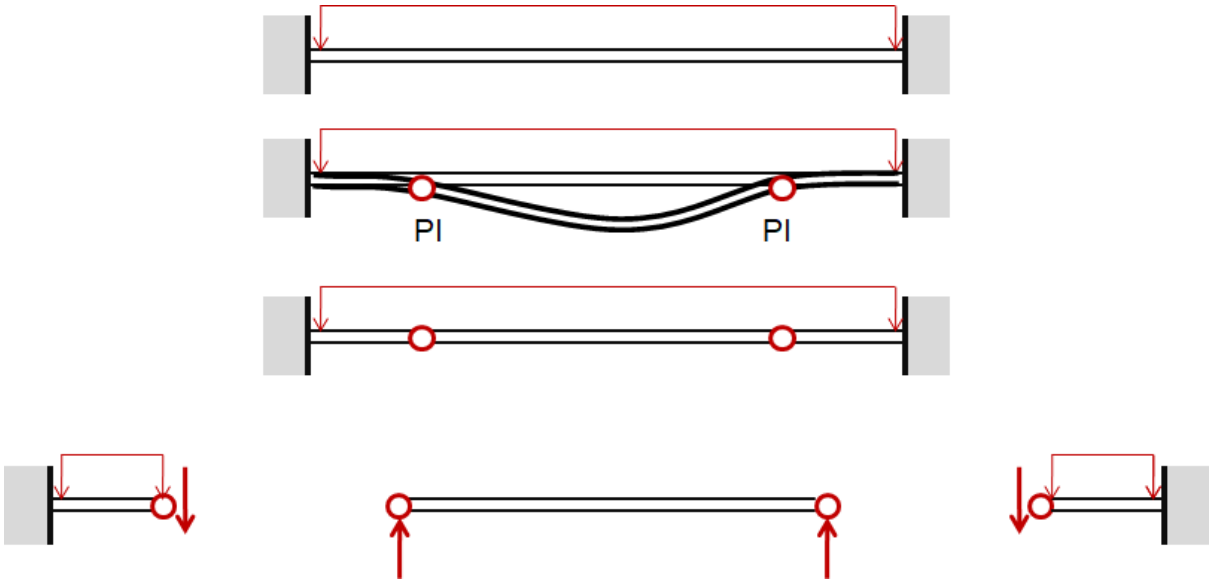
ปฏิบัติการที่ 2 การประมาณขนาดของโครงสร้างและความสำคัญในการวิเคราะห์โครงสร้าง

บทนำ

การวิเคราะห์โรงสร้างโดยวิธีการประมาณเป็นเป็นกระบวนการซึ่งอ้างอิงกับการร่างรูปแบบการเปลี่ยนรูปของโครงสร้าง (Deformation) โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขสภาพบังคับ และ สร้างเงื่อนไขเพิ่มเติมคือ การกำหนดตำแหน่งของจุดดัดกลับของโครงสร้าง (Point of Inflection, PI) ซึ่งสามารถใช้ในการกำหนดจุดที่ค่าแรงดัดเป็นศูนย์ในโครงสร้าง พร้อมกับการสร้างสมมุติฐานการประมาณอื่น เช่น แรงเฉือน ตามวิธี Portal หรือ แรงอัดตามแนวแกนของเสา ตามวิธี Cantilever เป็นต้น

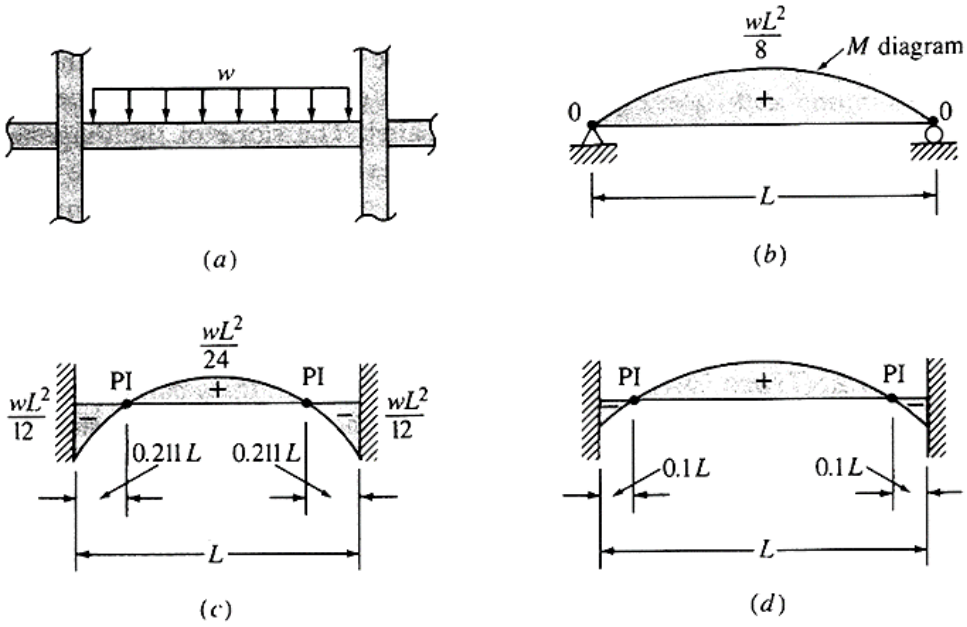


ภาพที่ 109 จุด PI ของโครงสร้าง และ สภาพ Indeterminate

จุดดัดกลับของโครงสร้าง

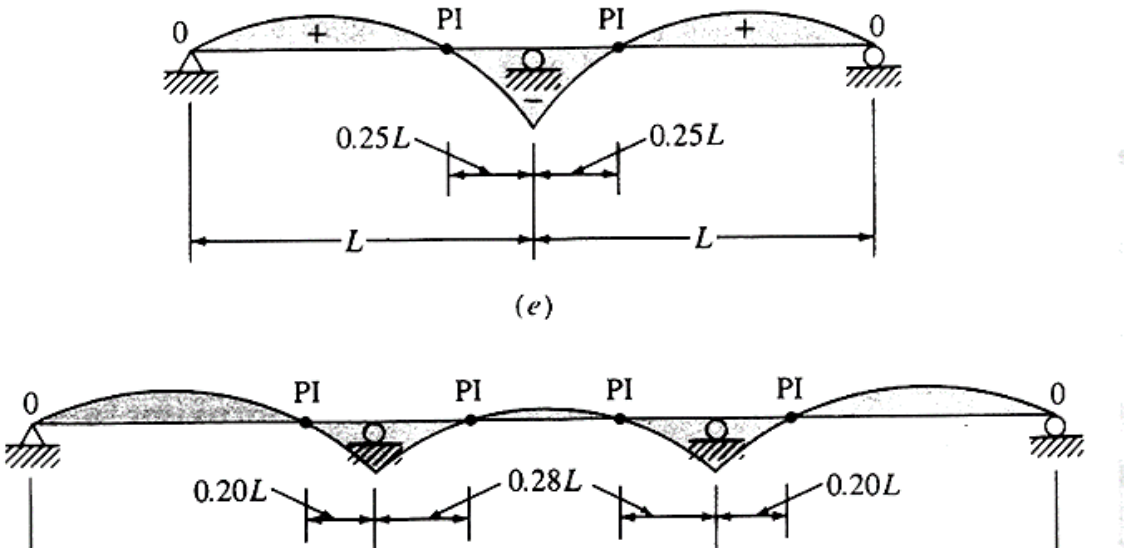
จุดดัดกลับในโครงสร้าง เป็นจุดที่โมเมนต์ดัด ในโครงสร้างเปลี่ยนจาก ค่าบวก เป็น ค่าลบ หรือกลับกัน หรืออีกนัยหนึ่งคือจุดที่ค่าโมเมนต์มีค่าเป็นศูนย์ นั่นเอง

Copyright 2019-2020



ภาพที่ 110 ตำแหน่งของจุดดัดกลับ เนื่องจาก การเปลี่ยนความแกร่งของฐานรองรับ

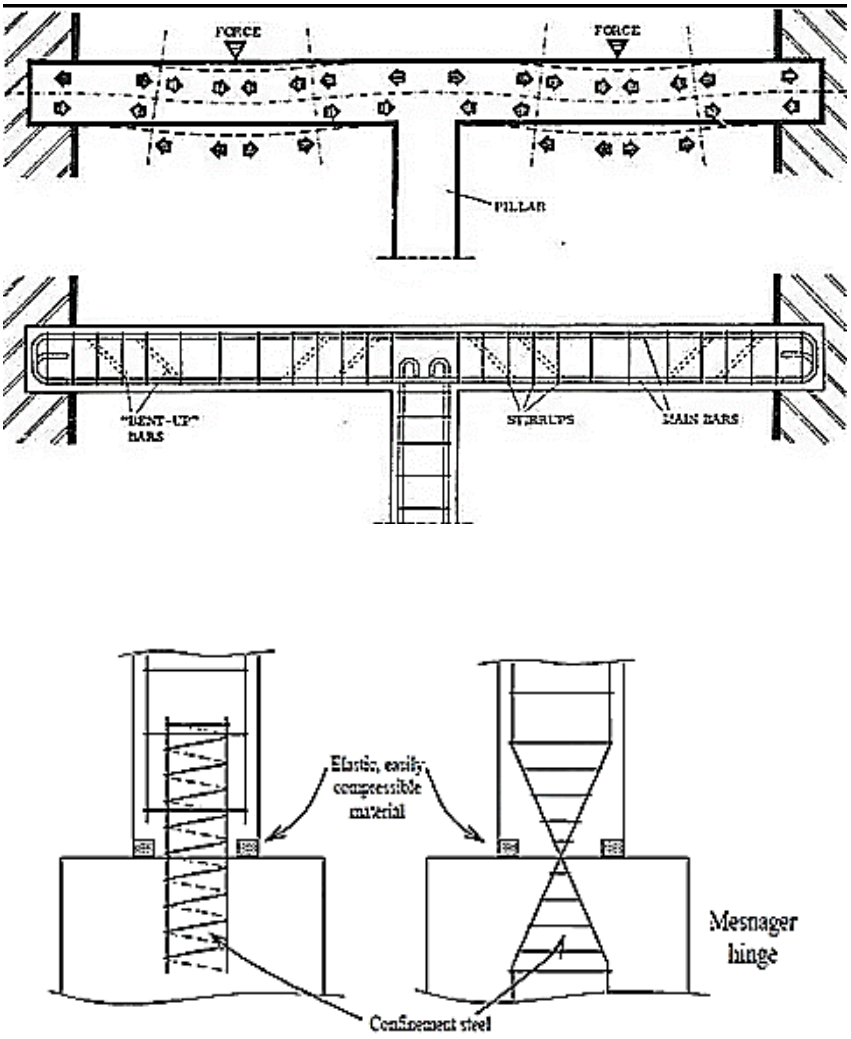
ผู้ที่มีความชำนาญเคราะห์สามารถทำการกำหนดตำแหน่งจุดดัดกลับ โดยการร่างรูปการเปลี่ยนรูปของโครงสร้างและกำหนดตำแหน่งของจุดดัดกลับได้ อย่างไรก็ตาม ACI 318 ได้ทำการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สำหรับการออกแบบไว้



ภาพที่ 111 ตำแหน่งจุดดัดกลับของคานต่อเนื่อง ตาม ACI

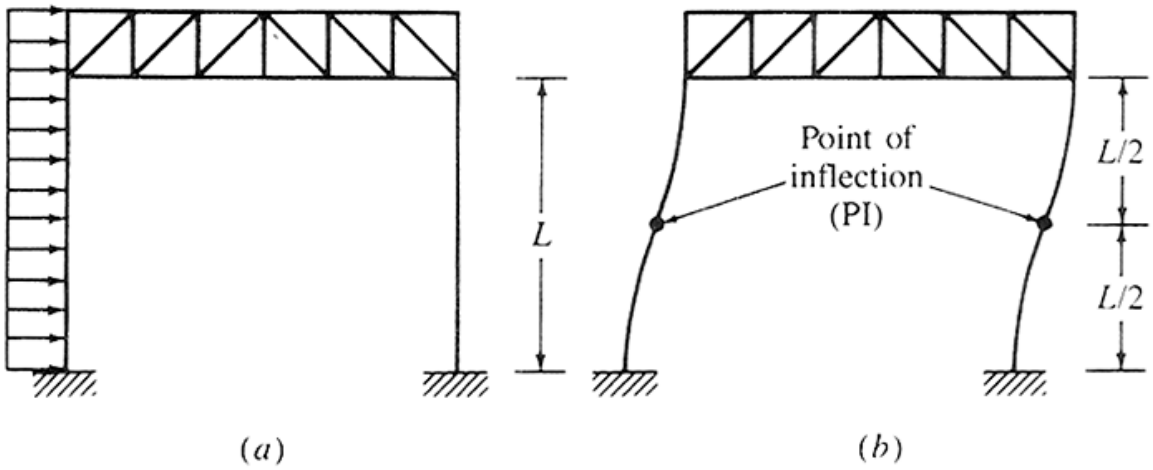
Copyright 2019-2020

สำหรับโครงสร้างในชีวิตจริงแล้วตำแหน่งของ PI มีผลต่อการออกแบบ เช่น การกำหนดจุดหน้าตัดวิกฤติในการการจัดวางเหล็กเสริมในโครงสร้าง หรือการกำหนดตำแหน่งของ รอยแตกที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

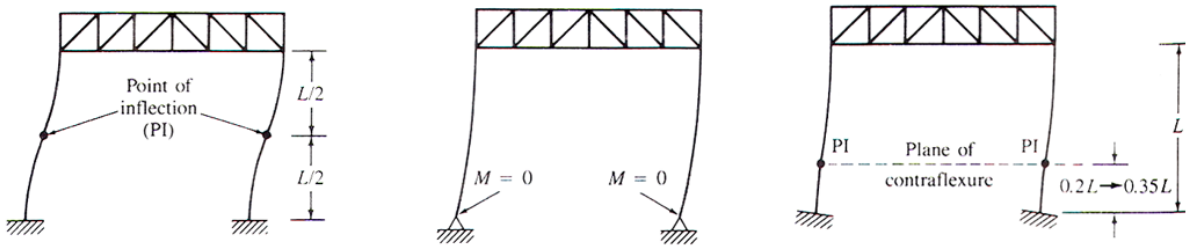


ภาพที่ 112 การจัดการ จุดที่มีแรงดัดภายในเป็นศูนย์ ในโครงสร้างจริง

Copyright 2019-2020



ภาพที่ 113 จุดดัดกลับในโครงสร้างที่รับแรงกระทำด้านข้าง



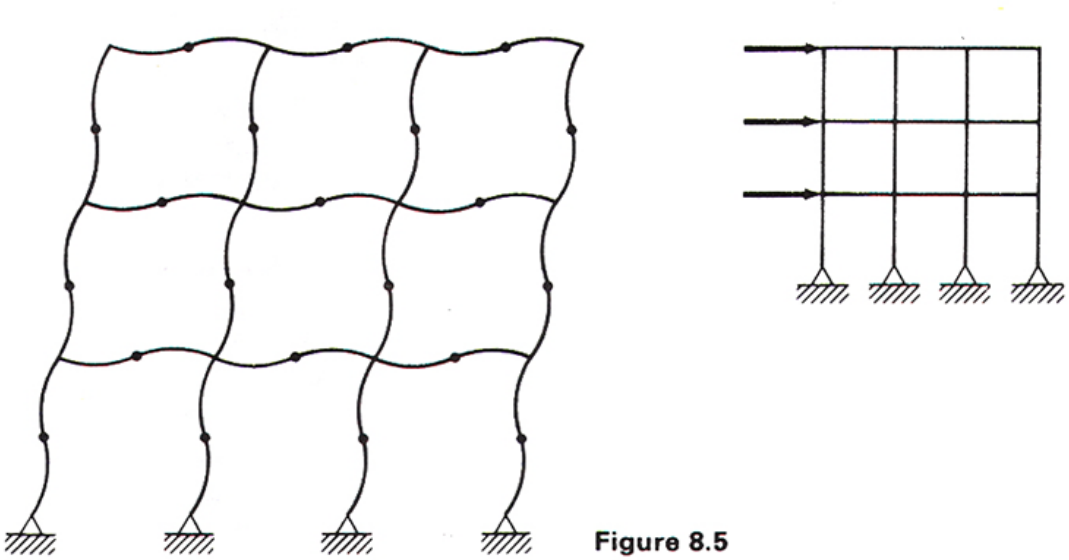
ภาพที่ 114 ผลของความแกร่งของฐานรองรับที่มีต่อจุดดัดกลับ

วิธีการ Portal Method

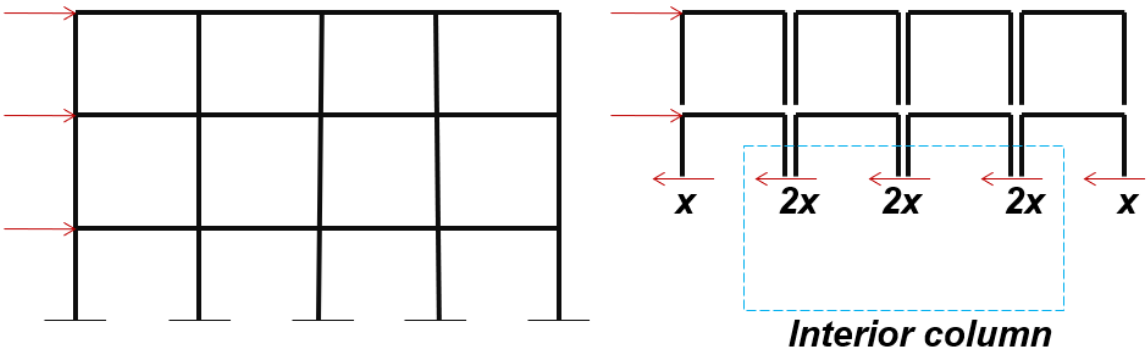
การวิเคราะห์โครงสร้างแบบประมาณ ด้วยวิธีการ Portal มีสมมุติฐานในการวิเคราห์ 5 ข้อ ดังต่อไปนี้

1. ชิ้นส่วนจุดต่อโครงข้อแข็งทุกส่วนมีความแกร่ง
2. แรงกระทำด้านข้างกระทำที่จุดต่อ
3. เสาทุกต้นมีการเปลี่ยนรูปจากแรงกระทำ และมีจุด PI ที่กึ่งกลาง
4. คานทุกชิ้นมีการเปลี่ยนรูปจากแรงกระทำ และมี PI ที่กึ่งกลางช่วงความยาว
5. ในช่วงกึ่งกลางของทุกชั้น แรงเฉือนที่เกิดขึ้นในช่วงภายในของเสา มีค่าเป็น 2 เท่า ของเสาภายนอก

Copyright 2019-2020



ภาพที่ 115 ตำแหน่งของจุดดัดกลับในวิธี Portal

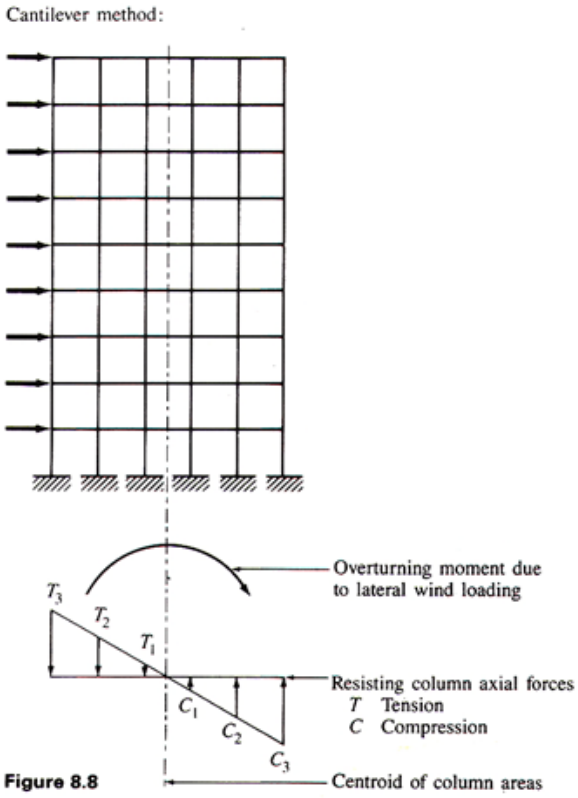


ภาพที่ 116 สมมุติฐานแรงเฉือนในวิธี Portal

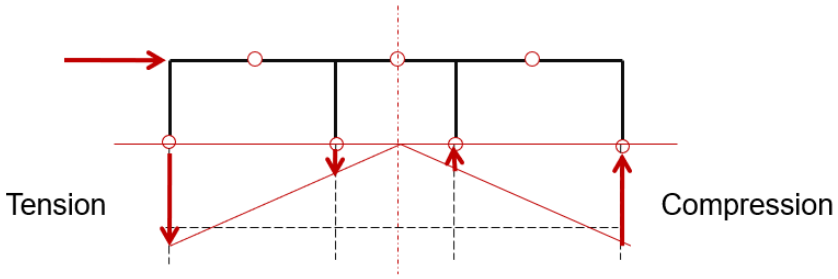
Copyright 2019-2020

วิธีการ Cantilever Method

วิธีการวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีการ Cantilever ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างอาคารสูง การกำหนดตำแหน่งของจุด PI ใช้หลักการเดียวกับวิธีการ Portal แต่เปลี่ยนสมมุติฐานจากแรงเฉือน เป็นแรงตามแนวแกน ที่เกิดขึ้นในเสา



ภาพที่ 117 สมมุติฐานแรงตามแนวแกนในวิธี Portal

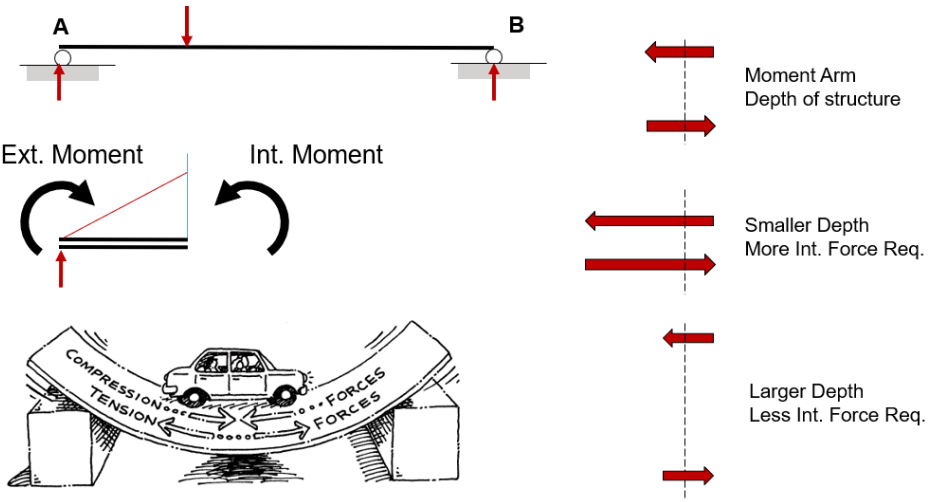


ภาพที่ 118 สมมุติฐานแรงตามแนวแกนในวิธี Portal

Copyright 2019-2020

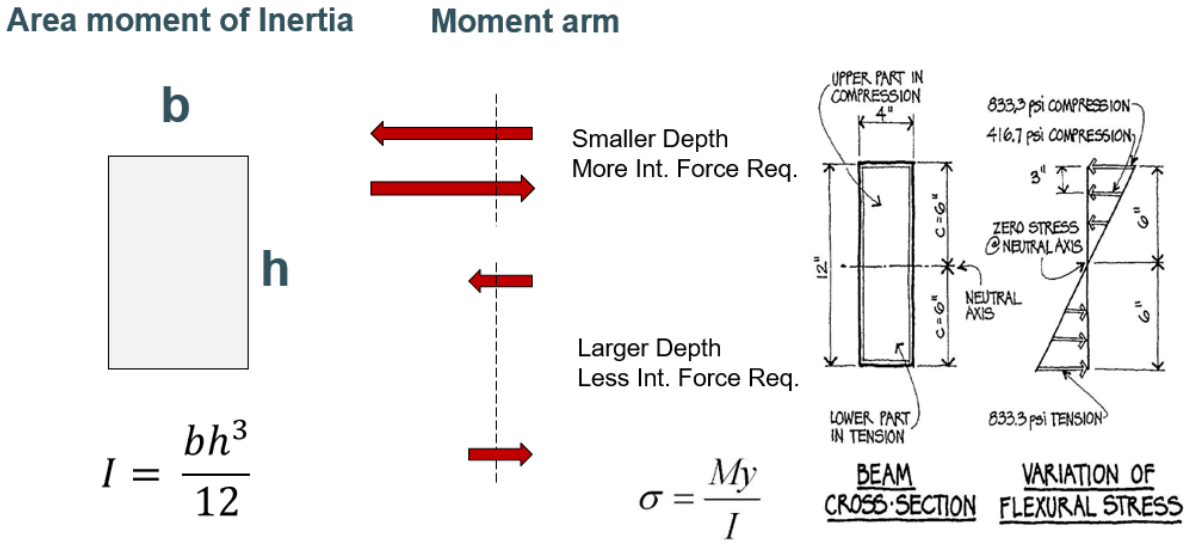
การประมาณขนาดหน้าตัดของโครงสร้าง

ตามที่กล่าวมาข้างต้น เมื่อผู้วิเคราะห์ได้ทำการประมาณแรงภายในที่เกิดขึ้นในโครงสร้าง แรงภายในเหล่านั้นจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อประมาณขนาดของโครงสร้าง แรงภายในซึ่งมีบทบาทต่อขนาดของหน้าตัดโครงสร้างมากที่สุดคือ แรงดัด



ภาพที่ 119 แรงดัดที่เกิดจากแรงภายนอก และ แรงต้านทานภายใน

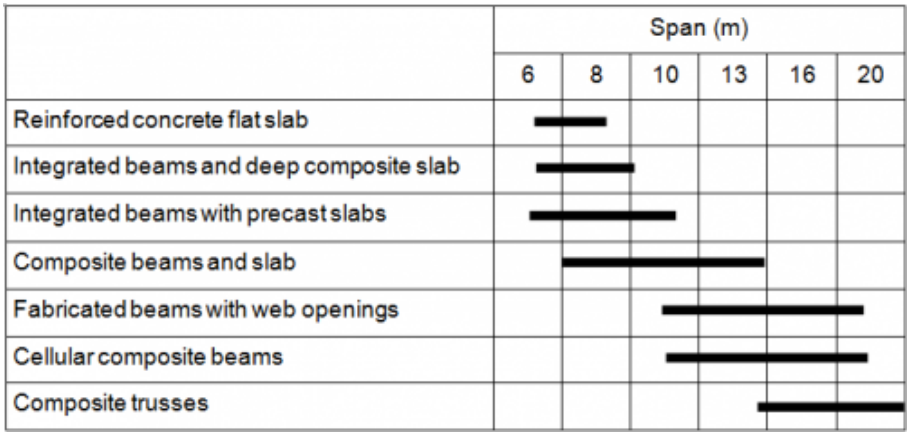
แรงดัดทำให้เกิด หน่วยแรงดัด (Flexural stress) ซึ่งเป็นแรงที่ มีความสัมพันธ์กับ โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด อันเป็นผลที่มาจากขนาดของหน้าตัด โดยมีความแข็งแกร่งของวัสดุเป็นปัจจัยควบคุม



ภาพที่ 120 โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัด และ หน่วยแรงที่เกิดขึ้น

Copyright 2019-2020

จากการที่วัสดุส่งผลต่อขนาดหน้าตัดของโครงสร้าง โดยความเป็นจริงแล้ว วิศวกรสามารถออกแบบหน้าตัดของโครงสร้างเพื่อรับน้ำหนักบรรทุกขนาดใดก็ได้ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาตามความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ รูปแบบของระบบโครงสร้าง โดยทั่วไปมีช่วงขนาดที่เหมาะสมตามภาพที่ 121



ภาพที่ 121 ระบบโครงสร้างที่เหมาะสมกับช่วงพาดระยะต่างๆ

นอกจากนี้สัดส่วนของความลึกที่เหมาะสม ของโครงสร้างคอนกรีต และ โครงรสร้างเหล็ก ได้ถูกแนะนำในภาพที่ ... และภาพที่ 122

Typical span/depth ratios

Element	Typical spans (m)	Overall depth or thickness		
		Simply supported	Continuous	Cantilever
One-way spanning slabs	5–6	*L*/22–30	*L*/28–36	*L*/–10
Two-way spanning slabs	6–11	*L*/24–35	*L*/34–40	–
Flat slabs	4–8	*L*/27	*L*/36	*L*/–10
Close centre-ribbed slabs (ribs at 600 mm c/c)	6–14	*L*/23	*L*/31	*L*/9
Coffered slabs (ribs at 900–1500 mm slabs)	8–14	*L*/15–20	*L*/18–24	*L*/7
Post-tensioned flat slabs	9–10	*L*/35–40	*L*/38–45	*L*/10–12
Rectangular beams (width > 250 mm)	3–10	*L*/12	*L*/15	*L*/6
Flanged beams	5–15	*L*/10	*L*/12	*L*/6
Columns	2.5–8	*H*/10–20	*H*/10–20	*H*/10
Walls	2–4	*H*/30–35	*H*/45	*H*/15–18
Retaining wall	2–8	–	–	*H*/10–14

Note: 125 mm is normally the minimum concrete floor thickness for fire resistance.

ภาพที่ 122 การประมาณขนาดของโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

Copyright 2019-2020

Preliminary sizing of steel elements

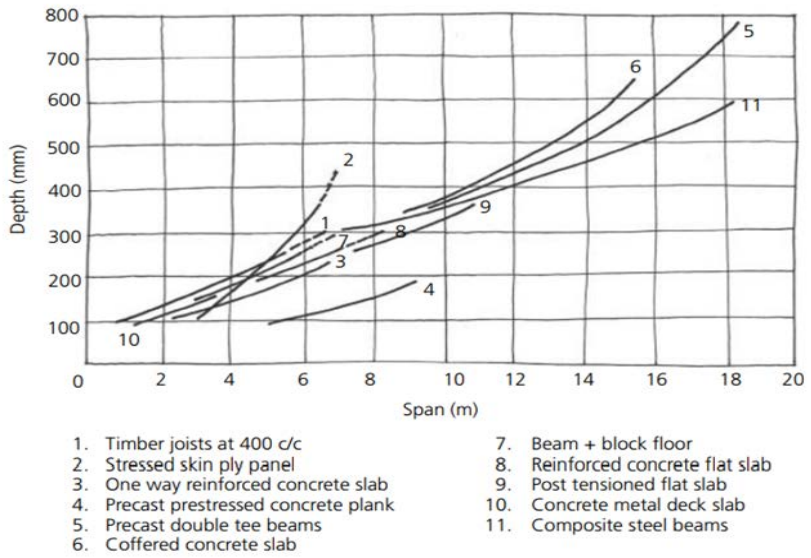
Typical span/depth ratios

Element	Typical span (*L*) (m)	Beam death
Primary beams/trusses (heavy point loads)	4–12	*L*/10–15
Secondary beams/trusses (distributed loads)	4–20	*L*/15–25
Transfer beams/trusses carrying floors	16–30	*L*/10
Castellated beams	4–12	*L*/10–15
Plate girders	10–30	*L*/10–12
Vierendeel girders	6–18	*L*/8–10
Parallel chord roof trusses	10–100	*L*/12–20
Pitched roof trusses	8–20	*L*/5–10
Light roof beams	6–60	*L*/18–30
Conventional lattice roof girders	5–20	*L*/12–15
Space frames (allow for *l*/250 pre-camber)	10–100	*L*/15–30
Hot rolled universal column	Single storey 2–8	*L*/20–25
	Multi-storey 2–4	*L*/7–18
Hollow section column	Single storey 2–8	*L*/20–35
	Multi-storey 2–4	*L*/7–28
Lattice column	4–10	*L*/20–25
Portal leg and rafter (haunch depth <0.11)	9–60	*L*/35–40

ภาพที่ 123 การประมาณขนาดของโครงสร้างเหล็ก

แสดงถึงความหนาและตัวเลือกของระบบพื้นโครงสร้างที่เหมาะสมใน ช่วงพาดขนาดต่างๆ

Selection of floor construction



1. Timber joists at 400 c/c
2. Stressed skin ply panel
3. One way reinforced concrete slab
4. Precast prestressed concrete plank
5. Precast double tee beams
6. Coffered concrete slab
7. Beam + block floor
8. Reinforced concrete flat slab
9. Post tensioned flat slab
10. Concrete metal deck slab
11. Composite steel beams

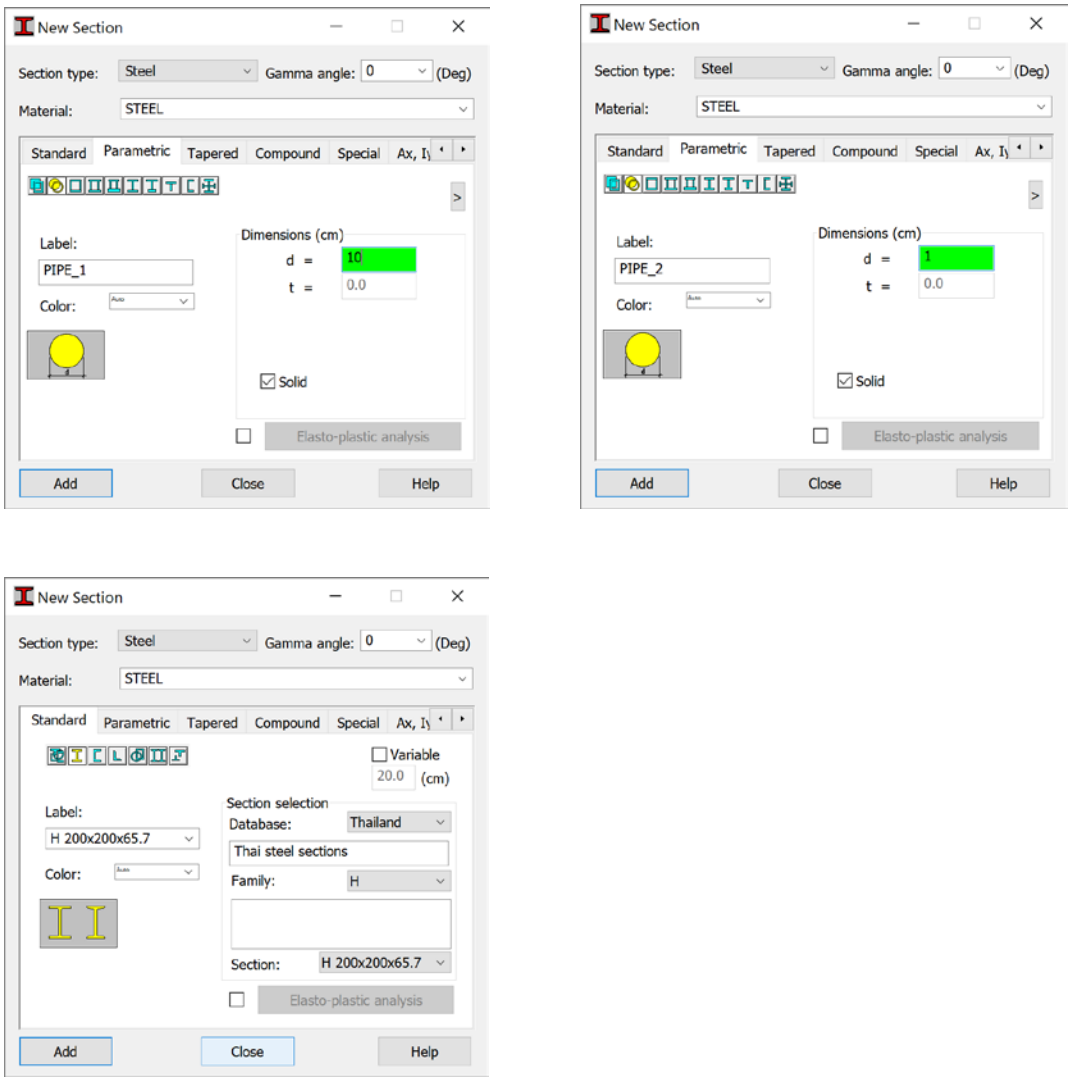
ภาพที่ 124 ความหนา และ ระบบพื้นที่เหมาะสมกับความยาวช่วงพาดระยะต่างๆ

Copyright 2019-2020

ปฏิบัติการ

ในการสร้างแบบจำลองโครงสร้างนั้นในกรณีที่โครงสร้างมีลักษณะเป็น Indeterminate Structure ขนาดของโครงสร้างมีความสัมพันธ์กับแรงภายใน หากผู้สร้างแบบจำลองกำหนดขนาดเริ่มต้นของโครงสร้างไม่เหมาะสมจะส่งผลให้แรงภายในที่เกิดขึ้นอาจไม่ตรงกับพฤติกรรมของโครงสร้างจริงในปฏิบัติการนี้ยกตัวอย่างของผลที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงขนาดของโครงสร้างเพื่อเปรียบเทียบแรงภายในที่เกิดขึ้น

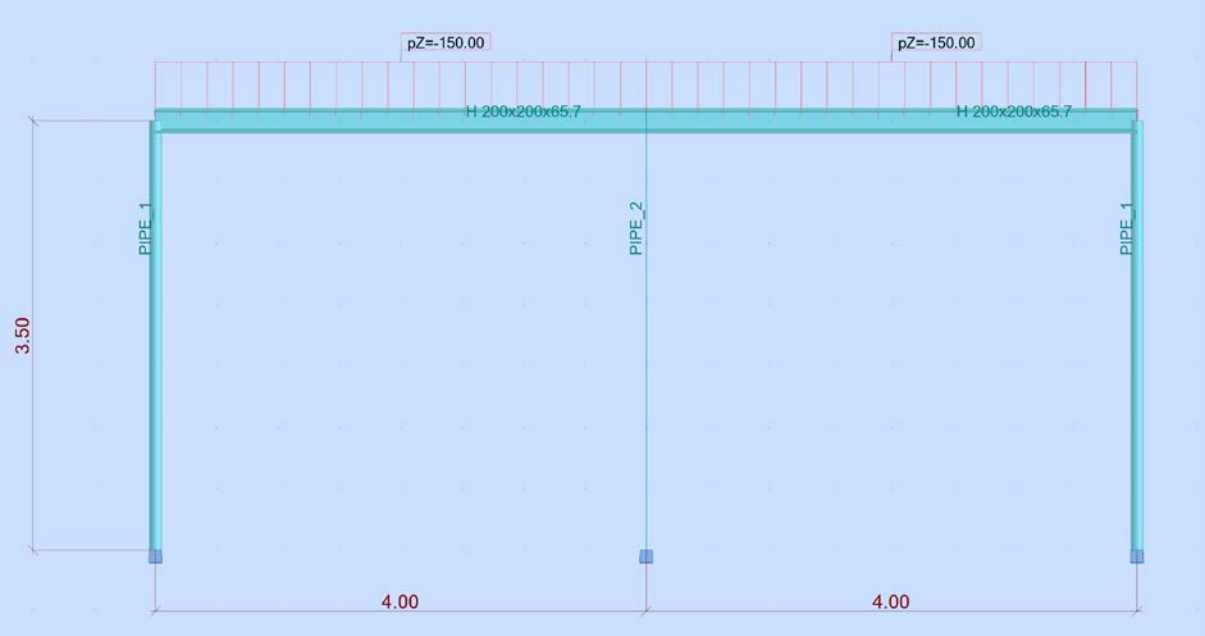
1. ให้ทำการสร้างพื้นที่หน้าตัด 3 ขนาดดังต่อไปนี้



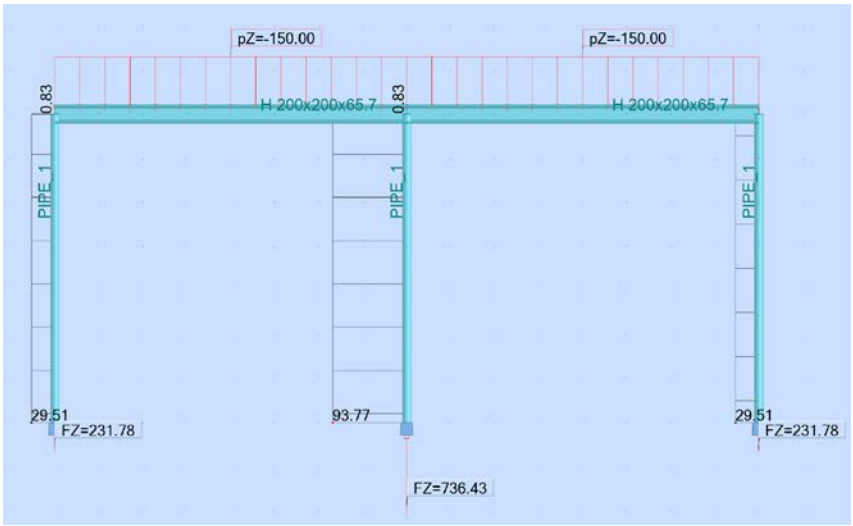
ภาพที่ 125 ขนาดของชิ้นส่วนโครงสร้าง

Copyright 2019-2020

2. ทำการสร้างแบบจำลองโครงสร้างตามภาพต่อไปนี้



3. ให้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างและสังเกตถึงผลการวิเคราะห์โครงสร้างที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อผู้สร้างแบบจำลองเปลี่ยนขนาดพื้นที่หน้าตัดของโครงสร้าง ในประเด็นดังต่อไปนี้
   a. แรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ
   b. แผนภูมิแรงดันและแรงเฉือนที่เกิดขึ้น
   c. หน่วยแรงภายใน
   d. การเปลี่ยนรูปของโครงสร้าง



 Copyright 2019-2020