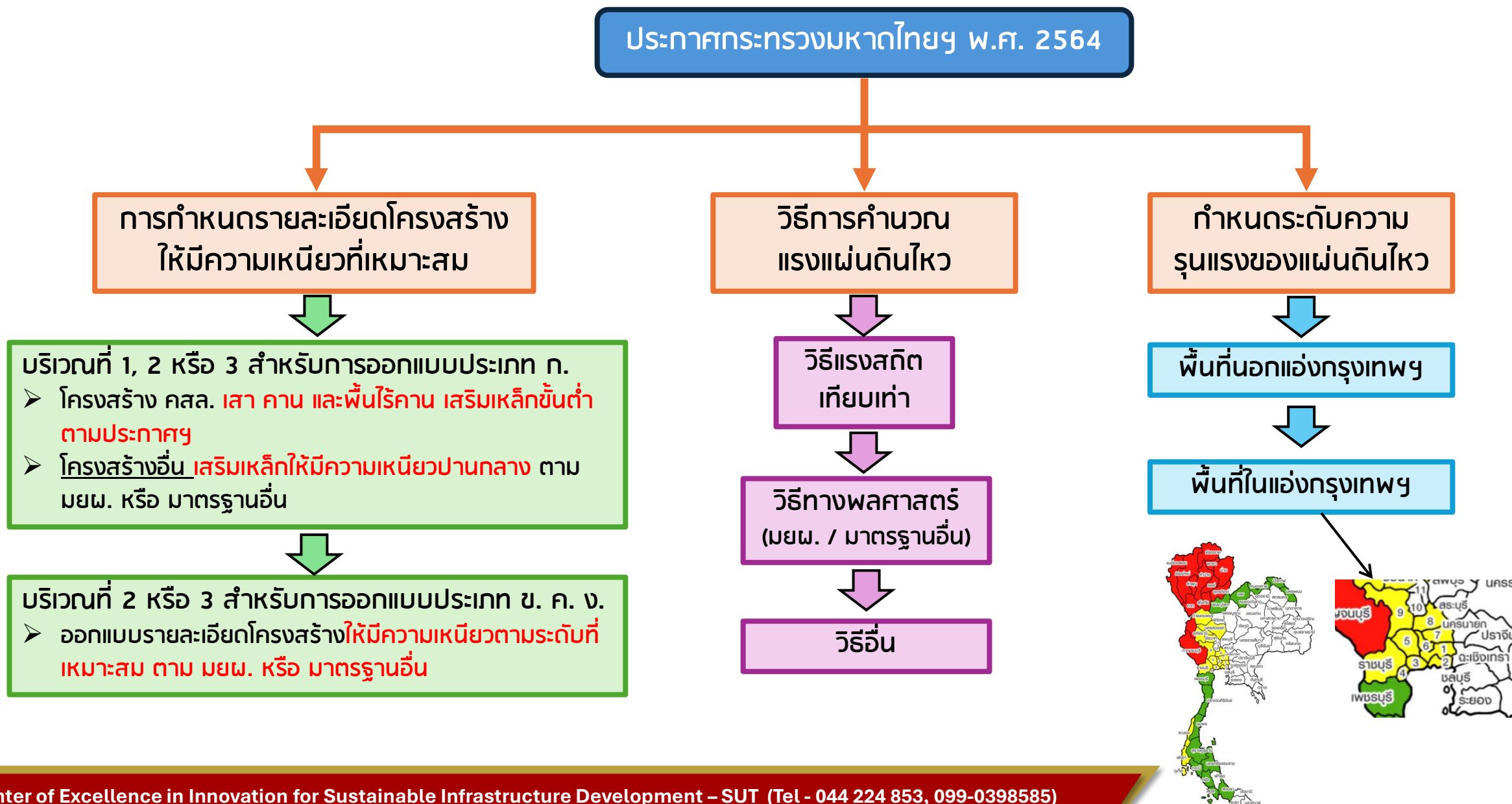
ภาพรวมกฎกระทรวงฯ แผ่นดินไหว

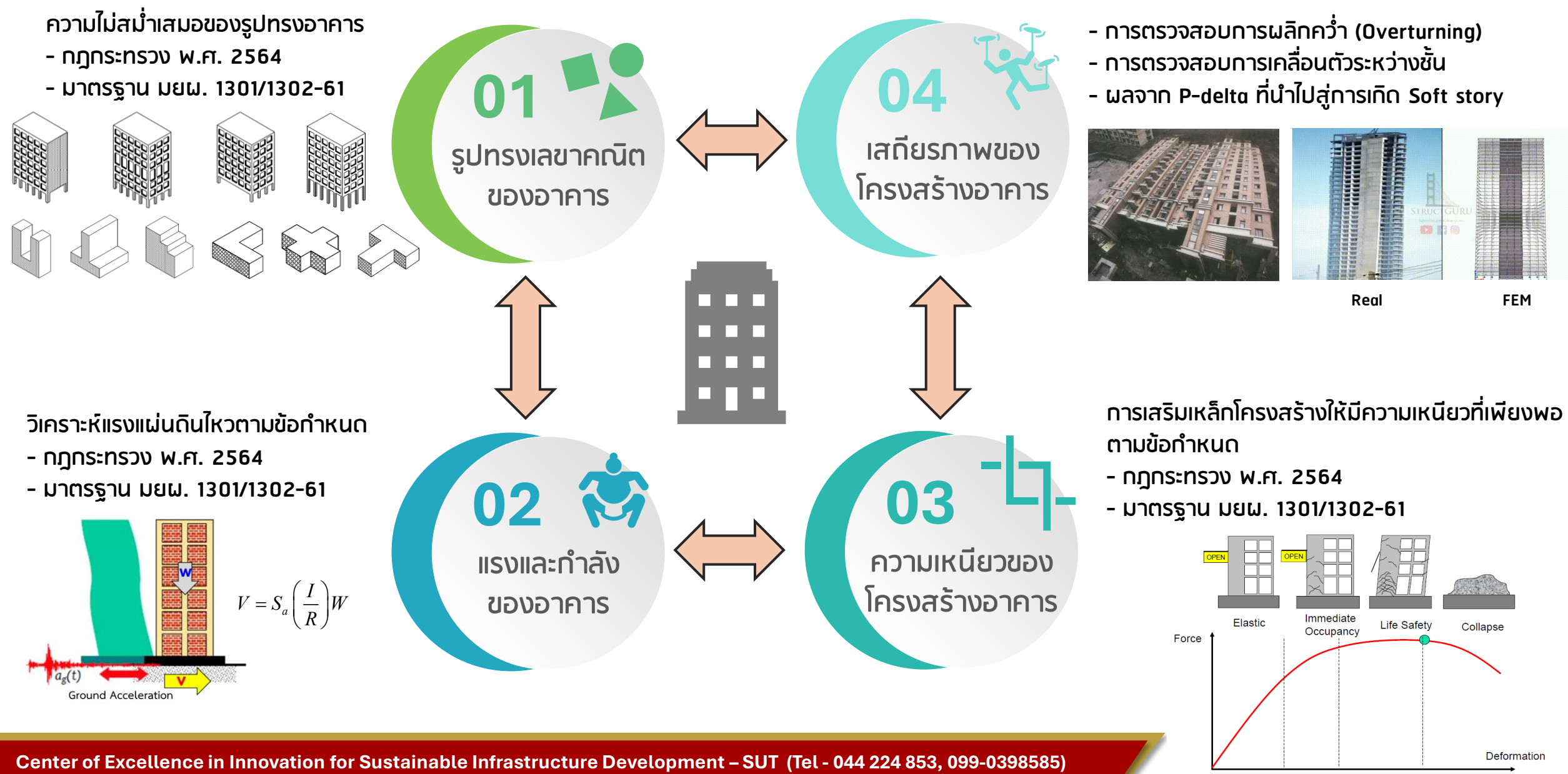
กฎกระทรวงฯ พ.ศ. ...	พื้นที่ครอบคลุม	เนื้อหาการออกแบบ	การอ้างอิง หลักเกณฑ์อื่น
กฎกระทรวง ฉบับที่ ๔๙ (พ.ศ. ๒๕๔๐)	๑๐ จังหวัด (เหนือและตะวันตก)	๑. ออกแบบให้โครงสร้างมีความเหนียว (ductility) ๒. อาคารรูปทรงไม่สม่ำเสมอ/ไม่เป็นตึกใช้วิธี พลศาสตร์ โดยสามัญวิศวกร ๓. อาคารเป็นตึกฯ ใช้วิธีแรงเฉือนที่ฐาน (UBC Code)	--
กฎกระทรวงฯ แผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๕๐	รวม ๒๒ จังหวัด เผ้าะวัง - ๗ จังหวัด (ใต้) ๑ - ๕ จังหวัด (กทม/ปริมณฑล) ๒ - ๑๐ จังหวัด (เหนือ/ตะวันตก)	๑. ออกแบบให้โครงสร้างมีความเหนียวอย่างน้อย ความเหนียวจำกัด (limited ductility)	มยผ.
		๒. อาคารรูปทรงไม่สม่ำเสมอ/ไม่เป็นตึก/ไม่เผ้าะวัง ใช้วิธีพลศาสตร์ โดยสามัญวิศวกร	มาตรฐานที่สภาวิศวกร รับรอง/ของนิติบุคคล ที่มีวุฒิวิศวกรรับรอง
		๓. อาคารเป็นตึก/ไม่เผ้าะวัง ใช้วิธีแรงเฉือนที่ฐาน (UBC Code)	--
กฎกระทรวงฯ แผ่นดินไหว พ.ศ. ๒๕๖๔	รวม ๔๓ จังหวัด ๑ - ๑๔ จังหวัด (ใต้/อีสาน) ๒ - ๑๗ จังหวัด (กทม/ปริมณฑล) ๓ - ๑๒ จังหวัด (เหนือ/ตะวันตก)	๑. ออกแบบให้โครงสร้างมีความเหนียว (ductility)	ประกาศฯ
		๒. การคำนวณแรงแผ่นดินไหว	ประกาศฯ
		๓. ระดับความรุนแรงของแผ่นดินไหว	ประกาศฯ



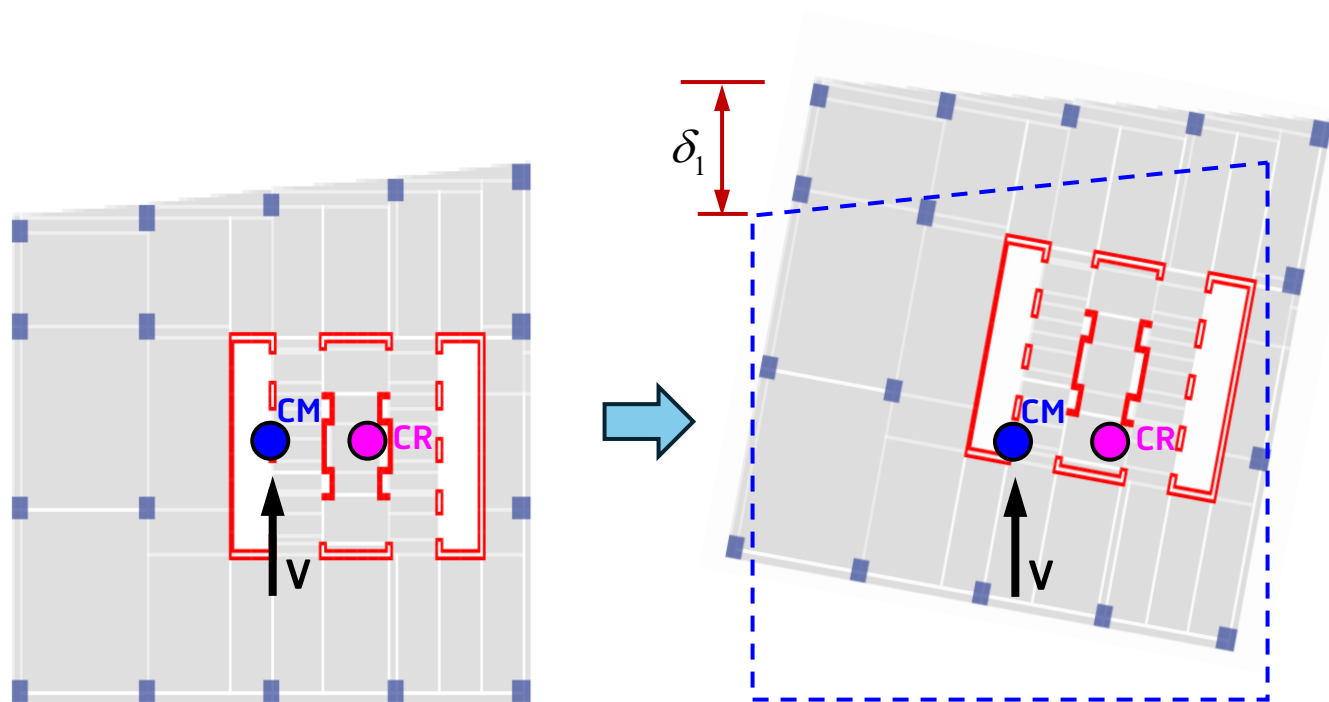
ที่มา: ดร. ธนิต ใจสะอาด, 2565

Center of Excellence in Innovation for Sustainable Infrastructure Development – SUT (Tel - 044 224 853, 099-0398585)



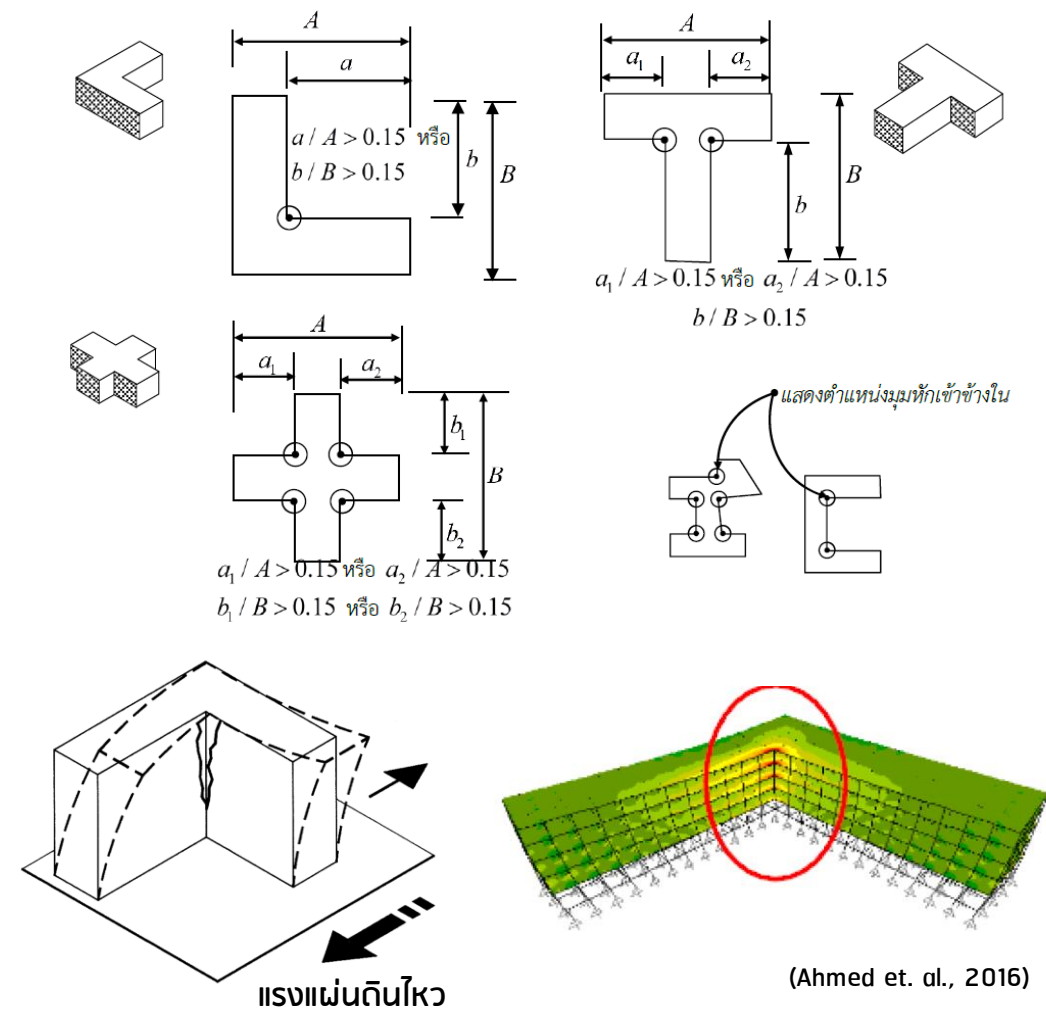


1. รูปทรงเลขาคณิตของอาคาร



CM = จุดศูนย์กลางมวล
CR = จุดศูนย์กลาง Rigidity
V = แรงแผ่นดินไหว

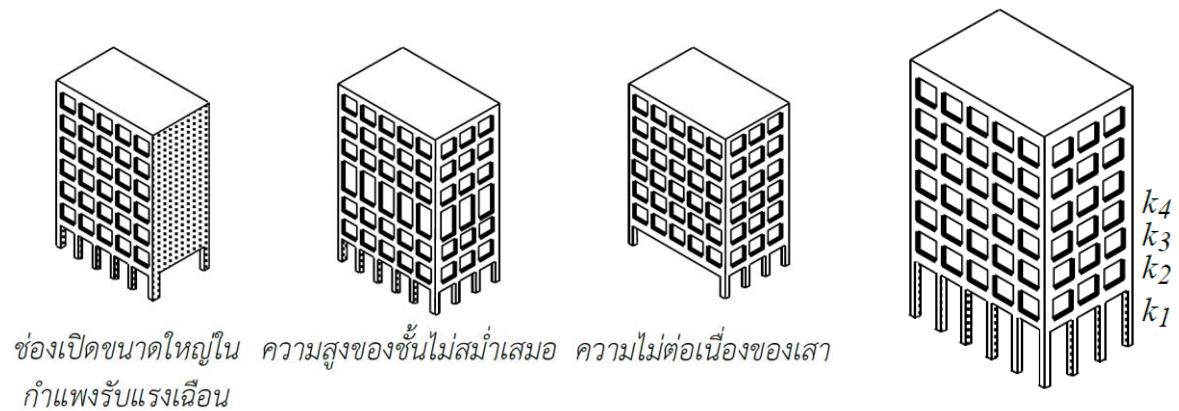
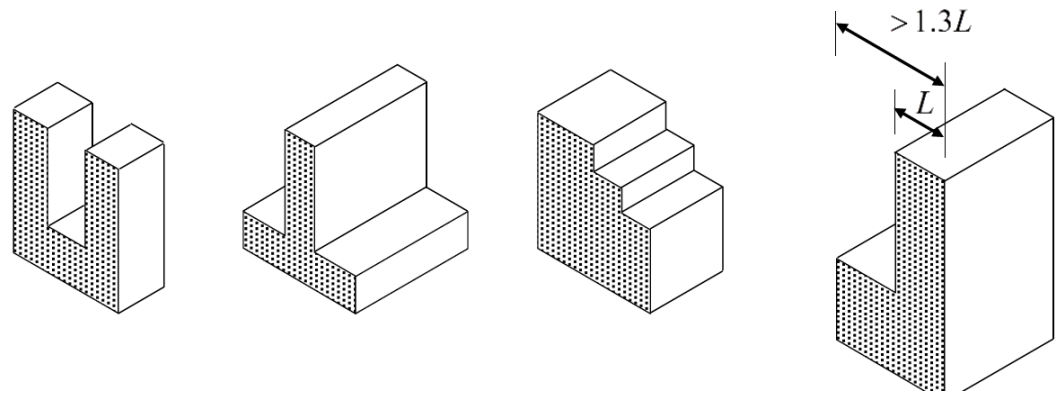
1. ความไม่สม่ำเสมอเชิงการบิด



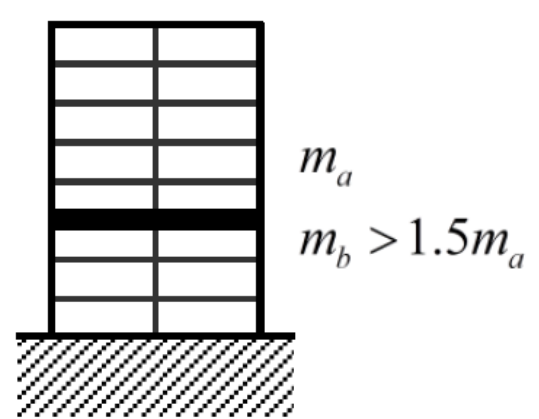
(Ahmed et. al., 2016)

2. ความไม่สม่ำเสมอรูปทรงแนวราบ

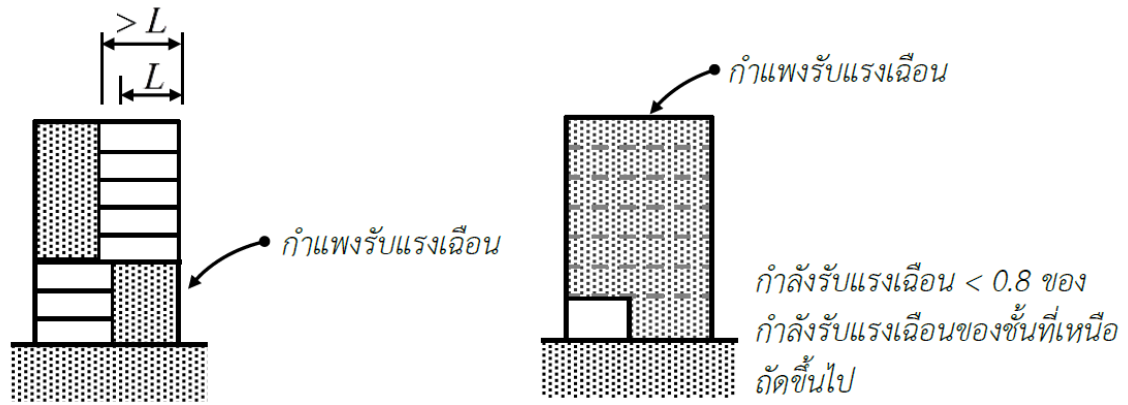
1. รูปทรงเลขาคณิตของอาคาร



3. ความไม่สม่ำเสมอของรูปทรงในแนวดิ่ง



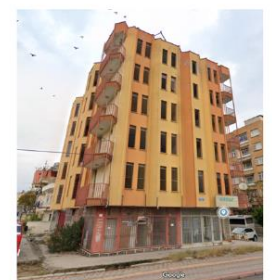
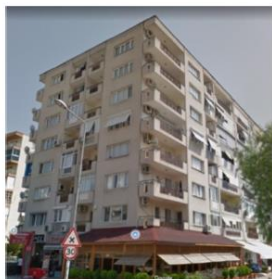
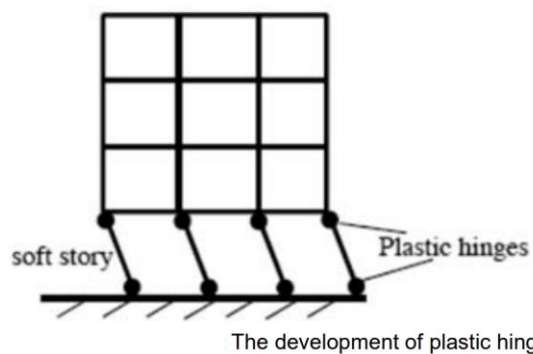
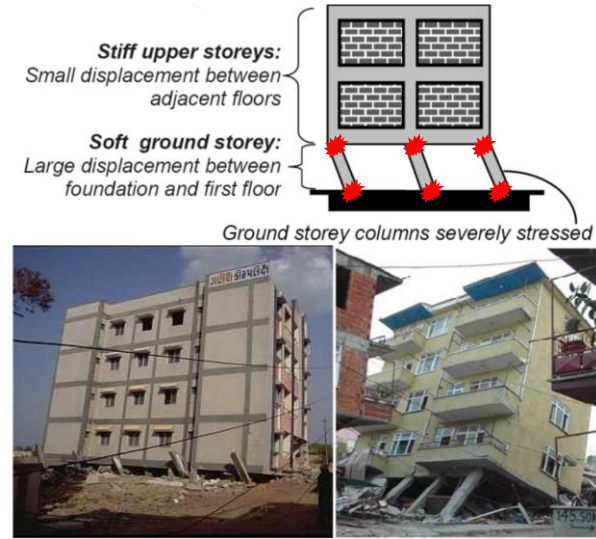
4. ความไม่สม่ำเสมอของสตีฟเนส



5. ความไม่สม่ำเสมอของมวลในแต่ละชั้น

6. ความไม่สม่ำเสมอของโครงสร้างในแนวดิ่ง

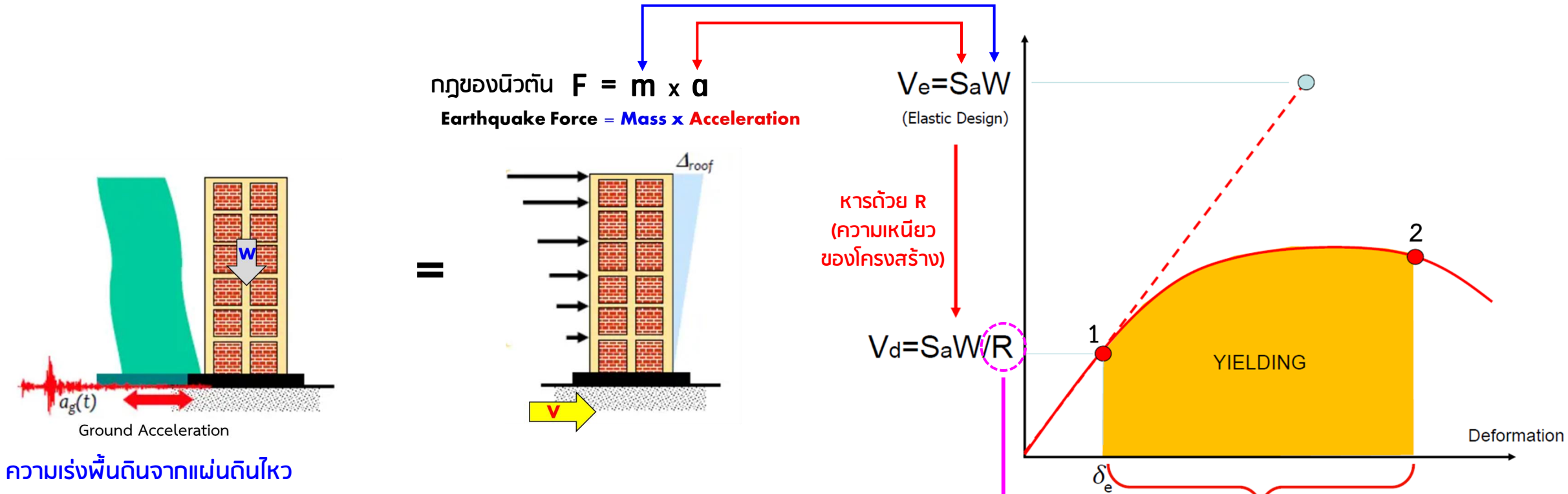
ตัวอย่างการวิบัติของอาคารเนื่องจากความไม่สมมาตรของอาคาร



Collapsed buildings having soft and weak stories before and after (map data © 2021 Google): **a** Sivrice earthquake, **b** Aegean Sea earthquake, and **c** $M_w=7.7$ and $M_w=7.6$ Kahramanmaraş earthquakes

Ref: Tunç, G., Mertol, H. C., & Akış, T. (2024). Lessons learned from four recent Turkish earthquakes: Sivrice-Elazığ, Aegean Sea, and Dual Kahramanmaraş. *Natural Hazards*, 120(13), 12341-12373.

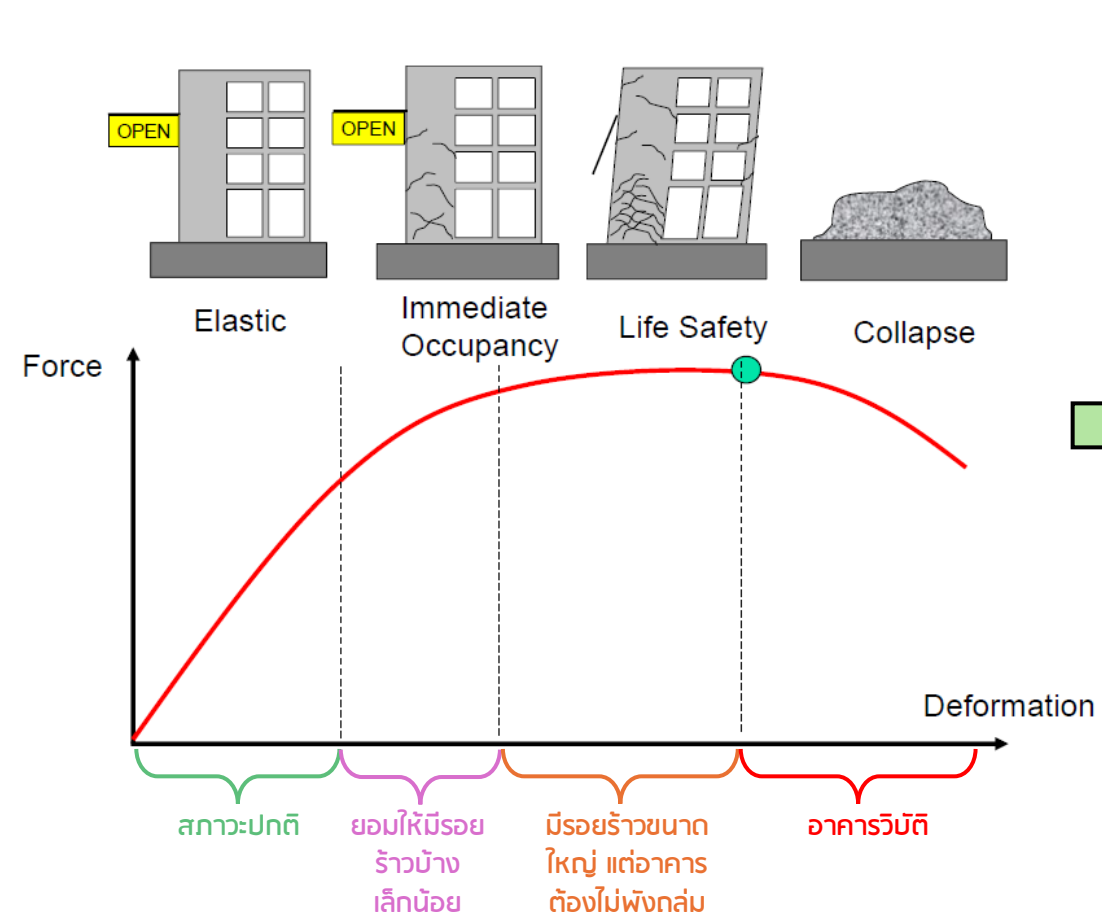
2. แรงและกำลังของอาคาร (Concept)



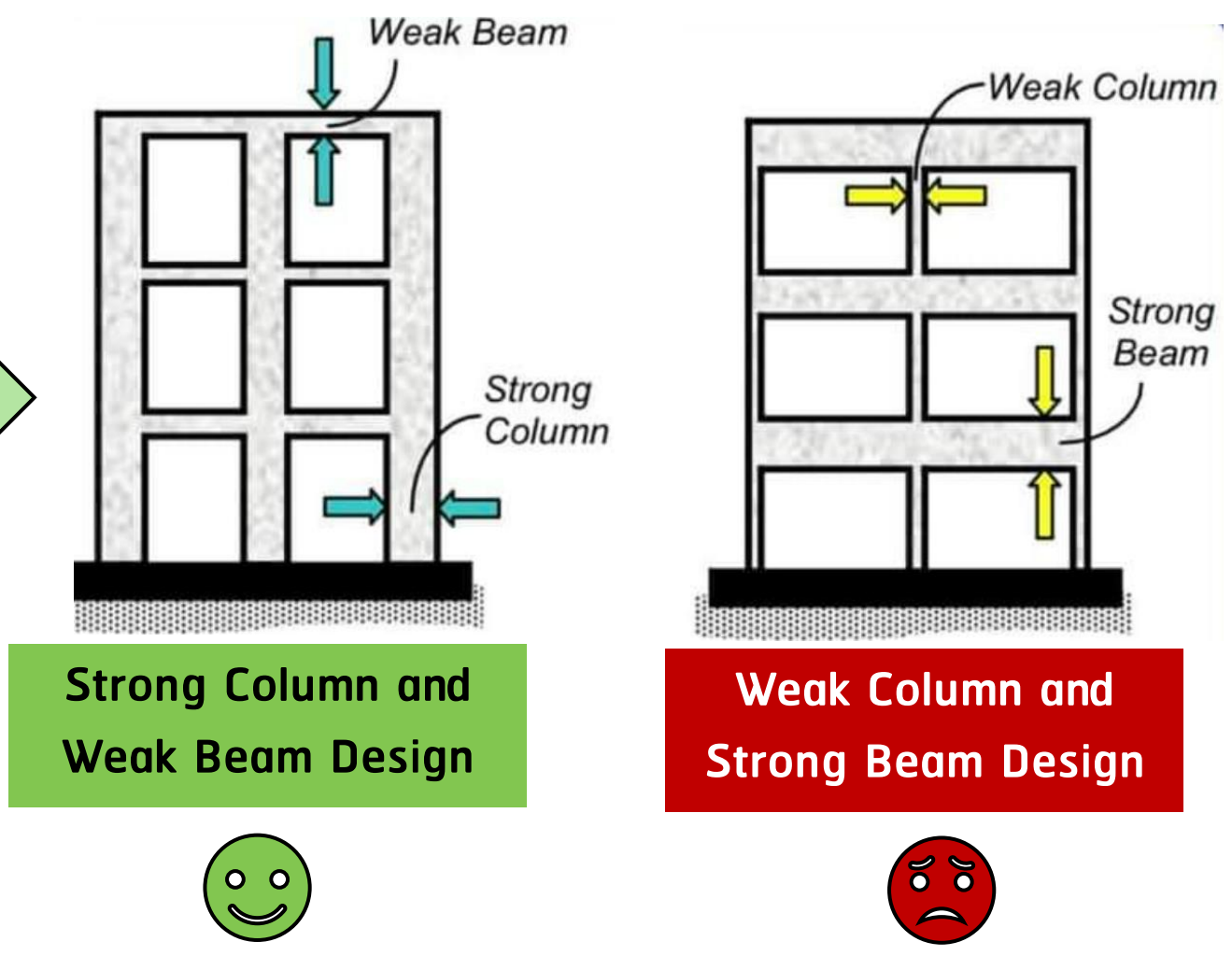
ขึ้นอยู่กับระบบโครงสร้างที่เลือกออกแบบ
วิศวกรผู้ออกแบบเป็นผู้พิจารณาเลือกระบบ
โครงสร้าง ให้สอดคล้องกับแรงแผ่นดินไหว
ตามกฎกระทรวงฯ 2564 หรือ มยพ. 1301/1302-61

โครงสร้างต้องมีความเหนียวสามารถรองรับการเสียรูปได้สูง

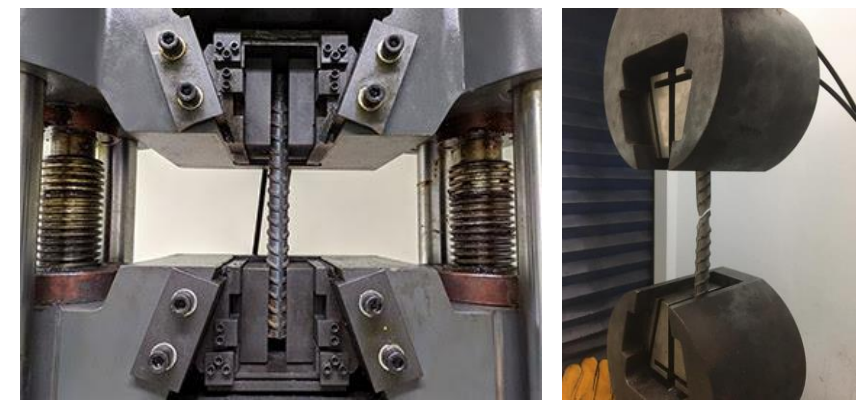
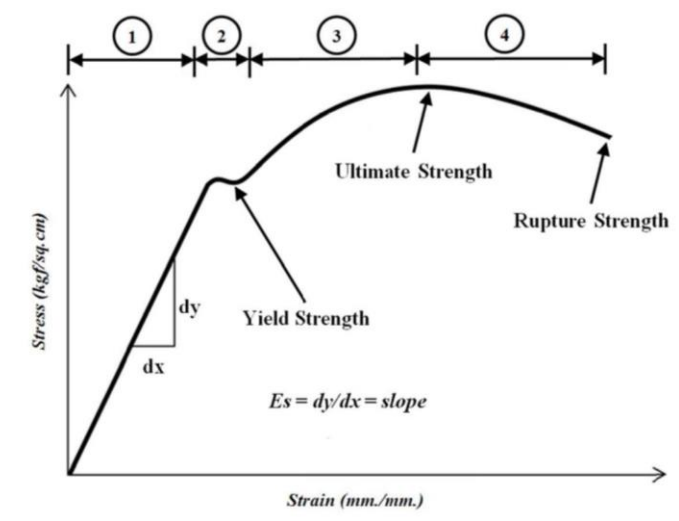
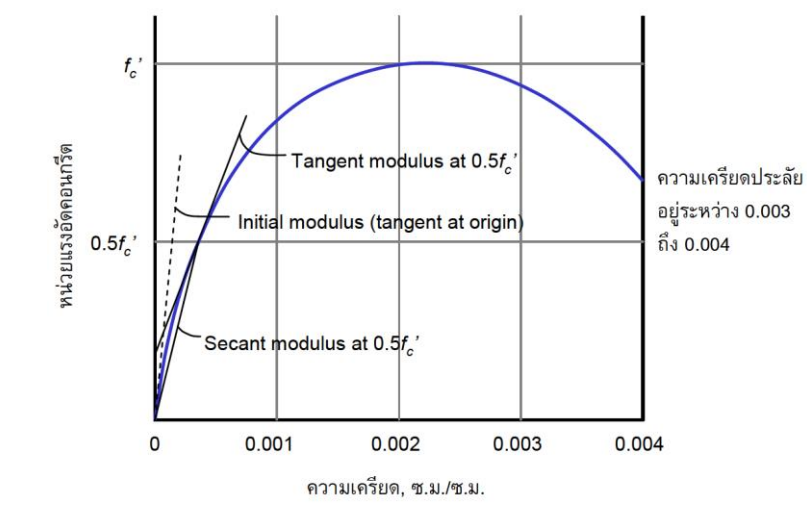
3. ความเหนียวของโครงสร้างอาคาร



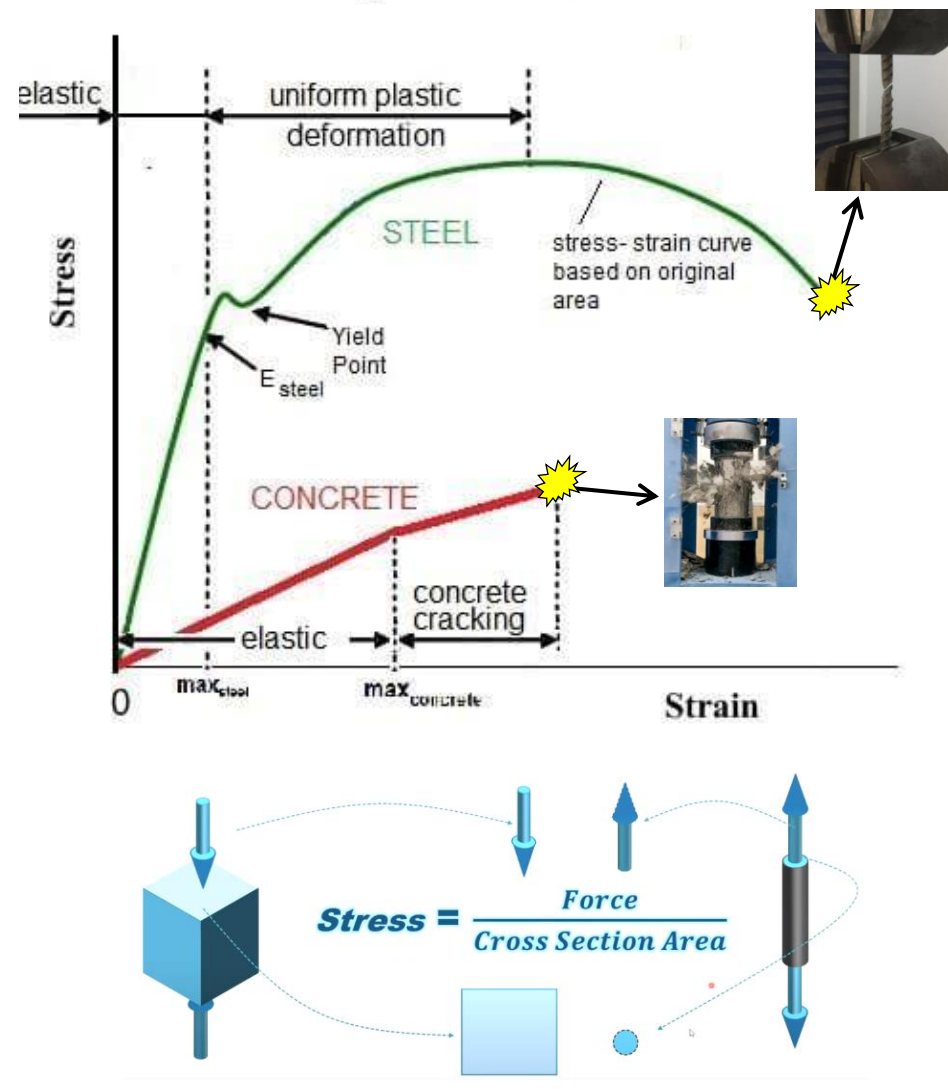
Strong Column and Weak Beam Concept



ออกแบบอาคารให้มีความเหนียว

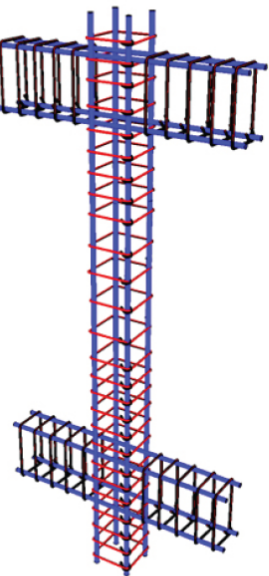


Stress-strain diagram for steel and concrete



การให้รายละเอียดเหล็กเสริมตามกฎกระทรวงฯ และ มยพ. เพื่อให้มีความเหนียวตามที่ออกแบบ

เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก



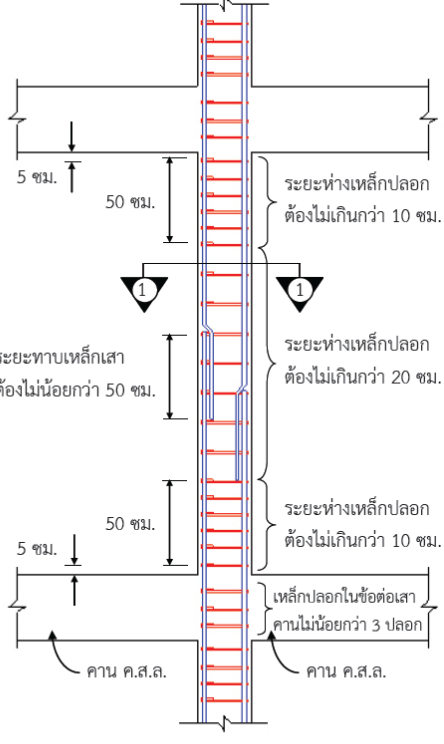
ตัวอย่างการเสริมเหล็กในเสา

รูปตัด ① - ①

ข้อของเหล็กปลอก (ดูรายละเอียด ก)

เหล็กเสริมตามยาว มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 12 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้น

รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา



รายละเอียดการเสริมเหล็กในเสา

ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 10 ซม.

ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 20 ซม.

ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 10 ซม.

เหล็กปลอกในข้อต่อเสา คานไม่น้อยกว่า 3 ปลอก

คาน ค.ส.ล.

คานคอนกรีตเสริมเหล็ก



ตัวอย่างการเสริมเหล็กในคาน

รายละเอียดการเสริมเหล็กในคาน

ตัวอย่างการเสริมเหล็กในคาน

ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 20 ซม.

ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 10 ซม.

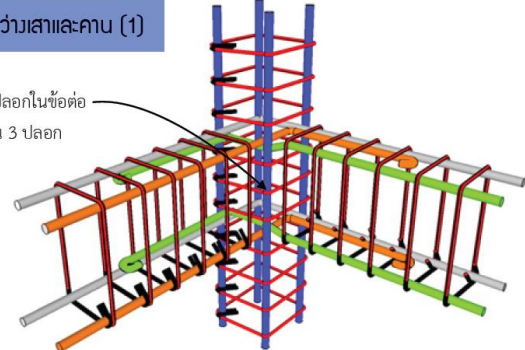
ระยะห่างเหล็กปลอก ต้องไม่เกินกว่า 10 ซม.

เหล็กปลอกในคาน (รายละเอียด ข)

เหล็กเสริมตามยาว มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 12 มม. จำนวนไม่น้อยกว่า 4 เส้น

รูปตัด ② - ②

ข้อต่อระหว่างเสาและคาน (1)



ตัวอย่างการเสริมเหล็กข้อต่อระหว่างเสาและคาน

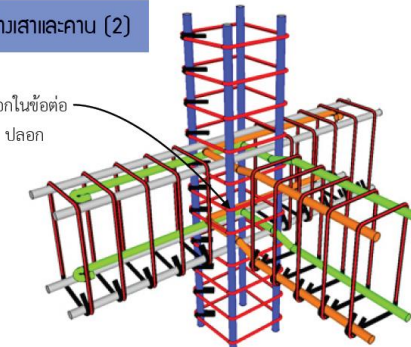
เหล็กปลอกในข้อต่อ จำนวน 3 ปลอก

ระยะห่างเหล็กต้องไม่น้อยกว่า 40 ซม.

ระยะ 80 ซม. ป @ 10 ซม. 5 ซม.

ระยะห่างเหล็กปลอกในคาน ต้องไม่เกินกว่า 10 ซม.

ข้อต่อระหว่างเสาและคาน (2)

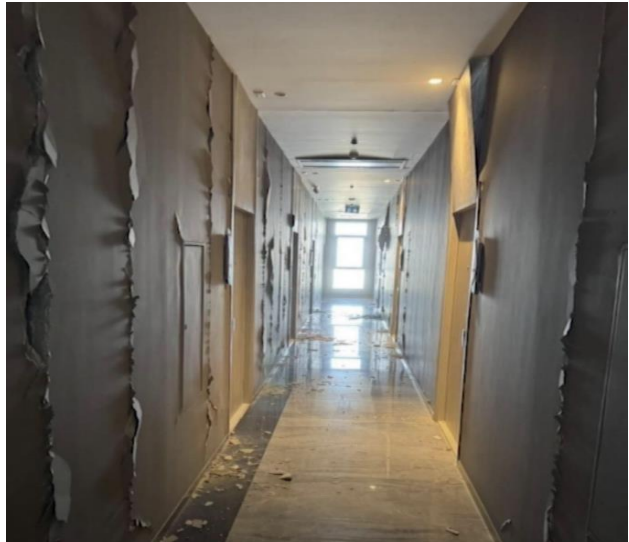


ตัวอย่างการเสริมเหล็กข้อต่อระหว่างเสาและคาน

เหล็กปลอกในข้อต่อ จำนวน 3 ปลอก

Center of Excellence in Innovation for Sustainable Infrastructure Development – SUT (Tel - 044 224 853, 099-0398585)

ความเสียหายที่ย่อมให้เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหว



ความเสียหายที่ย่อมให้เกิดขึ้นเนื่องจากแผ่นดินไหว



อาคารผู้ป่วยนอก รพ.ลำปาง แตรั่ว



อาคารผู้ป่วยนอก รพ.ลำปาง แตรั่ว

เมื่อเกิดแผ่นดินไหวขึ้น ควรทำอย่างไร?



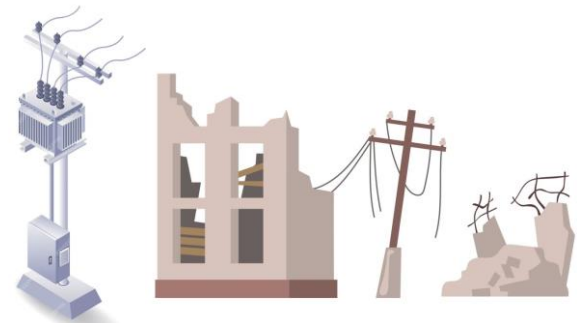
1. ตั้งสติและอย่าตกใจ



2. หากที่หลบอยู่ในส่วน
โครงสร้างที่แข็งแรง



3. ห้ามใช้ลิฟต์ เมื่อแรงสั่นสะเทือนหยุด
ให้ออกจากอาคารทันที



4. เมื่ออยู่ภายนอก ให้ออกห่าง
จากเสาไฟฟ้า และสิ่งห้อยแขวน



5. ออกจากชายฝั่งทะเล



6. ออกจากเชิงลาดดิน/เชิงเขา



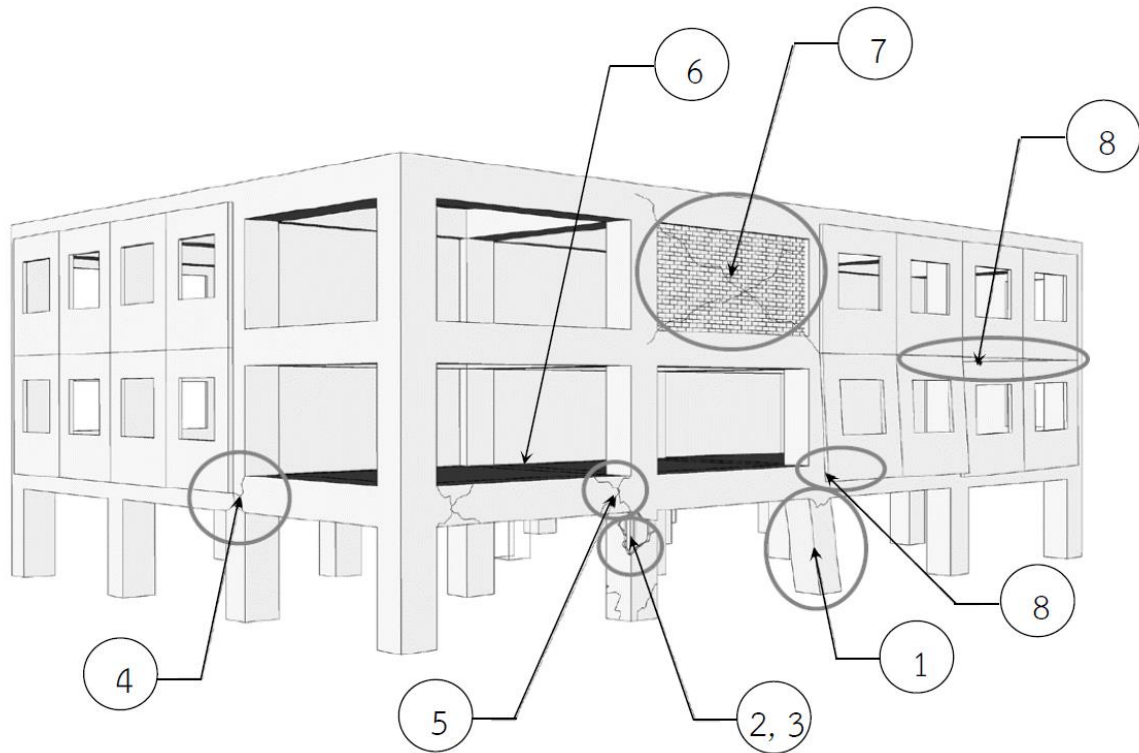
7. ขณะขับรถให้หยุดรถชิดข้าง
ทาง และอยู่ในรถยนต์



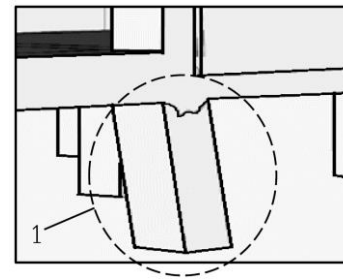
8. หากติดอยู่ในอาคารถล่ม
พยายามส่งสัญญาณขอความช่วยเหลือ

การสำรวจความเสียหายภายหลัง การเกิดแผ่นดินไหว

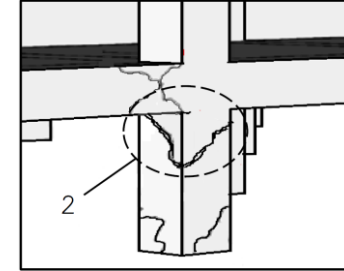
1. สำรวจความเสียหายโดยรอบ ภายนอกอาคารที่อยู่อาศัย (เบื้องต้น)



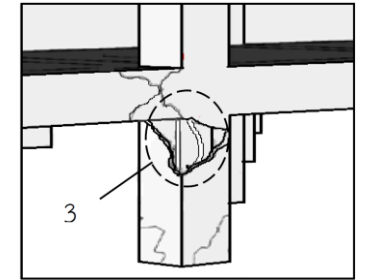
(ที่มา: Field Guide: Rapid Post Disaster Building Usability Assessment – Earthquakes, 2014, New Zealand)



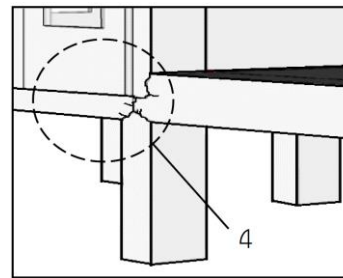
1. การเอนหลุดออกจาก
ตำแหน่งของเสา



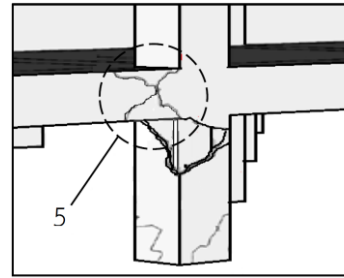
2. รอยแตกร้าวทแยง
เนื่องจากแรงเฉือนที่เสา



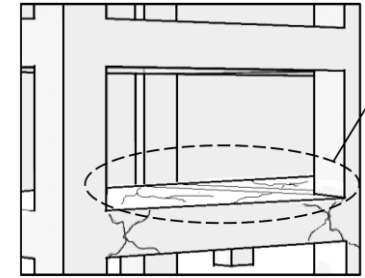
3. การโก่งเดาะของเหล็ก
เสริมในเสา



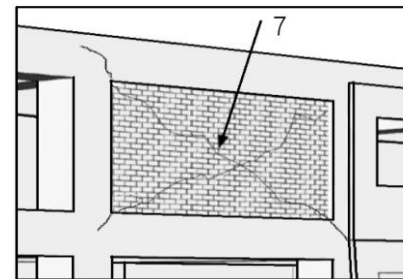
4. รอยแตกร้าวทแยงที่จุด
ต่อเสาและคาน



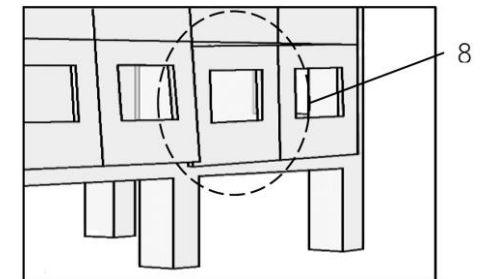
5. รอยแตกร้าวและการหลุด
ล่อนของเนื้อคอนกรีต



6. รอยแตกร้าวที่พื้น



7. รอยแตกร้าวในผนังอิฐก่อ

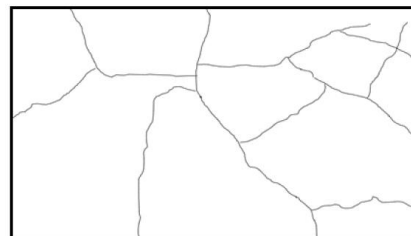


8. การหลุดห้อยของผนัง
แผ่นคอนกรีต (ถ้ามี)

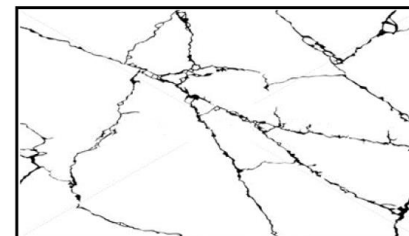
2. สำรวจความเสียหายในอาคารที่อยู่อาศัย (เบื้องต้น)

โครงสร้าง
พื้นอาคาร

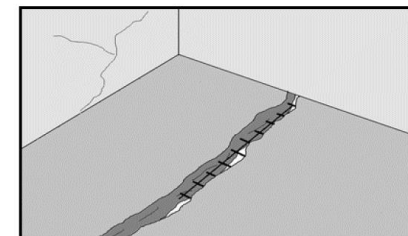
พื้นผิวด้านบน/ล่าง
ของพื้น



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”

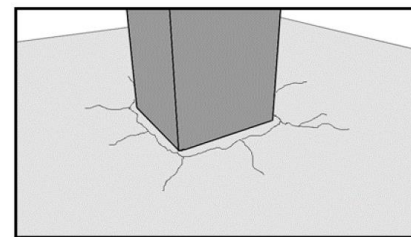


(ข) ระดับ “ปานกลาง”

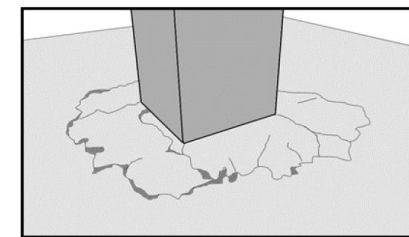


(ค) ระดับ “รุนแรง”

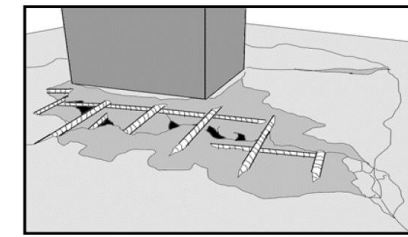
บริเวณรอบๆ
เสาอาคาร



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”

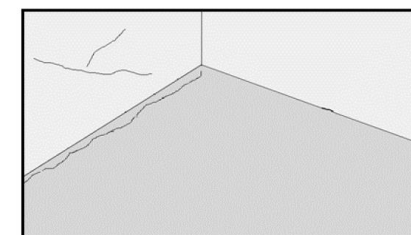


(ข) ระดับ “ปานกลาง”

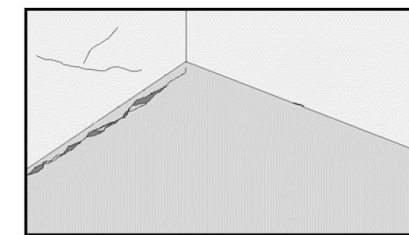


(ค) ระดับ “รุนแรง”

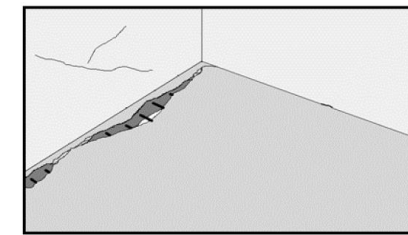
รอยต่อระหว่าง
พื้นและคาน



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”

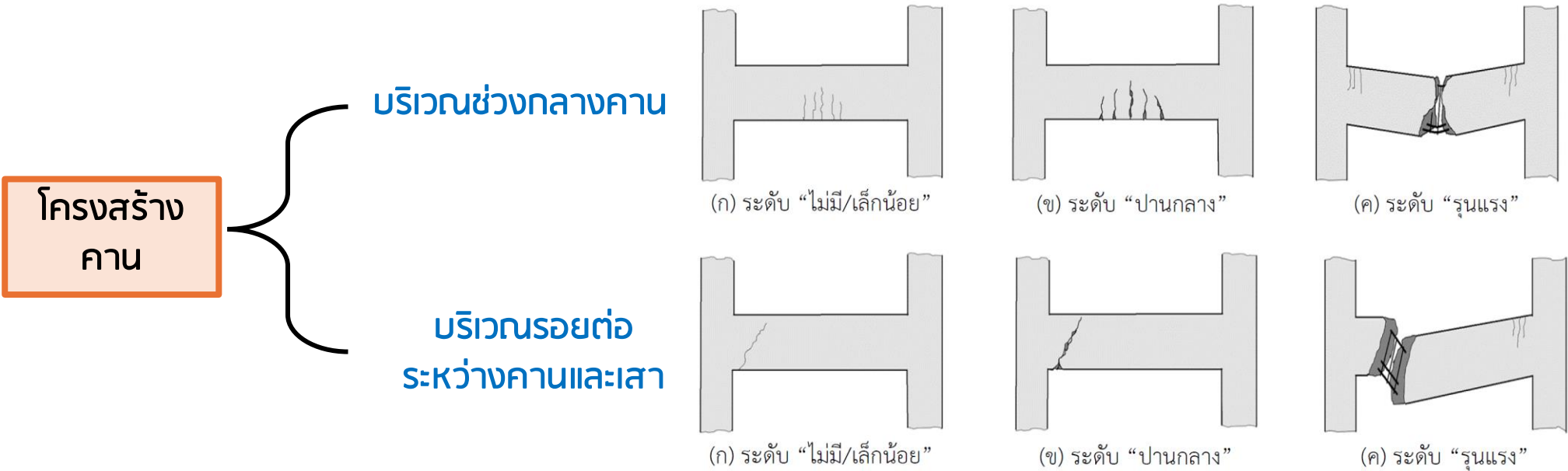


(ข) ระดับ “ปานกลาง”



(ค) ระดับ “รุนแรง”

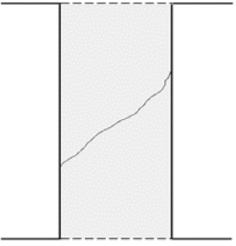
2. สำรวจความเสียหายในอาคารที่อยู่อาศัย (เบื้องต้น)



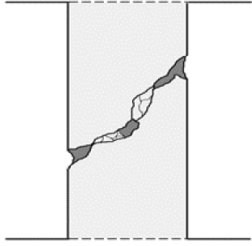
2. สำรวจความเสียหายในอาคารที่อยู่อาศัย (เบื้องต้น)

โครงสร้าง
เสา

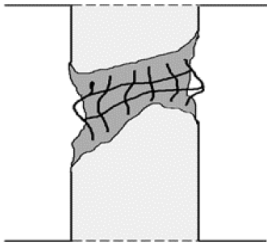
บริเวณช่วงกลางเสา



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”

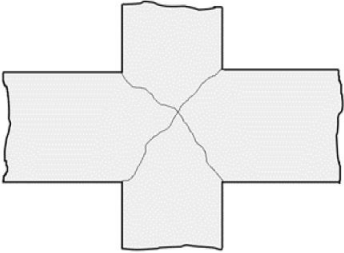


(ข) ระดับ “ปานกลาง”

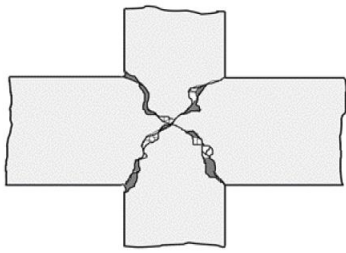


(ค) ระดับ “รุนแรง”

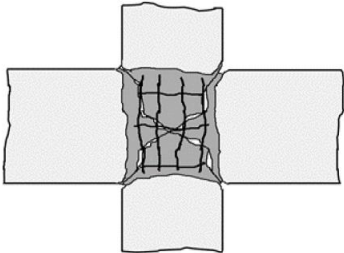
บริเวณรอยต่อ
ระหว่างเสาและคาน



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”



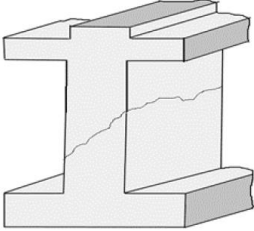
(ข) ระดับ “ปานกลาง”



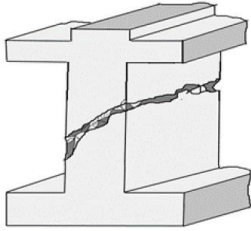
(ค) ระดับ “รุนแรง”

โครงสร้าง
ผนังลิฟต์

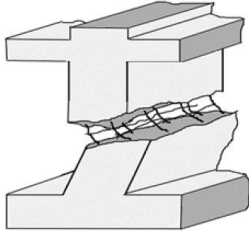
บริเวณโดยรอบ
ตัวโอบของผนังลิฟต์



(ก) ระดับ “ไม่มี/เล็กน้อย”



(ข) ระดับ “ปานกลาง”



(ค) ระดับ “รุนแรง”



Center of Excellence in Innovation for Sustainable Infrastructure Development – SUT (Tel - 044 224 853, 099-0398585)

Crack width gauge (มีจำหน่ายทั่วไป)



ความเสียหาย	ข้อจำกัดในการใช้งานอาคาร	ป้ายประกาศ
ไม่เสียหาย/เสียหายเล็กน้อย	ใช้งานอาคารได้ตามปกติ	สีเขียว
เสียหายปานกลาง	ใช้งานอาคารได้ต่อไป (บางส่วนหรือทั้งหมด) และอาคารควรได้รับการตรวจสอบอย่างละเอียดอีกครั้ง	สีเหลือง
เสียหายหนัก/อาจพังถล่มได้	ห้ามใช้งานอาคาร	สีแดง

ชนิดโครงสร้าง	เกณฑ์การแบ่งระดับความเสียหาย		
	ไม่มี/มีเล็กน้อย	ปานกลาง	รุนแรง
พื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก/พื้น Post tension	- ไม่มีรอยแตกร้าว - รอยแตกร้าวมีความกว้างน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร	รอยแตกร้าวมีความกว้างระหว่าง 1 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร	- รอยแตกร้าวมีความกว้างมากกว่า 5 มิลลิเมตร - มีการปริแตกของคอนกรีต
คาน	- ไม่มีรอยแตกร้าว - รอยแตกร้าวมีความกว้างน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร	รอยแตกร้าวมีความกว้างระหว่าง 1 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 5 มิลลิเมตร	- รอยแตกร้าวมีความกว้างมากกว่า 5 มิลลิเมตร - มีการปริแตกของคอนกรีต
เสา	- ไม่มีรอยแตกร้าว - รอยแตกร้าวมีความกว้างน้อยกว่า 0.2 มิลลิเมตร	รอยแตกร้าวมีความกว้างระหว่าง 0.2 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 2 มิลลิเมตร	- รอยแตกร้าวมีความกว้างมากกว่า 2 มิลลิเมตร - มีการปริแตกของคอนกรีต
ผนังลิฟต์	- ไม่มีรอยแตกร้าว - รอยแตกร้าวมีความกว้างน้อยกว่า 1 มิลลิเมตร	รอยแตกร้าวมีความกว้างระหว่าง 1 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 1 มิลลิเมตร	- รอยแตกร้าวมีความกว้างมากกว่า 2 มิลลิเมตร - มีการปริแตกของคอนกรีต

ตัวอย่างแนวทางการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย (โครงสร้างเสา)



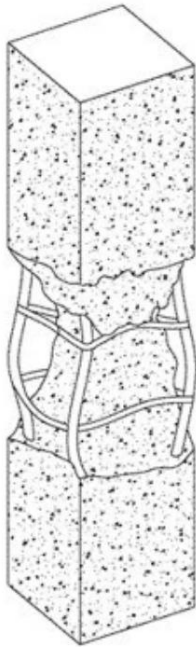
เสาที่ได้รับ
ความเสียหาย



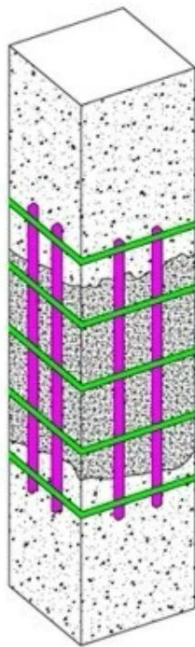
เสริมเหล็กแกน
และเหล็กปลอก



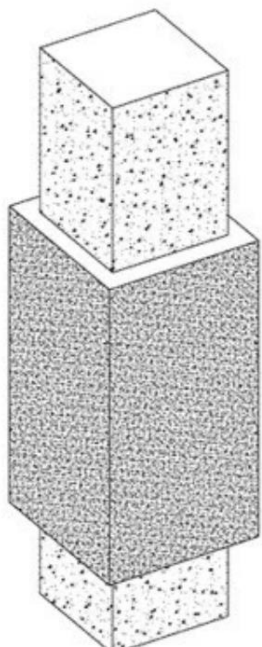
เทคอนกรีตหุ้มเสา



เสาที่ได้รับ
ความเสียหาย



เสริมเหล็กแกน
และเหล็กปลอก



เทคอนกรีตหุ้มเสา





การสำรวจรอยแตกกว้างภายใน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



Days	ลำดับ	อาคาร	หัวหน้าทีม
Day-1 พุธ ที่ 2 เมษายน 68 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป	1	อาคารศูนย์ความเป็นเลิศทางการแพทย์	นายอภิสิทธิ์, นายศักดิ์ดา, นายเชมณัฐ
	2	อาคารรัตนเวชพัฒน์	อ. ดร.อาทิตย์, นายสิริวิชญ์, นายธนภัทร
	3	อาคารวิชาการ 1	อ. ดร.คงศักดิ์, นายไกรฤกษ์
	4	อาคารวิชาการ 2	อ. ดร.อภิชาติ, นายนันทิพัฒน์
	5	อาคารบริหาร (ตึก A)	อ. กานต์
Day-2 พฤหัสบดี ที่ 3 เมษายน 68 เวลา 10.30 น. เป็นต้นไป	1	กลุ่มอาคารเรียนรวม 1 และ 2	นายจักรกฤษณ์, นายเชมณัฐ
	2	อาคารบรรณสาร 1 และ 2	อ. ดร.คงศักดิ์, นายไกรฤกษ์
	3	อาคารรัฐสิมาคุณากร	อ. กานต์, นายสิริวิชญ์
	4	อาคารเครื่องมือ 12	นายอภิสิทธิ์, นายศักดิ์ดา
	5	อาคารวิจัย	อ. ดร.อภิชาติ, นายนันทิพัฒน์
Day-3 ศุกร์ ที่ 4 เมษายน 68 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป	1	อาคารสุขนิवास 7	นายอภิสิทธิ์, นายศักดิ์ดา (เช้า)
	2	อาคารสุขนิवास 8	นายเชมณัฐ, นายสิริวิชญ์ (เช้า)
	3	อาคารเครื่องมือ 11	อ. กานต์, นายไกรฤกษ์ (เช้า)
	4	อาคารสุเรงไชย	นายเชมณัฐ, นายสิริวิชญ์ (บ่าย)
	5	อาคารเครื่องมือ 9	นายอภิสิทธิ์, นายศักดิ์ดา (บ่าย)

Days	ลำดับ	อาคาร	หัวหน้าทีม
Day-4 อังคาร ที่ 8 เมษายน 68 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป	1	อาคารเครื่องมือ F2	นายเชมณัฐ
	2	อาคารเครื่องมือ F3	นายสิริวิชญ์
	3	อาคารเครื่องมือ F10	นายอภิสิทธิ์
	4	อาคารเครื่องมือ F14	อ. กานต์
	5	อาคารเครื่องมือ F15	นายไกรฤกษ์
Day-5 พุธ ที่ 9 เมษายน 68 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป	1	อาคารสุรลัมณาการ	นายเชมณัฐ
	2	อาคารสุรนิเวศ 2	นายสิริวิชญ์
	3	อาคารสุรนิเวศ 4	นายอภิสิทธิ์
	4	อาคารสุขนิवास 6	อ. กานต์
	5	หอสุรนาภา	นายไกรฤกษ์



THANK YOU