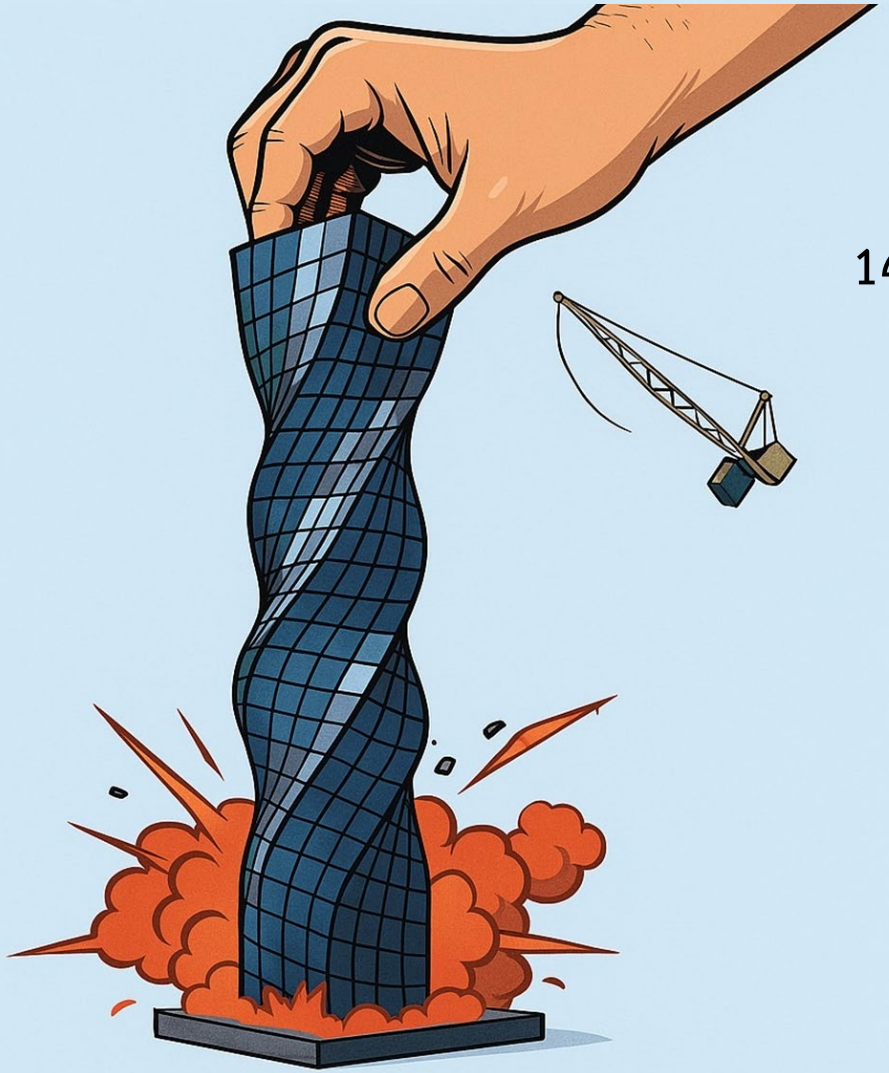


นิติวิศวกรรมล่าสุด

AIT Insight: ภัยแผ่นดินไหว

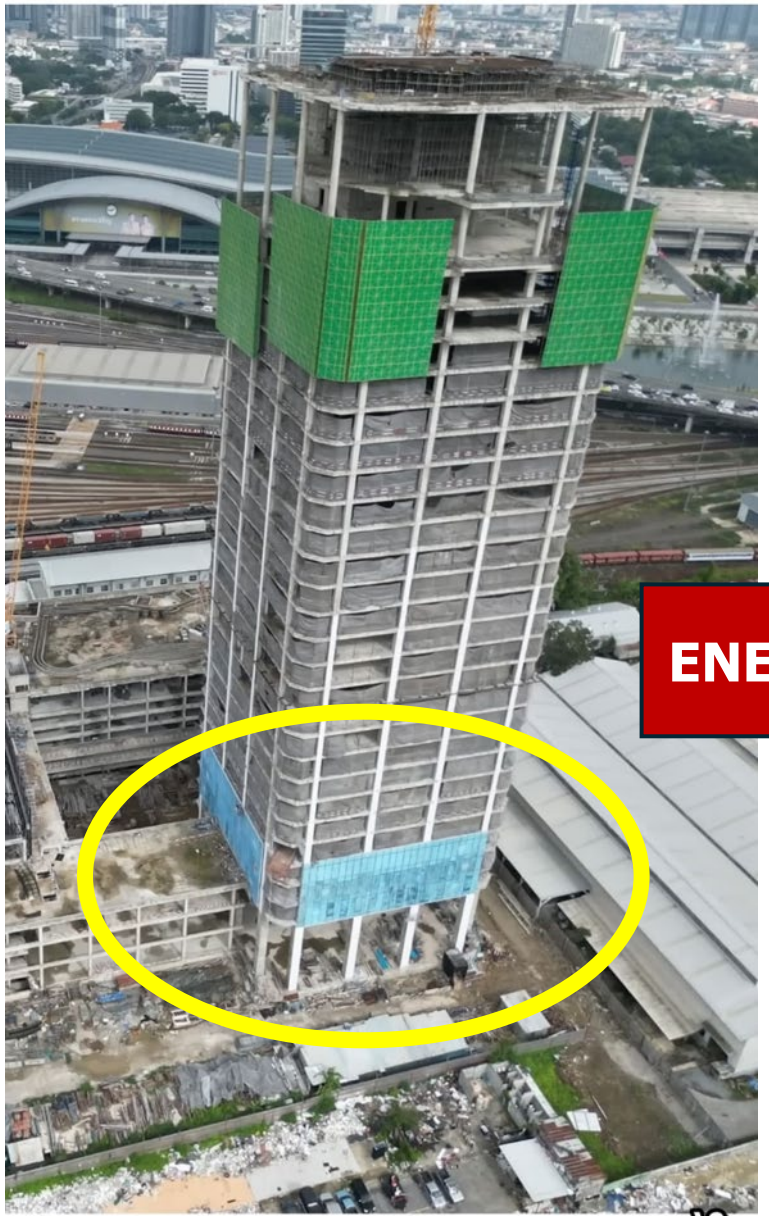
14 กรกฎาคม 2568 โรงแรมเซ็นทาราแกรนด์ เซ็นทรัลลาดพร้าว

ข้อสันนิษฐานเชิงนิติวิศวกรรม

กลไกการถล่มตึก สตง.

ศ. กิตติคุณ ดร. วรศักดิ์ กนกนุกุลชัย

ราชบัณฑิต และ วุฒิวิศวกร



“ไม่มีอำนาจใดจะสามารถทำลายอาคาร 30 ชั้นให้ย่อยยับ ราบเป็นขนมชั้นภายใน 8 วินาที ได้ นอกจากพลังงานศักย์ ของมวลอาคารเอง”

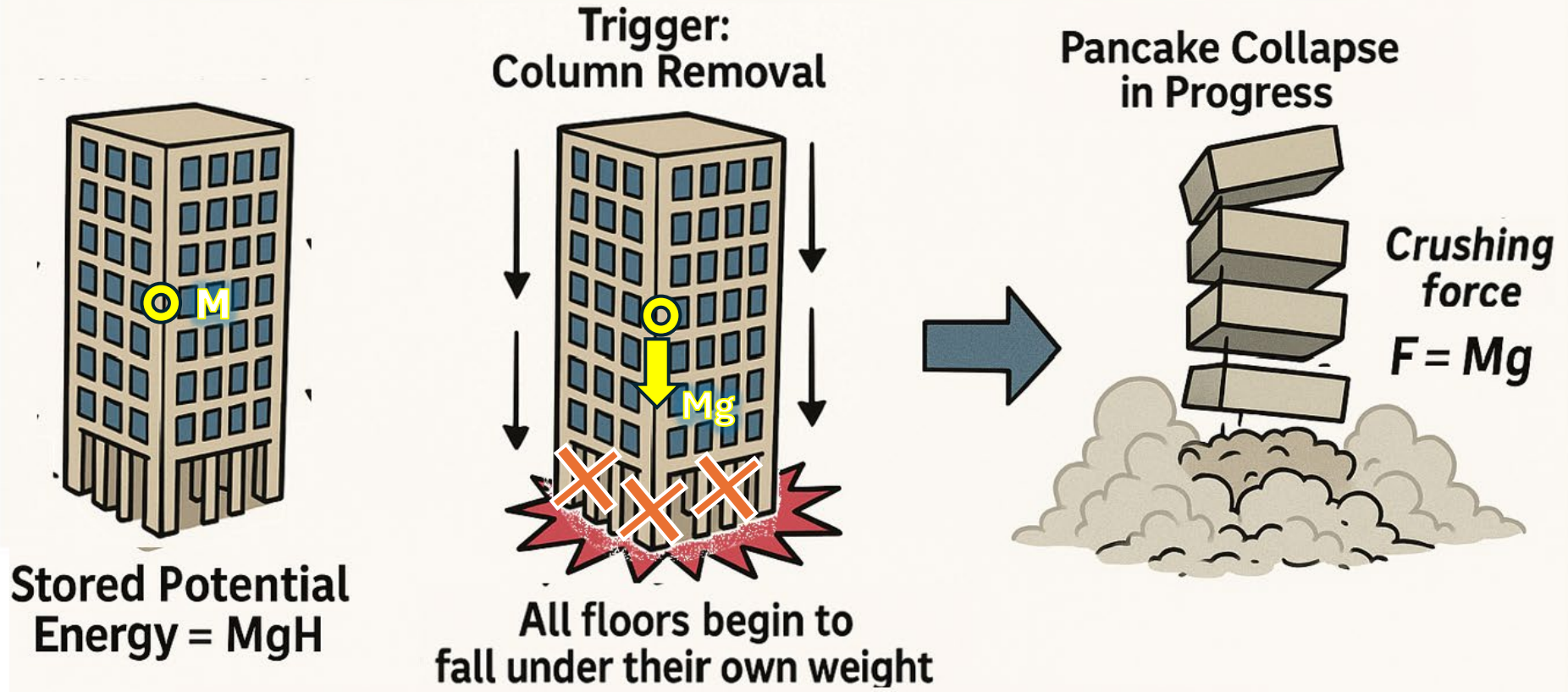
Professor Worsak Kanok-Nukulchai, Ph.D.

1 April 2025

ENERGY NEEDED?



การรื้ออาคารสูงโดยระเบิดเสา ให้มวลอาคารหล่นกระแทกพื้นด้วยน้ำหนักตัวเอง



ในการรื้อถอนอาคารสูง: เสาและกำแพงชั้นล่างจะถูกวางระเบิดพร้อมกัน ทำให้อาคารถล่มในแนวดิ่งแบบขนมชั้น

Pancake Collapse (การวิบัติแบบแพนเค้ก หรือ แบบขนมชั้น)



อาคาร สตง. ใหม่ 28 มีนาคม 2568



โรงแรมรอยัลพลาซ่า 13 สิงหาคม 2536

หลักการนิติวิศวกรรม เพื่อชันสูตรสาเหตุอาคาร สตง. ถล่ม

สภาพหลังวิบัติ (Post Mortem) → **กลไกการวิบัติ** (Failure Mechanism) → **เส้นทางวิบัติ** (Failure Path) → **สาเหตุการวิบัติ** (Failure Cause) → **ชนวน** (Ignition)

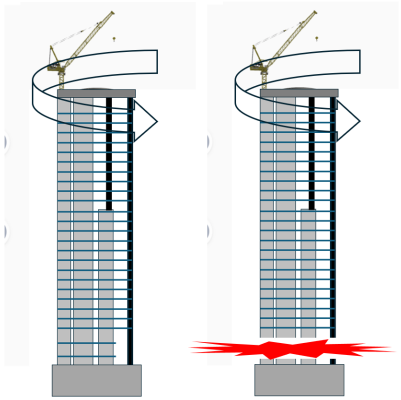
สภาพอาคารทับกันชั้นต่อชั้นเหมือนขนมชั้น (Pancake Collapse)



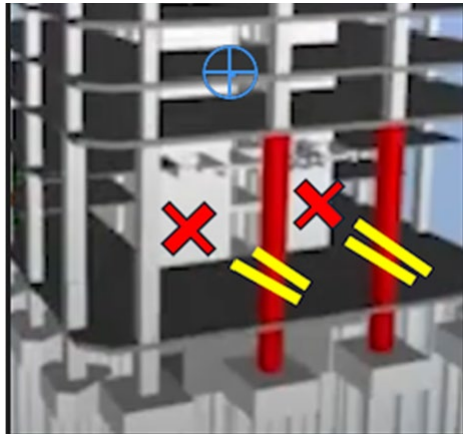
อาคารถล่มลงมาด้วยน้ำหนักตัวเองในแนวดิ่งจนแทบไม่มีการเอียงตัว



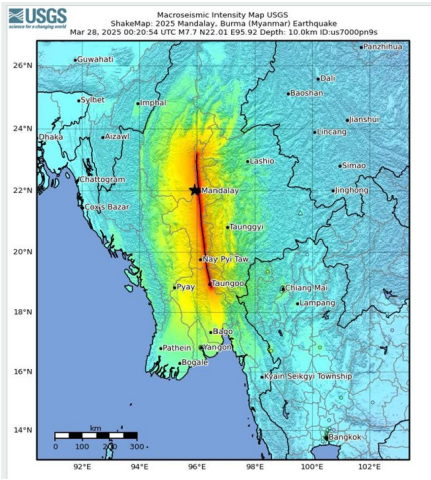
การบิดตัวไปมาของอาคารเป็นวิธีเดียว ที่ก่อให้เกิดแรงเฉือนทำลาย”ขา”อาคารทุกๆขาพร้อมกัน



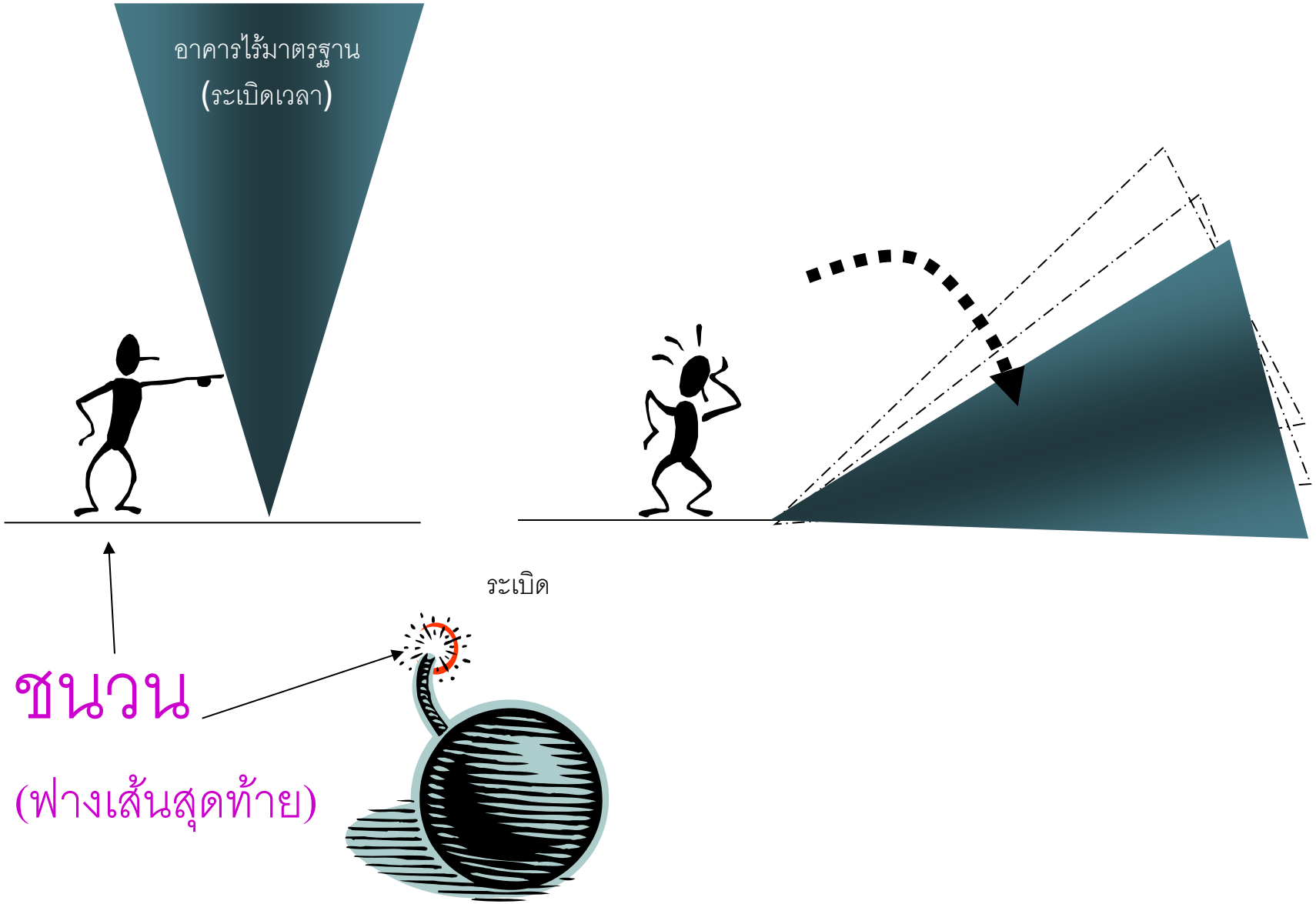
เป็นประเด็นที่จะต้องพิสูจน์ว่า กำแพงปล่องลิฟท์ส่วนขาทำไมถึงรับแรงบิดไม่ไหว



คลื่นแผ่นดินไหวจากเมืองมัณฑเลย์ ประเทศมียนมาร์

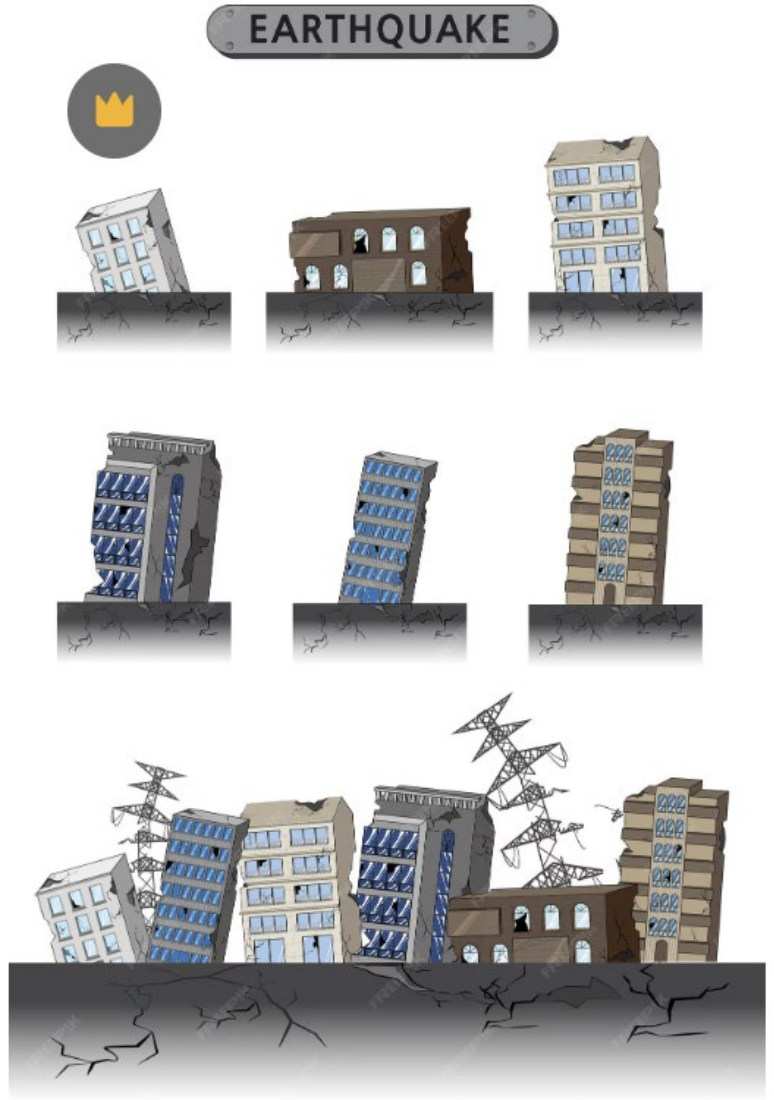


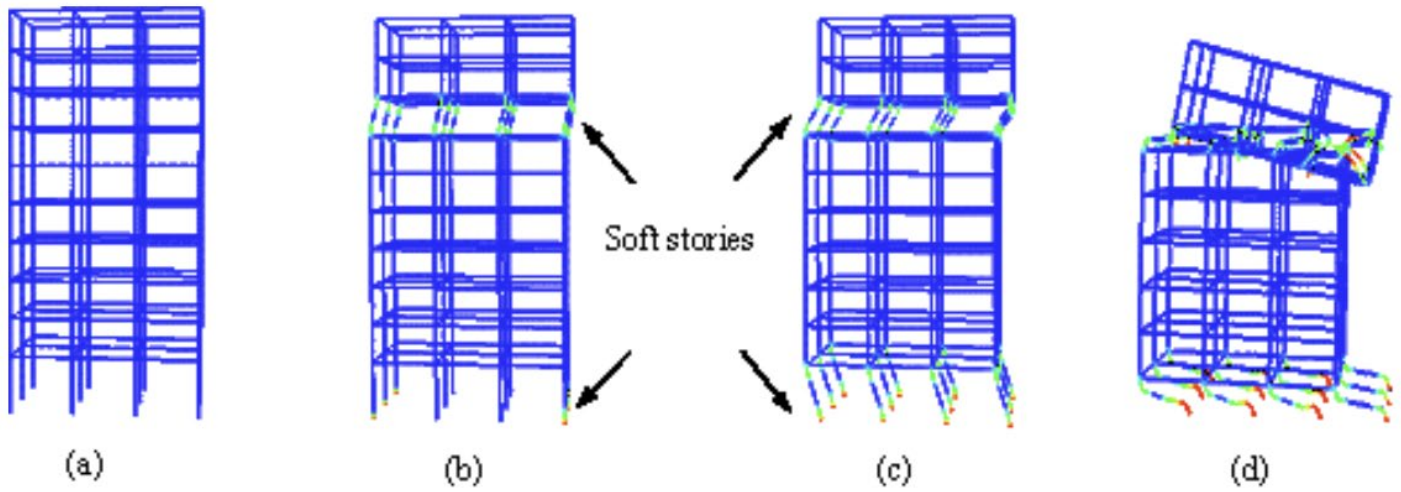
Root Cause vs. the Trigger



FAILURE MECHANISM

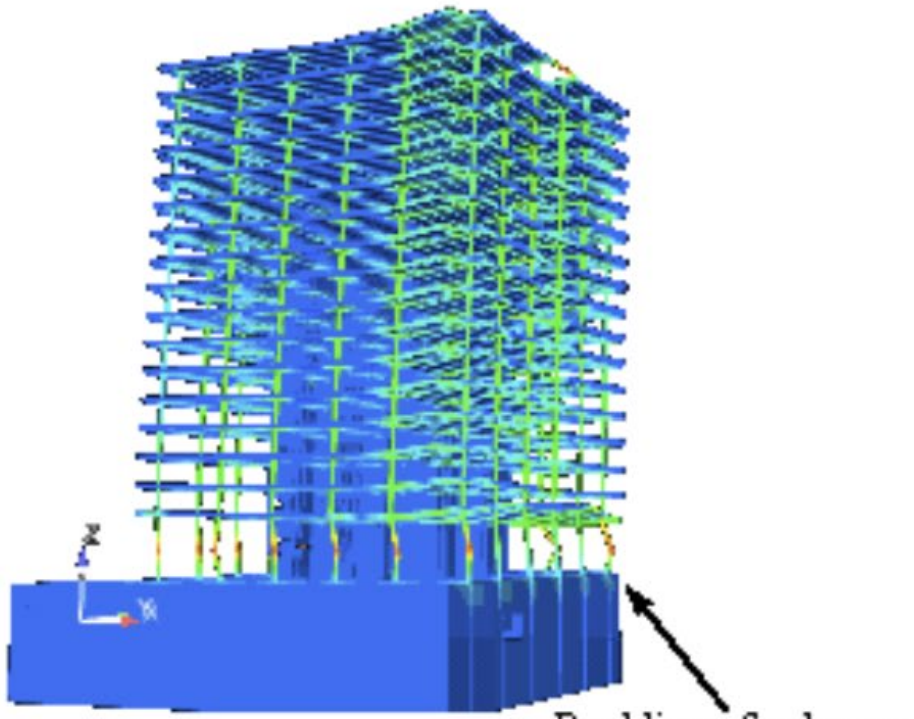
กลไกการวิบัติ



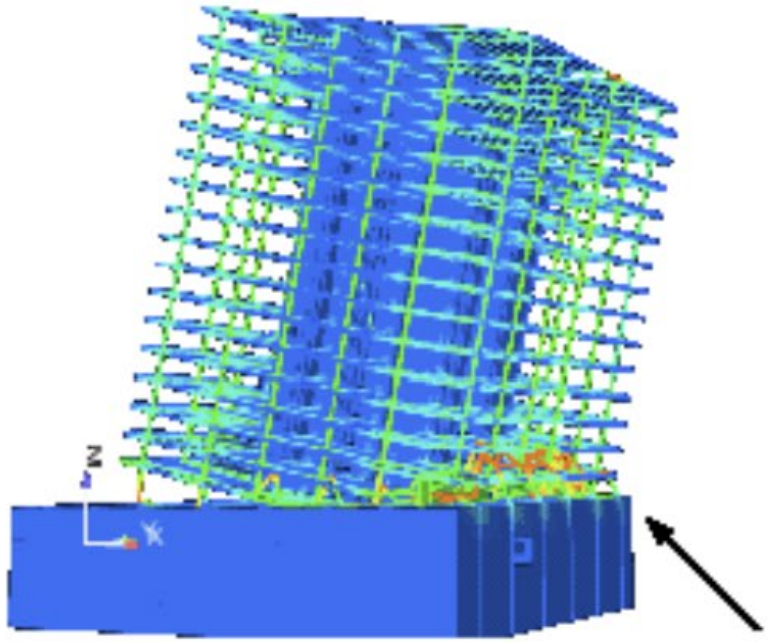




COLLAPSE AT SOFT STORIES

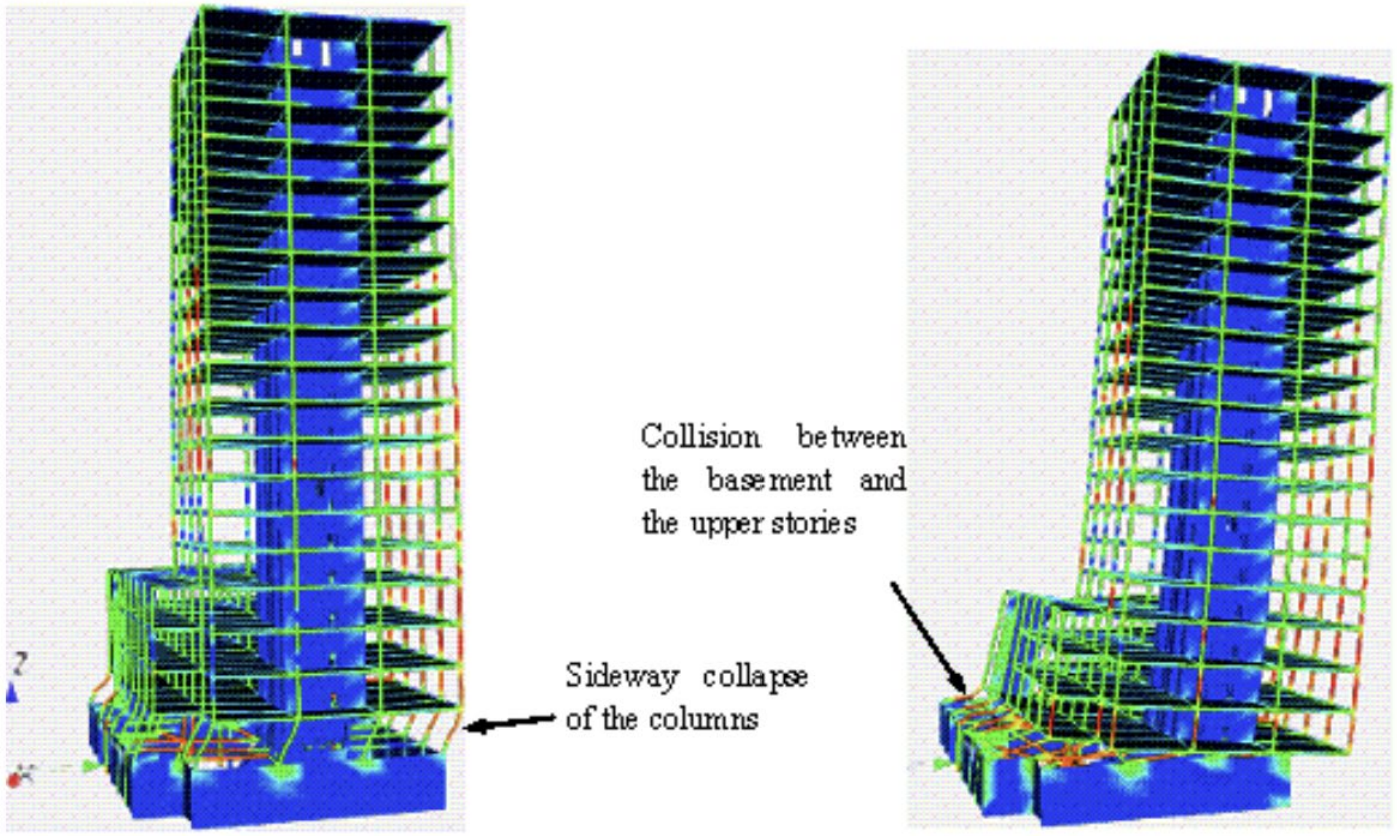


Buckling of columns

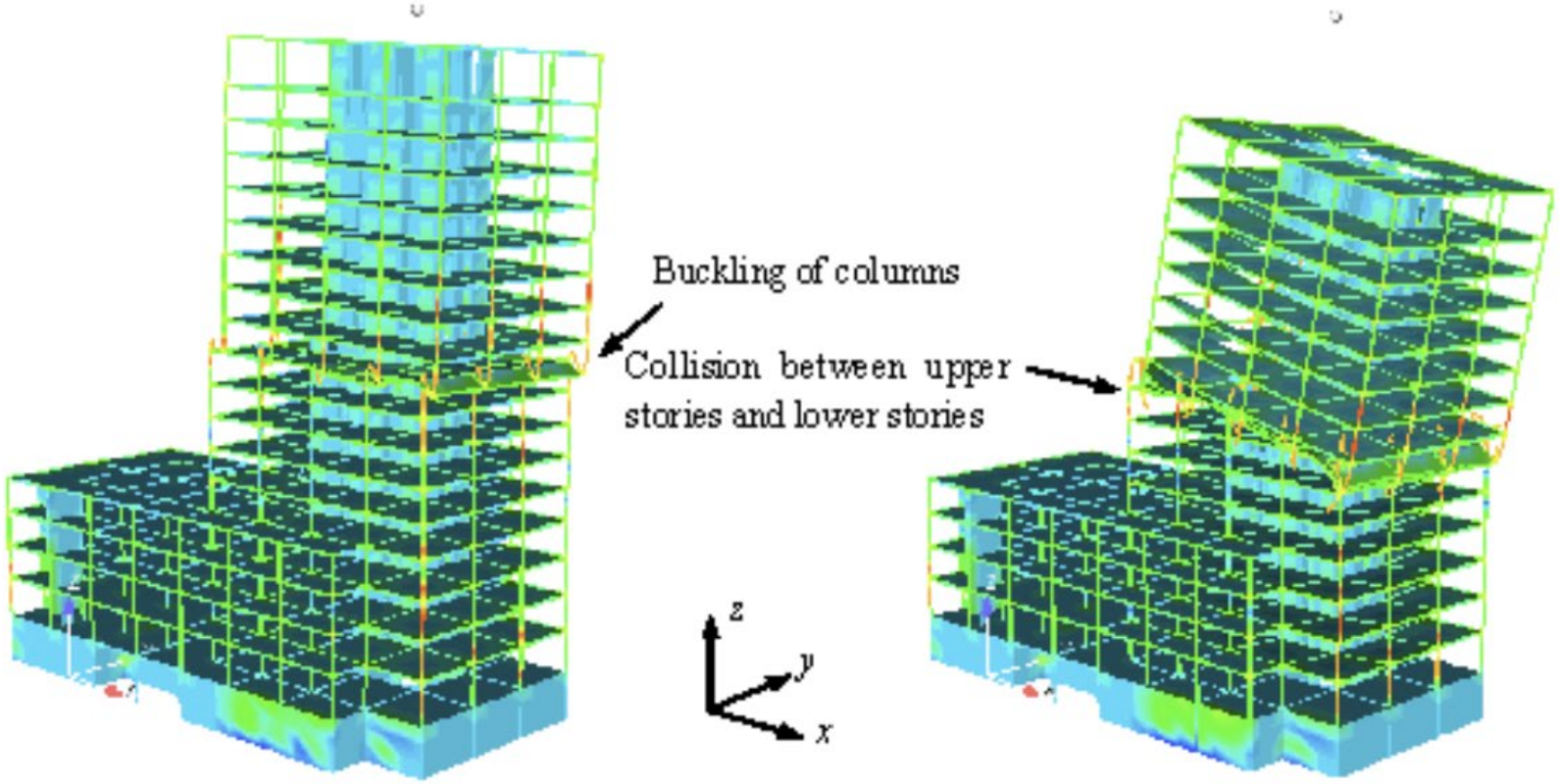


Collision between the basement and the upper stories

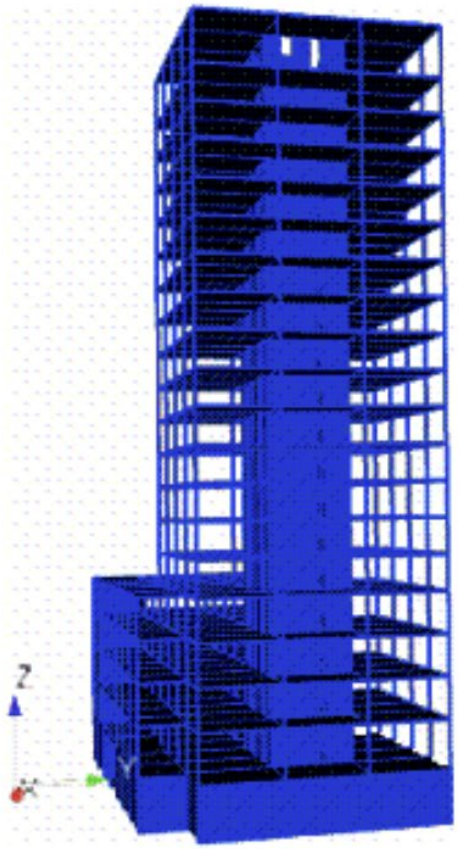
BUCKLING OF GROUND COLUMNS

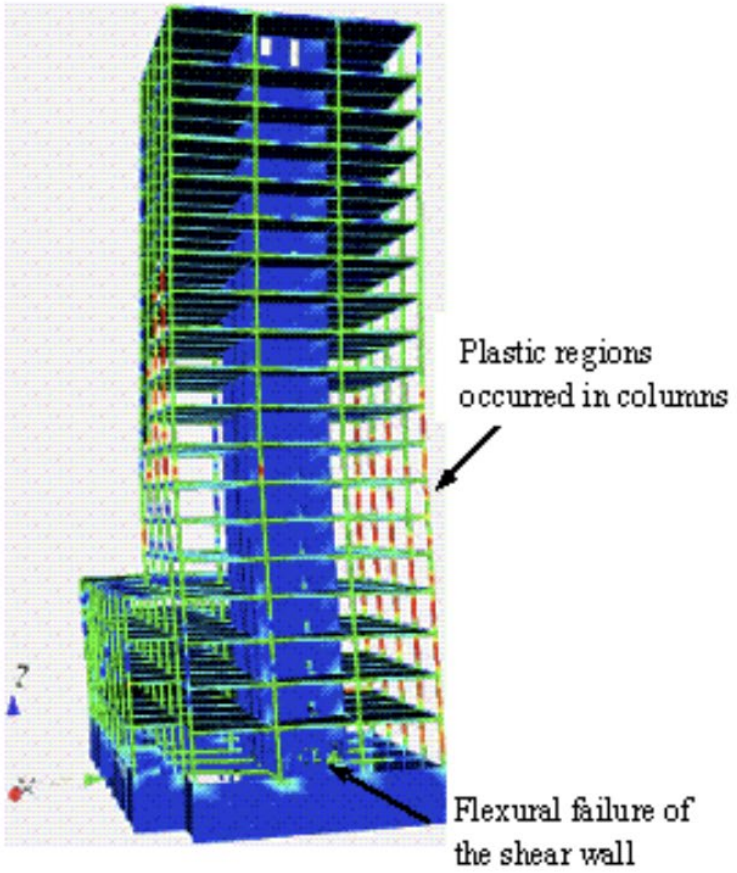


SIDEWAY COLLAPSE OF GROUND COLUMNS



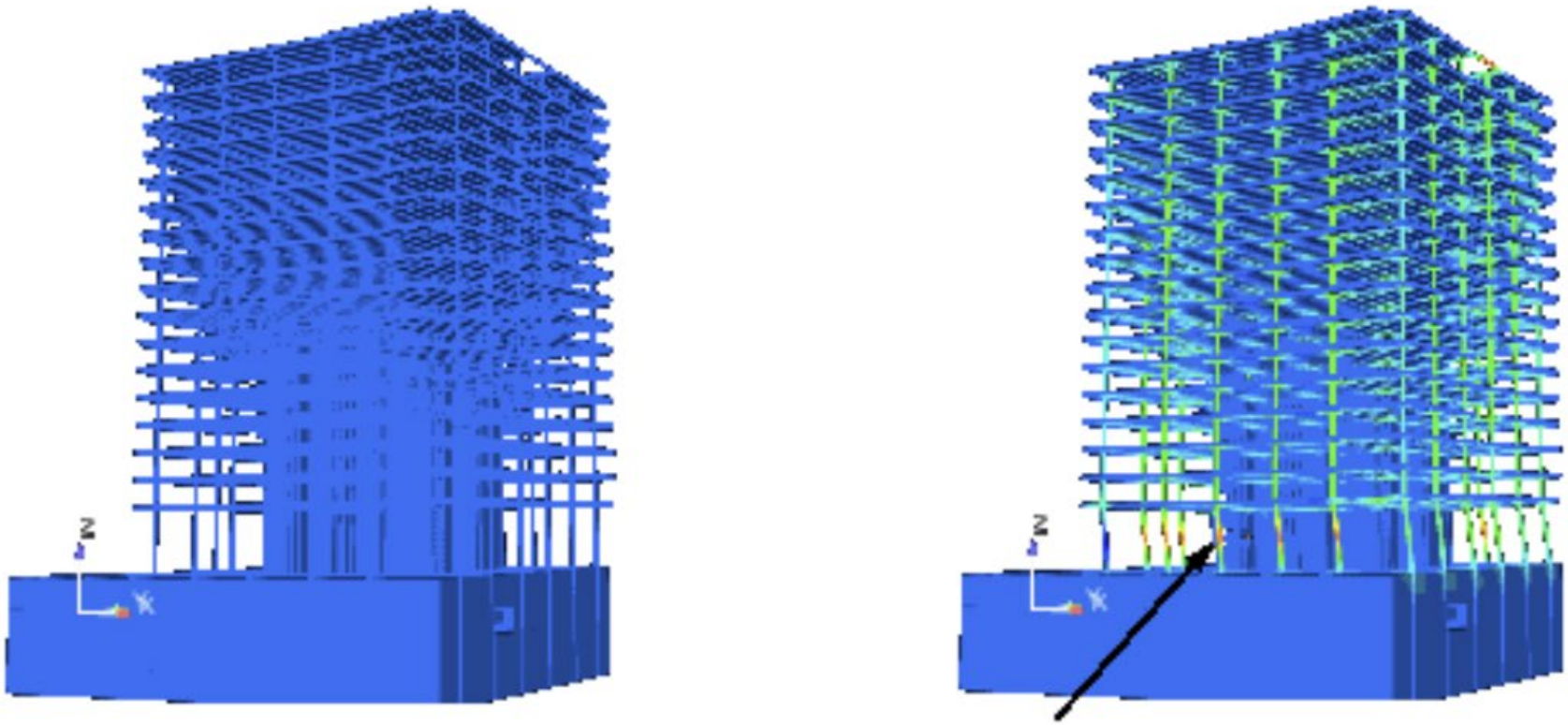
BUCKLING OF COLUMNS ON UPPER STORIES





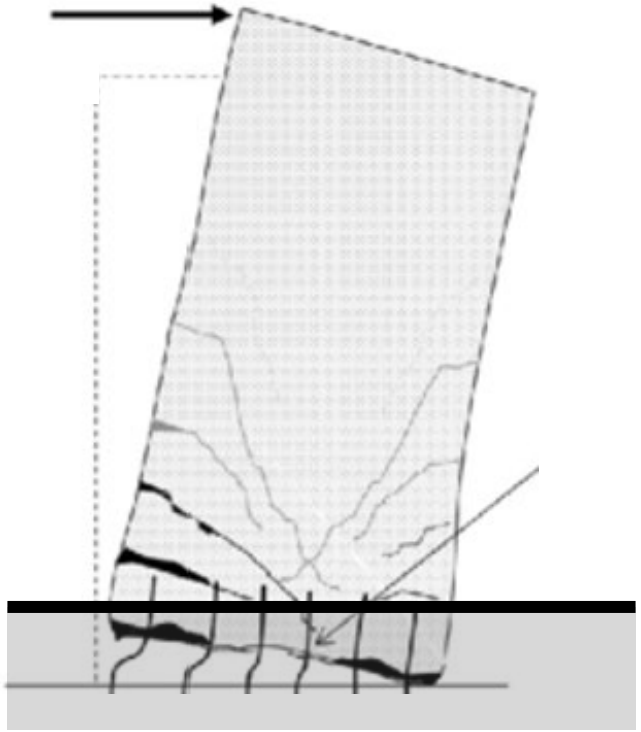
FLEXURAL FAILURE OF SHEAR WALL

http://www.luxinzheng.net/publication5/Collapse_Simulation_RC_High_Rise_Building_Earthquakes_EESD_2013.htm



Crushing of shear wall

COMRESSIVE FAILURE OF SHEAR WALLS



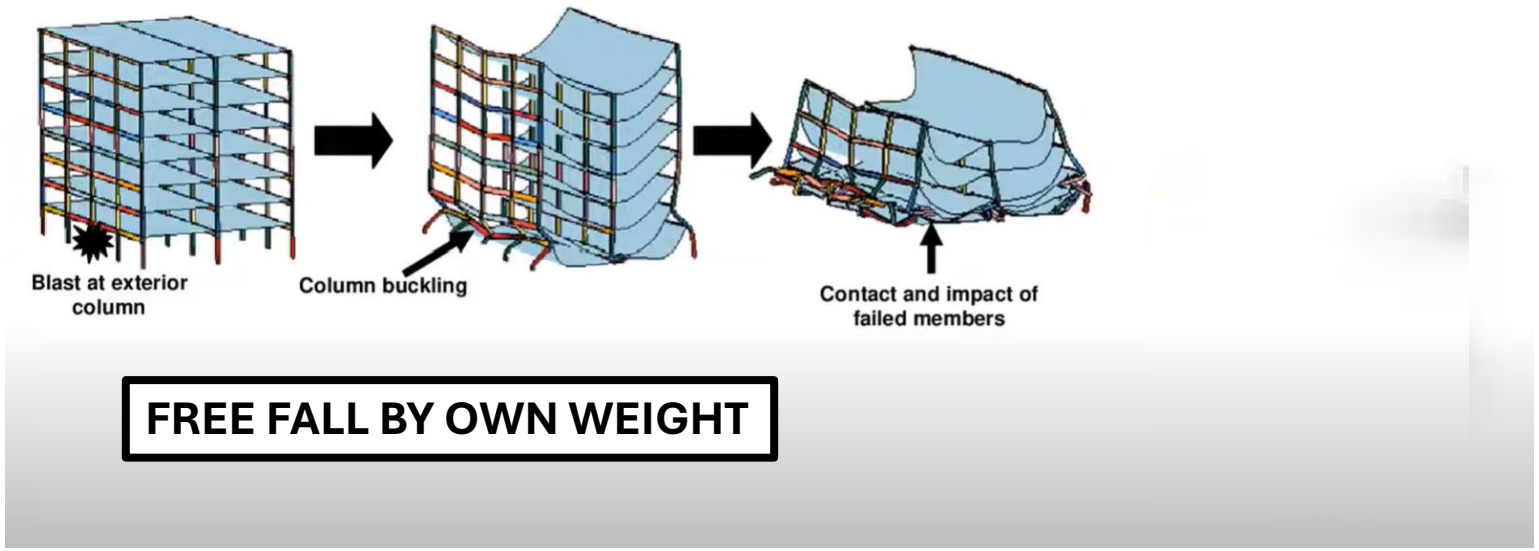


FOUNDATION FAILURE

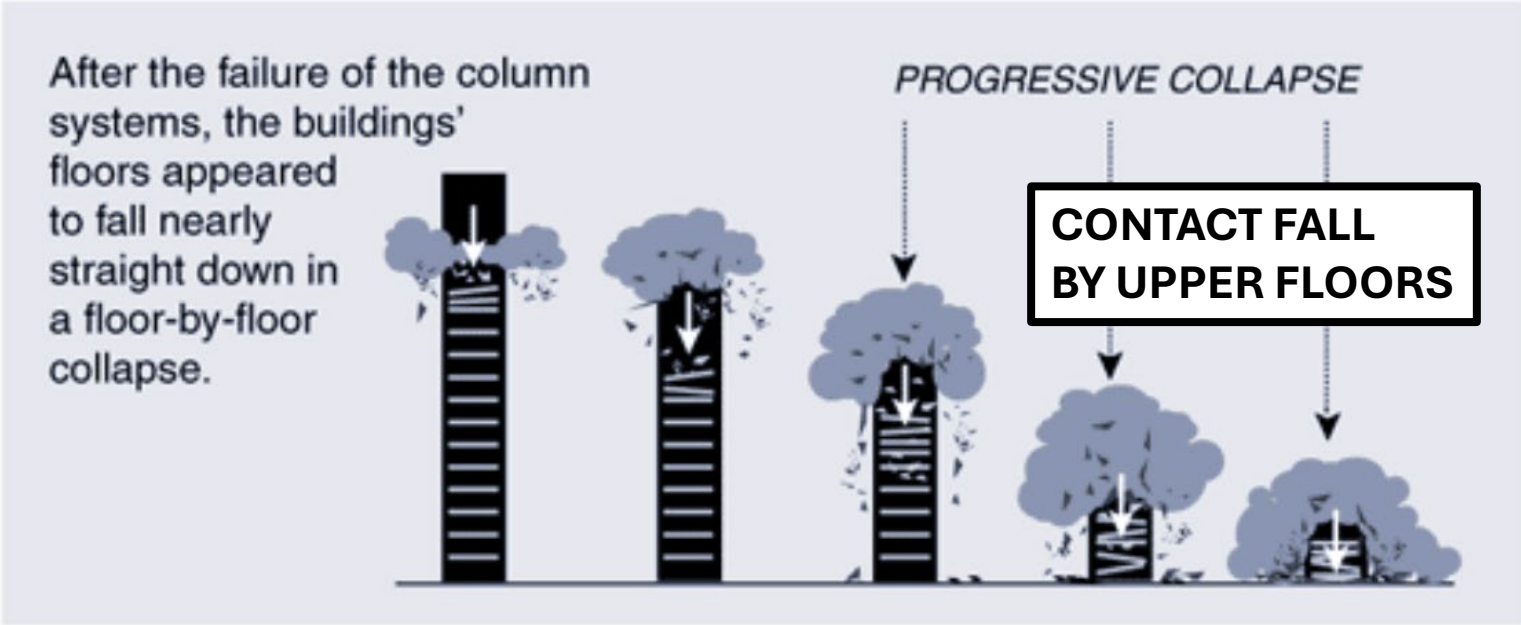
Pancake Collapse

- เกิดได้เพียง 2 แบบ

(1) เสาและกำแพงรับแรงเกิดวิบัติที่ชั้นล่างสุด



(2) พื้นวิบัติชั้นบนๆ แล้วหล่นกระแทกชั้นล่างถัดไปเป็นโดมิโน



การวิบัติแบบ Pancake Collapse 2 แบบ ในเมืองไทย



โรงแรมรอยัลพลาซ่า 13 สิงหาคม 2536



อาคารคอนโดยูเพลส สูง 6 ชั้น 11 สิงหาคม พ.ศ. 2557 จังหวัดปทุมธานี

ข้อสรุปจากการวินิจฉัย

หลักฐานเชิงประจักษ์จากคลิป

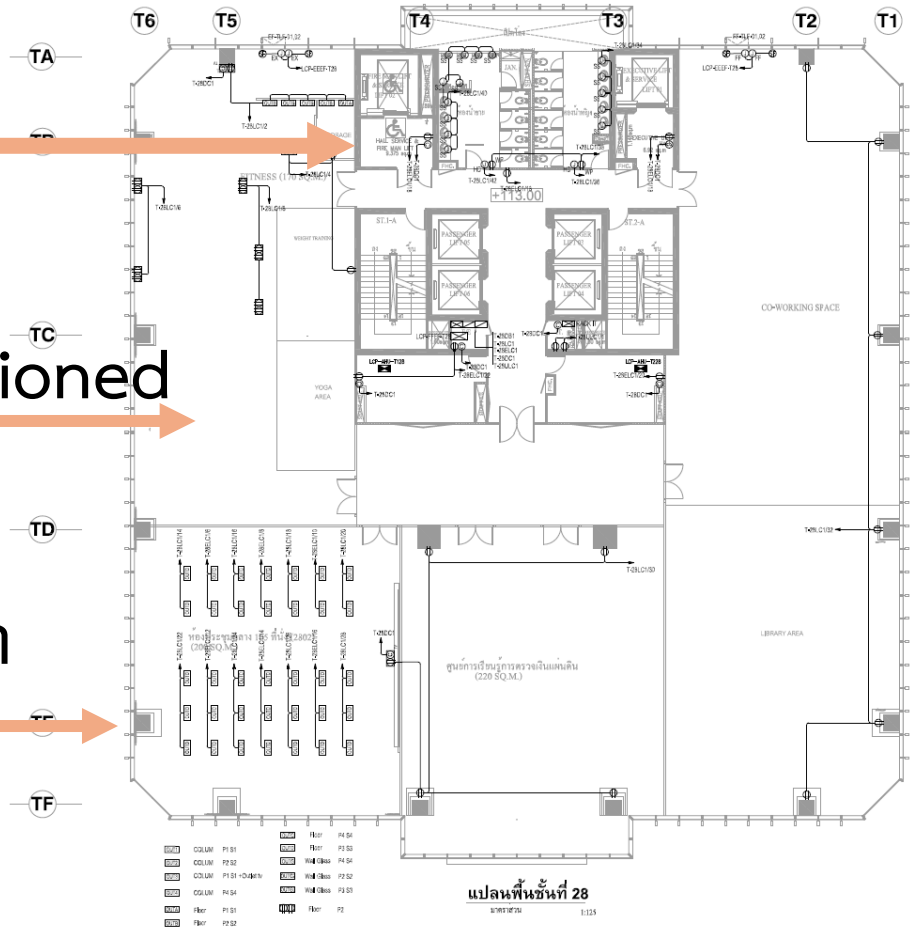
โครงสร้างอาคาร สตง.



กำแพงรับแรงเฉือน (Shear Core)

พื้น Post-tensioned

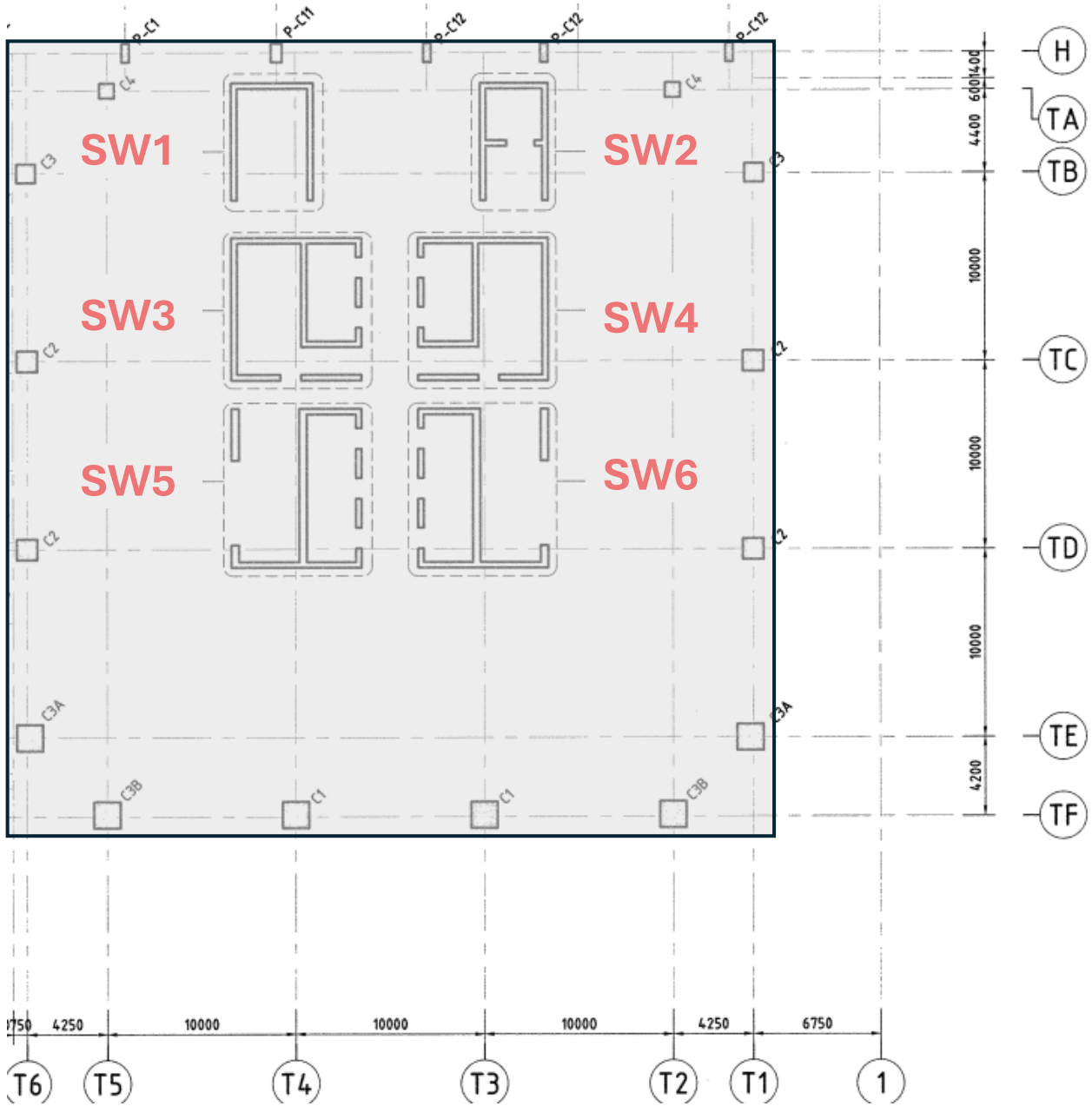
เสา



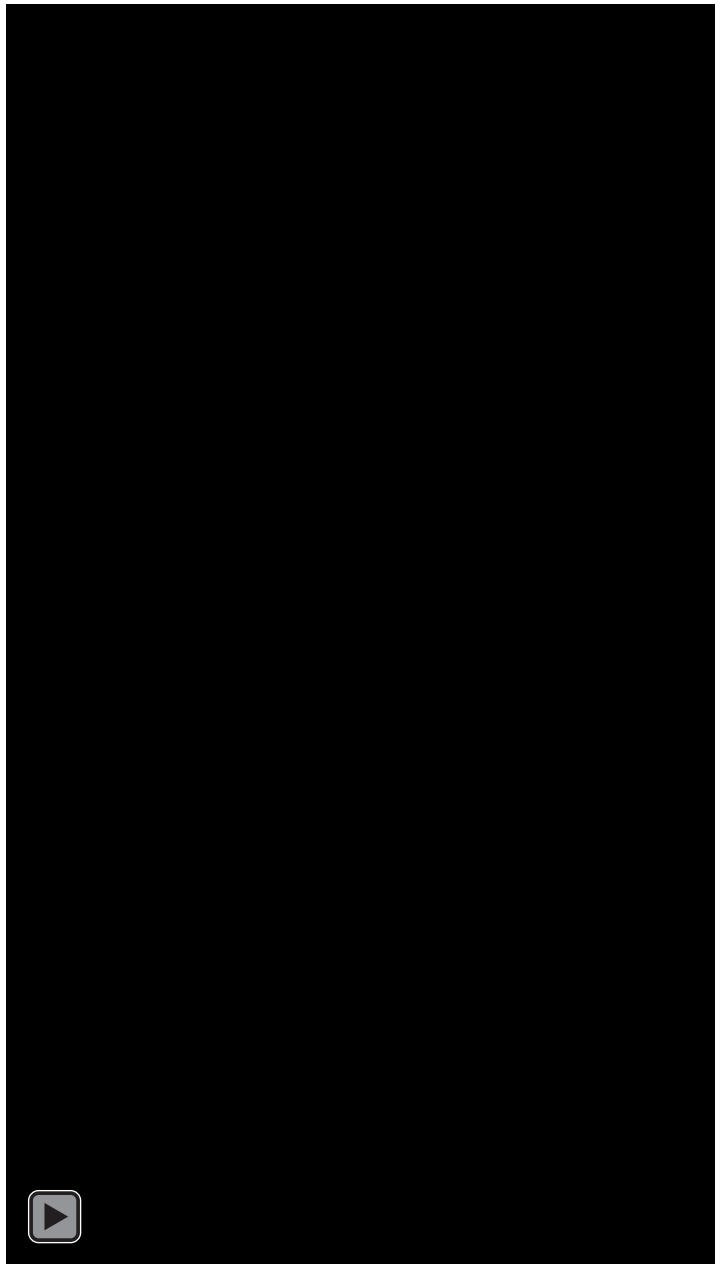


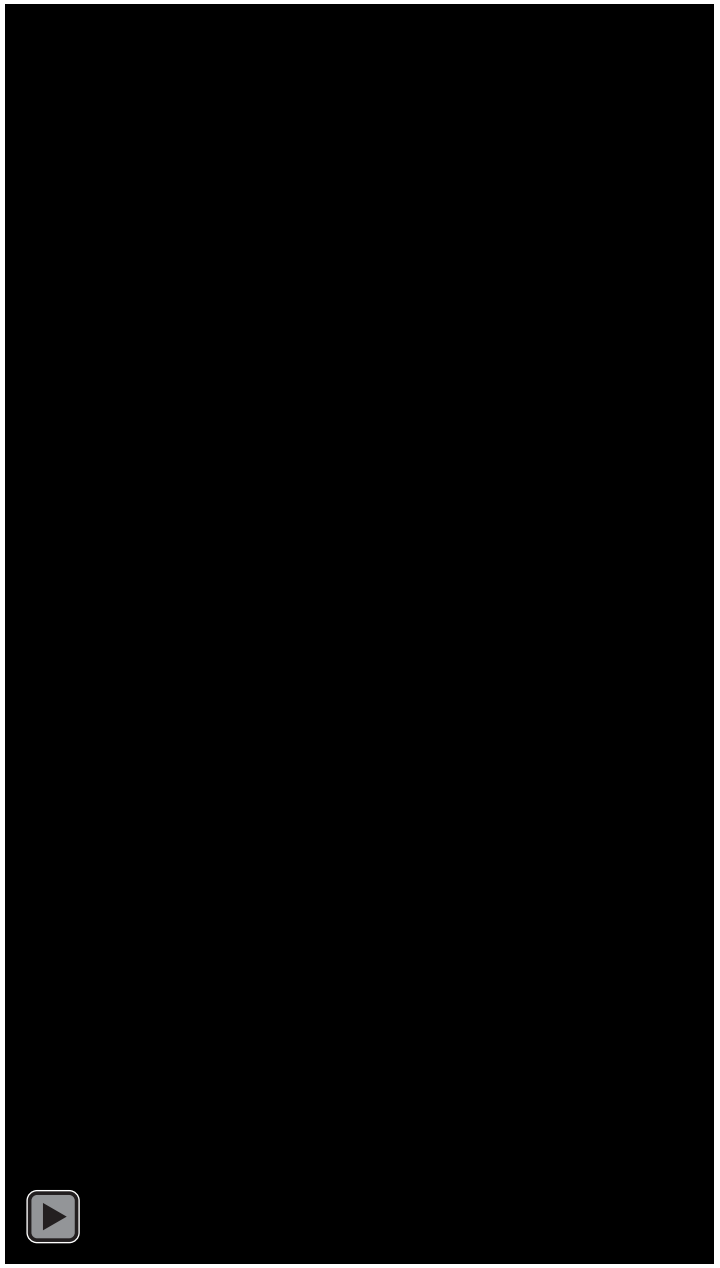
เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2567 โครงสร้างหลักของอาคาร สตง. เสร็จสมบูรณ์แล้ว ดำเนินงานโดย บริษัท China Railway No.10 Engineering Group – CRCC หนึ่งในบริษัทในเครือของรัฐวิสาหกิจจีน

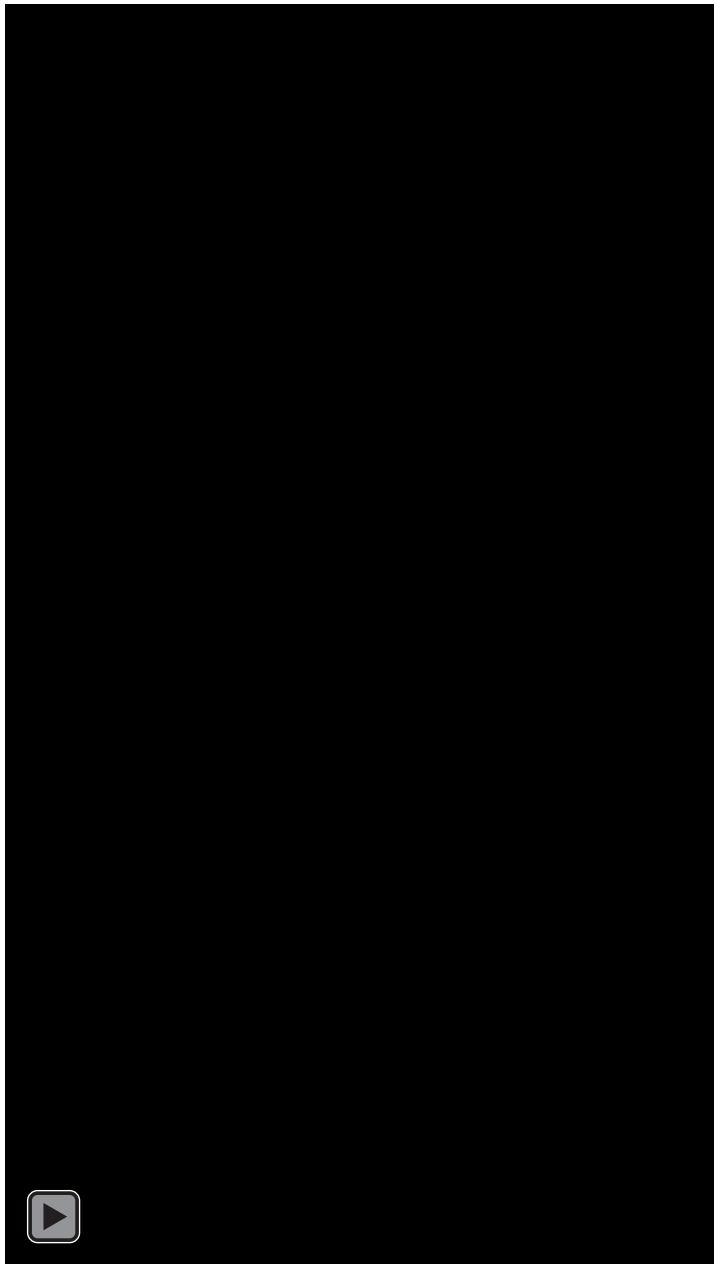
Key Plan


SW1
SW2
SW3
SW4
SW5
SW6
H
TA
TB
TC
TD
TE
TF
T6
T5
T4
T3
T2
T1
1
4250
10000
10000
10000
4250
6750
4400
10000
10000
10000
4200

3 Time-Synchronized Views: New SAO Building Pancake Collapse (Original Speed)





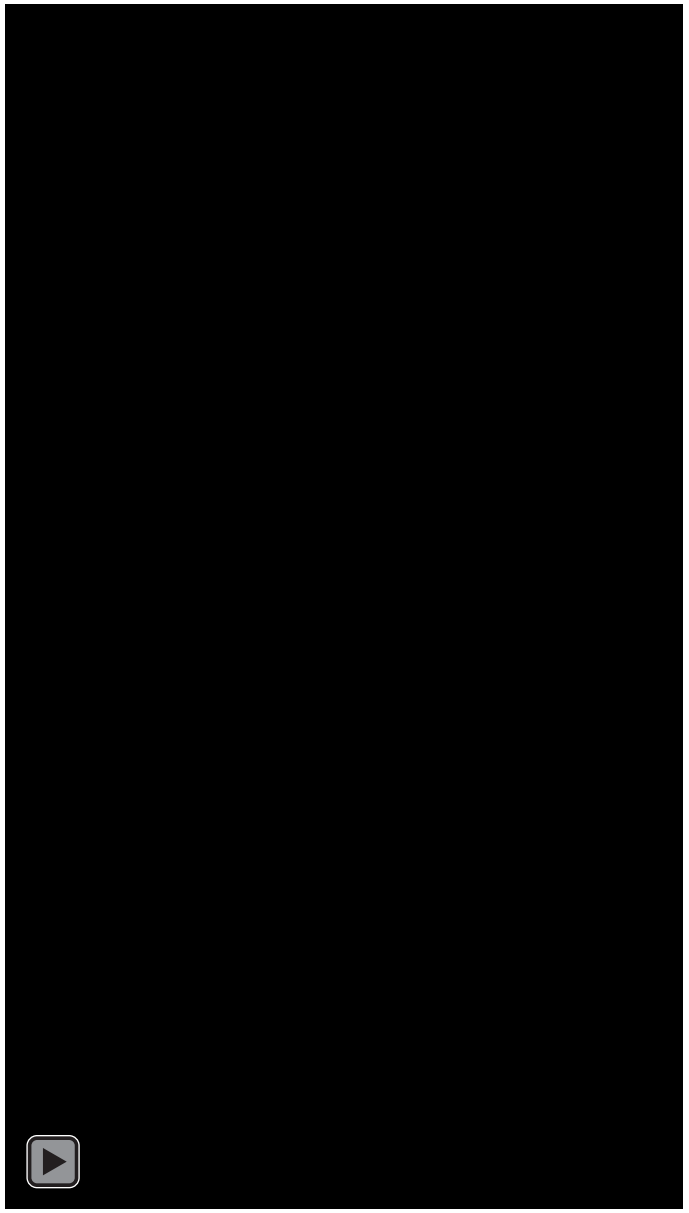


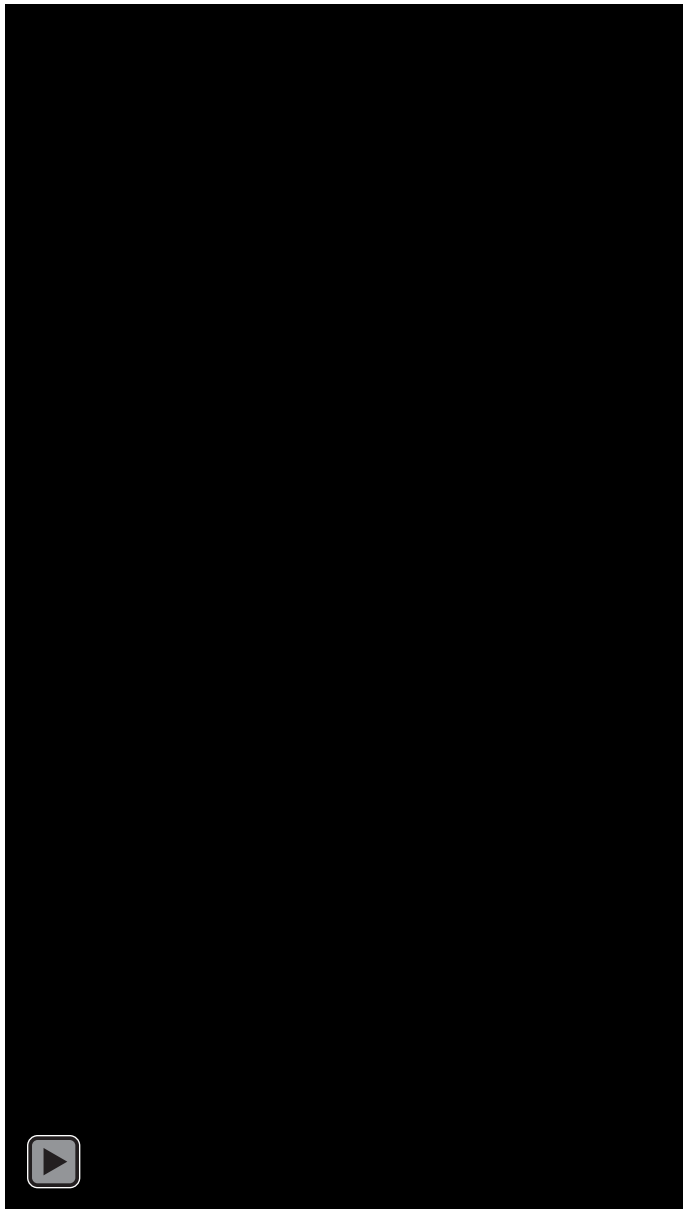
CREDITS: Social Media / Clip Takers

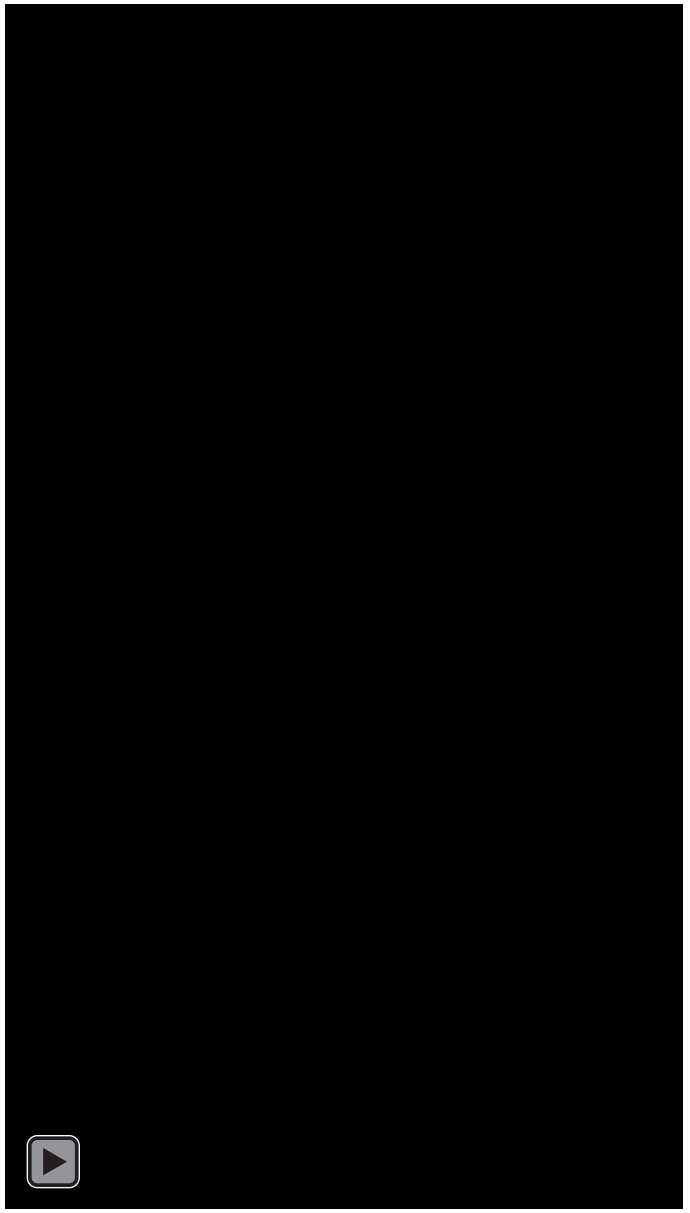
Worsak Kanok-Nukulchai

8 April 2025

3 Synchronized Views: New SAO Building Pancake Collapse (Slowed to 10%)







CREDITS: Social Media / Clip Takers

Worsak Kanok-Nukulchai

8 April 2025

Proof 1: SW1 & SW3 FELL DOWN TOGETHER





13:27:29:10 **กำแพงรับแรงเฉือน SW1 และ SW3**เริ่มเคลื่อนตัวในทิศทางแนวดิ่ง พร้อมกัน โดย**ช่องเปิดไม่มีการเสียรูป**

Proof 2: SW1 & SW2 FELL DOWN TOGETHER

ภาพ slow motion







มุมกล้องนี้แสดงให้เห็นว่า SW1 และ SW2 ที่เชื่อมโดยผนัง Precast (สีขาว) มีการเคลื่อนตัวลงมาเป็นก้อน (Rigid Body) พร้อมกันและไม่พบความเสียหายตั้งแต่ชั้นที่ 28 ถึง 11 (มุมนี้มองเห็นต่ำสุดที่ชั้น 11)

เทียบความแตกต่างของระดับพื้นแต่ละชั้นด้านหน้าและหลังอาคาร ภายหลังการเคลื่อนตัวของ SW1-SW4

Proof 3: S2 & S4 FELL TOGETHER

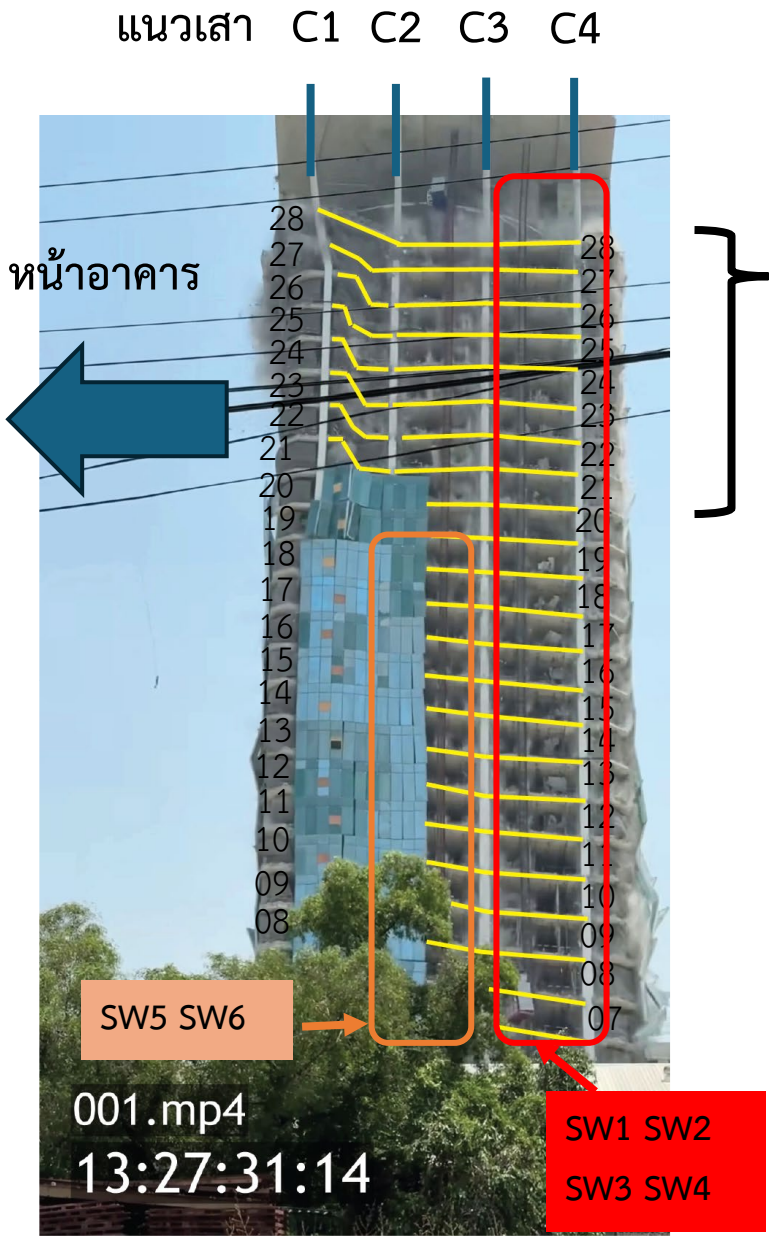




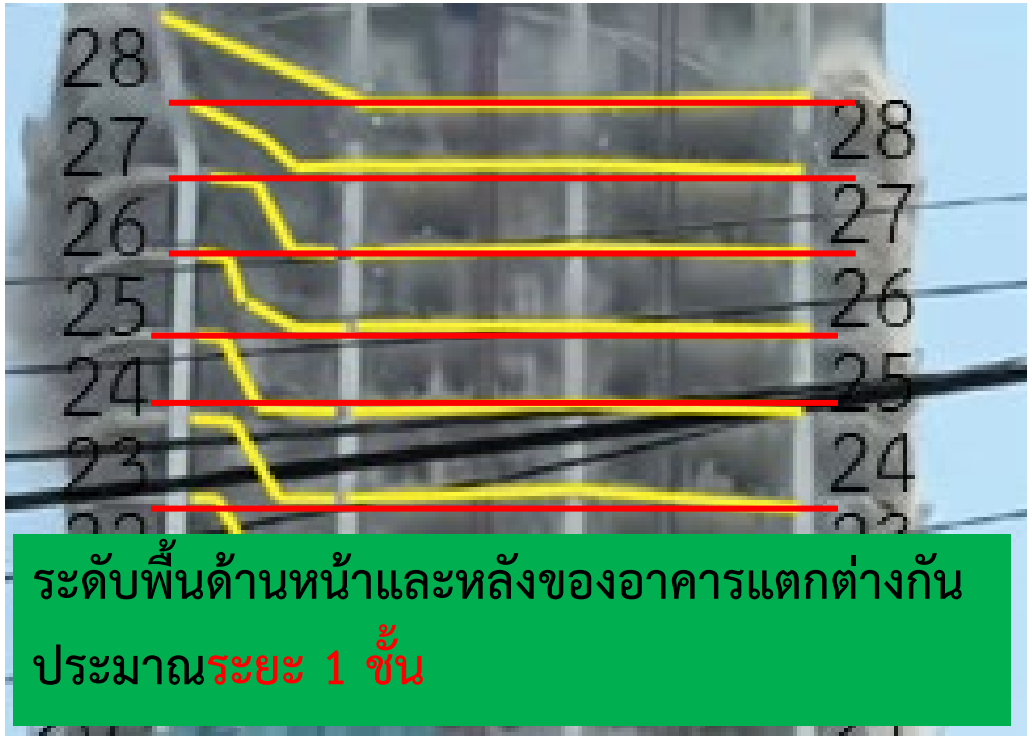
ระดับพื้นชั้นหน้าอาคารไม่ปลี่ยนแปลงภายหลังจากทรุดตัวของ SW2-SW4 (ชั้นที่ 08 ถึง 28) โดยใช้จุดของภาพเหนือต้นไม้เป็นจุดระดับอ้างอิง และสายไฟเป็นจุดระดับอ้างอิงชั้นที่ 21 ถึง 28

*เส้นสีเหลืองแทนแนวของพื้น

Proof 4: FRONT COLUMNS (C1) FELL AFTER SW2-SW4



ระดับพื้นชั้นที่ 20-28 ช่วงกลางอาคาร (C2-C3) และหลังอาคาร (C3-C4) มีการเคลื่อนที่ในระนาบเดียวกัน ซึ่งช่วงกลางอาคารชั้นที่ 20-28 ไม่มี SW5-SW6



ระดับพื้นด้านหน้าและหลังของอาคารแตกต่างกันประมาณระยะ 1 ชั้น

เทียบเหตุการณ์ชั้นที่ 29 (SW1 และ SW3) กับชั้นที่ 1 2 และ 3 ผ่านภาพ 2 มุมที่ได้ทำการ Synchronizing video





13:27:29:20 เหตุกการณ์หลังที่ SW1-SW3 เคลื่อนที่ลงมาแล้ว (13:27:29:10 ห่างกัน 0.3 วินาที) แต่ SW5-SW6 ชั้นที่ 1-2 ยังอยู่ในสภาพที่ดี

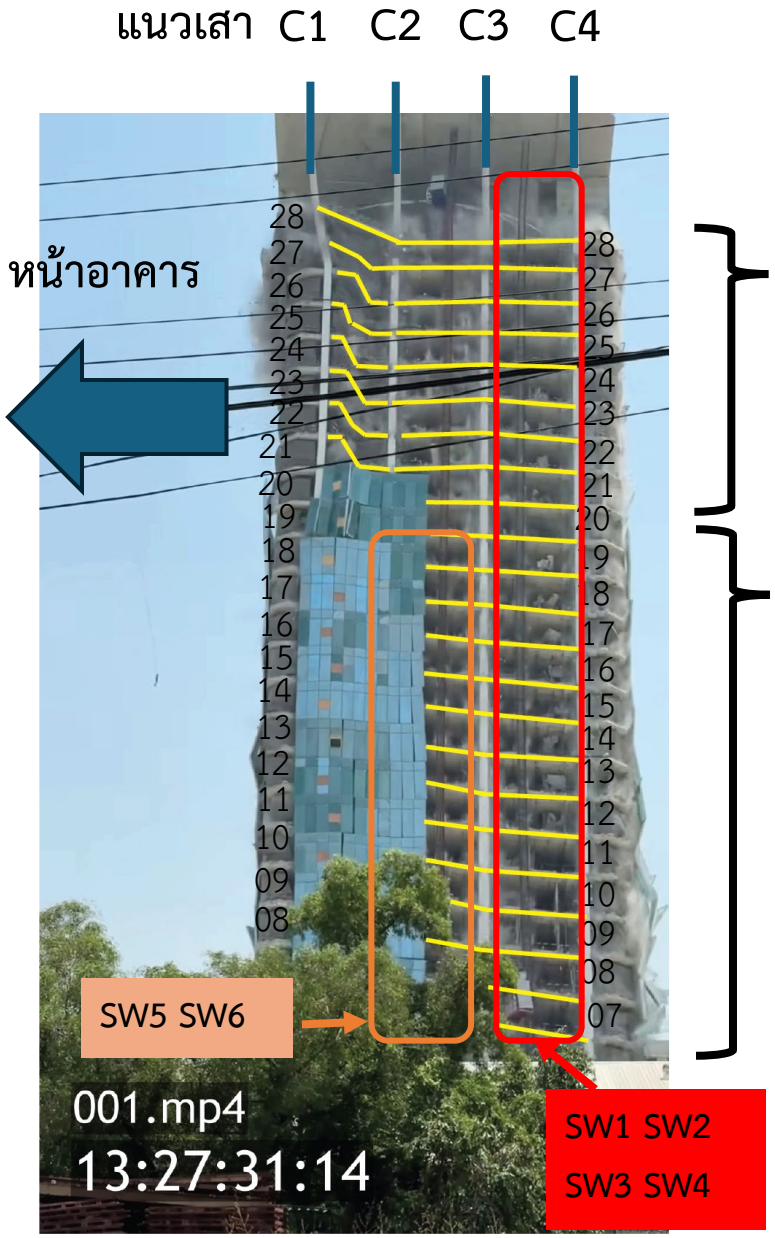
13:27:30:15 เหตุกการณ์หลังที่ SW1-SW3 เคลื่อนที่ลงครึ่งชั้น (ห่างกัน 1.15 วินาที) พบความเสียหายที่ SW5 (ลูกศรสีเหลือง) และพื้นชั้นที่ 4 ทรุดตัว (ลูกศรสีแดง) เสาด้านหน้าทั้ง 4 ต้นยังไม่พบความเสียหาย

เทียบเหตุการณ์ชั้นที่ 29 (SW1 และ SW3) กับชั้นที่ 1 2 และ 3 ผ่านภาพ 2 มุมที่ได้ทำการ Synchronizing video (Slow motion)

13:27:30:07 ชั้นที่ 4 เริ่มทรุดตัว VDO แสดงให้เห็นว่า SW1-SW3 เคลื่อนที่ลงมาแล้ว 0.9 วินาที

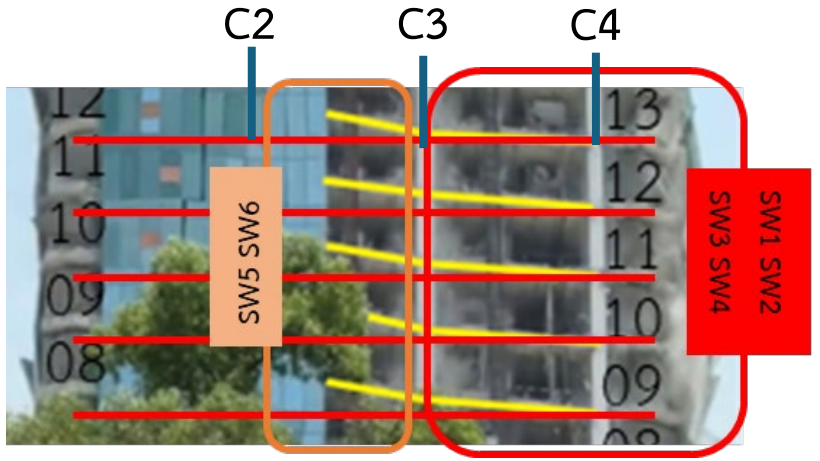
13:27:30:15 SW5-SW6 เริ่มมีความเสียหายเกิด
(หลัง 1.15 วินาที ที่ SW1-SW3 เครื่อนที่ลงมา)

Confirm: SW5 & SW6 FELL AFTER SW1-SW2-SW3

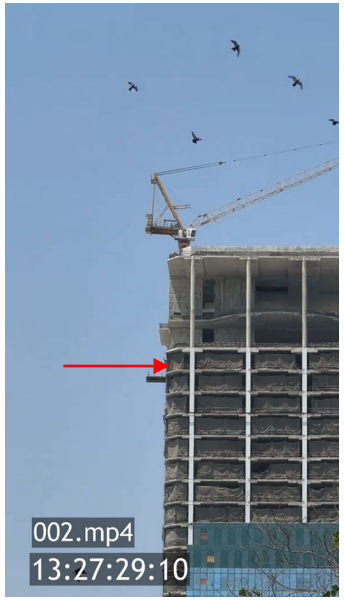


ระดับพื้นชั้นที่ 20-28 ช่วง C2 ถึง C4 มีการเคลื่อนที่ไปในระนาบเดียวกัน

ระดับพื้นชั้นที่ 8-19 ช่วง C2-C3 ที่มี SW5-SW6 และ C3-C4 ที่มี SW1-SW4 พบการเคลื่อนที่ของระดับพื้นที่แตกต่างกัน โดยบริเวณพื้น C3-C4 เคลื่อนที่เอียงลงมากกว่า C2-C3 ครึ่งชั้น แสดงว่า SW1-SW4 ทรุดก่อน SW5-SW6 และดึงพื้นและเสา C1 ลงมา

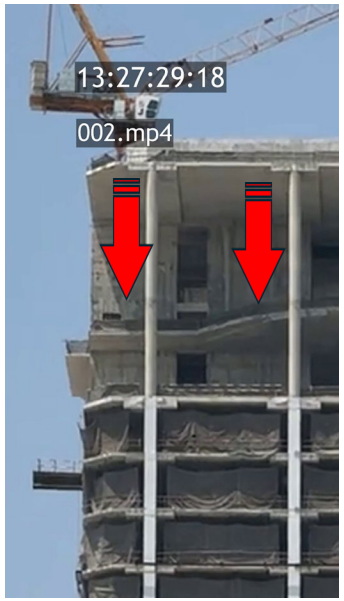


กำแพงรับแรงเฉือน
เริ่มเคลื่อนที่



13:27:29:10

SW1 และ SW3
เคลื่อนตัวลงมา



13:27:29:18

พบการแตกร้าวกำแพงรับแรงเฉือน
(ลูกศรสีแดง) ห่าง 1.15 วินาทีหลังจาก
SW1-SW4 เคลื่อนที่



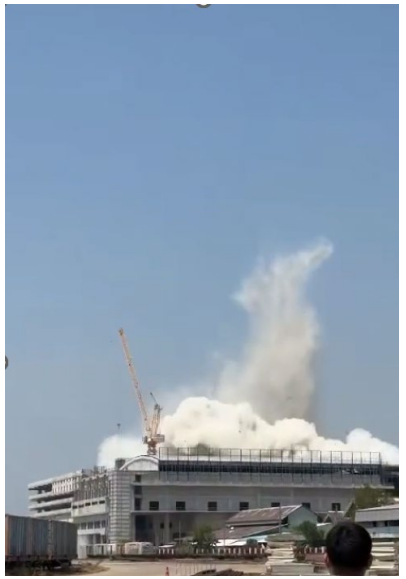
13:27:31:03

เสาสองต้นหน้าเริ่มขาด



13:29:32:10

อาคาร สตง ถล่มโดยสมบูรณ์



13:29:37:10

Incident Timeline

Summary

- 13:27:29:10 **แสดงให้เห็นว่ากำแพงรับแรงเฉือน SW1 SW2 SW3 และ SW4 เคลื่อนตัวในทิศทางแนวดิ่งพร้อมกัน และที่จุดเวลาเดียวกันกล้องหน้าอาคารชั้น 1 2 และ 3 (soft story) ไม่ปรากฏความเสียหายบริเวณกำแพงรับแรงเฉือน (SW5-SW6)**

- **SW1 SW2 SW3 และ SW4 ตั้งแต่ชั้น 5 ขึ้นไป มีการเคลื่อนที่**ในทิศทางแนวดิ่งพร้อมกันเป็น Rigid Body โดยระยะความสูงของแต่ละชั้นคงที่ ในขณะที่ SW5-SW6 ยังไม่วิบัติ **ดังนั้นจุดเริ่มต้นแห่งกลไกการวิบัติ เชื่อว่าเกิดใน SW1 SW2 SW3 และ SW4 บริเวณต่ำกว่าชั้นที่ 5 ลงมา**

EARTH
Earthquake Research Center of Thailand

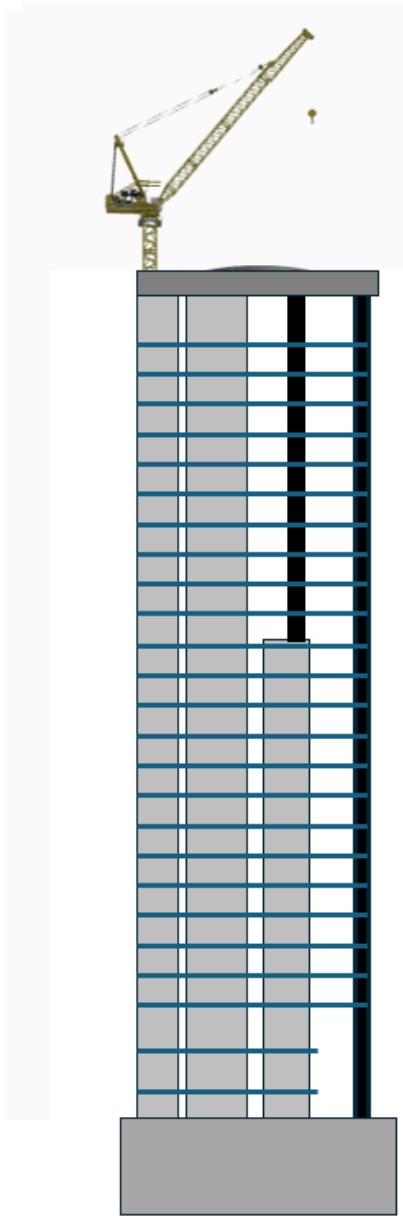


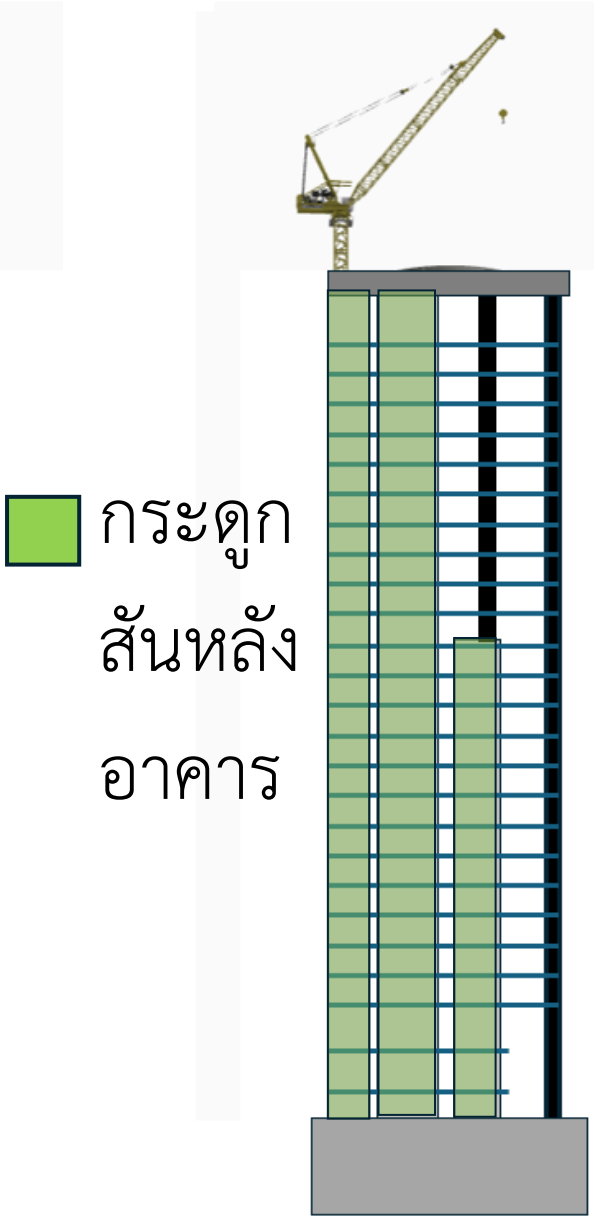
ทฤษฎีการสันนิษฐานสาเหตุการวิบัติอาคาร สตง. จะใช้ได้ ต้องไม่ขัดแย้งกับหลักฐานเชิงประจักษ์ทั้ง 3 ข้อต่อไปนี้

1. เป็นการวิบัติโดยสมบูรณ์ (Total Collapse) จะต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคาร หรือ แม้กระทั้งกำแพงปล่องลิฟท์ค้างคาอยู่
2. อาคารต้องถล่มในแนวดิ่งโดยไม่เกิดการเอียง
3. สามารถใช้เวลาวิบัติเพียง 8 วินาที

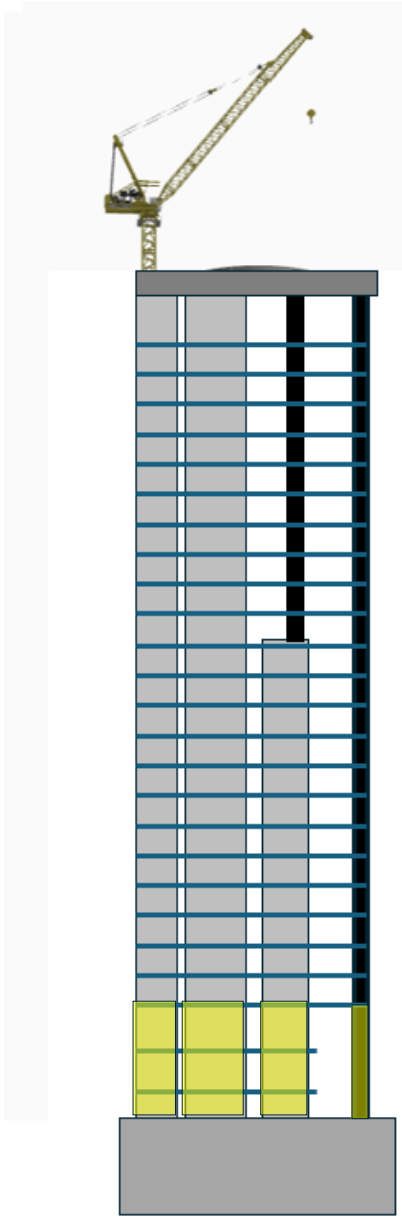
ข้อสันนิษฐาน

กลไกการวิบัติ อาคาร สตง

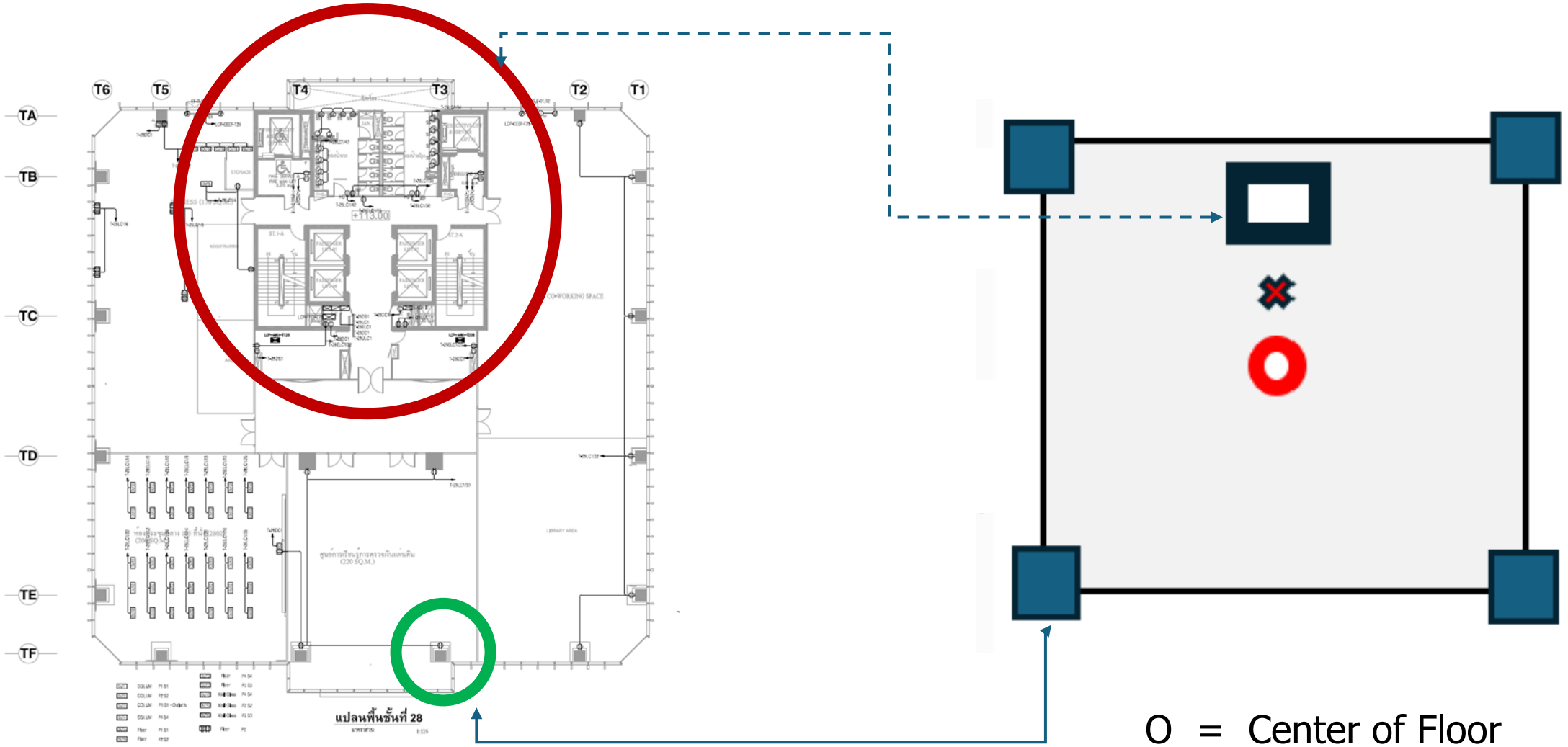




กระดูกสันหลังอาคาร



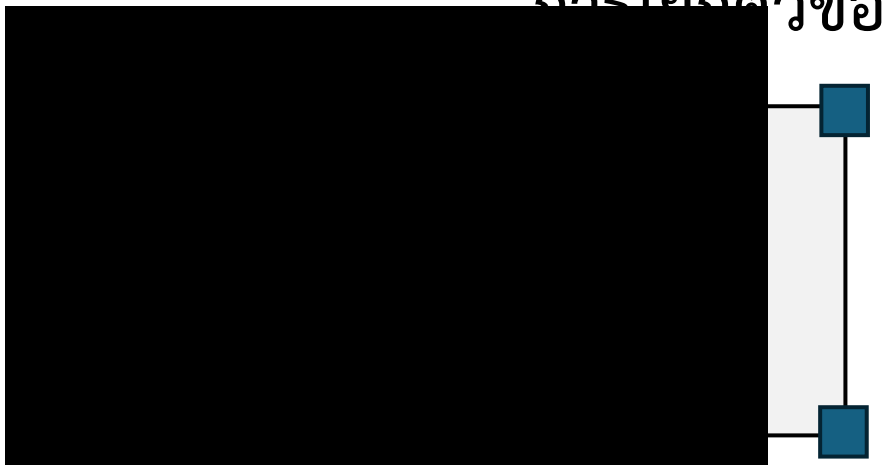
ขาอาคาร

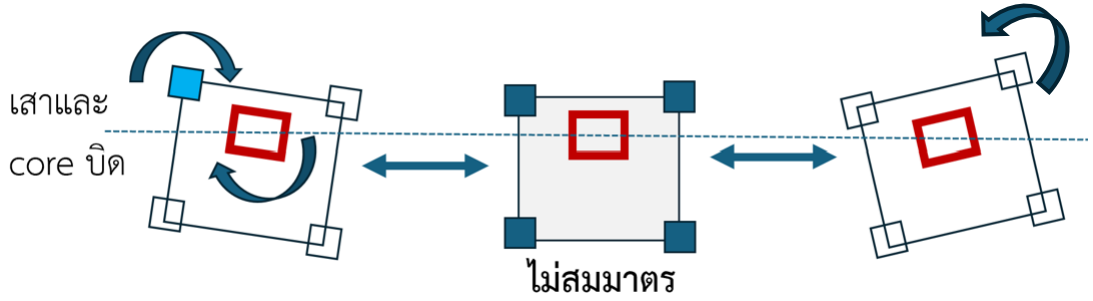


O = Center of Floor

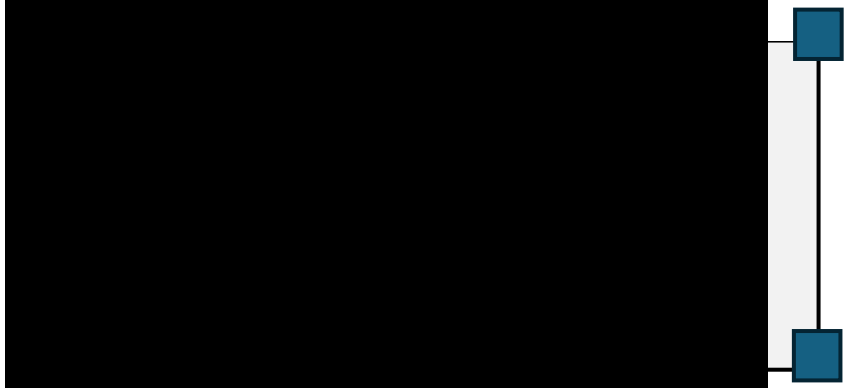
X = Center of Stiffness (Center of Rotation)

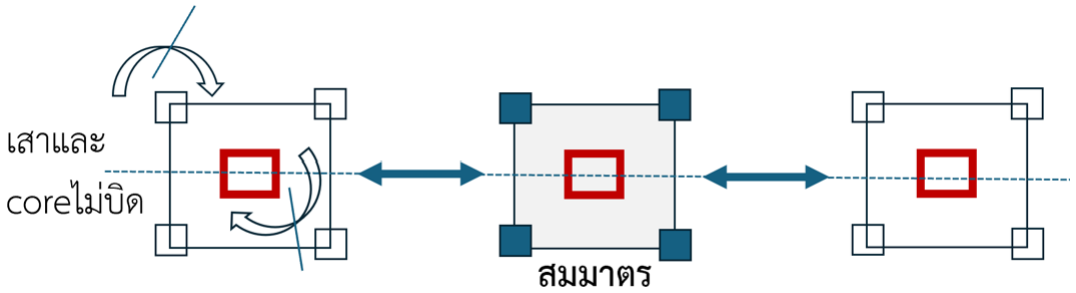
การโยกตัวของอาคารสมมาตรและไม่สมมาตร





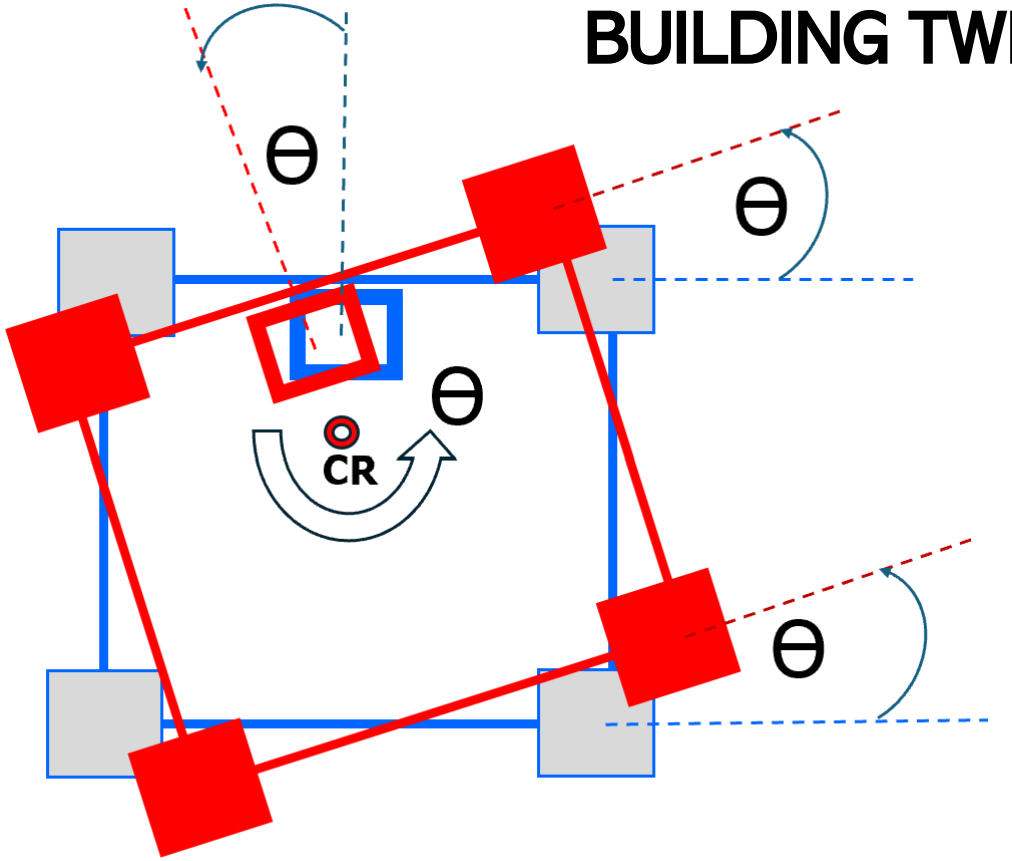
of Floor
of Resistance
er of Rotation)

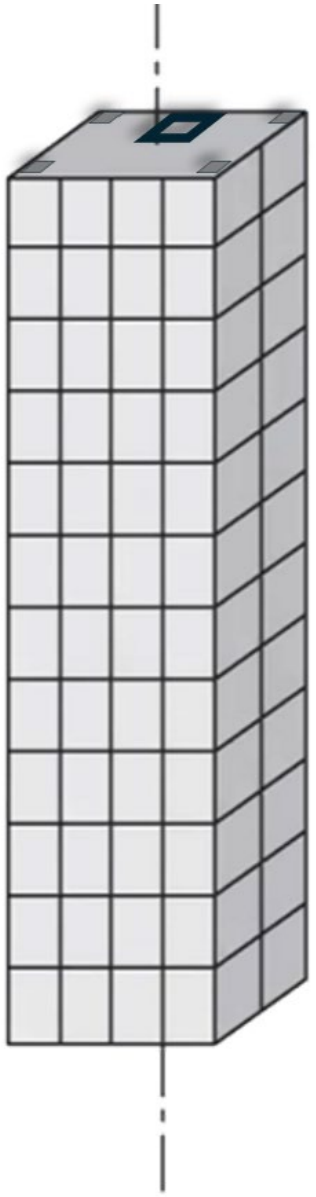


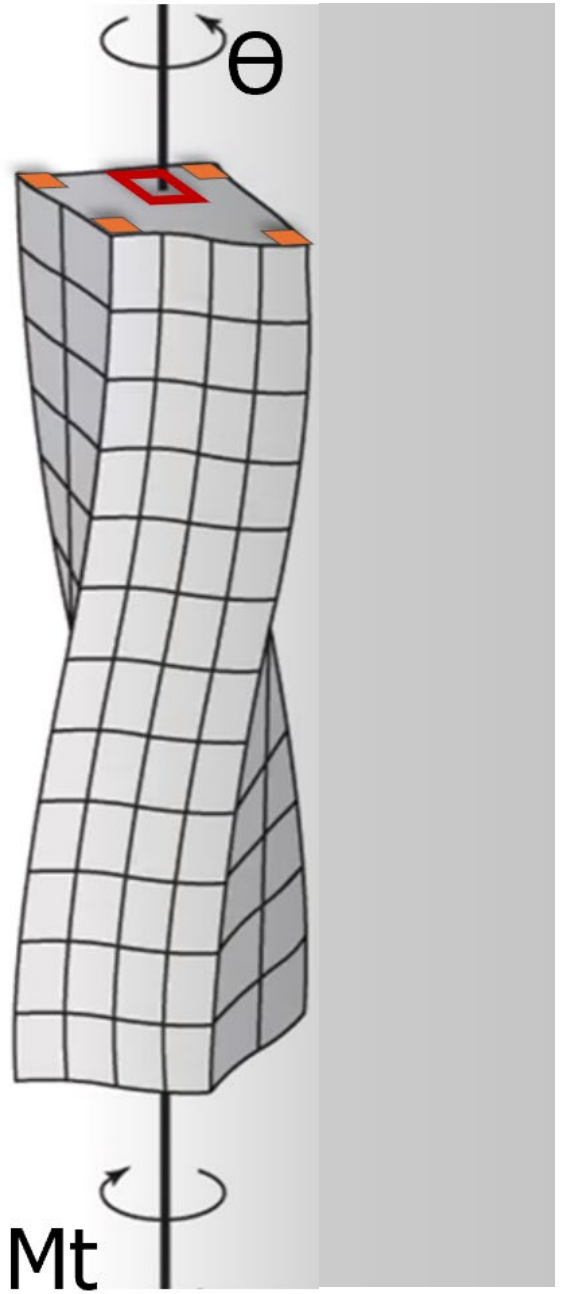


civil_engineering

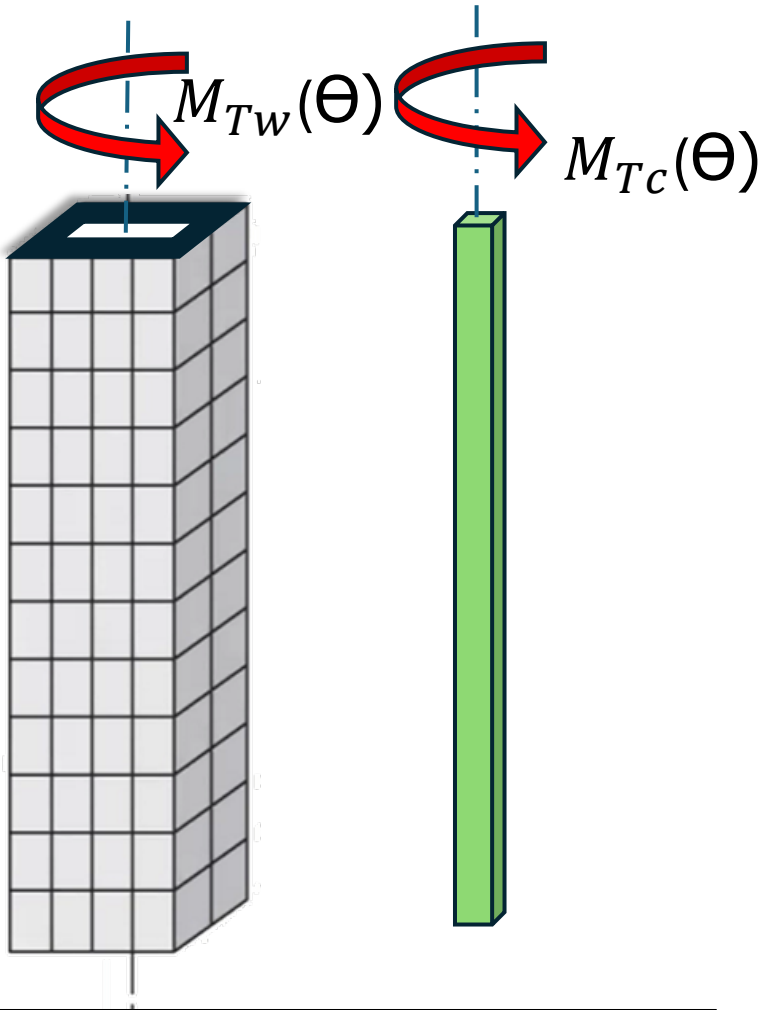
BUILDING TWISTING MODE



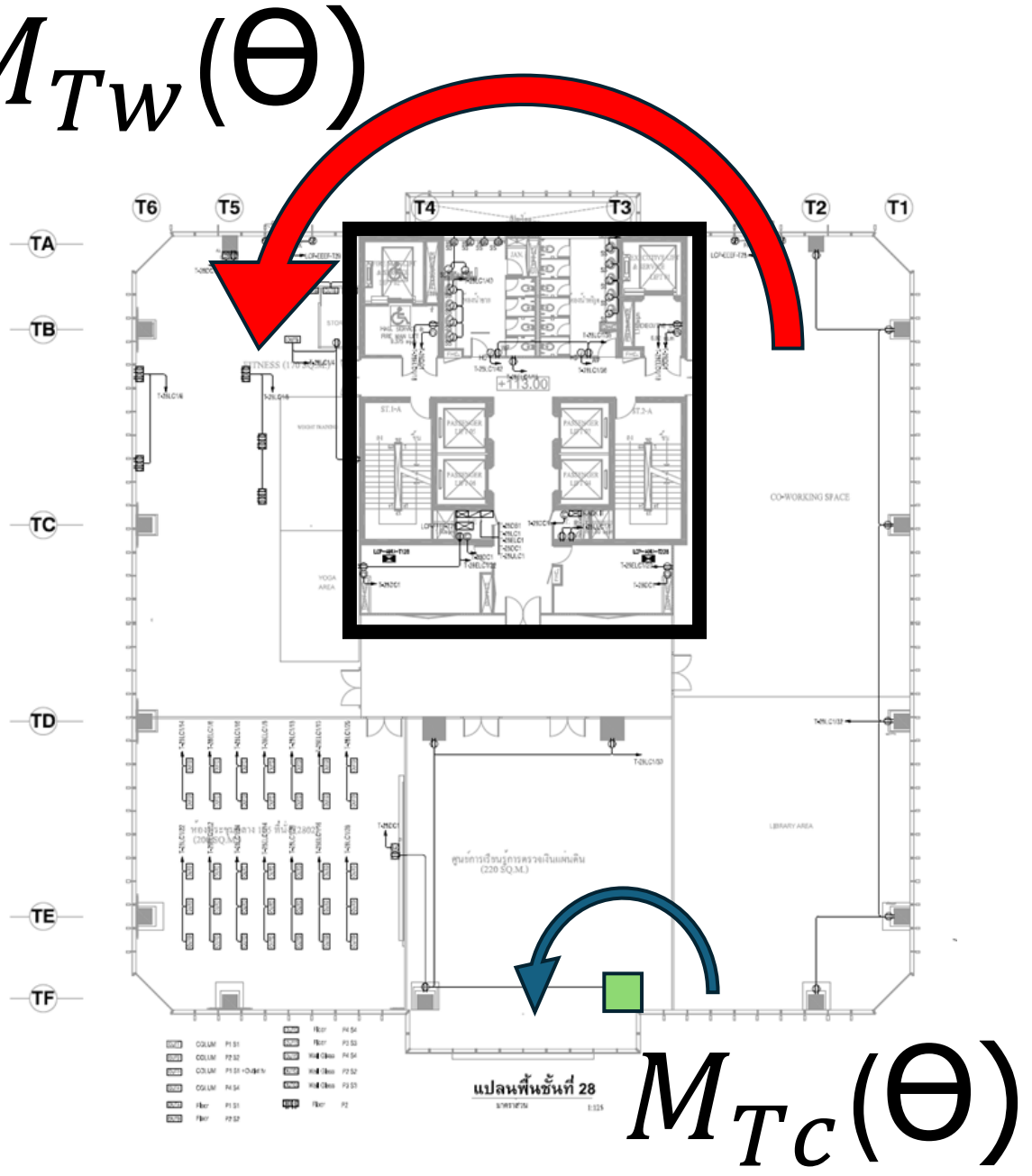


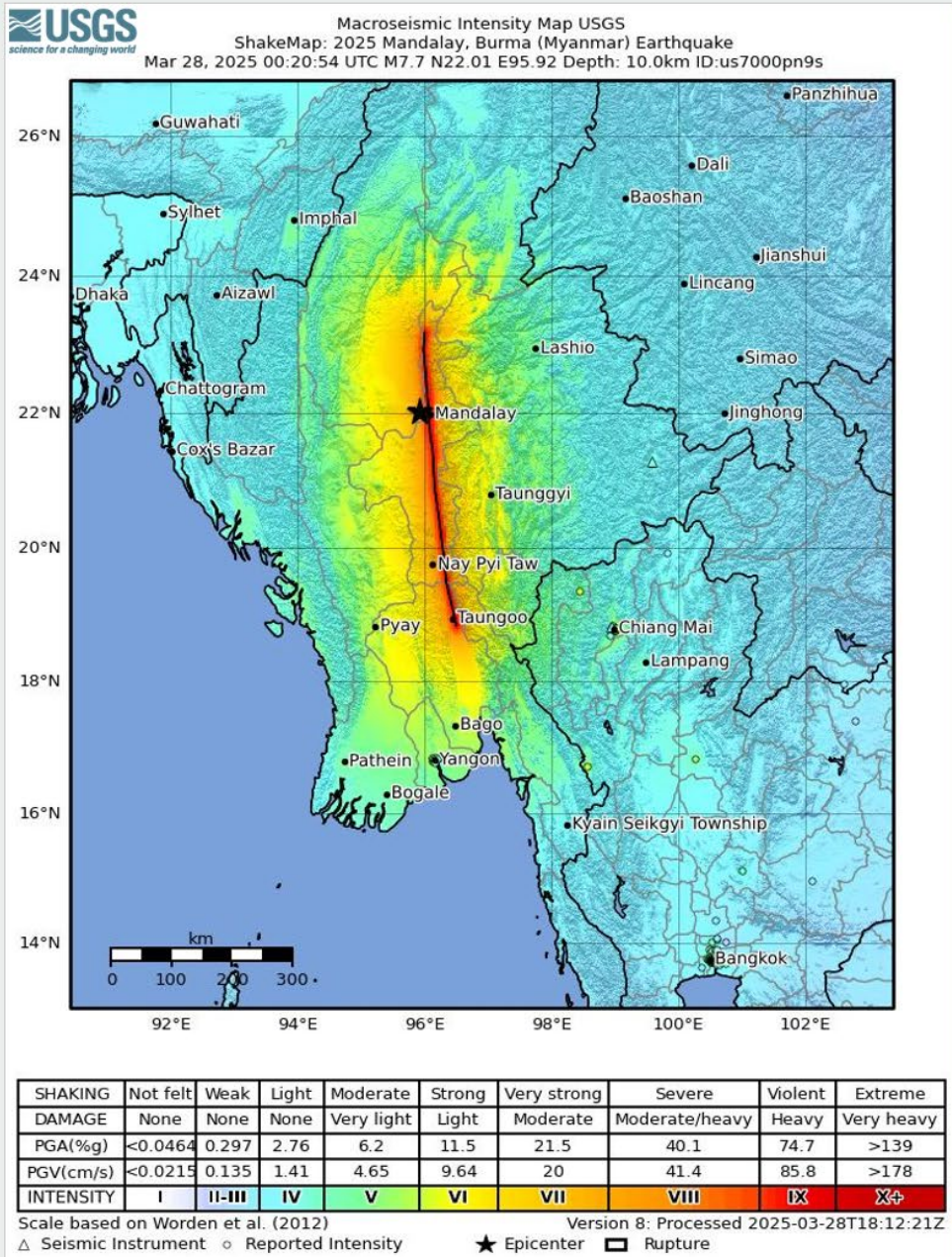


เมื่อมีการบิดอาคารเป็นมุม Θ เรเดียน กำแพงรับแรงเฉือน (shear walls) และเสาทั้งหมดจะบิดตามไปด้วยมุมเดียวกัน คือ Θ ดังนั้น แรงบิด (torque) ที่กระทำ จะมีขนาดที่แตกต่างกันขึ้นกับ Torsional Stiffness ของกำแพงและเสาที่มีขนาดต่างกัน ที่จะต้องใช้ในการบิดตัวเองให้เป็นมุม Θ เท่ากัน



$M_{Tw}(\Theta) >> M_{Tc}(\Theta)$
for the same amount of Θ.



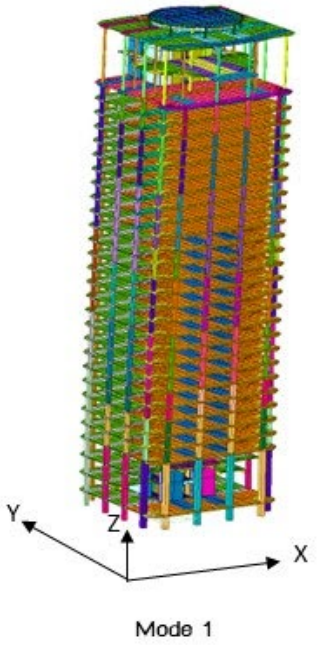


M 7.7 - 2025 Mandalay, Burma (Myanmar) Earthquake

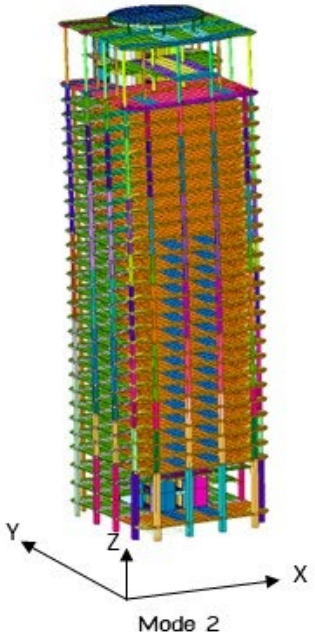
2025-03-28 06:20:54 (UTC)
22.013°N 95.922°E
10.0 km depth

NATURAL PERIODS OF SAO BUILDING AND MODE SHAPES

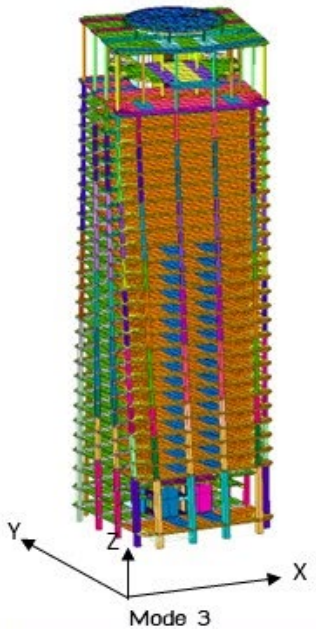
(Ref: AITS REPORT)



Mode 1



Mode 2



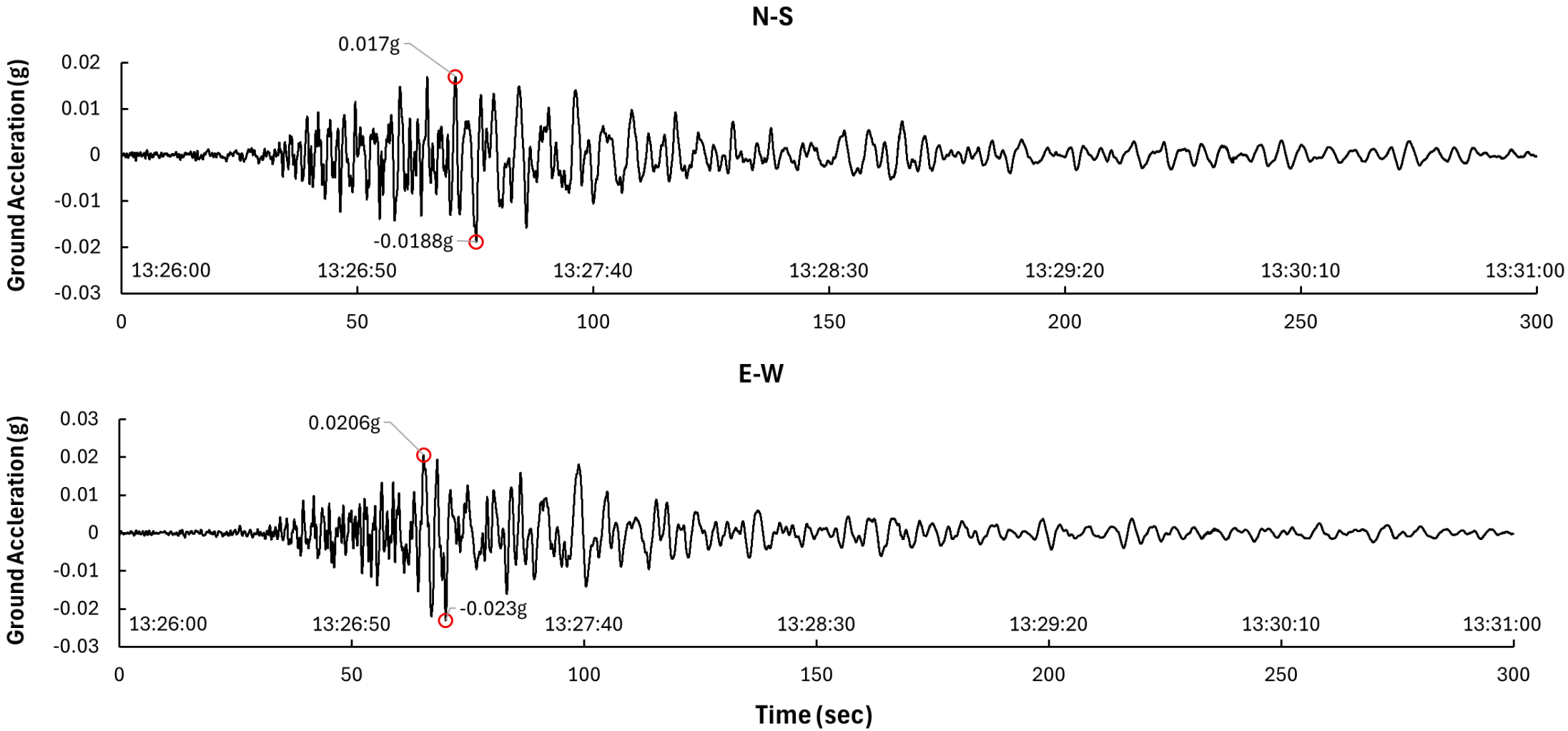
Mode 3

Mode	Gross
1 (X-translation + Torsion)	2.97
2 (Y-translation)	2.26
3 (Torsion)	1.99

Quite High !

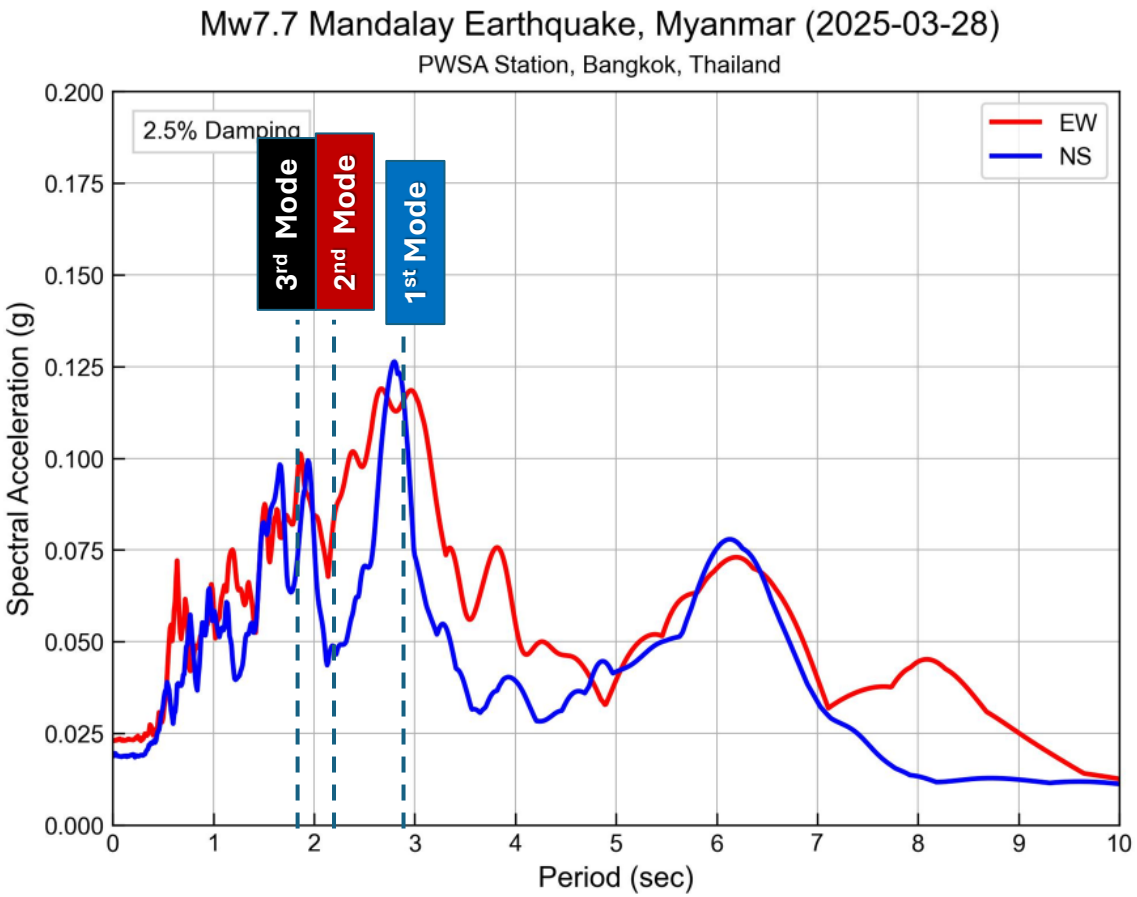
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

Ground Motion From Mandalay (1,080 km. away) Recorded at PWSA Station 3.4 km from SAO Building,

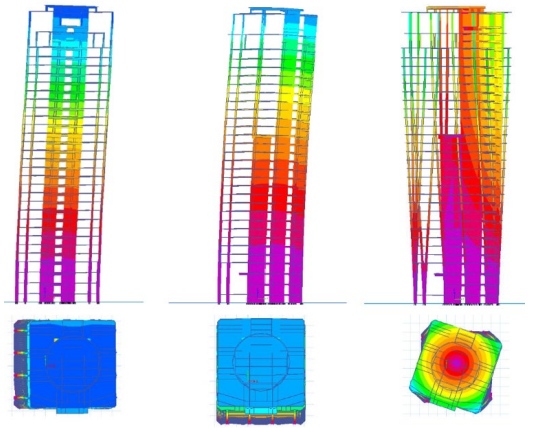


(Ref: AITS REPORT)

Response Spectrum (2.5% damping)

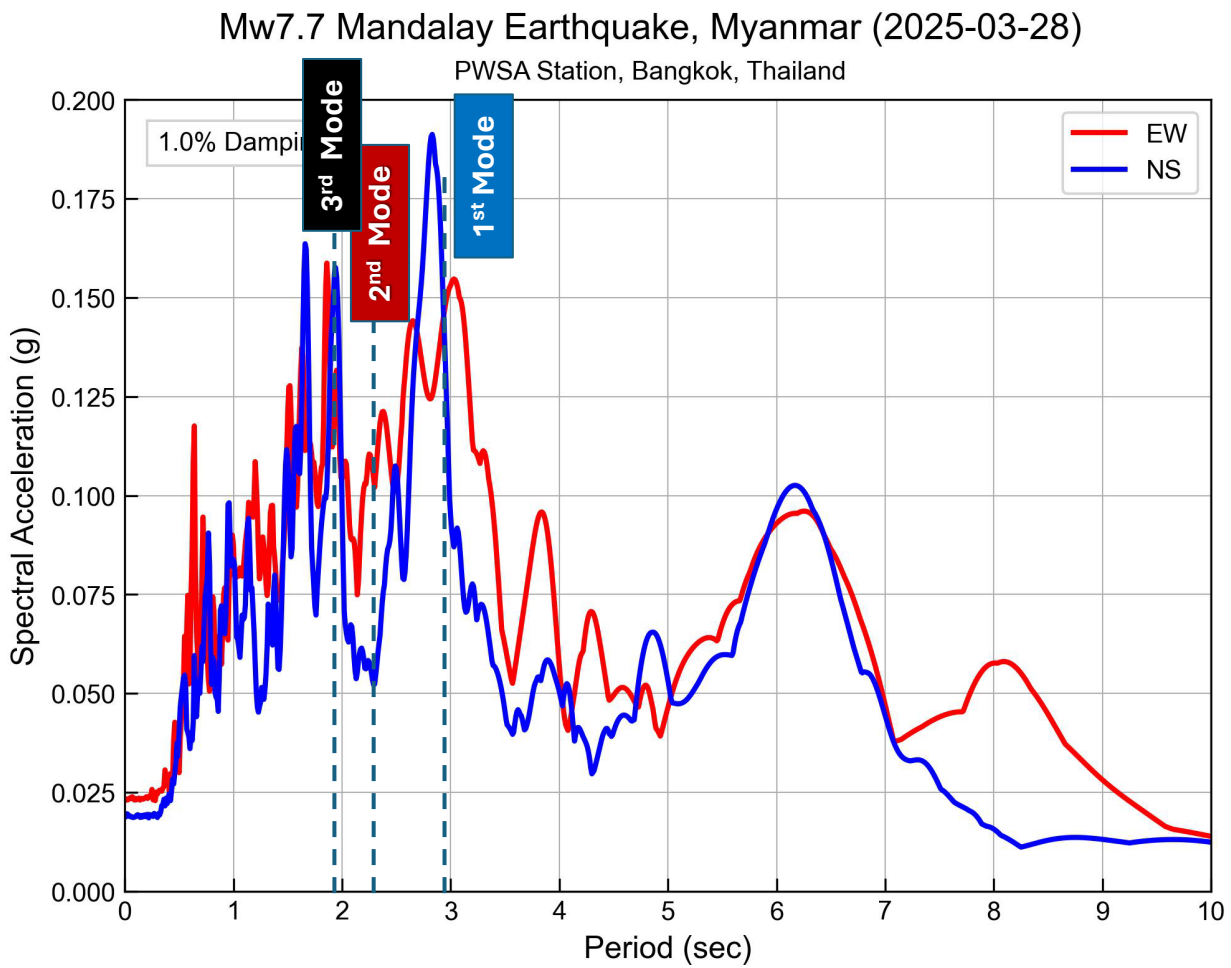


Mode	Gross
1 (X-translation + Torsion)	2.97
2 (Y-translation)	2.26
3 (Torsion)	1.99

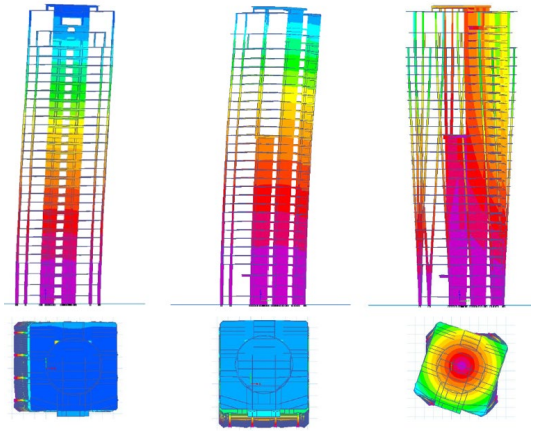


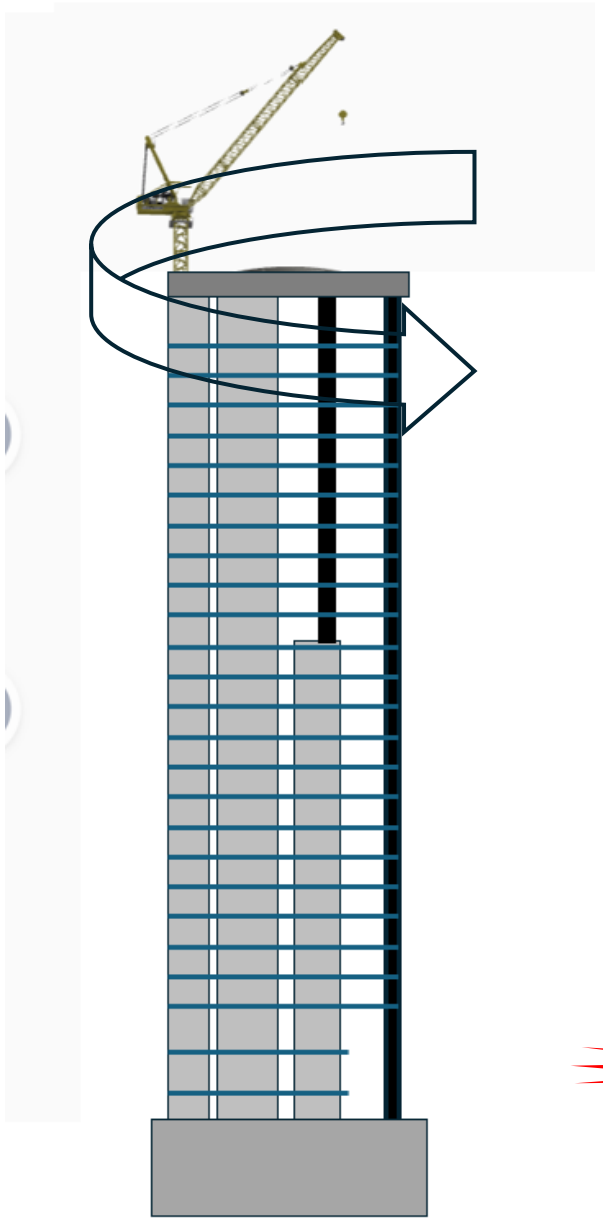
Response Spectrum (1% damping)

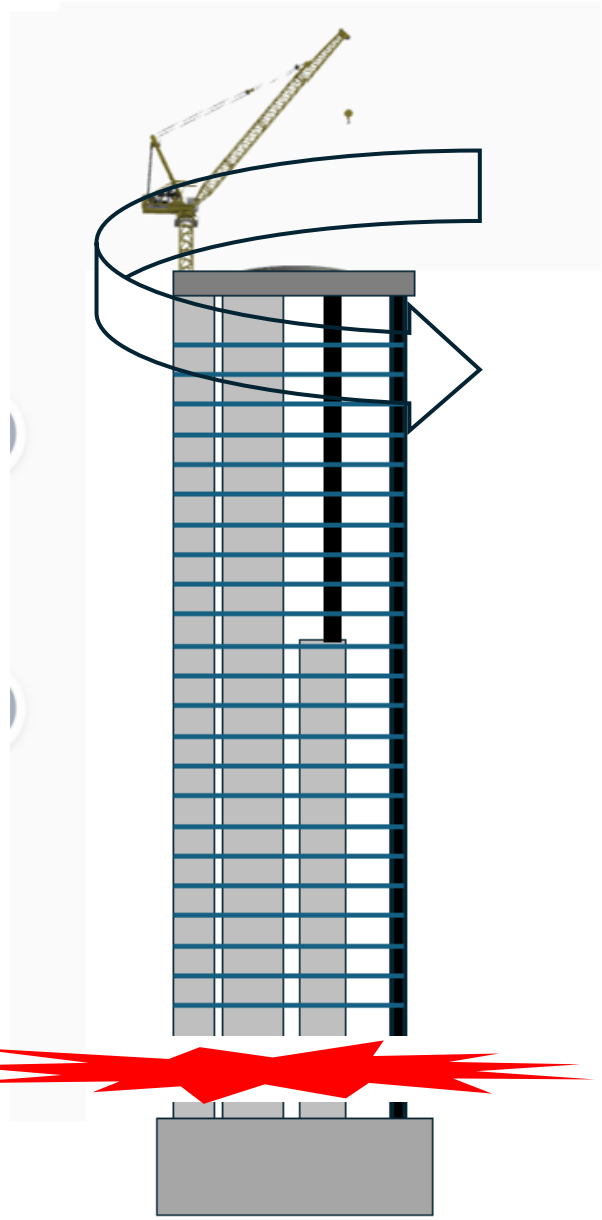
(Ref: AITS REPORT)

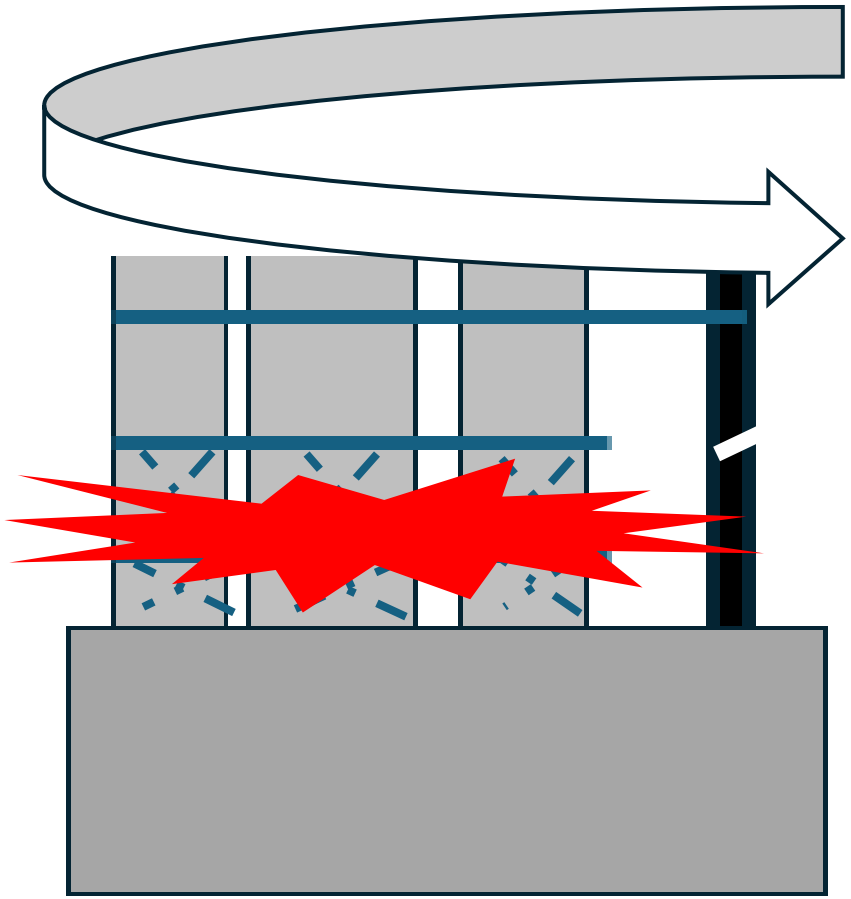


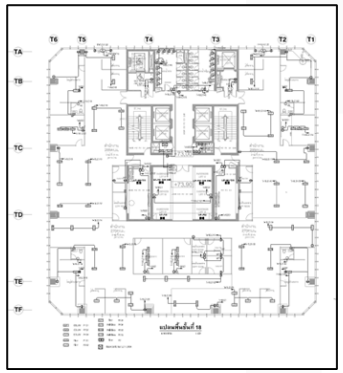
Mode	Gross
1 (X-translation + Torsion)	2.97
2 (Y-translation)	2.26
3 (Torsion)	1.99



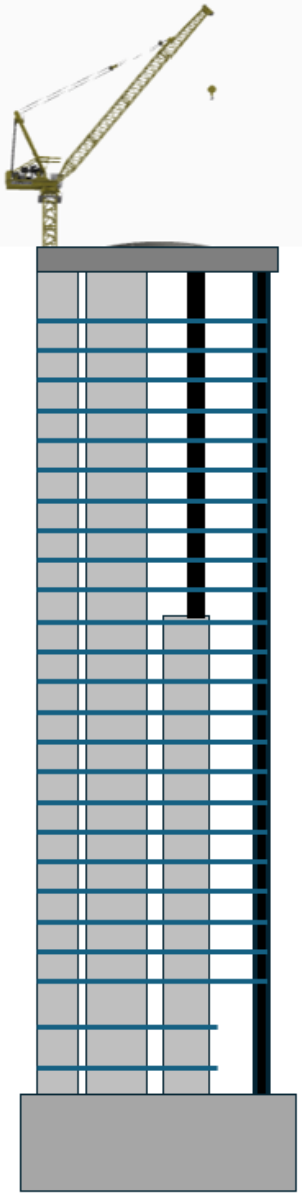


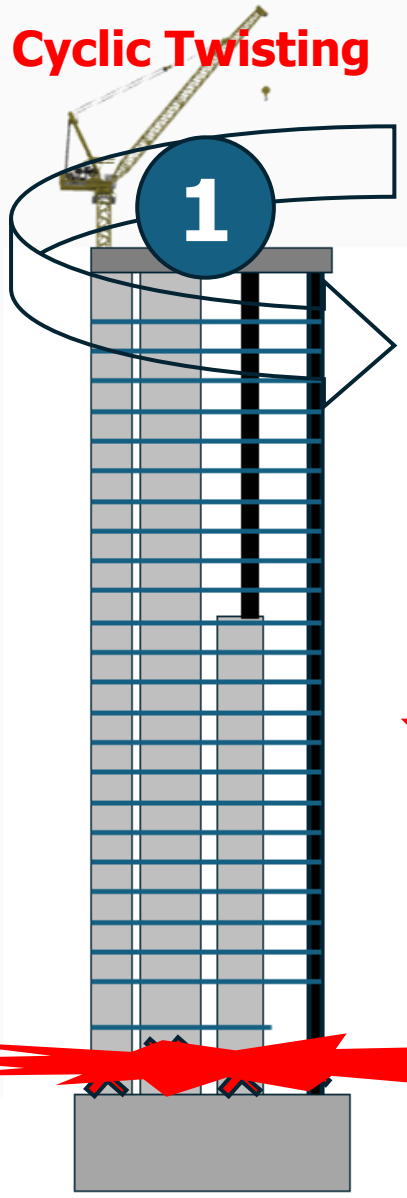


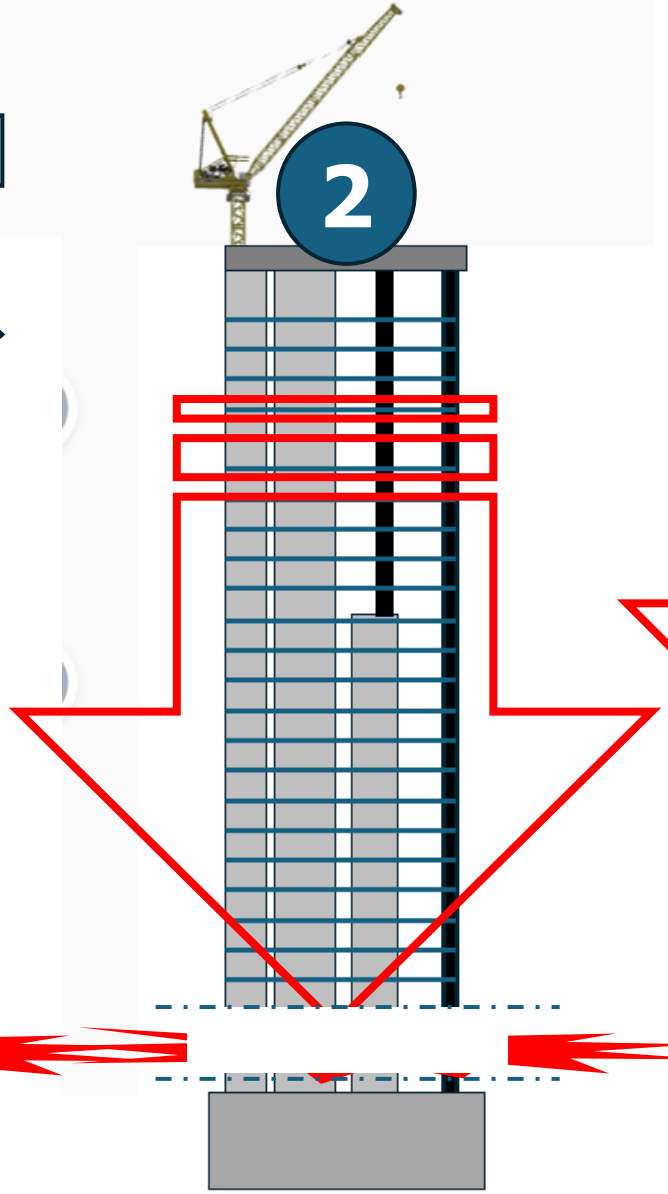


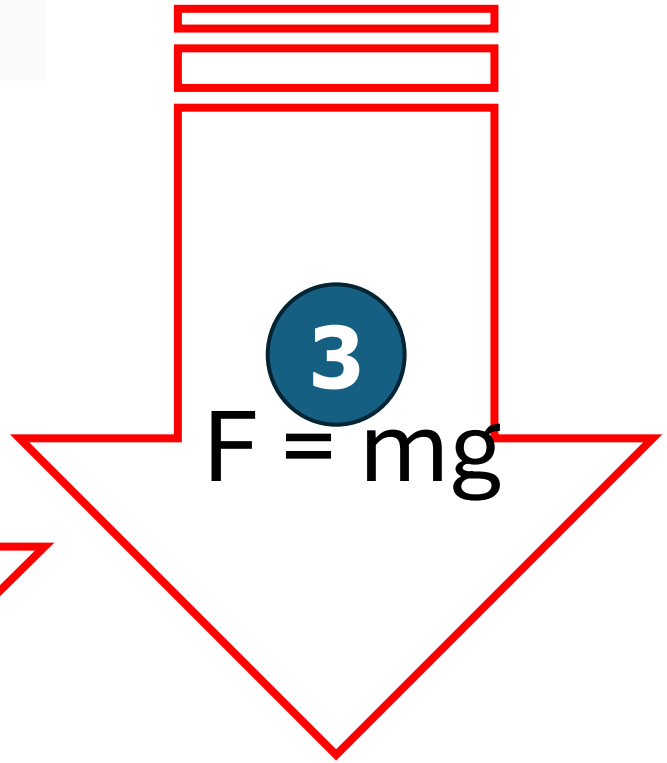






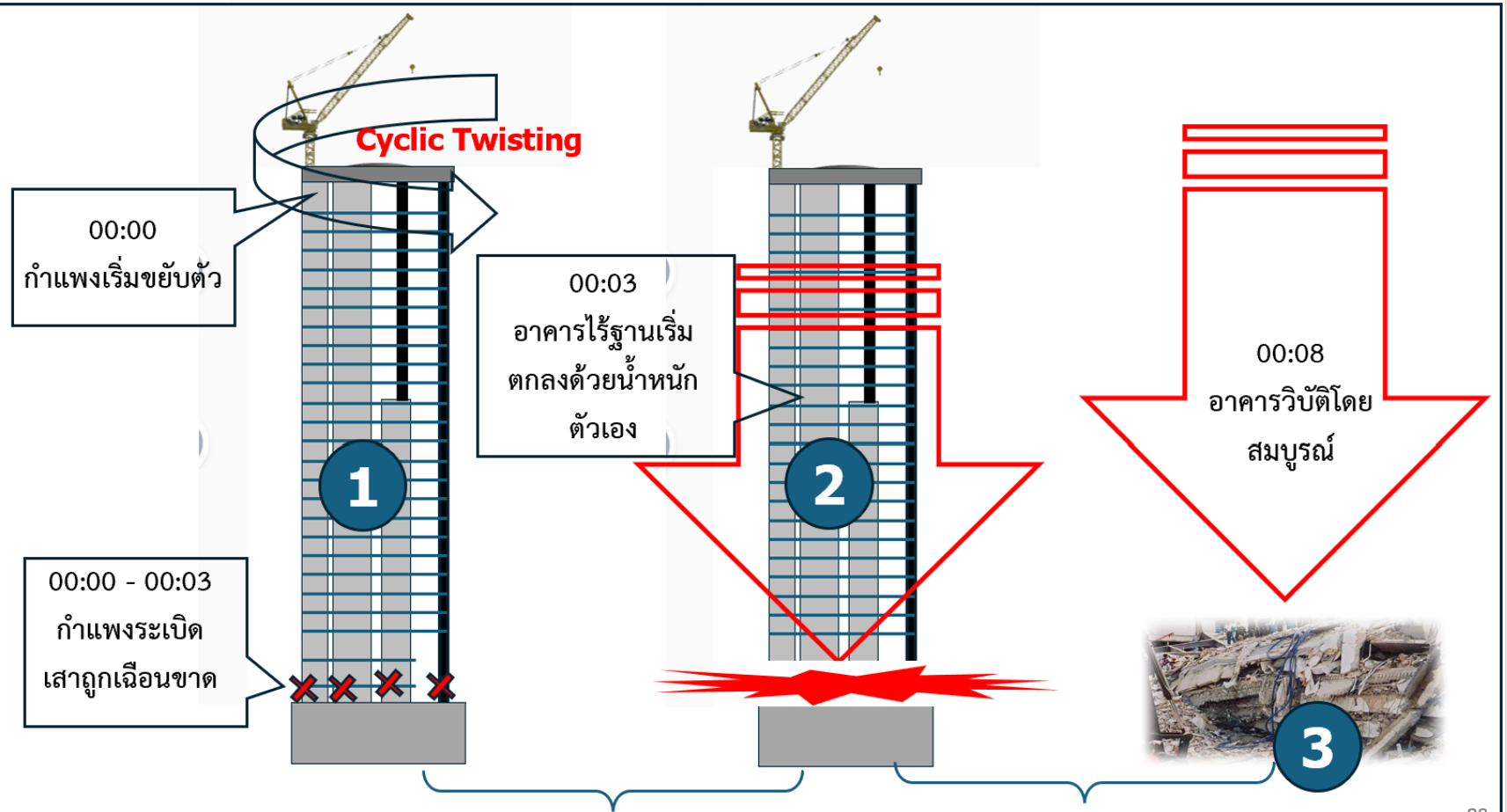


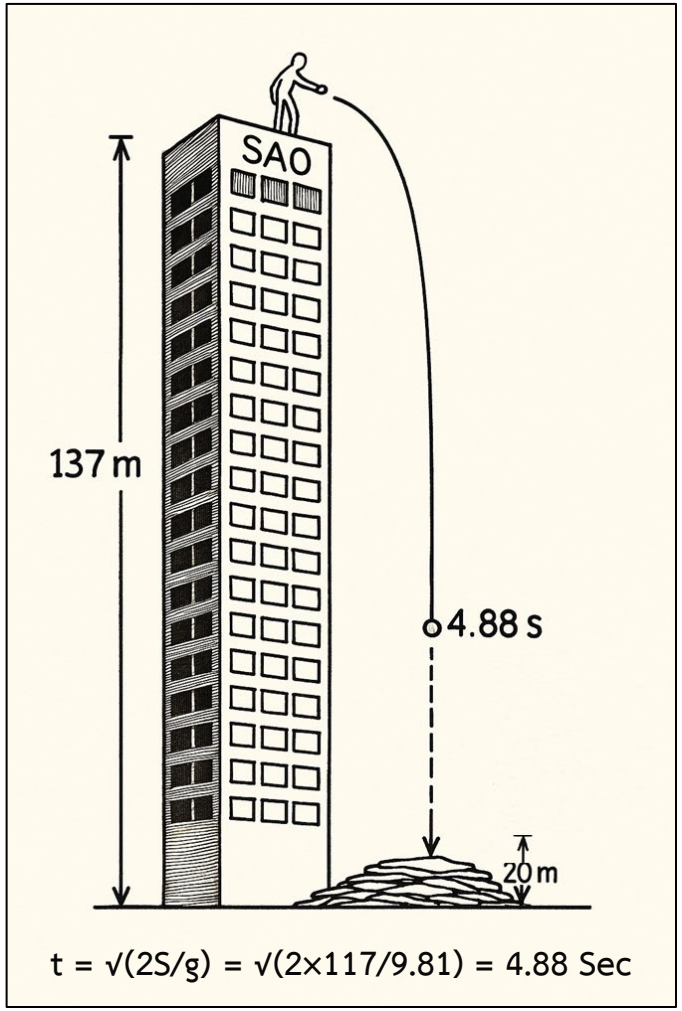


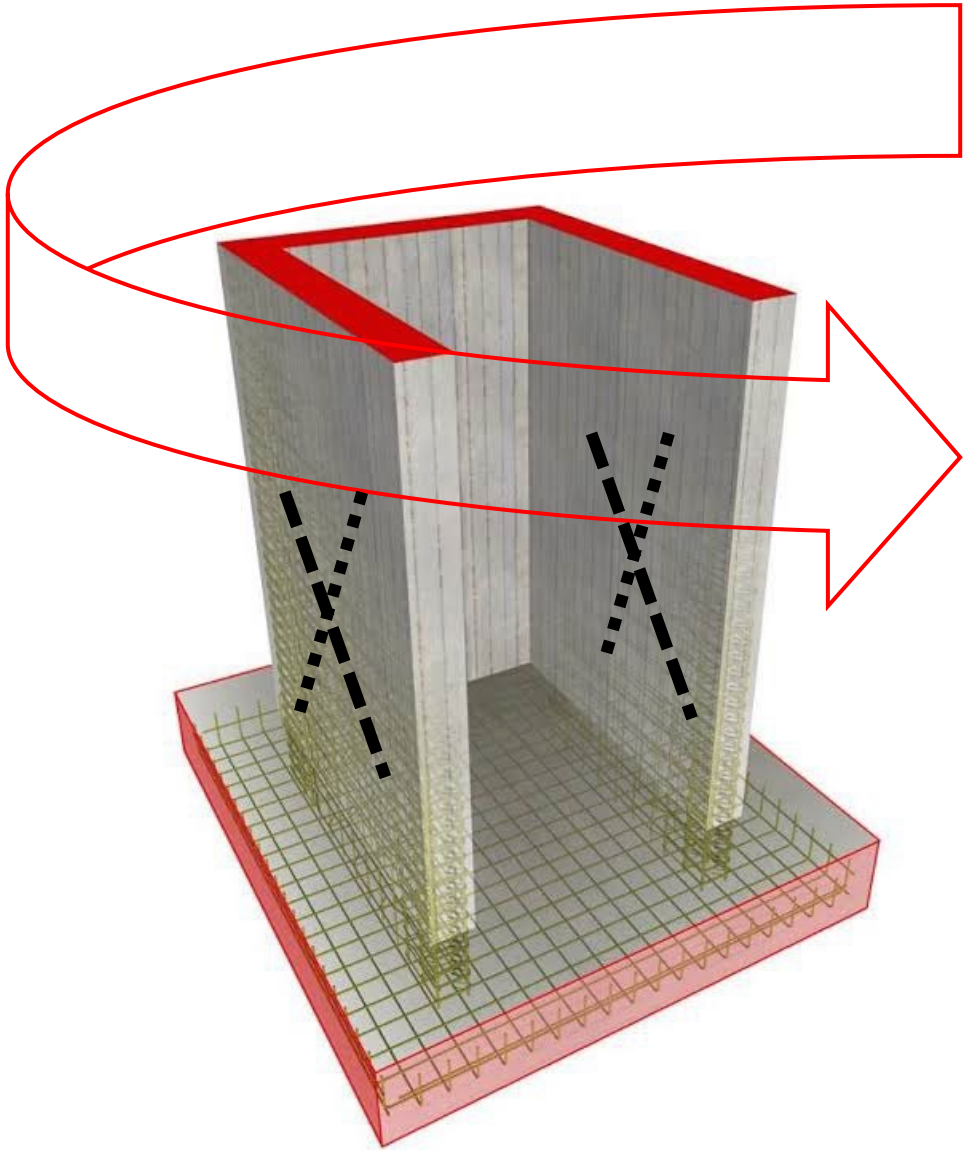




บทสรุป กลไกของการเกิด Pancake Collapse ของอาคาร สตง


Cyclic Twisting
00:00
กำแพงเริ่มขยับตัว
00:03
อาคารไร้ฐานเริ่ม
ตกลงด้วยน้ำหนัก
ตัวเอง
00:08
อาคารวิบัติโดย
สมบูรณ์
00:00 - 00:03
กำแพงระเบิด
เสาถูกเฉือนขาด
1
2
3
3 วินาที ที่ใช้รอขาอาคารถูกทำลายหมด
5 วินาที ที่ใช้รอดาดฟ้าตกถึงพื้น
38
4/3/2025


SAO
137 m
4.88 s
20 m
t = √(2S/g) = √(2×117/9.81) = 4.88 Sec



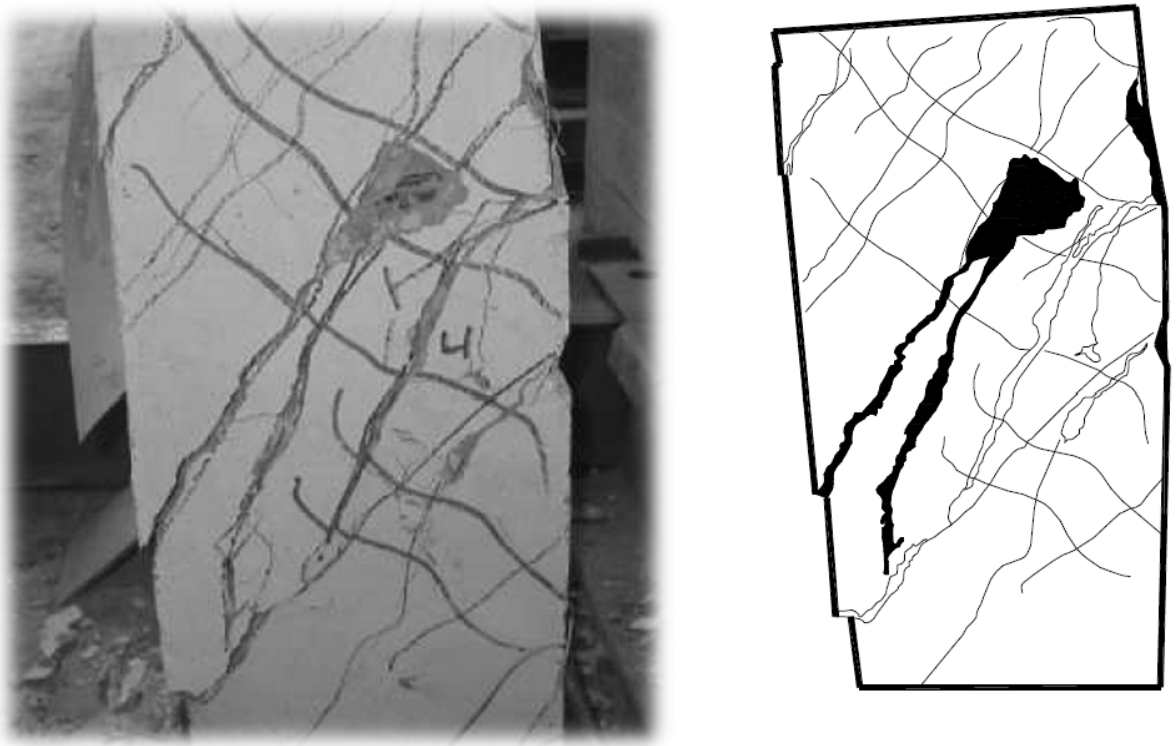


Fig. 9: Torsional failure mode – Specimen L3H3

El-Kateb, M., & Higazy, E. M. (2007). Seismic torsional performance of Y-shaped reinforced concrete bridge piers. In Proceedings of the 4th International Specialty Conference on The Conceptual Approach to Structural Design Venice, Italy.

การทดลองหาการวิบัติของเสาคอนกรีตเสริมเหล็กจากการบิดกลับไปมา





Figure 5. Typical 45° concrete crack angle.

R. Hindi, B. Browning, and D. Stahl, "Behavior of reinforced concrete columns under reversed cyclic torsion," in Proc. 9th Canadian Conf. Earthquake Engineering, Ottawa, ON, Canada, Jun. 26-29, 2007,

ลักษณะการวิบัติของเสาชั้นล่างในอาคาร สตง. ที่ได้จากการซูมภาพจากคลิบที่ถ่ายได้การการทลายลงของอาคาร



ข้อพิสูจน์ว่า เสาวิบัติจากแรงเฉือนกลับทิศไปมาเนื่องจากกาบิดตัว

นิติวิศวกรรม "ความสัมพันธ์เชิงเหตุและผล" (Causality)

หลักฐานที่พบในซากการวิบัติ อาจแบ่งได้เป็น 3 ประเภท:

1. **ต้นเหตุ (Cause):** คือ หลักฐานของเหตุการณ์ย่อย (Sub-Events) ที่เป็นองค์ประกอบในเส้นทางการวิบัติ (Failure Path) ในเป้าหมาย
2. **ผลพวง (Consequence):** คือ หลักฐานของเหตุการณ์ย่อยที่เป็นผลพวงที่เกิดเพราะการวิบัติ
3. **เหตุการณ์ร่วม (Collateral):** คือ หลักฐานของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นขนานกับเหตุการณ์วิบัติ โดยเกิดจากชนวนเดียวกัน แต่ไม่ได้อยู่ในเส้นทางการวิบัติที่เป็นเป้าหมาย

เส้นทางการวิบัติ

คลื่นยาวแผ่นดินไหวจากศูนย์กลาง 1,080 กม. ที่เมืองมัณฑเลย์

1. อาคารที่ไม่สมมาตร
2. “ขา”อาคารที่อ่อนแอ
3. Redundancy ต่ำ

อาคารบิดตัวไปมา ทำให้”ขา”หมดกำลังทีละขา จนรับน้ำหนักอาคารไม่ไหว ถล่มลงมาด้วยน้ำหนักตัวเอง

ซากปรักหักพังมีสภาพเหมือนขนมชั้น (Pancake Collapse)

ชนวน (Ignition) → องค์ประกอบแห่งเหตุ (Essential Elements) → กลไก (Failure Mechanism) → ซาก (Corpse)

กลไก (Failure Mechanism) → ผลพวง (Consequences)

ชนวน (Ignition) → เหตุการณ์ร่วม (Collaterals)

การวิบัติเฉพาะที่ เช่น การวิบัติของเสาด้านหน้าที่บริเวณชั้น 28-29 ซึ่งเกิดก่อนอาคารจะถล่ม

- พื้นที่ถูกกำแพงปล่องลิฟท์ฉุดลงมา เสมือนรอยต่อไม่แข็งแรง
- คอนกรีตที่แตกป่นยุ่ยจากการตกลงมาจากที่สูง

เหตุการณ์ร่วม (Collaterals)

การวิบัติของเสาด้านหน้าที่บริเวณชั้น 28-29 ซึ่งเกิดก่อนอาคารจะถล่ม

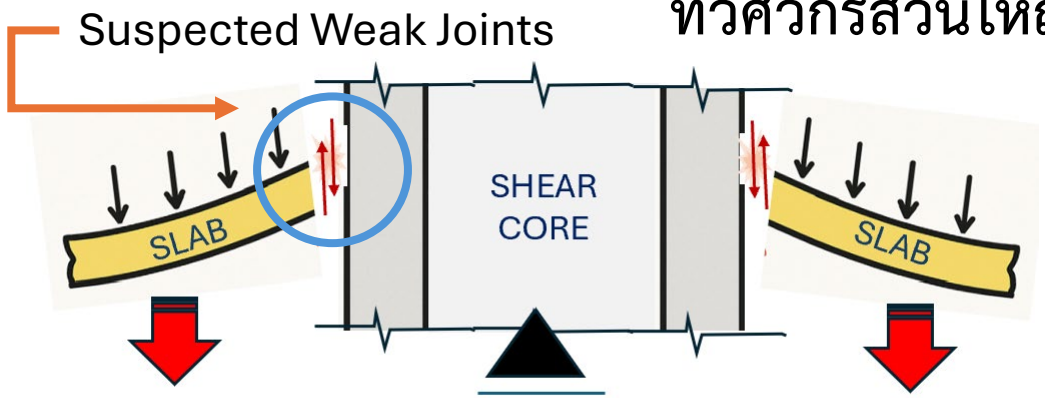




ผลพวง (Consequences)



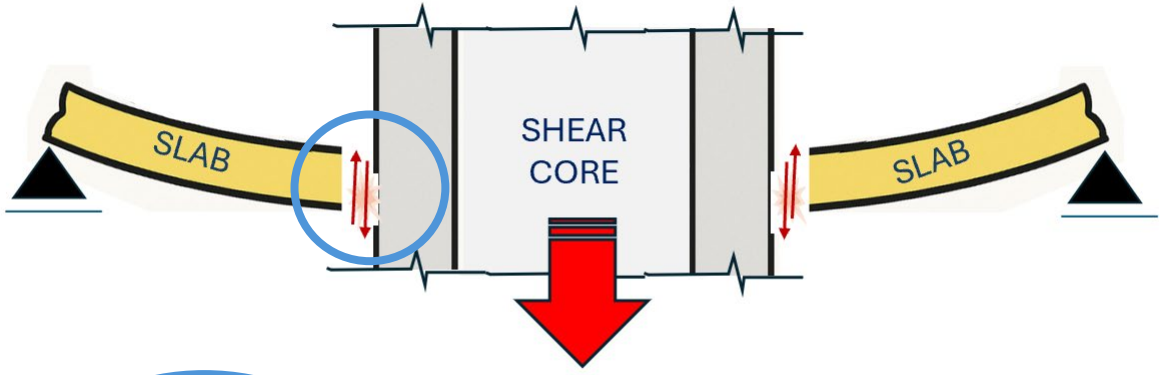
ที่วิศวกรส่วนใหญ่จินตนาการ



×

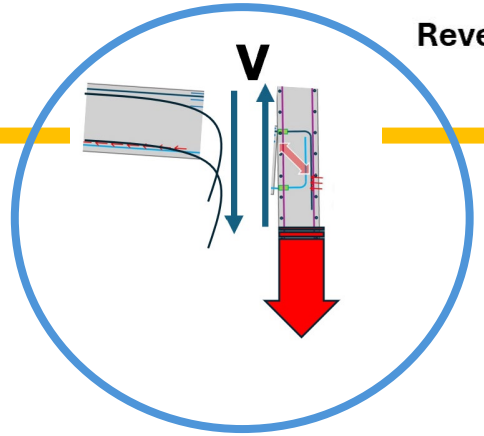
Normal Punching Shear

ที่เกิดจริง



√

Reverse Punching Shear



REVERSE PUNCHING SHEAR

กำลังที่ด้อยของคอนกรีตในซาก เป็นสาเหตุ หรือ ผลพวง ของการถล่ม ?

จากซากสภาพของคอนกรีตที่ยุ่ยป่นและหลุดร่อนจากเหล็กเสริม คำถามคือคุณสมบัติที่ด้อยนี้เป็นสาเหตุ หรือ เป็นผลพวง ของการวิบัติ



