

พื้นฐานงานวิศวกรรมโครงสร้าง
สำหรับวุฒิวิศวกรโยธา

เอก ศิริพานิชกร

อนุกรรมการ สภาวิศวกร

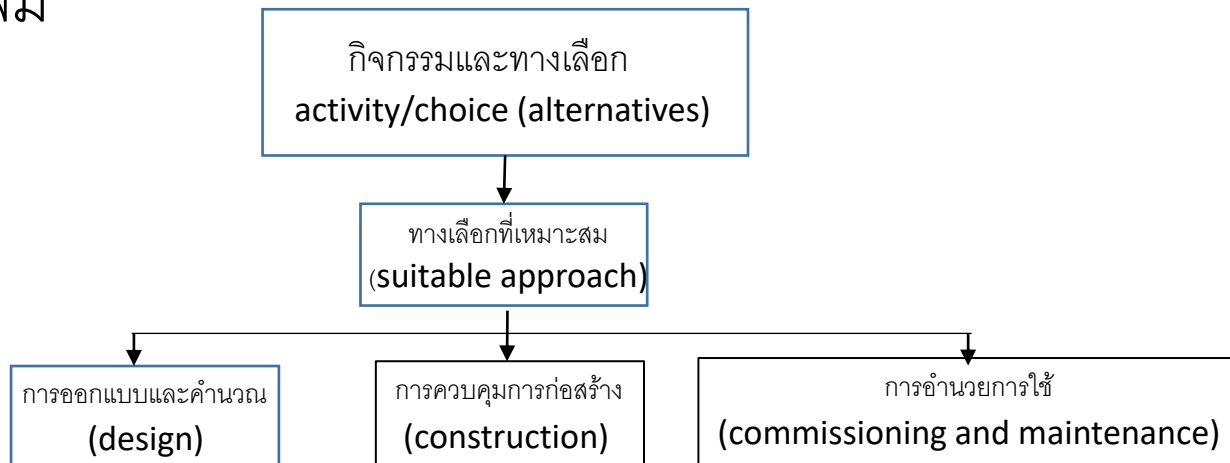
๘ พฤศจิกายน ๒๕๖๕

Presentation Outline

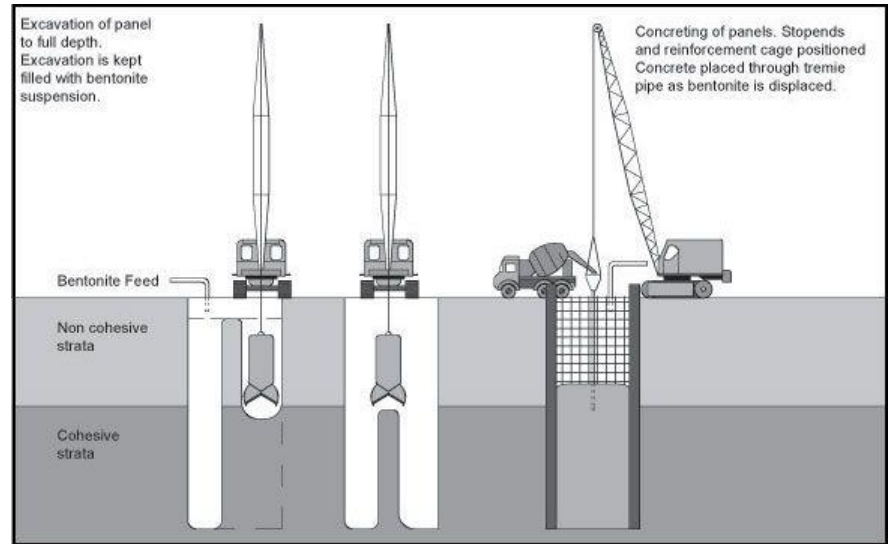
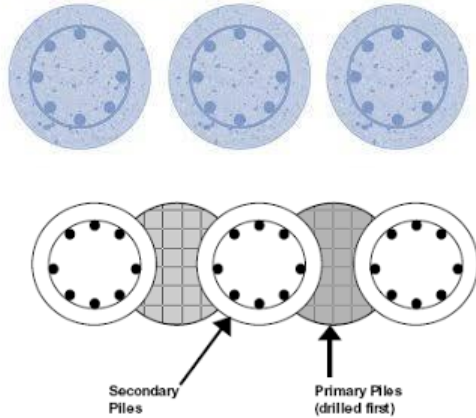
- งานวางโครงการ
- งานพิจารณาตรวจสอบ
- งานวิเคราะห์โครงสร้าง/ออกแบบคำนวณ
- งานซ่อมแซม/เสริมกำลัง

งานวางโครงการ

เมื่อมีโครงการที่จะดำเนินการแล้ว วิศวกรระดับวุฒิ
วิศวกรโยธา ควรเป็นผู้มีความสามารถในการกำหนด
ทางเลือกของโครงการ เพื่อให้ได้โครงการที่มีความ
เหมาะสม



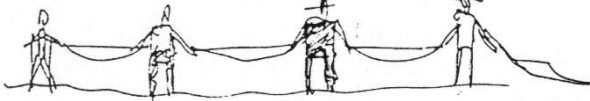
Contiguous Piled Wall



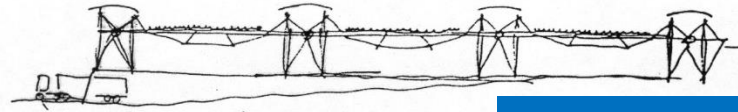
งานขุดดินลึก 3 ทางเลือก

1. Sheet pile
2. Pile wall
 - 2.1 contiguous pile
 - 2.2 secant pile
3. diaphragm wall

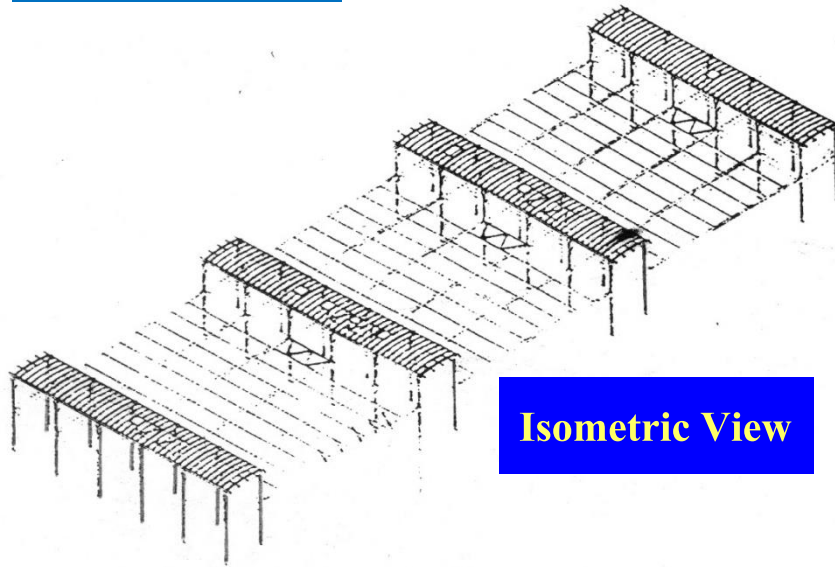
การคัดเลือกระบบโครงสร้างหลังคา



Sketch of Concept

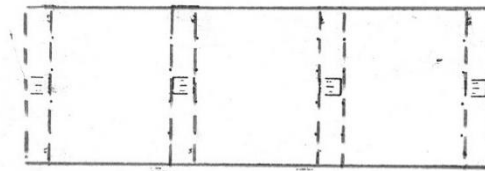


Preliminary Scheme

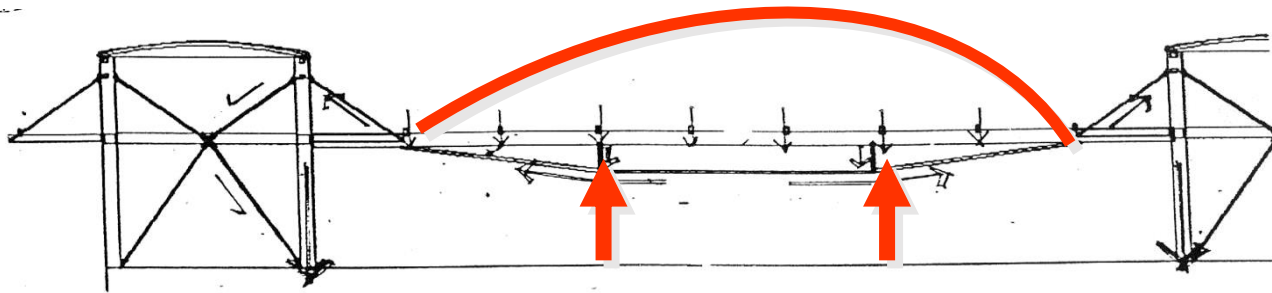


Isometric View

Farm House (150 years old)



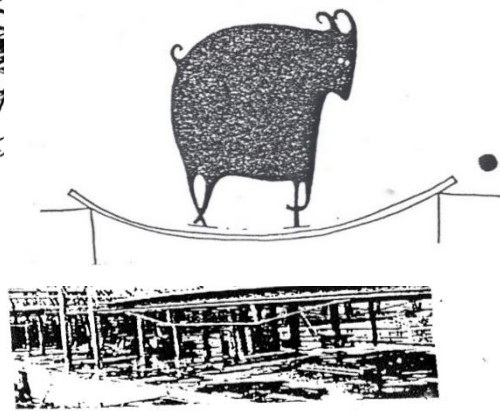
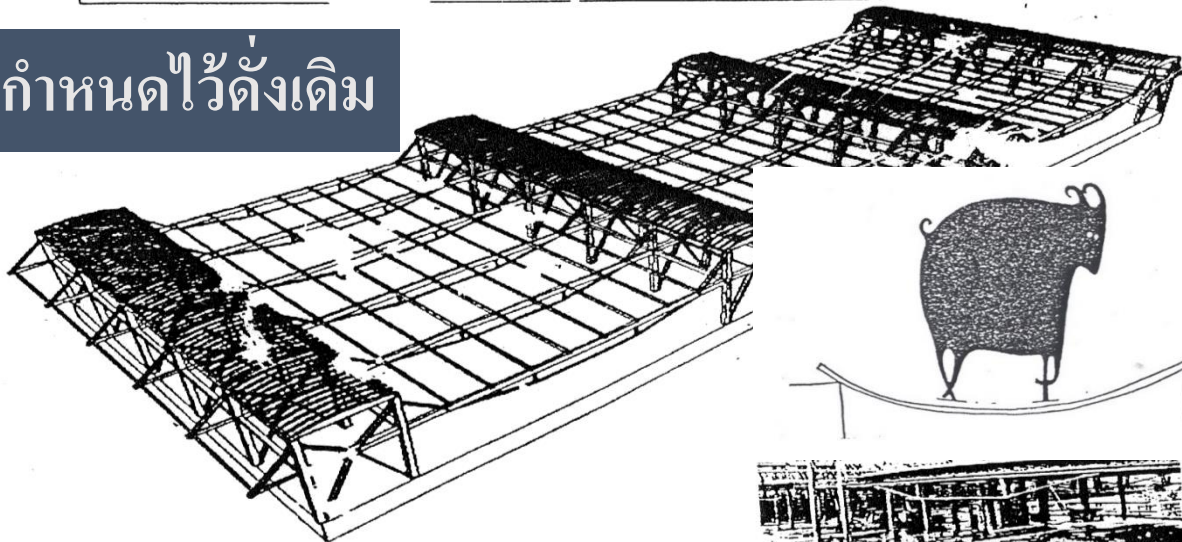
Plan

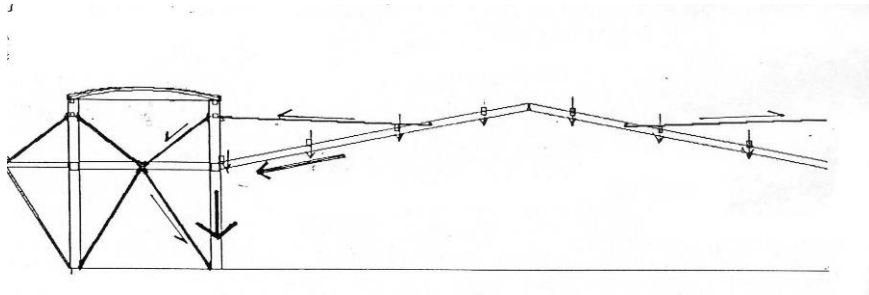


← No Deflection →

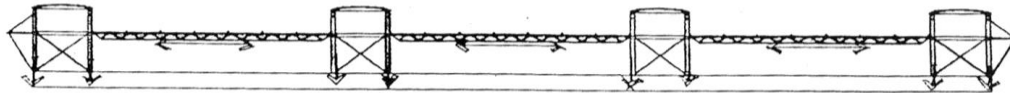
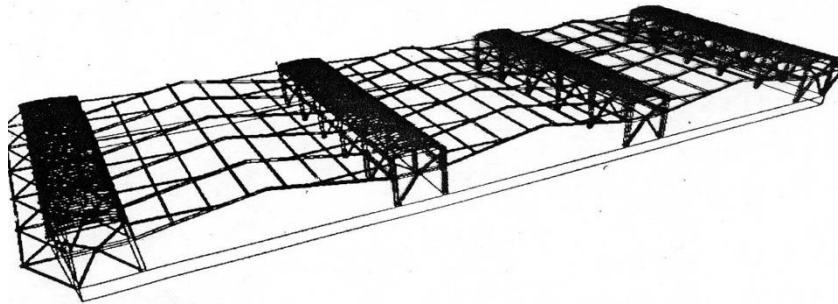


โครงที่กำหนดไว้ดั้งเดิม

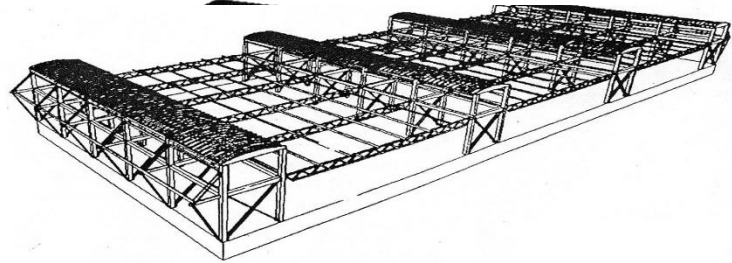




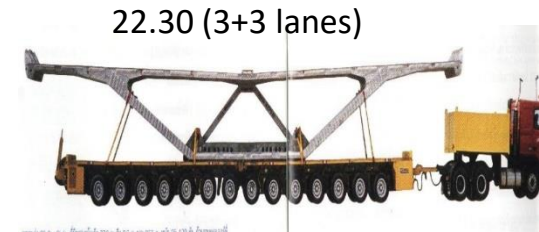
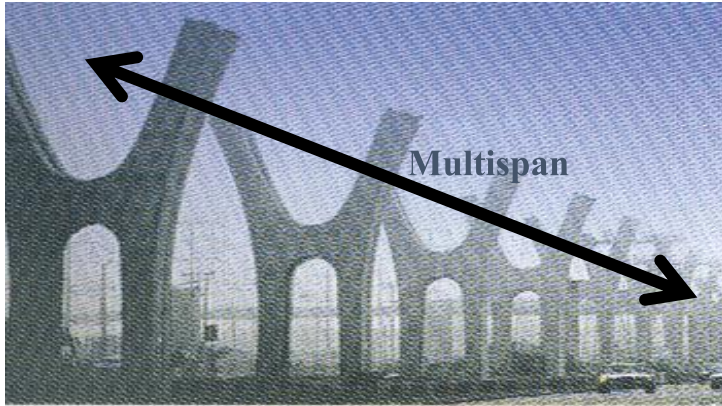
โครงทางเลือกที่ 1



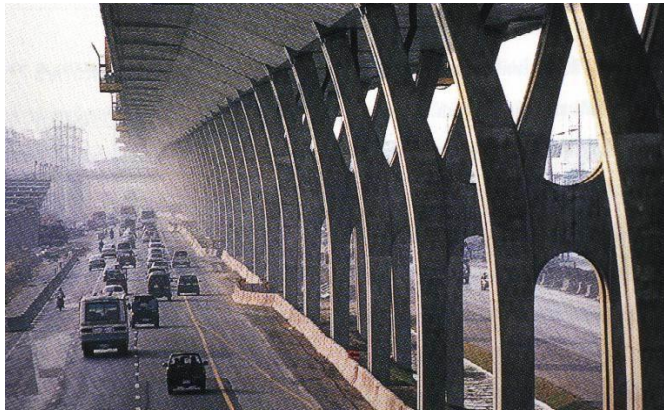
โครงทางเลือกที่ 2



ทางด่วนบางนา - บางพลี - บางปะกง



wide Box (prestressing units)



Construction Process

สะพานรูปกล่องหล่อกับที่ใช้แบบหล่อเคลื่อนที่

Cast In-situ : Form-travelers



Loures, Portugal

สะพานรูปกล่องหล่อยกขึ้นส่วนประกอบแบบยื่นสมดุล



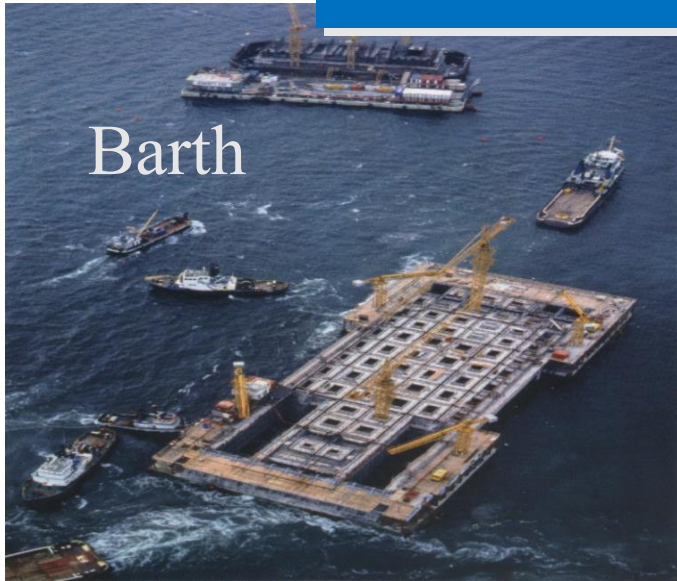
Precast Segmental



สะพานข้ามแม่น้ำที่ปากเซ สปป. ลาว ใช้
truss launcher



Full Span Installation



การก่อสร้าง สะพาน Oresund
สะพานยาวที่สุดในยุโรป
Typical span 110 ม.

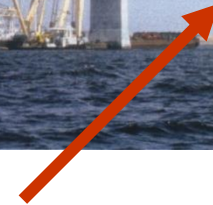
อากาศหนาวเลือกใช้ full spans



Construction Method and Types

Types: Haunched Girder
: Constant Depth Girder

- Single Box
- Two Boxes

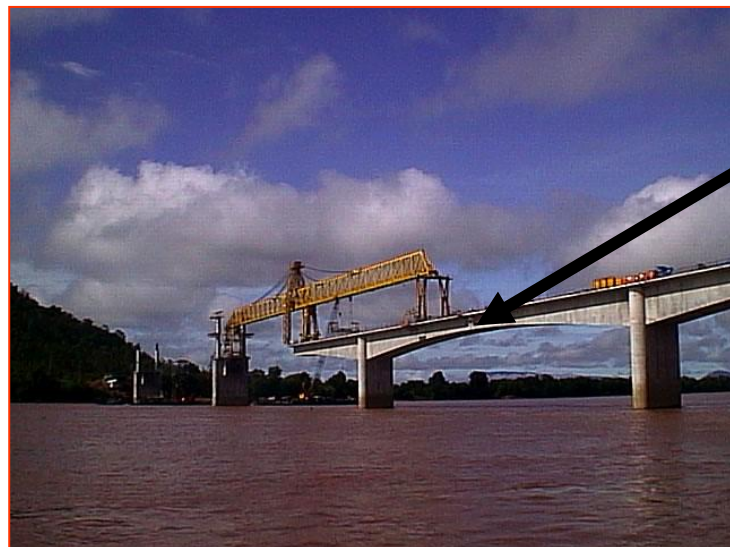


Construction Methods : Pre-cast Full Span

: Cast-in-place (eg. Rama III Bridge)

: Pre-cast Segmental Limited Size

: Pre-cast cantilever method



Cost and Time (value engineering)

โครงการสะพานเหล็กในโครงการรถไฟทางคู่ ข้ามแม่น้ำนครชัยศรี

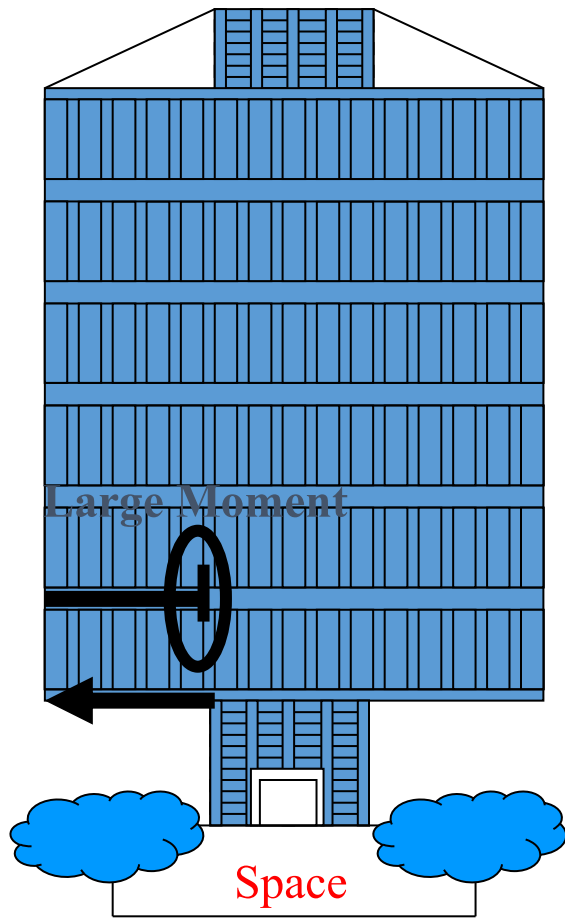




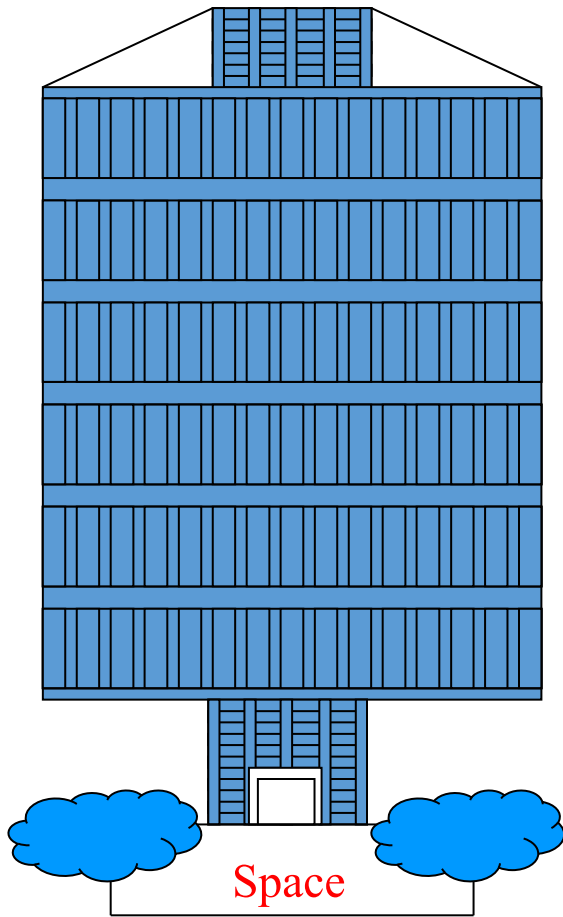
Model at Phase of Construction

Original Model

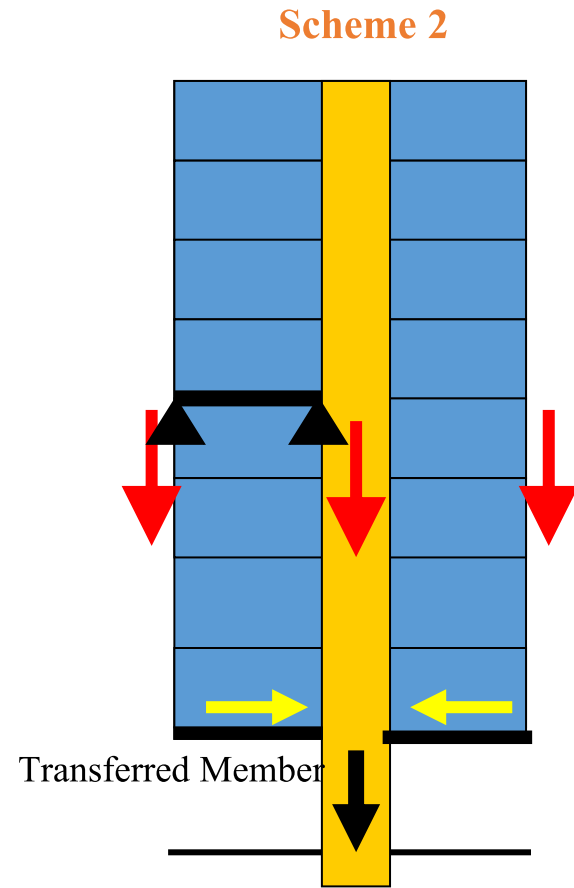
ทางเลือกของระบบโครงสร้างอาคาร



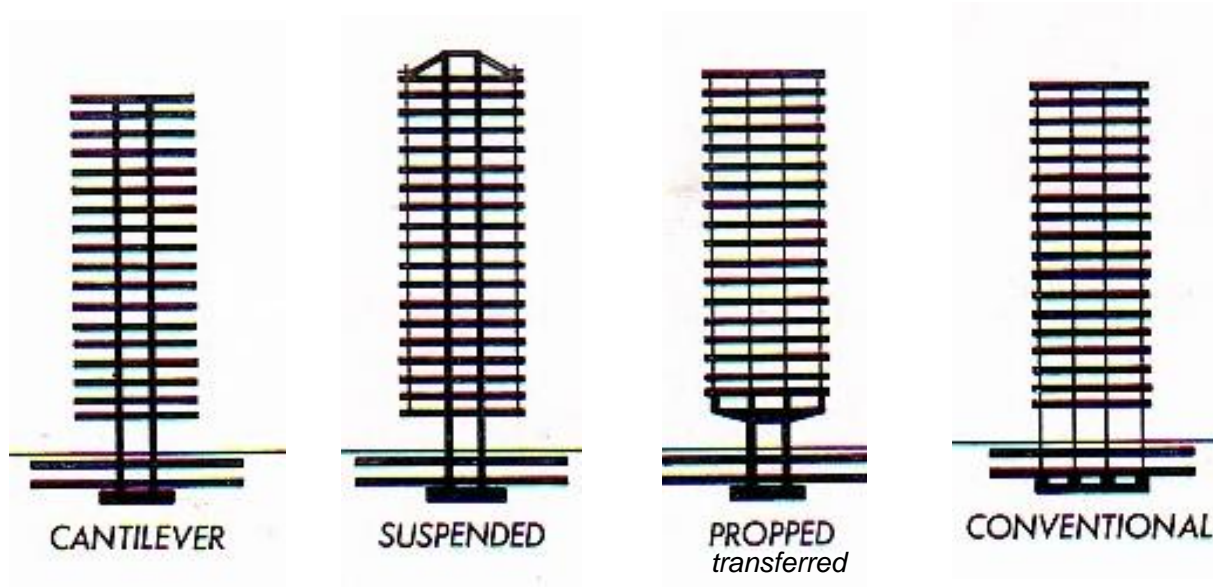
Appearance of Structure Schematic Analysis of Structure



Appearance of Structure

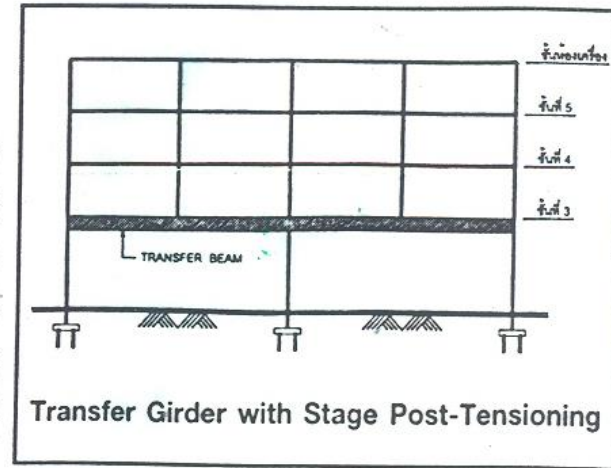


Schematic Analysis of Structure

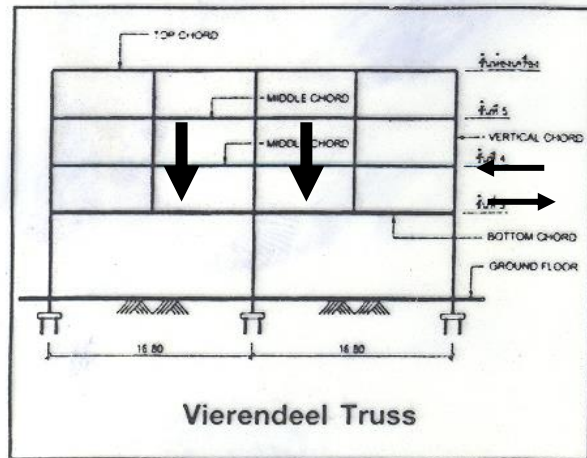


Competitive Structural Systems

แนวคิดการเลือกระบบโครงสร้างในการก่อสร้างอาคารโถงกว้างที่ชั้นล่าง



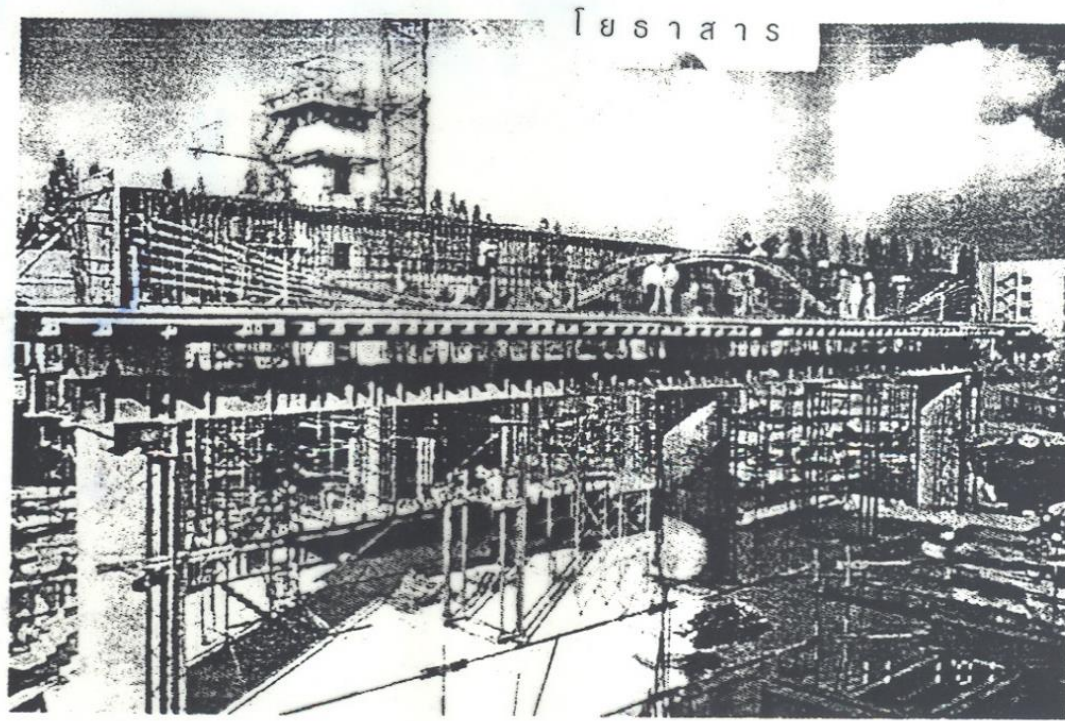
แนวทางที่เลือก : transferred members



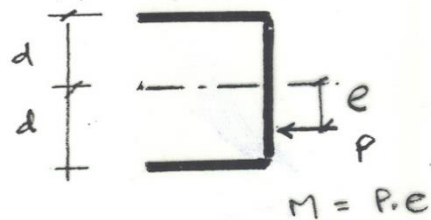
แนวทางแรก ใช้ Vierendeel truss



Vierendeel truss



ทางเลือกที่ 2 คานถ่ายน้ำหนักบรรทุก 1. คอนกรีตเสริมเหล็ก : คานใหญ่
 2. คอนกรีตอัดแรง : ต้องกำหนดขั้นตอนการดึงลวดอัดแรง

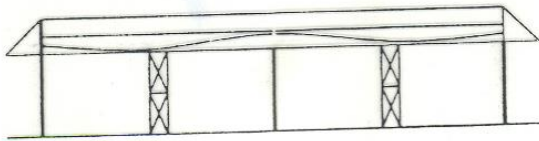


$$\sigma_t = \frac{\eta P}{A} + \frac{\eta M \cdot d}{I}$$

$$\sigma_c = \frac{\eta P}{A} - \frac{\eta M \cdot d}{I}$$



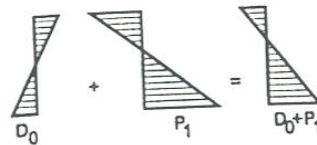
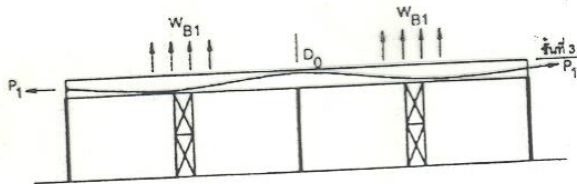
Stage Post-Tensioning



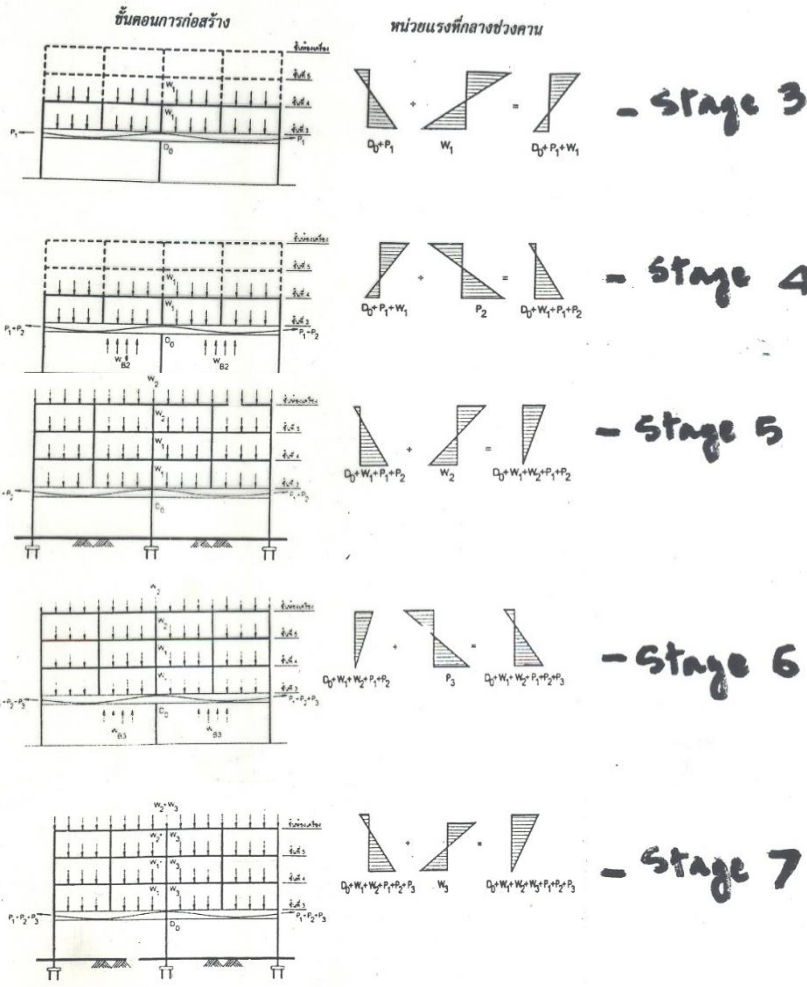
หน่วยแรงที่กลางช่วงคาน



- Stage 1

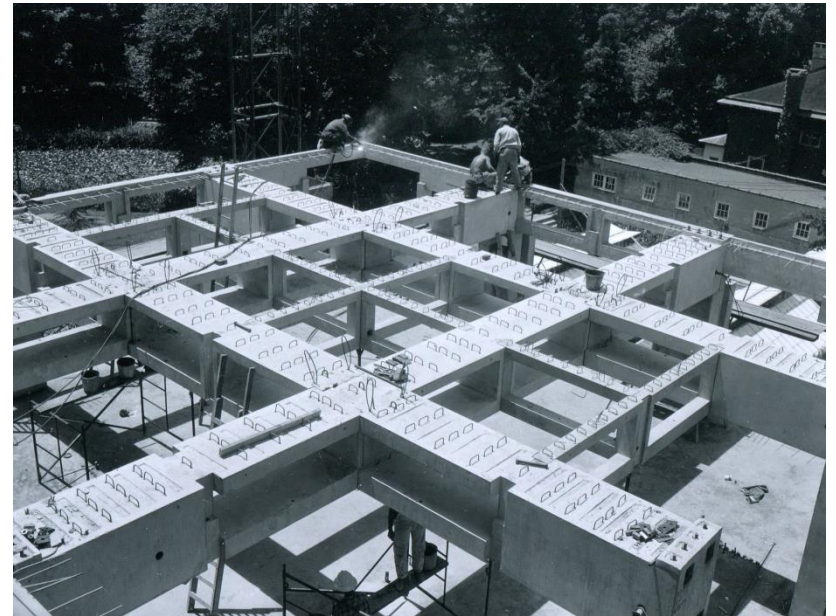
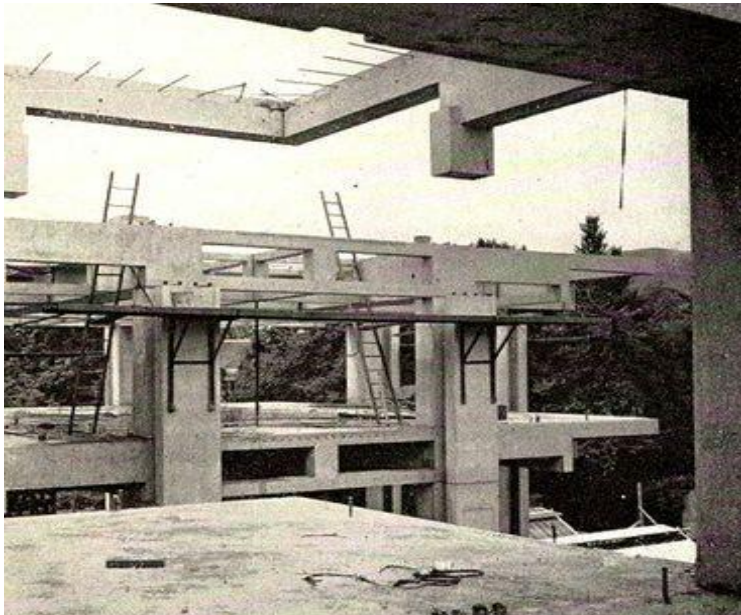
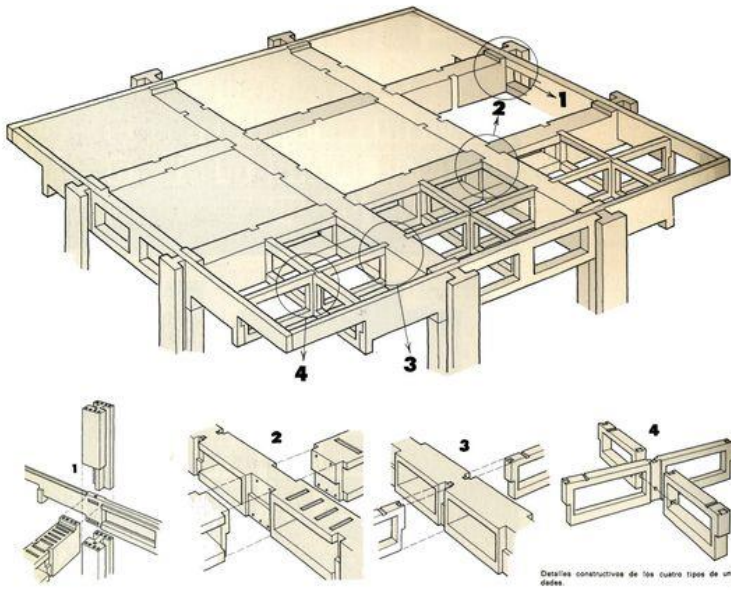


- Stage 2



**Stages of Construction
Restrains
from Structural System**

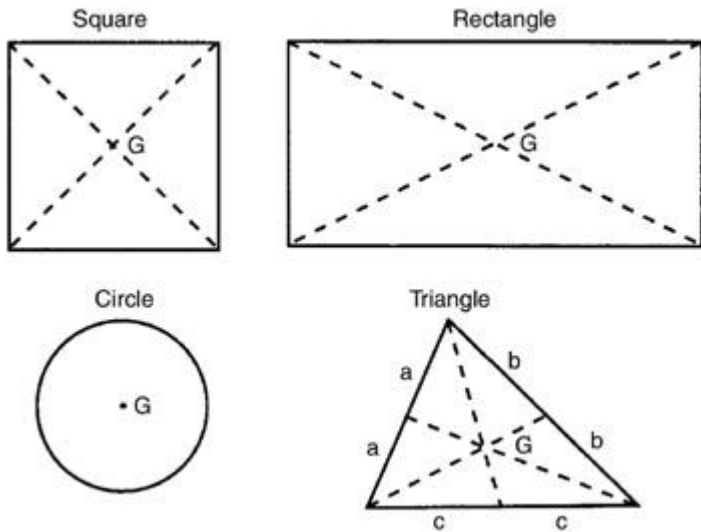
Cost & Time



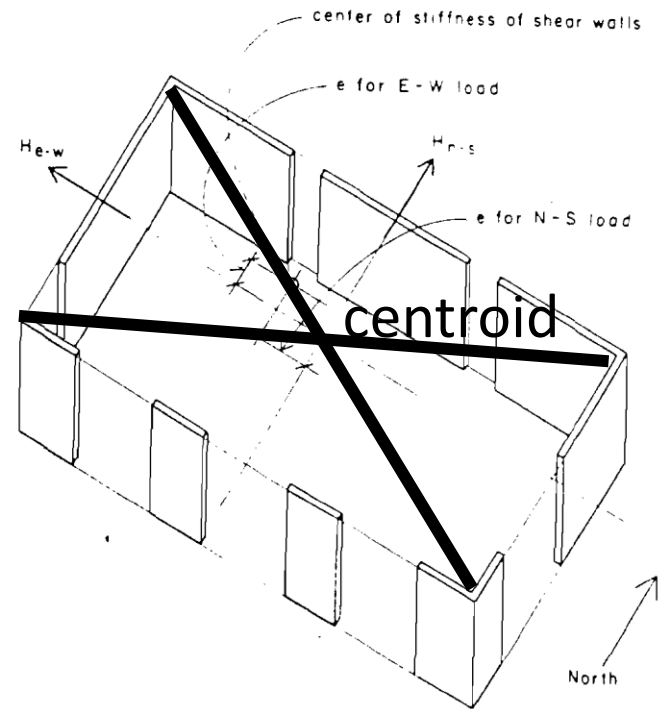
modular precast system

Centroid and Centre of Gravity

Centre of gravity is the point where the total weight of the body acts while centroid is the geometric centre of the object. Centre of gravity or centre of mass is the point where the whole mass of the body is concentrated. ... Centroid is the centre of gravity for objects of uniform density.



Centroid of Area



Basic Components of Lateral Load Resistive System

composed of

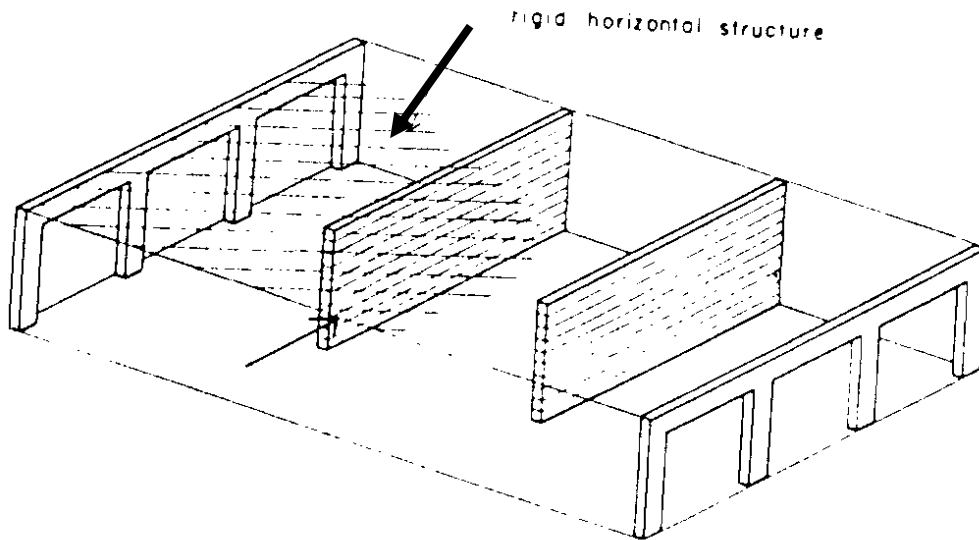
- Horizontal Components
- Vertical Components

Horizontal Components

- floor framing & deck system
 - + precast slab system
 - + conventional slab
 - + flat slab/ plate
 - etc.
 - horizontal components should have
 - + sufficient *strength*
 - + sufficient *stiffness*
- } *HORIZONTAL DIAPHRAGMS*

Function of Horizontal Diaphragms

With the sufficient strength and stiffness of a horizontal diaphragms, the lateral resistive system utilize them to *collect* the lateral forces at a particular level of building and then *distributing* to the vertical elements.



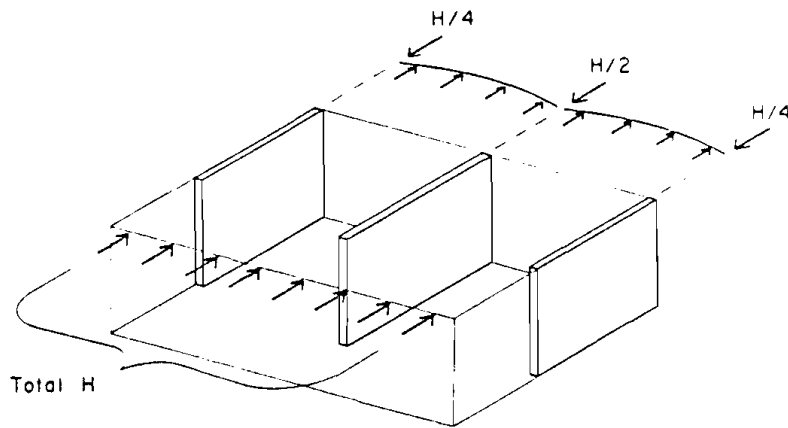
Lateral Resistive System

composed of

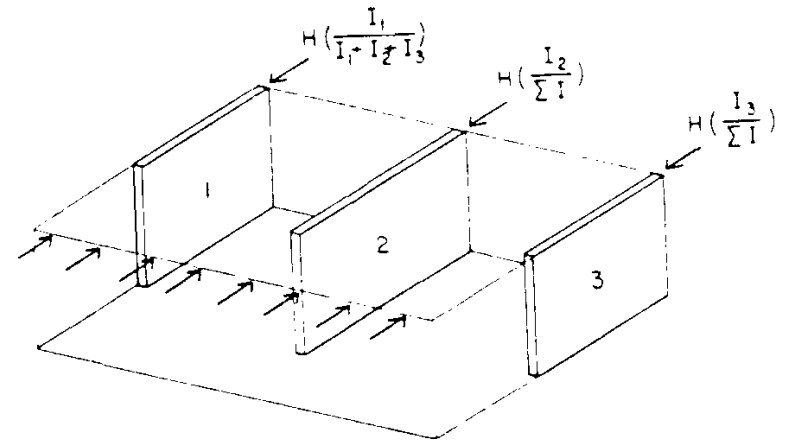
- + Rigid horizontal structure
- + Strong vertical elements
 - * column
 - * wall
 - * frame

Relative Stiffness of Horizontal Diaphragms

physical property
whether ??



Flexible horizontal diaphragm



Rigid horizontal diaphragm

Relative Flexible Elements



Deflection

No continuity of system

No actual distribution of vertical elements

Relative Rigid Elements

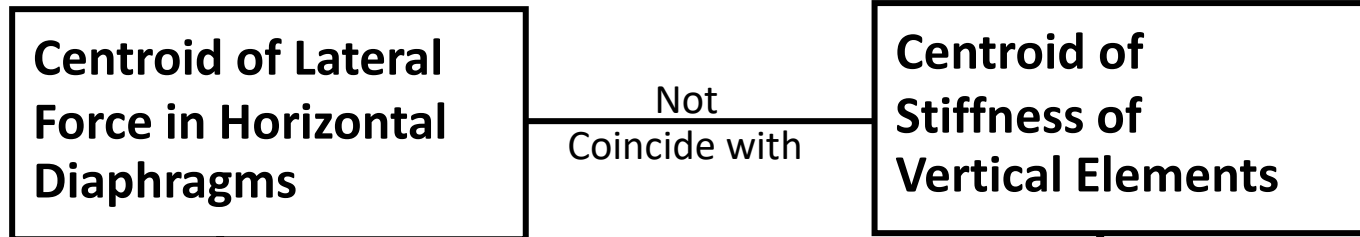


Distribution of Lateral Load

Proportion to
Their relative stiffness

Torsional Effects

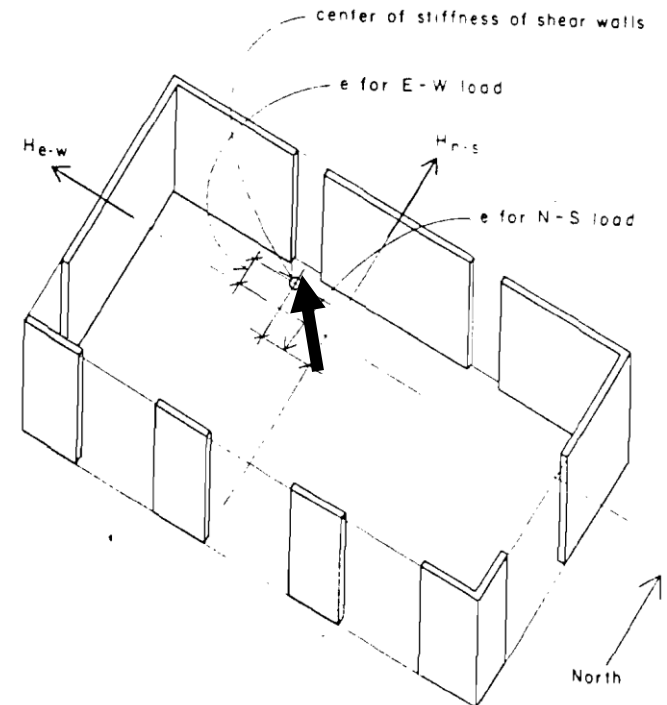
caused by

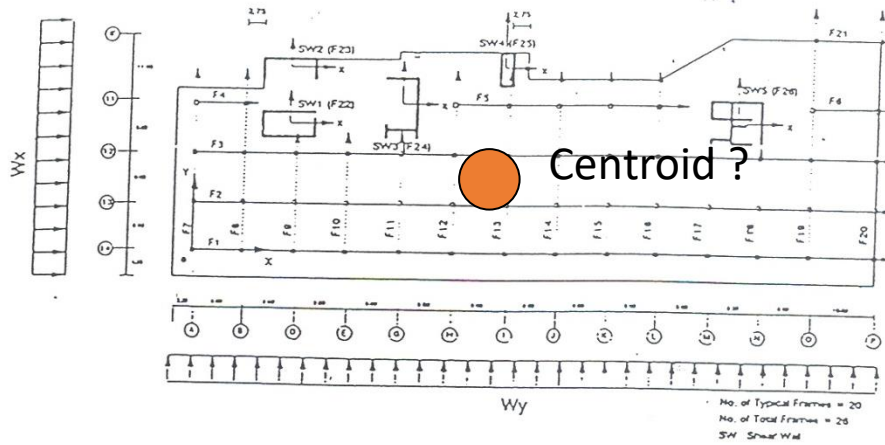


**Twisting Effects
(torsional effects)**

depend on

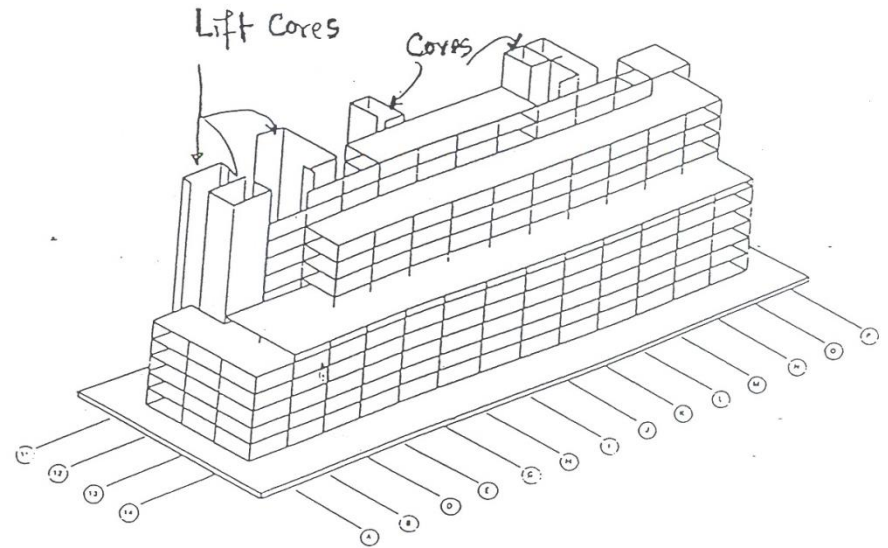
Stiffness of horizontal diaphragms,
Stiff element caused Significant problem



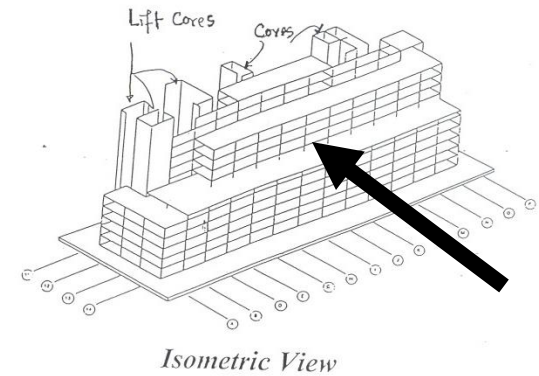
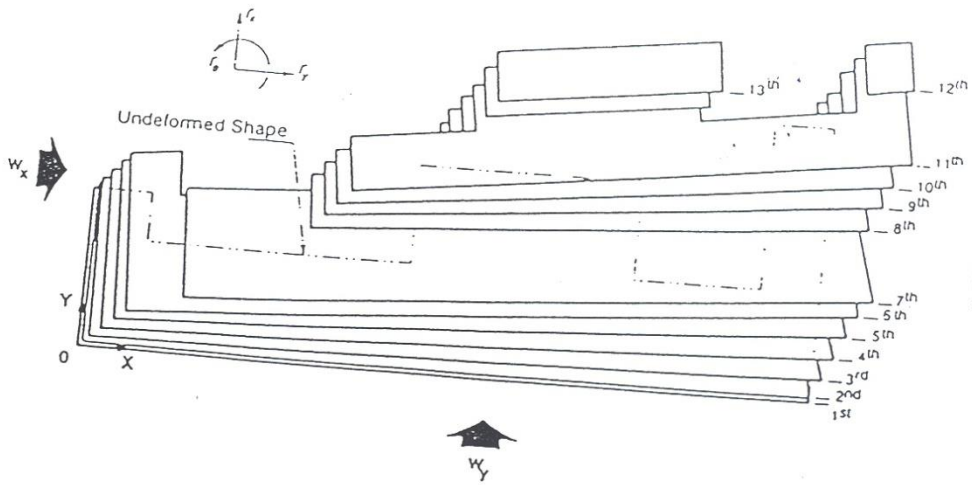


Plan

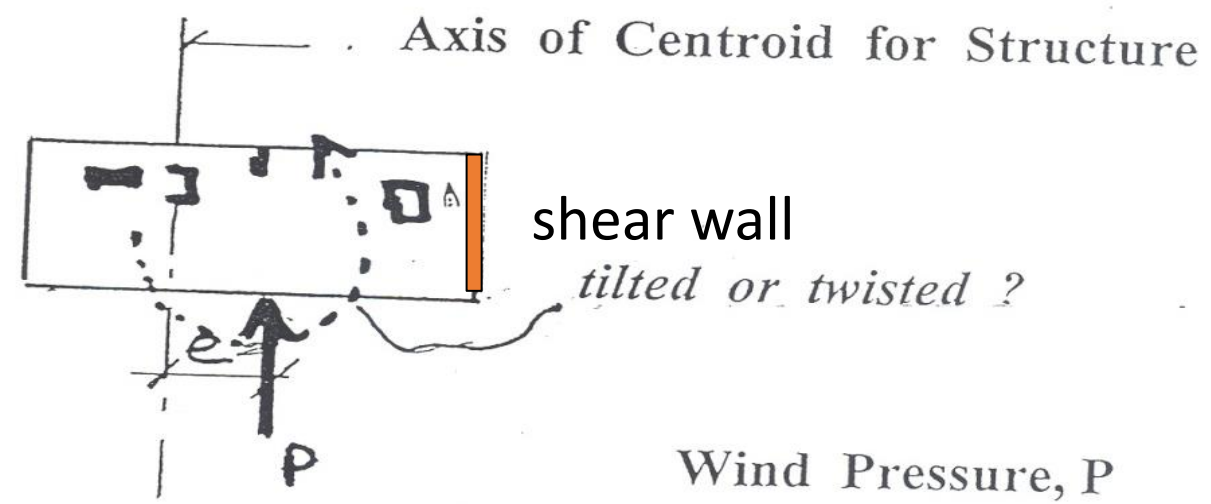
อาคารรับแรงลม

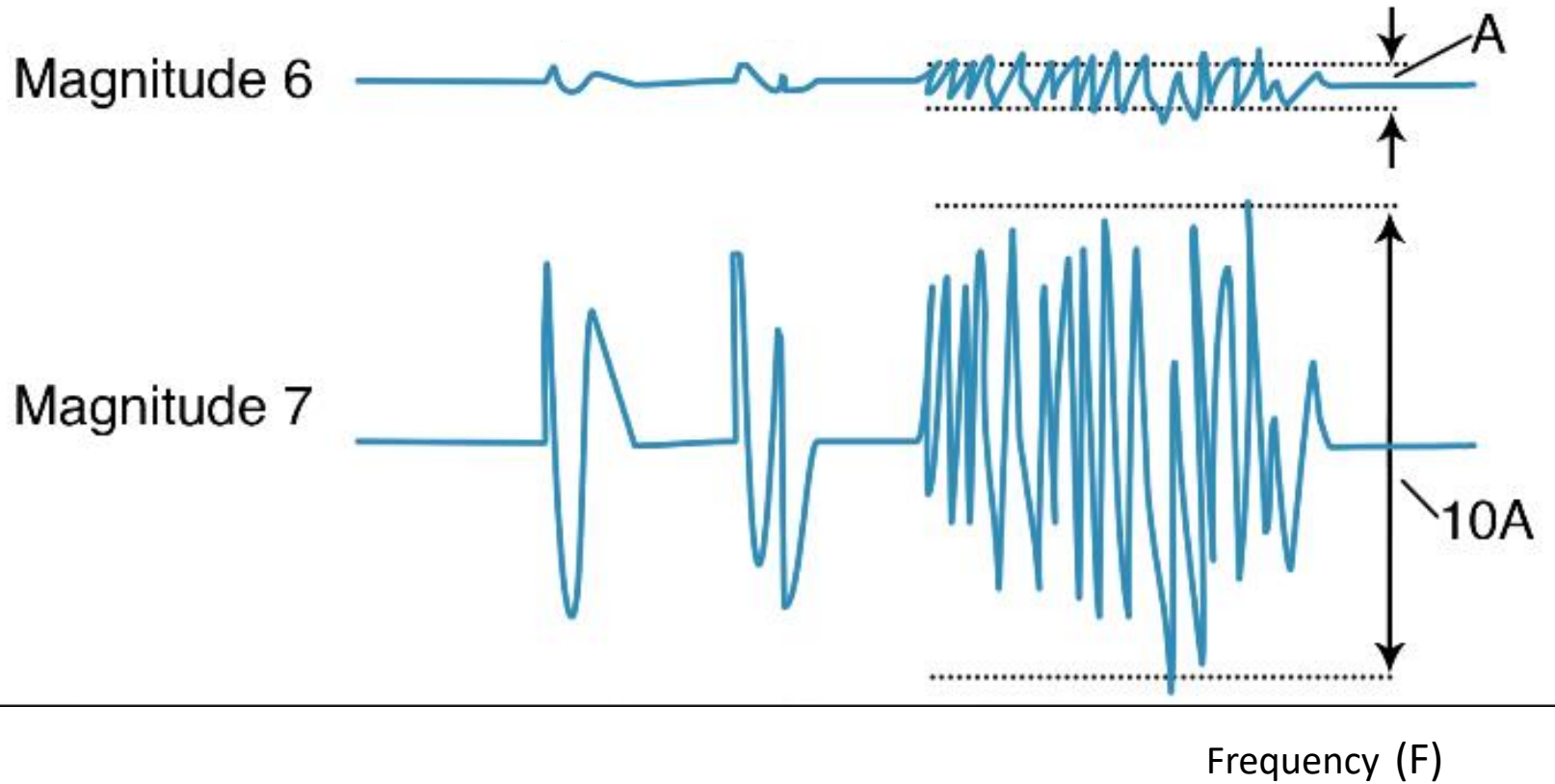


Isometric View



Analysis using 3-D Analysis





ความแตกต่างระหว่างขนาดของแผ่นดินไหว

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ กับคาบ

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับคาบก็คือ

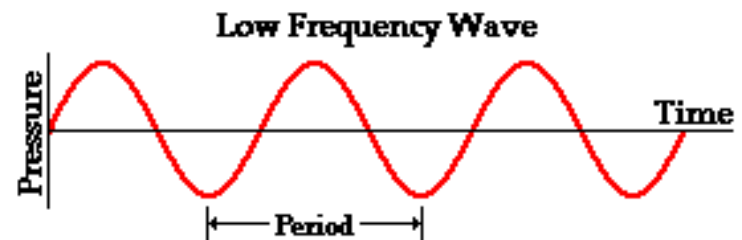
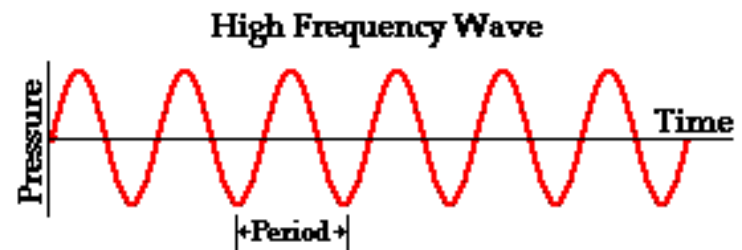
"ความถี่มีค่าเท่ากับส่วนกลับของคาบ"

หรือเขียนเป็นสมการได้ ดังนี้

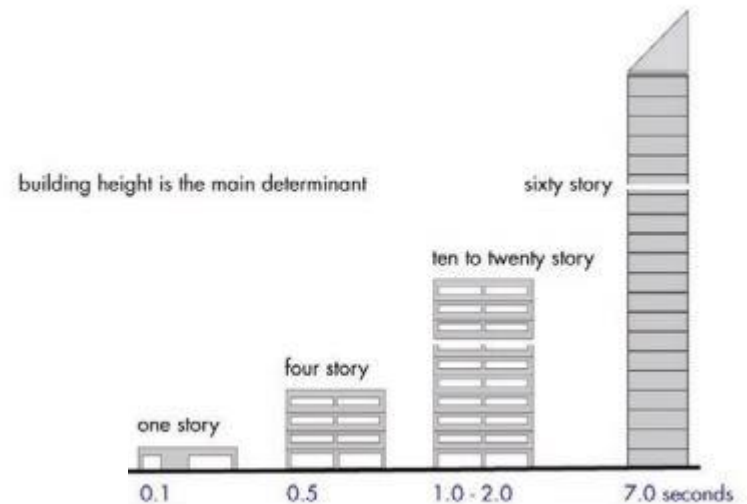
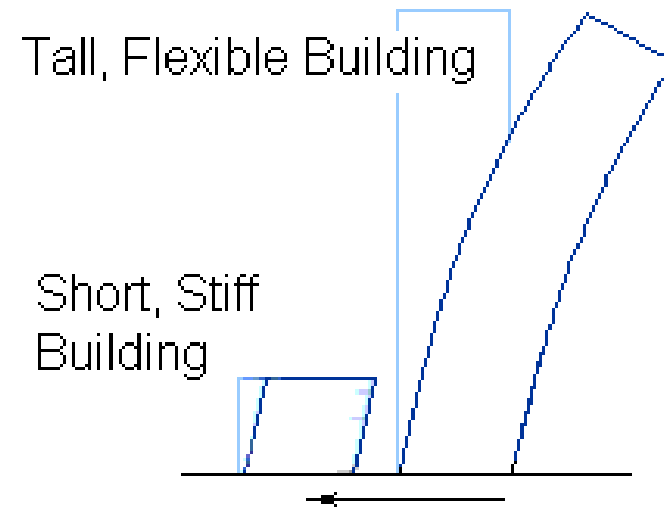
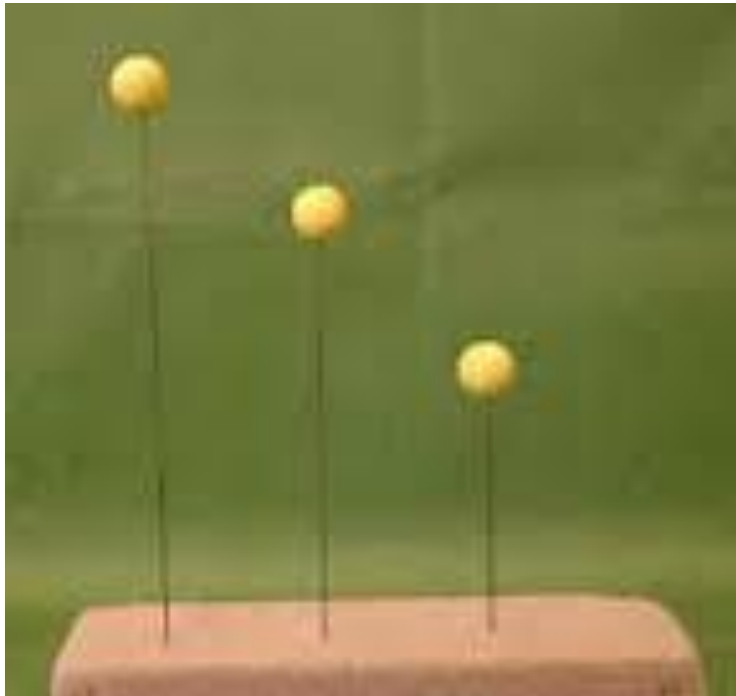
$$f = \frac{1}{T}$$

หรือ

$$T = \frac{1}{f}$$



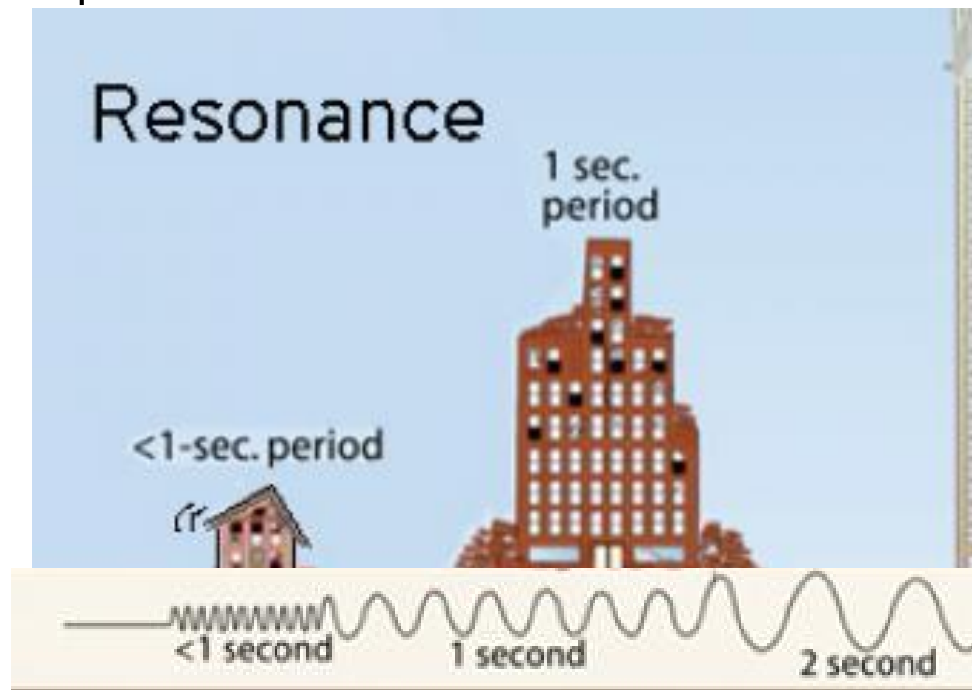
คาบธรรมชาติของอาคาร (natural period)



$$T = 0.10 \times \sqrt{\text{จำนวนชั้นของอาคาร}}$$

การสั่นพ้อง (resonance)

เมื่อวัตถุถูกกระทำด้วยแรงหรือสัญญาณที่มีความถี่เท่ากับหรือใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุ วัตถุนั้นจะสั่นด้วยความถี่นั้นและด้วยแอมพลิจูดที่ใหญ่ จนอาจทำให้วัตถุนั้นเสียหายหรืออาจเกิดความรำคาญได้

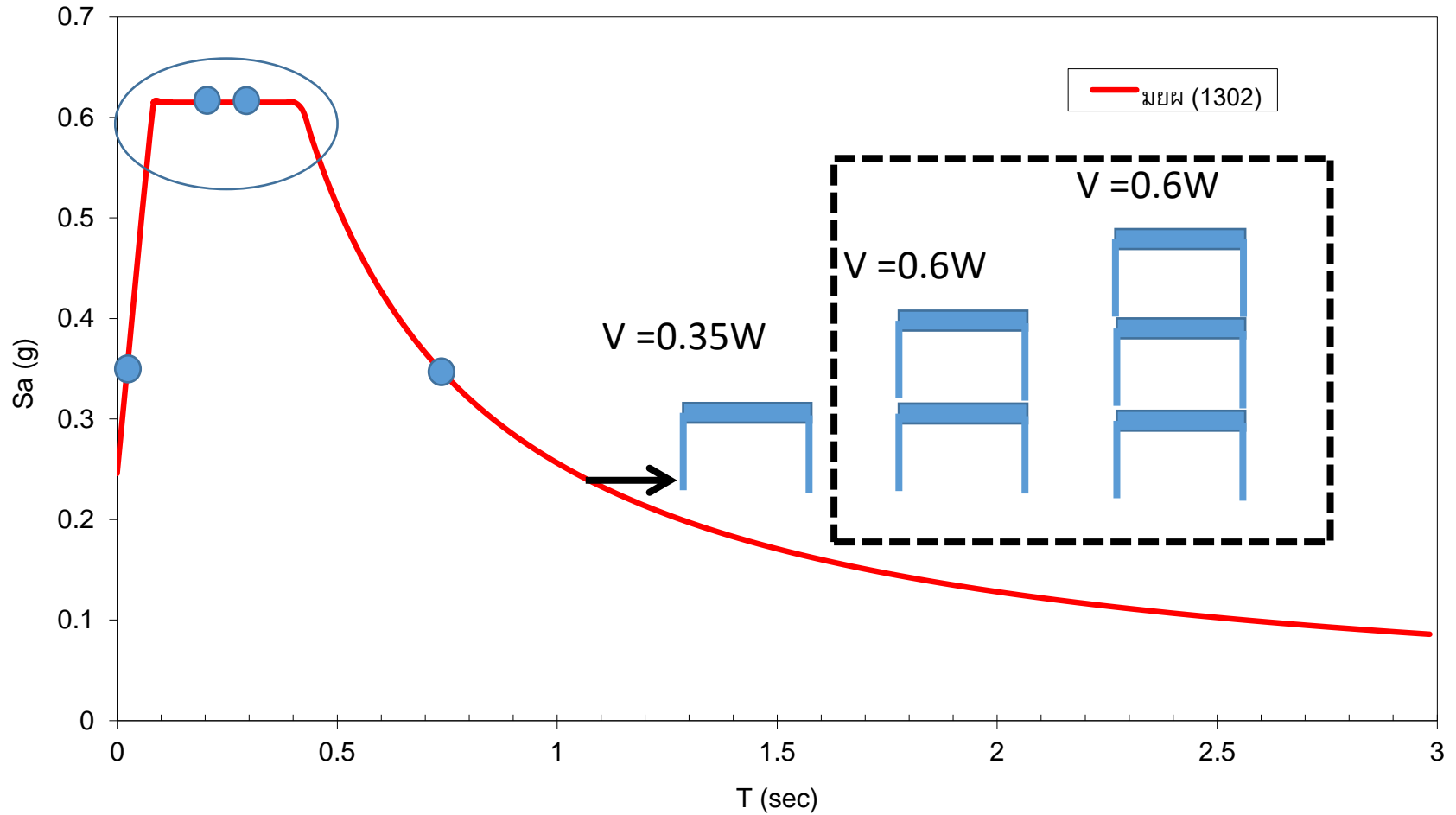
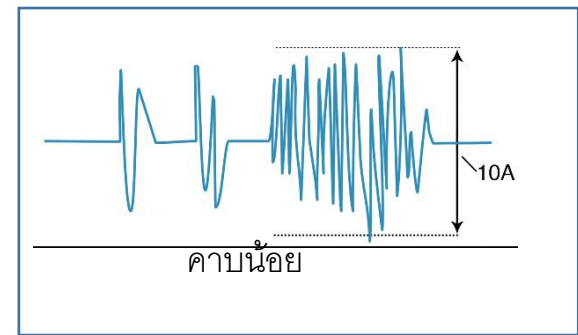


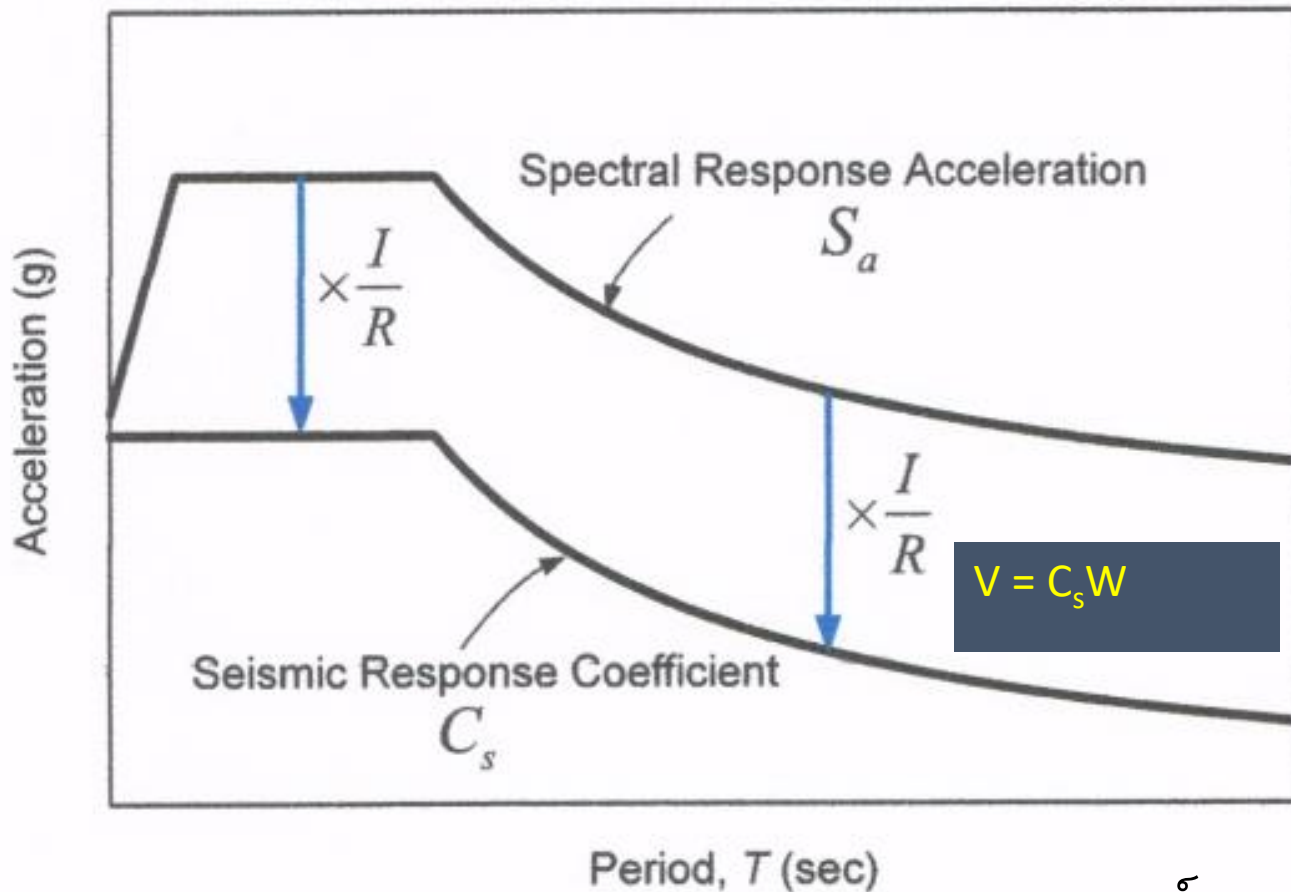
$F = m \cdot a$

V/W

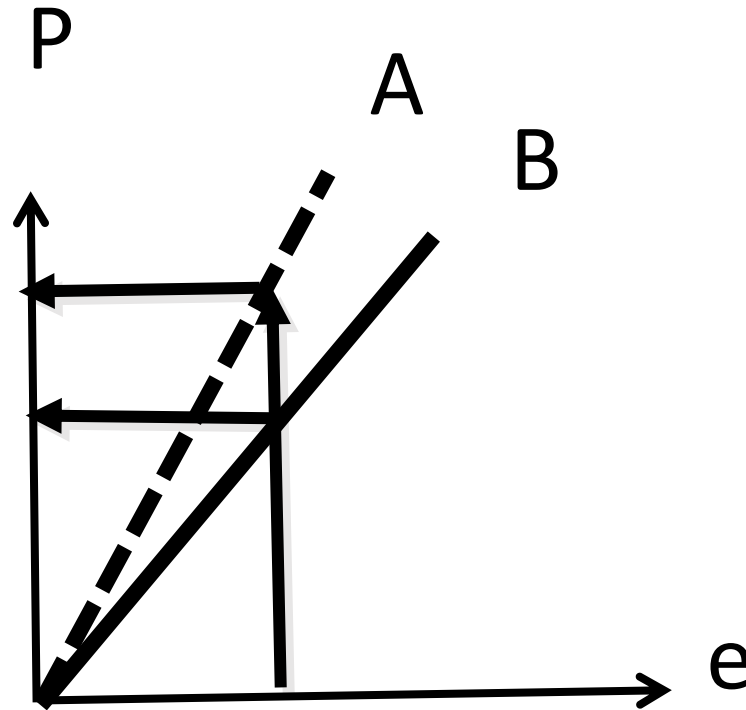
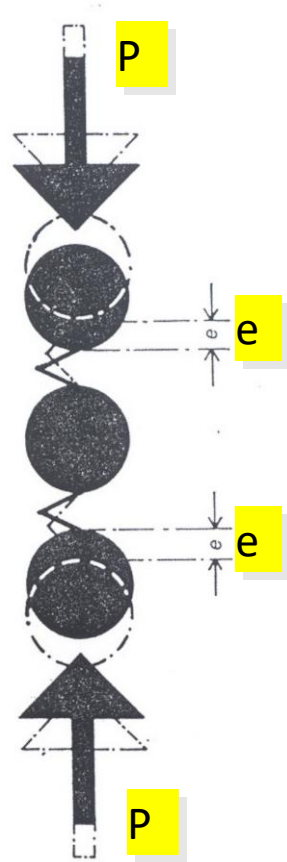
$a = F/m$

Design Spectrum for Chiang Mai
Soil Type: D



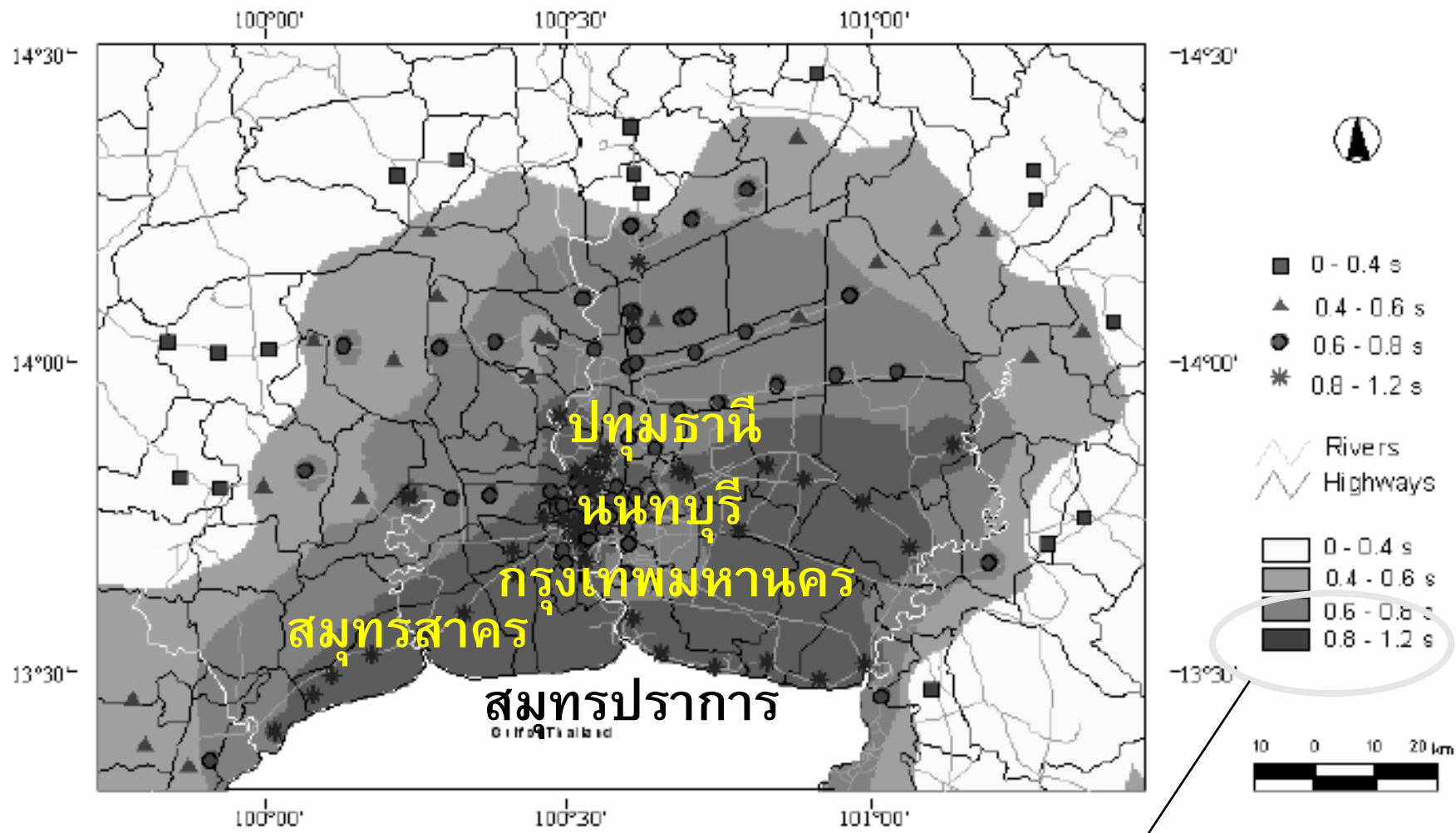


อัตราเร่งตอบสนองสเปกตรัมและสัมประสิทธิ์ตอบสนอง
แผ่นดินไหวสำหรับแรงเฉือนที่ฐานที่ใช้ในการออกแบบ
(มยผ.๑๓๐๒)



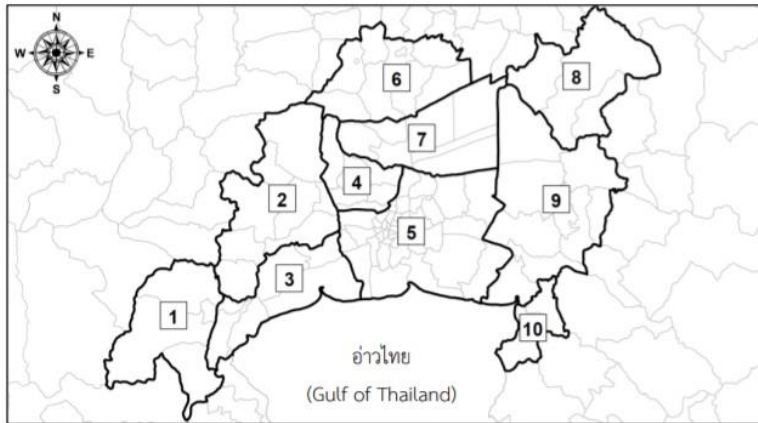
Note for safe and servicing structure

1. System - Linearity
2. Structure "A" is Stronger than "B"
3. Structure "B" is more ductile than "A"



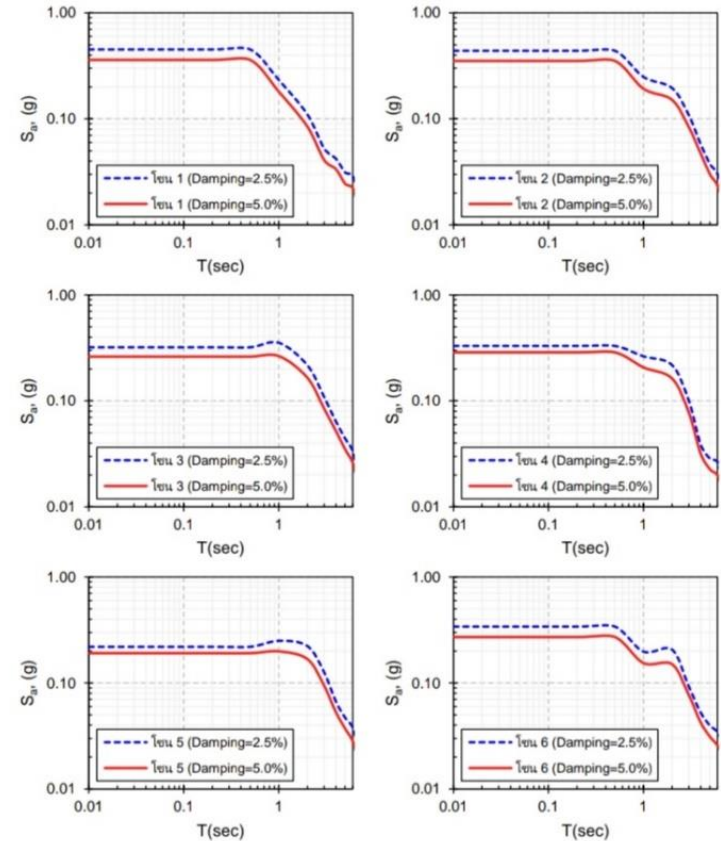
1 รอบต่อ 1 วินาที : คาบ (T) = 1 s

แบ่งกรุงเทพ (ดินอ่อนมาก) กรุงเทพและปริมณฑล



แผนที่แสดงการแบ่งโซนพื้นที่แห่งกรุงเทพ เพื่อการออกแบบ อาคารต้านทานแผ่นดินไหว

โซน 1	โซน 3	โซน 6	โซน 9
จังหวัดเพชรบุรี	จังหวัดสมุทรสาคร (ทั้งจังหวัด)	จังหวัดพระนครศรีอยุธยา	จังหวัดนครนายก
- อ.เขาย้อย		- อ.ลาดบัวหลวง	- อ.องครักษ์
จังหวัดราชบุรี	จังหวัดสมุทรสงคราม (ทั้งจังหวัด)	- อ.บางโพธิ์	จังหวัดปราจีนบุรี
- อ.ปากท่อ		- อ.บางปะอิน	- อ.บ้านสร้าง
- อ.วัดเพลง	โซน 4	- อ.วังน้อย	จังหวัดฉะเชิงเทรา
- อ.เมืองราชบุรี	จังหวัดนครปฐม	- อ.เสนา	- อ.บางน้ำเปรี้ยว
		- อ.อุทัย	- อ.บางคล้า
โซน 2	จังหวัดนครปฐม	- อ.ท่าเรือ	- อ.ราชสาส์น
จังหวัดราชบุรี	จังหวัดกรุงเทพมหานคร (ทั้งจังหวัด)	- อ.บางบาล	- อ.คลองเขื่อน
- อ.ดำเนินสะดวก	โซน 5	- อ.เมืองพระนครศรีอยุธยา	- อ.บ้านโป่ง
- อ.บางแพ	จังหวัดกรุงเทพมหานคร		- อ.บางปะกง
- อ.สามพราน	จังหวัดสมุทรปราการ	โซน 7	- อ.เมืองฉะเชิงเทรา
- อ.พุทธมณฑล	(ทั้งจังหวัด)	จังหวัดปทุมธานี	
- อ.นครชัยศรี		(ทั้งจังหวัด)	โซน 8
- อ.ดอนตูม			จังหวัดนครนายก
- อ.บางเลน			- อ.บ้านนา
- อ.เมืองนครปฐม			- อ.ปากพลี
			- อ.เมืองนครนายก
			โซน 10
			จังหวัดชลบุรี
			- อ.พานทอง
			- อ.เมืองชลบุรี

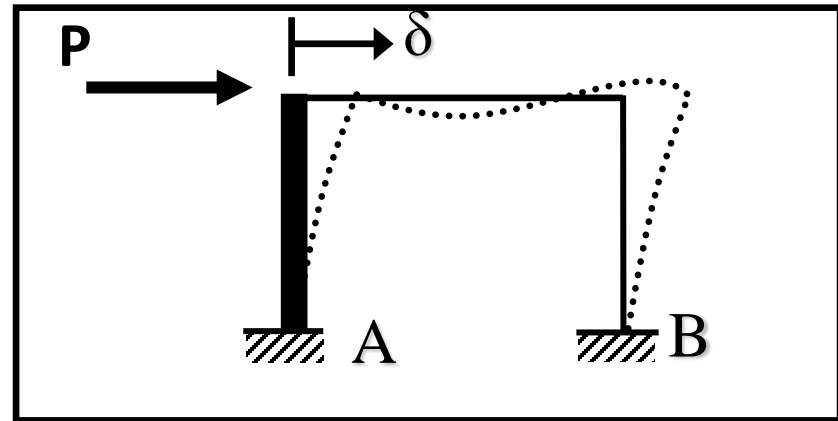
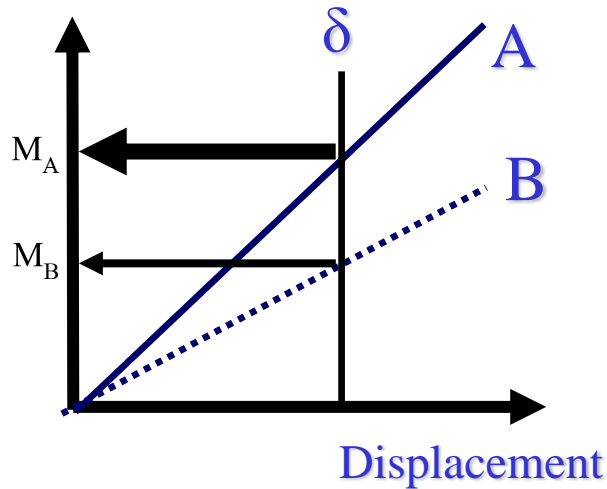


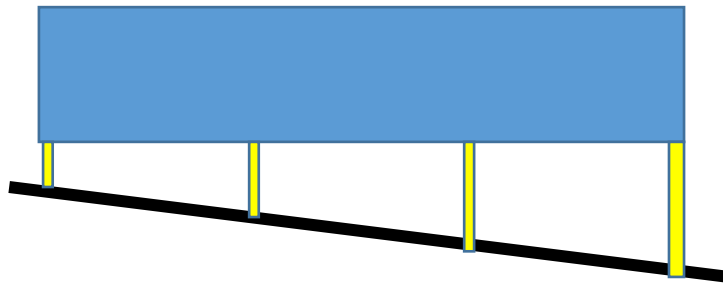
รูปที่ 1.4-6 ความเร่งตอบสนองเชิงสเปกตรัมสำหรับการออกแบบด้วยวิธีแรงสถิตเทียบเท่า สำหรับโซน 1-6 ของพื้นที่ในกรุงเทพ

แนวคิดของระบบการร่วมรับน้ำหนักบรรทุกทุกด้านข้าง

- กระจายน้ำหนักบรรทุกทุกด้านข้าง ตามสตีฟเนส (stiffness) ขององค์อาคาร

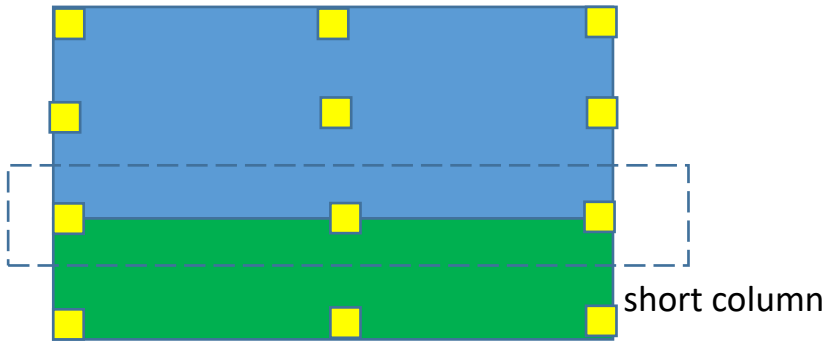
Moment





stiffness = EI/L

อาคารตั้งบนลาดเอียง

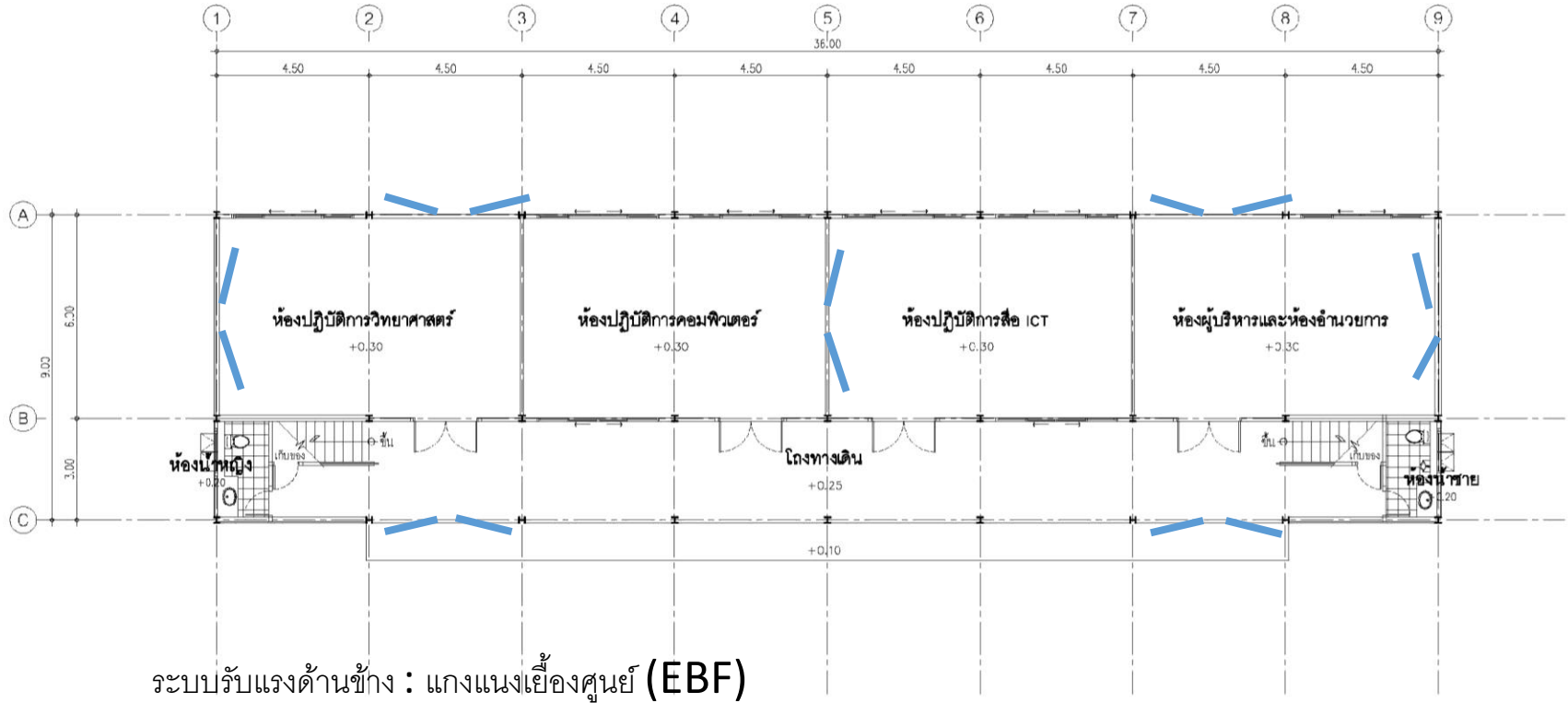


shear failure

ถ่ายภาพโดย : คุณประสงค์ ธาราไชย

การคำนวณออกแบบตามสมรรถนะ

Performance Base Design



โครงการอาคารเรียนพระราชทาน ในพระอุปถัมภ์
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

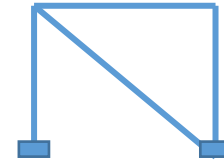
แปลนพื้น ชั้น นล่าง
มาตราส่วน 1 : 125



อาคารเรียน 2 ชั้น
Steel Structures

Eccentric Bracing System

(Prof. E.P. Popov, UC Berkeley)



Braced Frames → **Excellent** *- in wind resisting*

- strength
- stiffness

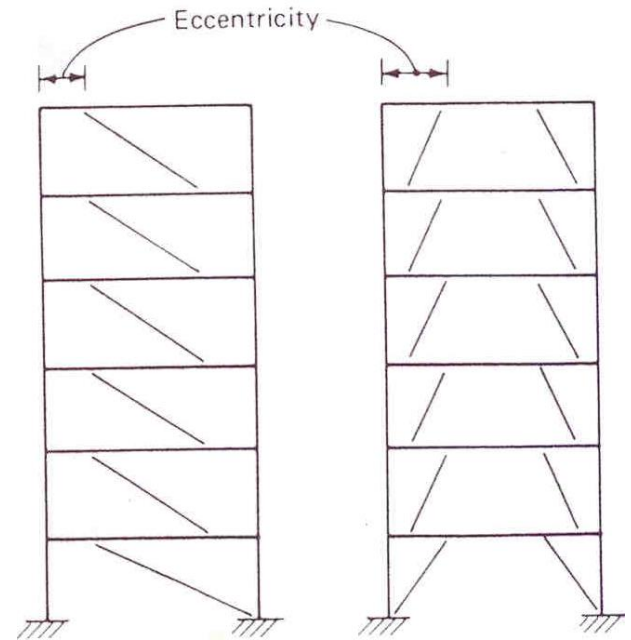
**STIFF and STRONG
Structure**

**Strong Joint
Of Braced Frame**

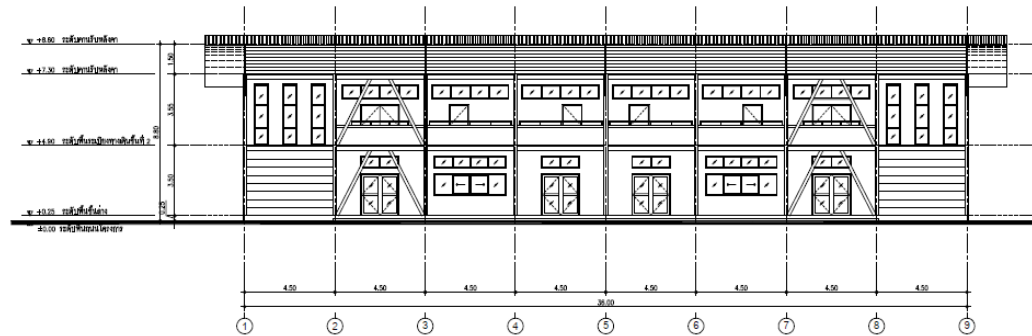
Energy dissipation ???

Eccentric Braced System

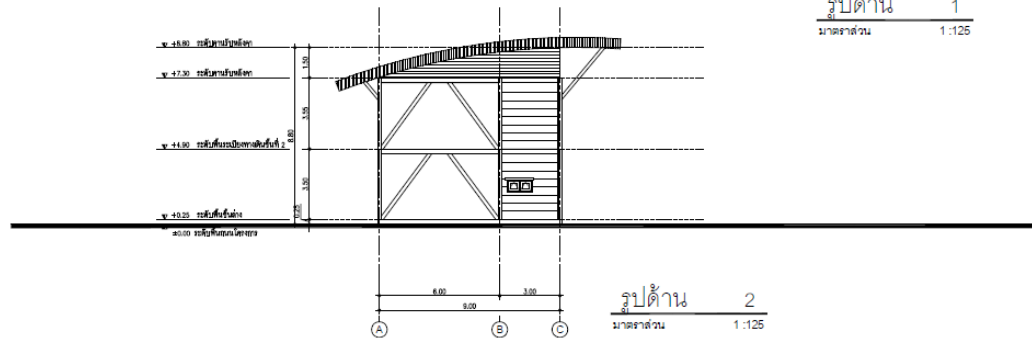
system of



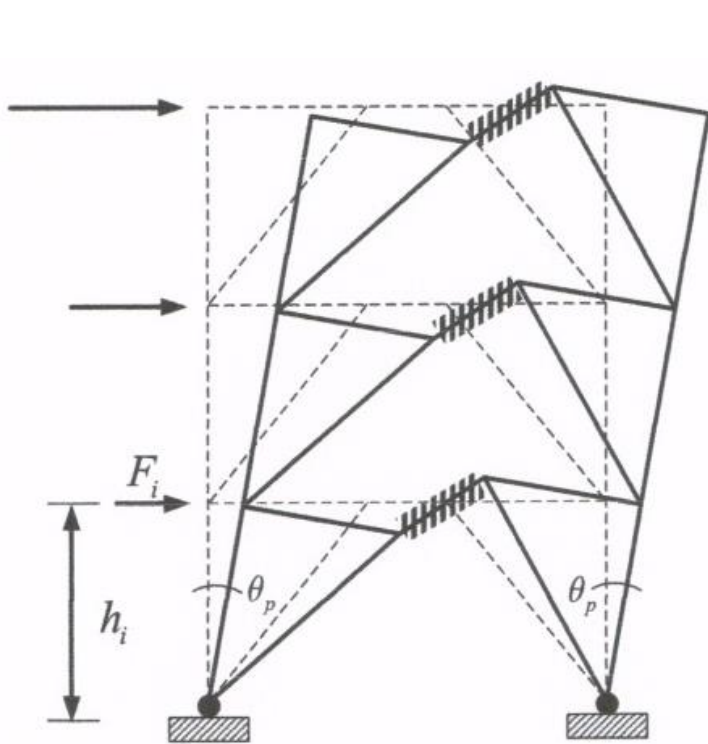
- Combined strength and stiffness of braced frame and energy dissipation characteristic.
- One serve as a FUSE that limits large force from entering and causing buckling of braced frames.
- Easily erection and assembly by eccentric joints.



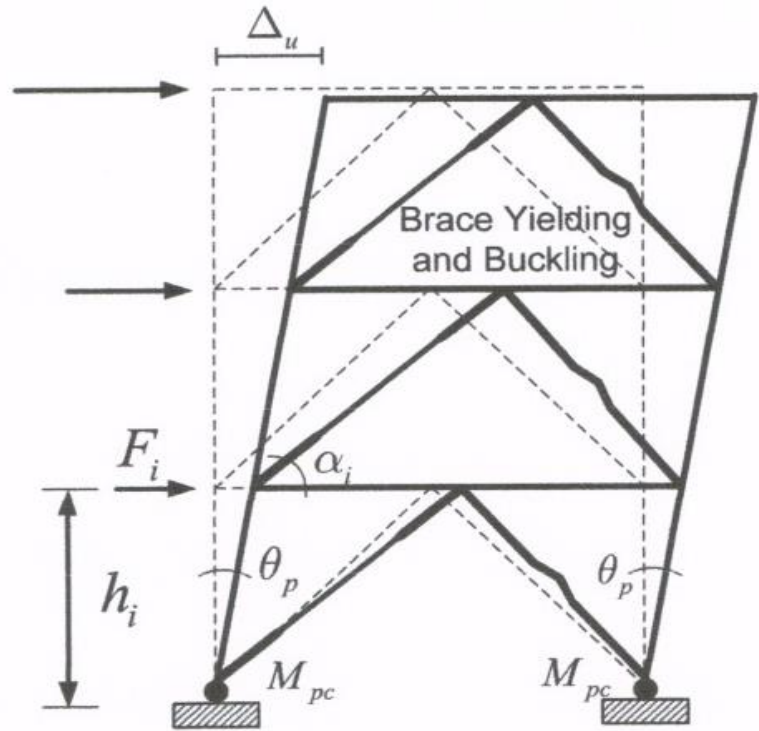
รูปด้าน 1
มาตราส่วน 1:125



รูปด้าน 2
มาตราส่วน 1:125

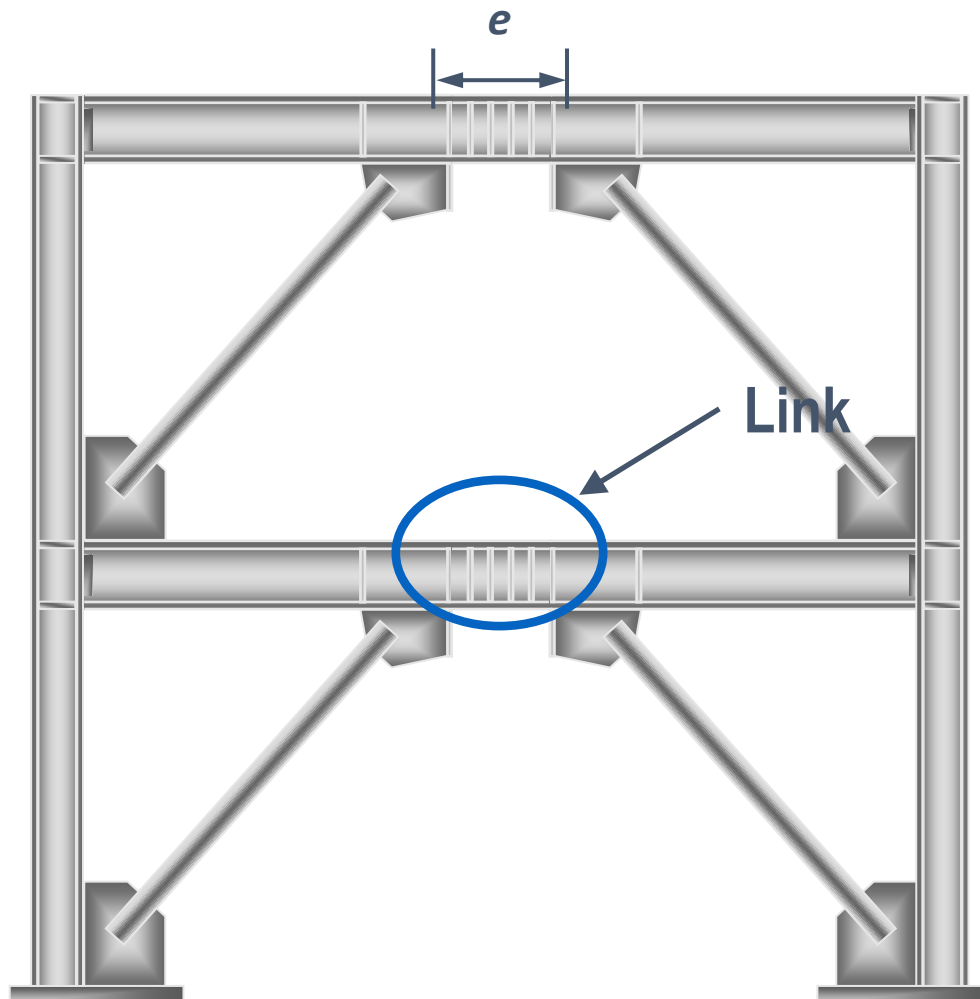
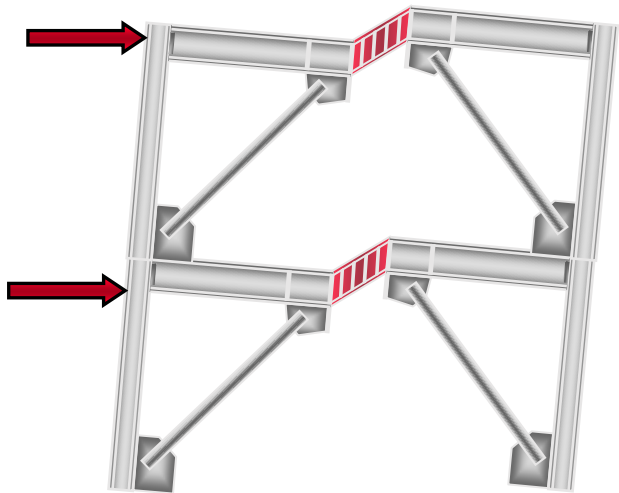


เมื่อ link เกิดคราก โครงสร้างอื่น
ไม่วิบัติ ขนาดของชิ้นส่วนอื่นคือ
ค้ำยันและคานมีขนาดตามที่ออกแบบไว้



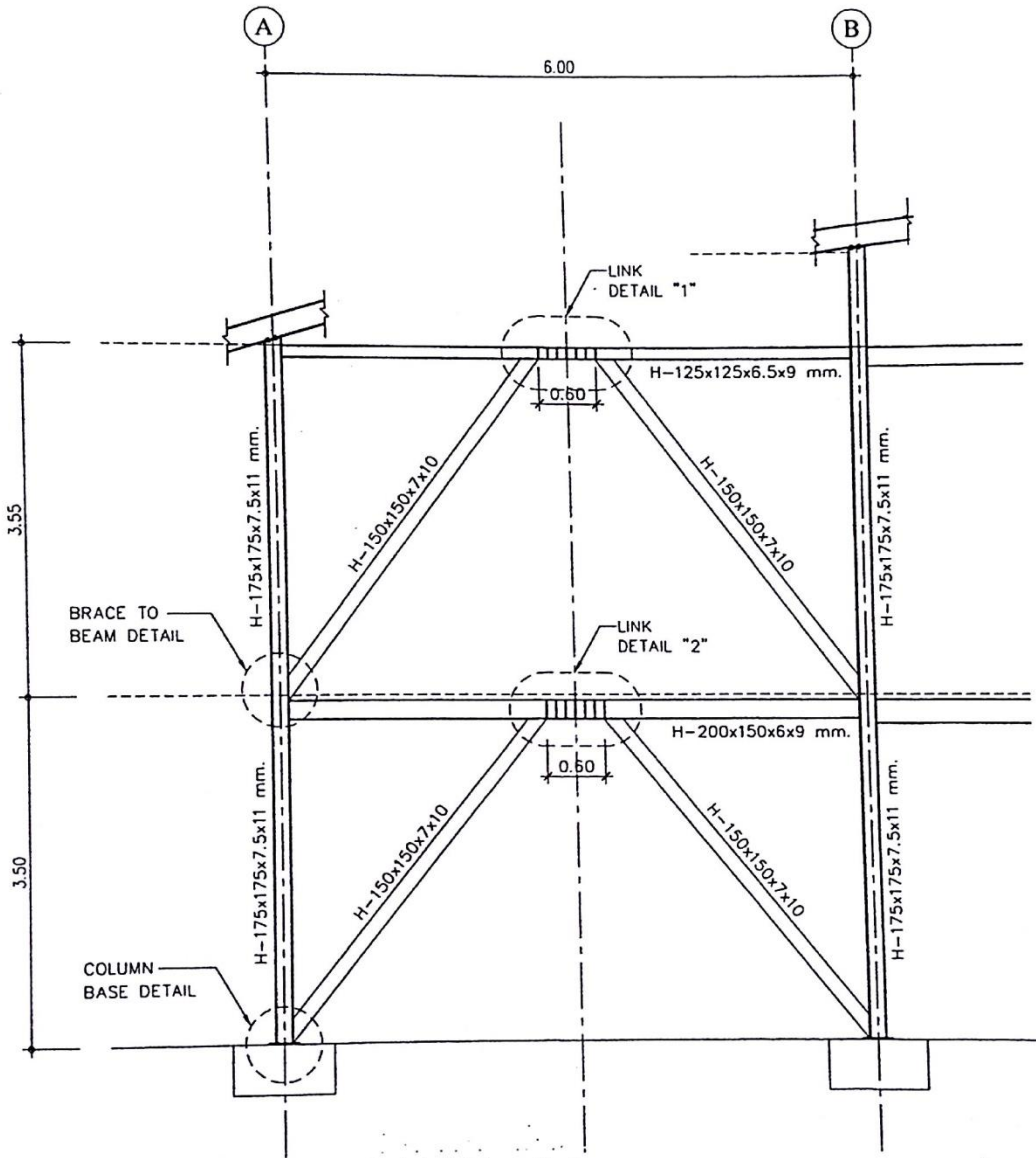
เมื่อรับแรงแผ่นดินไหว ค้ำยันจะแข็งแรง
มาก จนเกิดการโก่งเดาะและคราก

การเปรียบเทียบกลไกการครากขององค์อาคารระหว่าง EBF และ CBF



EBF ที่ออกแบบ

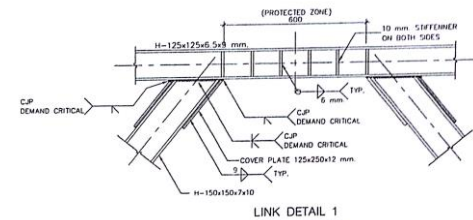
- กำหนด target drift 2%
เพื่อให้เกิดความเสียหาย
กับผนังอาคารน้อยลง
- กำหนด Shear Link
เพื่อให้บริเวณที่คราก
เพื่อสลายพลังงาน
มีปริมาณน้อยที่สุด



FRAMING DETAIL OF "EBF2"

มทพ10724

1:50



LINK DETAIL 1

การพัฒนามาตรฐานการคำนวณแรงลม สำหรับการออกแบบอาคารของประเทศไทย ฉบับใหม่

DEVELOPMENT OF NEW WIND LOADING CODE

FOR BUILDING DESIGN IN THAILAND

วิโรจน์ บุญญภิญโญ, เป็นหนึ่ง วานิชชัย, นคร ภู่วโรดม

นเรศ ลิ้มสัมพันธ์เจริญ, สุกิตย์ เทพมังกร, ปณิธาน ลักคุณะประสิทธิ์

สมชาย ชูชีพสกุล, สุทัศน์ ลีลาทวิวัฒน์

Proposed Equation :

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

= equivalent static pressure

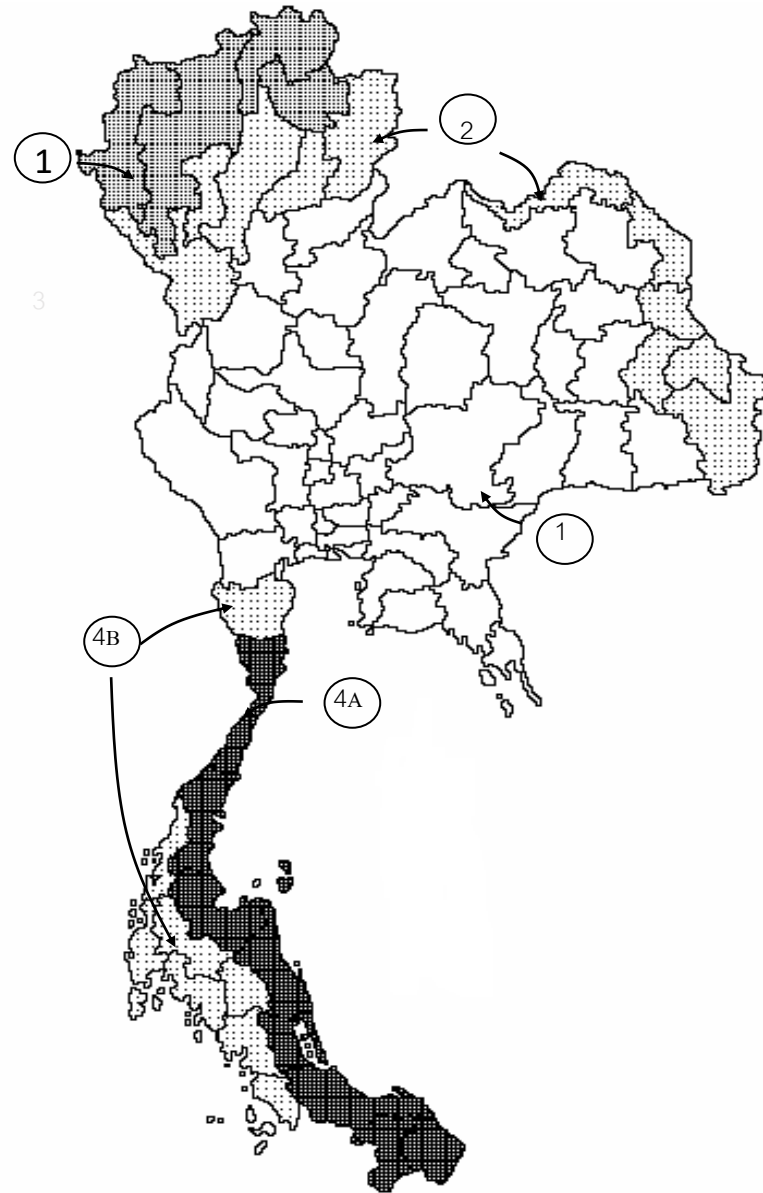


มยพ.1311-50 มาตรฐานการคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร

$$q = \frac{1}{2} \rho \bar{V}^2$$

$$\bar{V} = V_{50}$$

$$\bar{V} = F_T \cdot V_{50}$$



$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ค่าประกอบเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ (C_e)

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ก. สภาพภูมิประเทศแบบ A เป็นสภาพภูมิประเทศแบบโล่งซึ่งมีอาคาร ต้นไม้ หรือสิ่งปลูกสร้างกระจัดกระจายอยู่ห่าง ๆ กัน หรือเป็นบริเวณชายฝั่งทะเล

$$C_e = \left(\frac{Z}{10} \right)^{0.2}$$

ข. สภาพภูมิประเทศแบบ B เป็นสภาพภูมิประเทศแบบชานเมือง หรือพื้นที่ที่มี ต้นไม้ใหญ่หนาแน่น หรือบริเวณศูนย์กลางเมืองขนาดเล็ก

$$C_e = 0.7 \left(\frac{Z}{12} \right)^{0.3}$$

ค. สภาพภูมิประเทศแบบ C เป็นสภาพภูมิประเทศของบริเวณศูนย์กลางเมืองใหญ่ มีอาคาร สูงอยู่หนาแน่น โดยที่อาคารไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ต้องมีความสูงเกิน 4 ชั้น (คิดละเอียด)

$$\text{ค่าประกอบเนื่องจากการกระโชกลม (C_g)}$$
$$p = I_w q C_e C_g C_p$$

ค่าประกอบเนื่องจากผลการกระโชกของลม

คือ อัตราส่วนระหว่างผลของแรงลมสูงสุดต่อผลของแรงลมเฉลี่ย

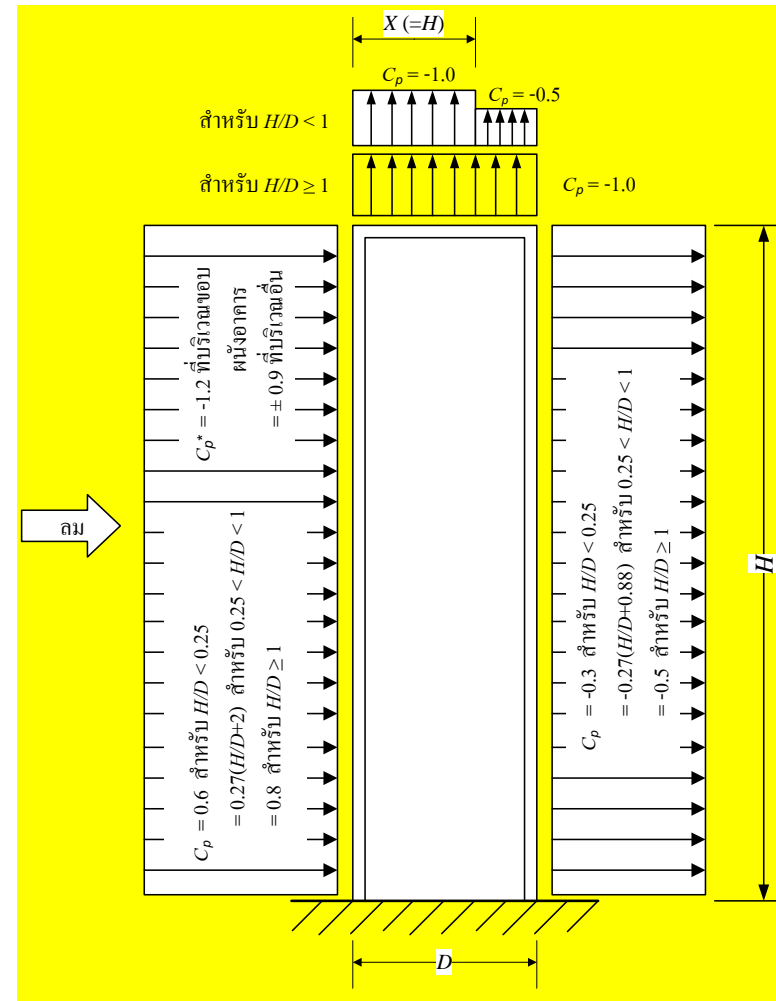
ตัวอย่างวิธีการอย่างง่าย

สำหรับหน่วยแรงลมสถิตเทียบเท่าที่กระทำกับพื้นผิวภายนอกอาคาร ให้ใช้ค่า C_g เท่ากับ 2.0 ในการออกแบบโครงสร้างหลักต้านแรงลม ยกเว้นป้ายและกำแพงให้ใช้เท่ากับ 2.35

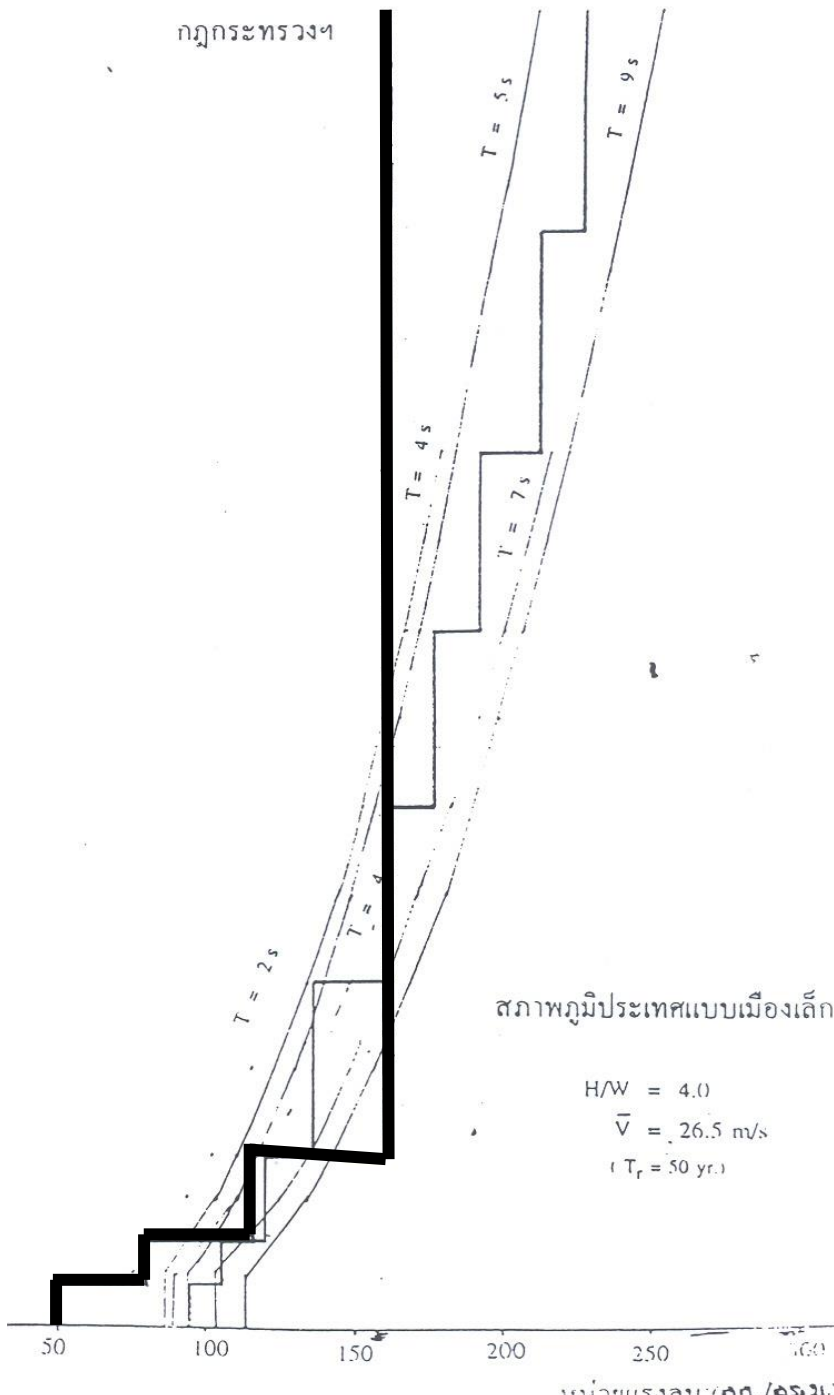
ค่าประสิทธิภาพของหน่วยแรงลม (C_p)

- รูปทรงของอาคาร
- ทิศทางการลม
- ลักษณะการแปรเปลี่ยน
ของความเร็วลมตาม
ความสูงอาคาร

$$p = I_w q C_e C_g C_p$$



กฎกระทรวงฯ



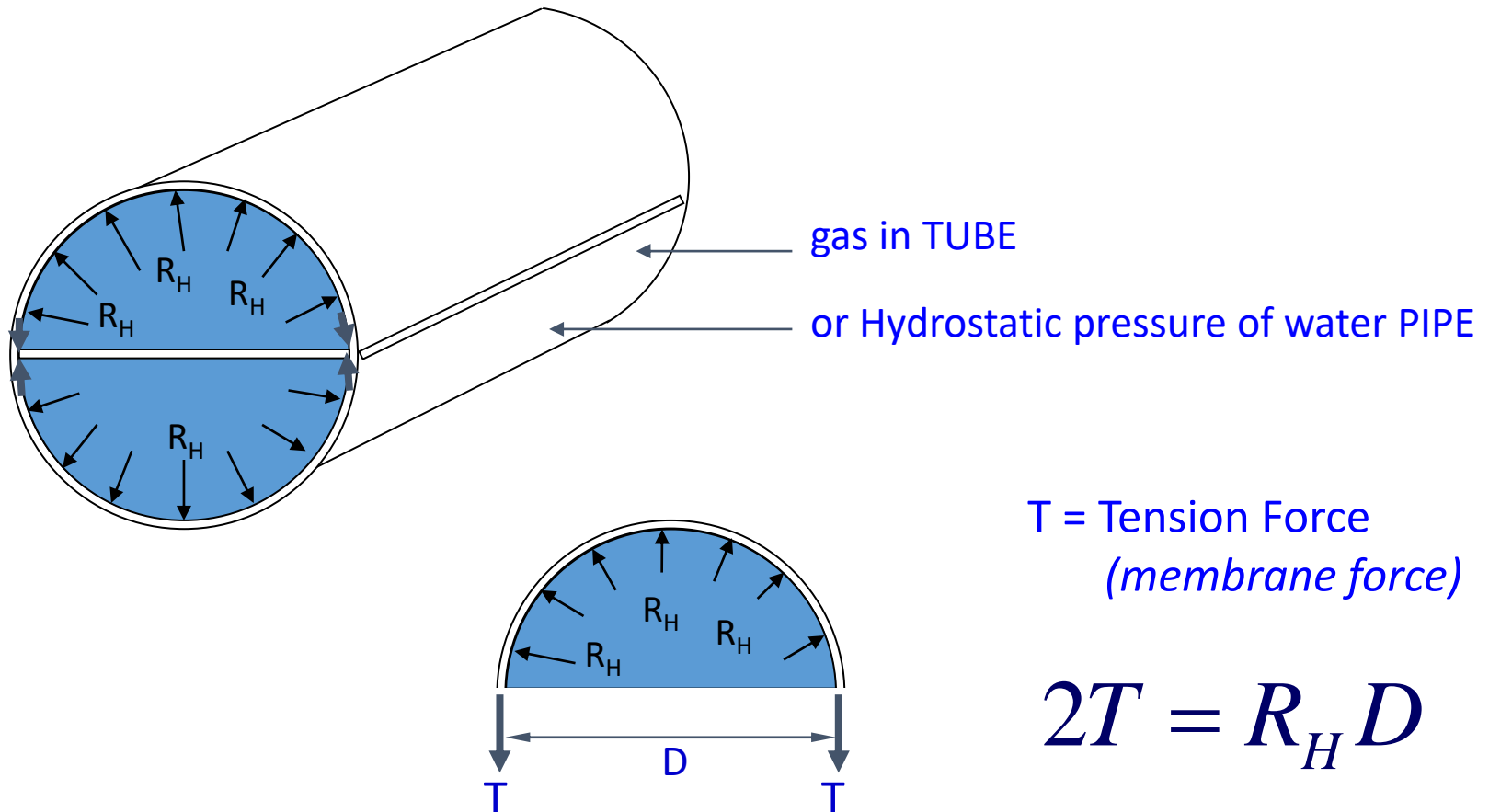
Comparison Wind Pressure Existing and New ACT on Building Regulation

CURVED STRUCTURES

Concept

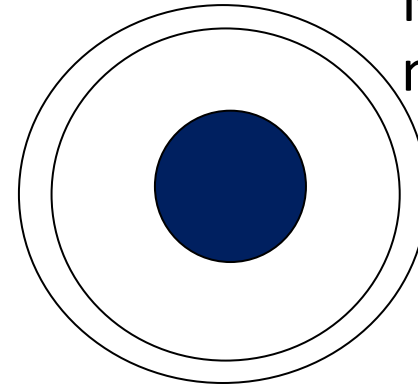
Problem of Curved Structures is encountered with the *concept of Hoop Stress* which is concerned with the *membrane force* that exerted in (along) the section of structures.

(NOT IN FLEXURE !!!!!!!)





Crack on Waste-water Treatment Plant Wall



Modular ratio
method

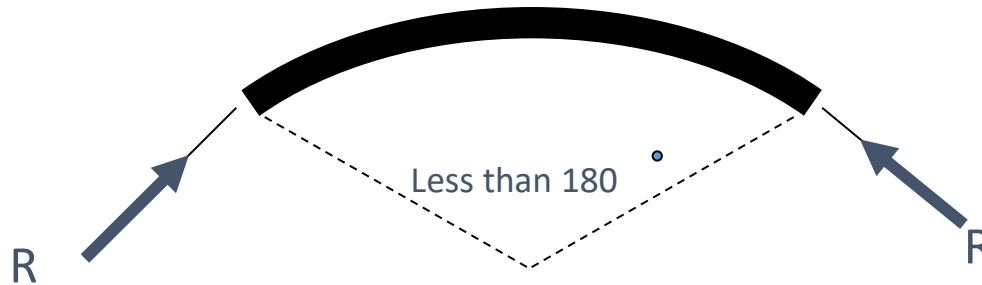


Calculation Check : tank wall

1. Concrete strength 280 ksc, thickness was kept constant.
2. Reinforcing steel bars : SD 40
3. Calculate tensile force in wall via hoop stress.
4. Only reinforcing bars are used to resist tensile force.
5. No consideration on drying-shrinkage.

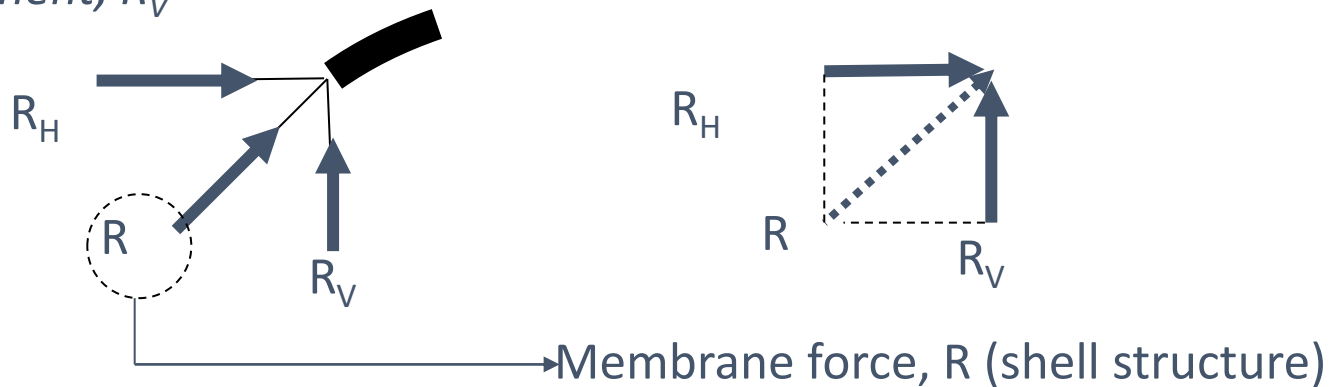
DOME

(LESS THAN HEMISPHERICAL DOME)



For the geometry of dome less than 180 degree, hence :

Membrane force, R , that exerted along the section of dome, shall be deforced to two components i.e. *horizontal component, R_H and vertical component, R_V*



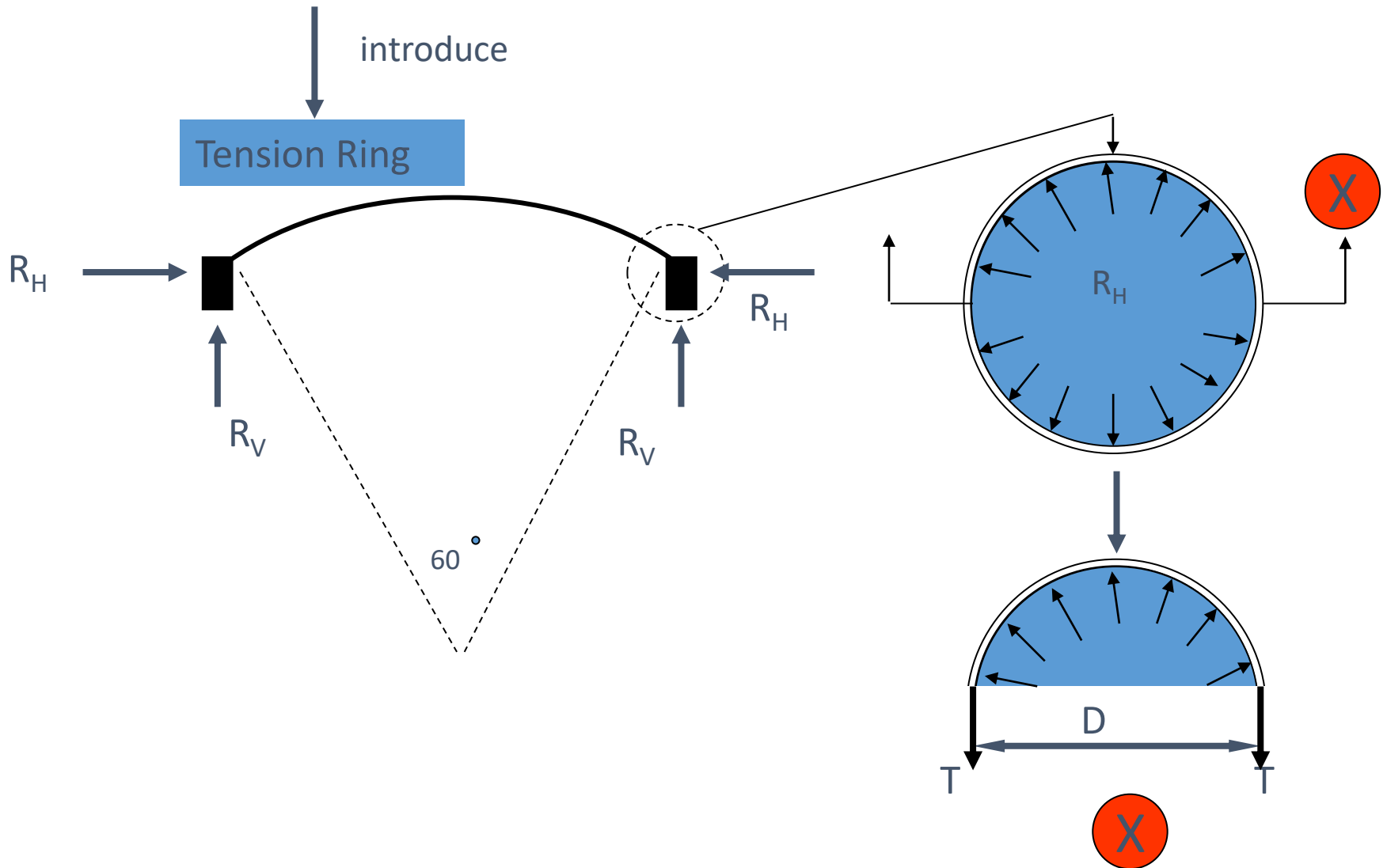
The problem then concerns with ??

How to attach with those two components : assigning Supports ???

SUPPORTS OF SHALLOW DOME STRUCTURES

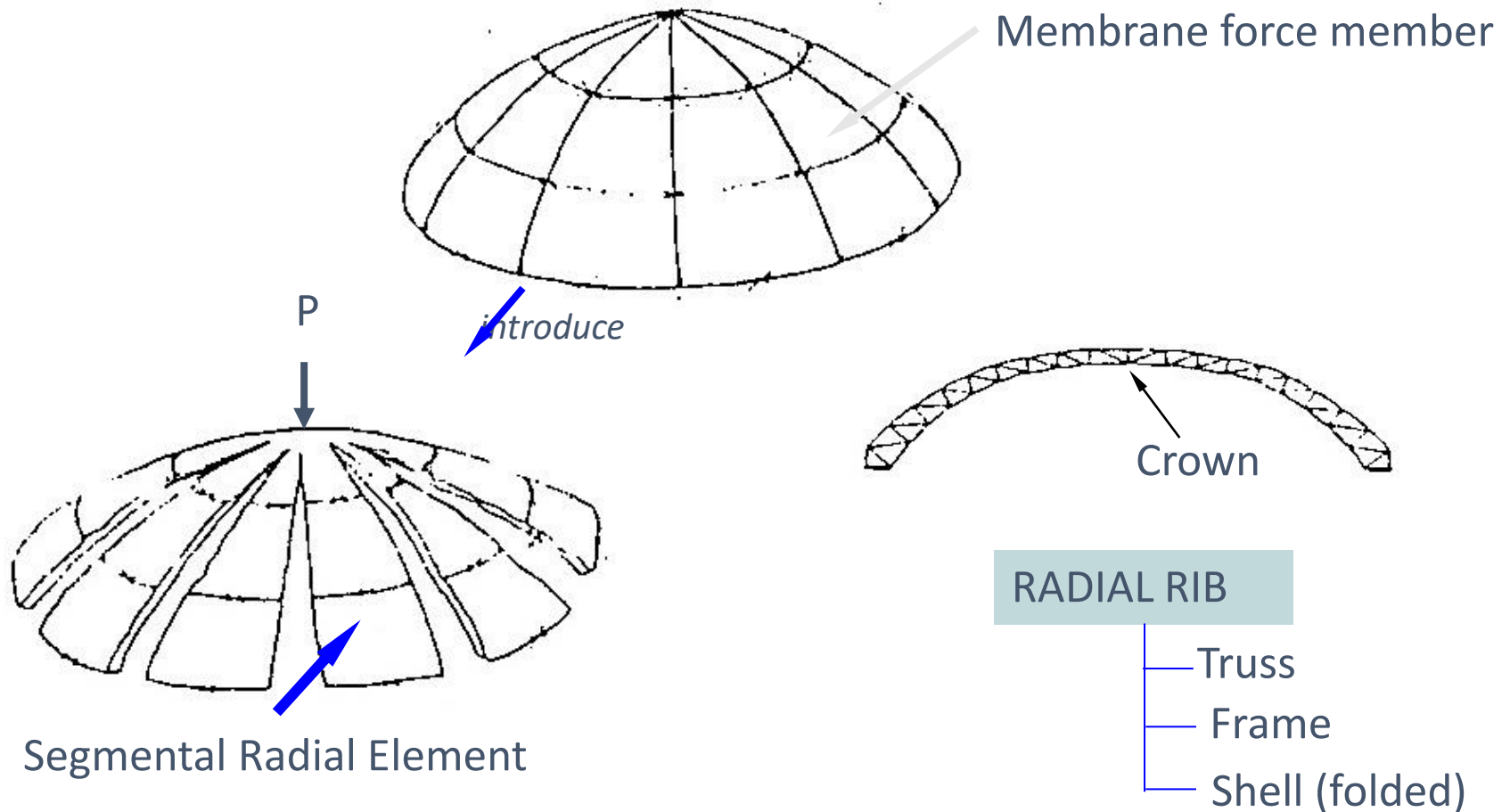
➤ Vertical Component ----- Columns / Walls

➤ Horizontal Component ----- ?????



COMPRESSION RING

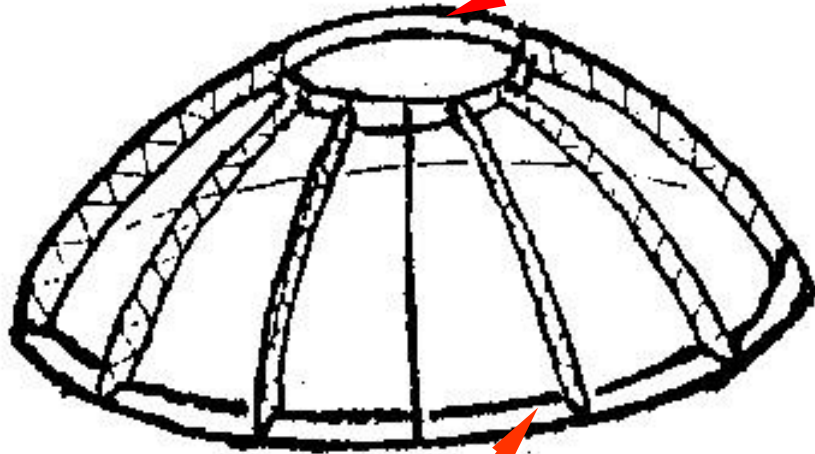
in construction of membrane force members, the complicate technique have been faced



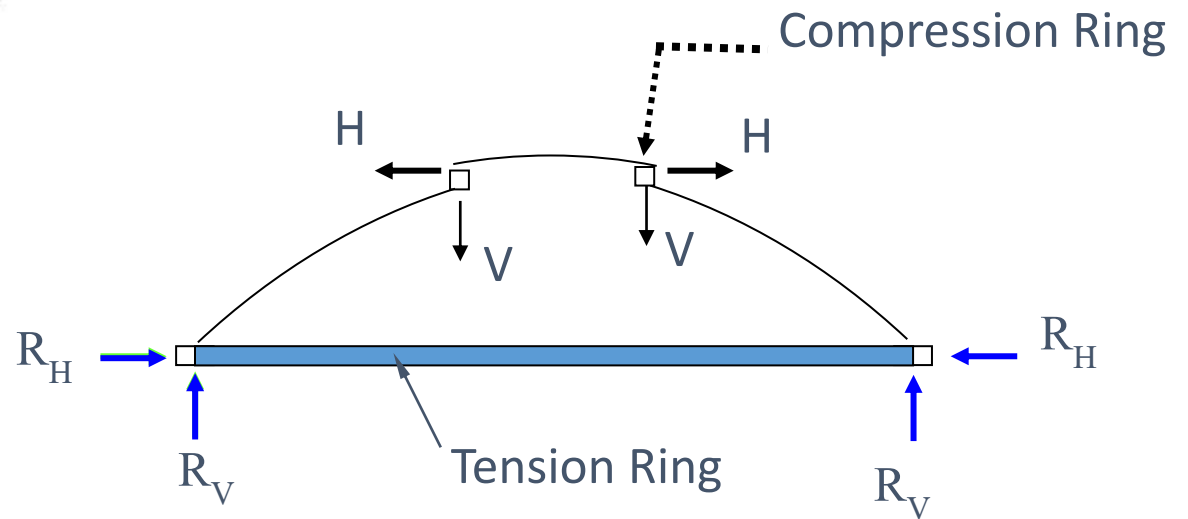
As it can be seen, there are very much congest for the upper portions of flexural elements at the crown of roof.

INTRODUCE COMPRESSION RING

Compression Ring



Tension Ring



Compression Ring

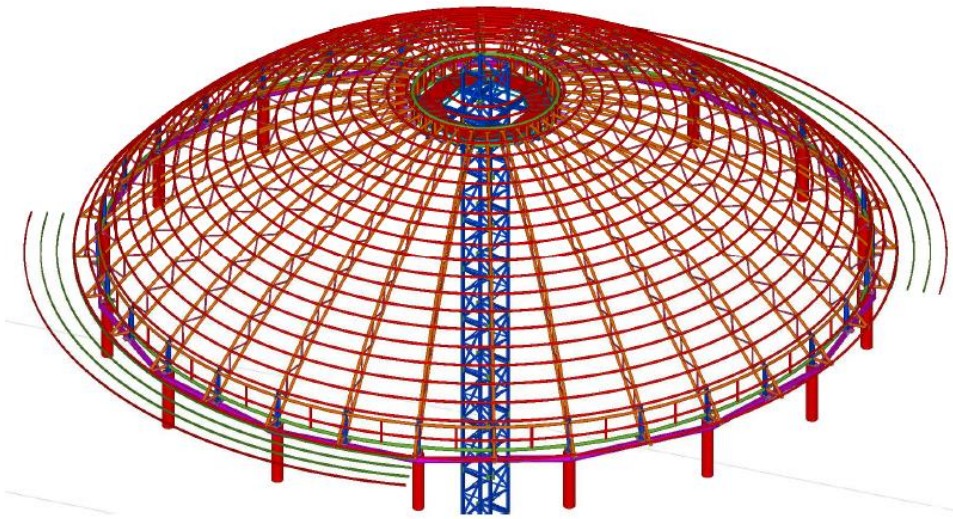
Tension Ring

โดมที่โรงเรียน โยธินบูรณะ

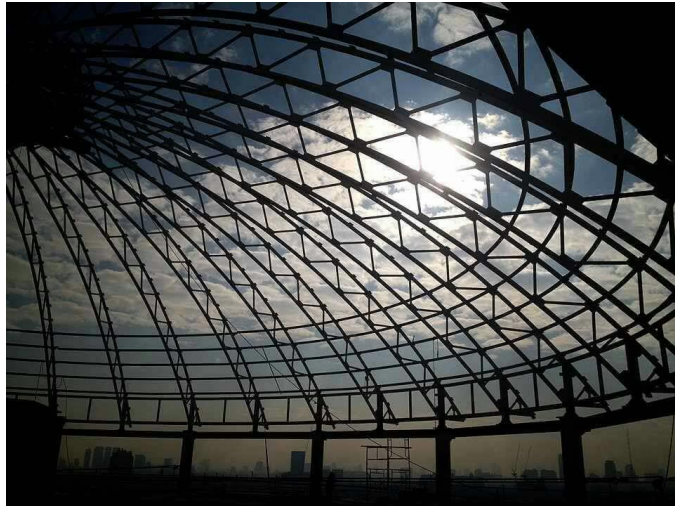


Dome
Diameter 40 m.
Depth 10.20 m.

Credit : NL Development PCL.
(Chai Sangsawai)

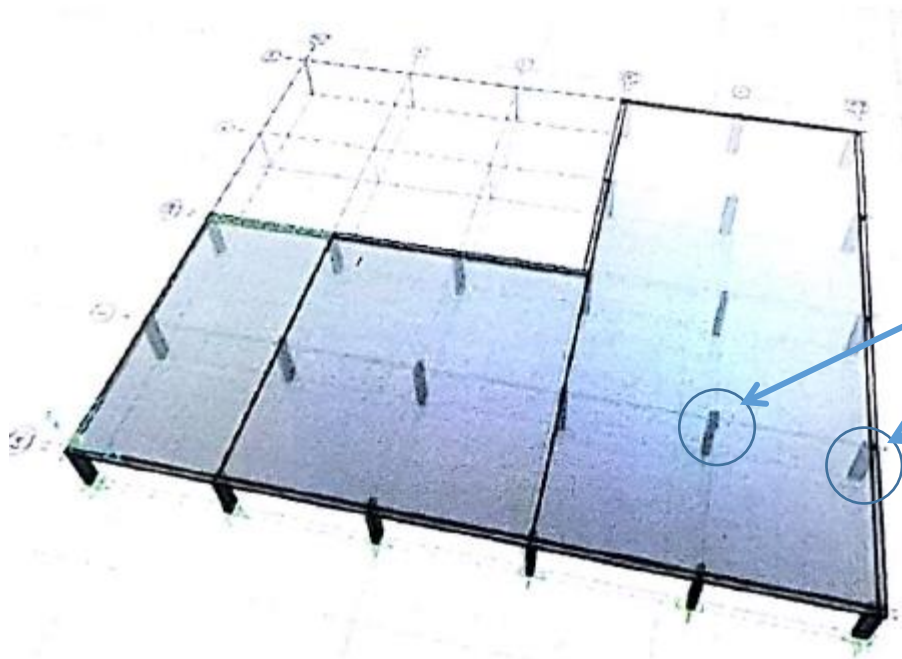


Construction of Bracing Dome
Central false work for
Compression Ring



Erection of Purlins
and Metal Sheet Roofing





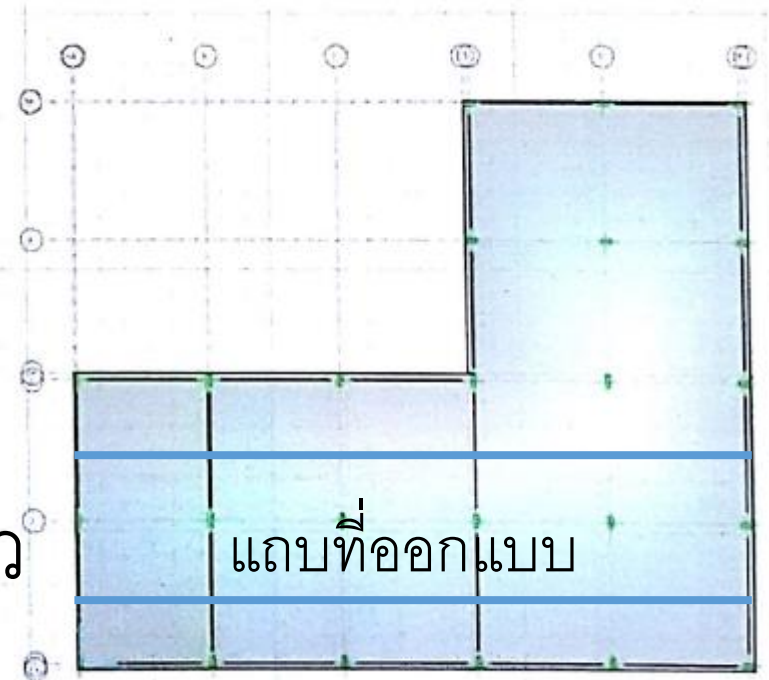
เสาวางตั้ง



เสาวางขวาง

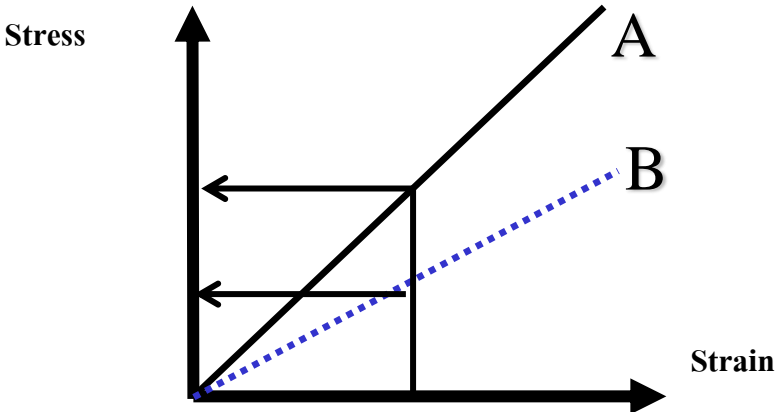
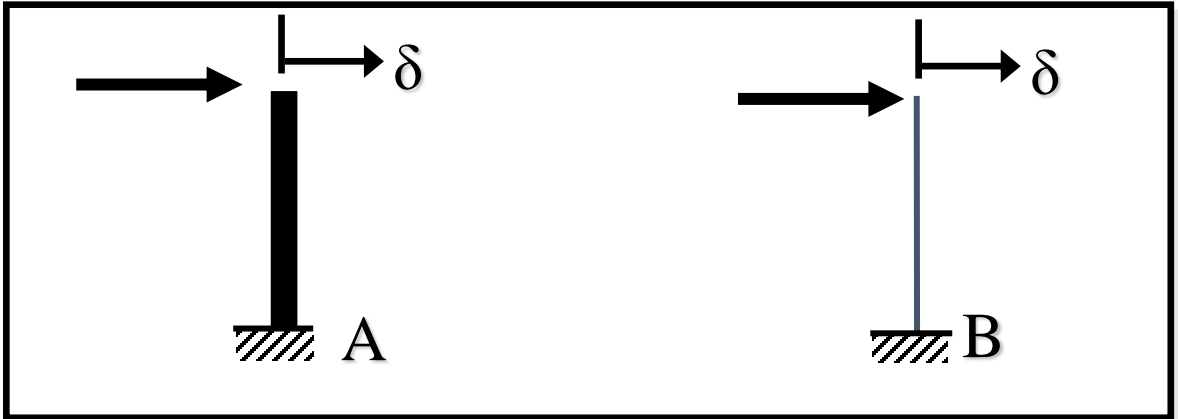


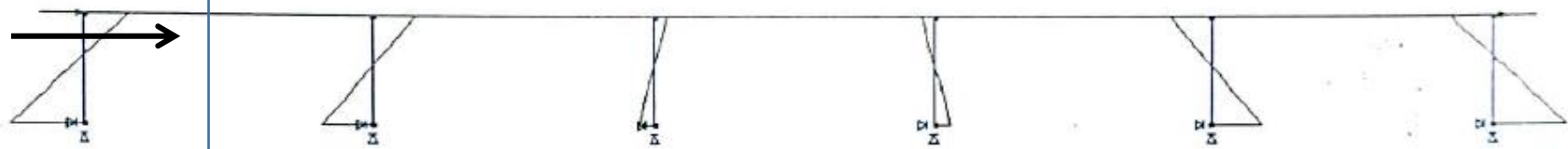
แผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรง
แบบตั้งภายหลัง-เสาสั้นเสายาว



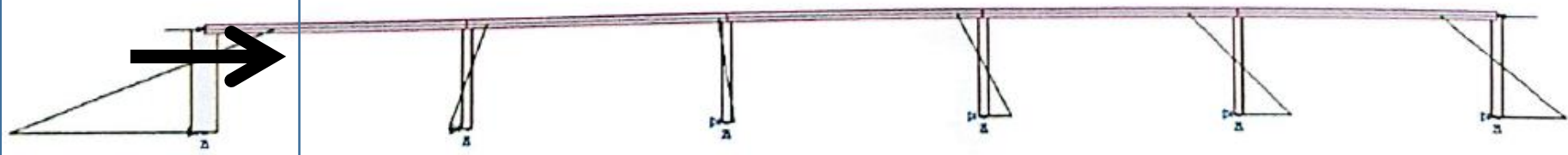
แถบที่ออกแบบ

แนวคิดของระบบการรับน้ำหนักบรรทุกทุกด้านข้าง





แรงเฉือนที่เสาที่เกิดจากการอัดแรง กรณีเสาวางในทิศทางเดียวกัน



แรงเฉือนที่เสาที่เกิดจากการอัดแรง กรณีเสาเข็มนอกวางขวาง

ผลจากความแตกต่างของความแข็งเกร็ง (stiffness) ของเสาเข็มนอก



1607 kg-m

1159 kg-m

597 kg-m

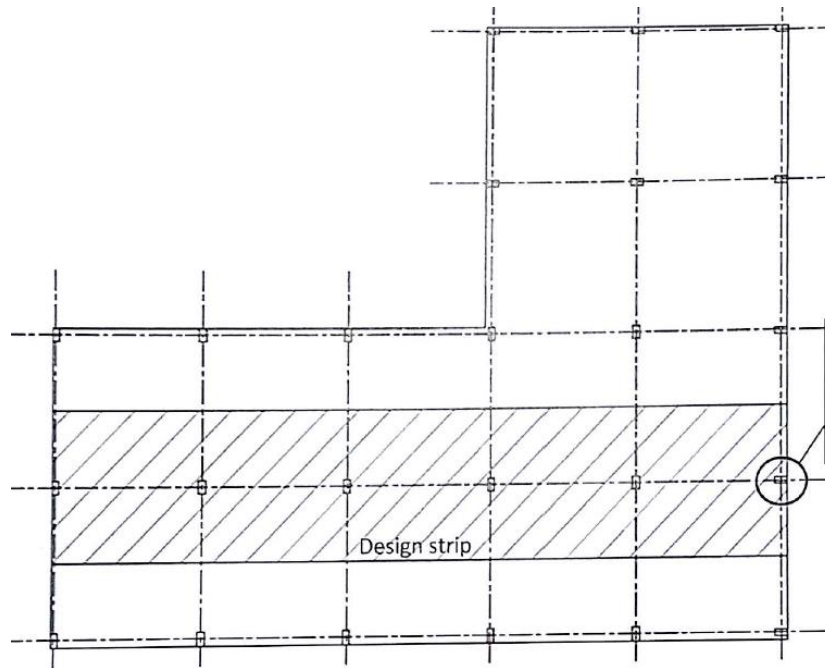
79 kg-m

515 kg-m

(1038 kg-m)

3269 kg-m

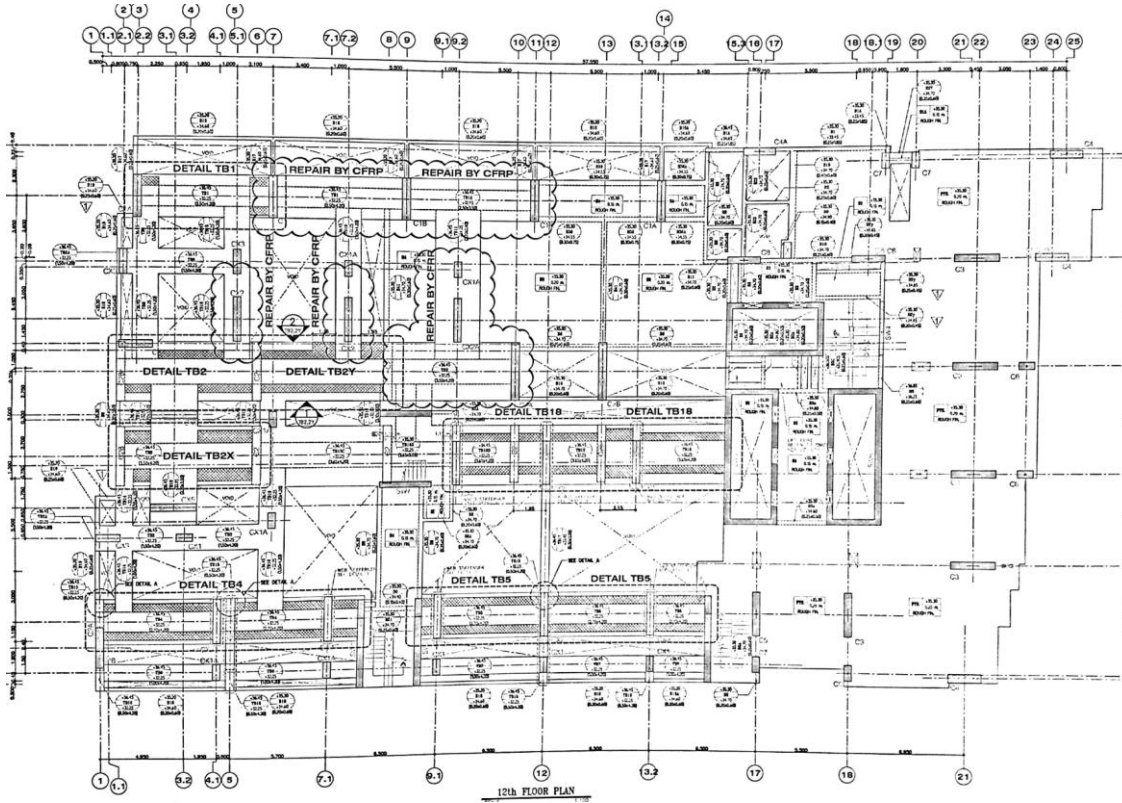
(3856 kg-m)



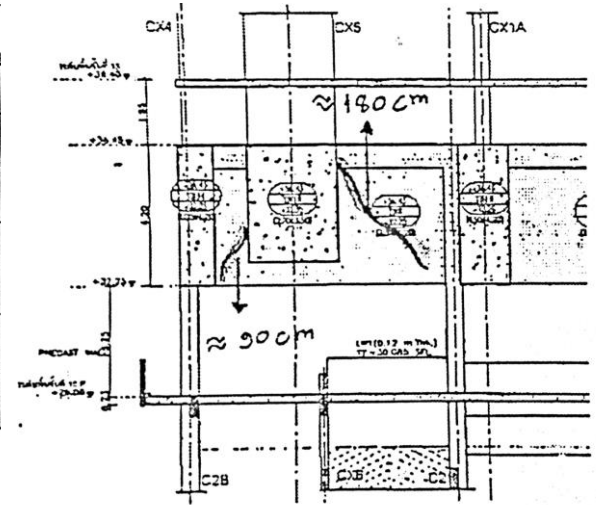
เส้นที่เหลื่อมกัน
หมุนแกนแข็งต่างจาก
เสากภายใน

Design strip

ตรวจสอบกับ
Cracking Moment

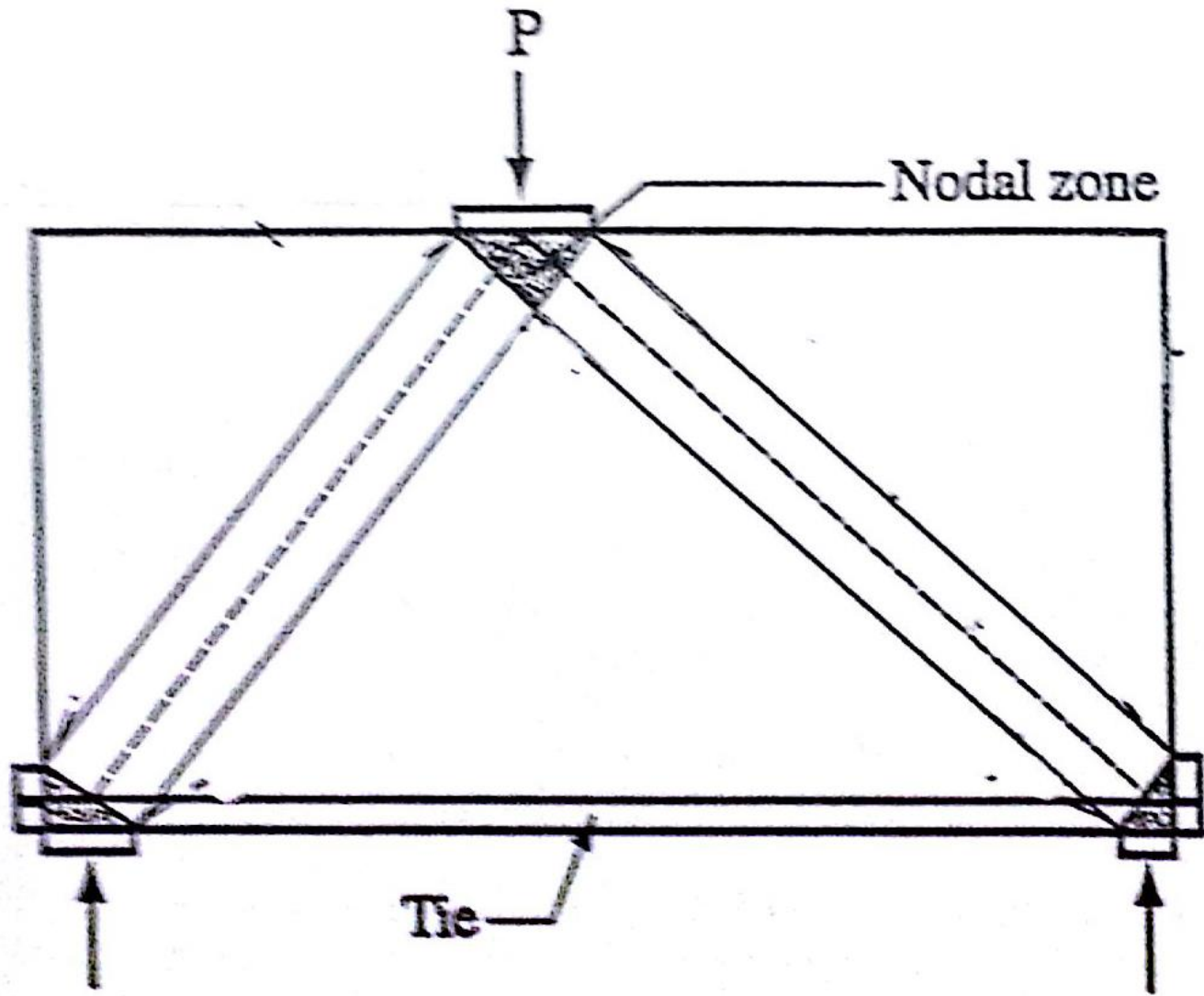


ตำแหน่งของคานถ่ายผ่านน้ำหนักรรทุกลงเสา

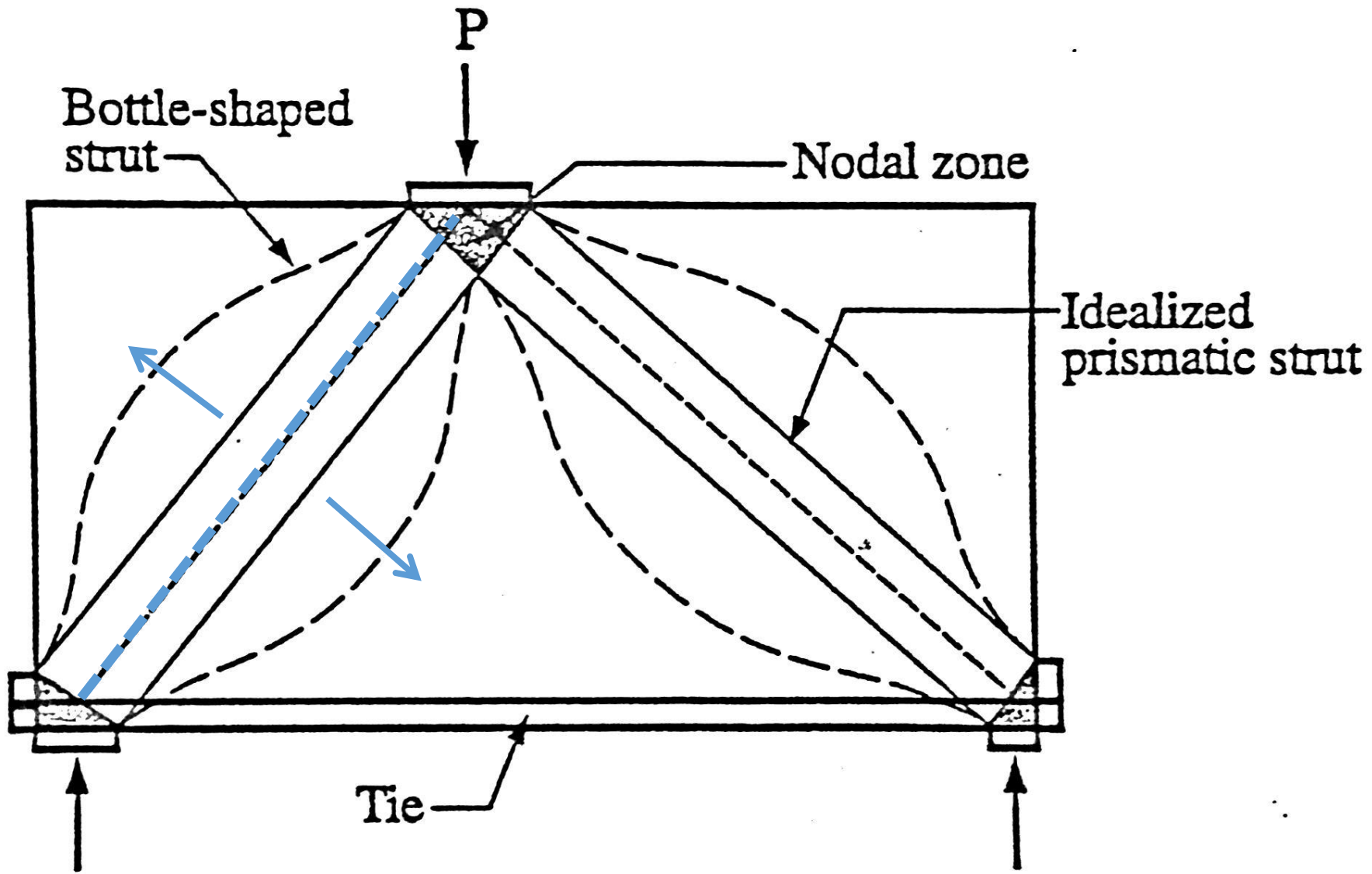


รอยแตกที่ปรากฏในคาน

การแก้ไขคานเล็กที่ถ่ายผ่านน้ำหนักรรทุกลงเสา



แนวคิดของแบบจำลอง ค้ำยันและตัวยึด (Strut and Tie Model)

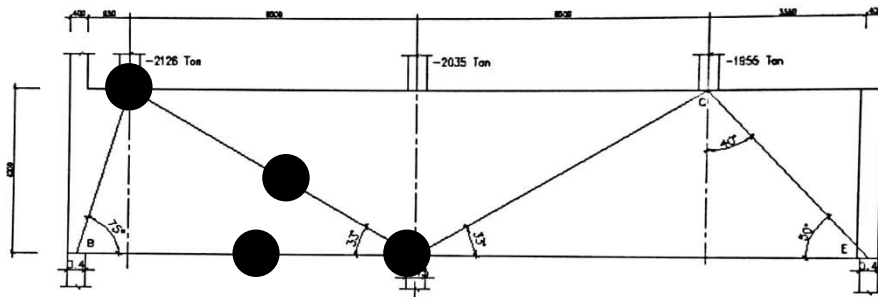


การเสวยรูปของค้ำยันเมื่อรับแรงอัดที่ถ่ายผ่านน้ำหน้กบรทุกลงเสา

TB5

B 200 cm
H 420 cm

f_c 400 ksc
f_y 5000 ksc



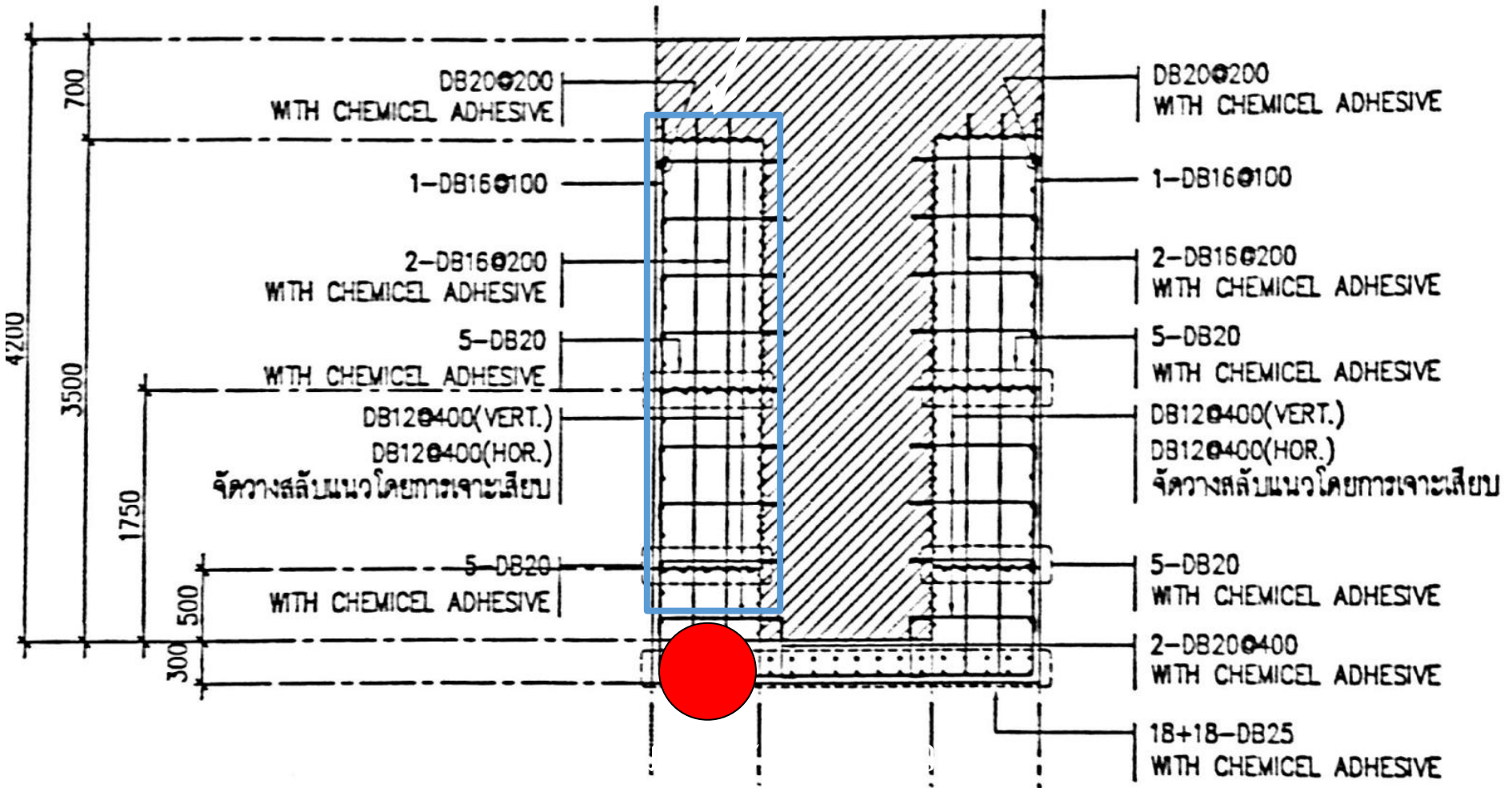
P ₁	2126 tons
P ₂	2035 tons
P ₃	1955 tons
R ₁	1944 tons
R ₂	2521 tons
R ₃	1336 tons
$\phi V_{n,max}$	3220 tons

แรงภายในโครงข้อหมุน

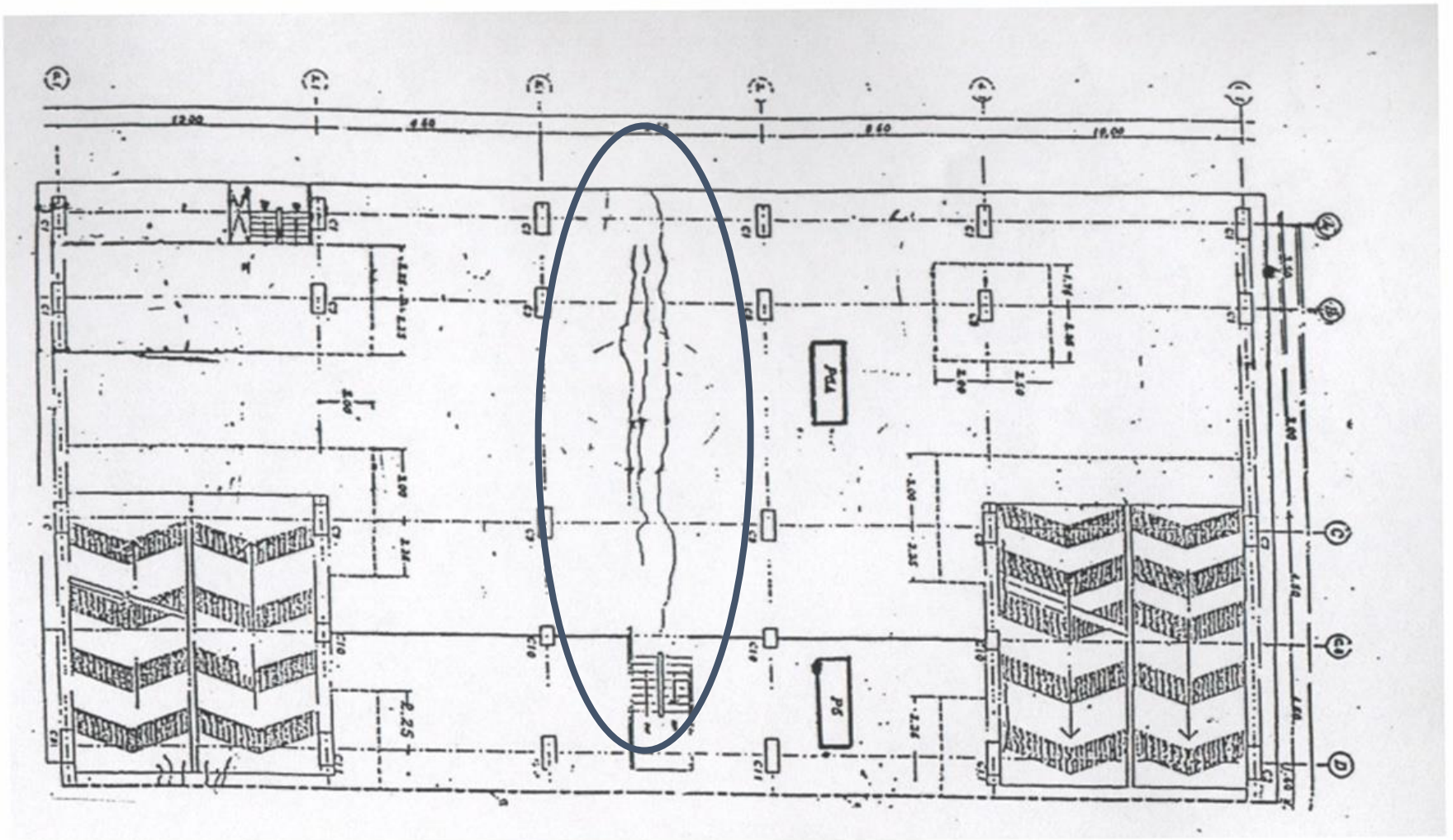
F _{AB}	-2013 tons
F _{AC}	-42 tons
F _{CD}	-1178 tons
F _{DE}	541 tons
F _{BD}	141 tons

เกณฑ์การคำนวณออกแบบ

1. ขนาดและกำลังอัดของค้ำยัน ที่รับถ่ายจากน้ำหนักบรรทุกทุกลงเสา
2. ขนาดและกำลังดึงของตัวยึด ที่สมดุลกับแรงอัดในค้ำยันที่คำนวณ
3. ขนาดและกำลังของโครงสร้างที่จุดต่อต่าง ๆ



การออกแบบเสริมกำลังคานถ่านผ่านน้ำหนักรรทุกลงเสา

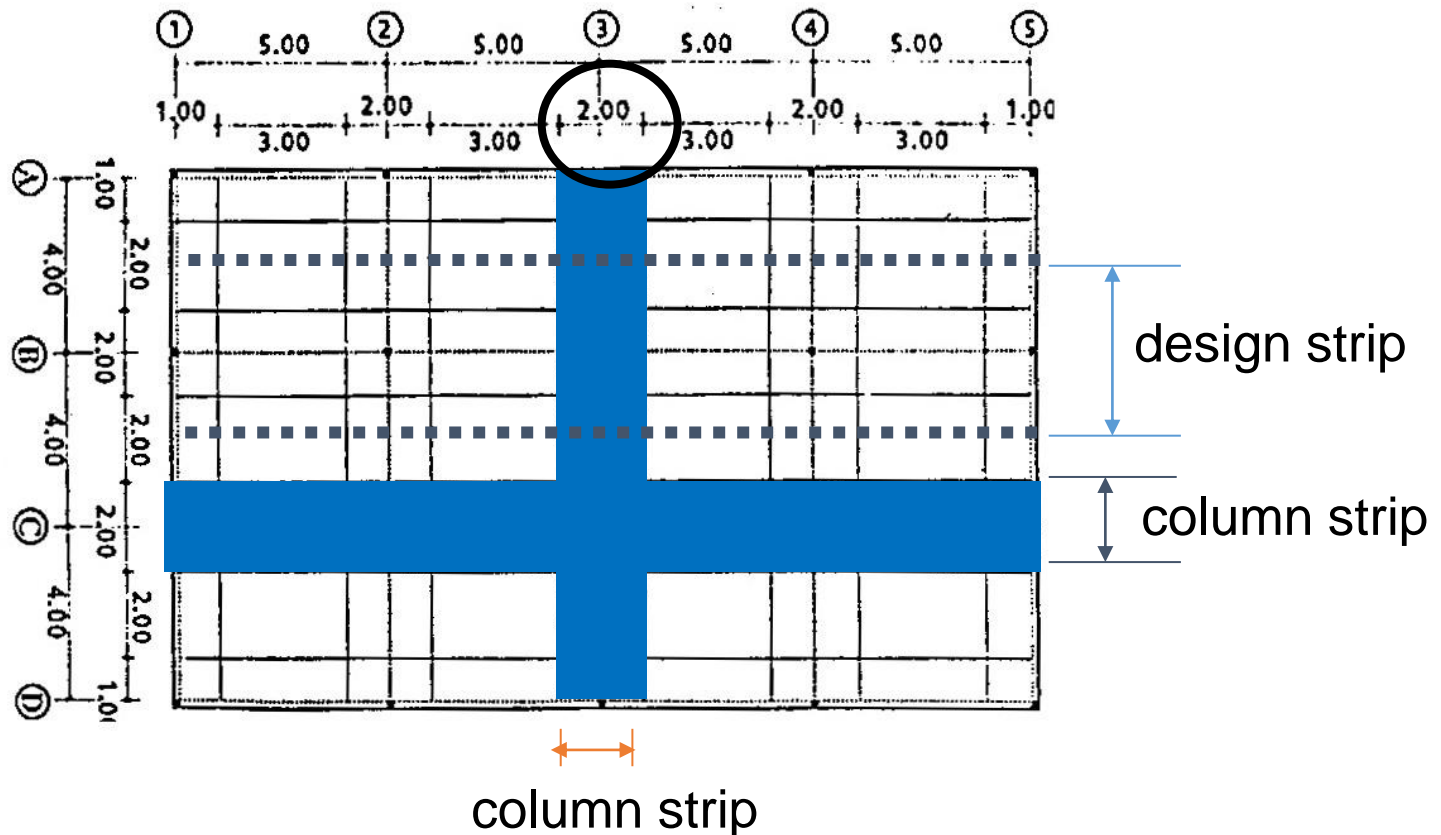


แผ่นพื้นที่มีโมเมนต์กระจายกลับ

NEW DEFINITION OF STRIPS

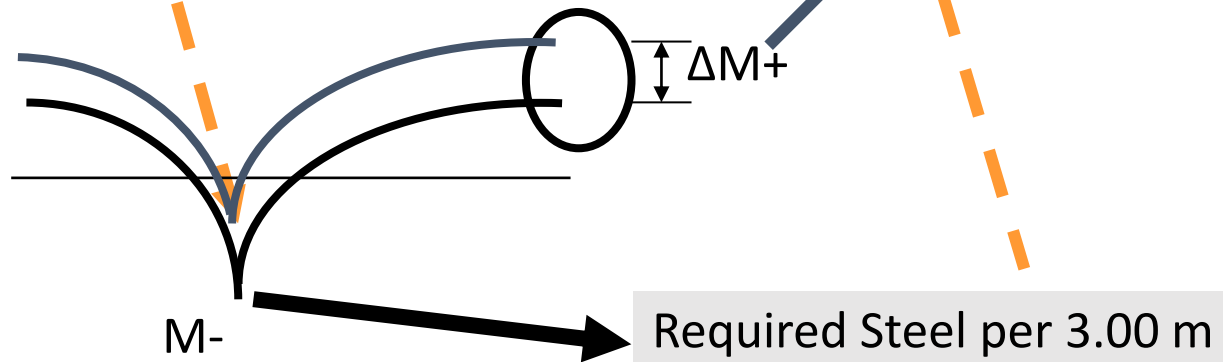
In order to make the slab stronger the new definition of strip assignment is drawn as follow :

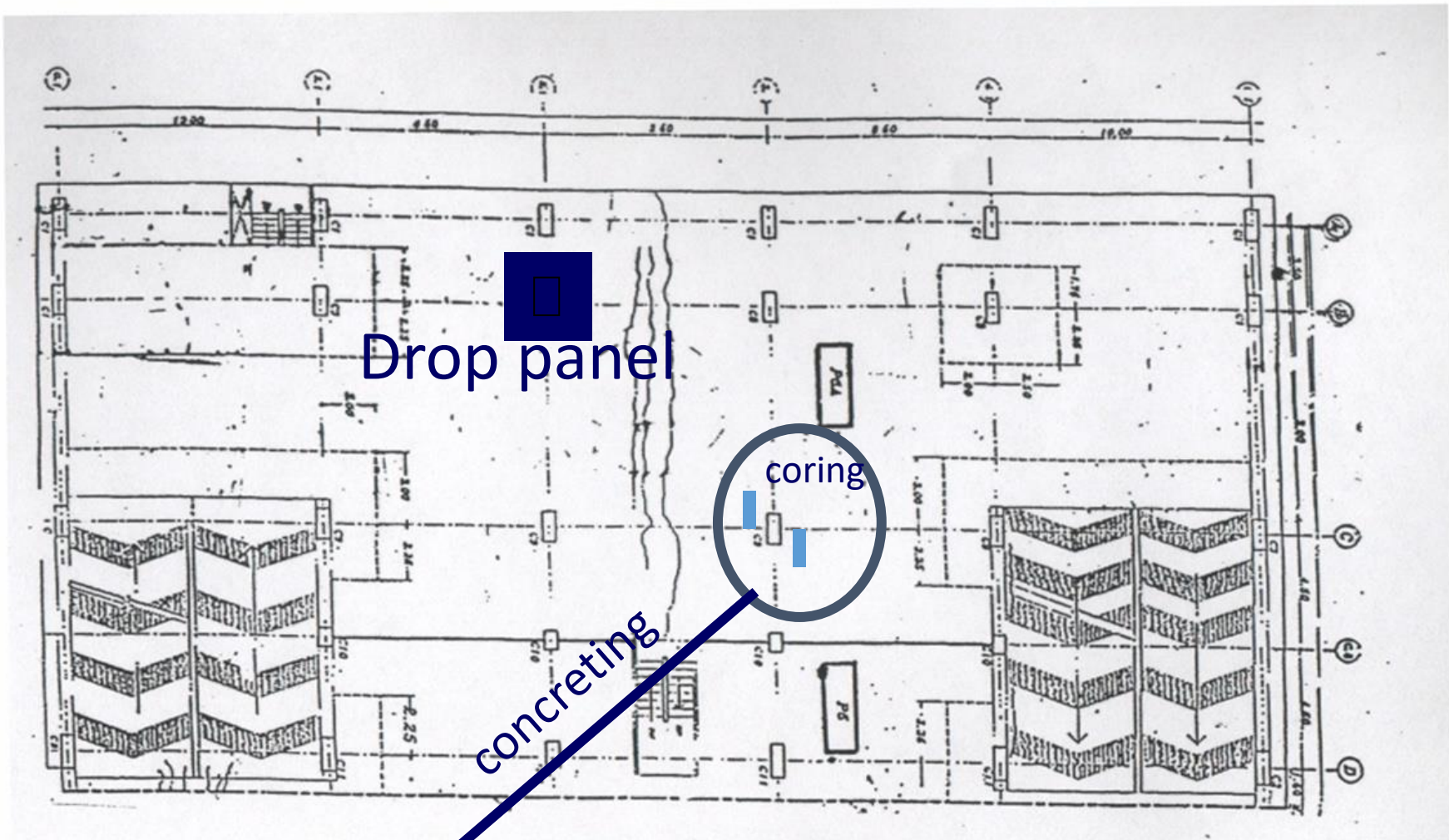
1. Column Strip is a design strip with a width on each side of a column centerline equal to $0.25l_2$ or $0.25l_1$, whichever is less. Column strip includes beams, if any.
2. Middle Strip is a design strip bounded by two columns strips.



ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบโมเมนต์ดัดและปริมาณเหล็กเสริมของแถบที่พิจารณา

แถบ	แถบเสาที่กำหนดไว้ 4.00ม.		แถบเสาที่ควรมีความกว้าง 3.00 ม.			
	เหล็กเสริมที่หัวเสา (cm ² /m/3m)	เหล็กเสริมที่กลางช่วง (cm ² /m/3m)	โมเมนต์ดัดที่หัวเสา (kg-m/m)	โมเมนต์ดัดที่กลางช่วง (kg-m/m)	เหล็กเสริมที่หัวเสา (cm ² /m)	เหล็กเสริมที่กลางช่วง (cm ² /m)
แถบเสา	$A_s = 11.05$ (12 DB 25 per 4 m)	$A_s = 7.06$ (12 DB 20 per 4 m)	13414	6360	$A_s = 16.3$	$A_s = 7.51$
แถบกลาง	$A_s = 6.42$	$A_s = 6.97$	4121	3909	$A_s = 4.75$	$A_s = 4.49$





Drop panel

coring

concreting

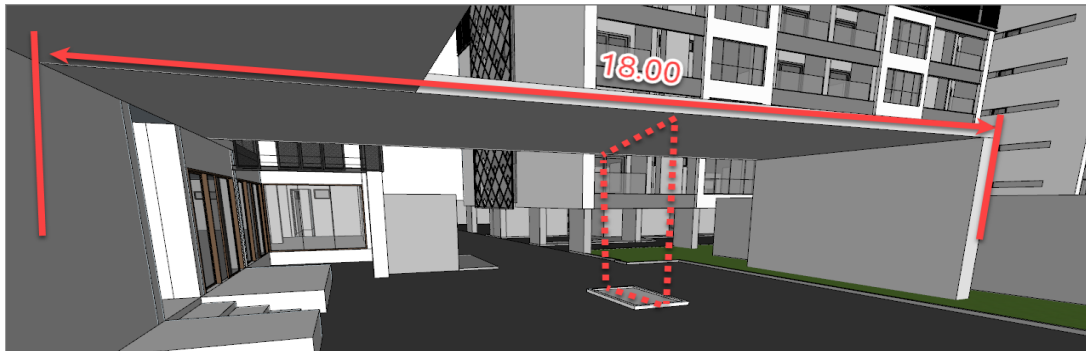


RC. Strengthening

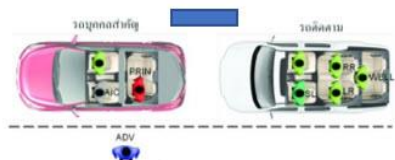


ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

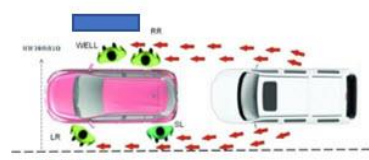
อาคาร C แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสาตรงกลางออก



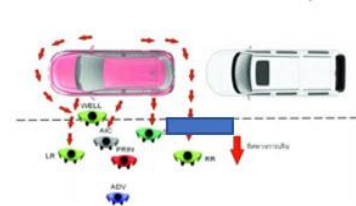
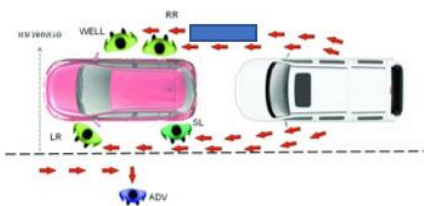
VVIP และ VIP



รูปแสดงตำแหน่งการรักษาคความปลอดภัยบุคคลสำคัญกรณีเจ้าหน้าที่ระวังถึง (WELL AGENT)



รูปแสดงตำแหน่งการลงจากรถและเคลื่อนที่รักษาคความปลอดภัยบุคคลสำคัญ



รายงานของ คุณวิโรจน์ ลิขนะเอียร

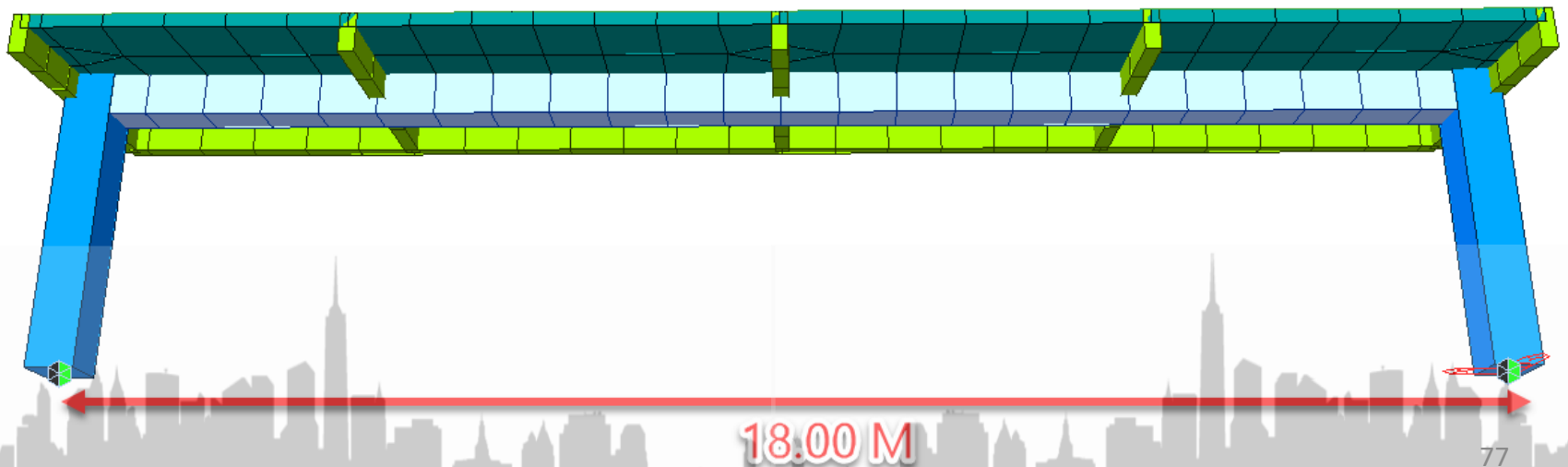


ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

การจำลองโครงสร้างด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนการดำเนินการแก้ไข

- จำลองแบบโครงสร้างในการคำนวณส่วนต่างๆโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ อาศัยหลักการ FEM และ rigid frame structure เพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมการถ่ายแรง และการกระจายตัวของน้ำหนักบรรทุกของโครงสร้างอาคาร

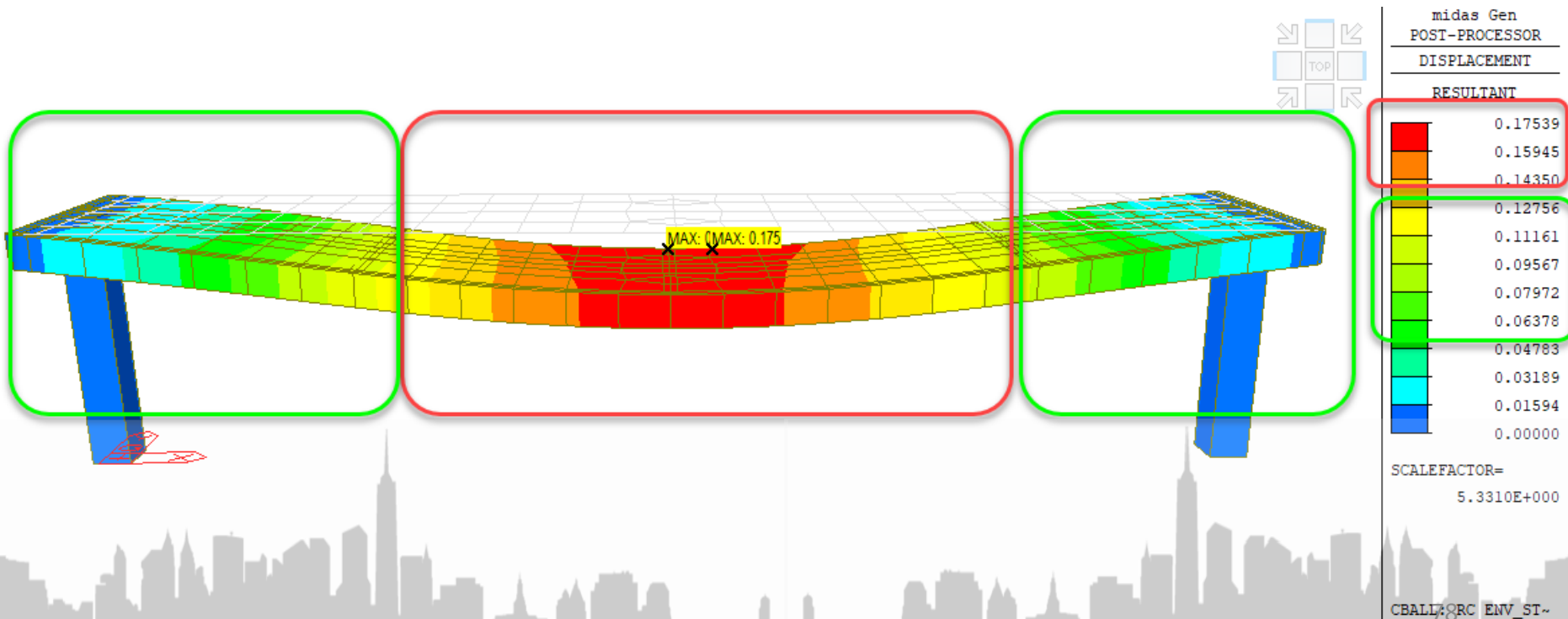




ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

อาคาร C แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสาตรงกลางออก

เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ พบปัญหาการโก่งตัวที่ไม่น่าพึงพอใจภายหลังการวิเคราะห์โครงสร้างมีค่ามากถึง 175 มม. $> L/360 = 50$ มม. “NO-OK” ที่มากกว่าขีดจำกัดการแอ่นตัว วสท.1008-38 (ข้อจำกัดของ RC. คือ Serviceability)





ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

การแก้ไขโครงสร้างคานช่วงยาวมาก ๑๘ ม. พิจารณาการใช้คอนกรีตอัดแรงร่วมกับคอนกรีตเสริมเหล็ก

ได้เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียแต่ละวิธีแล้ว จึงได้เสนอทางเลือก Post-Tension Beam

เป็นวิธีการก่อสร้างที่สามารถทำได้โดยมีทรัพยากร อาคาร A และ B ที่ยังคงมีการใช้ลวดอัดแรงอยู่ระหว่างก่อสร้าง และ เป็นการทำงานที่ไม่ขัดต่อรูปแบบที่ทางผู้ออกแบบได้กำหนดไว้ นับว่าเป็นแนวทางที่ประหยัด และ ปลอดภัยที่สุดเข้ามาช่วยในการแก้ปัญหา



การแก้ปัญหาการเพิ่มน้ำหนักบรรทุกให้กับสะพานโดยใช้ External Post-Tension Beam

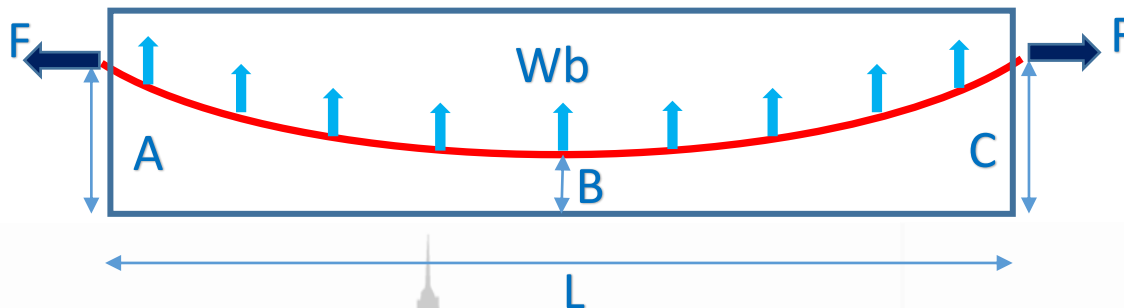


ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

ทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง เพื่อพิจารณาผลของการยกตัว (CAMBER) ของคานช่วงยาวมาก

ขั้นตอนการดำเนินการแก้ไข

- ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาการ ทำ Post-Tension Beam เพื่อแก้ไขปัญหาจากรูปแบบที่ใช้ทั่วไปในการติดตั้งร่วมกับคาน คสล.โดยนำแนวความคิดที่ใช้ลวดอัดแรงในการแก้ไขปัญหการโก่งตัวจากการใช้งาน Serviceability เท่านั้น (ไม่เสริมกำลังความแข็งแรงของคาน คสล.)



$$F^*e = \frac{Wb * L^2}{8}$$

$$Wb = \frac{8 * F^*e}{L^2}$$

$$\text{เมื่อ } e = \frac{(A+C)}{2} - B$$

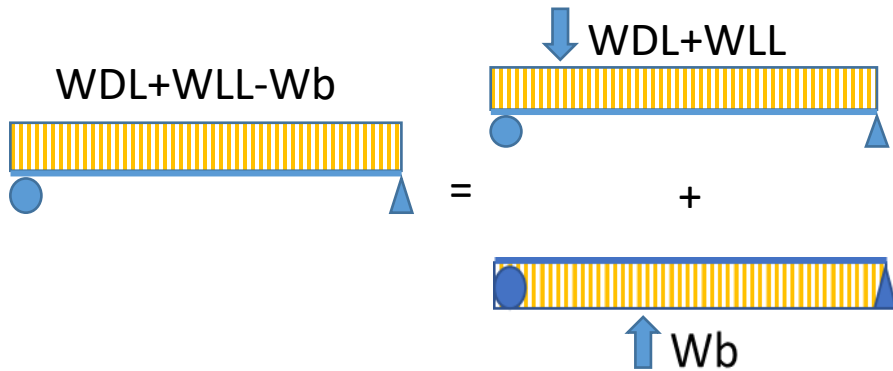


ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

ทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง เพื่อพิจารณาผลของการยกตัว (CAMBER) ของคานช่วงยาวมาก

ขั้นตอนการดำเนินการแก้ไข

- ขั้นตอนที่ 2 ประมาณการน้ำหนักเพื่อหาแรงยกชดเชยจากน้ำหนักบรรทุกตายตัว



ตามมาตรฐาน ACI 318-99 และ วสท. 1008-38

(ข้อ 13.1)

รายละเอียดการประเมินน้ำหนักบรรทุก

$$WDL = 3.5 \text{ ton/m}$$

$$WLL = 0.35 \text{ ton/m}$$

$$WDL+WLL = 3.85 \text{ ton/m}$$

$$\Delta L/360 = 0.05 \text{ m. (L=18 m.)}$$

$$\Delta = 5 (WDL+WLL-Wb) * L^4 / 384 * E * I.$$

$$Wb = 69.06 \text{ ton (1 Strand = 11 tons)}$$

***** Strand = 6 PCS *****

ชนิดขององค์อาคาร	การแอ่นตัวที่ต้องพิจารณา	ขีดจำกัด ¹⁾ การโก่งตัว
หลังคาราบที่ไม่รองรับหรือยึดติดกับชิ้นส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างซึ่งคาดว่าจะเกิดความเสียหายเนื่องจากการแอ่นตัวมาก	การแอ่นตัวที่เกิดขึ้นทันทีเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกจร	L/180
พื้นซึ่งไม่รองรับหรือไม่ติดกับชิ้นส่วนที่ไม่ใช่โครงสร้างซึ่งคาดว่าจะเกิดความเสียหายเนื่องจากการแอ่นตัวมาก		L/360



ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

อาคาร C ที่แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสาตรงกลางออก

จำลองโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ไขปัญหาการตกท้องช้างโดยใช้กลุ่มเส้นลวดอัดแรงจำนวน 2 กลุ่ม รวม 6 เส้น โดยมีแรงดึงเส้นละ 11 ตัน ตามหลัก Balancing Load of Pre-Stressed Force ที่ได้คำนวณไว้เพื่อแก้ไขข้อจำกัดของ Serviceability

The screenshot shows the MIDAS/Gen software interface. The main window displays a structural model of a beam with prestressing tendons. The beam is supported by two columns. The tendons are shown as a series of points connected by lines, with a parabolic drape. The tension force is applied to the tendons. The interface includes a menu bar, toolbars, and a tree menu on the right. A red box highlights the 'Load' menu, and another red box highlights the 'Tension' and 'Drape (parabolic)' parameters. A third red box highlights the 'Loads' section of the 'Tension' dialog box.

Loads

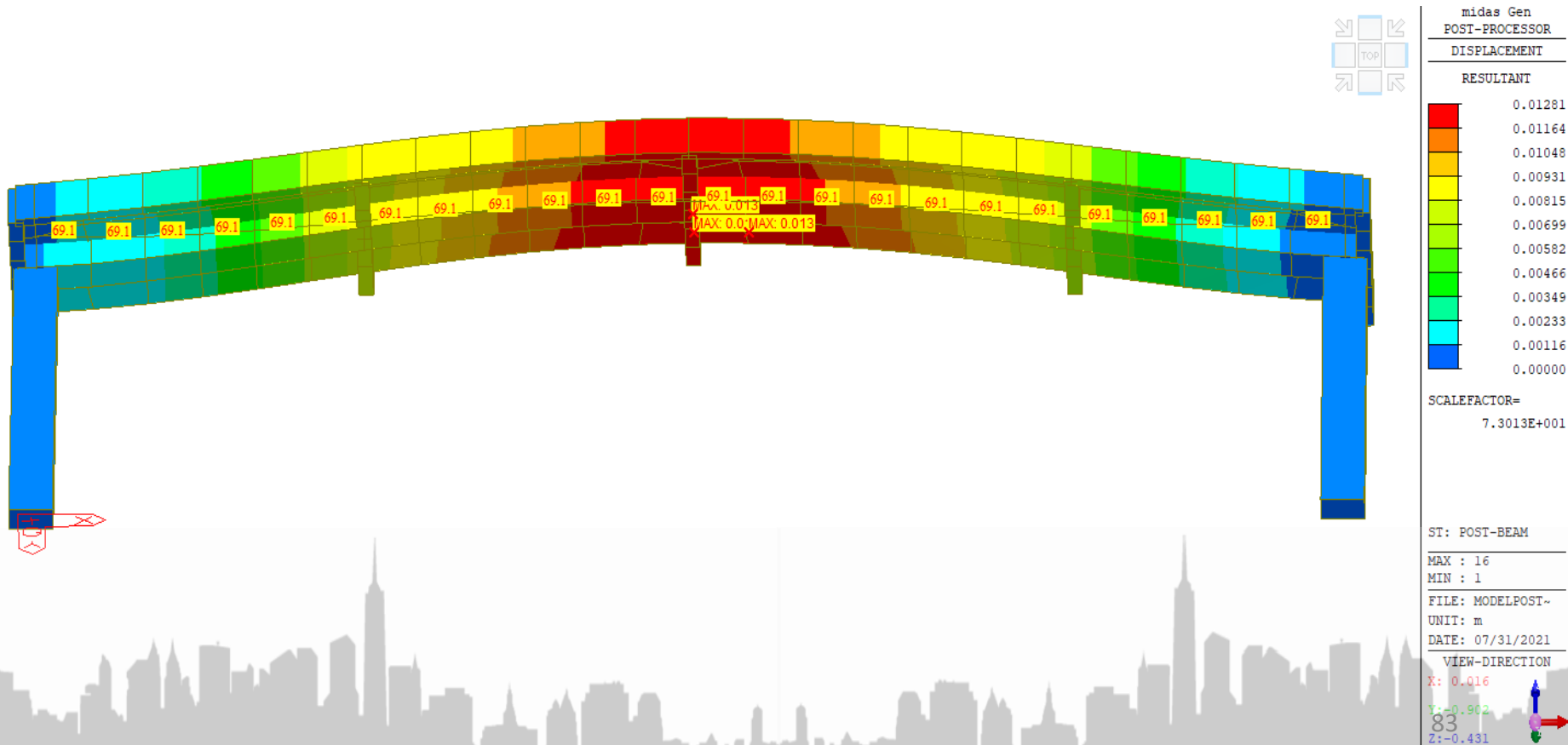
Tension :	69.06	tonf
Di :	0.15	m
Dm :	-0.3	m
Dj :	0.15	m



ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

อาคาร C ที่แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสาตรงกลางออก

จำลองโครงสร้างโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทราบว่าเมื่อใส่แรงดึงด้วยลวดอัดแรง Load of Pre-Stressed Force จะทำให้โครงสร้างโก่งยกตัวขึ้น ก่อน Balancing Load

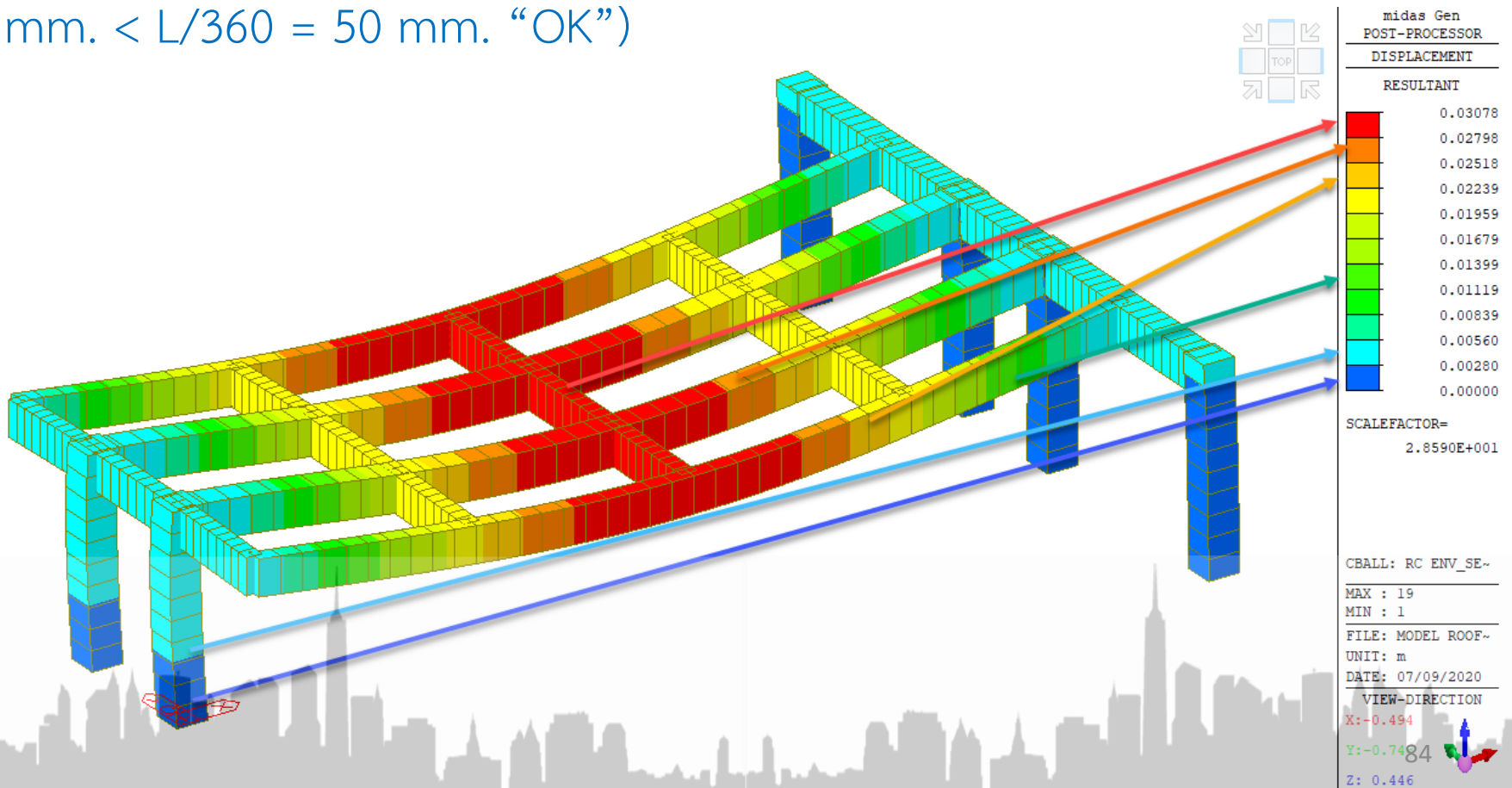




ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

อาคาร C ที่แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสาตรงกลางออก

ภายหลังการวิเคราะห์โครงสร้าง Balancing Load แล้วการโก่งตัวลดลงเหลือเพียง 31 มม.
(31 mm. < $L/360 = 50$ mm. “OK”)

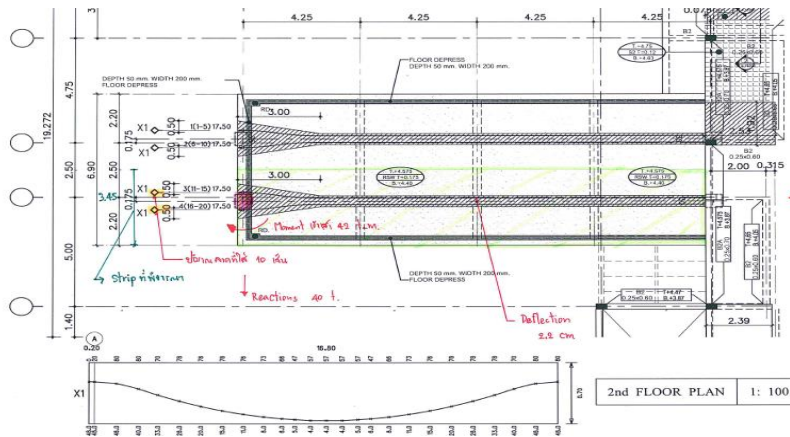




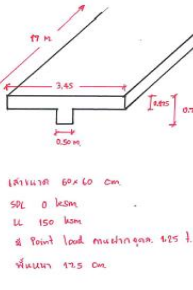
ผลงานดีเด่นลำดับที่ ๒ โครงการที่ ๑๒

อาคาร C ที่แก้ไขเพิ่มความยาวช่วงพาด จาก ๙ เมตร เป็น ๑๘ เมตรโดยการตัดเสากลางออก

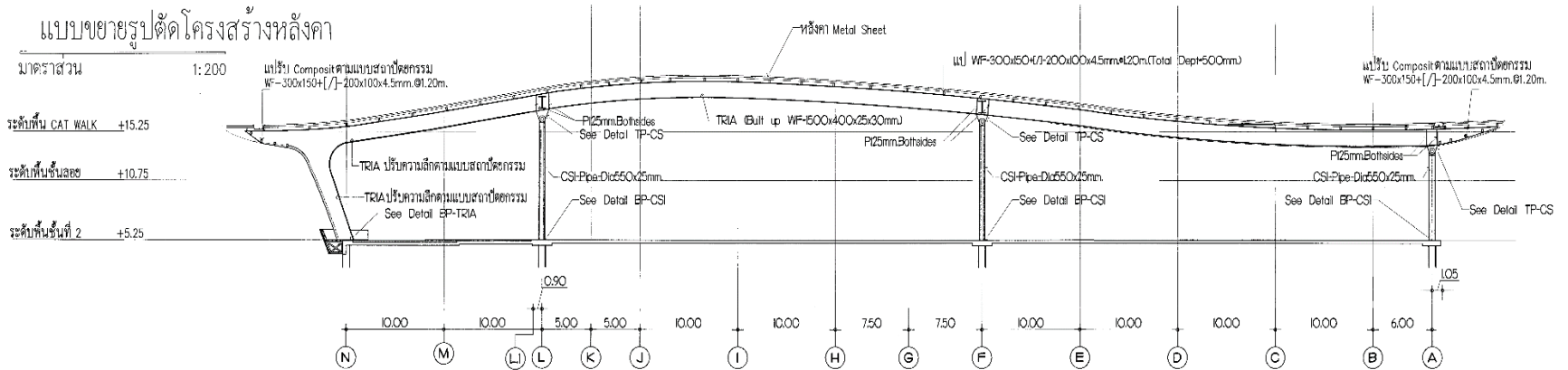
ส่งข้อมูลให้กับผู้ออกแบบพื้น Post-Tension เพื่อทำ Shop Drawing การวางแนวลวดอัดแรง และนำค่า Unbalanced Moment เพื่อออกแบบเสาโครงสร้างในชั้นต่อไป



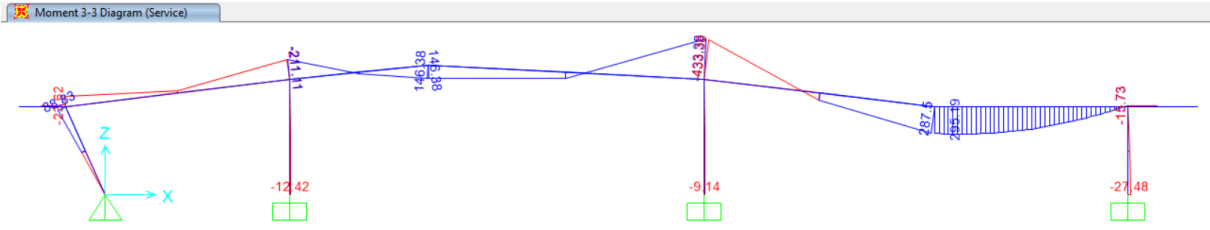
Model ที่รองรับใน Adapt



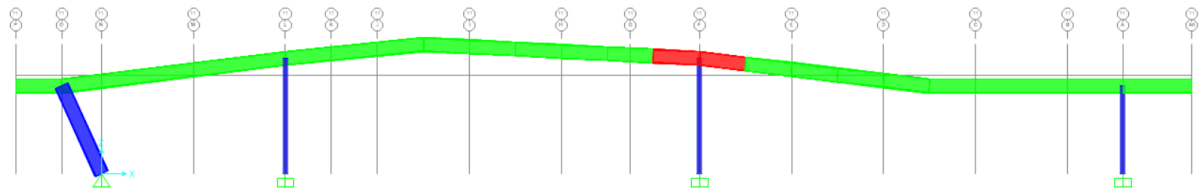
โครงการต่อเติมสนามบินนานาชาติขอนแก่น



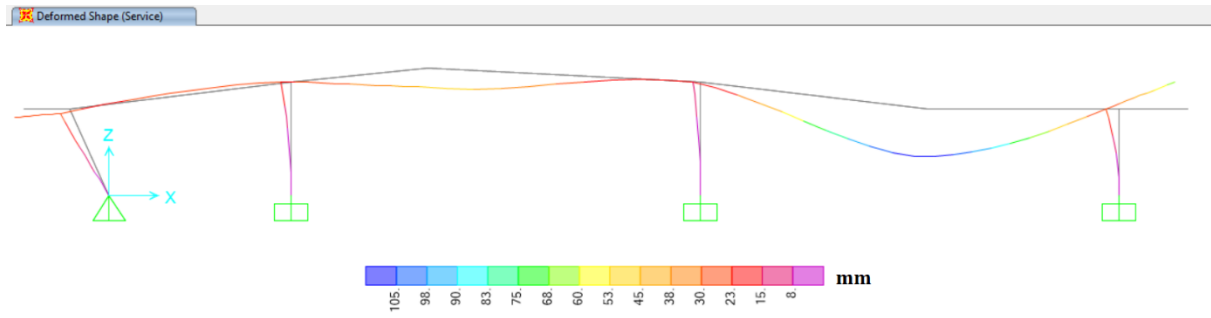
ขอบพระคุณ : spanworks



ผังโมเมนต์ดัด



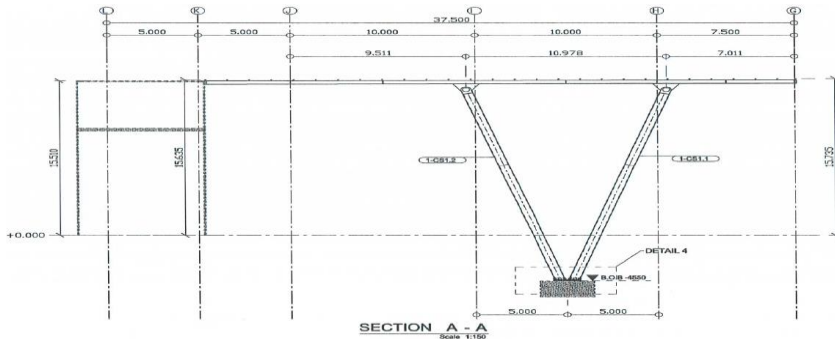
การเสริมกำลังด้วยแผ่นเหล็ก

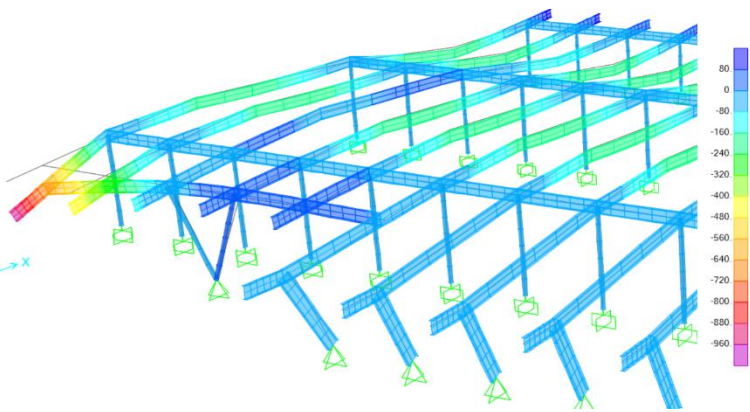
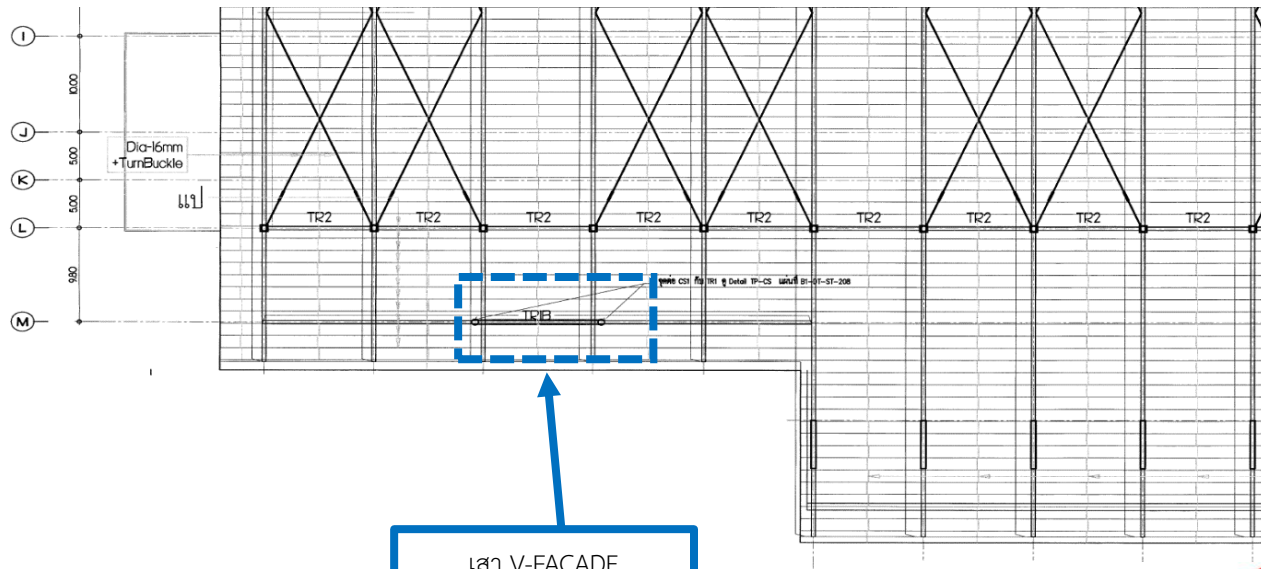


การเปลี่ยนตำแหน่ง (dispacemet)

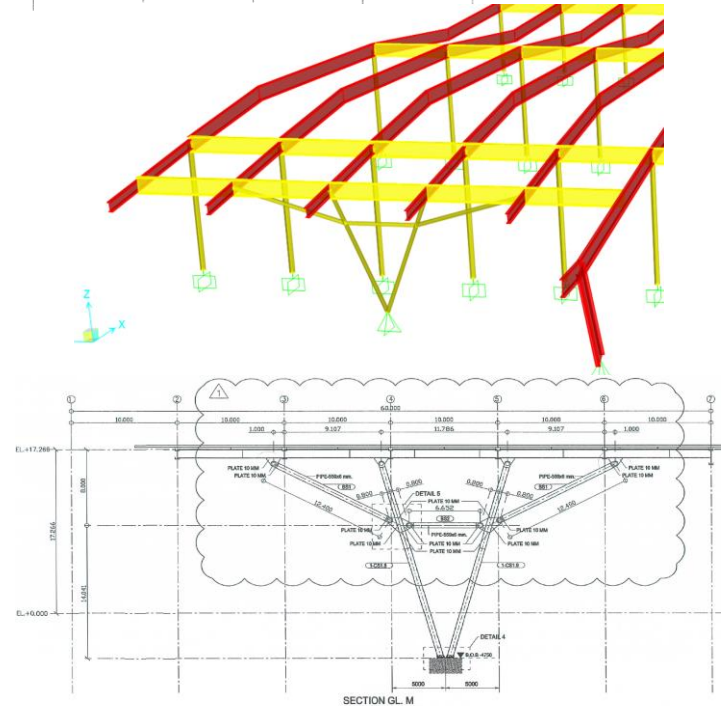


โครง V-FACADE ที่เกิดการสั่น



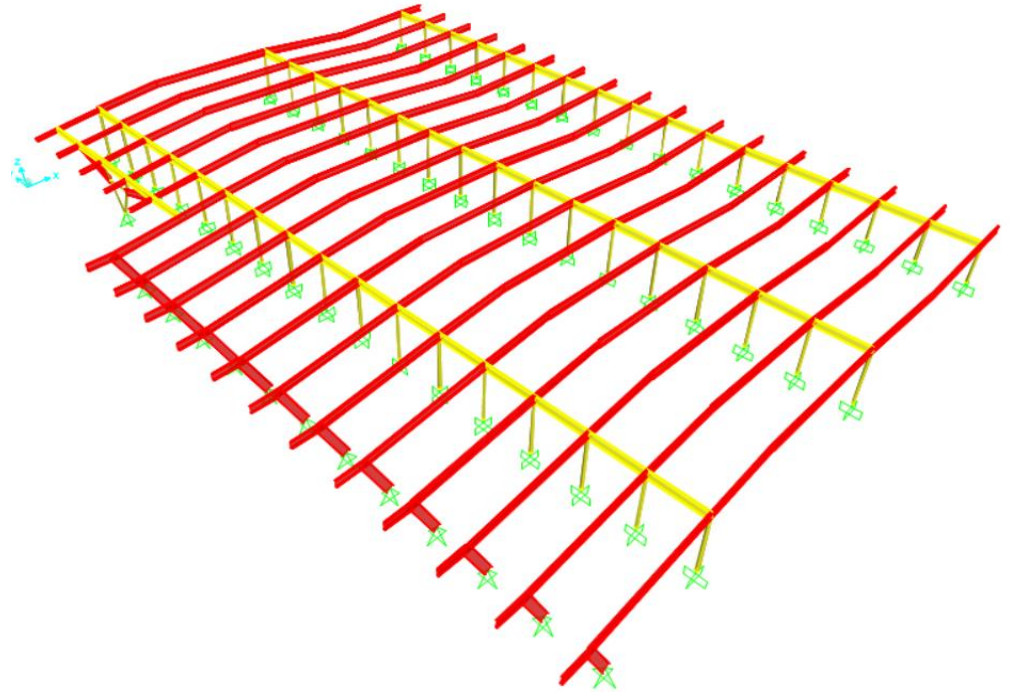


การเสียรูปของโรงหลังคา (mm)



4. ข้อมูลการเพิ่มน้ำหนัก และตารางเปรียบเทียบน้ำหนักสำหรับใช้ทดสอบ

ค่าน้ำหนัก %	ค่าน้ำหนัก (Ton)	ค่าน้ำหนัก (P)
10	7	3080
25	17.5	7700
50	35	15400
75	52.5	23100
100	70	30800
125	87.5	38500
150	105	46200
175	122.5	53900
200	140	61600
225	157.5	69300
250	175	770000



5. สรุปผลการทดสอบ

จากการทดสอบการรับน้ำหนักบรรทุกของเสาเข็มเจาะ ขนาด \varnothing 0.60 x 21.00 เมตร
รับน้ำหนักบรรทุกสูงสุด 175.00 ตัน สรุปได้ดังนี้

- 5.1 ค่าการทรุดตัวสูงสุด (Total Settlement) = 0.745 มม.
- 5.2 ค่าทรุดตัวคงที่ (Permanent Settlement) = 0.205 มม.
- 5.3 ค่าการคืนตัว (Elastic Recovery Rebound) = 0.540 มม.

ดังนั้น ผลการทดสอบเสาเข็มรับน้ำหนักบรรทุกปลอดภัยได้ = 70 ตัน/ต้น

ลงชื่อ  วิศวกรควบคุมการทดสอบ
(นายคมแก่ง มาคำ)

วิศวกร โยธา ทย.50864

ลงชื่อ  วิศวกรรับรองผลการทดสอบ
(รศ.นimit สุภาพบุณย์)
วุฒិวิศวกร วย.1603



KSE KhonKaen Soil Engineering Co.,Ltd.

เกิดแรงดัดที่เพิ่มขึ้น เพียงเล็กน้อย (40-60 t-m) และตรวจสอบแล้วพบว่า
โครงสร้างที่เสริมกำลังยังสามารถรับแรงได้

ผลกระทบจากการทรุดตัวแตกต่างกันระหว่างโครงสร้างอาคารผู้โดยสาร (ใหม่และเดิม)



การตรวจสอบโครงสร้างโกดังเก็บสินค้า

1. ประเมินโครงสร้างเหล็กอาคาร A B และ C
2. สภาพะกำลัง (Strength)
3. สภาพะใช้งาน (Serviceability)
4. การเสริมกำลังโครงสร้าง
5. ฐานราก



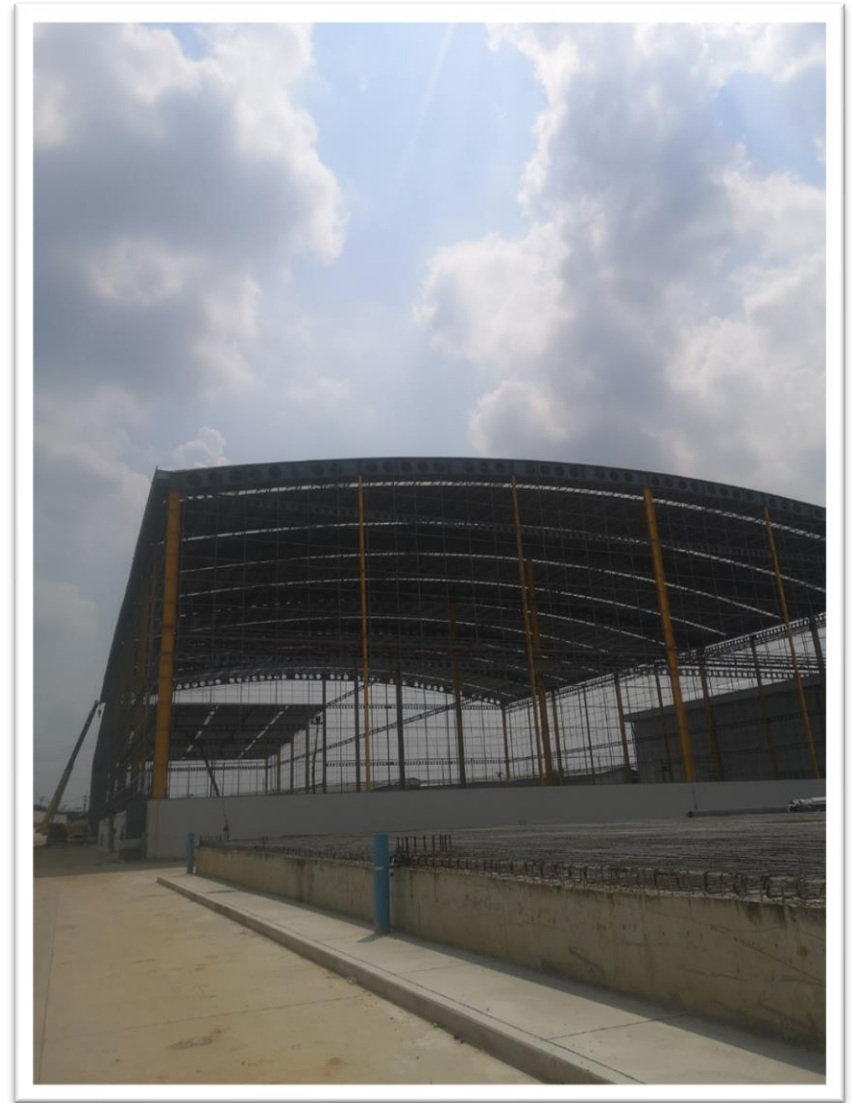
มาตรฐานในการประเมิน

กฎหมาย

1. กฎกระทรวงฉบับที่ 6 พ.ศ. 2527

มาตรฐาน

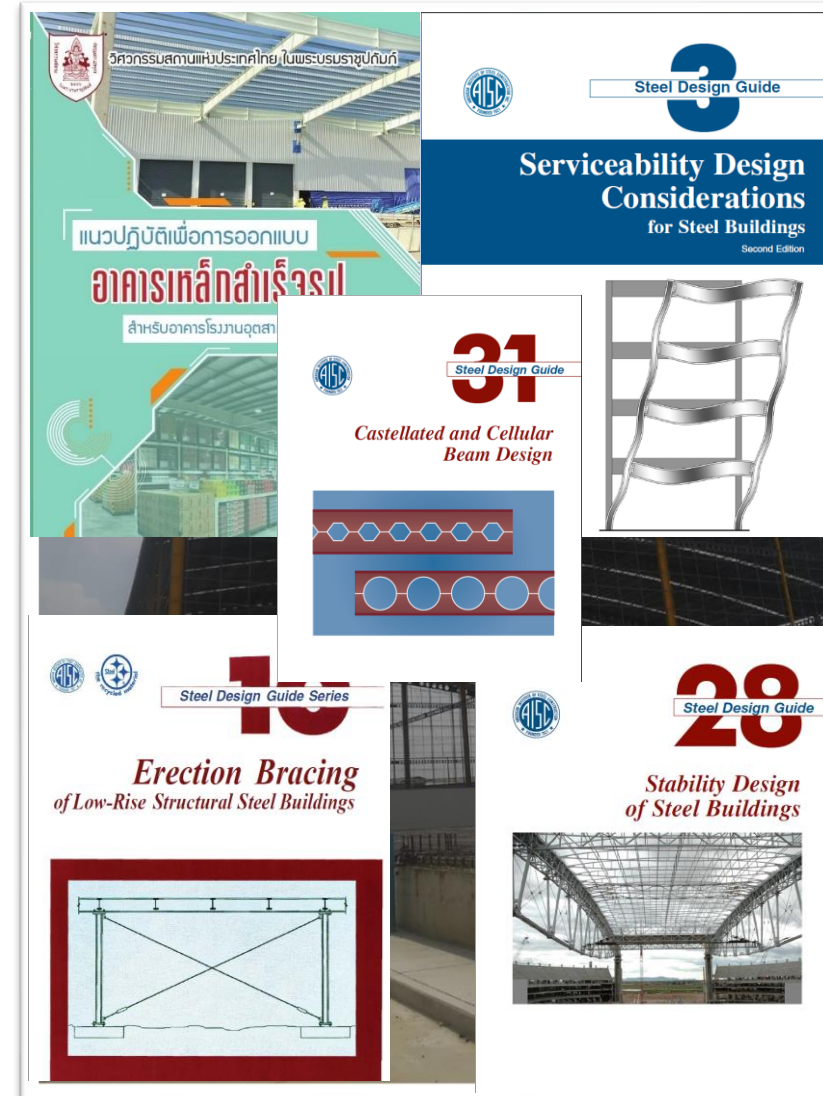
1. ASCE 7-05
2. มาตรฐานคำนวณแรงลมและการตอบสนองของอาคาร มยผ. 1311-50
3. AISC ASD-1989
4. AISC 360-16



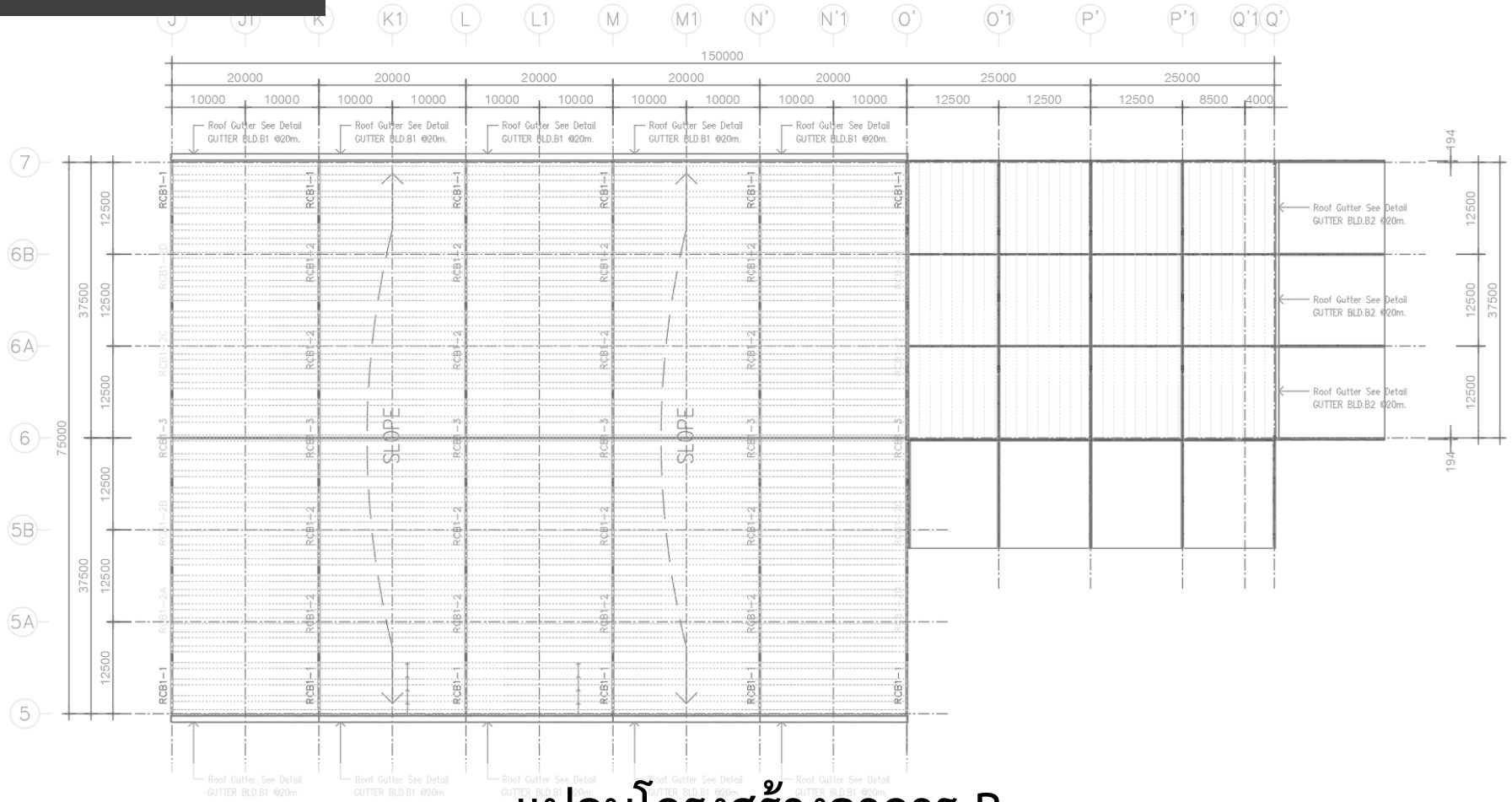
มาตรฐานในการประเมิน

คู่มือ/แนวปฏิบัติ

1. แนวปฏิบัติเพื่อการออกแบบ อาคารเหล็กสำเร็จรูป สำหรับอาคารโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้า วสท.
2. AISC Design Guide 3: Serviceability Design Considerations for Steel Buildings
3. AISC Design Guide 10: Erection Bracing of Low-Rise Structural Steel Frame
4. AISC Design Guide 28: Stability of Steel Building
5. AISC Design Guide 31: Castellated and Cellular Beam Design

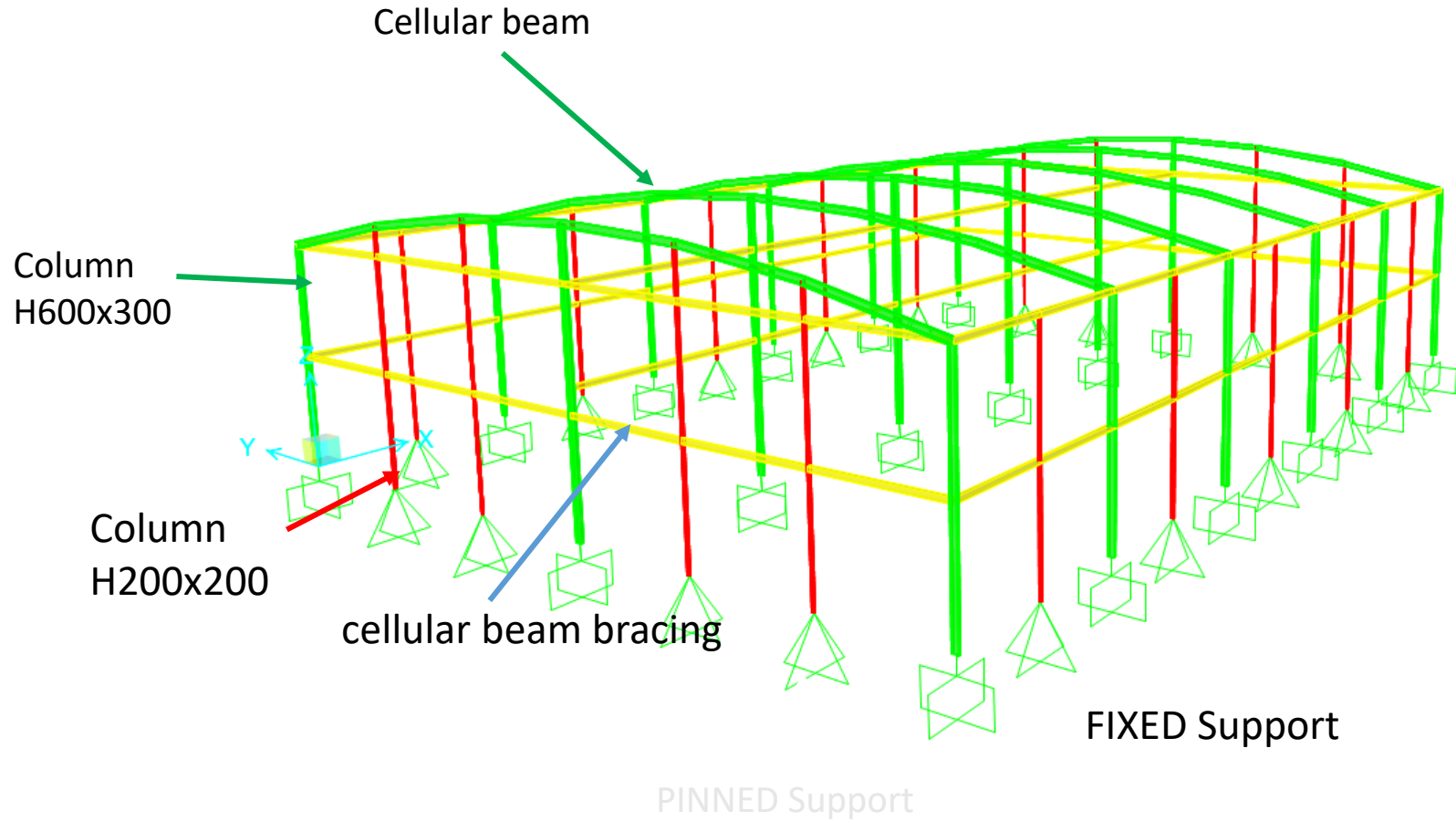


OVER VIEW



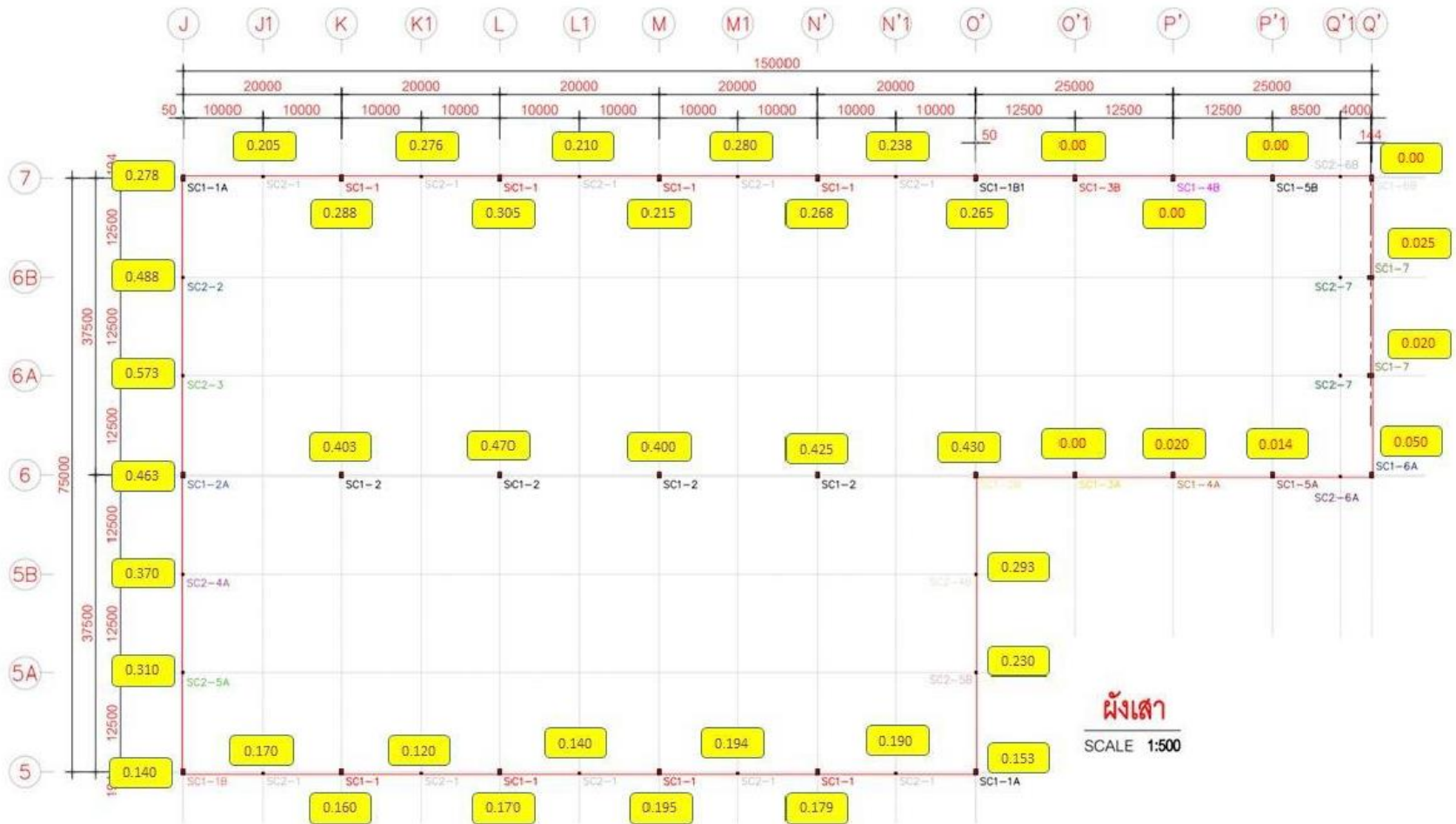
แปลนโครงสร้างอาคาร B

OVER VIEW



STRUCTURAL FRAMING

OVER VIEW

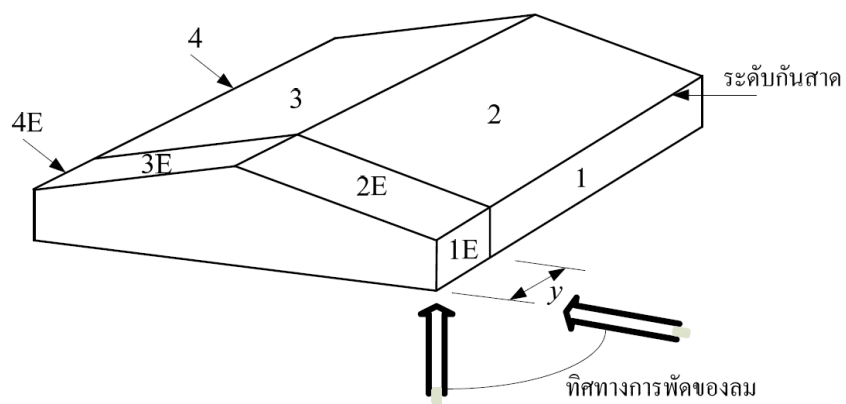


current top sway (deformation)

MODELING and ANALYSIS

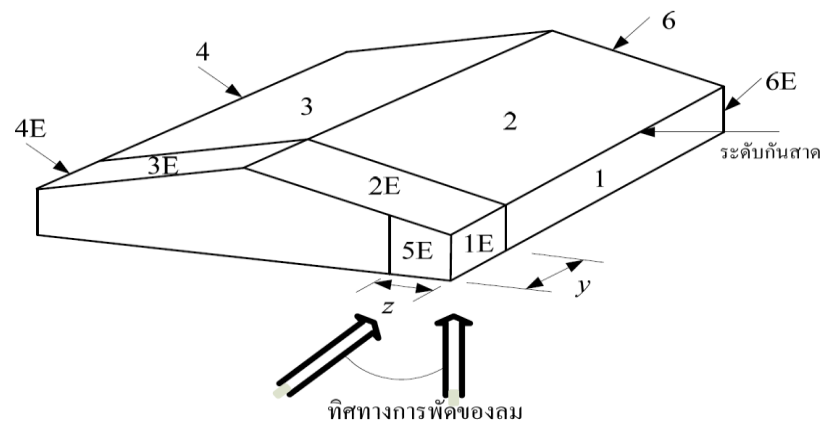
- MATERIAL SPECIFICATION
 - Structural steel : SM520 Cellular Section (Assumed)
 - : SS400 Other Section
- Load
 - roof Live load 30 kg/sqm
 - roof Dead load (Metal sheet + Purlin) 10 kg/sqm
 - wind load Ministerial Regulation 6/2527
 - wind load DPT 1311-50
- Analysis
 - Linear Analysis
 - P- Δ with Non-Linear Analysis

DPT Wind Direction



ทิศทางตั้งฉากกับสันหลังคา

Closed Building



ทิศทางขนานกับสันหลังคา

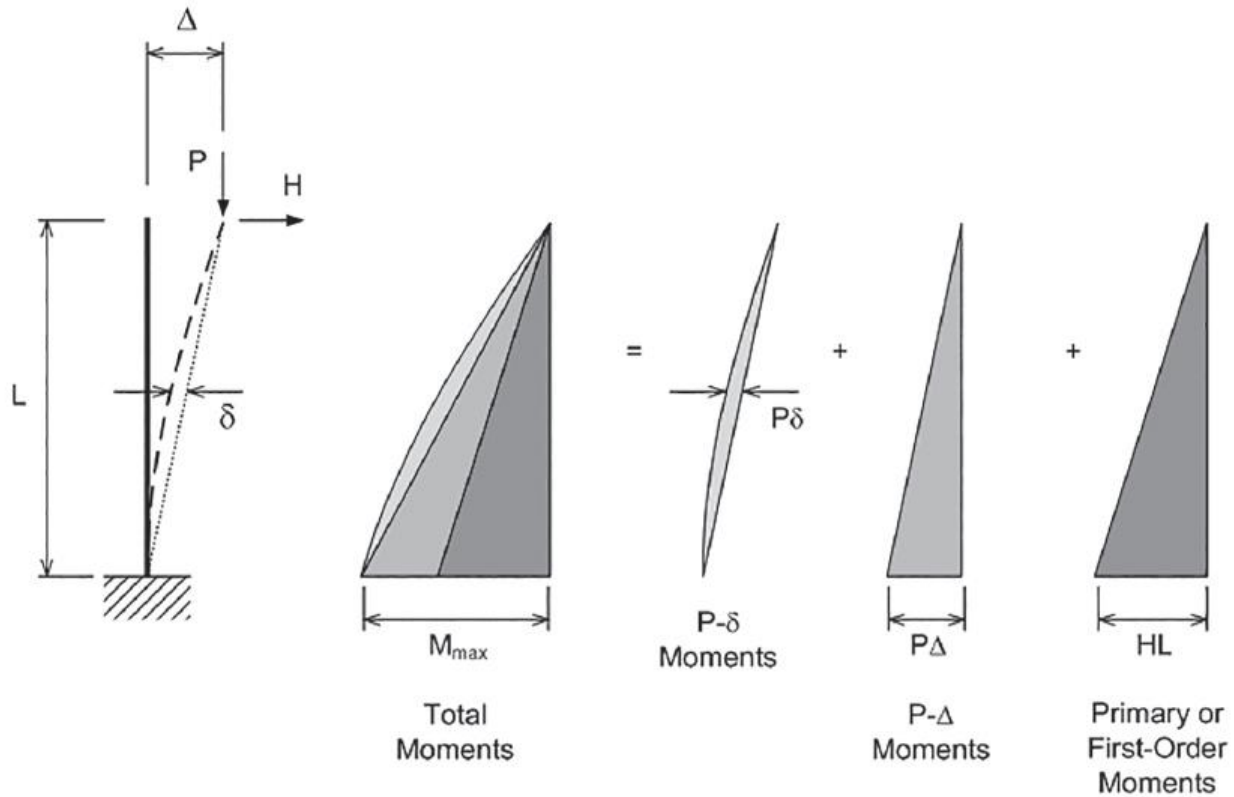
ทิศทางแรงลมตาม มยพ.1311-50

Drift and DEFORMATION limit

Serviceability Problems at Various Deflection or Drift Indices		
Deformation as a Fraction of Span or Height	Visibility of Deformation	Typical Behavior
$\leq 1/1000$	Not Visible	Cracking of brickwork
1/500	Not Visible	Cracking of partition walls
1/300	Visible	General architectural damage Cracking in reinforced walls Cracking in secondary members Damage to ceiling and flooring Facade damage Cladding leakage Visual annoyance
1/200–1/300	Visible	Improper drainage
1/100–1/200	Visible	Damage to lightweight partitions, windows, finishes Impaired operation of removable components such as doors, windows, sliding partitions

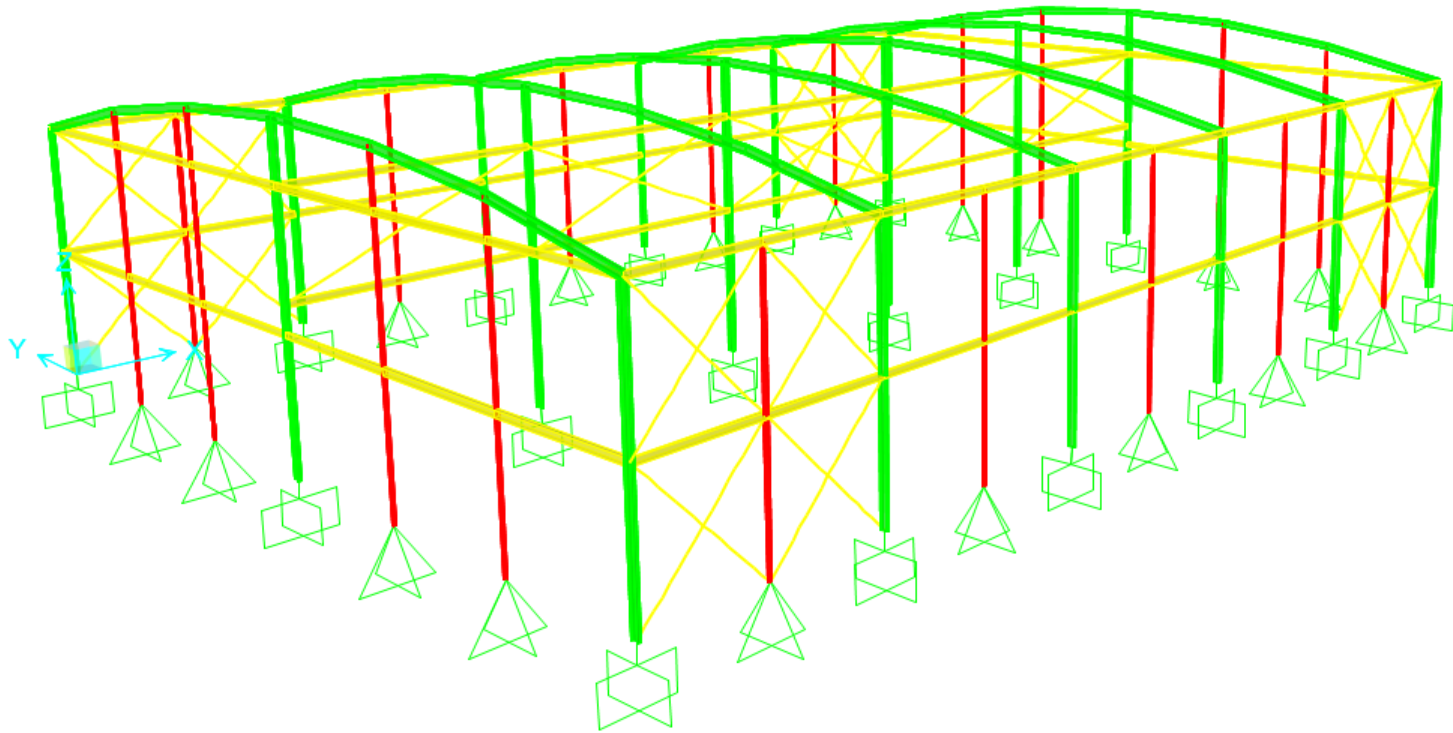
ปัญหาของการใช้งานของอาคารที่มีต่อการเปลี่ยนตำแหน่ง (LAWRENCE G. GRIFFIS, 1993)

P- Δ analysis



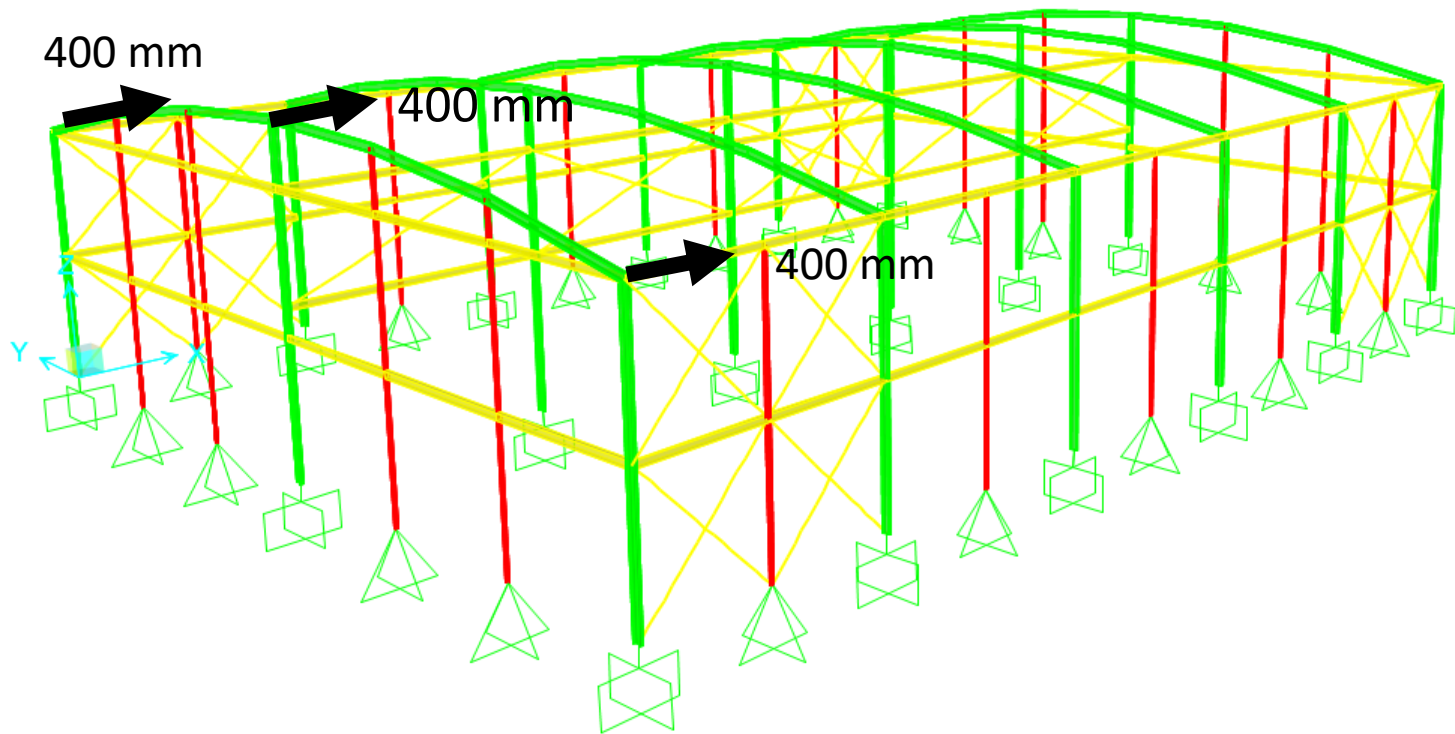
P- Δ : first- and second-order effects — cantilever column

STRUCTURAL MODEL : undeformed configuration



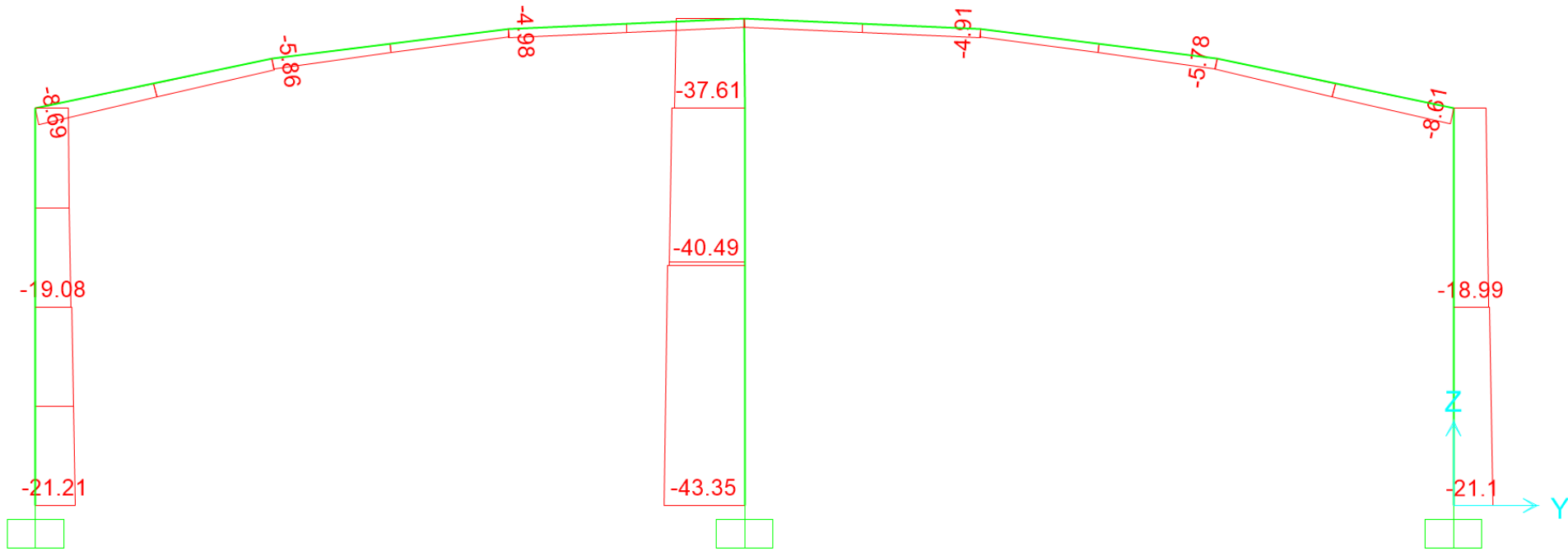
Structural Model with 0 mm Displacement (undeformed configuration)

STRUCTURAL MODEL : nodal displacement



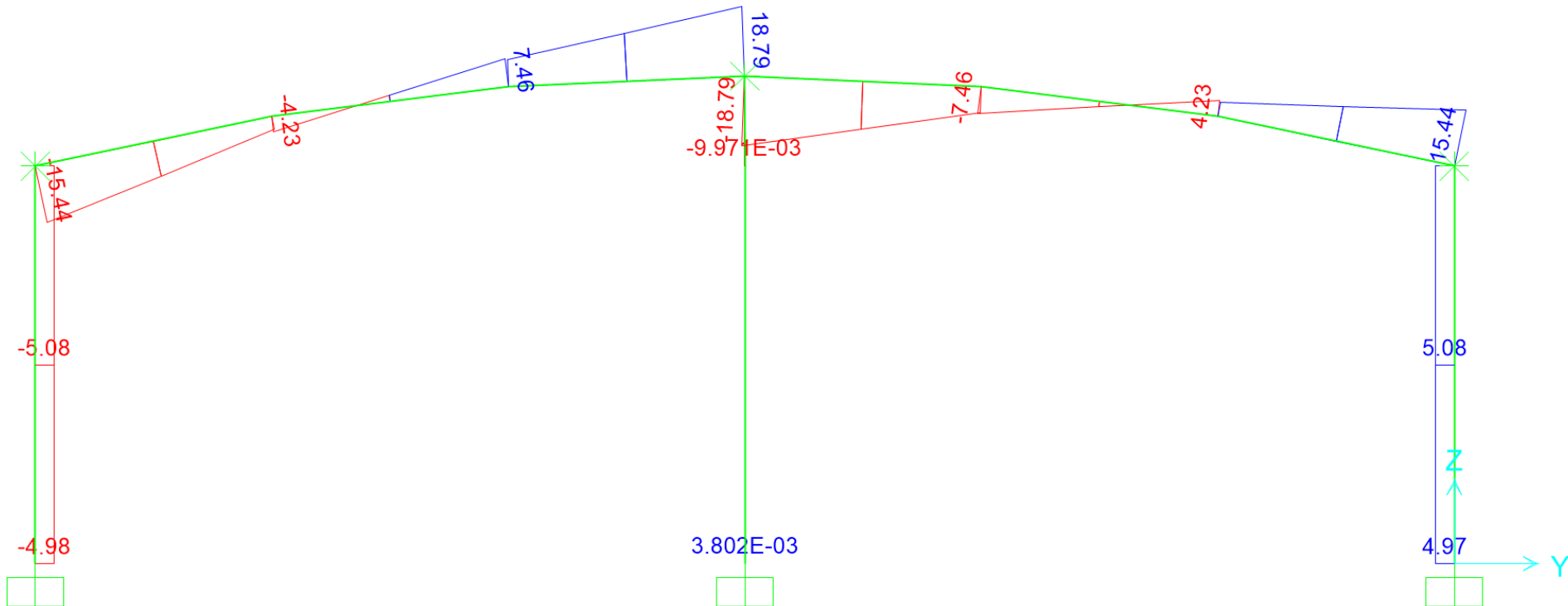
Structural Model with 400 mm Displacement

Structural Results



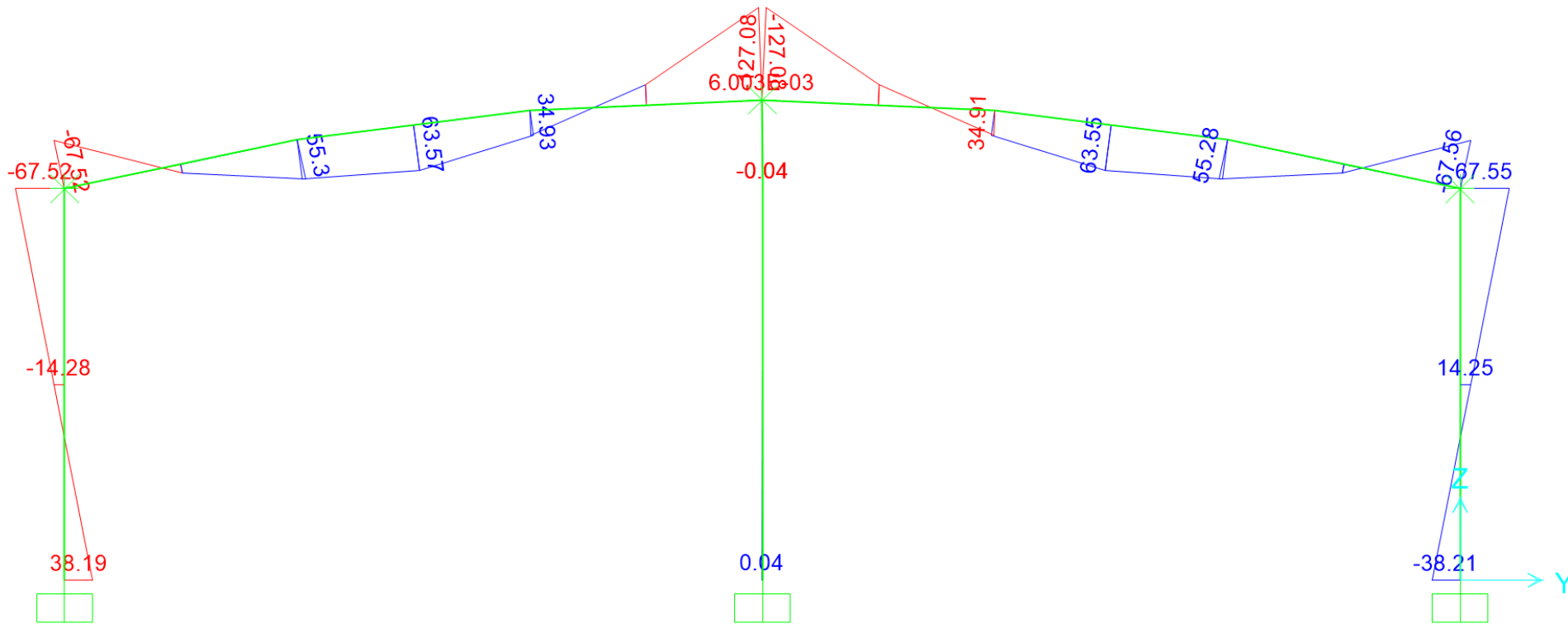
ค่าแรงอัดที่เกิดขึ้น กรณี D+L แนว G1 (ตัน-เมตร)

Structural Results



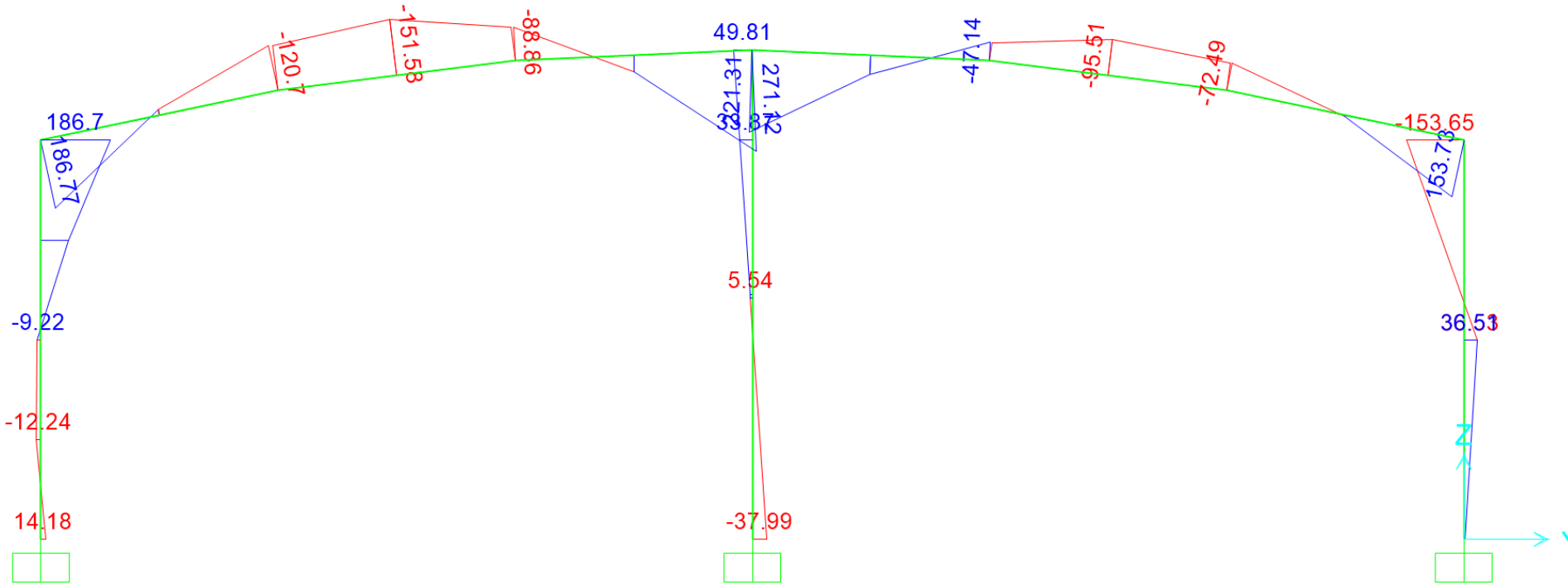
ค่าแรงเฉือนที่เกิดขึ้น กรณี D+L แนว G1 (ต้น-เมตร)

Structural Results



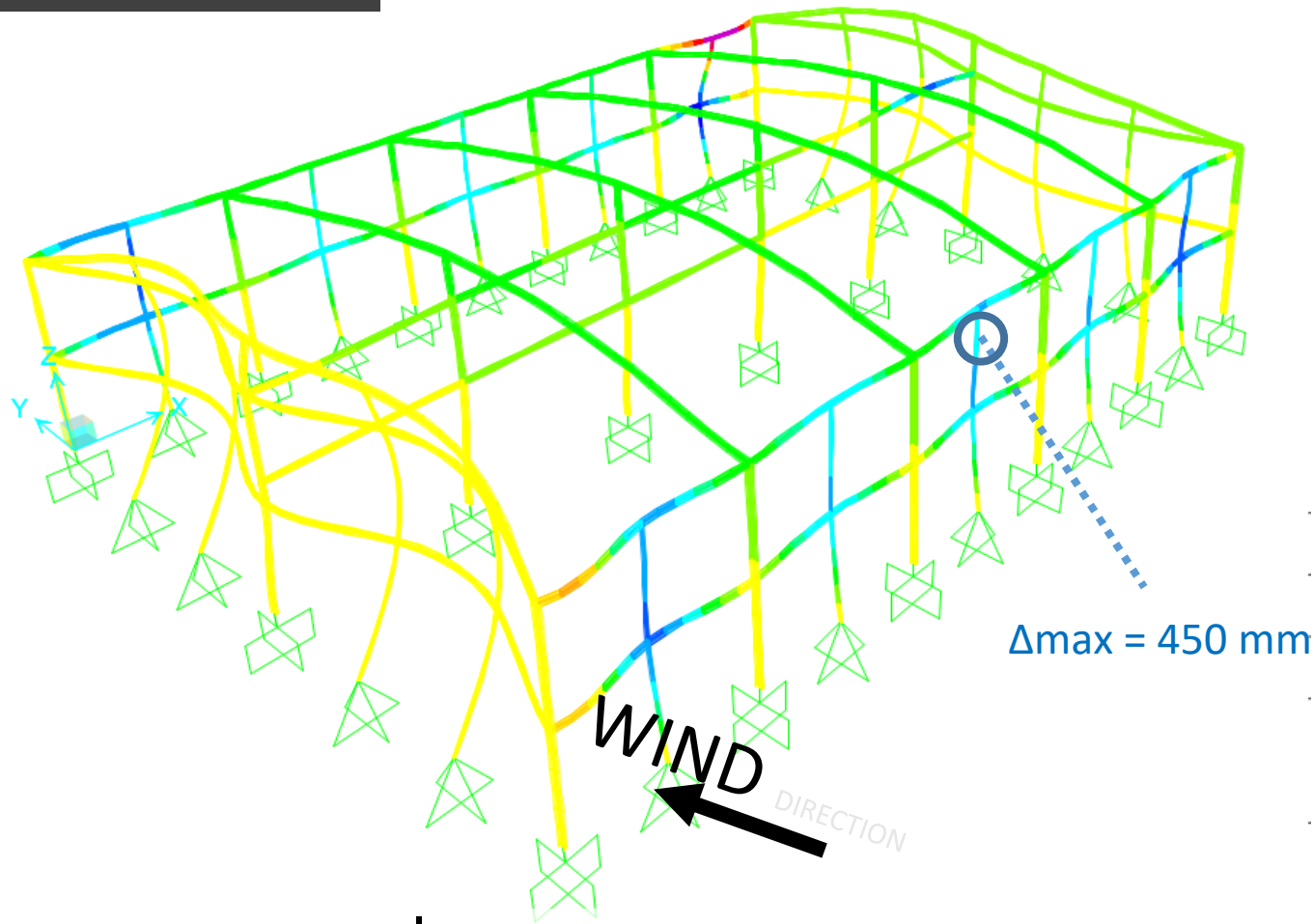
ค่าแรงดัดที่เกิดขึ้น กรณี D+L แนว G1 (ต้น-เมตร)

Structural Results



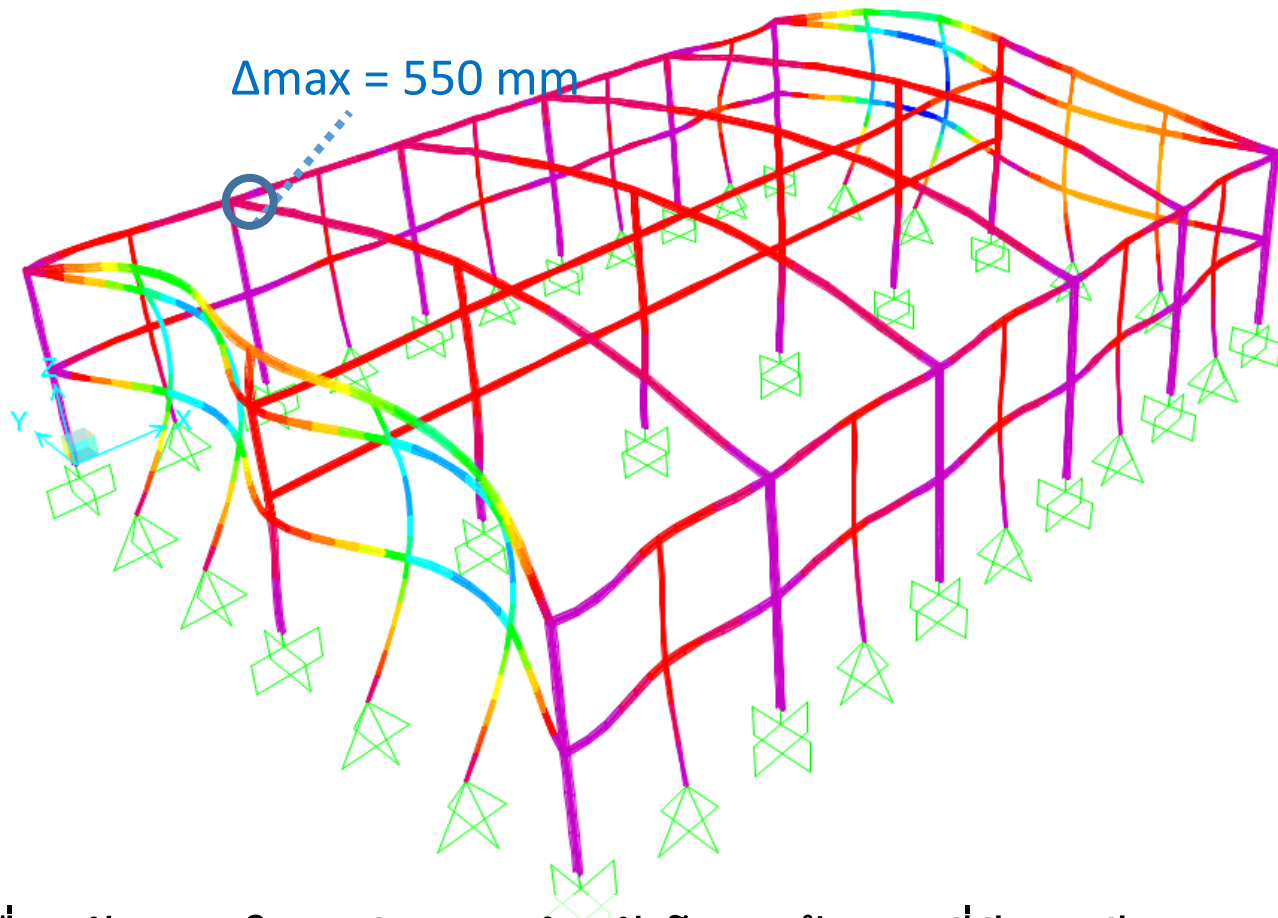
ค่าแรงดัดสูงสุดที่เกิดขึ้น กรณีแรงลมตาม มยผ 0.6D+W (ตัน-เมตร)

Structural Results



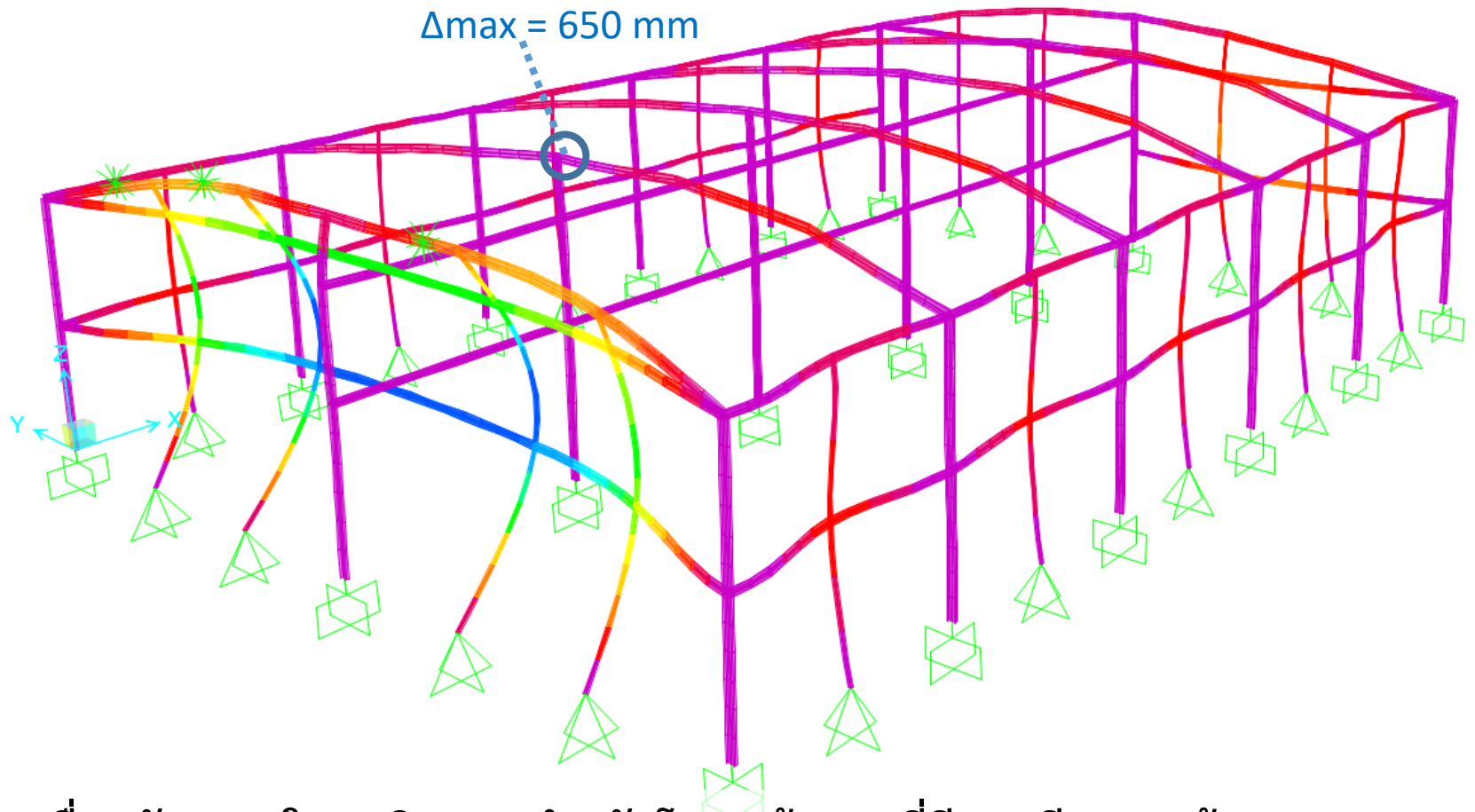
ผลการเคลื่อนตัวของอาคารในทิศทาง Y (มม.)

response of structure

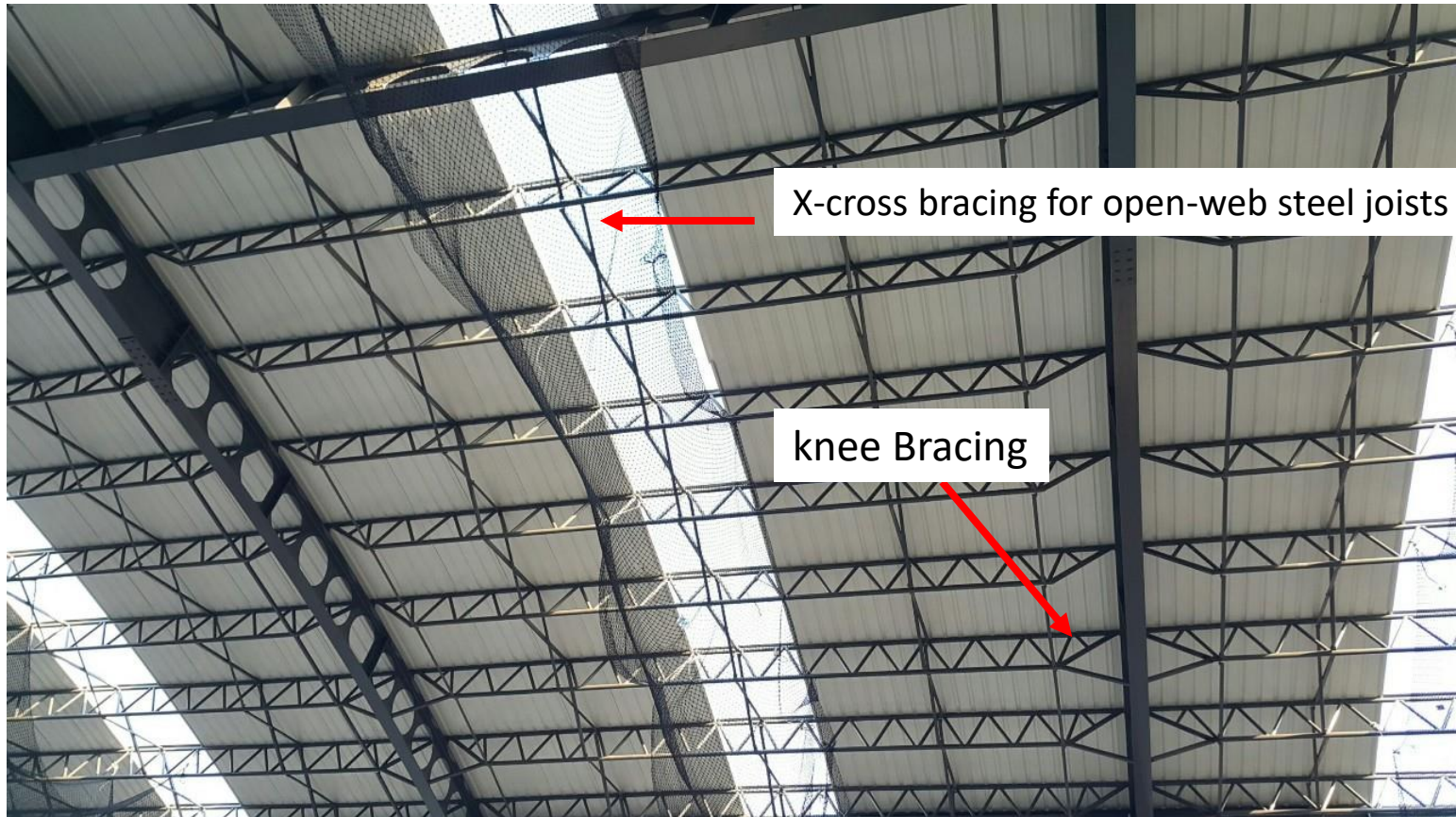


การเคลื่อนตัวสูงสุดในทุกทิศทาง สำหรับโครงสร้างเสาที่มีการเสีรูปคงค้าง 0 มม (มม)

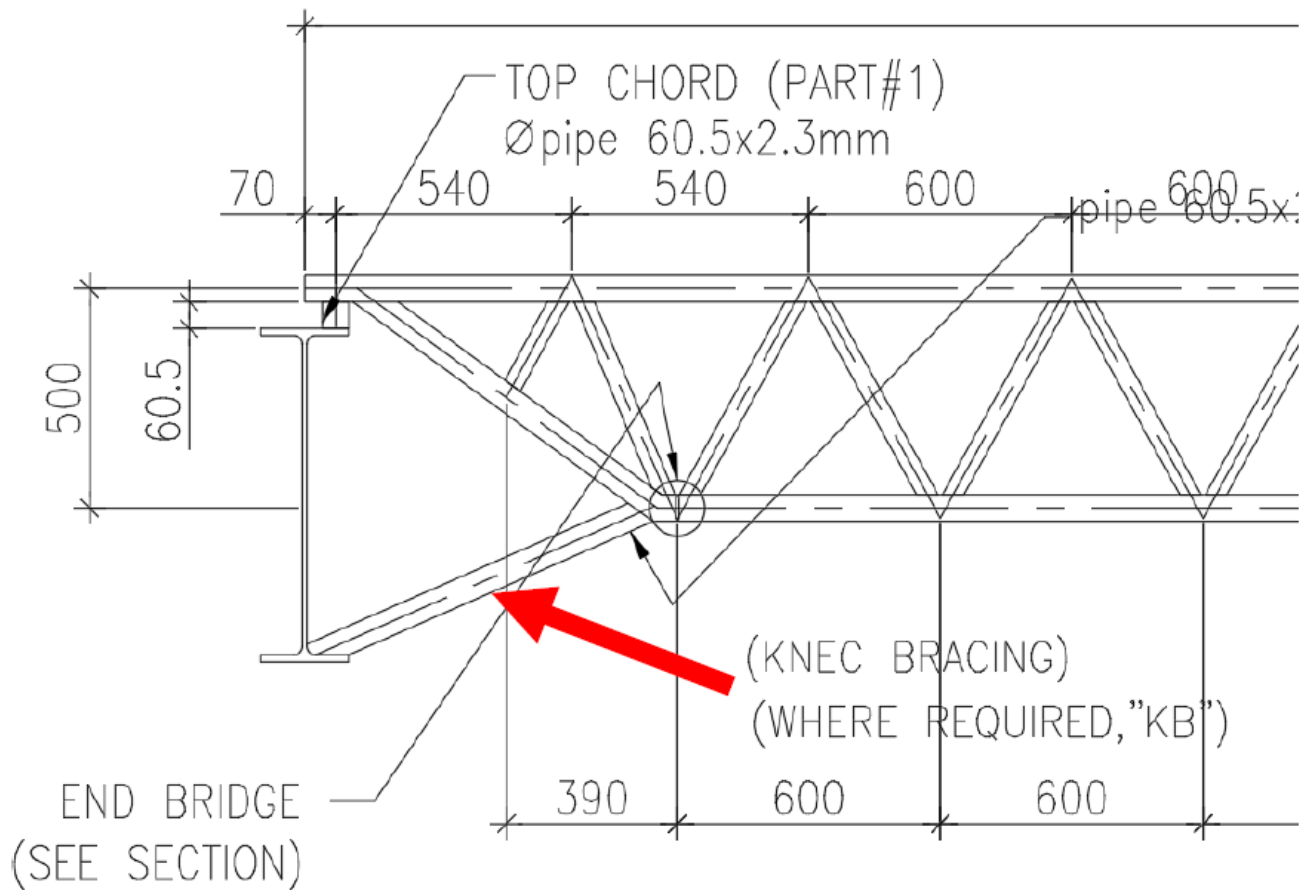
response of structure



การเคลื่อนตัวสูงสุดในทุกทิศทาง สำหรับโครงสร้างเสาที่มีการเสีรูปคดค่าง 400 มม (มม)



รูปโครงหลังคาหลักที่เสริม open-web steel joists (Mono 29)

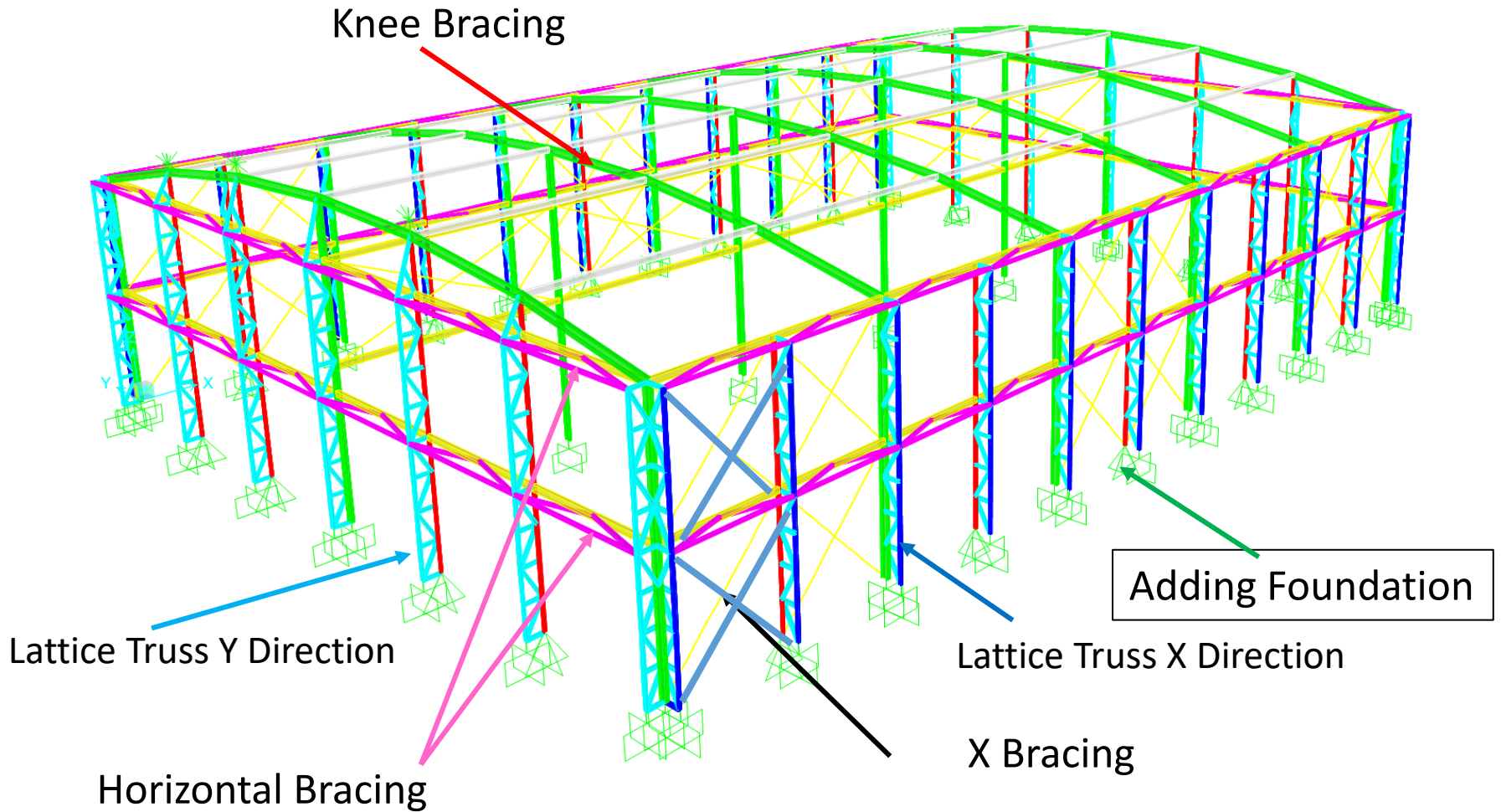


เพิ่มค้ำยันระหว่างปีกกลางของโครงหลังคาหลัก กับ open-web steel joist



รูปโครงหลังคาหลักที่เสริม knee bracing

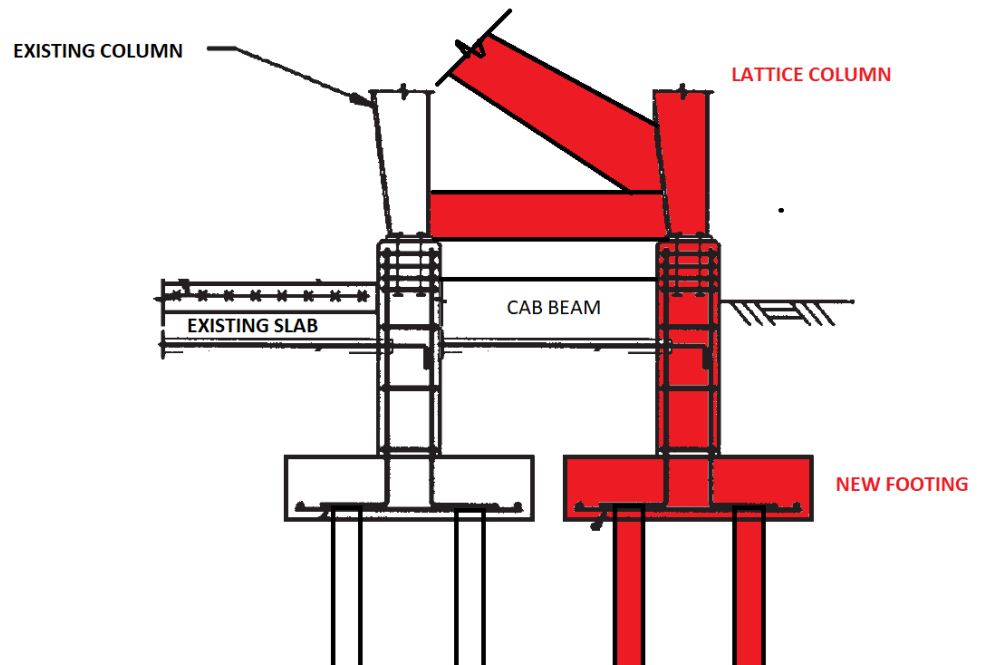
strengthening and stabilizing



รูปตัวอย่างการเสริมกำลังโครงสร้าง



Strengthening



รูปตัวอย่างการเสริมฐานรากรับ Added Lattice Truss Column