ทฤษฎีโครงสร้าง: การวิเคราะห์ความมั่นคงและดีเทอร์มิเนต

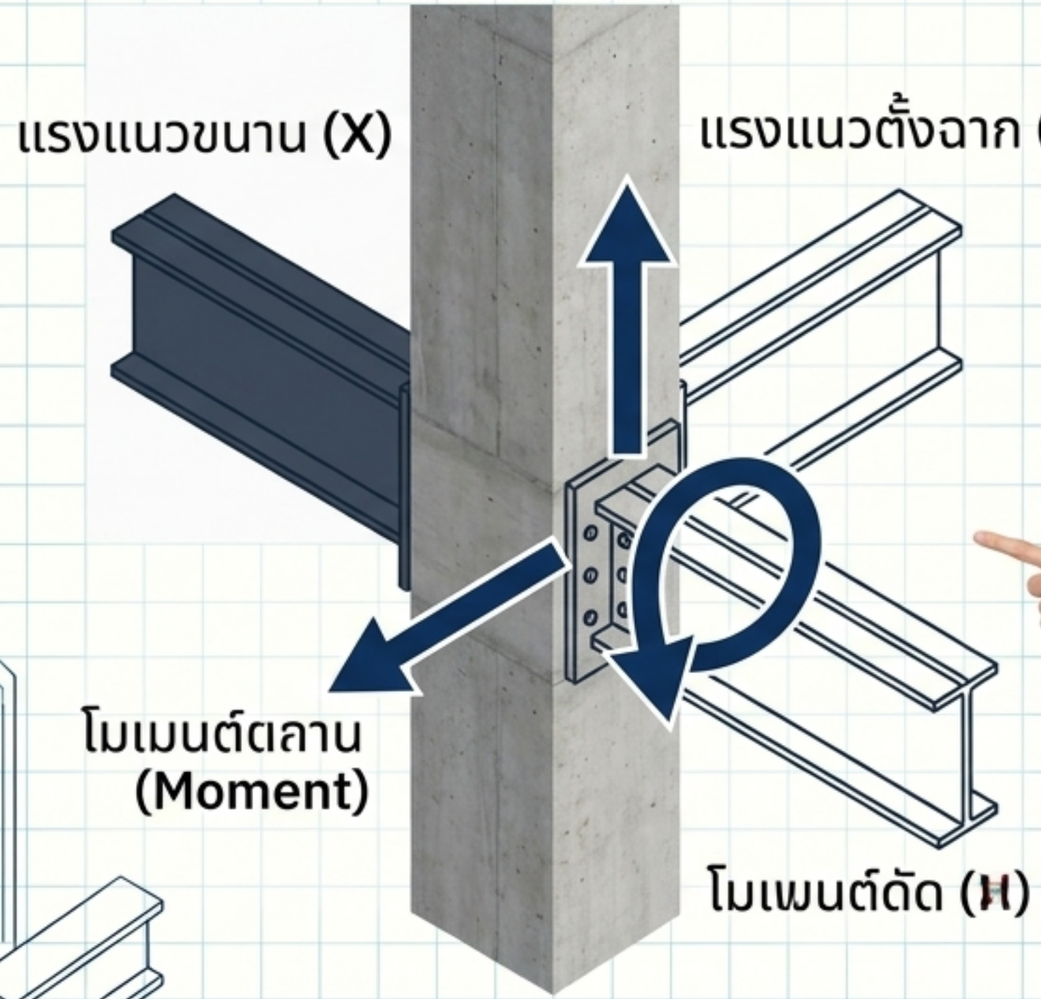
คู่มือฉบับ ภาพจำง่าย สำหรับนักศึกษา ปวส. 1

Color Code สำหรับตัวแปรหลัก:

- **R** (แรงปฏิกิริยา)
- **M** (ชิ้นส่วน)
- **j** (จุดต่อ)
- **C** (เงื่อนไข)

NotebookLM

ทำไม Fixed Support ถึงรับแรงได้ถึง 3 ทิศทาง?



จุดรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support)

ยึดโครงสร้างไว้แน่นหนา 3 ประการ:
- ไม่ให้เคลื่อนที่แนวนอน
- ไม่ให้เคลื่อนที่แนวตั้ง
- ไม่ยอมให้เกิดการหมุนรอบแกน

ดังนั้นจึงเกิด **แรงปฏิกิริยา (R)** ขึ้น 3 แรงเสมอ เพื่อต้านการเคลื่อนที่เหล่านี้

NotebookLM

เป้าหมายหลัก: การแยกประเภทโครงสร้าง 3 รูปแบบ

ไร้เสถียรภาพ (Unstable)

โครงสร้างที่ทรงตัวไม่ได้ ไม่มั่นคง และไม่ควรนำไปก่อสร้างเด็ดขาด

โครงสร้างอย่างง่าย (Determinate)

โครงสร้างที่สามารถคำนวณหาแรงต่างๆ ได้ได้ครบถ้วนโดยใช้เพียงสมการสมดุลพื้นฐาน

โครงสร้างอย่างยาก (Indeterminate)

โครงสร้างที่ซับซ้อน ไม่สามารถคำนวณด้วยสมดุลเพียงอย่างเดียว ต้องอาศัยเงื่อนไขอื่นๆ เข้าช่วย

NotebookLM

สถิตยศาสตร์ภายนอก (External Statics): การมองภาพรวมโครงสร้าง

ผลรวมของแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ (Reaction)

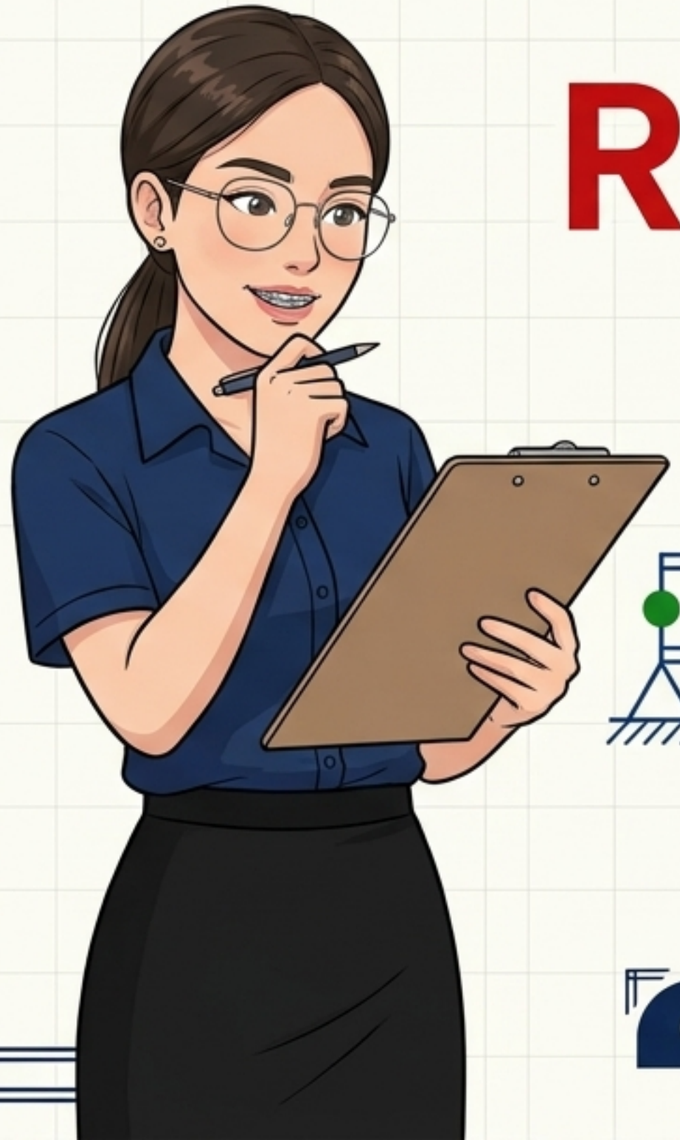
$$R = 3 + C$$

จำนวนตัวเงื่อนไข (Equation of Condition)

- ถ้า $R < 3 + C$ → ไร้เสถียรภาพ (Unstable)
- ถ้า $R = 3 + C$ → อย่างง่าย (Determinate)
- ถ้า $R > 3 + C$ → อย่างยาก (Indeterminate)

NotebookLM

สถิตยศาสตร์ภายใน: สำหรับคานและโครงข้อแข็ง (Beam & Frame)



$$R + 3M = 3j + C$$

M = จำนวนชิ้นส่วนโครงสร้าง (Member)

→ มีแรงภายใน 3 แรงต่อ 1 ชิ้นส่วน จึงต้องคูณ 3

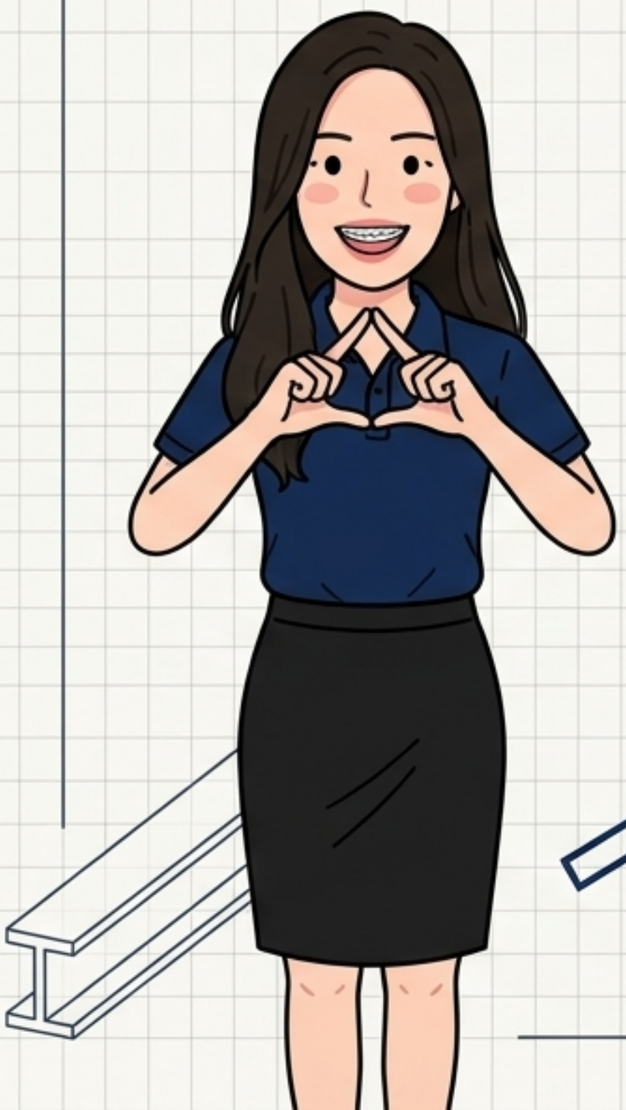
j = จำนวนจุดต่อ (Joint)

→ 1 จุดต่อใช้สมการสมดุลได้ 3 สมการ จึงต้องคูณ 3

ตรวจคำตอบด้วยหลักการเดิม: นำฝั่งซ้าย (R+3M) เปรียบเทียบกับฝั่งขวา (3j+C)

NotebookLM

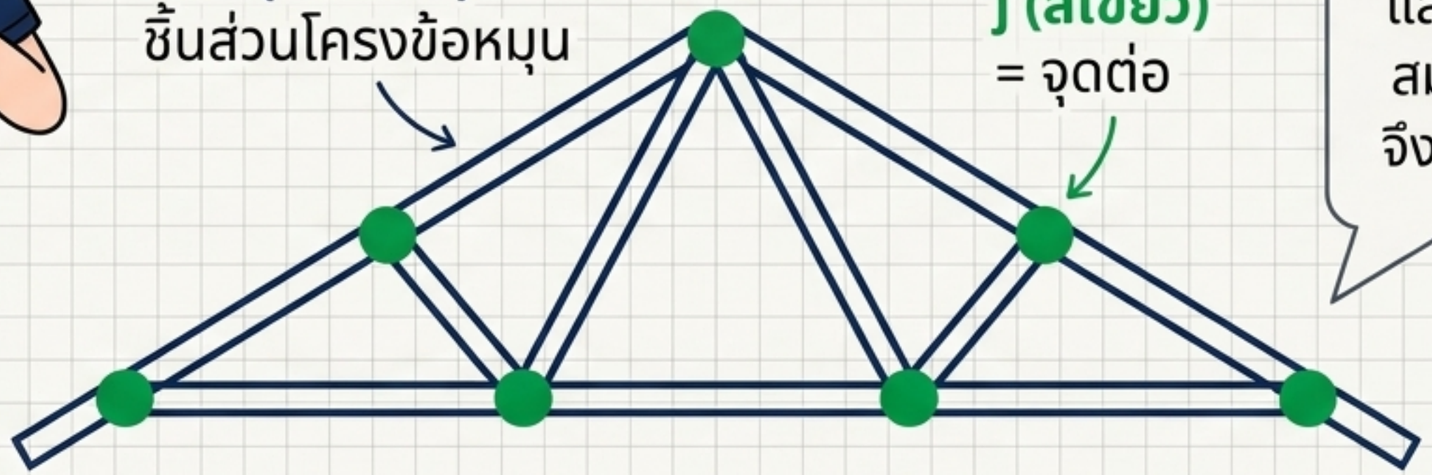
สถิตยศาสตร์ภายใน: โครงข้อหมุน (Truss)



$$R + M = 2j$$

M (สีน้ำเงิน) = ชิ้นส่วนโครงข้อหมุน

j (สีเขียว) = จุดต่อ



ข้อสังเกตสำคัญ:

โครงข้อหมุนไม่มี C (ตัวเงื่อนไข) เข้ามาเกี่ยว และ 1 จุดต่อใช้สมการสมดุลได้แค่ 2 สมการ จึงใช้สูตร **2j** (ไม่ใช่ **3j**)

NotebookLM

แผนผังการเลือกสูตร (Decision Tree)

ขั้นตอนที่ 1: เช็คภาพรวมภายนอกก่อนเสมอ

เปรียบเทียบ **R** กับ **3 + C**

ขั้นตอนที่ 2: วิเคราะห์เจาะลึกภายใน (เลือกตามประเภท)

คาน (Beam) หรือ โครงข้อแข็ง (Frame)

เปรียบเทียบ **R + 3M** กับ **3j + C**

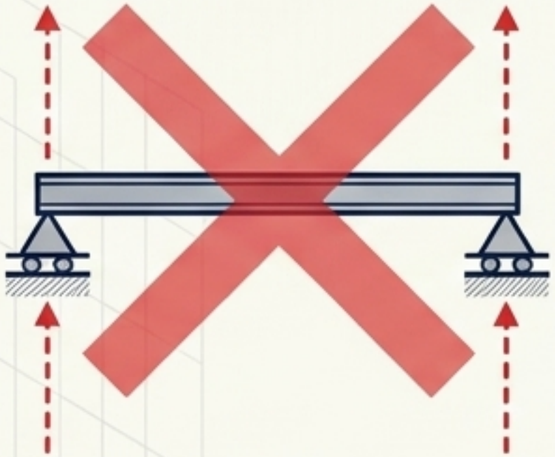
โครงข้อหมุน (Truss)

เปรียบเทียบ **R + M** กับ **2j**

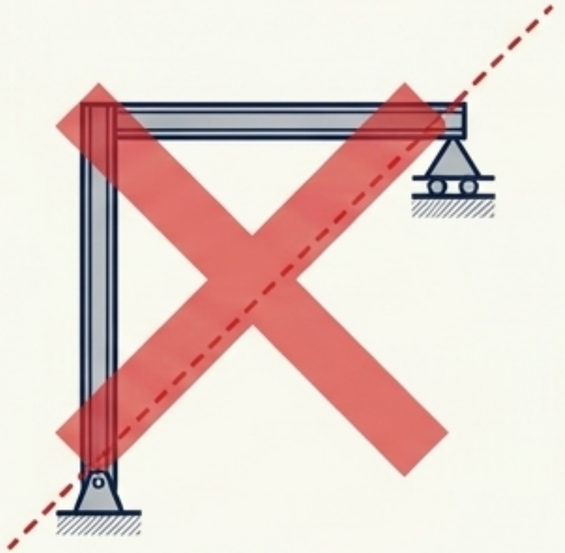
คำแนะนำ: *วิเคราะห์ภายนอกก่อนเสมอ แล้วค่อยเจาะดูภายในตามประเภทโครงสร้าง!*

NotebookLM

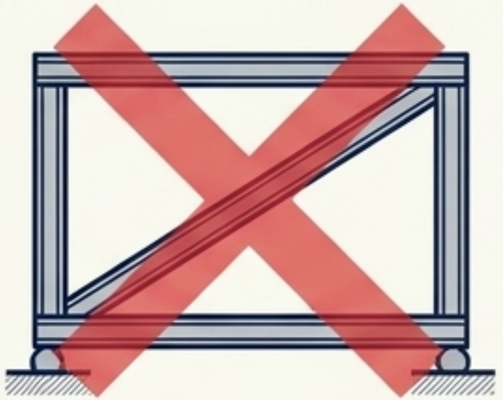
Danger Zone! โครงสร้างไร้เสถียรภาพจากรูปร่าง



1. แรงปฏิกิริยาขนานกัน



2. แรงพบกันที่จุดเดียว

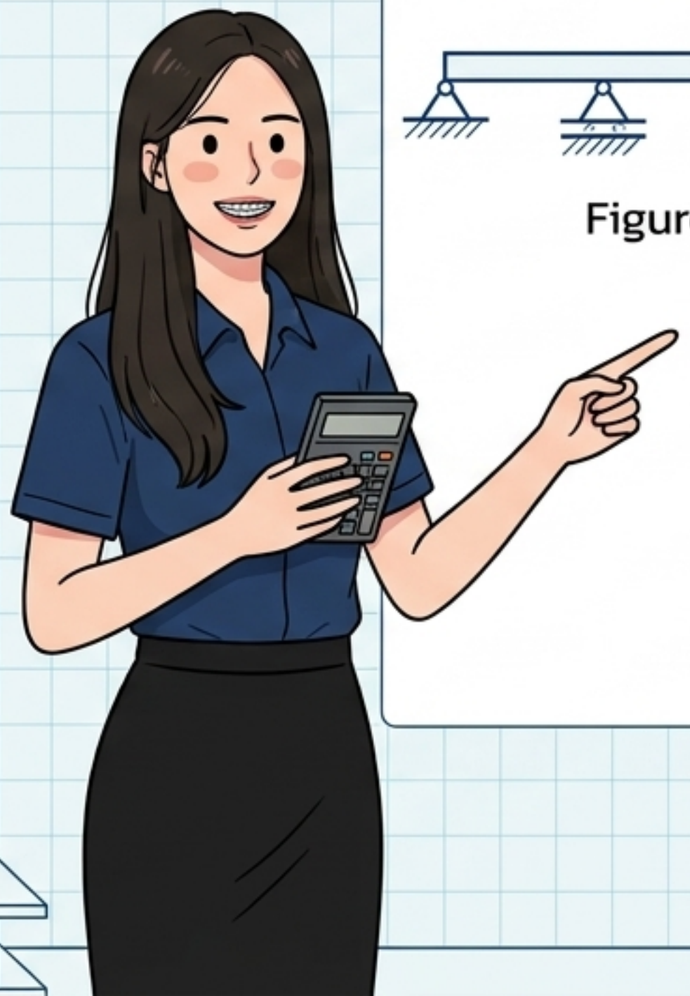


3. ชิ้นส่วน Truss ไม่เป็นสามเหลี่ยม

แม้ยอดสมการจะผ่าน แต่ถ้าโครงสร้างมีลักษณะ 3 แบบนี้ ให้ถือว่า ไร้เสถียรภาพทันที (ทรงตัวไม่ได้)

NotebookLM

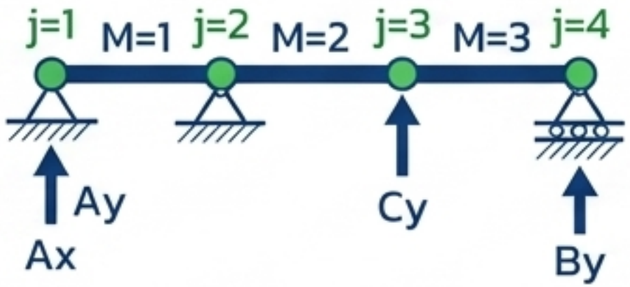
Step-by-Step 1: การวิเคราะห์คาน (Beam)



1. เขียนแบบร่าง (Sketch)

Figure 1.24

2. แปลงเป็น FBD



3. คำนวณ (แทนค่า)

ภายนอก: **R** = 4, **C** = 1 (ที่จุด Hinge)

R = 3 + **C**

4 = 3 + **1**

4 = **4** (อย่างง่าย)

ภายใน: **M** = 3 ชิ้น, **j** = 4 จุด, **C** = 1

R + 3**M** = 3**j** + **C**

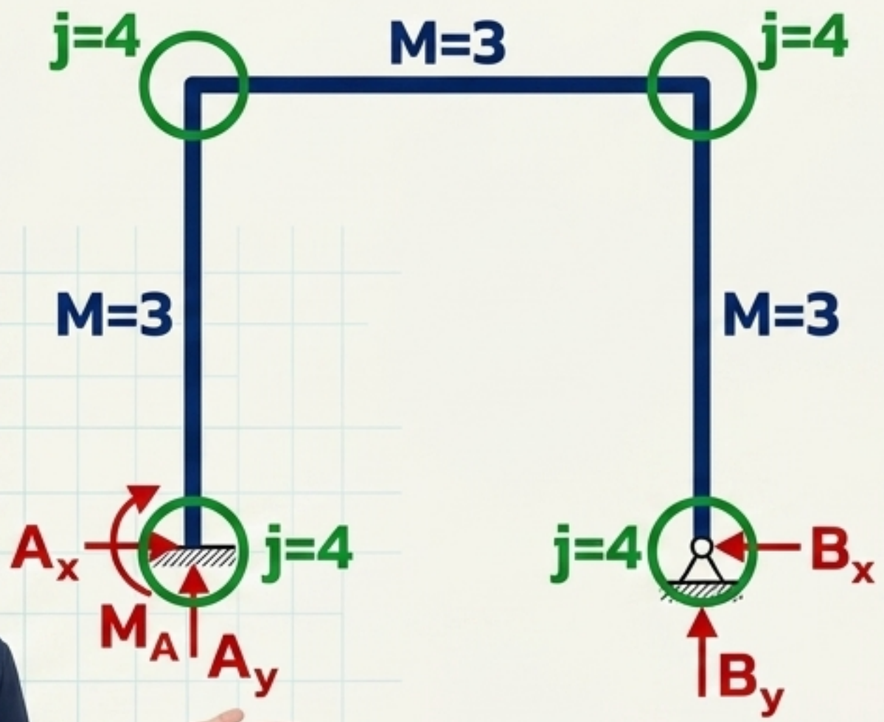
4 + 3(3) = 3(4) + **1**

13 = **13**

สรุป: 13 = 13 -> เป็นโครงสร้างอย่างง่าย (Determinate)

NotebookLM

Step-by-Step 2: การวิเคราะห์โครงข้อแข็ง (Frame)



ภายนอก: **R** = 5 (Fixed=3, Pin=2), **C** = 0

R เทียบกับ **3** + **C**

5 > 3 + 0

5 > 3 (อย่างยาก)

ภายใน:

M = 3 ชิ้น, **j** = 4 จุด

R + **3M** เทียบกับ **3j** + **C**

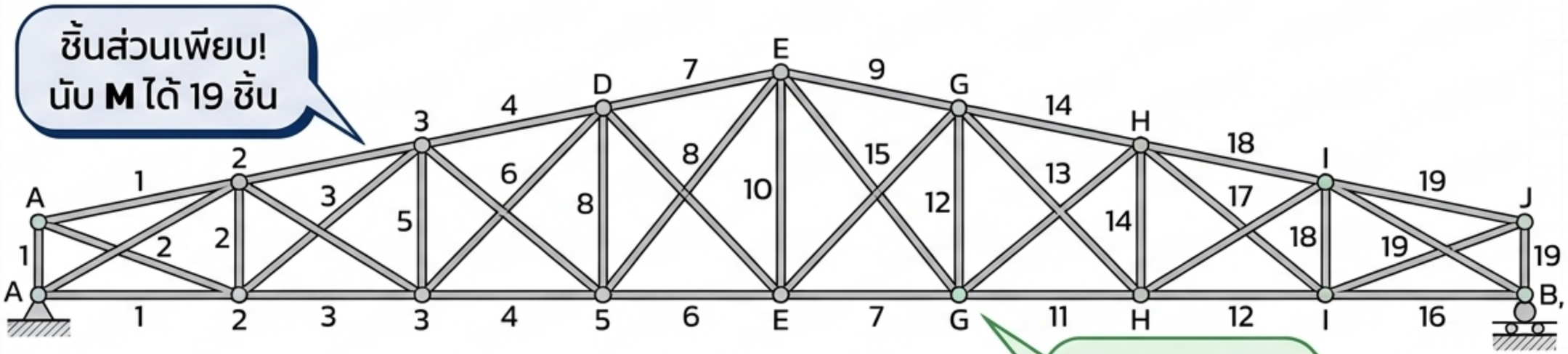
5 + 3(3) เทียบกับ 3(4) + 0

14 > 12

สรุป: ฝั่งซ้ายมากกว่าฝั่งขวา -> เป็นโครงสร้างอย่างยาก (Indeterminate)

NotebookLM

Step-by-Step 3: การวิเคราะห์โครงข้อหมุน (Truss)



สมการโครงข้อหมุน: **R + M** เทียบกับ **2j**

ภายนอก: **R** = 3 (Pin + Roller)

แทนค่า:

ฝั่งซ้าย: 3 + 19 = 22

ฝั่งขวา: 2(10) = 20

สรุป: 22 > 20

-> เป็นโครงสร้างอย่างยาก (Indeterminate)

NotebookLM

ดีกรีอินดีเทอร์มิเนท (U): วัดระดับความยาก

ถ้าพบว่าเป็น ‘โครงสร้างอย่างยาก’ เราต้องหาค่า U เพื่อดูว่า ขาด
ขาดสมการอีกกี่สมการถึงจะคำนวณได้ ยิ่ง U สูง ยิ่งซับซ้อน

1. ภายนอกทั่วไป:

$$U = R - (3 + C)$$

2. ภายใน (Beam / Frame):

$$U = (R + 3M) - (3j + C)$$

3. ภายใน (Truss):

$$U = (R + M) - 2j$$

NotebookLM

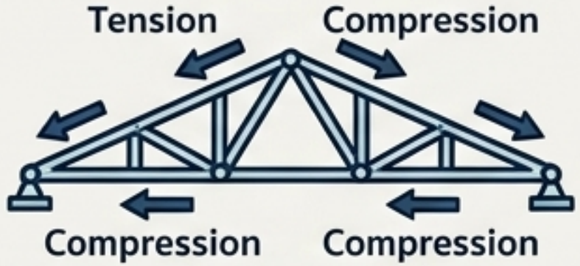
กายวิภาคของโครงสร้าง (Structural Elements)

คาน (Beam)

รับการดัด (Flexural)
โก่งตัวเมื่อรับน้ำหนัก

เสา (Column)

รับแรงกดแนวแกนเป็นหลัก



โครงข้อหมุน (Truss)

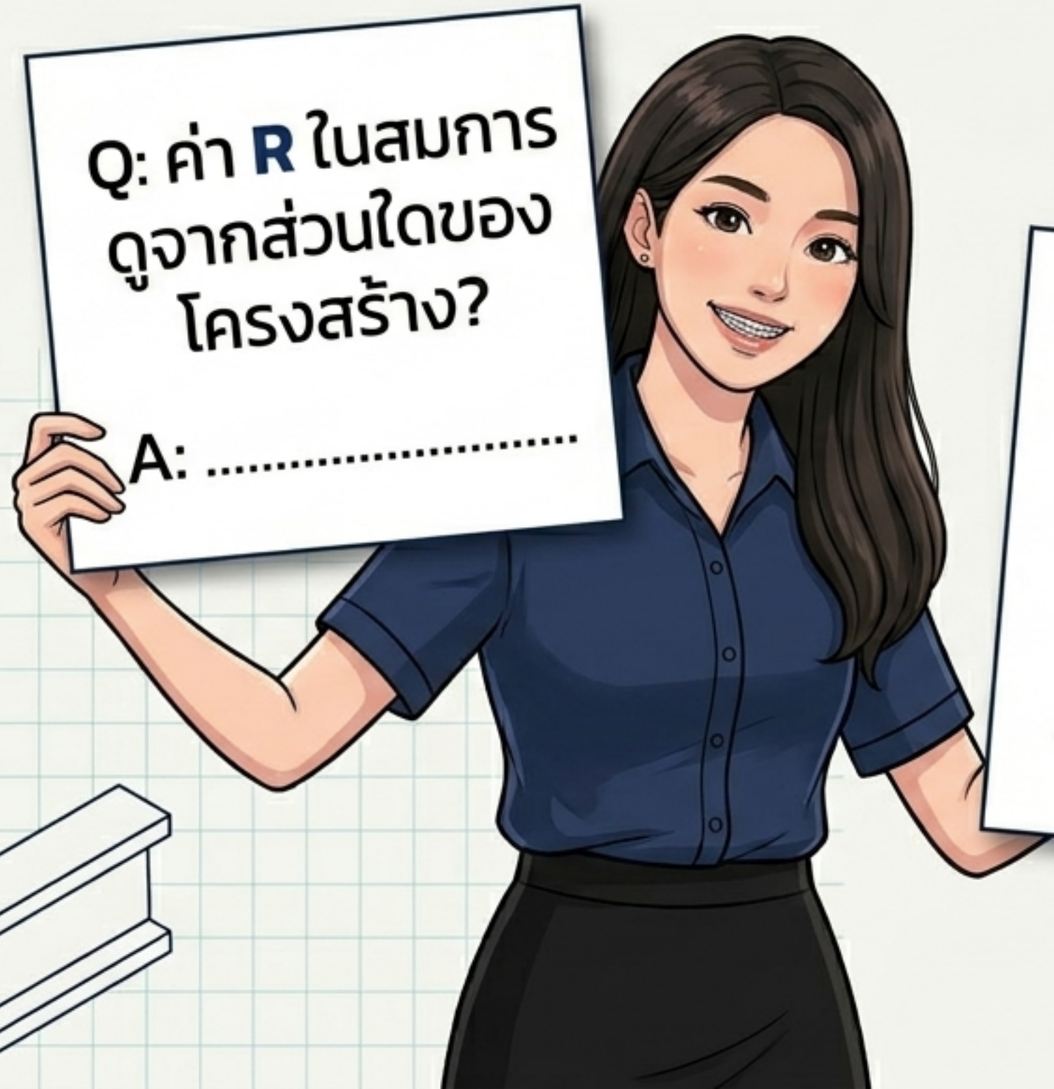
รับเฉพาะแรงดึง (Tension) และ
แรงอัด (Compression) เท่านั้น

ส่วนโค้ง (Arches)

รับน้ำหนักกดทับตัวเอง
เพื่อให้เกิดแรงอัดสม่ำเสมอ

NotebookLM

Challenge Time! มาทดสอบความเข้าใจกัน



Q: ค่า **R** ในสมการดูจากส่วนใดของโครงสร้าง?

A: .....

Q: สมการสถิตยศาสตร์ภายในของ ***โครงข้อหมุน*** คืออะไร?

A: .....

Q: ค่า **M** และ **j** ย่อมาจากอะไร?

A: .....

เฉลย: R=จุดรองรับ, R+M=2j, M=ชิ้นส่วน j=จุดต่

NotebookLM

The Final Blueprint (บทสรุป)

โครงสร้างที่แข็งแรง
ไม่ได้เกิดจากการคำนวณที่ซับซ้อน
แต่เริ่มต้นจากการแยกประเภท
และการวิเคราะห์พื้นฐานที่ถูกต้อง

แล้วพบกันใหม่ในบทถัดไปของการออกแบบโครงสร้าง!

NotebookLM