ภาค ข คู่มือเตรียมสอบบรรจุข้าราชการ · ความรู้ความสามารถเฉพาะตำแหน่ง

1655 ข้อ พร้อมเฉลยละเอียด

เตรียมสอบ

วิศวกรโยธาปฏิบัติการ

กรมทางหลวงชนบท

- สรุปครบ 6 วิชาตามประกาศ
- คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ
- ข้อสอบเสมือนจริง 3 ชุด
- ข้อแนะนำฝึก Engineering Sense

> “นายช่างหยกไม่ใช่วิศวกรโยธาที่เก่งที่สุด แต่ก็ผ่านสนามสอบจริงมาไม่น้อยกว่าใคร”
>
> — นายช่างหยก

กม. 69

ประวัติ นายช่างหยก

บรรจุรับราชการ
วิศวกรโยธาปฏิบัติการ
กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย

- **ป.ตรี** วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- **ป.โท** วิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- **ภาค ก. ก.พ.** สอบผ่าน ระดับปริญญาโท
- **ภาค ก. ท้องถิ่น** สอบผ่าน ระดับปริญญาตรี

9 นายช่างหยก เคยขึ้นบัญชีมาแล้ว
กว่า 9 หน่วยงาน

- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมทางหลวง
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมทางหลวงชนบท
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมทรัพยากรน้ำ
- ครูผู้ช่วย เอกก่อสร้างและช่างโยธา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
- อบจ.เพชรบูรณ์ ทาบทาม ตำแหน่งวิศวกรโยธาปฏิบัติการ
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมส่งเสริมสหกรณ์ (ขอใช้บัญชีจากกรมทรัพยากรน้ำ)
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมชลประทาน
- วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมทางหลวง

เรียบเรียงโดย นายช่างหยก
จำข้อสอบให้น้องชาย นายช่างหยก · ฉบับปี 2569

นายช่างหยก

คำนำ

คู่มือเล่มนี้เขียนขึ้นสำหรับผู้เตรียมสอบแข่งขันตำแหน่ง **วิศวกรโยธาปฏิบัติการ กรมทางหลวงชนบท** ในส่วน “ความรู้ความสามารถที่ใช้เฉพาะตำแหน่ง” (ภาค ข) โดยจัดเนื้อหาตามหัวข้อที่ประกาศรับสมัครกำหนดไว้ทั้ง 6 หัวข้อ ไม่มากไปกว่าที่ต้องสอบ และไม่ขาดสิ่งที่ข้อสอบชอบถาม

แต่ละบทแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นสรุปเนื้อหาแบบกระชับ มีกล่องสูตร กล่อง “ออกสอบบ่อย” ตัวอย่างการคำนวณ และรูปประกอบที่วาดขึ้นใหม่ทั้งหมด ส่วนที่สองเป็นแนวข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก พร้อมเฉลยและวิธีคิดทุกข้อ ภาคที่ 3 เป็น**ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกรมทางหลวงชนบท** ภาคที่ 4 เป็น**คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ** ที่ผู้เขียนและผู้เข้าสอบหลายสนามช่วยกันจำออกมา เรียบเรียงใหม่เป็นหมวดพร้อมเฉลยละเอียด ภาคพิเศษ **Engineering Sense** ฝึกคิดแบบวิศวกรก่อนคำนวณ 50 ข้อ และภาคที่ 5 เป็นข้อสอบเสมือนจริง 3 ชุด (100, 100 และ 150 ข้อ) คละทุกหัวข้อ ออกแบบให้ซ้อมทำรวดเดียว 3 ชั่วโมง 09.00–12.00 น. เหมือนสนามจริง พร้อมกระดาษคำตอบ

แนวข้อสอบทุกข้อในเล่มนี้ **เขียนขึ้นใหม่** ให้ตรงกับขอบเขตหลักสูตรและประเด็นที่เคยออกสอบ ไม่ใช่สำเนาข้อสอบจริงของหน่วยงานใด ตัวเลขในโจทย์คำนวณผ่านการตรวจซ้ำด้วยการคำนวณแล้ว หากพบจุดที่ควรแก้ไข แจ้งได้ที่**เพจนายช่างหยก** หรือ LINE @engineeryok เพื่อปรับปรุงในฉบับถัดไป

นายช่างหยก

ข้อควรทราบ

หนังสือเล่มนี้เป็นผลงานของผู้เขียนเพื่อใช้ฝึกฝนเตรียมสอบ **ไม่ใช่เอกสารของกรมทางหลวงชนบท สำนักงาน ก.พ. หรือหน่วยงานรัฐใด** และไม่มีความเกี่ยวข้องกับผู้จัดสอบ แนวข้อสอบทุกข้อเขียนขึ้นใหม่จากหลักสูตรตามประกาศและประเด็นที่ผู้เข้าสอบเล่าต่อกันมา **ไม่รับประกันว่าข้อสอบจะออกตามนี้** ตัวบทกฎหมาย ระเบียบ และหนังสือเวียนที่อ้างถึงอาจมีการแก้ไข ผู้อ่านควรตรวจฉบับล่าสุดจากหน่วยงานต้นทาง ส่วนค่าตามมาตรฐานวิชาชีพในเล่มเป็นการสรุปความโดยผู้เขียน การใช้งานจริงให้อ้างอิงมาตรฐานฉบับเต็ม

ขอบเขตการสอบตามประกาศ และส่วนของคู่มือที่ใช้เตรียม

การสอบแข่งขันเพื่อวัดความรู้ความสามารถที่ใช้เฉพาะตำแหน่ง คะแนนเต็ม 200 คะแนน โดยวิธีสอบข้อเขียน ครอบคลุมหัวข้อดังนี้

หัวข้อตามประกาศ	เนื้อหา	เรื่องที่แนวข้อสอบถามซ้ำ
1. ความรู้ด้านวิศวกรรมโยธา		
1.1 กลศาสตร์ของวัสดุ	บทที่ 1	$\sigma = P/A$ (รวมแผ่นเจาะรู), $\delta = PL/AE$, ความเค้นเฉือนสูงสุดที่แกนสะเทิน, กฎของฮุก
1.2 การวิเคราะห์โครงสร้าง	บทที่ 2	แรงปฏิกิริยา, จุดรองรับ, ดีเทอร์มิเนต/อินดีเทอร์มิเนต, บานพับภายใน, SFD/BMD, น้ำหนักลงคาน
1.3 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก	บทที่ 3	หน่วยแรงที่ยอมให้แบบ WSD ($0.5f_y$, $0.4f_y$, $0.29\sqrt{f'_c}$), ขอเหล็ก ระยะทาบ, Punching d/2, เหล็กคานยื่น
2. ความรู้ด้านวิศวกรรมงานทาง		
2.1 วิศวกรรมปฐพีและฐานราก	บทที่ 4	จำแนกดิน (#200, #4, A-line), Atterberg, SPT N, ความเค้นประสิทธิผล, การบดอัด, เสาเข็ม, ปรับปรุงดิน
2.2 วิศวกรรมงานทาง	บทที่ 5	ระยะหยุดรถ, โค้งราบ, รอยต่อถนนคอนกรีต, PCU, Screen line, O–D, B/C NPV, CBR
2.3 ด้านการบริหารงานก่อสร้าง	บทที่ 6	Design–Bid–Build / Design–Build, Lump sum / Unit price, Shop drawing, CPM Bar chart, เวลา–ต้นทุน–คุณภาพ, ความปลอดภัย, ค่าปรับ
ความรู้เกี่ยวกับหน่วยงาน	บทที่ 7	ตรากรม ประวัติ ภารกิจ (สนามปี 2567 ถาม ตรา ทช.)
ฝึกทำข้อสอบ	ภาคที่ 4, ภาคพิเศษ, ภาคที่ 5	คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ 8 หมวด · Engineering Sense 50 ข้อ · ข้อสอบเสมือนจริง 3 ชุด

ผังแนวข้อสอบ ทช. (จากประเด็นที่ผู้เข้าสอบจำมา)

ผู้เขียนนำข้อสอบที่ผู้เข้าสอบจำออกมาจากสนาม **กรมทางหลวงชนบท ปี 2561 และปี 2567** (รวมราว 110 ประเด็น) มาจัดหมวดและจัดระดับ ได้สัดส่วนโดยประมาณดังนี้ ใช้เป็นเข็มทิศว่าควรแบ่งเวลาอ่านอย่างไร

หัวข้อ	สัดส่วนโดยประมาณ	ข้อสังเกต
การบริหารงานก่อสร้าง	**ราว 25%**	ออกมากที่สุด เน้นความเข้าใจรูปแบบสัญญา ระบบส่งมอบโครงการ การวางแผน และความปลอดภัย
วิศวกรรมปฐพีและฐานราก	ราว 20%	มีทั้งแนวคิดและคำนวณขั้นเดียว เช่น ความเค้นประสิทธิผล แรงเสียดทาน เสาเข็ม
วิศวกรรมงานทาง	ราว 18%	เน้นระยะมองเห็น การจราจร เศรษฐศาสตร์งานทาง และถนนคอนกรีต
การวิเคราะห์โครงสร้าง	ราว 15%	แรงปฏิกิริยา SFD/BMD ความเป็นดีเทอร์มิเนต
กลศาสตร์ของวัสดุ	ราว 11%	สูตรพื้นฐานขั้นเดียว
การออกแบบ คสล.	ราว 9%	เน้นค่าที่ยอมให้และรายละเอียดเหล็กเสริม มากกว่าการออกแบบเต็มหน้าตัด
ความรู้หน่วยงานและอื่น ๆ	ราว 3%	ตรากรม AASHTO จรรยาบรรณวิศวกร

★ ระดับความยากของแนวข้อสอบที่รวบรวมได้

- **ข้อแนวคิดและความรู้ ราว 65%** ถามความหมาย ความแตกต่าง ข้อดีข้อเสีย และ “ข้อใดไม่ใช่”
- **คำนวณขั้นเดียว ราว 28%** แทนค่าสูตรเดียว เช่น σ = P/A, LI, PCU, SSD, แรงปฏิกิริยา
- **คำนวณหลายขั้น ไม่เกินราว 7%** เช่น แรงเสียดทานเสาเข็มร่วมแรงแบกทาน หรือคานที่มีน้ำหนักหลายแบบ

คู่มือนี้จึงจัดแนวข้อสอบท้ายบทให้ส่วนหลักอยู่ในระดับใกล้เคียงแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ แล้วแยกข้อคำนวณหลายขั้นไว้ท้ายชุดในหัวข้อ **“ข้อท้าทาย”** และข้อสอบเสมือนจริงทั้ง 3 ชุดจัดสัดส่วนหัวข้อและความยากตามผังนี้

สัดส่วนนี้มาจากข้อสอบที่ผู้เข้าสอบจำได้ จึงเป็นค่าประมาณ ข้อสอบแต่ละปีอาจเปลี่ยนสัดส่วนได้ แต่หัวข้อหลักและระดับความยากมักใกล้เคียงเดิม

วิธีใช้คู่มือให้ได้ผล

1. **รอบแรก อ่านให้ครบทุกบท** ไม่ต้องจำทุกสูตร แต่ต้องเข้าใจว่าสูตรมาจากอะไร ใช้เมื่อไร
2. **ทำแนวข้อสอบท้ายบททันทีหลังอ่านจบบท** ปิดเฉลยไว้ จับเวลาประมาณ 1–1.5 นาทีต่อข้อ แล้วค่อยตรวจ
3. **ข้อที่ผิด ให้กลับไปอ่านหัวข้อนั้นซ้ำ** และจดลงสมุด “ข้อที่เคยพลาด” เพราะข้อสอบมักวนกลับมาถามเรื่องเดิมในมุมใหม่
4. **ดูป้ายความถี่ออกสอบ** ที่หัวทุกช่วงอ่าน หัวข้อ 3 ดาว ต้องเข้าใจและทำได้ทุกข้อ หัวข้อ 1 ดาว เป็นส่วนเสริม อ่านเฉพาะกล่องสรุปได้ถ้าเวลาน้อย
5. **หลังอ่านครบทุกบท** ทำคลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบภาคที่ 4 ทีละหมวด แล้วทำภาคพิเศษ Engineering Sense
6. **ก่อนสอบ 2 สัปดาห์** ทำข้อสอบเสมือนจริง 3 ชุด เว้นระยะชุดละ 3–4 วัน ในช่วง 09.00–12.00 น. แบบรวดเดียวไม่พัก ชุดที่ 1 → ทบทวนจุดอ่อน → ชุดที่ 2 →

ทบทวน → ชุดที่ 3 (150 ข้อ) แล้วทบทวนจากภาคผนวกสูตรท้ายเล่ม

7. **ข้อท้าทายและชุดโจทย์คำนวณเข้ม** เป็นส่วนเพิ่มสำหรับผู้ที่ทำส่วนหลักได้แล้ว ไม่จำเป็นต่อการสอบผ่าน แต่ช่วยให้ทำข้อคำนวณในห้องสอบได้เร็วขึ้น

★ สัญลักษณ์ในเล่ม

กล่อง **สูตรสำคัญ** สีฟ้า = ต้องจำ · กล่อง ★ **ออกสอบบ่อย** สีเหลือง = ประเด็นที่ข้อสอบชอบถาม · กล่อง **ตัวอย่าง** ขอบเขียว = ฝึกคำนวณ · กล่อง **ระวังพลาด** สีแดง = กับดักที่คนพลาดบ่อย

หน่วยที่ต้องแปลงคล่อง

1 MPa = 1 N/mm² ≈ 10.2 ksc (kg/cm²) · 1 ksc ≈ 0.0981 MPa · 1 kN ≈ 102 kg · 1 t/m² ≈ 9.81 kPa · หน่วยน้ำหนักน้ำ γ_w = 9.81 kN/m³ (≈ 1 t/m³) · 1 นิ้ว = 25.4 mm · 1 ไร่ = 1,600 m²



อ่านเล่มนี้อย่างไร ให้สมองจำแม่น

สวัสดีครับ ผม **“นายช่างหยก”** จะเป็นเพื่อนอ่านไปด้วยกันทั้งเล่ม หนังสือเล่มนี้ออกแบบตามหลักการทำงานของสมอง เพื่อให้อ่านไม่เหนื่อยและจำได้นาน

หลักการสมองที่ใช้ในเล่มนี้

1 · สมาธิมีช่วงจำกัด

สมาธิในการอ่านเรื่องยากจะลดลงหลังประมาณ 15–20 นาที เนื้อหาทุกบทจึงแบ่งเป็น **“ช่วง”** ละประมาณ 15 นาที มีป้ายบอกเวลาและระดับความยาก ครบ 15 นาทีมีจุด **พักสมอง** ให้หยุดสั้น ๆ

2 · สมองรับได้ทีละไม่กี่ก้อน

หน่วยความจำใช้งาน (Working memory) จุข้อมูลใหม่ได้ราว 4 ก้อนพร้อมกัน เนื้อหาจึงแตกเป็นหัวข้อสั้น ตาราง และกล่องสูตร ไม่ยัดหลายเรื่องไว้ในย่อหน้าเดียว

3 · ดึงความจำออกมา จำได้ดีกว่าอ่านซ้ำ

การทดสอบตัวเอง (Retrieval practice) ทำให้จำได้นานกว่าการอ่านซ้ำหลายรอบ ท้ายทุกหัวข้อจึงมี **“เช็กความจำ”** 2 ข้อ ให้ปิดเนื้อหาด้านบนแล้วตอบในใจก่อนดูเฉลย

4 · ทบทวนแบบเว้นระยะ

ถ้าอ่านครั้งเดียว ความจำจะหายไปมากภายในไม่กี่วัน (กราฟการลืมของ Ebbinghaus) แต่ถ้าทบทวนเป็นระยะ ความจำจะลดลงช้าลงทุกครั้ง ท้ายบทจึงมีช่องติ๊ก **ทบทวนวันที่ 1, 3, 7 และ 21**

5 · ภาพคู่คำ (Dual coding)

สมองจำภาพร่วมกับคำได้ดีกว่าคำอย่างเดียว เล่มนี้จึงมีรูปประกอบวาดใหม่หลายสิบรูป ให้มองรูปแล้วอธิบายเป็นคำพูดของตัวเอง

6 · คำคล้องจองและเรื่องเล่า

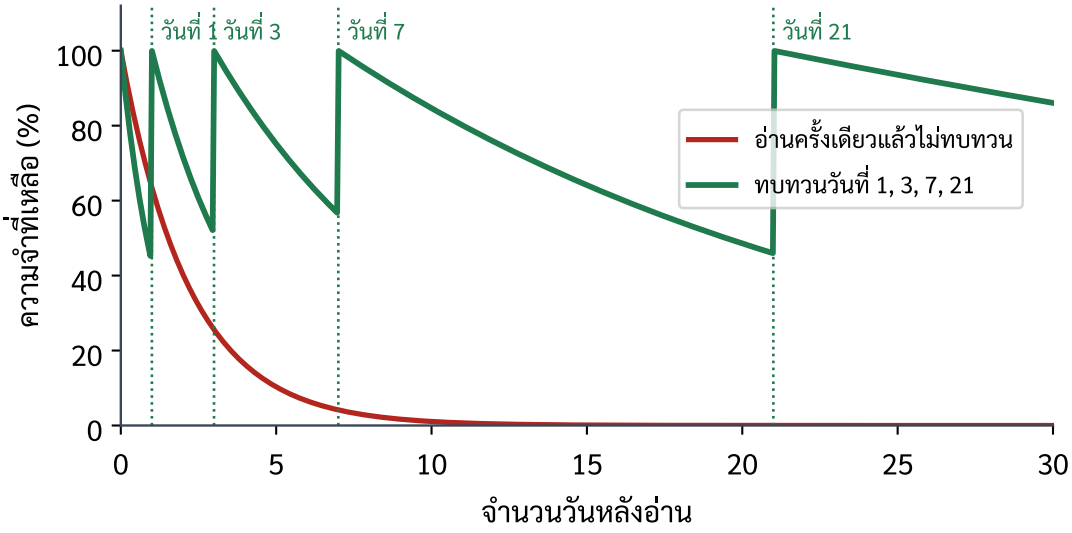
จังหวะและสัมผัสช่วยให้สมองดึงข้อมูลกลับมาได้ง่าย ทุกหัวข้อจึงมีกล่อง **“จำง่าย ๆ”** เป็นคำคล้องจองสั้น ๆ ลองท่องออกเสียงดู

7 · สลับเรื่องเมื่อฝึกโจทย์

การฝึกแบบคละเรื่อง (Interleaving) ช่วยให้แยกแยะได้ว่าโจทย์แบบนี้ต้องใช้วิธีใด ข้อสอบเสมือนจริงท้ายเล่มจึงคละทั้ง 6 หัวข้อ

8 · นอนให้พอ

ระหว่างหลับ สมองจะจัดเก็บสิ่งที่เรียนในวันนั้นเข้าสู่ความจำระยะยาว การอดนอนอ่านหนังสือจึงได้ผลน้อยกว่าที่คิด



ภาพจำลองกราฟการลืม: การทบทวนเป็นระยะช่วยให้ความจำลดลงช้าลงทุกรอบ (ภาพแสดงแนวโน้ม ไม่ใช่ข้อมูลวัดจริง)

สัญลักษณ์ที่จะเจอในเล่ม

ช่วงที่ 1/13 อ่านประมาณ 12 นาที ●●○ ปานกลาง	ป้ายเริ่มช่วงอ่าน บอกเวลาและความยาก ช่วงที่ “ต้องตั้งใจ” ควรอ่านตอนสมองสดชื่นที่สุดของวัน
 จำง่าย ๆ	คำคล้องจองช่วยจำ ท่องออกเสียง 2–3 รอบ
 เช็กความจำ	ปิดเนื้อหาด้านบน ตอบในใจ แล้วจึงดูเฉลยตัวเล็ก
 ออกสอบบ่อย	ประเด็นที่ข้อสอบชอบถาม
 ระวังพลาด	กับดักที่คนพลาดบ่อย
 พักสมอง	หยุด 3 นาที ลุกยืน ดื่มน้ำ มองไกล
★★★ ออกสอบบ่อย ★☆☆ ออกน้อย	ความถี่โดยประมาณที่หัวข้อนี้ปรากฏในแนวข้อสอบที่ผู้เข้าสอบจำมา (เป็นการประเมิน ไม่ใช่การรับประกันว่าจะออกสอบ) ใช้ตัดสินใจว่าจะลงเวลาเท่าไร
ทช. 2561	ป้ายที่มาของข้อสอบในคลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ
 จบบท	เขียนสิ่งที่จำได้ 5 ข้อก่อนทำแนวข้อสอบ และติ๊กตารางทบทวน

แผนอ่าน 8 สัปดาห์ (วันละประมาณ 1–1.5 ชั่วโมง)

แบ่งเวลาตามผังแนวข้อสอบ: บริหารงานก่อสร้าง ปฐพี และงานทาง รวมกันราว 60% ของข้อสอบ จึงได้เวลามากกว่า

สัปดาห์	อ่านเนื้อหา + ทำแนวข้อสอบท้ายบท (ส่วนหลัก)	ทบทวนแบบเว้นระยะ
1	บทที่ 7 ความรู้ ทช. (1 วัน) · บทที่ 1 กลศาสตร์ของวัสดุ เน้นหัวข้อ ★★★	เช็กความจำของวันก่อนหน้าทุกเช้า
2	บทที่ 2 การวิเคราะห์โครงสร้าง · บทที่ 3 คอนกรีตเสริมเหล็ก (เน้นค่า WSD และรายละเอียดเหล็ก)	ทบทวนบทที่ 1 (ครบ 7 วัน)
3	บทที่ 4 ปฐพีและฐานราก	ทบทวนบทที่ 2–3
4	บทที่ 5 วิศวกรรมงานทาง	ทบทวนบทที่ 4 · บทที่ 1 (ครบ 21 วัน)
5	บทที่ 6 บริหารงานก่อสร้าง (บทที่ออกมากที่สุด ใช้เวลาเต็มสัปดาห์)	ทบทวนบทที่ 5 · บทที่ 7
6	ภาคที่ 4 คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ หมวด 1–8 (วันละ 1–2 หมวด) · ภาคพิเศษ Engineering Sense	กลับไปอ่านหัวข้อที่ทำผิดจากคลังข้อสอบ
7	ข้อสอบเสมือนจริงชุดที่ 1 (เช้าวันเสาร์ 09.00–12.00 น.) → 3 วันทบทวนจุดอ่อน → ชุดที่ 2 (เช้าวันว่างกลางสัปดาห์หรือเสาร์ถัดไป)	ทบทวนบทที่ 6 และหัวข้อที่ได้ต่ำกว่า 60%
8	ข้อสอบเสมือนจริงชุดที่ 3 (150 ข้อ) · อ่านสูตรท้ายเล่ม · ทำข้อท้าทายเฉพาะเรื่องที่ยังช้า · พักให้พอก่อนวันสอบ 2 วัน	ทบทวนบทที่ 7 และสมุด “ข้อที่เคยพลาด”



แผนเร่ง 14 วัน (สำหรับผู้มีเวลาน้อย)

- **วันที่ 1–7** อ่านเฉพาะหัวข้อ ★★★ ของบทที่ 1–7 (ราววันละหนึ่งบท) และทำแนวข้อสอบท้ายบทเฉพาะส่วนหลัก ข้ามข้อท้าทาย
- **วันที่ 8–10** คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ หมวด 7 (บริหาร) หมวด 3 (ปฐพี) หมวด 4 (งานทาง) ก่อน แล้วจึงหมวดอื่น
- **วันที่ 11–14** ข้อสอบเสมือนจริงชุดที่ 1 และ 3 แบบรวดเดียว ทบทวนจุดอ่อนระหว่างชุด

เทคนิค 15 – 3



ตั้งเวลา 15 นาที อ่าน 1 ช่วงอย่างตั้งใจ ปิดโทรศัพท์ เมื่อครบให้ตอบ “เช็กความจำ” แล้วพัก 3 นาที ทำแบบนี้ 3–4 รอบแล้วพักยาว 15 นาที วันที่เหนื่อยมาก ทำเพียง 2 รอบก็ยังดีกว่าไม่ได้อ่านเลย

อ่านเนื้อหา กับ ซ้อมสอบ ใช้คนละโหมด



โหมดอ่าน (เนื้อหาและแนวข้อสอบท้ายบท) ใช้ 15–3 พักสายตาได้ แต่ตรวจคำตอบทีเดียวตอนจบชุด · **โหมดสนามจริง** (ข้อสอบเสมือนจริง 3 ชุดในภาคที่ 5) นั่งรวดเดียว 3 ชั่วโมง 09.00–12.00 น. ไม่พัก ไม่ตรวจระหว่างทำ เพราะวันสอบจริงไม่มีใครเรียกพัก สมองต้องเคยชินกับการทำงานหนักต่อเนื่อง 3 ชั่วโมงตั้งแต่ก่อนวันจริง

สารบัญ

ข้อมูลการสอบและวิธีใช้คู่มือ **1**

อ่านเล่มนี้อย่างไรให้สมองจำแม่น **7**

ภาคที่ 1 ความรู้ด้านวิศวกรรมโยธา

บทที่ 1 กลศาสตร์ของวัสดุ **18**

1.1 ความเค้นและความเครียด (Stress and Strain) 19

1.2 แผนภาพความเค้น–ความเครียด และสมบัติวัสดุ 21

1.3 แรงบิด (Torsion) 23

1.4 ความเค้นดัดและความเค้นเฉือนในคาน 24

1.5 ความเค้นผสม การแปลงความเค้น และวงกลมของมอร์ 26

1.6 การโก่งตัวของคาน 28

1.7 เสาและการโก่งเดาะ (Columns and Buckling) 30

1.8 คุณสมบัติหน้าตัดที่ต้องจำ 32

1.9 ชิ้นส่วนอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิตที่รับแรงตามแนวแกน 33

1.10 พลังงานความเครียด แรงกระแทก และความเค้นรวมศูนย์ 35

1.11 แรงบิดร่วมกับแรงดัด และทฤษฎีการวิบัติ 36

1.12 กระแสเฉือน (Shear Flow) และคานประกอบ 38

1.13 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น 39

แนวข้อสอบบทที่ 1 (123 ข้อ) พร้อมเฉลย 42

บทที่ 2 การวิเคราะห์โครงสร้าง **79**

2.1 ฐานรองรับ สมดุล และเสถียรภาพ 80

2.2 แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคาน 81

2.3 โครงข้อหมุน (Truss) 84

2.4 การหาระยะโก่งด้วยงานเสมือน 85

2.5 โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตและวิธีกระจายโมเมนต์ 87

2.6 เส้นอิทธิพล (Influence Lines) 89

2.7 สายเคเบิลและโค้งสามบานพับ 91

2.8 น้ำหนักบรรทุกและการถ่ายน้ำหนัก 92

2.9 วิธีแรง (Force Method / Consistent Deformation) 94

2.10 วิธี Slope-Deflection 95
2.11 โครงข้อแข็งและโครงสามบานพับ 97
2.12 การวิเคราะห์โดยประมาณ 98
2.13 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น 99
แนวข้อสอบบทที่ 2 (119 ข้อ) พร้อมเฉลย 102
บทที่ 3 การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก 139
3.1 วัสดุและข้อกำหนดทั่วไป 140
3.2 ปรัชญาการออกแบบ: WSD กับ SDM 142
3.3 คานรับแรงดัด: วิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) 143
3.4 คานรับแรงดัด: วิธีกำลัง (SDM) 145
3.5 แรงเฉือนในคาน 148
3.6 แผ่นพื้น (Slabs) 149
3.7 เสา (Columns) 150
3.8 ฐานรากแผ่ (Spread Footings) 152
3.9 คานเสริมเหล็กรับแรงอัดและคานรูปตัวที 154
3.10 การแอ่นตัว การแตกร้าว และความคงทน 155
3.11 ระยะฝังยึด การทาบ และรายละเอียดเหล็กเสริม 156
3.12 เสา: แผนภาพปฏิสัมพันธ์และเสาชะลูด 158
3.13 ตัวอย่างการออกแบบฐานรากแผ่ (SDM) 159
3.14 เทคโนโลยีคอนกรีตและการควบคุมคุณภาพหน้างาน 161
แนวข้อสอบบทที่ 3 (118 ข้อ) พร้อมเฉลย 163

ภาคที่ 2 ความรู้ด้านวิศวกรรมงานทาง

บทที่ 4 วิศวกรรมปฐพีและฐานราก 201
4.1 ความสัมพันธ์มวล–ปริมาตร (Phase Relationships) 202
4.2 สมบัติดัชนีและการจำแนกดิน 203
4.3 การบดอัดดิน (Compaction) 205
4.4 การไหลซึมของน้ำและความเค้นประสิทธิผล 207
4.5 การอัดตัวคายน้ำและการทรุดตัว 209
4.6 กำลังรับแรงเฉือนของดิน 211
4.7 แรงดันดินด้านข้างและกำแพงกันดิน 212
4.8 กำลังรับน้ำหนักของฐานรากตื้น 214
4.9 ฐานรากลึก การสำรวจดิน และการปรับปรุงดิน 215

4.10 การกระจายความเค้นในมวลดิน 217
4.11 การไหลซึมใต้โครงสร้างและการกัดเซาะภายใน 218
4.12 เสถียรภาพลาดดินและกำแพงกันดิน 219
4.13 เสาเข็ม: ชนิด การตอก และการทดสอบ 221
4.14 ดินอ่อนกรุงเทพฯ และการปรับปรุงดินในงานทาง 223
4.15 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น 224
แนวข้อสอบบทที่ 4 (118 ข้อ) พร้อมเฉลย 226
บทที่ 5 วิศวกรรมงานทาง 262
5.1 องค์ประกอบของถนนและรูปตัดขวาง 263
5.2 ประเภทผิวทางและชั้นโครงสร้างทาง 264
5.3 วัสดุแอสฟัลต์และวัสดุมวลรวม 266
5.4 หลักการออกแบบความหนาโครงสร้างทาง 269
5.5 การออกแบบทางเรขาคณิต (Geometric Design) 270
5.6 วิศวกรรมจราจร 275
5.7 การระบายน้ำทาง 276
5.8 ความเสียหายของผิวทางและการซ่อมบำรุง 278
5.9 การก่อสร้างและควบคุมคุณภาพงานทาง 280
5.10 การวางแผนการขนส่ง การสำรวจจราจร และเศรษฐศาสตร์งานทาง 281
5.11 งานสำรวจทาง (Route Surveying) 284
5.12 สะพานและอาคารระบายน้ำ 286
5.13 กฎหมายทางหลวงที่ควรรู้ 288
5.14 ความปลอดภัยทางถนนและสัญญาณไฟจราจร 289
5.15 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น 290
แนวข้อสอบบทที่ 5 (116 ข้อ) พร้อมเฉลย 293
บทที่ 6 การบริหารงานก่อสร้าง 330
6.1 องค์ประกอบของโครงการก่อสร้างและรูปแบบสัญญา 332
6.2 การวางแผนและควบคุมเวลา: CPM และ PERT 333
6.3 การติดตามความก้าวหน้า: S-Curve และ Earned Value 337
6.4 การถอดปริมาณงานและการประมาณราคา 339
6.5 การจัดซื้อจัดจ้างและการบริหารสัญญาภาครัฐ 340
6.6 การบริหารคุณภาพและความปลอดภัย 343
6.7 รูปแบบการส่งมอบโครงการและเอกสารระหว่างก่อสร้าง 346
6.8 จรรยาบรรณแห่งวิชาชีพวิศวกรรม 348

6.9 ความสัมพันธ์ของกิจกรรมและการบริหารทรัพยากร 349
6.10 การถอดปริมาณงานทางและการวิเคราะห์ราคาต่อหน่วย 350
6.11 เศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเบื้องต้น 352
6.12 ขั้นตอนการจัดซื้อจัดจ้างงานก่อสร้างด้วยวิธี e-bidding 353
6.13 เครื่องจักรและวิธีการก่อสร้างงานทาง 354
6.14 สัญญาแบบปรับราคาได้ (ค่า K) 356
6.15 ค่าปรับ การคำนวณค่าปรับ และการงดหรือลดค่าปรับ 361
6.16 งวดงานและการจ่ายเงินค่าจ้างก่อสร้าง 365
6.17 การประมาณราคากลางงานก่อสร้างของทางราชการ 367
6.18 ระเบียบราชการเกี่ยวกับงานก่อสร้าง: แผนที่ตัวบท 369
6.19 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น 372
แนวข้อสอบบทที่ 6 (144 ข้อ) พร้อมเฉลย 374

ภาคที่ 3 ความรู้เกี่ยวกับหน่วยงาน

บทที่ 7 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกรมทางหลวงชนบท 420

7.1 ข้อมูลพื้นฐานที่ต้องจำ 421
7.2 ประวัติความเป็นมา 422
7.3 ตราสัญลักษณ์ของกรม 423
7.4 รายนามอธิบดีกรมทางหลวงชนบท 425
7.5 โครงสร้างหน่วยงาน 426
7.6 โครงข่ายทางหลวงชนบทที่รับผิดชอบ 428
7.7 วิสัยทัศน์ พันธกิจ และนโยบาย 430
7.8 เทคนิคตอบคำถามความรู้หน่วยงาน 431
แนวข้อสอบบทที่ 7 (29 ข้อ) พร้อมเฉลย 433

ภาคที่ 4 คลังแนวข้อสอบจากผู้เข้าสอบ เฉลยละเอียด

อ่านก่อนทำ: ที่มาของคลังข้อสอบและป้ายสนามสอบ 444
แนวข้อสอบตามประเด็นที่เคยออกสอบ ทช. (58 ข้อ) พร้อมเฉลย 446
หมวด 1 กลศาสตร์และการวิเคราะห์โครงสร้าง (44 ข้อ) 466
หมวด 2 คอนกรีต เหล็ก ไม้ และงานก่อสร้างอาคาร (58 ข้อ) 481
หมวด 3 ปฐพีกลศาสตร์และฐานราก (45 ข้อ) 502
หมวด 4 วิศวกรรมงานทางและการจราจร (50 ข้อ) 519
หมวด 5 ชลศาสตร์ อุทกวิทยา และการระบายน้ำ (45 ข้อ) 538

หมวด 6 งานสำรวจ แผนที่ และการเขียนแบบ (41 ข้อ) 554
หมวด 7 การบริหารงานก่อสร้าง สัญญา และราคากลาง (37 ข้อ) 569
หมวด 8 กฎหมายอาคาร ระเบียบราชการ และหน่วยวัด (19 ข้อ) 584
ชุดโจทย์คำนวณเข้ม (91 ข้อ) สำหรับผู้ต้องการคะแนนสูง 591

ภาคพิเศษ Engineering Sense สัญชาตญาณเชิงวิศวกรรม

Engineering Sense คืออะไร และวิธีสร้างในระยะยาว 619
แบบฝึก Engineering Sense (50 ข้อ) พร้อมเฉลย 622

ภาคที่ 5 ข้อสอบเสมือนจริง ซ้อมสนามจริง 3 ชั่วโมง

ข้อสอบเสมือนจริง ชุดที่ 1 (100 ข้อ) พร้อมเฉลย 644
ข้อสอบเสมือนจริง ชุดที่ 2 (100 ข้อ) พร้อมเฉลย 679
ข้อสอบเสมือนจริง ชุดที่ 3 (150 ข้อ) พร้อมเฉลย 713
ภาคผนวก: สูตรท้ายเล่มและเอกสารอ้างอิง 760

ภาคที่ 1

ความรู้ด้านวิศวกรรมโยธา

1. กลศาสตร์ของวัสดุ (Mechanics of Materials)
2. การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural Analysis)
3. การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก (Reinforced Concrete Design)

บทที่ 1

กลศาสตร์ของวัสดุ

Mechanics of Materials



“วัสดุทุกชนิดมีจุดคราก คนก็เช่นกัน รู้จักพักก่อนถึงจุดนั้น”

แผนที่บทนี้ · 13 ช่วง · รวมประมาณ 2 ชม. 10 นาที (แบ่งอ่านช่วงละราว 15 นาที ไม่ต้องอ่านรวดเดียว)

1	1.1 ความเค้นและความเครียด (Stress and Strain)	17 นาที	★★★ ออกสอบบ่อย
2	1.2 แผนภาพความเค้น–ความเครียด และสมบัติวัสดุ	7 นาที	★★☆ ออกสอบบ้าง
3	1.3 แรงบิด (Torsion)	9 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
4	1.4 ความเค้นดัดและความเค้นเฉือนในคาน	15 นาที	★★★ ออกสอบบ่อย
5	1.5 ความเค้นผสม การแปลงความเค้น และวงกลมของมอร์	13 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
6	1.6 การโก่งตัวของคาน	5 นาที	★★☆ ออกสอบบ้าง
7	1.7 เสาและการโก่งเดาะ (Columns and Buckling)	11 นาที	★★☆ ออกสอบบ้าง
8	1.8 คุณสมบัติหน้าตัดที่ต้องจำ	6 นาที	★★☆ ออกสอบบ้าง
9	1.9 ชิ้นส่วนอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิตที่รับแรงตามแนวแกน	6 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
10	1.10 พลังงานความเครียด แรงกระแทก และความเค้นรวมศูนย์	10 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
11	1.11 แรงบิดร่วมกับแรงดัด และทฤษฎีการวิบัติ	10 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
12	1.12 กระแสเฉือน (Shear Flow) และคานประกอบ	6 นาที	★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม
13	1.13 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น	15 นาที	★★☆ ออกสอบบ้าง

เป้าหมายของบทนี้ คำนวณความเค้นและการเปลี่ยนรูปภายใต้แรงตามแนวแกน แรงบิด และแรงดัดได้ อ่านแผนภาพความเค้น–ความเครียด ใช้วงกลมของมอร์หาความเค้นหลัก และหาน้ำหนักวิกฤตของเสาด้วยสูตรออยเลอร์

ช่วงที่ 1/13 อ่านประมาณ 17 นาที ● ○ ○ ง่าย ★★★ ออกสอบบ่อย

1.1 ความเค้นและความเครียด (Stress and Strain)

ความเค้น (Stress) คือแรงภายในต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แบ่งเป็นความเค้นตั้งฉาก (σ) ที่แรงตั้งฉากกับหน้าตัด และความเค้นเฉือน (τ) ที่แรงขนานกับหน้าตัด ส่วน **ความเครียด (Strain)** คือการเปลี่ยนรูปต่อความยาวเดิม ไม่มีหน่วย

สูตรสำคัญ

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad \tau = \frac{V}{A} \qquad \varepsilon = \frac{\delta}{L} \qquad \sigma = E\varepsilon \text{ (กฎของฮุก)}$$

$$\delta = \frac{PL}{AE} \qquad \nu = -\frac{\varepsilon_{lat}}{\varepsilon_{long}} \qquad G = \frac{E}{2(1+\nu)} \qquad \gamma = \frac{\tau}{G}$$

- **ความเค้นแบกทาน (Bearing stress)** $\sigma_b = P/(d\,t)$ ใช้กับสลักเกลียวหรือหมุดที่กดผนังรู
- **หมุดรับแรงเฉือนเดี่ยว/คู่** เฉือนเดี่ยวใช้ $A = \pi d^2/4$ เฉือนคู่ (double shear) ใช้ $2A$
- **อัตราส่วนปัวซอง (ν)** ของวัสดุส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 0–0.5 เหล็ก ≈ 0.3 คอนกรีต ≈ 0.15–0.2 ค่าสูงสุดทางทฤษฎีคือ 0.5 (วัสดุที่ปริมาตรไม่เปลี่ยน)
- **ค่าความปลอดภัย (Factor of Safety)** FS = กำลังประลัย (หรือกำลังคราก) ÷ ความเค้นที่ยอมให้

ชิ้นส่วนหลายช่วงและวัสดุผสม

ชิ้นส่วนที่มีหลายช่วงให้รวมการยืดหดของแต่ละช่วง $\delta = \sum \frac{P_i L_i}{A_i E_i}$ โดยแรงภายในแต่ละช่วงหาจากการตัดชิ้นส่วนแล้วเขียนสมดุล ส่วนเสาวัสดุผสม (เช่นเสาคอนกรีตหุ้มเหล็ก) ที่รับแรงร่วมกัน ให้ใช้เงื่อนไข **การหดเท่ากัน** $\delta_s = \delta_c$ ทำให้ $\sigma_s/\sigma_c = E_s/E_c = n$

ความเค้นเนื่องจากอุณหภูมิ

แท่งที่ขยายตัวได้อิสระจะยืด $\delta_T = \alpha\,\Delta T\,L$ โดยไม่เกิดความเค้น แต่ถ้า **ยึดปลายทั้งสองไว้แน่น** จะเกิดความเค้น $\sigma = E\alpha\Delta T$ ซึ่งไม่ขึ้นกับความยาวหรือพื้นที่หน้าตัด ค่า α ของเหล็กประมาณ 12×10^{-6} /°C ใกล้เคียงกับคอนกรีต ($10\text{–}12 \times 10^{-6}$ /°C) ทำให้ทั้งสองทำงานร่วมกันได้ดีในคอนกรีตเสริมเหล็ก

ตัวอย่าง 1.1

แท่งเหล็กยาว 2 m พื้นที่หน้าตัด 500 mm² รับแรงดึง 50 kN, E = 200 GPa จงหาความเค้นและระยะยืด

σ = 50,000/500 = **100 MPa**

δ = PL/AE = (50,000)(2,000)/(500 × 200,000) = **1.0 mm**



ระวังพลาด

หน่วยต้องสอดคล้องกัน ถ้าใช้ N กับ mm ค่า E ต้องเป็น N/mm² (MPa) คือ 200 GPa = 200,000 MPa และ 1 GPa = 1,000 MPa



จำง่าย ๆ

แรงหารพื้นที่ ได้ความเค้นทันที
ยืดหารยาวเดิม ความเครียดก็มี



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. สูตรระยะยืดของแท่งรับแรงตามแนวแกนคืออะไร
2. แท่งที่ยึดแน่นสองปลายแล้วร้อนขึ้น เกิดความเค้นเท่าใด

ข้อ 1) $\delta = PL/AE$ · 2) $\sigma = E\alpha\Delta T$ ไม่ขึ้นกับความยาวหรือพื้นที่



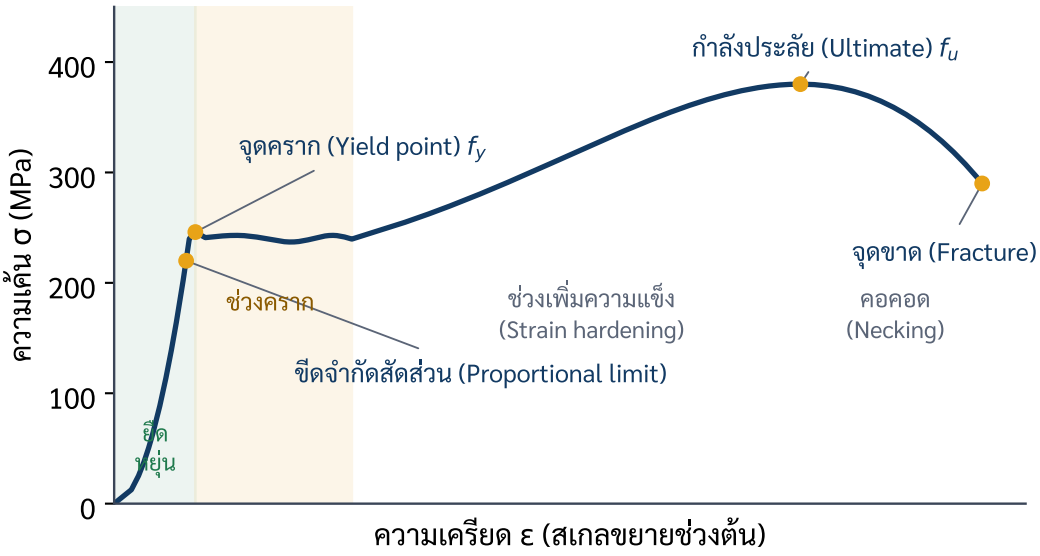
พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“อ่านวันละนิด ดีกว่าคิดจะอ่านทั้งเล่มในคืนเดียว”

ช่วงที่ 2/13 อ่านประมาณ 7 นาที ● ○ ○ **ง่าย** ★★☆ ออกสอบบ้าง

1.2 แผนภาพความเค้น–ความเครียด และสมบัติวัสดุ



รูปที่ 1.1 แผนภาพความเค้น–ความเครียดของเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) ภายใต้แรงดึง

จุด/ช่วง	ความหมาย
ขีดจำกัดสัดส่วน (Proportional limit)	จุดสุดท้ายที่ σ แปรผันตรงกับ ε (กฎของฮุกใช้ได้) ความชันคือ E
ขีดจำกัดยืดหยุ่น (Elastic limit)	ถ้าปลดแรงก่อนถึงจุดนี้ วัสดุจะกลับคืนรูปเดิมทั้งหมด
จุดคราก (Yield point, f_y)	วัสดุยืดมากขึ้นโดยแรงแทบไม่เพิ่ม เริ่มเปลี่ยนรูปถาวร
Strain hardening	วัสดุกลับมารับแรงเพิ่มได้อีกจนถึงกำลังประลัย
กำลังประลัย (Ultimate, f_u)	ความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้ หลังจากนั้นเกิดคอคอด (Necking)
จุดขาด (Fracture)	วัสดุขาดออกจากกัน

- วัสดุที่ **ไม่มีจุดครากชัดเจน** (เช่น เหล็กกำลังสูง อะลูมิเนียม) ใช้วิธี **Offset 0.2%** ลากเส้นขนานความชันช่วงยืดหยุ่นจาก ε = 0.002
- **วัสดุเหนียว (Ductile)** ยืดมากก่อนขาด เช่น เหล็กกล้าละมุน ส่วน **วัสดุเปราะ (Brittle)** ขาดทันทีโดยยืดน้อย เช่น เหล็กหล่อ คอนกรีต แก้ว
- **มอดุลัสความยืดหยุ่น** เหล็ก $E_s \approx 200$ GPa (2.04×10^6 ksc) · คอนกรีต $E_c = 4{,}700\sqrt{f'c}$ MPa (ACI) หรือ $15{,}100\sqrt{f'c}$ ksc
- **ความล้า (Fatigue)** คือการวิบัติภายใต้แรงกระทำซ้ำ ๆ แม้ความเค้นต่ำกว่าจุดคราก · **การคืบ (Creep)** คือการเปลี่ยนรูปที่เพิ่มขึ้นตามเวลาภายใต้แรงคงที่



★ ออกสอบบ่อย

ถามชื่อจุดบนกราฟ ความชันของช่วงเส้นตรงคือ “มอดุลัสยืดหยุ่น” พื้นที่ใต้กราฟถึงขีดยืดหยุ่นคือ “Modulus of resilience” และพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดจนขาดคือ “Modulus of toughness” (ความเหนียวทนทาน)



จำง่าย ๆ

ตรงช่วงแรกคือ E ยืดหยุ่นดี
พ้นครากแล้วไม่คืน ต้องจำให้ขึ้นใจ



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. วัสดุที่ไม่มีจุดครากชัดหาค่ากำลังครากด้วยวิธีใด
2. พื้นที่ใต้กราฟถึงจุดขาดเรียกว่าอะไร

เฉลย 1) Offset 0.2% · 2) Modulus of toughness

ช่วงที่ 3/13 อ่านประมาณ 9 นาที ●●○ ปานกลาง ★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.3 แรงบิด (Torsion)

> ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่างคำนวณได้

เพลาหน้าตัดกลมรับแรงบิด T จะเกิดความเค้นเฉือนแปรผันตรงกับระยะจากศูนย์กลาง สูงสุดที่ผิวนอก

สูตรสำคัญ

$$\tau = \frac{T\rho}{J} \qquad \tau_{max} = \frac{Tc}{J} = \frac{16T}{\pi d^3} \qquad \theta = \frac{TL}{GJ} \qquad J_{\text{ตัน}} = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$J_{\text{กลวง}} = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$$

กำลังส่ง $P = T\omega = 2\pi nT$ (n = รอบต่อวินาที)

อ่านสมการนี้อย่างไร

- แทน c = d/2 และ J = πd⁴/32 จะได้ 16T/πd³
- ความเค้นแปรผกผันกับ d³ เพลาโตขึ้น 2 เท่า ความเค้นลดเหลือ 1/8
- มุมบิด θ = TL/GJ แปรผกผันกับ d⁴ จึงลดเหลือ 1/16



จำง่าย ๆ

บิดเพลาให้หมุน ผิวนอกรับหนัก
ใจกลางเบาจัง เพลากลวงจึงคุ้มนัก



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. τmax ของเพลาตันคือสูตรใด
2. d เพิ่ม 2 เท่า มุมบิดเปลี่ยนอย่างไร

ตอบ 1) $16T/\pi d^3$ · 2) ลดเหลือ 1/16 ($J \propto d^4$)



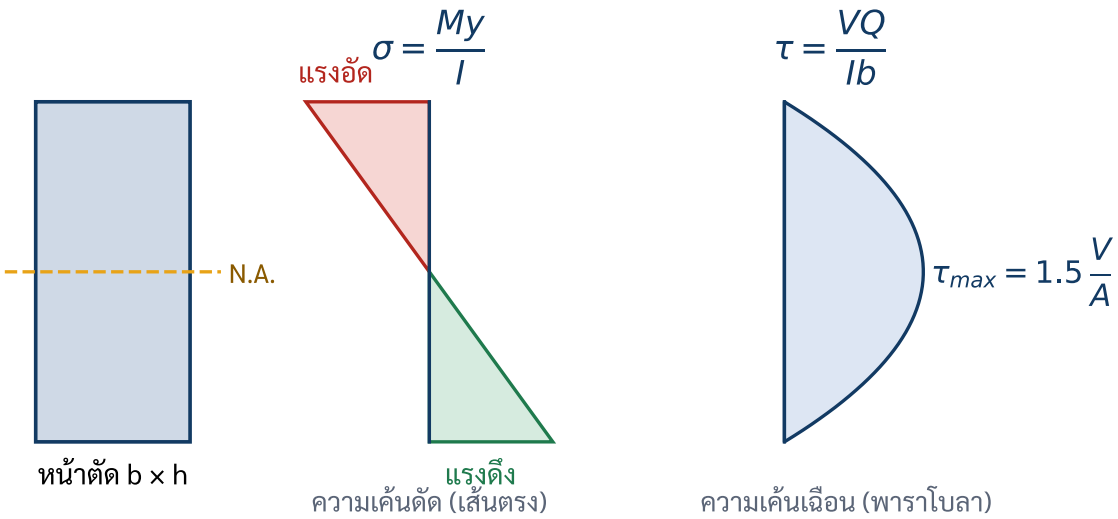
พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“ไม่ต้องเก่งที่สุด แค่ต้องไม่หยุด”

ช่วงที่ 4/13 อ่านประมาณ 15 นาที ●●○ **ปานกลาง** ★★★ ออกสอบบ่อย

1.4 ความเค้นดัดและความเค้นเฉือนในคาน



รูปที่ 1.2 การกระจายความเค้นดัด (เส้นตรง, ศูนย์ที่แกนสะเทิน) และความเค้นเฉือน (พาราโบลา, สูงสุดที่แกนสะเทิน) ในหน้าตัดสี่เหลี่ยม

สูตรสำคัญ

$$\sigma = \frac{My}{I} \qquad \sigma_{max} = \frac{Mc}{I} = \frac{M}{S} \qquad \tau = \frac{VQ}{Ib}$$

สี่เหลี่ยม: $I = \frac{bh^3}{12},\ S = \frac{bh^2}{6},\ \tau_{max} = \frac{3V}{2A}$

วงกลม: $I = \frac{\pi d^4}{64},\ S = \frac{\pi d^3}{32},\ \tau_{max} = \frac{4V}{3A}$

ทฤษฎีแกนขนาน: $I = \bar{I} + Ad^2$

อ่านสมการนี้อย่างไร

- ความเค้นดัดแปรผันตรงกับระยะ y จากแกนสะเทิน (กระจายเป็นเส้นตรง) จึงสูงสุดที่ผิวนอกสุด y = c
- มอดุลัสหน้าตัด S = I/c รวมรูปร่างหน้าตัดไว้ในตัวเดียว ทำให้คิดเร็วว่า σ_{max} = M/S
- สูตร τ = VQ/Ib: Q คือพื้นที่ส่วนเหนือระดับที่พิจารณา × ระยะจากเซนทรอยด์ของส่วนนั้นถึงแกนสะเทิน ที่ผิวบน Q = 0 ที่แกนสะเทิน Q มากที่สุด

- **แกนสะเทิน (Neutral axis)** ผ่านจุดเซนทรอยด์ของหน้าตัด (ในช่วงยืดหยุ่น) ความเค้นดัดเป็นศูนย์ที่แกนนี้
- **มอดุลัสหน้าตัด S = I/c** ยิ่งมาก คานยิ่งรับโมเมนต์ได้มาก การวางคานสี่เหลี่ยม “ตั้ง” (h มาก) จึงแข็งแรงกว่าวาง “นอน” เพราะ S แปรผันกับ h^2
- **Q** คือโมเมนต์ที่หนึ่งของพื้นที่ส่วนที่อยู่เหนือ (หรือใต้) ระดับที่พิจารณา รอบแกนสะเทิน

ตัวอย่าง 1.2

คานไม้ 100 × 200 mm (วางตั้ง) รับโมเมนต์ 4 kN·m จงหาความเค้นดัดสูงสุด

$S = bh^2/6 = 100(200)^2/6 = 666{,}667\ mm^3$

$\sigma = 4\times10^6 / 666{,}667 =$ **6.0 MPa**

ถ้าวางนอน $S = 200(100)^2/6 = 333{,}333\ mm^3 \rightarrow \sigma = 12$ MPa (เพิ่มเป็นสองเท่า)



จำง่าย ๆ

ดัดผิวสุดขอบ เฉือนมากกลางตัว
สี่เหลี่ยมหนึ่งจุดห้า จำไว้ไม่มั่ว



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. ความเค้นเฉือนสูงสุดของหน้าตัดสี่เหลี่ยม
2. วางคานตั้งแข็งแรงกว่านอนเพราะอะไร

ตอบ 1) 1.5V/A ที่แกนสะเทิน 2) S = bh²/6 แปรผันกับ h²



พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“ผิดในห้องซ้อม ดีกว่าผิดในห้องสอบ”

ช่วงที่ 5/13 อ่านประมาณ 13 นาที ●●● ต้องตั้งใจ ★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.5 ความเค้นผสม การแปลงความเค้น และวงกลมของมอร์

ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่างคำนวณได้

แรงตามแนวแกนร่วมกับโมเมนต์ดัด

เสาที่รับแรงเยื้องศูนย์ (e) จะเกิดทั้งแรงอัดและโมเมนต์ M = Pe ความเค้นที่ขอบ $\sigma = \frac{P}{A} \pm \frac{Mc}{I}$ สำหรับหน้าตัดสี่เหลี่ยม ถ้าต้องการให้ **ไม่เกิดแรงดึงในหน้าตัดเลย** แรงต้องอยู่ภายใน **Kern** คือ e ≤ h/6 (กลางหนึ่งในสามของหน้าตัด, Middle-third rule) ส่วนหน้าตัดวงกลม e ≤ d/8

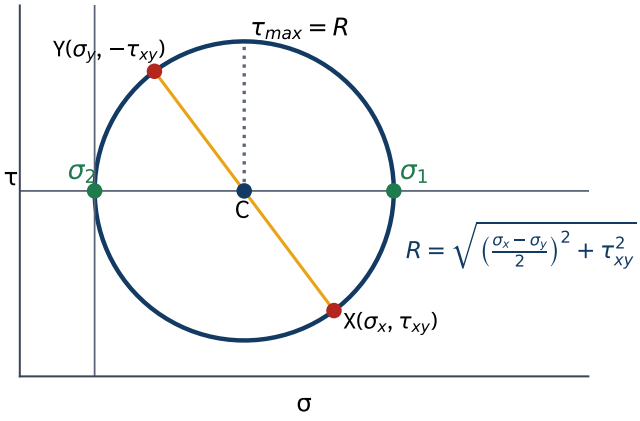
ความเค้นหลักและวงกลมของมอร์

สูตรสำคัญ

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm R$$

$$R = \tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\tan 2\theta_p = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$



รูปที่ 1.3 วงกลมของมอร์

อ่านสมการนี้อย่างไร

- วงกลมของมอร์มีจุดศูนย์กลางที่ความเค้นเฉลี่ย $(\sigma_x + \sigma_y)/2$ รัศมี R หาจากพีทาโกรัส ฐานคือครึ่งหนึ่งของผลต่าง $\sigma_x - \sigma_y$ ความสูงคือ τ_{xy}
- ความเค้นหลัก = ศูนย์กลาง ± รัศมี
- ความเค้นเฉือนสูงสุด = รัศมี
- **กับดัก**: ลืมหาร 2 ที่ผลต่าง หรือลืมให้แรงอัดมีค่าลบ

- จุดศูนย์กลางวงกลม C = (σx + σy)/2
- บนระนาบหลัก ความเค้นเฉือนเป็นศูนย์
- ระนาบเฉือนสูงสุดทำมุม 45° กับระนาบหลัก
- มุมบนวงกลมเป็น **2 เท่า** ของมุมจริงบนชิ้นส่วน

ตัวอย่าง 1.3

σx = 80 MPa, σy = 20 MPa, τxy = 40 MPa จงหาความเค้นหลักและความเค้นเฉือนสูงสุด

C = 50, R = √(30² + 40²) = 50 → σ_1 = **100 MPa**, σ_2 = **0 MPa**, τ_{max} = **50 MPa**

ภาชนะความดันผนังบาง

ถังทรงกระบอกผนังบาง (t ≤ r/10) รับความดันภายใน p: ความเค้นตามเส้นรอบวง (Hoop) $\sigma_h = \frac{pr}{t}$ และตามแนวยาว $\sigma_l = \frac{pr}{2t}$ ทรงกลม $\sigma = \frac{pr}{2t}$ — ความเค้น Hoop เป็นสองเท่าของตามยาว ท่อจึงมักแตกตามแนวยาว



จำง่าย ๆ

ศูนย์กลางคือเฉลี่ย รัศมีคือเฉือนสูงสุด
มุมบนวงกลมสองเท่า อย่าเผลอหลุด



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. ความเค้นเฉือนสูงสุดในระนาบเท่ากับอะไรบนวงกลมมอร์
2. ถังทรงกระบอก Hoop stress เป็นกี่เท่าของแนวยาว

ᒪᑌᓂ 2 (2 · ᖇ ᖘᕮᖘᖇ (1 ɐɔɔɐ

ช่วงที่ 6/13 อ่านประมาณ 5 นาที ปานกลาง ★★☆ ออกสอบบ้าง

1.6 การโก่งตัวของคาน

สมการเส้นยืดหยุ่น $EI\frac{d^2y}{dx^2} = M(x)$ ใช้หาความลาดเอียงและระยะโก่ง วิธีที่นิยมได้แก่ การอินทิเกรตสองครั้ง, Moment-area, Conjugate beam และงานเสมือน (Virtual work) ในห้องสอบให้จำสูตรสำเร็จต่อไปนี้

กรณี	ระยะโก่งสูงสุด	ความลาดเอียงที่ปลาย
คานช่วงเดียว แรงแผ่สม่ำเสมอ w	$\frac{5wL^4}{384EI}$ (กลางช่วง)	$\frac{wL^3}{24EI}$
คานช่วงเดียว แรงจุด P กลางช่วง	$\frac{PL^3}{48EI}$ (กลางช่วง)	$\frac{PL^2}{16EI}$
คานยื่น แรงจุด P ที่ปลาย	$\frac{PL^3}{3EI}$ (ที่ปลาย)	$\frac{PL^2}{2EI}$
คานยื่น แรงแผ่สม่ำเสมอ w	$\frac{wL^4}{8EI}$ (ที่ปลาย)	$\frac{wL^3}{6EI}$
คานยื่น โมเมนต์ M ที่ปลาย	$\frac{ML^2}{2EI}$	$\frac{ML}{EI}$
คานปลายยึดแน่นสองข้าง แรง w	$\frac{wL^4}{384EI}$	0



★ ออกสอบบ่อย: ถามแบบ “ถ้าเปลี่ยน... ระยะโก่งเปลี่ยนกี่เท่า”

ระยะโก่งแปรผันตาม L^3 (แรงจุด) หรือ L^4 (แรงแผ่) และแปรผกผันกับ EI · ถ้าความยาวเพิ่มเป็น 2 เท่า ภายใต้แรงแผ่ ระยะโก่งเพิ่ม 2^4 = **16 เท่า** · ถ้าความลึกคานสี่เหลี่ยมเพิ่ม 2 เท่า I เพิ่ม 2^3 = 8 เท่า ระยะโก่งลดเหลือ **1/8**



จำง่าย ๆ

แรงจุดกำลังสาม แรงแผ่กำลังสี่
ยาวสองเท่าแผ่ สิบหกเท่าทันที



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. ระยะโก่งคานช่วงเดียวรับ w
2. คานยื่นรับ P ที่ปลาย ระยะโก่งเท่าใด

ตอบ 1) $5wL^4/384EI$ · 2) $PL^3/3EI$



พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“สูตรจำไม่ได้ ให้จำที่มาของสูตร”

ช่วงที่ 7/13 อ่านประมาณ 11 นาที ปานกลาง ออกสอบบ้าง

1.7 เสาและการโก่งเดาะ (Columns and Buckling)

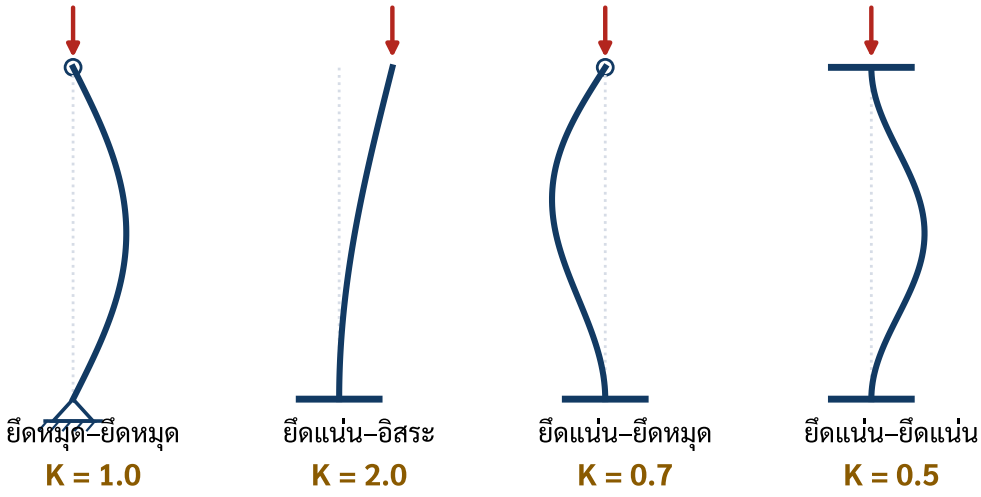
เสายาวชะลูดวิบัติด้วยการโก่งเดาะก่อนที่วัสดุจะถึงจุดคราก น้ำหนักวิกฤตหาได้จากสูตรของออยเลอร์

สูตรสำคัญ

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} \qquad \sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \qquad r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

อ่านสมการนี้อย่างไร

- $\pi^2 EI$ คือความแข็งต่อการดัดของเสา ส่วน KL คือความยาวที่เสา “รู้สึก” จริงหลังคิดสภาพปลายยึด แรงวิกฤตลดลงตามกำลังสองของความยาว: เสายาวขึ้น 2 เท่า รับได้เพียง 1/4
- ใช้ I ของแกนอ่อน
- ใช้ได้เฉพาะเสายาวที่ σ_{cr} ยังไม่เกินขีดจำกัดสัดส่วน



รูปที่ 1.4 ค่าตัวคูณความยาวประสิทธิผล K (ค่าทางทฤษฎี) ตามสภาพการยึดปลายเสา

- ใช้ **I ที่น้อยที่สุด** (แกนอ่อน) เพราะเสาจะโก่งเดาะรอบแกนนั้น
- KL/r เรียกว่า **อัตราส่วนความชะลูด (Slenderness ratio)** ยิ่งมาก σ_{cr} ยิ่งต่ำ
- สูตรออยเลอร์ใช้ได้เมื่อ σ_{cr} ไม่เกินขีดจำกัดสัดส่วน (เสายาว) เสาสั้นวิบัติด้วยการบดอัด (Crushing)
- เสาปลายยึดแน่น–อิสระ (K = 2) รับแรงวิกฤตได้เพียง 1/4 ของเสาหมุด–หมุด ส่วนเสายึดแน่นสองปลาย (K = 0.5) รับได้ 4 เท่า

ตัวอย่าง 1.4

เสาหมุด–หมุด ยาว 4 m, E = 200 GPa, I = 8×10^6 mm^4 จงหา P_{cr}

$P_{cr} = \pi^2(200{,}000)(8\times10^6)/(4{,}000)^2 = 9.87 \times 1.6\times10^{12} / 1.6\times10^7 = 986{,}960$ N ≈ **987 kN**



จำง่าย ๆ

หมุดหมุดหนึ่ง ยื่นอิสระสอง
ยึดหมุดศูนย์จุดเจ็ด ยึดแน่นครึ่งเดียวลอง



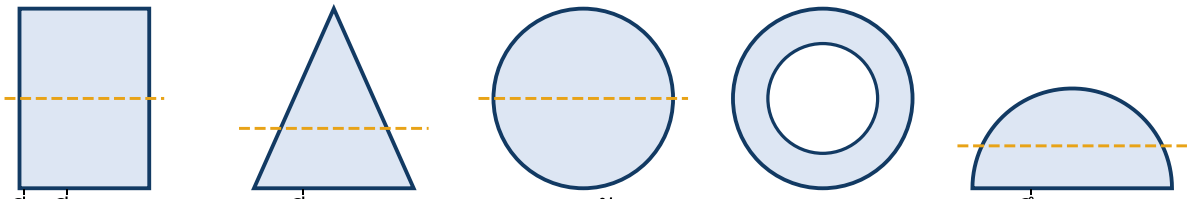
เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. ยึดแน่น–อิสระ K เท่าใด
2. การหาน้ำหนักวิกฤตต้องใช้ I แกนใด

(ตอบกลับ: 1) 2.0 · 2) แกนอ่อน (I น้อยสุด))

ช่วงที่ 8/13 อ่านประมาณ 6 นาที ● ○ ○ ง่าย ★★☆ ออกสอบบ้าง

1.8 คุณสมบัติหน้าตัดที่ต้องจำ



รูปที่ 1.5 เซนทรอยด์และโมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดพื้นฐาน (เส้นประ = แกนผ่านเซนทรอยด์)

- **เซนทรอยด์ของหน้าตัดประกอบ** $\bar{y} = \dfrac{\sum A_i y_i}{\sum A_i}$ · หน้าตัดที่มีรูให้คิดพื้นที่รูเป็นลบ
- **รัศมีไจเรชัน** $r = \sqrt{I/A}$ · สี่เหลี่ยม r = h/√12 ≈ 0.289h · วงกลม r = d/4
- **โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว** $J = I_x + I_y$ · **Product of inertia** I_{xy} = 0 เมื่อแกนใดแกนหนึ่งเป็นแกนสมมาตร
- หน้าตัด I และกล่องกลวงมี I สูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ เพราะวางเนื้อวัสดุไว้ไกลแกนสะเทิน จึงเป็นรูปทรงที่ประหยัดสำหรับคาน

ตัวอย่าง 1.5 หน้าตัดประกอบรูปตัวที

ปีก 200 × 50 mm วางบนเอว 50 × 200 mm (สูงรวม 250 mm) จงหาตำแหน่งแกนสะเทินและ I

เอว A = 10,000 mm² ที่ y = 100

ปีก A = 10,000 mm² ที่ y = 225 → $\bar{y}$ = **162.5 mm** จากฐาน

$I = [50(200)^3/12 + 10{,}000(62.5)^2] + [200(50)^3/12 + 10{,}000(62.5)^2] = 72.4\times10^6 + 41.1\times10^6 = \mathbf{113.5\times10^6\ mm^4}$



จำง่าย ๆ

สี่เหลี่ยมสิบสอง สามเหลี่ยมสามสิบหก
วงกลมหกสิบสี่ จำไว้ไม่ติดขัด



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. I ของสามเหลี่ยมรอบเซนทรอยด์
2. รัศมีไจเรชันของวงกลม

ตอบ 1) $bh^3/36$ · 2) $d/4$



พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป
“ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล แล้วค่อยกลับมาลุยต่อ”

ช่วงที่ 9/13 อ่านประมาณ 6 นาที ●●○ **ปานกลาง** ★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.9 ชิ้นส่วนอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิตที่รับแรงตามแนวแกน

ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่าง

คำนวณได้

เมื่อสมการสมดุลไม่พอ ให้เพิ่ม **สมการความเข้ากันได้ของการเปลี่ยนรูป (Compatibility)** ขั้นตอนมาตรฐานคือ (1) เขียนสมการสมดุล (2) เขียนเงื่อนไขการเปลี่ยนรูป (3) แทนความสัมพันธ์ δ = PL/AE แล้วแก้สมการ

- **แท่งยึดแน่นสองปลายมีแรง P กระทำที่ระยะ a จากปลายซ้าย** (หน้าตัดและวัสดุเดียวกัน): ระยะยืดของส่วนหนึ่งเท่ากับระยะหดของอีกส่วน → $R_{\text{ซ้าย}} = Pb/L$, $R_{\text{ขวา}} = Pa/L$ (เหมือนสูตรแรงปฏิกิริยาคาน)
- **เสาวัสดุผสม** (เช่น คอนกรีตกับเหล็ก) ใช้ **หน้าตัดแปลง** $A_{tr} = A_c + nA_s \rightarrow \sigma_c = P/A_{tr}$, $\sigma_s = n\sigma_c$
- **แท่งผสมที่ถูกยึดและเปลี่ยนอุณหภูมิ**: วัสดุที่ α สูงจะถูกบังคับให้ยืดน้อยลง (รับแรงอัด) ส่วนวัสดุ α ต่ำถูกดึงให้ยืดมากขึ้น (รับแรงดึง)

ตัวอย่าง 1.6 เสาวัสดุผสม

เสาคอนกรีตพื้นที่ 90,000 mm² เสริมเหล็ก 2,000 mm² (n = 8) รับแรงอัด 1,000 kN

A_{tr} = 90,000 + 8(2,000) = 106,000 mm² → σ_c = 1,000,000/106,000 = **9.43 MPa**

σ_s = 8(9.43) = **75.5 MPa**

เหล็กรับแรง = 75.5 × 2,000 = 151 kN (15% ของแรงทั้งหมด ทั้งที่พื้นที่เพียง 2%)



จำง่าย ๆ

สมดุลไม่พอ ต้องขอความเข้ากัน

ยืดเท่าหดเท่า แก้สมการได้ทัน



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. เสาวัสดุผสมใช้พื้นที่แปลงอย่างไร
2. ความเค้นเหล็กในเสาผสมเท่ากับอะไร

ตอบ 1) $A_c + nA_s$ · 2) $n \times$ ความเค้นคอนกรีต

ช่วงที่ 10/13 อ่านประมาณ 10 นาที ●●● **ปานกลาง** ★★★ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.10 พลังงานความเครียด แรงกระแทก และความเค้นรวมศูนย์

ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่างคำนวณได้

สูตรสำคัญ

$$U = \frac{P^2 L}{2AE} = \frac{1}{2} P\delta \qquad u = \frac{\sigma^2}{2E} \text{ (ต่อหน่วยปริมาตร)} \qquad U_{\text{บิด}} = \frac{T^2 L}{2GJ}$$

$$U_{\text{ดัด}} = \int \frac{M^2}{2EI} dx$$

- **Modulus of resilience** $u_r = \dfrac{\sigma_{pl}^2}{2E}$ คือพลังงานที่วัสดุดูดซับได้โดยไม่เสียรูปถาวร
- **แรงกระแทกจากการปล่อยวัตถุโดยฉับพลัน** (Suddenly applied load, ไม่มีระยะตก) ทำให้ความเค้นและระยะยืดสูงสุดเป็น **2 เท่า** ของกรณีค่อย ๆ ใส่แรง
- **ความเค้นรวมศูนย์ (Stress concentration)** เกิดรอบรู รอยบาก หรือมุมแหลม $\sigma_{max} = K\sigma_{\text{เฉลี่ย}}$ เช่น รูกลมในแผ่นกว้างมาก $K \approx 3$ · ความล้าของชิ้นส่วนเหล็กมักเริ่มที่จุดเหล่านี้
- **หลักของแซงต์–วีน็อง (Saint-Venant)**: ที่ระยะห่างจากจุดใส่แรงประมาณเท่าความกว้างหน้าตัด ความเค้นจะกระจายสม่ำเสมอ จึงใช้ $\sigma = P/A$ ได้

ตัวอย่าง 1.7 พลังงานความเครียด

แท่งเหล็ก A = 500 mm², L = 2 m, E = 200 GPa รับแรง 50 kN → U = (50,000)²(2,000)/[2(500)(200,000)] = 25,000 N·mm = **25 J**

ตรวจ: ½Pδ = ½(50,000)(1.0) = 25,000 N·mm ✓



จำง่าย ๆ

ใส่แรงทันทีเค้นสองเท่า

รูเล็กบนแผ่นกว้าง สามเท่าต้องระวัง



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. พลังงานความเครียดของแท่งรับแรงแกน
2. แรงเพิ่ม 2 เท่า พลังงานเพิ่มกี่เท่า

ตอบ 1) P²L/2AE · 2) 4 เท่า



พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“ช้าแต่ชัวร์ ดีกว่าเร็วแต่ลืม”

ช่วงที่ 11/13 อ่านประมาณ 10 นาที ●●● **ต้องตั้งใจ** ★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.11 แรงบิดร่วมกับแรงดัด และทฤษฎีการวิบัติ

> ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่างคำนวณได้

เพลาที่รับทั้งโมเมนต์ดัด M และแรงบิด T จุดวิกฤตอยู่ที่ผิวนอก ซึ่งมีทั้ง $\sigma = 32M/\pi d^3$ และ $\tau = 16T/\pi d^3$ จากนั้นใช้วงกลมของมอร์หาความเค้นหลัก

สูตรสำคัญสำหรับเพลากลมตัน

$$\tau_{max} = \frac{16}{\pi d^3}\sqrt{M^2 + T^2} \qquad \sigma_1 = \frac{16}{\pi d^3}\left(M + \sqrt{M^2 + T^2}\right)$$

อ่านสมการนี้อย่างไร

- มาจากวงกลมของมอร์ที่ผิวเพลา: $\sigma = 32M/\pi d^3$ และ $\tau = 16T/\pi d^3$ แทนในสูตรรัศมีแล้วดึงตัวร่วม $16/\pi d^3$ ออก
- $\sqrt{(M^2 + T^2)}$ จึงเปรียบเหมือน “แรงบิดเทียบเท่า” ที่ใช้ออกแบบเพลาวัสดุเหนียว

ทฤษฎีการวิบัติ	เกณฑ์	เหมาะกับ
Maximum normal stress (Rankine)	$\sigma_1 \le \sigma_u$	วัสดุเปราะ เช่น เหล็กหล่อ
Maximum shear stress (Tresca)	$\tau_{max} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2 \le \sigma_y/2$	วัสดุเหนียว (ให้ค่าปลอดภัยกว่า)
Maximum distortion energy (von Mises)	$\sqrt{(\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2)} \le \sigma_y$	วัสดุเหนียว (ตรงกับผลทดลองมากที่สุด)

ตัวอย่าง 1.8

เพลาตัน d = 50 mm รับ M = 1 kN·m และ T = 1.5 kN·m

$\sigma = 32(10^6)/\pi(50)^3 = 81.5$ MPa

$\tau = 16(1.5\times10^6)/\pi(50)^3 = 61.1$ MPa → $R = \sqrt{(40.75^2 + 61.1^2)} = \mathbf{73.5\ MPa = \tau_{max}}$

$\sigma_1 = 40.75 + 73.5 = \mathbf{114.2\ MPa}$, $\sigma_2 = -32.7$ MPa

von Mises ≈ 133.6 MPa



จำง่าย ๆ

วัสดุเปราะดูแรงดึง วัสดุเหนียวดูแรงเฉือน
ฟอนมิเซสตรงที่สุด จำไว้ไม่เลือน



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

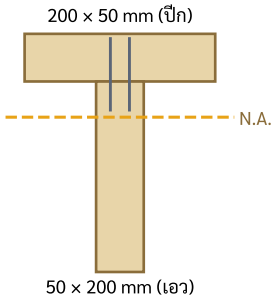
1. τmax ของเพลารับ M และ T
2. ทฤษฎีใดเหมาะกับเหล็กหล่อ

(ตอบ 1) $(16/\pi d^3)\sqrt{(M^2+T^2)}$ · 2) Maximum normal stress (Rankine)

ช่วงที่ 12/13 อ่านประมาณ 6 นาที ●●● **ต้องตั้งใจ** ★☆☆ ออกน้อย · ส่วนเสริม

1.12 กระแสเฉือน (Shear Flow) และคานประกอบ

ส่วนเสริม: หัวข้อนี้พบน้อยในแนวข้อสอบที่รวบรวมได้ ถ้าเวลาเหลือน้อยให้อ่านเฉพาะกล่องสรุปและข้ามตัวอย่างคำนวณได้



$$q = \frac{VQ}{I} \text{ (N/mm)}$$

$$s = \frac{F_{nail}}{q}$$

Q = พื้นที่ปีก × ระยะถึง N.A.

รูปที่ 1.6 คานไม้ประกอบยึดด้วยตะปู

คานที่ประกอบจากหลายชิ้นต้องมีตัวยึด (ตะปู สลักเกลียว รอยเชื่อม) รับ **กระแสเฉือน q = VQ/I** ตามแนวยาวที่รอยต่อ ระยะเรียงตัวยึด $s = nF/q$ (n = จำนวนตัวยึดต่อแถว, F = กำลังของตัวยึดหนึ่งตัว)

คานวัสดุผสม (เช่น ไม้เสริมแผ่นเหล็ก) ใช้หน้าตัดแปลงโดยคูณความกว้างของวัสดุที่แข็งกว่าด้วย $n = E_2/E_1$ แล้วคำนวณ $\sigma = nMy/I_{tr}$ สำหรับวัสดุนั้น

ตัวอย่าง 1.9 ระยะเรียงตะปู

คานในตัวอย่าง 1.5 ($I = 113.5\times10^6$ mm⁴) รับแรงเฉือน 5 kN ตะปูหนึ่งตัวรับแรงเฉือนได้ 1,000 N ใช้ตะปูแถวเดียว

Q ของปีก = 10,000(225 – 162.5) = 625,000 mm³

q = 5,000(625,000)/113.5×10⁶ = **27.5 N/mm** → s = 1,000/27.5 = **36 mm**



จำง่าย ๆ

ตะปูรับเฉือนไหลตามแนวยาว

VQ หาร I ระยะเรียงไม่ต้องเดาเอา



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. สูตรกระแสเฉือน
2. ระยะเรียงตัวยึด

ตอบ 1) $q = VQ/I$ 2) $s = F/q$



พักสมอง 3 นาที

ลุกขึ้นยืน ดื่มน้ำ มองไกล ๆ แล้วค่อยกลับมาอ่านช่วงต่อไป

“ความเหนื่อยวันนี้ คือชื่อในบัญชีวันหน้า”

ช่วงที่ 13/13 อ่านประมาณ 15 นาที ●●○ **ปานกลาง** ★★☆ ออกสอบบ้าง

1.13 ตัวอย่างโจทย์ทำทีละขั้น

โจทย์ 1 แท่งยึดแน่นสองปลาย

แท่งเหล็กยาว 3 m ยึดแน่นทั้งสองปลาย รับแรง 60 kN ตามแนวแกนที่ระยะ 1 m จากปลายซ้าย จงหาแรงปฏิกิริยา

สมดุล: $R_L + R_R = 60$

ความเข้ากันได้: ส่วนซ้ายยืด = ส่วนขวาหด → $R_L(1)/AE = R_R(2)/AE$ → $R_L = 2R_R$

แก้สมการ: $R_R = 20$ kN, $R_L =$ **40 kN** (ปลายที่ใกล้แรงรับมากกว่า)

โจทย์ 2 ออกแบบขนาดเพลา

เพลาตันต้องส่งแรงบิด 1 kN·m ความเค้นเฉือนที่ยอมให้ 60 MPa ต้องใช้เส้นผ่านศูนย์กลางเท่าใด

$d^3 = 16T/(\pi\tau) = 16(10^6)/(\pi \times 60) = 84{,}883\ mm^3$ → d = **43.9 mm** → เลือกใช้ **45 mm** (ปัดขึ้นเสมอเมื่อออกแบบ)

โจทย์ 3 เสาเยื้องศูนย์

เสา 200 × 400 mm รับแรงอัด 400 kN เยื้องศูนย์ 50 mm ตามแนวด้าน 400 mm

$P/A = 400{,}000/80{,}000 = 5.0$ MPa

$S = 200(400)^2/6 = 5.33\times10^6\ mm^3$

$M/S = 400{,}000(50)/5.33\times10^6 = 3.75$ MPa → σ_{max} = **8.75 MPa (อัด)**, σ_{min} = **1.25 MPa (อัด)**

ไม่เกิดแรงดึงเพราะ e = 50 < h/6 = 66.7 mm

โจทย์ 4 ความเค้นบนระนาบเอียง

แท่งรับแรงดึง σ = 100 MPa จงหาความเค้นบนระนาบที่เส้นตั้งฉากทำมุม 30° กับแกนแท่ง

$\sigma_n = \sigma\cos^2\theta = 100(0.75) =$ **75 MPa**

$\tau = \sigma \sin\theta \cos\theta = 100(0.5)(0.866) =$ **43.3 MPa**

โจทย์ 5 ระยะโก่งโดยหลักการซ้อนทับ

คานยื่นยาว L รับแรงจุด P ที่ปลายและน้ำหนักแผ่ w ตลอดความยาว

$\Delta_{ปลาย} = PL^3/3EI + wL^4/8EI$

ตัวอย่าง P = 5 kN, w = 2 kN/m, L = 3 m, EI = 9,000 kN·m² → 5(27)/27,000 + 2(81)/72,000 = 0.0050 + 0.00225 = **7.25 mm**



จำง่าย ๆ

ฝึกมือให้คล่อง ห้องสอบจะไม่ตกใจ
ทำทีละขั้น หน่วยต้องดูให้ไว



เช็กความจำ ปิดหน้ากระดาษด้านบน แล้วตอบในใจ

1. เสาเยื้องศูนย์ไม่เกิดแรงดึงเมื่อใด
2. ออกแบบขนาดเพลาแล้วต้องปัดอย่างไร

ตอบ 1) e ≤ 9/4 · 2



เยี่ยมมาก อ่านจบบทแล้ว

ก่อนทำแนวข้อสอบ ปิดหนังสือ แล้วเขียนสิ่งที่จำได้จากบทนี้ลงกระดาษ 5 ข้อ (Brain dump) จากนั้นค่อยเปิดเทียบ

ทบทวนแบบเว้นระยะ ติ๊กเมื่อทบทวนแล้ว: ☐ พรุ่งนี้ ☐ อีก 3 วัน ☐ อีก 7 วัน ☐ อีก 21 วัน

แนวข้อสอบบทที่ 1

123 ข้อ · กลศาสตร์ของวัสดุ

ลองทำทุกข้อก่อนเปิดดูเฉลย จับเวลาประมาณ 1–1.5 นาทีต่อข้อ

ประเด็นแนวคิดที่ผู้เข้าสอบ ทช. จำมา

1. ความเค้นปกติ (Normal stress) กับความเค้นเฉือน (Shear stress) ต่างกันอย่างไร

ก. ความเค้นปกติกระทำตั้งฉากกับหน้าตัด ส่วนความเค้นเฉือนกระทำขนานกับหน้าตัด

ข. เหมือนกันทุกประการ

ค. ความเค้นปกติกระทำขนานกับหน้าตัด ส่วนความเค้นเฉือนกระทำตั้งฉาก

ง. ความเค้นเฉือนเกิดเฉพาะในของเหลว

2. บริเวณรอบรูเจาะหรือมุมแหลมของชิ้นส่วน ความเค้นจะเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับความเค้นเฉลี่ย

ก. สูงกว่าความเค้นเฉลี่ย เรียกว่าความเค้นรวมศูนย์ (Stress concentration)

ข. เท่ากับความเค้นเฉลี่ยพอดี

ค. ต่ำกว่าความเค้นเฉลี่ย

ง. เท่ากับศูนย์

3. สลักเกลียวเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm ยึดแผ่นเหล็กสองแผ่นซ้อนกัน (เฉือนเดี่ยว) รับแรง 31.4 kN ความเค้นเฉือนในสลักประมาณเท่าใด

ก. 25 MPa ข. 50 MPa

ค. 100 MPa ง. 157 MPa

4. เหล็กมีกำลังคราก 240 MPa ถ้าใช้อัตราส่วนความปลอดภัย 2 หน่วยแรงที่ยอมให้ (Allowable stress) เท่าใด

ก. 120 MPa ข. 240 MPa

ค. 360 MPa ง. 480 MPa

5. ร้อยละการยืดตัว (Percent elongation) จากการทดสอบแรงดึง บอกคุณสมบัติใดของวัสดุ

ก. ความเหนียว (Ductility)
ข. ความแข็งเกร็ง
ค. ความหนาแน่น
ง. ความแข็งแรง

6. แท่งยางถูกดึงให้ยืดตามยาว ด้านกว้างของแท่งจะเปลี่ยนอย่างไร

ก. กว้างขึ้นเป็นสองเท่าของความยาวที่ยืด
ข. ไม่เปลี่ยน
ค. กว้างขึ้น
ง. แคบลง ตามผลของอัตราส่วนปัวซอง

7. ข้อใดคือความแตกต่างระหว่างกำลังคราก (Yield strength) กับกำลังประลัย (Ultimate strength)

ก. กำลังครากใช้กับคอนกรีตเท่านั้น
ข. กำลังครากคือจุดที่วัสดุเริ่มเสียรูปถาวร ส่วนกำลังประลัยคือความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้
ค. เหมือนกัน
ง. กำลังประลัยต่ำกว่ากำลังครากเสมอ

8. คานรับโมเมนต์ดัดบวก (แอ่นลงเป็นรูปจาน) ความเค้นที่ผิวบนและผิวล่างเป็นอย่างไร

ก. ไม่มีความเค้น
ข. รับแรงดึงทั้งสองผิว
ค. ผิวบนรับแรงดึง ผิวล่างรับแรงอัด
ง. ผิวบนรับแรงอัด ผิวล่างรับแรงดึง

9. ต้องการเพิ่มกำลังรับโมเมนต์ดัดของคานเหล็กโดยใช้น้ำหนักเหล็กเท่าเดิม หน้าตัดรูปใดเหมาะที่สุด

ก. หน้าตัดสี่เหลี่ยมตัน
ข. แผ่นเหล็กแบน
ค. หน้าตัดวงกลมตัน
ง. หน้าตัดรูปตัวไอ (I-section)

10. ข้อใดเป็นสาเหตุทำให้เสาเหล็กยาวโก่งเดาะได้ง่ายขึ้น

ก. ค้ำยันกลางความสูงเสา

ข. ใช้หน้าตัดที่มีโมเมนต์ความเฉื่อยสูงขึ้น

ค. ลดความยาวเสา

ง. เปลี่ยนปลายเสาจากยึดแน่นเป็นปลายหมุด

11. แผ่นเหล็กสองแผ่นยึดด้วยสลัก ความเค้นแบกทาน (Bearing stress) ระหว่างสลักกับแผ่นเหล็กคำนวณจากพื้นที่ใด

ก. เส้นผ่านศูนย์กลางสลัก × ความหนาแผ่นเหล็ก

ข. ความกว้างแผ่น × ความหนาแผ่น

ค. พื้นที่หน้าตัดวงกลมของสลัก

ง. เส้นรอบวงของสลัก × ความยาวสลัก

12. แท่งเหล็กสองแท่งวัสดุและความยาวเท่ากัน แท่งหนึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเป็นสองเท่าของอีกแท่ง ถ้ารับแรงดึงเท่ากัน แท่งที่ใหญ่กว่าจะยืดเท่าใดเมื่อเทียบกับแท่งเล็ก

ก. ยืดเท่ากัน

ข. ยืดเป็นสี่เท่า

ค. ยืดเป็นสองเท่า

ง. ยืดเป็นครึ่งหนึ่ง

ความเค้น ความเครียด และสมบัติวัสดุ

13. แท่งเหล็กกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 mm รับแรงดึงตามแนวแกน 31.4 kN ความเค้นดึงในแท่งเหล็กมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 100 MPa

ข. 25 MPa

ค. 50 MPa

ง. 400 MPa

14. แท่งเหล็กยาว 3 m พื้นที่หน้าตัด 600 mm^2 รับแรงดึง 120 kN กำหนด E = 200 GPa จะยืดออกเท่าใด

ก. 0.3 mm

ข. 1.5 mm

ค. 3.0 mm

ง. 6.0 mm

15. ชิ้นทดสอบรับแรงดึงแล้ววัดความเครียดตามแนวแกนได้ 0.0005 และความเครียดด้านข้างได้ −0.00015 อัตราส่วนปัวซองมีค่าเท่าใด

ก. 0.30 ข. 0.15

ค. 0.25 ง. 3.33



ครบ 15 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

16. วัสดุมี E = 200 GPa และ ν = 0.25 มอดุลัสเฉือน G มีค่าเท่าใด

ก. 50 GPa ข. 80 GPa

ค. 100 GPa ง. 160 GPa

17. รางเหล็กยึดปลายทั้งสองข้างแน่น อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 30 °C กำหนด $\alpha = 12\times10^{-6}$ /°C และ E = 200 GPa จะเกิดความเค้นอัดเท่าใด

ก. 36 MPa ข. 60 MPa

ค. 720 MPa ง. 72 MPa

18. รางเหล็กยาว 10 m วางอิสระ อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 40 °C ($\alpha = 12\times10^{-6}$ /°C) รางจะยืดออกเท่าใด

ก. 0.48 mm ข. 4.8 mm

ค. 12 mm ง. 48 mm

19. สลักเกลียวขนาด 20 mm ยึดแผ่นเหล็กแบบเฉือนคู่ (Double shear) รับแรง 60 kN ความเค้นเฉือนเฉลี่ยในสลักมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 47.7 MPa ข. 95.5 MPa

ค. 191 MPa ง. 382 MPa

20. พื้นที่ใต้กราฟความเค้น–ความเครียดทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงจุดขาด แสดงถึงสมบัติใดของวัสดุ

ก. Modulus of resilience ข. Ductility

ค. Modulus of elasticity ง. Modulus of toughness

21. วิธี Offset 0.2% ใช้เพื่อหาค่าใด

ก. มอดุลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม

ข. กำลังประลัยของคอนกรีต

ค. ความเครียดที่จุดขาด

ง. กำลังครากของวัสดุที่ไม่มีจุดครากชัดเจน

22. วัสดุใดต่อไปนี้จัดเป็นวัสดุเปราะ (Brittle material)

ก. เหล็กหล่อ ข. ทองแดง

ค. เหล็กกล้าละมุน ง. อะลูมิเนียม

23. เหล็กมีกำลังประลัย 400 MPa ถ้ากำหนดความเค้นที่ยอมให้ 160 MPa ค่าความปลอดภัยเท่ากับเท่าใด

ก. 1.6 ข. 2.0

ค. 2.5 ง. 4.0

24. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัดตามแนวแกน โดยเหล็กและคอนกรีตยึดเกาะกันสมบูรณ์ ถ้า $n = E_s/E_c = 8$ และความเค้นในคอนกรีตเท่ากับ 5 MPa ความเค้นในเหล็กเสริมเท่ากับเท่าใด

ก. 0.625 MPa ข. 5 MPa

ค. 13 MPa ง. 40 MPa

แรงบิด

25. เพลาตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm รับแรงบิด 2 kN·m ความเค้นเฉือนสูงสุดมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 81.5 MPa ข. 40.7 MPa

ค. 163 MPa ง. 326 MPa

26. ถ้าเพิ่มเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาตันเป็น 2 เท่า โดยแรงบิดและความยาวคงเดิม มุมบิด θ จะเปลี่ยนไปอย่างไร

ก. ลดลงเหลือ 1/2 ข. ลดลงเหลือ 1/8

ค. ลดลงเหลือ 1/4 ง. ลดลงเหลือ 1/16

27. กำลังที่เพลาส่งได้ P สัมพันธ์กับแรงบิด T และความเร็วรอบ n (รอบ/วินาที) ตามข้อใด

ก. $P = T/n$ ข. $P = 2\pi nT$

ค. $P = T/(2\pi n)$ ง. $P = \pi nT/2$

การดัดและแรงเฉือนในคาน

28. คานหน้าตัดสี่เหลี่ยมกว้าง 150 mm ลึก 300 mm มีมอดุลัสหน้าตัด (S) รอบแกนสะเทินเท่าใด

ก. 1.125×10^{6} mm³ ข. 2.25×10^{6} mm³

ค. 3.375×10^{8} mm³ ง. 4.5×10^{6} mm³

29. คานในข้อก่อนหน้า (150 × 300 mm) รับโมเมนต์ดัด 27 kN·m ความเค้นดัดสูงสุดเท่าใด

ก. 6 MPa ข. 9 MPa

ค. 12 MPa ง. 24 MPa

30. คานหน้าตัดสี่เหลี่ยม 150 × 300 mm รับแรงเฉือน 45 kN ความเค้นเฉือนสูงสุดมีค่าเท่าใด

ก. 1.0 MPa ข. 1.5 MPa

ค. 2.0 MPa ง. 3.0 MPa



ครบ 30 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

31. ในคานหน้าตัดสี่เหลี่ยม ความเค้นเฉือนจากแรงเฉือนมีค่าสูงสุดที่ตำแหน่งใด

ก. แกนสะเทิน ข. ผิวล่างสุดของหน้าตัด

ค. ตำแหน่งเหล็กเสริมรับแรงดึง ง. ผิวบนสุดของหน้าตัด

32. ไม้ขนาด 100 × 200 mm ใช้ทำคาน ถ้าวางตั้ง (ด้าน 200 mm เป็นความลึก) จะรับโมเมนต์ได้กี่เท่าของการวางนอน

ก. 1 เท่า ข. 2 เท่า

ค. 4 เท่า ง. 8 เท่า

33. โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดสี่เหลี่ยม b × h รอบแกนที่ผ่านฐานของหน้าตัดมีค่าเท่าใด

ก. $bh^3/3$ ข. $bh^3/12$

ค. $bh^2/6$ ง. $bh^3/6$

34. เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมลึก h = 600 mm ถ้าต้องการให้ไม่เกิดความเค้นดึงในหน้าตัดเลย แรงอัดต้องเยื้องศูนย์ได้ไม่เกินเท่าใด (เยื้องตามแนวด้าน h)

ก. 50 mm ข. 100 mm

ค. 150 mm ง. 200 mm

การแปลงความเค้นและวงกลมของมอร์

35. ชิ้นส่วนรับแรงดึงตามแนวแกนอย่างเดียว σ = 100 MPa ความเค้นเฉือนสูงสุดเกิดบนระนาบที่ทำมุมเท่าใดกับแกน และมีค่าเท่าใด

ก. 45°, 50 MPa ข. 0°, 100 MPa

ค. 30°, 50 MPa ง. 90°, 100 MPa

36. บนวงกลมของมอร์ ถ้าระนาบบนชิ้นส่วนจริงหมุนไป θ องศา จุดบนวงกลมจะหมุนไปกี่องศา

ก. 2θ ข. 4θ

ค. θ ง. θ/2

37. ในถังทรงกระบอกผนังบาง อัตราส่วนความเค้นตามเส้นรอบวงต่อความเค้นตามแนวยาวเท่ากับเท่าใด

ก. 0.5 ข. 1

ค. 4 ง. 2

การโก่งตัวของคาน

38. คานช่วงเดียวยาว 6 m รับแรงแผ่สม่ำเสมอ 10 kN/m ค่า EI = 20,000 kN·m² ระยะโก่งกลางช่วงมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 2.1 mm ข. 5.6 mm

ค. 8.4 mm ง. 16.9 mm

39. คานยื่นยาว 3 m รับแรงจุด 10 kN ที่ปลาย EI = 9,000 kN·m² ระยะโก่งที่ปลายคานเท่าใด

ก. 10 mm ข. 3.3 mm

ค. 5 mm ง. 30 mm

40. คานช่วงเดียวยาว 4 m รับแรงจุด 20 kN ที่กลางช่วง EI = 5,000 kN·m² ระยะโก่งสูงสุดมีค่าประมาณเท่าใด

ก. 5.3 mm ข. 2.7 mm

ค. 10.7 mm ง. 21.3 mm

41. คานช่วงเดียวรับแรงแผ่สม่ำเสมอ ถ้าความยาวช่วงคานเพิ่มเป็น 2 เท่า (w, E, I คงเดิม) ระยะโก่งกลางช่วงเพิ่มขึ้นกี่เท่า

ก. 2 เท่า ข. 4 เท่า

ค. 8 เท่า ง. 16 เท่า

42. คานหน้าตัดสี่เหลี่ยม ถ้าเพิ่มความลึกเป็น 2 เท่าโดยความกว้างเท่าเดิม ระยะโก่งภายใต้น้ำหนักเดิมจะเป็นกี่เท่าของเดิม

ก. 1/2 ข. 1/4

ค. 1/8 ง. 1/16

เสาและการโก่งเดาะ

43. เสาสองต้นวัสดุ หน้าตัด และความยาวเท่ากัน ต้นหนึ่งยึดแน่นทั้งสองปลาย อีกต้นยึดหมุดทั้งสองปลาย น้ำหนักวิกฤตของเสายึดแน่นเป็นกี่เท่าของเสายึดหมุด

ก. 0.5 เท่า ข. 2 เท่า

ค. 4 เท่า ง. 8 เท่า

44. เสาเหล็กยึดหมุดทั้งสองปลาย ยาว 5 m, E = 200 GPa, I (แกนอ่อน) = 5×10^{6} mm^4 น้ำหนักวิกฤตตามสูตรออยเลอร์มีค่าประมาณเท่าใด

ก. 158 kN ข. 395 kN

ค. 790 kN ง. 1,579 kN

45. ในการคำนวณน้ำหนักวิกฤตของเสาหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ไม่มีค้ำยันด้านข้าง ต้องใช้โมเมนต์ความเฉื่อยค่าใด

ก. ค่าน้อยที่สุดของหน้าตัด ข. โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว J

ค. ค่ามากที่สุดของหน้าตัด ง. ค่าเฉลี่ยของสองแกน



ครบ 45 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

แนวข้อสอบเพิ่มเติม: ความเค้นและการเปลี่ยนรูป

46. สลักเกลียวขนาด 20 mm ยึดแผ่นเหล็กหนา 10 mm รับแรง 30 kN ความเค้นแบกทาน (Bearing stress) บนแผ่นเหล็กเท่าใด

ก. 75 MPa ข. 95.5 MPa

ค. 150 MPa ง. 300 MPa

47. แท่งประกอบด้วยอะลูมิเนียม (A = 400 mm^2, L = 1 m, E = 70 GPa) ต่อกับเหล็ก (A = 200 mm^2, L = 1.5 m, E = 200 GPa) รับแรงดึง 20 kN ระยะยืดรวมประมาณเท่าใด

ก. 0.71 mm ข. 0.75 mm

ค. 2.92 mm ง. 1.46 mm

48. แท่งอะลูมิเนียมยึดแน่นสองปลาย อุณหภูมิเพิ่ม 40 °C (E = 70 GPa, $\alpha = 23\times10^{-6}$ / °C) เกิดความเค้นเท่าใด

ก. 32.2 MPa ข. 64.4 MPa

ค. 96.6 MPa ง. 128.8 MPa

49. วัสดุมี E = 70 GPa และ ν = 0.33 มอดุลัสเฉือนประมาณเท่าใด

ก. 23.3 GPa ข. 26.3 GPa

ค. 35.0 GPa ง. 52.6 GPa

50. ค่าอัตราส่วนปัวซองสูงสุดทางทฤษฎีของวัสดุไอโซทรอปิกคือเท่าใด

ก. 0.25 ข. 0.33

ค. 1.00 ง. 0.50

51. ถ้าแรงในแท่งเพิ่มเป็น 2 เท่า (ยังอยู่ในช่วงยืดหยุ่น) พลังงานความเครียดจะเพิ่มขึ้นกี่เท่า

ก. 1.4 เท่า ข. 2 เท่า

ค. 8 เท่า ง. 4 เท่า

52. น้ำหนักที่ใส่ลงบนแท่งโดยฉับพลัน (Suddenly applied load) ทำให้ความเค้นสูงสุดเป็นกี่เท่าของการค่อย ๆ ใส่น้ำหนักเท่ากัน

ก. 2 เท่า ข. 1 เท่า

ค. 1.5 เท่า ง. 4 เท่า

53. แผ่นเหล็กกว้างมากมีรูกลมขนาดเล็กรับแรงดึง ค่าตัวประกอบความเค้นรวมศูนย์ (K) ที่ขอบรูประมาณเท่าใด

ก. 1 ข. 1.5

ค. 10 ง. 3

54. หลักการใดกล่าวว่า ที่ระยะห่างจากจุดใส่แรงพอสมควร การกระจายความเค้นจะไม่ขึ้นกับลักษณะการใส่แรง

ก. หลักของแซงต์–วีน็อง (Saint-Venant) ข. กฎของฮุก

ค. หลักของซูเปอร์โพซิชัน ง. หลักของคาสติเกลียโน

แนวข้อสอบเพิ่มเติม: แรงบิด การดัด และหน้าตัด

55. เพลากลวงกับเพลาตันที่มีน้ำหนัก (พื้นที่หน้าตัด) เท่ากัน ข้อใดถูกต้อง

ก. เพลากลวงรับแรงบิดได้มากกว่า เพราะเนื้อวัสดุอยู่ไกลศูนย์กลาง

ข. เพลากลวงรับแรงบิดไม่ได้

ค. รับแรงบิดได้เท่ากัน

ง. เพลาตันรับแรงบิดได้มากกว่า

56. คานหน้าตัด 200 × 300 mm (ความลึก 300 mm) มีโมเมนต์ความเฉื่อยรอบแกนสะเทินเท่าใด

ก. 2.0×10^{8} mm⁴ ข. 4.5×10^{8} mm⁴

ค. 6.0×10^{8} mm⁴ ง. 1.8×10^{9} mm⁴

57. โมเมนต์ความเฉื่อยของหน้าตัดสามเหลี่ยม (ฐาน b สูง h) รอบแกนผ่านเซนทรอยด์ขนานกับฐานคือข้อใด

ก. $bh^3/36$ ข. $bh^3/24$

ค. $bh^3/12$ ง. $bh^3/48$

58. เซนทรอยด์ของหน้าตัดครึ่งวงกลมรัศมี r อยู่สูงจากขอบตรงเท่าใด

ก. $r/3$ ข. $2r/\pi$

ค. $4r/3\pi$ ง. $r/2$

59. รัศมีไจเรชัน (r) ของหน้าตัดสี่เหลี่ยมลึก h รอบแกนสะเทิน มีค่าเท่าใด

ก. $h/\sqrt{12}$ ข. $h/4$

ค. $h/12$ ง. $h/2$

60. หน้าตัดตัวที ปีก 200 × 50 mm บนเอว 50 × 200 mm แกนสะเทินอยู่สูงจากฐานเท่าใด

ก. 125.0 mm ข. 150.0 mm

ค. 162.5 mm ง. 175.0 mm



ครบ 60 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

61. คานไม้ประกอบรูปตัวที ($I = 113.5\times10^6$ mm^4) รับแรงเฉือน 5 kN ค่า Q ของปีกรอบแกนสะเทิน = 625,000 mm^3 กระแสเฉือนที่รอยต่อปีกกับเอวเท่าใด

ก. 13.8 N/mm ข. 27.5 N/mm

ค. 55.1 N/mm ง. 110 N/mm

62. จากข้อก่อนหน้า ถ้าตะปูหนึ่งตัวรับแรงเฉือนได้ 1,000 N ใช้ตะปูแถวเดียว ระยะเรียงตะปูสูงสุดประมาณเท่าใด

ก. 18 mm ข. 27 mm

ค. 55 mm ง. 36 mm

63. คานวัสดุผสม (ไม้เสริมแผ่นเหล็ก) วิเคราะห์ด้วยหน้าตัดแปลง ต้องทำอย่างไรกับส่วนที่เป็นเหล็ก (เมื่อแปลงเป็นไม้)

ก. คูณความกว้างด้วย $n = E_s/E_v$ (ความลึกเท่าเดิม)

ข. หารความกว้างด้วย n

ค. คูณความลึกด้วย n

ง. ไม่ต้องแปลง

แนวข้อสอบเพิ่มเติม: ความเค้นผสม ทฤษฎีการวิบัติ และเสา

64. เสาหน้าตัดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 mm แรงอัดเยื้องศูนย์ได้ไม่เกินเท่าใดจึงไม่เกิดแรงดึงในหน้าตัด

ก. 33 mm ข. 50 mm

ค. 67 mm ง. 100 mm

65. ทฤษฎีการวิบัติใดเหมาะกับวัสดุเปราะ เช่น เหล็กหล่อ

ก. Maximum normal stress (Rankine)

ข. Maximum strain energy เท่านั้น

ค. Maximum shear stress (Tresca)

ง. Maximum distortion energy (von Mises)

66. ทฤษฎีการวิบัติใดให้ผลใกล้เคียงผลการทดลองของวัสดุเหนียวมากที่สุด

ก. Tresca ข. Mohr–Coulomb

ค. Rankine ง. von Mises

67. ถังทรงกระบอกรัศมี 500 mm รับความดัน 2 MPa ความเค้นที่ยอมให้ 100 MPa ต้องใช้ผนังหนาอย่างน้อยเท่าใด

ก. 10 mm ข. 5 mm

ค. 20 mm ง. 50 mm

68. ถ้าความยาวเสาเพิ่มเป็น 2 เท่า (การยืดปลายเดิม) น้ำหนักวิกฤตตามสูตรออยเลอร์จะเป็นอย่างไร

ก. ลดลงครึ่งหนึ่ง ข. ลดลงเหลือ 1/8

ค. ลดลงเหลือ 1/4 ง. ไม่เปลี่ยน

69. สูตรออยเลอร์ใช้ได้กับเสาประเภทใด

ก. เสาสั้นทุกชนิด

ข. เสาคอนกรีตเท่านั้น

ค. เสาที่ความเค้นเกินจุดคราก

ง. เสายาวที่ความเค้นวิกฤตไม่เกินขีดจำกัดสัดส่วน

แนวข้อสอบเพิ่มเติม: การโก่งตัว

70. คานยื่นยาว 2 m รับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ 4 kN/m EI = 2,000 kN·m² ความลาดเอียงที่ปลายอิสระเท่าใด

ก. 0.0013 rad ข. 0.0027 rad

ค. 0.0040 rad ง. 0.0080 rad

71. คานช่วงเดียวยาว 4 m รับแรงจุด 20 kN ที่กลางช่วง EI = 5,000 kN·m² ความลาดเอียงที่ฐานรองรับเท่าใด

ก. 0.002 rad ข. 0.004 rad

ค. 0.008 rad ง. 0.016 rad

72. คานช่วงเดียวสองตัวเหมือนกัน ตัวหนึ่งรับแรงจุด P กลางช่วง อีกตัวรับน้ำหนักแผ่รวม W = P กระจายตลอดช่วง ระยะโก่งของคานแรงจุดเป็นกี่เท่าของคานแรงแผ่

ก. 0.625 เท่า ข. 1.0 เท่า

ค. 1.6 เท่า ง. 2.0 เท่า

73. วิธีหาระยะโก่งใดใช้หลักว่า ผลต่างความลาดเอียงระหว่างสองจุดเท่ากับพื้นที่แผนภาพ M/EI ระหว่างสองจุดนั้น

ก. Moment-area method ข. Virtual work

ค. Castigliano's theorem ง. Double integration

74. สมการเส้นยืดหยุ่นของคานคือข้อใด

ก. $GJ(d\theta/dx) = M$ ข. $EI(dy/dx) = V(x)$

ค. $EA(dy/dx) = P$ ง. $EI(d^2y/dx^2) = M(x)$

แนวข้อสอบเพิ่มเติมชุดที่ 2: ฝึกคำนวณเร็ว

75. เหล็กเส้นยาว 2 m พื้นที่หน้าตัด 500 mm^2 รับแรงดึง 100 kN (E = 200 GPa) ยืดออกเท่าใด

ก. 0.5 mm ข. 1.0 mm

ค. 2.0 mm ง. 4.0 mm



ครบ 75 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

76. จากข้อก่อนหน้า ความเค้นดึงในเหล็กเส้นเท่าใด

ก. 50 MPa ข. 100 MPa

ค. 200 MPa ง. 400 MPa

77. รางเหล็กยาว 10 m ($\alpha = 12 \times 10^{-6}$ /°C) อุณหภูมิเพิ่ม 40 °C ปล่อยให้ยืดได้อิสระ จะยืดเท่าใด

ก. 0.48 mm ข. 2.4 mm

ค. 4.8 mm ง. 48 mm

78. ถ้ายึดรางเหล็กในข้อก่อนหน้าไว้ทั้งสองปลายไม่ให้ยืด (E = 200 GPa) จะเกิดความเค้นอัดเท่าใด

ก. 48 MPa ข. 120 MPa

ค. 192 MPa ง. 96 MPa

79. แท่งวัสดุมีความเครียดตามแนวแกน 0.001 อัตราส่วนปัวซอง 0.3 ความเครียดด้านข้างเท่าใด

ก. –0.0003 ข. –0.0010

ค. +0.0003 ง. –0.0033

80. วัสดุมี E = 200 GPa และ ν = 0.25 โมดูลัสเฉือน G เท่าใด

ก. 50 GPa ข. 80 GPa

ค. 100 GPa ง. 160 GPa

81. เพลาหมุน 10 รอบต่อวินาที ส่งกำลัง 31.4 kW แรงบิดในเพลาประมาณเท่าใด

ก. 50 N·m ข. 250 N·m

ค. 500 N·m ง. 1,000 N·m

82. เพลากลวงกับเพลาตันที่มีน้ำหนัก (พื้นที่หน้าตัด) เท่ากัน เพลาแบบใดรับแรงบิดได้มากกว่า เพราะเหตุใด

ก. เพลาตัน เพราะไม่มีการโก่งเดาะ

ข. เพลาตัน เพราะเนื้อวัสดุอยู่ใกล้ศูนย์กลาง

ค. เท่ากัน เพราะพื้นที่เท่ากัน

ง. เพลากลวง เพราะเนื้อวัสดุอยู่ไกลศูนย์กลาง ทำให้ J มากกว่า

83. ทฤษฎีการวิบัติใดเหมาะกับวัสดุเหนียว เช่น เหล็กโครงสร้าง และให้ผลใกล้การทดลองที่สุด

ก. ทฤษฎีความเค้นตั้งฉากสูงสุด (Rankine)

ข. ทฤษฎีความเครียดตั้งฉากสูงสุด

ค. ทฤษฎีมอร์–คูลอมบ์สำหรับวัสดุเปราะ

ง. ทฤษฎีพลังงานบิดเบือนสูงสุด (von Mises)

84. เสาคอนกรีตเสริมเหล็กรับแรงอัด ความเครียดในเหล็กและคอนกรีตเท่ากัน ถ้า n = E_s/E_c = 8 และคอนกรีตรับความเค้น 5 MPa เหล็กรับความเค้นเท่าใด

ก. 5 MPa ข. 13 MPa

ค. 40 MPa ง. 80 MPa

ข้อท้าทาย: คำนวณหลายขั้น (ยากกว่าระดับแนวข้อสอบทั่วไป ทำเมื่อทำส่วนบนได้ 80% แล้ว)

85. เสาหน้าตัด 300 × 300 mm รับแรงอัด 900 kN ที่เยื้องศูนย์ 50 mm ตามแกนหนึ่ง ความเค้นอัดสูงสุดที่ขอบเสาเท่าใด

ก. 10 MPa ข. 15 MPa

ค. 20 MPa ง. 30 MPa

86. ณ จุดหนึ่งมี σx = 60 MPa, σy = −20 MPa และ τxy = 30 MPa ความเค้นหลักสูงสุด (σ_1) เท่ากับเท่าใด

ก. 50 MPa ข. 60 MPa

ค. 80 MPa ง. 70 MPa

87. จากข้อมูลข้อก่อนหน้า ความเค้นเฉือนสูงสุดในระนาบเท่ากับเท่าใด

ก. 30 MPa ข. 40 MPa

ค. 70 MPa ง. 50 MPa

88. สภาวะเฉือนบริสุทธิ์ (Pure shear) τ = 50 MPa ความเค้นหลักมีค่าเท่าใด

ก. σ_1 = 100, σ_2 = 0 MPa ข. σ_1 = 50, σ_2 = 0 MPa

ค. σ_1 = 25, σ_2 = −25 MPa ง. σ_1 = 50, σ_2 = −50 MPa

89. ถังทรงกระบอกผนังบาง รัศมี 500 mm หนา 10 mm รับความดันภายใน 2 MPa ความเค้นตามเส้นรอบวง (Hoop stress) เท่ากับเท่าใด

ก. 100 MPa ข. 25 MPa

ค. 50 MPa ง. 200 MPa

90. ตามทฤษฎีของออยเลอร์ เสาที่ปลายหนึ่งยึดแน่นและอีกปลายอิสระ มีค่าตัวคูณความยาวประสิทธิผล K เท่าใด

ก. 0.5 ข. 0.7

ค. 1.0 ง. 2.0



ครบ 90 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

91. เสาตันหน้าตัดกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm ยาว 5 m ยึดแน่นทั้งสองปลาย มีอัตราส่วนความชะลูด KL/r เท่าใด

ก. 50 ข. 100

ค. 200 ง. 400

92. ท่อเหล็กเส้นผ่านศูนย์กลางนอก 60 mm ใน 40 mm รับแรงอัด 100 kN ความเค้นอัดประมาณเท่าใด

ก. 35.4 MPa ข. 63.7 MPa

ค. 79.6 MPa ง. 127 MPa

93. ต้องการเจาะรูขนาด 20 mm ในแผ่นเหล็กหนา 10 mm ซึ่งมีกำลังรับแรงเฉือนประลัย 300 MPa ต้องใช้แรงกดอย่างน้อยเท่าใด

ก. 189 kN ข. 60 kN

ค. 94 kN ง. 377 kN

94. วัสดุมี G = 80 GPa และ ν = 0.25 มอดุลัสยืดหยุ่น E เท่าใด

ก. 100 GPa ข. 160 GPa

ค. 200 GPa ง. 320 GPa

95. แท่งรับแรงดึงตามแกนเดียว มีความเครียดตามแกน 0.001 และ ν = 0.3 ความเครียดเชิงปริมาตร (Volumetric strain) เท่าใด

ก. 0.0003 ข. 0.0004

ค. 0.0007 ง. 0.0013

96. เสาคอนกรีตพื้นที่ 90,000 mm² เสริมเหล็ก 2,000 mm² (n = 8) รับแรงอัด 1,000 kN ความเค้นในคอนกรีตประมาณเท่าใด

ก. 8.3 MPa ข. 9.4 MPa

ค. 11.1 MPa ง. 75.5 MPa

97. แท่งยาว 3 m ยึดแน่นทั้งสองปลาย รับแรง 60 kN ตามแนวแกนที่ห่างจากปลายซ้าย 1 m แรงปฏิกิริยาที่ปลายซ้ายเท่าใด

ก. 20 kN ข. 30 kN

ค. 40 kN ง. 60 kN

98. แท่งเหล็ก A = 500 mm², L = 2 m, E = 200 GPa รับแรงดึง 50 kN เก็บพลังงานความเครียดไว้เท่าใด

ก. 25 J ข. 12.5 J

ค. 50 J ง. 100 J

99. เพลาตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 mm ยาว 1 m รับแรงบิด 500 N·m (G = 80 GPa) มุมบิดประมาณเท่าใด

ก. 0.36° ข. 0.71°

ค. 1.42° ง. 2.85°

100. เพลาตันต้องส่งแรงบิด 1 kN·m ความเค้นเฉือนที่ยอมให้ 60 MPa เส้นผ่านศูนย์กลางที่เหมาะสม (ปัดเป็นขนาดมาตรฐานถัดไป) คือข้อใด

ก. 45 mm ข. 35 mm

ค. 40 mm ง. 60 mm

101. เพลาส่งกำลัง 50 kW ที่ 300 รอบ/นาที ต้องรับแรงบิดประมาณเท่าใด

ก. 159 N·m ข. 796 N·m

ค. 9,549 N·m ง. 1,592 N·m

102. คานไม้หน้าตัด 150 × 300 mm มีความเค้นดัดที่ยอมให้ 10 MPa รับโมเมนต์ได้สูงสุดเท่าใด

ก. 7.5 kN·m ข. 15 kN·m

ค. 22.5 kN·m ง. 45 kN·m

103. จากคานในข้อก่อนหน้า (รับโมเมนต์ได้ 22.5 kN·m) ถ้าเป็นคานช่วงเดียวยาว 4 m จะรับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอได้สูงสุดเท่าใด (พิจารณาแรงดัดเท่านั้น)

ก. 5.6 kN/m ข. 14.1 kN/m

ค. 22.5 kN/m ง. 11.3 kN/m

104. คานหน้าตัด 150 × 300 mm มีความเค้นเฉือนที่ยอมให้ 1.0 MPa รับแรงเฉือนได้สูงสุดเท่าใด

ก. 15 kN ข. 30 kN

ค. 45 kN ง. 67.5 kN

105. เสา 200 × 400 mm รับแรงอัด 400 kN เยื้องศูนย์ 50 mm ตามแนวด้าน 400 mm ความเค้นอัดสูงสุดเท่าใด

ก. 5.00 MPa ข. 6.25 MPa

ค. 10.00 MPa ง. 8.75 MPa



ครบ 105 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

106. แท่งรับแรงดึง σ = 100 MPa ความเค้นตั้งฉากบนระนาบที่เส้นตั้งฉากทำมุม 30° กับแกนแท่งเท่าใด

ก. 25 MPa ข. 50 MPa

ค. 75 MPa ง. 86.6 MPa

107. σx = −40 MPa, σy = 60 MPa, τxy = −30 MPa ความเค้นหลักสูงสุด σ_1 ประมาณเท่าใด

ก. 48.3 MPa ข. 58.3 MPa

ค. 68.3 MPa ง. 90.0 MPa

108. เพลาตัน d = 50 mm รับโมเมนต์ดัด 1 kN·m และแรงบิด 1.5 kN·m ความเค้นเฉือนสูงสุดประมาณเท่าใด

ก. 61.1 MPa ข. 73.5 MPa

ค. 81.5 MPa ง. 114.2 MPa

109. เสาหน้าตัดสี่เหลี่ยม 50 × 100 mm ยาว 2 m ยึดหมุดสองปลาย มีอัตราส่วนความชะลูดสูงสุดเท่าใด

ก. 69 ข. 100

ค. 139 ง. 277

110. เสาเหล็ก (E = 200 GPa) มี KL/r = 100 ความเค้นวิกฤตตามสูตรออยเลอร์ประมาณเท่าใด

ก. 98.7 MPa ข. 197 MPa

ค. 250 MPa ง. 395 MPa

111. เสาเหล็กปลายล่างยึดแน่น ปลายบนอิสระ ยาว 3 m $I = 2\times10^{6}$ mm⁴ (E = 200 GPa) น้ำหนักวิกฤตประมาณเท่าใด

ก. 110 kN ข. 219 kN

ค. 439 kN ง. 877 kN

112. คานช่วงเดียวยาว 5 m รับน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ 8 kN/m EI = 10,000 kN·m² ระยะโก่งกลางช่วงประมาณเท่าใด

ก. 3.3 mm ข. 6.5 mm

ค. 10.4 mm ง. 13.0 mm

113. คานยื่นยาว 3 m รับแรงจุด 5 kN ที่ปลายและน้ำหนักแผ่ 2 kN/m ตลอดความยาว EI = 9,000 kN·m² ระยะโก่งที่ปลายเท่าใด

ก. 2.25 mm ข. 5.00 mm

ค. 7.25 mm ง. 9.50 mm

114. เพลาตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm รับแรงบิด 1 kN·m ความเค้นเฉือนสูงสุดประมาณเท่าใด

ก. 10.2 MPa ข. 20.4 MPa

ค. 40.7 MPa ง. 81.5 MPa

115. คานหน้าตัด 200 × 400 mm รับโมเมนต์ดัด 40 kN·m ความเค้นดัดสูงสุดเท่าใด

ก. 3.75 MPa ข. 7.5 MPa

ค. 15 MPa ง. 30 MPa

116. คานสี่เหลี่ยม 200 × 300 mm รับแรงเฉือน 60 kN ความเค้นเฉือนสูงสุดเท่าใด

ก. 1.0 MPa ข. 1.5 MPa

ค. 2.0 MPa ง. 3.0 MPa

117. จุดหนึ่งมี σ_x = 80 MPa, σ_y = 20 MPa, τ_{xy} = 40 MPa ความเค้นหลักค่ามาก σ_1 เท่าใด

ก. 50 MPa ข. 80 MPa

ค. 100 MPa ง. 130 MPa

118. จากข้อก่อนหน้า ความเค้นเฉือนสูงสุดในระนาบเท่าใด

ก. 30 MPa ข. 40 MPa

ค. 50 MPa ง. 100 MPa

119. เสาเดียวกัน เปลี่ยนจุดรองรับจากหมุดทั้งสองปลายเป็นยึดแน่นทั้งสองปลาย น้ำหนักวิกฤตออยเลอร์เปลี่ยนเป็นกี่เท่า

ก. 2 เท่า ข. 4 เท่า

ค. 0.5 เท่า ง. 8 เท่า

120. เสาปลายหมุดทั้งสองข้าง ยาว 4 m, E = 200 GPa, I = 8×10^6 mm^4 น้ำหนักวิกฤตออยเลอร์ประมาณเท่าใด

ก. 247 kN ข. 493 kN

ค. 987 kN ง. 1,974 kN



ครบ 120 ข้อ พักสายตา 1 นาที มองไกล กะพริบตาช้า ๆ แล้วทำต่อได้เลย · เก็บการตรวจคำตอบไว้ทำทีเดียวตอนจบชุด

121. ถังทรงกระบอกผนังบาง รัศมี 500 mm หนา 10 mm ความดันภายใน 2 MPa ความเค้นตามแนวเส้นรอบวง (Hoop stress) เท่าใด

ก. 25 MPa ข. 50 MPa

ค. 100 MPa ง. 200 MPa

122. อัตราส่วนความชะลูด (Slenderness ratio) ของเสาคือข้อใด

ก. EI/L ข. L/d

ค. P/A ง. KL/r

123. แท่งเหล็กในข้อแรกของชุดนี้ (P = 100 kN, L = 2 m, A = 500 mm², E = 200 GPa) สะสมพลังงานความเครียดเท่าใด

ก. 50 J ข. 100 J

ค. 200 J ง. 400 J

เฉลยและคำอธิบาย

1. ก	2. ก	3. ค	4. ก	5. ก	6. ง	7. ข	8. ง	9. ง	10. ง
11. ก	12. ง	13. ก	14. ค	15. ก	16. ข	17. ง	18. ข	19. ข	20. ง
21. ง	22. ก	23. ค	24. ง	25. ก	26. ง	27. ข	28. ข	29. ค	30. ข
31. ก	32. ข	33. ก	34. ข	35. ก	36. ก	37. ง	38. ค	39. ก	40. ก
41. ง	42. ค	43. ค	44. ข	45. ก	46. ค	47. ง	48. ข	49. ข	50. ง
51. ง	52. ก	53. ง	54. ก	55. ก	56. ข	57. ก	58. ค	59. ก	60. ค
61. ข	62. ง	63. ก	64. ข	65. ก	66. ง	67. ก	68. ค	69. ง	70. ข
71. ข	72. ค	73. ก	74. ง	75. ค	76. ค	77. ค	78. ง	79. ก	80. ข
81. ค	82. ง	83. ง	84. ค	85. ค	86. ง	87. ง	88. ง	89. ก	90. ง
91. ข	92. ข	93. ก	94. ค	95. ข	96. ข	97. ค	98. ก	99. ค	100. ก
101. ง	102. ค	103. ง	104. ข	105. ง	106. ค	107. ค	108. ข	109. ค	110. ข
111. ก	112. ข	113. ค	114. ค	115. ข	116. ข	117. ค	118. ค	119. ข	120. ค
121. ค	122. ง	123. ข							

ข้อ 1 ตอบ ก. ความเค้นปกติกระทำตั้งฉากกับหน้าตัด ส่วนความเค้นเฉือนกระทำขนานกับหน้าตัด

แรงดึงและแรงอัดทำให้เกิดความเค้นปกติ (σ) · แรงที่พยายามเฉือนหน้าตัดให้เลื่อนผ่านกัน เช่น สลักเกลียว ทำให้เกิดความเค้นเฉือน (τ)

ข้อ 2 ตอบ ก. สูงกว่าความเค้นเฉลี่ย เรียกว่าความเค้นรวมศูนย์ (Stress concentration)

เส้นแรงต้องอ้อมรูหรือมุม จึงหนาแน่นขึ้นบริเวณนั้น รอยร้าวจึงมักเริ่มที่ขอบรู มุมช่องเปิด หรือรอยบาก ผู้ออกแบบจึงลบมุมและเสริมเหล็กรอบช่องเปิด

ข้อ 3 ตอบ ค. 100 MPa

เฉือนเดี่ยวมีหน้าตัดรับแรงเฉือน 1 หน้า $A = \pi(20)^2/4 = 314\ mm^2 \rightarrow \tau = 31{,}400/314 = 100\ MPa$

ถ้าเป็นเฉือนคู่ (สามแผ่น) พื้นที่เป็น 2 เท่า ความเค้นเหลือ 50 MPa

ข้อ 4 ตอบ ก. 120 MPa

$\sigma_{allow} = \sigma_y/FS = 240/2 = 120$ MPa
วิธีหน่วยแรงใช้งาน (WSD) ออกแบบให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นไม่เกินค่านี้

ข้อ 5 ตอบ ก. ความเหนียว (Ductility)

ยืดได้มากก่อนขาดแปลว่าเหนียว ให้สัญญาณเตือนก่อนวิบัติ เหล็กเสริมจึงต้องมีร้อยละการยืดไม่น้อยกว่าที่มาตรฐานกำหนด · ความแข็งเกร็งดูจากโมดูลัส E

ข้อ 6 ตอบ ง. แคบลง ตามผลของอัตราส่วนปัวซอง

$\varepsilon_{lat} = -\nu\varepsilon_{long}$ เครื่องหมายลบแสดงว่าทิศตรงข้าม ยืดตามยาวจะหดตามขวาง กดตามยาวจะขยายตามขวาง

ข้อ 7 ตอบ ข. กำลังครากคือจุดที่วัสดุเริ่มเสียรูปถาวร ส่วนกำลังประลัยคือความเค้นสูงสุดที่วัสดุรับได้

เหล็ก SD40 มีกำลังครากไม่น้อยกว่า 4,000 ksc และกำลังประลัยสูงกว่านั้น การออกแบบใช้กำลังครากเป็นหลักเพราะหลังครากโครงสร้างจะเสียรูปมาก

ข้อ 8 ตอบ ง. ผิวบนรับแรงอัด ผิวล่างรับแรงดึง

คานแอ่นลงผิวบนสั้นลง (อัด) ผิวล่างยืด (ดึง) คาน คสล. ช่วงเดียวจึงเสริมเหล็กหลักด้านล่าง ส่วนคานยื่นกลับกัน

ข้อ 9 ตอบ ง. หน้าตัดรูปตัวไอ (I-section)

หน้าตัดตัวไอนำเนื้อวัสดุไปไว้ที่ปีกซึ่งอยู่ไกลแกนสะเทิน ทำให้ I และ S สูงต่อน้ำหนัก เอวบางรับแรงเฉือนได้เพียงพอ

ข้อ 10 ตอบ ง. เปลี่ยนปลายเสาจากยึดแน่นเป็นปลายหมุด

$P_{cr} = \pi^2EI/(KL)^2$ ปลายหมุด K = 1 สูงกว่าปลายยึดแน่น K = 0.5 ความยาวประสิทธิผลยาวขึ้น น้ำหนักวิกฤตจึงลดลง
ตัวเลือกอื่นช่วยเพิ่มกำลังต้านการโก่งเดาะ

ข้อ 11 ตอบ ก. เส้นผ่านศูนย์กลางสลัก × ความหนาแผ่นเหล็ก

σ_b = P/(d × t) ใช้พื้นที่ฉายของสลักบนผนังรู · พื้นที่หน้าตัดวงกลมใช้คำนวณความเค้นเฉือนในสลัก

ข้อ 12 ตอบ ง. ยืดเป็นครึ่งหนึ่ง

δ = PL/AE แปรผกผันกับ A · พื้นที่สองเท่าจึงยืดครึ่งหนึ่ง เป็นตัวอย่างของการคิดเชิงสัดส่วนโดยไม่ต้องคำนวณตัวเลข

ข้อ 13 ตอบ ก. 100 MPa

$A = \pi(20)^2/4 = 314.2$ mm² → $\sigma = P/A = 31{,}400/314.2 \approx 100$ MPa

ตัวเลือก ง. เกิดจากการใช้ $A = \pi d^2/16$ ผิด หรือใช้รัศมีแทนเส้นผ่านศูนย์กลาง

ข้อ 14 ตอบ ค. 3.0 mm

$$\delta = \frac{PL}{AE} = \frac{(120{,}000)(3{,}000)}{(600)(200{,}000)} = 3.0 \text{ mm}$$

ข้อ 15 ตอบ ก. 0.30

$\nu = -\varepsilon_{lat}/\varepsilon_{long} = 0.00015/0.0005 = 0.30$ ค่า ν ของวัสดุทั่วไปต้องไม่เกิน 0.5 ตัวเลือก ง. จึงเป็นไปไม่ได้

ข้อ 16 ตอบ ข. 80 GPa

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} = \frac{200}{2(1.25)} = 80 \text{ GPa}$$

ข้อ 17 ตอบ ง. 72 MPa

$\sigma = E\alpha\Delta T = (200{,}000)(12 \times 10^{-6})(30) = 72$ MPa ความเค้นจากอุณหภูมิเมื่อถูกยึดแน่นไม่ขึ้นกับความยาวของราง

ข้อ 18 ตอบ ข. 4.8 mm

$\delta = \alpha\Delta T L = (12 \times 10^{-6})(40)(10{,}000) = 4.8$ mm เพราะปลายเป็นอิสระ จึงยืดได้โดยไม่เกิดความเค้น

ข้อ 19 ตอบ ข. 95.5 MPa

เฉือนคู่มีพื้นที่รับแรงเฉือน 2 ระนาบ → $\tau = \frac{P}{2A} = \frac{60{,}000}{2(314.2)} = 95.5$ MPa ถ้าลืมคูณ 2 จะได้ 191 MPa (ตัวเลือก ค.)

ข้อ 20 ตอบ ง. Modulus of toughness

พื้นที่ใต้กราฟถึงจุดขาดคือพลังงานที่วัสดุดูดซับได้จนวิบัติ เรียก Modulus of toughness ส่วน Modulus of resilience คือพื้นที่ใต้กราฟเฉพาะช่วงยืดหยุ่น และ E คือความชันช่วงเส้นตรง

ข้อ 21 ตอบ ง. กำลังครากของวัสดุที่ไม่มีจุดครากชัดเจน

วัสดุเช่นเหล็กกำลังสูงหรืออะลูมิเนียมไม่มีจุดครากชัด จึงลากเส้นขนานกับช่วงยืดหยุ่นจาก ε = 0.002 จุดตัดกราฟถือเป็นกำลังคราก

ข้อ 22 ตอบ ก. เหล็กหล่อ

วัสดุเปราะยืดตัวน้อยมากก่อนขาดและไม่มีช่วงครากชัดเจน เช่น เหล็กหล่อ คอนกรีต แก้ว ส่วนเหล็กกล้าละมุน ทองแดง อะลูมิเนียมเป็นวัสดุเหนียว

ข้อ 23 ตอบ ค. 2.5

$FS = 400/160 = 2.5$

ข้อ 24 ตอบ ง. 40 MPa

เหล็กและคอนกรีตหดตัวเท่ากัน $\varepsilon_s = \varepsilon_c \rightarrow \sigma_s = n\sigma_c = 8(5) = 40$ MPa

ข้อ 25 ตอบ ก. 81.5 MPa

$\tau_{max} = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16(2\times10^6)}{\pi(50)^3} = 81.5$ MPa

ข้อ 26 ตอบ ง. ลดลงเหลือ 1/16

$\theta = TL/GJ$ และ $J = \pi d^4/32$ แปรผันกับ d^4 → d เพิ่ม 2 เท่า J เพิ่ม 16 เท่า θ ลดเหลือ 1/16 (ส่วน τ_{max} แปรผันกับ $1/d^3$ จะลดเหลือ 1/8)

ข้อ 27 ตอบ ข. P = 2πnT

$P = T\omega$ และ $\omega = 2\pi n$ (rad/s) จึงได้ $P = 2\pi nT$

ข้อ 28 ตอบ ข. 2.25×10⁶ mm³

$S = \frac{bh^2}{6} = \frac{150(300)^2}{6} = 2.25 \times 10^6$ mm³ ตัวเลือก ค. คือค่า I = bh³/12 ซึ่งมีหน่วย mm⁴

ข้อ 29 ตอบ ค. 12 MPa

$\sigma = M/S = 27 \times 10^6 / 2.25 \times 10^6 = 12$ MPa

ข้อ 30 ตอบ ข. 1.5 MPa

หน้าตัดสี่เหลี่ยม $\tau_{max} = \frac{3V}{2A} = \frac{1.5(45{,}000)}{150 \times 300} = 1.5$ MPa

ข้อ 31 ตอบ ก. แกนสะเทิน

$\tau = VQ/Ib$ โดย Q มีค่ามากที่สุดที่แกนสะเทิน และเป็นศูนย์ที่ผิวบน–ล่าง ตรงข้ามกับความเค้นดัดที่เป็นศูนย์ที่แกนสะเทินและสูงสุดที่ผิว

ข้อ 32 ตอบ ข. 2 เท่า

กำลังรับโมเมนต์แปรผันกับ $S = bh^2/6$: วางตั้ง $100(200)^2$ เทียบวางนอน $200(100)^2$ = 4,000,000/2,000,000 = 2 เท่า (ส่วนความแข็งต่อการโก่ง I = bh³/12 จะต่างกัน 4 เท่า)

ข้อ 33 ตอบ ก. bh³/3

ใช้ทฤษฎีแกนขนาน $I = \frac{bh^3}{12} + bh\left(\frac{h}{2}\right)^2 = \frac{bh^3}{12} + \frac{bh^3}{4} = \frac{bh^3}{3}$

ข้อ 34 ตอบ ข. 100 mm

กฎกลางหนึ่งในสาม (Kern) ของหน้าตัดสี่เหลี่ยม e ≤ h/6 = 600/6 = 100 mm

ข้อ 35 ตอบ ก. 45°, 50 MPa

กรณีแรงแกนเดียว วงกลมมอร์มีศูนย์กลาง 50 รัศมี 50 → $\tau_{max} = \sigma/2 = 50$ MPa บนระนาบ 45° นี่คือเหตุผลที่เหล็กเหนียวทดสอบแรงดึงแล้วเกิดรอยเลื่อนเฉียง 45°

ข้อ 36 ตอบ ก. 2θ

มุมบนวงกลมของมอร์เป็นสองเท่าของมุมจริงเสมอ ระนาบหลักกับระนาบเฉือนสูงสุดจึงห่างกัน 90° บนวงกลม แต่ 45° บนชิ้นส่วน

ข้อ 37 ตอบ ง. 2

$\sigma_h/\sigma_l = (pr/t)/(pr/2t) = 2$ ท่อจึงมักฉีกตามแนวยาว เพราะความเค้นรอบวงสูงกว่า

ข้อ 38 ตอบ ค. 8.4 mm

$$\Delta = \frac{5wL^4}{384EI} = \frac{5(10)(6^4)}{384(20{,}000)} = \frac{64{,}800}{7{,}680{,}000} = 0.00844 \text{ m} \approx 8.4 \text{ mm}$$

ข้อ 39 ตอบ ก. 10 mm

$$\Delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{10(27)}{3(9{,}000)} = 0.010 \text{ m} = 10 \text{ mm}$$

ข้อ 40 ตอบ ก. 5.3 mm

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} = \frac{20(64)}{48(5{,}000)} = 0.00533 \text{ m} \approx 5.3 \text{ mm}$$

ข้อ 41 ตอบ ง. 16 เท่า

ระยะโก่งจากแรงแผ่แปรผันกับ L^4 → $2^4 = 16$ เท่า (ถ้าเป็นแรงจุดจะแปรผันกับ $L^3 = 8$ เท่า)

ข้อ 42 ตอบ ค. 1/8

$I = bh^3/12$ แปรผันกับ h^3 → h เพิ่ม 2 เท่า I เพิ่ม 8 เท่า ระยะโก่ง ($\propto 1/EI$) จึงลดเหลือ 1/8

ข้อ 43 ตอบ ค. 4 เท่า

$P_{cr} \propto 1/(KL)^2 \rightarrow (1.0/0.5)^2 = 4$ เท่า

ข้อ 44 ตอบ ข. 395 kN

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{(KL)^2} = \frac{9.87(200{,}000)(5 \times 10^6)}{(5{,}000)^2} = 394{,}784 \text{ N} \approx 395 \text{ kN}$$

ข้อ 45 ตอบ ก. ค่าน้อยที่สุดของหน้าตัด

เสาจะโก่งเดาะรอบแกนที่แข็งน้อยที่สุด (แกนอ่อน) จึงต้องใช้ I ที่น้อยที่สุด ถ้าเงื่อนไขการยึดต่างกันในแต่ละแกน ให้ตรวจ KL/r ทั้งสองแกนแล้วใช้ค่าที่มากกว่า

ข้อ 46 ตอบ ค. 150 MPa

$\sigma_b = P/(d \cdot t) = 30{,}000/(20 \times 10) = 150$ MPa ใช้พื้นที่ฉายของรู ไม่ใช่พื้นที่วงกลม

ข้อ 47 ตอบ ง. 1.46 mm

อะลูมิเนียม $20{,}000(1{,}000)/[400(70{,}000)] = 0.714$ mm

เหล็ก $20{,}000(1{,}500)/[200(200{,}000)] = 0.750$ mm → รวม 1.46 mm

ข้อ 48 ตอบ ข. 64.4 MPa

$\sigma = E\alpha\Delta T = 70{,}000(23\times10^{-6})(40) = 64.4$ MPa (อัด)

ข้อ 49 ตอบ ข. 26.3 GPa

$G = E/2(1 + \nu) = 70/2.66 = 26.3$ GPa

ข้อ 50 ตอบ ง. 0.50

เมื่อ $\nu = 0.5$ ความเครียดเชิงปริมาตร $\varepsilon(1 - 2\nu) = 0$ คือวัสดุที่ปริมาตรไม่เปลี่ยน เช่น ยางโดยประมาณ

ข้อ 51 ตอบ ง. 4 เท่า

$U \propto P^2 \rightarrow 2^2 = 4$ เท่า

ข้อ 52 ตอบ ก. 2 เท่า

จากหลักพลังงาน $P\delta = \frac{1}{2}P_{max}\delta \rightarrow P_{max} = 2P$ ความเค้นและระยะยืดสูงสุดจึงเป็น 2 เท่า

ข้อ 53 ตอบ ง. 3

สำหรับรูกลมในแผ่นกว้างอนันต์ทางทฤษฎี $K = 3$ ความเค้นที่ขอบรูจึงเป็น 3 เท่าของความเค้นเฉลี่ยไกลรู

ข้อ 54 ตอบ ก. หลักของแซงต์–วีน็อง (Saint-Venant)

Saint-Venant's principle ทำให้ใช้ $\sigma = P/A$ ได้ในบริเวณที่ห่างจากจุดใส่แรงประมาณความกว้างหน้าตัดขึ้นไป

ข้อ 55 ตอบ ก. เพลากลวงรับแรงบิดได้มากกว่า เพราะเนื้อวัสดุอยู่ไกลศูนย์กลาง

ความเค้นเฉือนจากแรงบิดเป็นศูนย์ที่ศูนย์กลางและสูงสุดที่ผิว เนื้อวัสดุใกล้ศูนย์กลางจึงทำงานน้อย เพลากลวงมี J สูงกว่าต่อพื้นที่เท่ากัน

ข้อ 56 ตอบ ข. 4.5×10^8 mm⁴

$I = bh^3/12 = 200(300)^3/12 = 4.5\times10^8$ mm⁴

ข้อ 57 ตอบ ก. $bh^3/36$

สามเหลี่ยม $\bar{I} = bh^3/36$ และรอบฐาน $= bh^3/12$
เซนทรอยด์อยู่สูงจากฐาน $h/3$

ข้อ 58 ตอบ ค. $4r/3\pi$

$\bar{y} = 4r/3\pi \approx 0.424r$

ข้อ 59 ตอบ ก. $h/\sqrt{12}$

$r = \sqrt{(I/A)} = \sqrt{[(bh^3/12)/(bh)]} = h/\sqrt{12} \approx 0.289h$

ข้อ 60 ตอบ ค. 162.5 mm

$\bar{y} = [10{,}000(100) + 10{,}000(225)]/20{,}000 = 162.5$ mm

ข้อ 61 ตอบ ข. 27.5 N/mm

$q = VQ/I = 5{,}000(625{,}000)/113.5\times10^6 = 27.5$ N/mm

ข้อ 62 ตอบ ง. 36 mm

$s = F/q = 1{,}000/27.5 = 36$ mm

ข้อ 63 ตอบ ก. คูณความกว้างด้วย n = E_s/E_v (ความลึกเท่าเดิม)

แปลงความกว้างโดยคงความลึกไว้ เพื่อให้ตำแหน่งความเครียดเท่าเดิม แล้วความเค้นในเหล็ก = n × ความเค้นที่คำนวณได้จากหน้าตัดแปลง

ข้อ 64 ตอบ ข. 50 mm

Kern ของหน้าตัดวงกลม $e \le d/8 = 400/8 = 50$ mm

ข้อ 65 ตอบ ก. Maximum normal stress (Rankine)

วัสดุเปราะวิบัติเมื่อความเค้นดึงหลักถึงกำลังประลัย จึงใช้ทฤษฎีความเค้นตั้งฉากสูงสุด ส่วน Tresca และ von Mises ใช้กับวัสดุเหนียว

ข้อ 66 ตอบ ง. von Mises

von Mises (Distortion energy) สอดคล้องกับผลทดลองของเหล็กเหนียวมากที่สุด ส่วน Tresca ให้ผลอนุรักษ์กว่าเล็กน้อย

ข้อ 67 ตอบ ก. 10 mm

ความเค้น Hoop ควบคุม: $t = pr/\sigma = 2(500)/100 = 10$ mm (ถ้าเป็นทรงกลมจะใช้เพียง 5 mm)

ข้อ 68 ตอบ ค. ลดลงเหลือ 1/4

$P_{cr} \propto 1/L^2 \rightarrow (1/2)^2 = 1/4$

ข้อ 69 ตอบ ง. เสายาวที่ความเค้นวิกฤตไม่เกินขีดจำกัดสัดส่วน

สูตรของออยเลอร์อนุมานจากพฤติกรรมยืดหยุ่น จึงใช้กับเสายาว (ความชะลูดสูง) ส่วนเสาสั้นวิบัติด้วยการบดอัดหรือใช้สูตรเชิงประสบการณ์ เช่น Johnson

ข้อ 70 ตอบ ข. 0.0027 rad

$\theta = wL^3/6EI = 4(8)/[6(2{,}000)] = 0.00267$ rad

ข้อ 71 ตอบ ข. 0.004 rad

$\theta = PL^2/16EI = 20(16)/[16(5{,}000)] = 0.004$ rad

ข้อ 72 ตอบ ค. 1.6 เท่า

แรงจุด $PL^3/48EI = 0.02083PL^3/EI$

แรงแผ่ $5WL^3/384EI = 0.01302PL^3/EI$ → อัตราส่วน 1.6

ข้อ 73 ตอบ ก. Moment-area method

ทฤษฎีบทที่ 1 ของ Moment-area: $\Delta\theta$ = พื้นที่ M/EI

ทฤษฎีบทที่ 2: ระยะเบี่ยงเบนจากเส้นสัมผัส = โมเมนต์ที่หนึ่งของพื้นที่ M/EI

ข้อ 74 ตอบ ง. $EI(d^2y/dx^2) = M(x)$

EI y" = M · อินทิเกรตครั้งแรกได้ความลาดเอียง ครั้งที่สองได้ระยะโก่ง แล้วใช้เงื่อนไขขอบเขตหาค่าคงที่

ข้อ 75 ตอบ ค. 2.0 mm

$\delta = PL/AE = (100{,}000 \times 2{,}000)/(500 \times 200{,}000) = 2.0$ mm

ข้อ 76 ตอบ ค. 200 MPa

$\sigma = P/A = 100{,}000/500 = 200$ MPa

ข้อ 77 ตอบ ค. 4.8 mm

$\delta = \alpha\Delta TL = 12\times10^{-6} \times 40 \times 10{,}000 = 4.8$ mm

ข้อ 78 ตอบ ง. 96 MPa

$\sigma = E\alpha\Delta T = 200{,}000 \times 12\times10^{-6} \times 40 = 96$ MPa ไม่ขึ้นกับความยาว

ข้อ 79 ตอบ ก. −0.0003

$\varepsilon_{lat} = -\nu\,\varepsilon_{long} = -0.3 \times 0.001 = -0.0003$ (หดเข้าเมื่อดึงยืด)

ข้อ 80 ตอบ ข. 80 GPa

$G = E/[2(1 + \nu)] = 200/2.5 = 80$ GPa

ข้อ 81 ตอบ ค. 500 N·m

T = P/(2πn) = 31,400/(2π × 10) ≈ 500 N·m

ข้อ 82 ตอบ ง. เพลากลวง เพราะเนื้อวัสดุอยู่ไกลศูนย์กลาง ทำให้ J มากกว่า

ความเค้นเฉือนบิดเป็นศูนย์ที่ศูนย์กลาง วัสดุใกล้แกนทำงานน้อย เพลากลวงย้ายเนื้อวัสดุออกไปไกลแกน J จึงมากกว่า

ข้อ 83 ตอบ ง. ทฤษฎีพลังงานบิดเบือนสูงสุด (von Mises)

วัสดุเหนียวใช้ von Mises (แม่นที่สุด) หรือ Tresca (อนุรักษ์กว่า) ส่วน Rankine เหมาะกับวัสดุเปราะ

ข้อ 84 ตอบ ค. 40 MPa

ความเครียดเท่ากัน → $\sigma_s = n\sigma_c = 8 \times 5 = 40$ MPa

ข้อ 85 ตอบ ค. 20 MPa

$P/A = 900{,}000/90{,}000 = 10$ MPa

$M = Pe = 45 \times 10^6$ N·mm

$S = 300(300)^2/6 = 4.5 \times 10^6$ mm³ → $M/S = 10$ MPa

$\sigma_{max} = 10 + 10 = 20$ MPa และ $\sigma_{min} = 0$ (e = h/6 พอดี ขอบอีกด้านจึงไม่มีความเค้น)

ข้อ 86 ตอบ ง. 70 MPa

C = (60 – 20)/2 = 20 MPa

R = √(40² + 30²) = 50 MPa → $\sigma_1 = 20 + 50 = 70$ MPa, $\sigma_2 = 20 - 50 = -30$ MPa

ข้อ 87 ตอบ ง. 50 MPa

ความเค้นเฉือนสูงสุดในระนาบเท่ากับรัศมีวงกลมของมอร์ R = 50 MPa

ข้อ 88 ตอบ ง. $\sigma_1 = 50$, $\sigma_2 = -50$ MPa

σx = σy = 0 → C = 0, R = τ = 50 → $\sigma_1 = +50$, $\sigma_2 = -50$ MPa บนระนาบที่ทำมุม 45° กับระนาบเฉือน

ข้อ 89 ตอบ ก. 100 MPa

$\sigma_h = pr/t = 2(500)/10 = 100$ MPa ส่วนความเค้นตามแนวยาว $\sigma_l = pr/2t = 50$ MPa

ข้อ 90 ตอบ ง. 2.0

ยึดแน่น–อิสระ K = 2.0

หมุด–หมุด K = 1.0

ยึดแน่น–หมุด K = 0.7

ยึดแน่น–ยึดแน่น K = 0.5

ข้อ 91 ตอบ ข. 100

หน้าตัดวงกลม $r = \sqrt{I/A} = d/4 = 25$ mm

KL = 0.5(5,000) = 2,500 mm → KL/r = 2,500/25 = 100

ข้อ 92 ตอบ ข. 63.7 MPa

A = π(60² – 40²)/4 = 1,571 mm² → σ = 100,000/1,571 = 63.7 MPa

ข้อ 93 ตอบ ก. 189 kN

พื้นที่เฉือน = เส้นรอบรูปของรู × ความหนา = π(20)(10) = 628 mm² → P = 300(628) = 188,500 N ≈ 189 kN

ข้อ 94 ตอบ ค. 200 GPa

E = 2G(1 + ν) = 2(80)(1.25) = 200 GPa

ข้อ 95 ตอบ ข. 0.0004

$\varepsilon_v = \varepsilon(1 - 2\nu) = 0.001(1 - 0.6) = 0.0004$ (ถ้า ν = 0.5 ปริมาตรไม่เปลี่ยนเลย)

ข้อ 96 ตอบ ข. 9.4 MPa

A_{tr} = 90,000 + 8(2,000) = 106,000 mm² → σ_c = 1,000,000/106,000 = 9.43 MPa (ความเค้นในเหล็ก = 8 × 9.43 = 75.5 MPa)

ข้อ 97 ตอบ ค. 40 kN

ความเข้ากันได้: $R_L(1) = R_R(2)$ และ $R_L + R_R = 60 \rightarrow R_L = 40$ kN, $R_R = 20$ kN

ข้อ 98 ตอบ ก. 25 J

$U = P^2L/2AE = (50{,}000)^2(2{,}000)/[2(500)(200{,}000)] = 25{,}000$ N·mm = 25 J

ข้อ 99 ตอบ ค. 1.42°

$J = \pi(40)^4/32 = 251{,}327$ mm^4 $\rightarrow$ $\theta = TL/GJ = 500{,}000(1{,}000)/[80{,}000(251{,}327)] = 0.0249$ rad = 1.42°

ข้อ 100 ตอบ ก. 45 mm

$d^3 = 16T/\pi\tau = 16(10^6)/(60\pi) = 84{,}883 \rightarrow d = 43.9$ mm $\rightarrow$ เลือก 45 mm (40 mm เล็กเกินไป)

ข้อ 101 ตอบ ง. 1,592 N·m

$n = 300/60 = 5$ รอบ/วินาที $\rightarrow$ $T = P/2\pi n = 50{,}000/(2\pi \times 5) = 1{,}592$ N·m

ข้อ 102 ตอบ ค. 22.5 kN·m

$S = 150(300)^2/6 = 2.25\times10^6$ mm^3 $\rightarrow$ $M = \sigma S = 10(2.25\times10^6) = 22.5\times10^6$ N·mm = 22.5 kN·m

ข้อ 103 ตอบ ง. 11.3 kN/m

$wL^2/8 = 22.5 \rightarrow w = 8(22.5)/16 = 11.25$ kN/m

ข้อ 104 ตอบ ข. 30 kN

$\tau_{max} = 1.5V/A \rightarrow V = \tau A/1.5 = 1.0(45{,}000)/1.5 = 30{,}000$ N = 30 kN

ข้อ 105 ตอบ ง. 8.75 MPa

$P/A = 5.0$ MPa

$M/S = 400{,}000(50)/[200(400)^2/6] = 3.75$ MPa $\rightarrow$ $\sigma_{max} = 8.75$ MPa, $\sigma_{min} = 1.25$ MPa