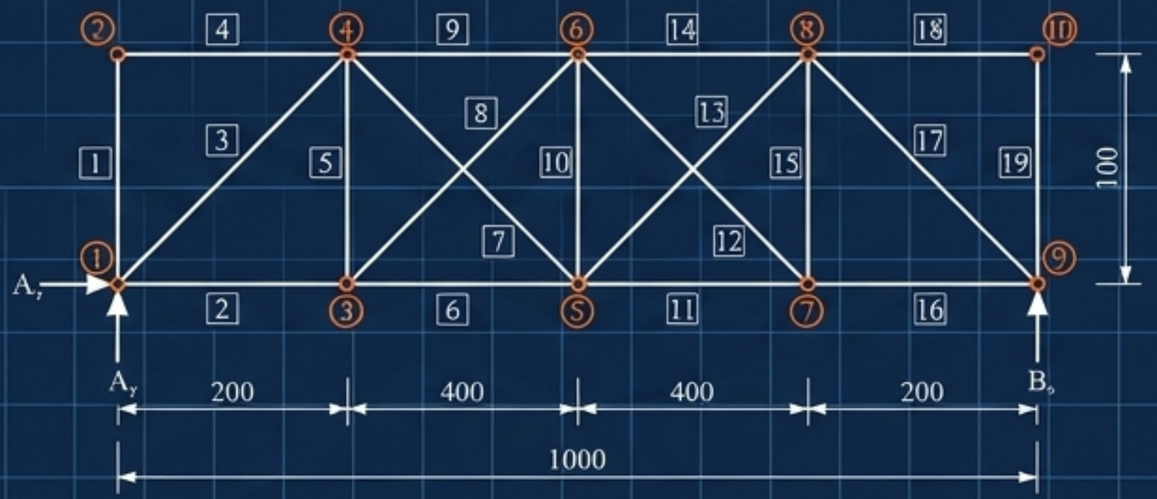
คู่มือวิเคราะห์เสถียรภาพและจำแนกโครงสร้าง

ระบบการประเมินโครงสร้าง: สถิตยศาสตร์ภายนอกและภายใน



NotebookLM

เป้าหมายหลัก: โครงสร้างนี้อยู่ในหมวดหมู่ใด?

โครงสร้างไร้เสถียรภาพ (Unstable)

ไม่มั่นคงหรือทรงตัวอยู่ไม่ได้

ห้ามนำไปก่อสร้าง
โดยเด็ดขาด

โครงสร้างอย่างง่าย (Determinate)

สามารถคำนวณหาแรงได้
ครบถ้วนโดยใช้สมการสมดุล
(Equilibrium Equations)
พื้นฐาน

เหมาะสมและพร้อมคำนวณ

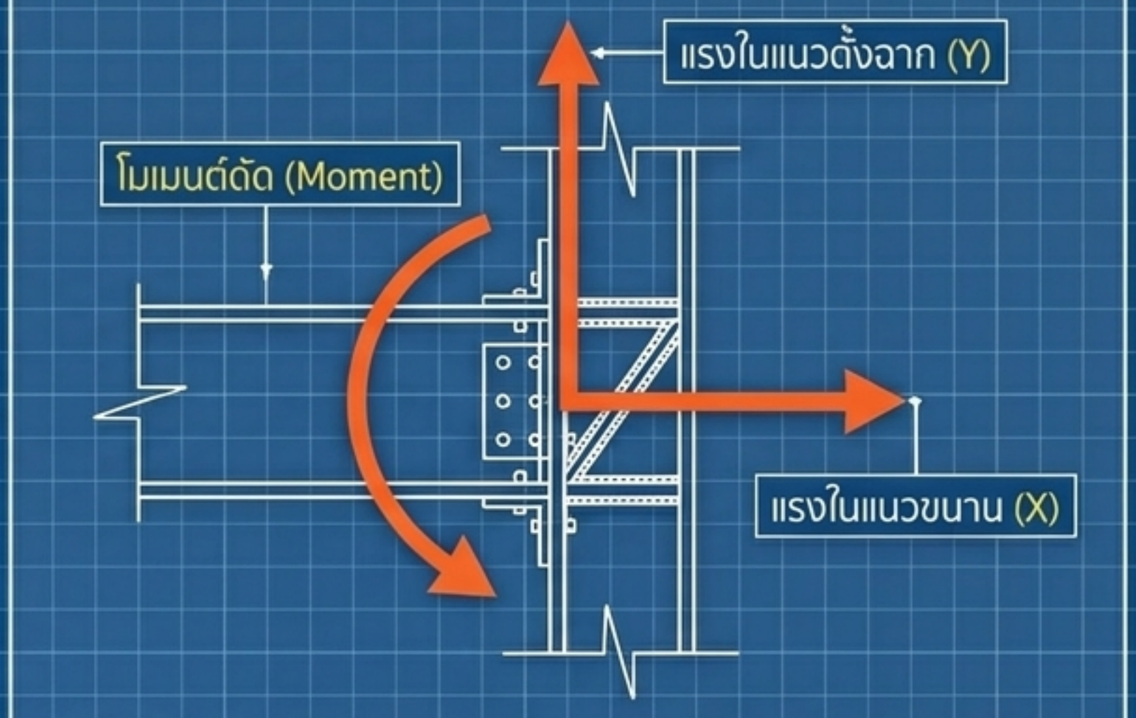
โครงสร้างอย่างยาก (Indeterminate)

มีแรงปฏิกิริยามากเกินกว่า
สมการสมดุลปกติ

ต้องอาศัยเงื่อนไขอื่น
เข้าช่วยคำนวณ

NotebookLM

จุดกำเนิดของตัวแปร: การวิเคราะห์จุดรองรับ (Supports)

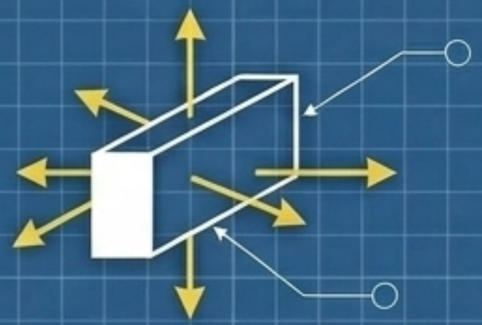


จุดรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support) 1 จุด
จะสร้างตัวแปรแรงปฏิกิริยา (Reaction) จำนวน 3 ค่า เสมอ

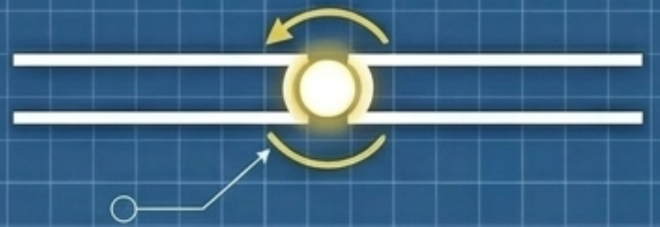
NotebookLM

ทำความรู้จักตัวแปรหลักในการวิเคราะห์ (The Core Variables)

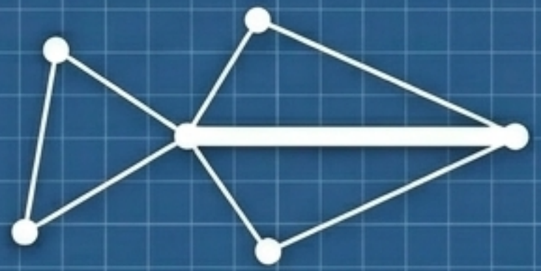
R = ผลรวมแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ (Reactions)



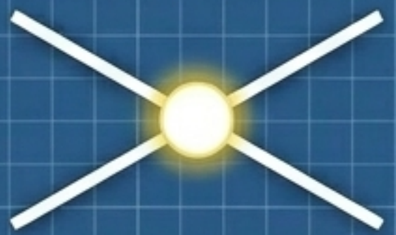
C = จำนวนตัวเงื่อนไข (Equations of Condition)
เช่น บานพับภายใน (Internal Hinge)



M = ผลรวมจำนวนชิ้นส่วนโครงสร้าง (Members)



j = ผลรวมจำนวนจุดต่อ (Joints)



NotebookLM

ขั้นตอนที่ 1: การวิเคราะห์สถิตยศาสตร์ภายนอก (External Statics)

นำสมการสมดุล (3) มาเปรียบเทียบกับตัวแปร

$$R = 3 + C$$

$R < 3 + C$

โครงสร้างไร้เสถียรภาพ (Unstable)

$R = 3 + C$

โครงสร้างอย่างง่าย (Determinate)

$R > 3 + C$

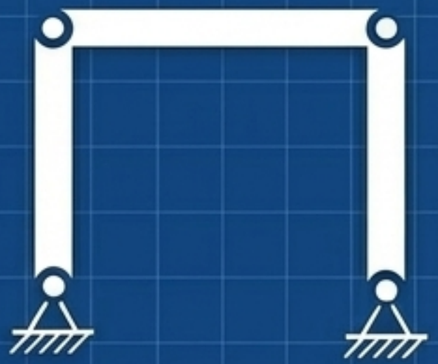
โครงสร้างอย่างยาก (Indeterminate)

สมการคำนวณดีกรีอินดีเทอร์มิเนท:

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

NotebookLM

ขั้นตอนที่ 2A: สถิตยศาสตร์ภายในของ “คานและโครงข้อแข็ง” (Beams & Frames)



ตัดชิ้นส่วนคาน 1 ภาคตัดจะมีแรงภายใน 3 แรง

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

$R + 3M < 3j + C$	$R + 3M = 3j + C$	$R + 3M > 3j + C$
โครงสร้างไร้เสถียรภาพ	โครงสร้างอย่างง่าย	โครงสร้างอย่างยาก

สมการคำนวณดีกรี:

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

NotebookLM

ขั้นตอนที่ 2B: สถิตยศาสตร์ภายในของ “โครงข้อหมุน” (Trusses)

ที่ 1 จุดต่อ ใช้สมการสมดุลได้ 2 สมการ

$$R + M = 2j$$

$R + M < 2j$

โครงสร้างไร้เสถียรภาพ

$R + M = 2j$

โครงสร้างอย่างง่าย

$R + M > 2j$

โครงสร้างอย่างยาก

สมการคำนวณดีกรี:

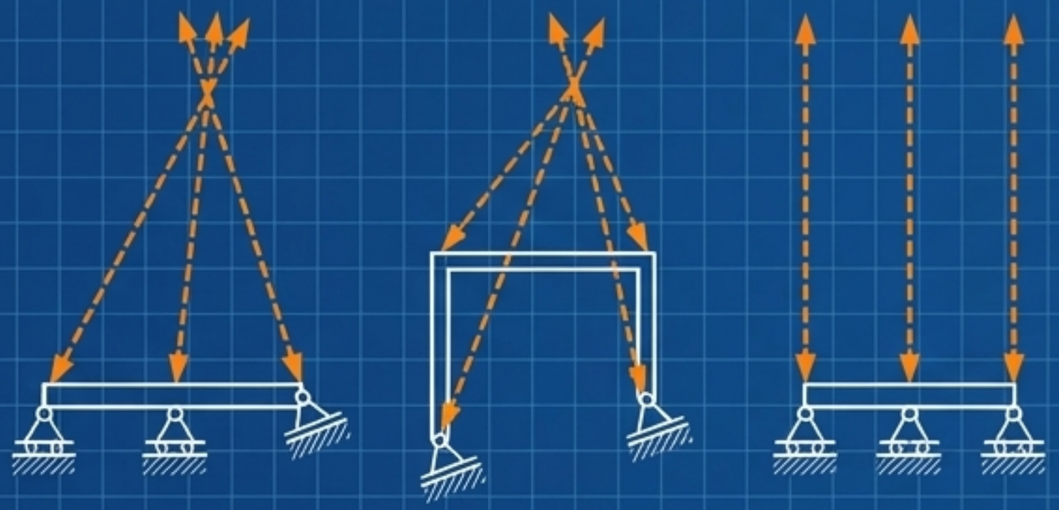
$$U = (R + M) - 2j$$

NotebookLM

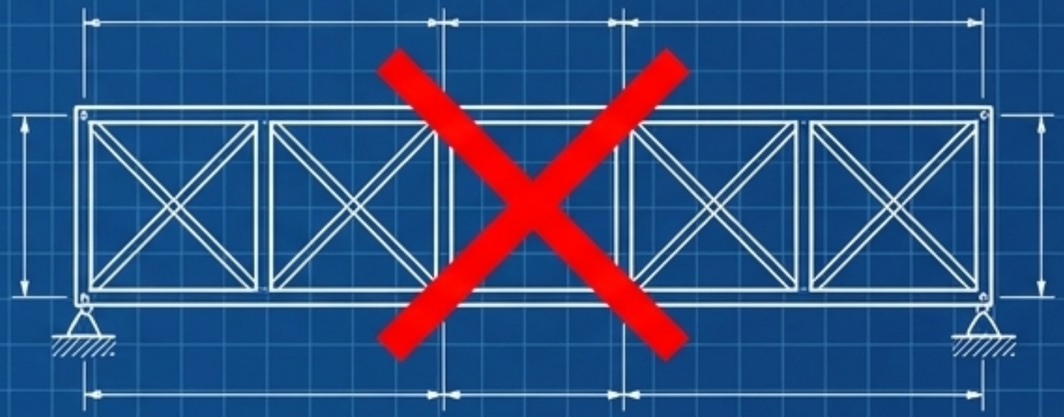
ข้อยกเว้นสำคัญ: ความไร้เสถียรภาพทางเรขาคณิต (Geometric Instability)

แม้สมการจะคำนวณได้เป็น โครงสร้างอย่างง่าย แต่รูปทรงอาจทำให้พังทลายได้ ให้ระวัง 2 กรณีนี้:

แรงปฏิกิริยาขนานกัน หรือ พบกันที่จุดเดียว



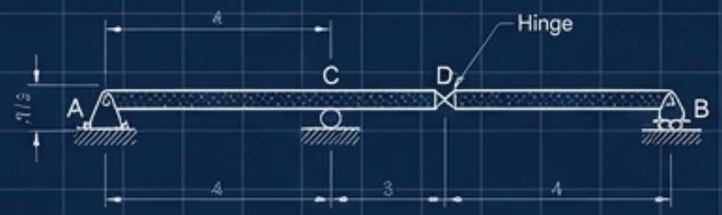
โครงข้อหมุนที่ไม่เป็นรูปสามเหลี่ยม



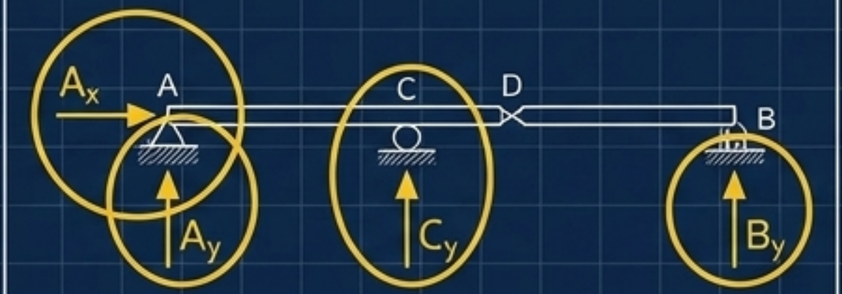
NotebookLM

กรณีศึกษา 1: โครงสร้างคานอย่างง่าย (ตัวอย่าง 1.1)

1. เขียนแบบร่าง (Sketch)



2. แผนภาพวัตถุอิสระ (FBD)



3. คำนวณ (Diagnostic Math)

Identify Variables:

R = 4 (จากจุด A, C, B)

C = 1 (จาก Hinge จุด D)

External Test:

R = 3 + C ->

4 = 3 + 1 ->

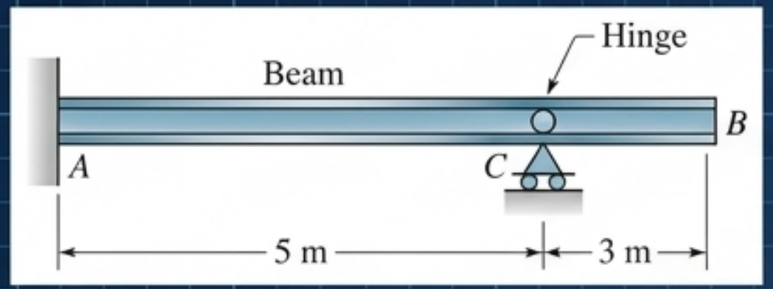
4 = 4

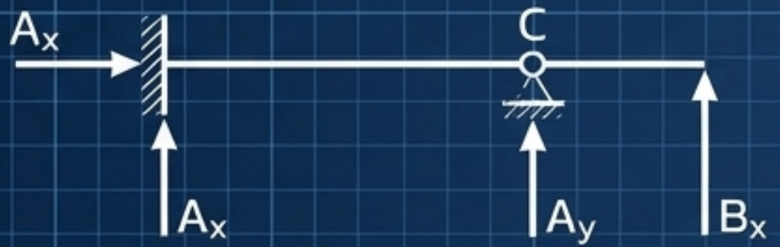
Conclusion:
เป็นโครงอย่างง่าย (Determinate)
ตามสถิตยศาสตร์ภายนอก

NotebookLM

กรณีศึกษา 2: ผลกระทบของจุดต่อบานพับ (The Impact of Hinge C)

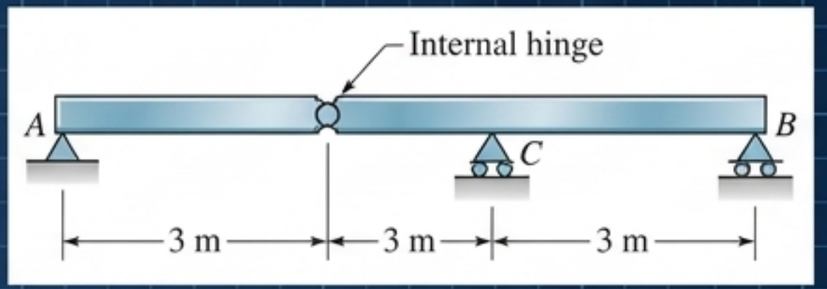
ตัวอย่าง 1.2 - Unstable

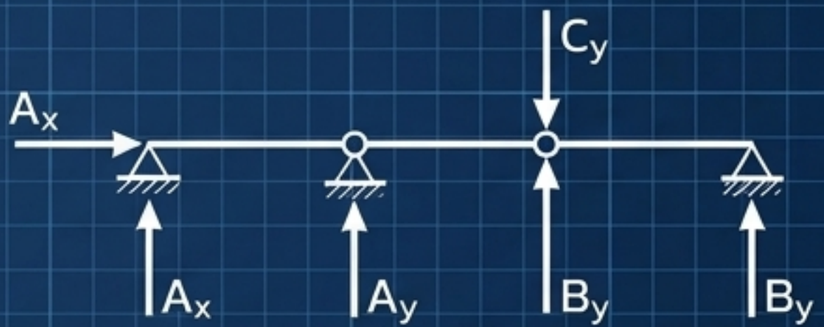




Variables: R = 3 (Fixed Support A),
C = 1 (Hinge)
Math: 3 < 3 + 1 -> 3 < 4
Conclusion: โครงสร้างไร้เสถียรภาพ!

ตัวอย่าง 1.3 - Stable



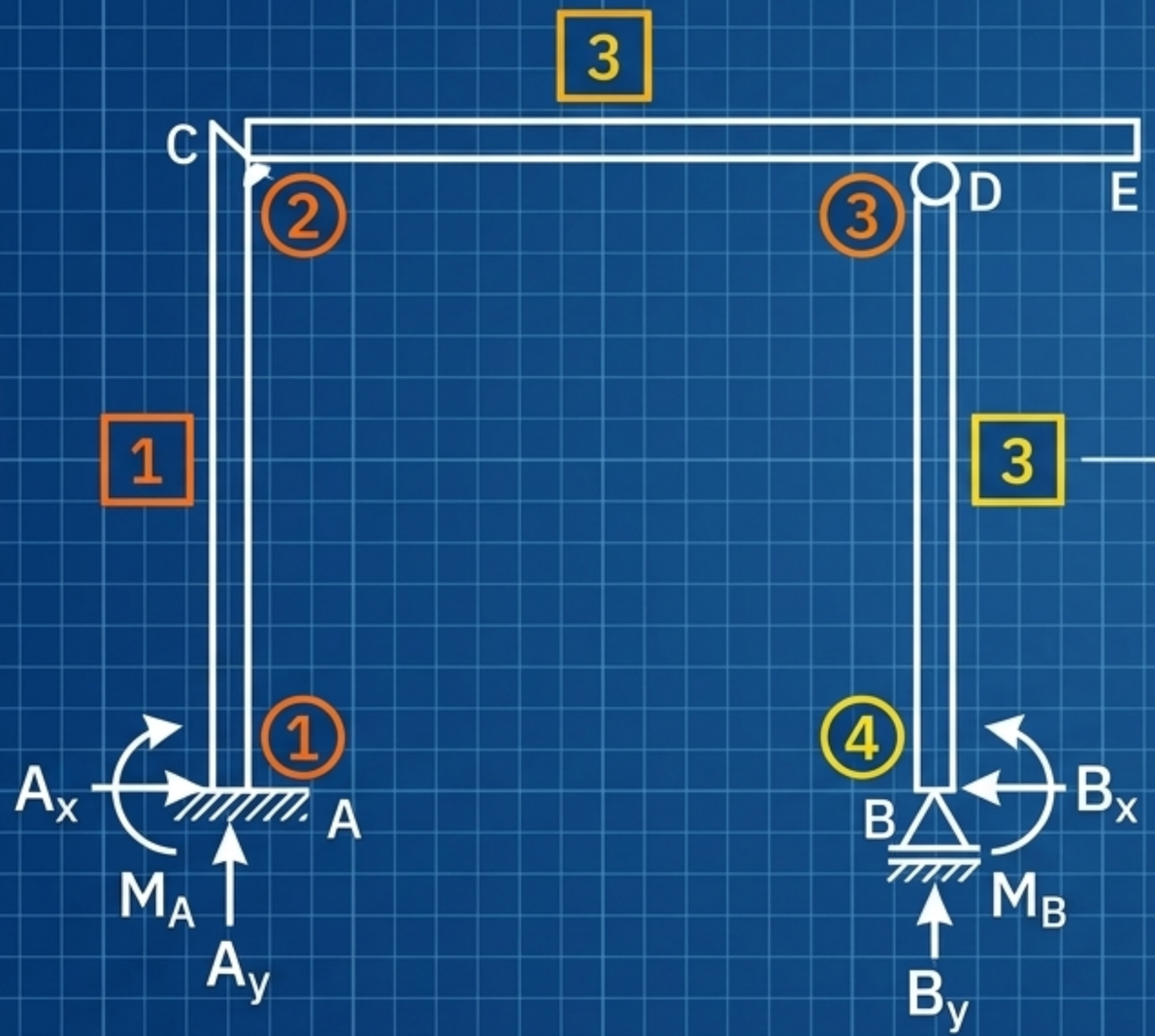


Variables: R = 5 (Fixed A, Roller B, Roller C),
C = 2 (Internal Hinges)
Math: 5 = 3 + 2 -> 5 = 5
Conclusion: โครงสร้างอย่างง่าย (Determinate)

Takeaway: การเพิ่มบานพับ (C) ลดความมั่นคงของโครงสร้าง จึงต้องเพิ่มจุดรองรับ (R) เพื่อชดเชย

NotebookLM

กรณีศึกษา 3: โครงข้อแข็ง (ตัวอย่าง 1.4)



Variables:
R = 5, C = 1, M = 3, j = 4

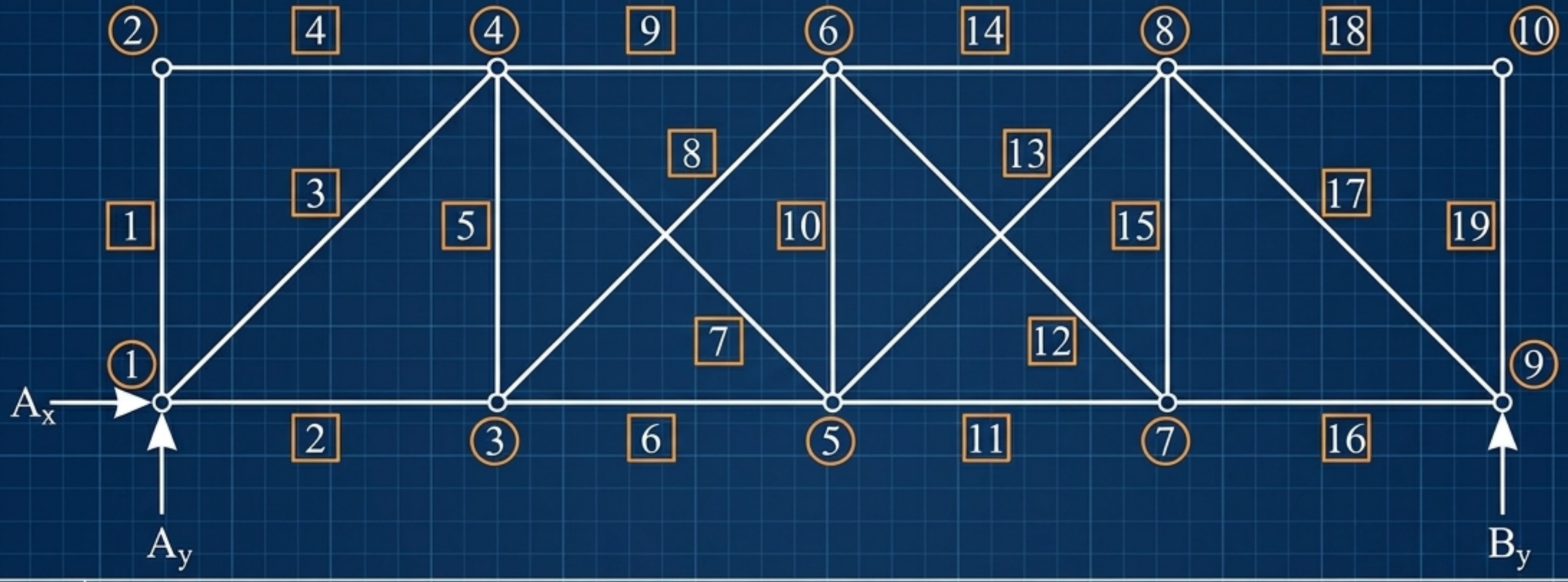
Step 1 (External):
5 > 3 + 1 -> 5 > 4
(Indeterminate 1 Degree)

Step 2 (Internal):
R + 3M = 3j + C
-> 5 + 3(3) = 3(4) + 1
-> 14 > 13

Conclusion: โครงสร้างอย่างยากมีดีกรีอินดีเทอร์มิเนทภายใน 1 ตัว (U = 1)

NotebookLM

กรณีศึกษา 4: โครงข้อหมุนซับซ้อน (ตัวอย่าง 1.5)



Variables:
R = 3
M = 19
j = 10

Internal Truss Test:
R + M = 2j
→ 3 + 19 = 2(10)
→ 22 > 20

Degree Calculation:
U = (R + M) - 2j
→ 22 - 20 = 2

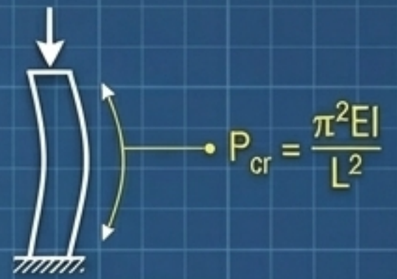
Conclusion: **โครงสร้างอย่างยาก มีจำนวนดีกรีอินดีเทอร์มิเนทภายใน 2 ตัว**

NotebookLM

สรุปพฤติกรรมการรับน้ำหนักของชิ้นส่วน (Load Behaviors of Elements)

คาน (Beam)

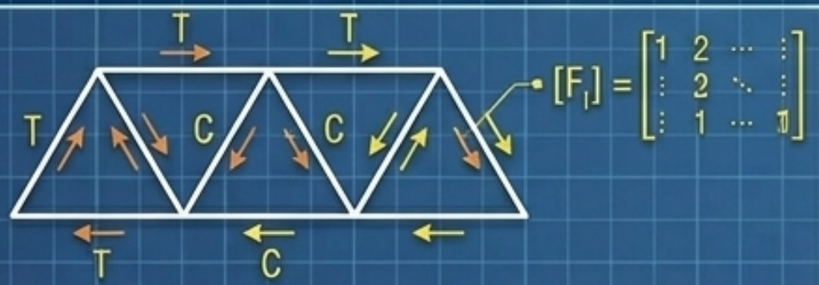
รับน้ำหนักทำให้เกิดการ **ดัด** (Flexural)



เสา (Columns)

รับน้ำหนักทางแนวแกนเป็นหลัก

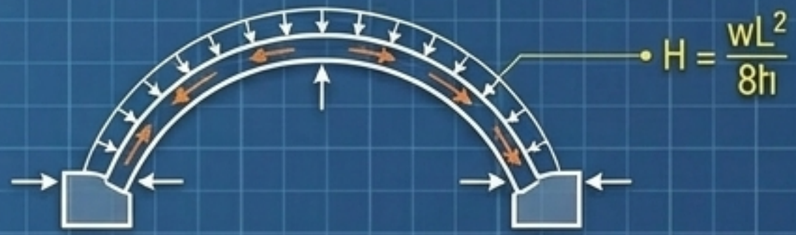
เกิดการ **โก่งตัว** (Buckling/Compression)



โครงข้อหมุน (Trusses)

ท่อนเชื่อมต่อกันเป็นสามเหลี่ยม รับเฉพาะ

แรงดึง (Tension) และ **แรงอัด** (Compression) เท่านั้น



ส่วนโค้ง (Arches)

โครงสร้างอยู่ได้ด้วยน้ำหนักกดทับตัวเอง

เกิดแรงอัดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

NotebookLM

ตารางวิเคราะห์โครงสร้างฉบับรวบยอด (Master Diagnostic Matrix)

หมวดหมู่ (Category)	สมการหลัก (Core Formula)	ไร้เสถียรภาพ (Unstable)	อย่างง่าย (Determinate)	อย่างยาก (Indeterminate)
สถิตยศาสตร์ภายนอก	R vs (3+C)	<	=	>
คานและโครงข้อแข็ง	(R+3M) vs (3j+C)	<	=	>
โครงข้อหมุน	(R+M) vs 2j	<	=	>

*อย่าลืมตรวจสอบความไร้เสถียรภาพทางเรขาคณิตเสมอ!

NotebookLM

กระบวนการวิเคราะห์เสถียรภาพ

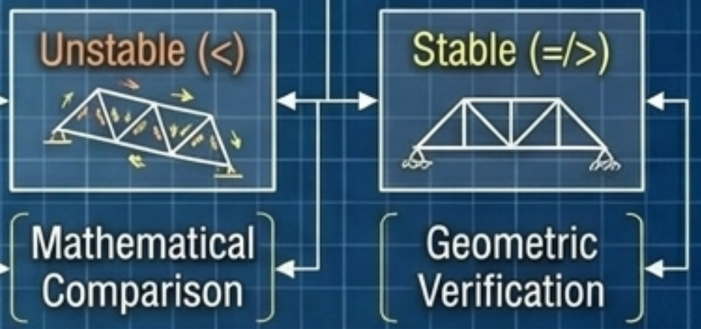
① Identify
นับจำนวนตัวแปร (Count Variables: R, C, M, j)

- R = Reactions
- C = Equations
- M = Members
- j = Joints

② Apply
เลือกสมการตามประเภทโครงสร้าง (Select Formula: External, Frame, or Truss)

- External: R vs (3+C)
- Frame: (R+3M) vs (3j+C)
- Truss: (R+M) vs 2j

③ Determine
เปรียบเทียบผลลัพธ์และรูปทรง (Compare Math & Verify Geometry)



การวิเคราะห์โครงสร้างเริ่มต้นที่ความเข้าใจ ไม่ใช่แค่การท่องจำ

NotebookLM