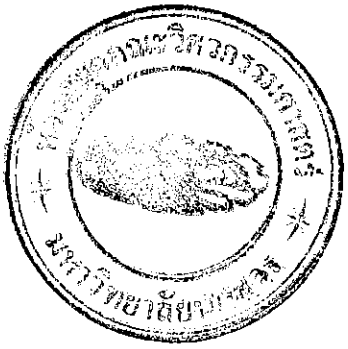


โปรแกรมทดสอบความรู้ทางวิศวกรรมรายวิชา การวิเคราะห์โครงสร้าง

(A COMPUTER PROGRAM FOR ENGINEERING KNOWLEDGE EVALUATION IN STRUCTURAL ANALYSIS)

นายณัฐวุฒิ จันทรอิระติกุล

นายอาทิตย์ คงพิบูลย์กิจ

i 5087828 e.2

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่รับ.....

เลขทะเบียน.....5200021

เลขเรียกหนังสือ.....วร.

มหาวิทยาลัยนเรศวร

โครงงานวิศวกรรมนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต 2551

สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2551

ใบรับรองโครงงานวิศวกรรมโยธา

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา	:	โปรแกรมทดสอบความรู้ทางวิศวกรรมรายวิชา การวิเคราะห์โครงสร้าง
ผู้ดำเนินการ	:	นายณัฐวุฒิ จันทรถิระติกุล รหัส 48380178
	:	นายอาทิตย์ คงพิบูลย์กิจ รหัส 48380284
ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา	:	อาจารย์ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ
สาขา	:	วิศวกรรมโยธา
คณะ	:	วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา	:	2551

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงงานวิจัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงาน

.....ประธานกรรมการ
(อาจารย์สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ)

.....กรรมการ
(อาจารย์รัฐภูมิ ปริชาตปรีชา)

.....กรรมการ
(อาจารย์อำพล เตโชวาณิชย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์กำพล ทรัพย์สมบูรณ์)

หัวข้อโครงงานวิศวกรรมโยธา	:	โปรแกรมทดสอบความรู้ทางวิศวกรรมรายวิชา การวิเคราะห์โครงสร้าง
ผู้ดำเนินการ	:	นายณัฐวุฒิ จันทรถิระติกุล รหัส 48380178
	:	นายอาทิตย์ คงพิบูลย์กิจ รหัส 48380284
ที่ปรึกษาโครงงานวิศวกรรมโยธา	:	อาจารย์ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ
สาขา	:	วิศวกรรมโยธา
คณะ	:	วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา	:	2551

.....

บทคัดย่อ

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์มีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันมากขึ้นทั้งทางด้านการศึกษา ด้านเศรษฐกิจ ด้านสังคม และด้านการแพทย์ ฯลฯ โดยเฉพาะทางด้านการศึกษานั้นคอมพิวเตอร์มีบทบาทสำคัญมาก โครงงานนี้จึงทำการสร้างคลังแบบทดสอบโดยใช้ซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder) ช่วยในการทำข้อสอบของรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง เพื่อที่จะให้ ผู้ทำข้อสอบมีความรู้ ความเข้าใจ และทักษะในการทำข้อสอบมากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการทำข้อสอบของนิสิตจำนวน 6 คน โดยทำการสอบ 15 ครั้ง พบว่านิสิตทำข้อสอบในช่วงแรกจะทำคะแนนได้ต่ำ แต่เมื่อทำหลายครั้งนิสิตจะเกิดความรู้ความเข้าใจในการทำข้อสอบมากขึ้นและคะแนนจะดีขึ้นตามลำดับ

Project title	:	A COMPUTER PROGRAM FOR ENGINEERING KNOWLEDGE EVALUATION IN STRUCTURAL ANALYSIS
Name	:	Mr. Nuttwut Jantaratiratikul Code 48380178
		Mr. Athit Khongphibulkit Code 48380284
Project advisor	:	Assit. Prof. Dr. Sasikorn Leungvichcharoen
Major	:	Civil engineering
Department	:	Civil engineering
Acadamic year	:	2008

.....

Abstract

Nowadays, a computer is an important role in daily life. Include the educations, the economies, the societies, the medicals and so on. Especially, Computer is necessary for the education. This project creates to test builder by Test Builder software. It helps to test a structural analysis subject. It creates for anyone gets knowledge, understanding and skills. The result of test from six students by testing about 15 times—it shows the first test of the students is low scores. When they test many times so, they get more understanding and knowledge about testing. Then their score are better as follow order.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานโปรแกรมทดสอบ รายวิชาการวิเคราะห์โครงสร้าง สามารถประสบความสำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้จัดทำโครงงานขอแสดงความขอบคุณ อาจารย์ผศ.ดร.สสิกรณ์ เหลืองวิชชเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่ให้คำแนะนำและปรึกษาในช่วงเวลาการทำงานตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาในการทำโครงงาน ทั้งในส่วนความรู้ทางวิชาการ เอกสาร และแหล่งข้อมูล และขอขอบคุณเจ้าของซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder) อาจารย์อำนาจ สาทสิทธิ์ เป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ผู้มีส่วนร่วมทุกๆคนที่ไม่ได้กล่าวนาม ขอขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้ด้วยที่ให้ความร่วมมือในการทำโครงงานนี้

นายณัฐวุฒิ จันทรถิระติกุล

นายอาทิตย์ คงพิบูลย์กิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายงาน	2
1.4 แผนการดำเนินงาน	2
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.6 งบประมาณ	3
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	
2.1 วิชาที่ใช้สอบในระดับภาคีวิศวกร	4
2.2 หัวข้อที่ใช้ในการทำข้อสอบระดับภาคีวิศวกร รายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง	5
บทที่ 3 ขั้นตอนการเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบ	
3.1 ขั้นตอนเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยตรง	11
3.2 ขั้นตอนเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบจาก Microsoft word	13

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.4 ขั้นตอนการลงทะเบียนสำหรับเข้าทำแบบทดสอบ	15
3.5 ขั้นตอนการเปลี่ยนรหัสผ่านสำหรับซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ	18
บทที่ 4 ตัวอย่างข้อสอบและผลประเมินการทำข้อสอบ	
4.1 ตัวอย่างข้อสอบพร้อมเฉลยจำนวน 25 ข้อ	19
4.2 ผลประเมินการทำข้อสอบของผู้ทำข้อสอบ	40
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล	
บรรณานุกรม	49
ประวัติผู้เขียน	50

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 1 40
ตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 2 41
ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 3 42
ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 4 43
ตารางที่ 4.5 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 5 44
ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 6 45
ตารางที่ 4.7 สรุปคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง 46

สารบัญรูป

หน้า

รูปภาพที่ 4.1 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 1 40
รูปภาพที่ 4.2 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 2 41
รูปภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 3 42
รูปภาพที่ 4.4 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 4 43
รูปภาพที่ 4.5 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 5 44
รูปภาพที่ 4.6 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 6 45
รูปภาพที่ 4.7 กราฟสรุปคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง 46

บทที่ 1
บทนำ

1. ที่มาและความสำคัญของการศึกษา

ปัจจุบันทางสภาวิศวกรได้กำหนดให้นิสิตที่จบการศึกษาตั้งแต่ปีการศึกษา 2551 เป็นต้นไปต้องมีการสอบระดับภาคีวิศวกร เพื่อรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกร จึงมีการศึกษาและสร้างคลังข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างขึ้น เพื่อช่วยเตรียมความพร้อมและเพิ่มประสิทธิภาพในการสอบของผู้ที่ต้องการรรับใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรควบคุม

2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างโปรแกรมสร้างคลังข้อสอบ โดยใช้ซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder)
2. เพื่อพัฒนาความรู้ความสามารถของนิสิตและผู้สนใจในการทำข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง
3. เพื่อประเมินขีดความสามารถของนิสิตและผู้สนใจในการทำข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง
4. เพื่อเตรียมความพร้อมให้แก่นิสิตและผู้สนใจก่อนการสอบระดับภาคีวิศวกร

3. ขอบข่ายงาน

1. พัฒนาคลังข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างจำนวน 958 ข้อ โดยใช้ซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder)
2. ใช้คลังข้อสอบที่ได้พัฒนาขึ้น เพื่อทดลองประเมินความสามารถในการทำข้อสอบของนิสิตจำนวน 6 คน

4. แผนการดำเนินงาน

กิจกรรม	ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. การนำเสนอโครงงาน																				
2. ศึกษารูปแบบโปรแกรม																				
3. สร้างโปรแกรมแบบทดสอบ																				
4. ประเมินผลการทำทดสอบ																				
5. เขียนโครงการ																				

5. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. นิสิตมีประสบการณ์ในการทำข้อสอบระดับภาคีวิศวกรและมีโอกาสเข้าใจว่าข้อสอบออกเรื่องอะไรที่ใช้ในเรื่องวิเคราะห์โครงสร้าง
2. เป็นการเตรียมความพร้อมและพัฒนาความสามารถให้กับนิสิตที่ต้องการสอบข้อสอบระดับภาคีวิศวกร รายวิชาการวิเคราะห์โครงสร้าง

6. งบประมาณ

- ค่าวัสดุสำนักงาน	500	บาท
- ค่าถ่ายเอกสาร	500	บาท
- ค่าวัสดุคอมพิวเตอร์	1,000	บาท
รวมค่าใช้จ่าย	2,000	บาท (สองพันบาทถ้วน)

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี

สภาวิศวกรได้กำหนดวิชาที่ต้องสอบสำหรับสาขาวิศวรรมโยธา ดังนี้

ข้อสอบระดับภาคีวิศวกรแบ่งเป็น 2 กลุ่มวิชา ได้แก่

1. กลุ่มวิชาบังคับ 4 วิชา คือ

   1.1 การเขียนแบบวิศวกรรม (Engineering drawing)

   1.2 กลศาสตร์วิศวกรรม (Engineering mechanics)

   1.3 กลศาสตร์ของวัสดุ (Engineering materials)

   1.4 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Computer programming)

2. กลุ่มวิชาเลือก (เฉพาะสาขาวิศวกรรมโยธา) 4 วิชา (ไม่ซ้ำกลุ่ม) จาก 8 กลุ่มวิชา คือ

   2.1 ทฤษฎีโครงสร้างและการวิเคราะห์โครงสร้าง (Teheory of stucture / Stuctural analysis)

   2.2 การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กและการออกแบบโครงสร้างไม้และเหล็ก (Reinforced concrete design / Timber and steel design)

   2.3 กลศาสตร์ของดิน (Soil mechanics)

   2.4 วิศวกรรมการทาง (Highway engineering)

   2.5 วิศวกรรมชลศาสตร์ (Hydraulic engineering)

   2.6 วิศวกรรมการประปาและสุขาภิบาล (Water supply and sanitary engineering / Water supply engineering and design)

   2.7 สำรวจ , การสำรวจเส้นทาง (Surveying / Route surveying / Photogrammetry)

   2.8 การบริหารงานก่อสร้าง (Construction management / Environmental systems and management)

หมายเหตุ กลุ่มวิชาเลือกข้อ 2.1 , 2.2 และ 2.3 เป็นวิชาบังคับที่ต้องสอบ ส่วนวิชาที่เหลือต้องเลือกสอบอีกเพียง 1 วิชา รวมเป็น 4 วิชา

<u>ในการสอบแบ่งหัวข้อที่ใช้ในการทำข้อสอบระดับภาคีวิศวกร รายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง ดังนี้</u>

1. ทฤษฎีโครงสร้าง (Theory of structures)
   - การวิเคราะห์โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตสถิตโดยวิธีการเปลี่ยนรูปสอดคล้อง (Analysis of statically indeterminate structures by method of consistent deformation)
   - การวิเคราะห์การโก่งตัวของโครงสร้างดีเทอร์มิเนตโดยวิธีงานเสมือนและพลังงานความเครียด (Deflections of determinate structures by methods of virtual work, strain energy)
   - เส้นอินฟลูเอนซ์ของโครงสร้างดีเทอร์มิเนต (Influence lines of determinate structures)
   - การวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้น (Introduction to structural analysis)
   - แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน และโมเมนต์ในโครงสร้างดีเทอร์มิเนตสถิต (Reactions, shears and moments in statically determinate structures)

2. การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural analysis)
   - การวิเคราะห์โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตโดยวิธีแรงยืดหยุ่น วิธีมุมหมุนและระยะโก่งตัว วิธีกระจายโมเมนต์และวิธีพลังงานความเครียด (Analysis of indeterminate structures by elastic load method, methods of slope and deflection, moment distribution, strain energy)
   - การวิเคราะห์โดยการประมาณ (Approximate analysis)
   - เส้นอินฟลูเอนซ์ของโครงสร้างอินดีเทอร์มิเนต (Influence line of indeterminate structures)
   - การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีเมตริกซ์เบื้องต้น (Introduction to matrix structural analysis)
   - การวิเคราะห์พลาสติกเบื้องต้น (Introduction to plastic analysis)

หมายเหตุ ในโครงงานนี้จะไม่กล่าวถึงเนื้อหาของทฤษฎีโดยละเอียด โดยจะขอกล่าวเพียงสรุปใจความย่อๆเท่านั้น โดยผู้สนใจสามารถศึกษารายละเอียดได้จากตำราการวิเคราะห์โครงสร้างทั่วไป

1. ทฤษฎีโครงสร้าง (Theory of structures)

การวิเคราะห์โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตสถิตโดยวิธีการเปลี่ยนรูปสอดคล้อง (Analysis of statically indeterminate structures by method of consistent deformation)

โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตสถิตเป็นโครงสร้างที่ไม่สามารถวิเคราะห์โดยใช้สมการสมดุลเพียงลำพังได้ เนื่องจากจำนวนแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่ามีมากกว่าจำนวนสมการสมดุล ในการวิเคราะห์โครงสร้างแบบนี้จะกระทำได้โดยการเอาแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าที่เกินจากจำนวนสมการสมดุลออก จะมีผลทำให้โครงสร้างกลายเป็นโครงสร้างดีเทอร์มิเนตสถิตซึ่งสามารถวิเคราะห์หาค่าการเปลี่ยนรูป (Deformation) หรือค่าของระยะโก่ง (Deflection) หรือการหมุน (Rotation) ของส่วนของโครงสร้างที่จุดนั้นโดยใช้สมการสมดุลหลังจากนั้นจึงให้แรงปฏิกิริยาที่เกินจากจำนวนสมการสมดุลกระทำต่อโครงสร้างเพียงลำพังแล้ววิเคราะห์หาค่าของ Deformation ณ ตำแหน่งที่แรงนั้นกระทำ แล้วจึงพิจารณาจากสภาพความเป็นจริงของจุดที่แรงกระทำ จะได้สมการความสอดคล้องที่จะทำให้หาค่าของแรงปฏิกิริยาจำนวนที่เกินจำนวนสมดุลได้ หลังจากนั้นจะนำค่าที่ได้ในการคำนวณหาค่าของแรงปฏิกิริยาอื่นที่เหลือได้โดยใช้สมการสมดุล

การวิเคราะห์การโก่งตัวของโครงสร้างดีเทอร์มิเนตโดยวิธีงานเสมือนและพลังงานความเครียด (Deflections of determinate structures by methods of virtual work, strain energy)

- วิธีงานเสมือน เมื่อต้องการหาค่าการโก่งตัว (หรือมุมลาดเอียง) ที่จุดใด ให้ใช้แรงหนึ่งหน่วย (หรือโมเมนต์หนึ่งหน่วย) กระทำที่จุดนั้น ตามทิศทางของการโก่งตัวของโครงสร้าง (หรือตามแนวการหมุนไปของเส้นสัมผัสจุดบนเส้นโค้งอีลาสติก) แล้วใช้หลักการของพลังงานมาวิเคราะห์
- วิธีพลังงานความเครียด มีหลักการคือ เมื่อคานรับแรงเดี่ยวแรงหนึ่ง เช่น แรงกระทำเป็นจุด (P) หรือโมเมนต์คู่ควบ (M) จะเกิดการเคลื่อนตัว Δ ของจุด (ตรงตำแหน่งที่แรงกระทำ) ไปตามแนวแรง (P) (ให้เป็นค่าบวก) และเมื่อคานรับแรงคู่ควบ (M) จะเกิดมุมลาดเอียง θ ไปตามทิศทางการหมุนของ (M) ตรงตำแหน่งที่ (M) กระทำ (ให้ค่าเป็นบวก) ทั้ง Δ และ θ สามารถหาได้โดยพลังงานความเครียด

เส้นอินฟลูเอนซ์ของโครงสร้างดีเทอร์มิเนต (Influence lines of determinate structures)

Influence lines คือ เส้นกราฟที่แสดงค่าพฤติกรรมตอบสนองทางโครงสร้าง เช่น ค่าแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ , ค่าแรงปฏิกิริยาภายในชิ้นส่วนโครงสร้าง (Axial,Shear และ Moment) หรือค่า Deflections ที่จุดหนึ่งๆ ของโครงสร้างโดยแสดงเป็น function ของตำแหน่งของแรง 1 หน่วย ที่เคลื่อนที่บนโครงสร้างนั้นๆ

การวิเคราะห์โครงสร้างเบื้องต้น (Introduction to structural analysis)

การวิเคราะห์โครงสร้างเป็นการพิจารณาหาการตอบสนองของโครงสร้างต่อการกระทำของแรงภายนอก ซึ่งจะทำให้เกิดแรงภายใน (Internal forces) หรือแรงต้านทานของวัสดุและเกิดการเปลี่ยนแปลง (Deformation) ขึ้นภายในโครงสร้าง ขนาดของแรงภายในหรือแรงต้านทานของวัสดุ หาค่าของระยะโก่ง (Deflection) ความลาดเอียงหรือการหมุน (Slope or rotations) ของโครงสร้างที่เกิดจากการกระทำของน้ำหนักบรรทุกหรือแรงภายนอกที่กระทำต่อโครงสร้างนั้น หลังจากนั้นจะใช้ค่าที่วิเคราะห์ได้ไปใช้ในการคำนวณออกแบบขนาดขององค์อาคารหรือโครงสร้างนั้นได้เหมาะสมต่อไป

แรงปฏิกิริยา แรงเฉือน และโมเมนต์ในโครงสร้างดีเทอร์มิเนตสถิต (Reactions, shears and moments in statically determinate structures)

ในการหาแรงปฏิกิริยาสำหรับโครงสร้าง 2 มิติทั่วไปจะใช้สมการสมดุลย์ โดยมี 3 สมการดังนี้ $\sum Fx = 0$, $\sum Fy = 0$ และ $\sum Mz = 0$ ส่วนแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด จัดเป็นแรงภายใน (Internal force) เกิดจากการกระทำของน้ำหนักบรรทุก ซึ่งจะทำให้โครงสร้างเกิดการโก่งตัว (Bending) และเกิดจากการต้านทานของวัสดุเพื่อที่จะทำให้รูปตัดของโครงสร้าง เช่น คาน อยู่ในภาวะสมดุลย์ โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดคานจะทำให้แกนของคานเกิดการแอ่นตัวเป็นเส้นโค้งเรียกว่า "เส้นโค้งอีลาสติก" (Elastic - curve) ค่าของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดสามารถนำไปเขียนไดอะแกรมแสดงค่าของโมเมนต์ดัดและแรงเฉือนที่ระยะต่างๆของคานได้เรียกว่า "แผนภาพแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด" (Shear force and bending moment diagram)

2. การวิเคราะห์โครงสร้าง (Structural analysis)

การวิเคราะห์โครงสร้างอินดีเทอร์มิเนตโดยวิธีแรงยืดหยุ่น วิธีมุมหมุนและระยะโก่งตัว วิธีกระจายโมเมนต์และวิธีพลังงานความเครียด (Analysis of indeterminate structures by elastic load method, methods of slope and deflection, moment distribution, strain energy)

- วิธีมุมหมุนและระยะโก่งตัว (Slope and deflection method) ใช้สมมุติฐานว่าการเปลี่ยนรูปร่าง (Deformation) เกิดขึ้นเนื่องจากโมเมนต์ดัด (Bending moment) เท่านั้น จัดเป็นวิธี Displacement method วิธีหนึ่ง เนื่องจากตัวที่ไม่ทราบค่า (Unknows) เป็นการเปลี่ยนตำแหน่ง (Displacements) ประกอบด้วยการเปลี่ยน 2 ชนิดคือ มุมหมุน (Rotation of slope angle) กับการเคลื่อนที่เชิงเส้น หรือระยะโก่ง (Translation or deflection) ของจุดต่อข้อแข็งใดๆ (Rigid joints) ในโครงสร้าง หลังจากวิเคราะห์หาตัวไม่ทราบค่าแล้ว จึงใช้สมการของความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ที่ปลายชิ้นส่วนใดๆ (End moments) กับมุมหมุนและระยะโก่งที่เกิดขึ้นของชิ้นส่วนนั้นๆ วิเคราะห์หาโมเมนต์ดัดที่ปลายชิ้นส่วนได้ หลังจากวิเคราะห์หาค่าโมเมนต์ดัดที่ปลายทุกชิ้นส่วนได้แล้วโครงสร้างจะเปลี่ยนจากอินดีเทอร์มิเนตเป็นดีเทอร์มิเนต ซึ่งสามารถใช้สมการสมดุลย์วิเคราะห์หาแรงชนิดอื่นได้
- วิธีกระจายโมเมนต์ (Moment distribution) หลักการของวิธีนี้คือ จะหาค่า End moments ที่ปลายทั้งสองของชิ้นส่วนก่อน แล้วจึงใช้สมการสมดุลย์ของชิ้นส่วนวิเคราะห์หาแรงภายในตัวที่เหลือภายหลัง วิธีนี้เริ่มต้นด้วยการสมมุติให้ทุก Joints เป็น Fixed แล้วมีการกระจายค่า Unbalanced moments ที่ Joints ต่างๆ ซึ่งเกิดจากค่า Fixed-end moments ของชิ้นส่วน จากนั้นจะ Distribute ค่า End moments เป็น Cycle จนกว่าค่า End moments ของทุก Joints จะอยู่ในสภาพ Balanced หรือในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ เช่น ยอมให้มี Error ได้ไม่เกิน บวกลบ 5 % เป็นต้น

การวิเคราะห์โดยการประมาณ (Approximate analysis)

Approximation analysis มีแนวคิดมาจากการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงสร้างภายใต้แรงกระทำ เพื่อลดจำนวน Degree of indeterminacy ของโครงสร้างลง เพื่อให้เป็นโครงสร้างแบบ Statically determinate ซึ่งทำให้สามารถวิเคราะห์โครงสร้างดังกล่าวได้โดยการใช้สมการความสมดุลเพียงลำพัง

การวิเคราะห์โครงสร้างโดยวิธีเมตริกซ์เบื้องต้น (Introduction to matrix structural analysis)

วิธีเมตริกซ์เป็นวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์โครงสร้างทุกชนิด เช่น โครงข้อหมุนคานต่อเนื่อง โครงข้อแข็ง โครงสร้างผสม และวิเคราะห์ได้ 2 ประเภท คือ ดีเทอร์มิเนต และอินดีเทอร์มิเนต เพราะสามารถวิเคราะห์โครงสร้างที่มีดีกรีอินดีเทอร์มิเนตหลายดีกรี โดยไม่จำกัดจำนวน และยังสามาวิเคราะห์โครงสร้างทั้งสองมิติและสามมิติ หลักการของการวิเคราะห์โครงสร้างได้ทั้ง 2 วิธี คือ วิธีแรง (Force method) และวิธีของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง (Displacement method)

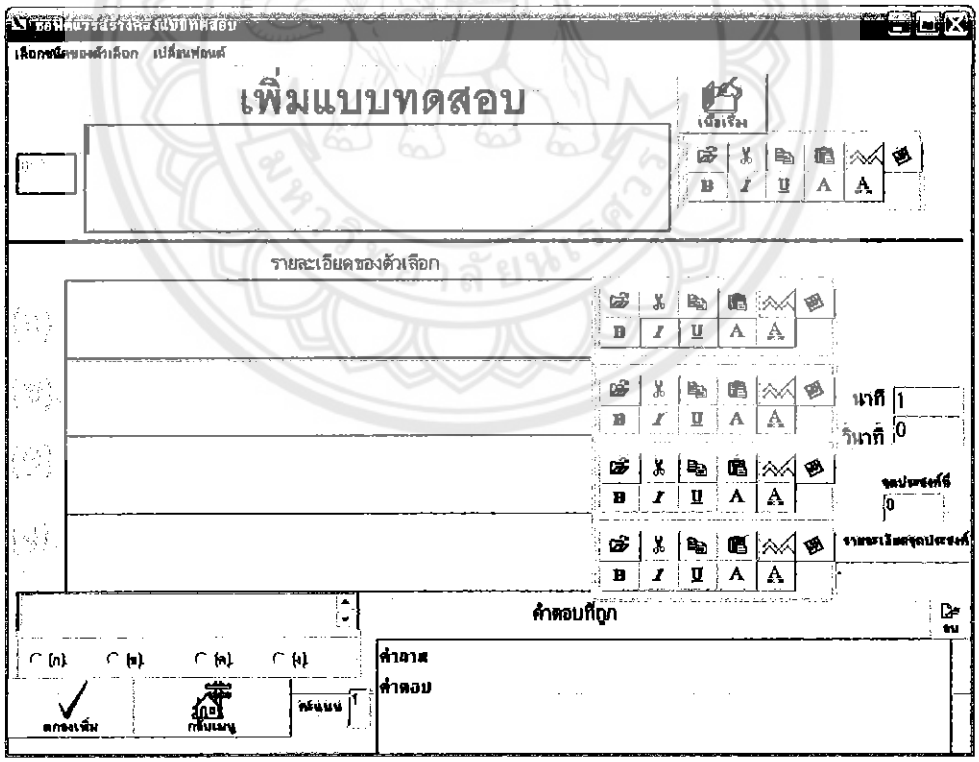
บทที่ 3

รายละเอียดซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder) เขียนขึ้นโดย อาจารย์ อำนาจ สาทสิทธิ์ เป็นซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาสำหรับสร้างแบบทดสอบ เพื่อช่วยทบทวนบทเรียน ทำแบบทดสอบ ซึ่งทำให้นิสิตและผู้สนใจทั่วไป เกิดความรู้ ทักษะ การคิด การแก้ไขปัญหาในรายวิชานั้น โดยแข่งกับเวลา โปรแกรมทำแบบทดสอบนี้จึงสะดวกกับการใช้งาน

สำหรับผู้ที่สนใจในโปรแกรมซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ (Test builder) สามารถหาซื้อได้ที่ บริษัทวิทยพัฒน์ จำกัด กรุงเทพมหานคร โทร 02 3749915-6

ขั้นตอนการเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบ



1. การเพิ่มแบบทดสอบลงในคลังแบบทดสอบโดยตรง
2. การเพิ่มแบบทดสอบที่สร้างจาก Microsoft word โดยวิธีลากเมาส์ และ โดยวิธีคัดลอกและวาง

แต่ละช่องคำถามและตัวเลือกจะมีปุ่มต่างๆ ดังนี้

	เปิดแฟ้มข้อมูล นามสกุล Rtf	**B**	ตัวหนา
	ตัด	*I*	ตัวเอียง
	คัดลอก	U	ตัวขีดเส้นใต้
	วาง	A	ฟอนต์
	แทรกวัตถุ เช่น สมการ กราฟ เป็นต้น	A	สีตัวอักษร
	แทรกรูปภาพ		

1. **ขั้นตอนเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยการบันทึกเข้าในคลังแบบทดสอบเป็นขั้นตอนที่พิมพ์แบบทดสอบเข้าไปเก็บไว้ในฐานข้อมูลโดยตรง**

1.1 พิมพ์คำถามและคำตอบ

1.2 คลิกตัวเลือกที่ถูกต้อง

1.3 ใส่ข้อคำถามของโจทย์ ตัวเลือกของข้อนั้น และเฉลยคำตอบ

ดังตัวอย่าง (จะต้องเป็นรูปแบบนี้เสมอ)

คำถาม

หากท่านเป็นวิศวกรโครงสร้างสิ่งที่ท่านต้องคำนึงถึงเป็นลำดับแรกในการออกแบบระบบโครงสร้างคือ

ก. ประโยชน์ใช้สอย

ข. ความปลอดภัย

ค. ความประหยัด

ง. การก่อสร้าง

คำตอบ

เฉลยข้อ ข. ความปลอดภัย

1.4 ใส่เวลาในการทำแบบทดสอบข้อนั้น

- ถ้าเวลาไม่เกิน 1 นาที ใส่เลข 0 ในช่องนาที และใส่เวลาเป็นวินาที
- ถ้าเวลา 1 นาที ใส่เลข 1 ในช่องนาที และใส่เลข 0 ในช่องวินาที
- ถ้าเวลาเกิน 1 นาที ใส่เวลาในช่องนาทีและวินาที
- กรณีเวลาในข้อนั้นเกิน 1 นาที เช่น 100 วินาที ห้ามใส่เลข 100 ในช่องวินาที ให้ใส่เลข 1 ในช่องนาที และใส่เลข 40 ในช่องวินาที

1.5 ใส่เลขจุดประสงค์และชื่อจุดประสงค์

ถ้าแบบทดสอบมีจุดประสงค์ให้ใส่เลขจุดประสงค์

ถ้าไม่มีให้ใส่เลข 0

ถ้าแบบทดสอบมีชื่อจุดประสงค์ให้ใส่ชื่อจุดประสงค์

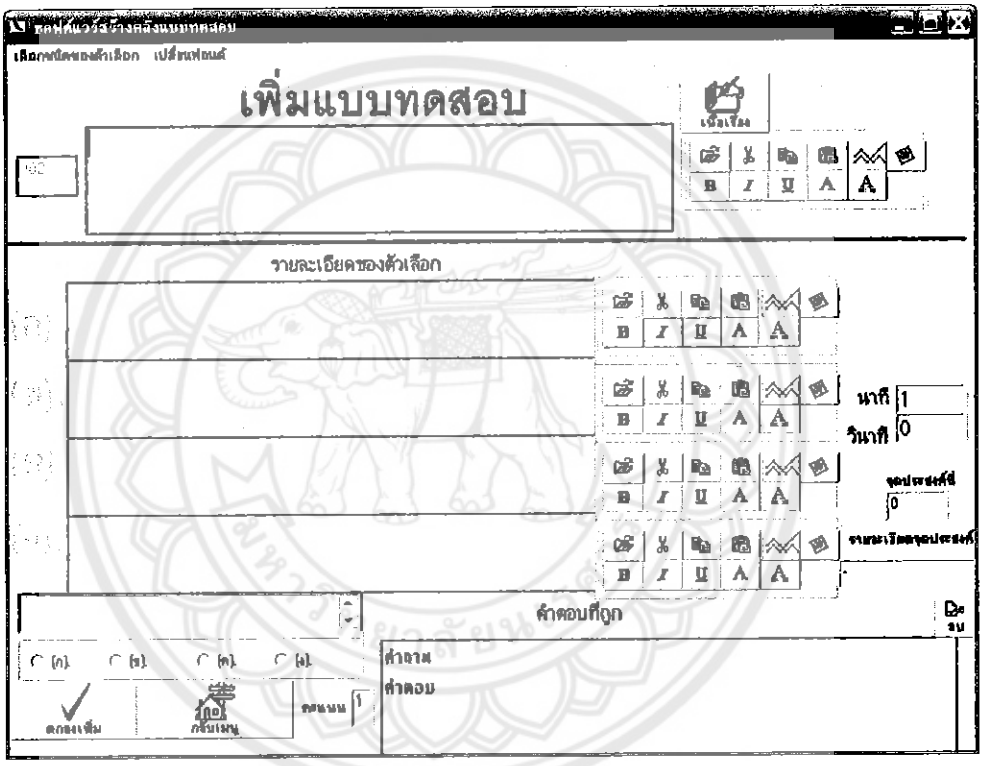
ถ้าไม่มีให้ใส่ -

1.6 ใส่คะแนนของแบบทดสอบข้อนั้น

1.7 คลิก ✓ตกลงเพิ่ม **เพื่อยอมรับการเพิ่มแบบทดสอบ**

2. <u>ขั้นตอนเพิ่มแบบทดสอบแบบเลือกตอบจาก Microsoft word ในการสร้างแบบทดสอบก่อนแล้วใช้วิธีลากเมาส์คลุมข้อความที่ต้องการแล้วนำไปใส่ในช่องเพิ่มแบบทดสอบ และ วิธีคัดลอกและวาง โดยมีขั้นตอนดังนี้</u>

2.1 การเพิ่มแบบทดสอบที่สร้างจาก Microsoft word โดยวิธีลากเมาส์



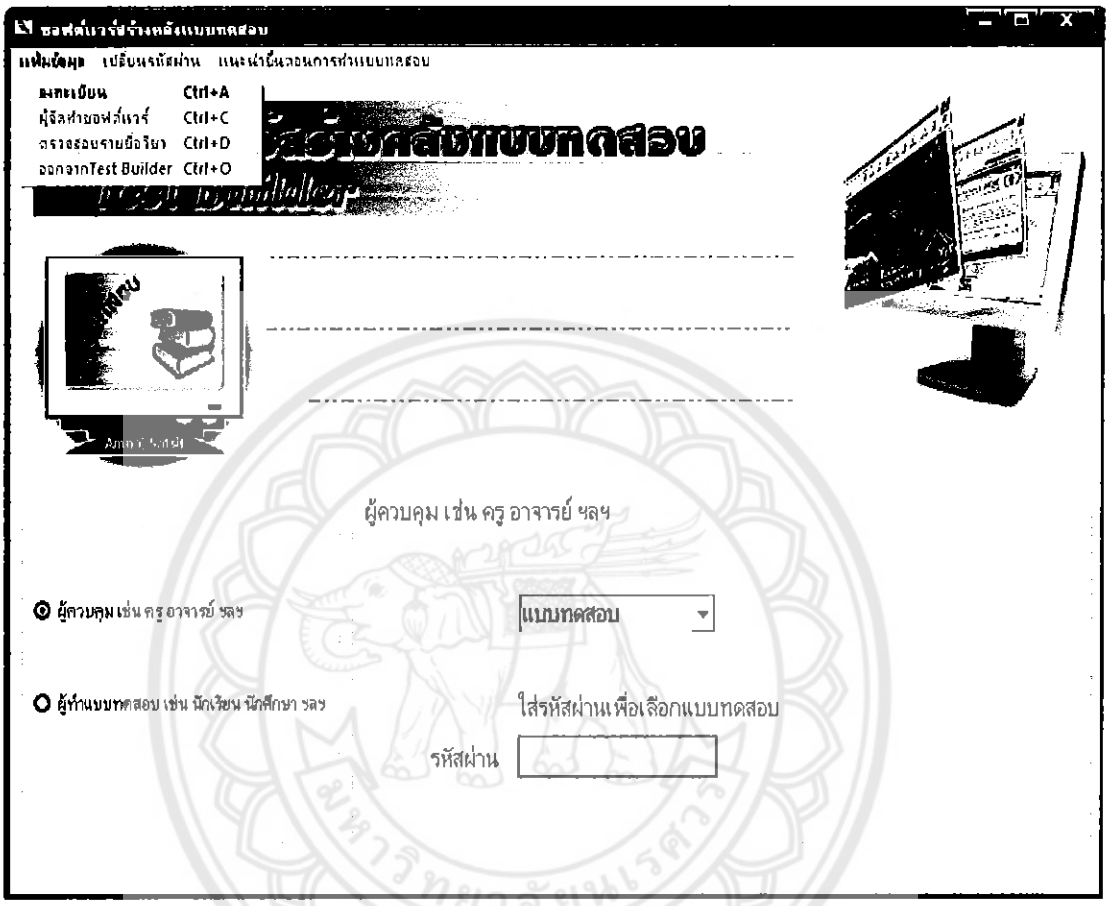
ลากเมาส์ให้เกิดแถบสีดำคลุมข้อความที่ต้องการนำไปใส่ในช่องเพิ่มแบบทดสอบ

2.2 การเพิ่มแบบทดสอบที่สร้างจาก Microsoft word โดยวิธีคัดลอกและวาง

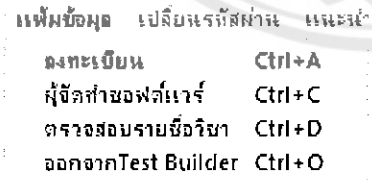
2.2.1 ลากเมาส์คลุมข้อความที่ต้องการใน Microsoft word ให้เป็นแถบสีดำ คลิกเมาส์ขวา เลือก คัดลอก

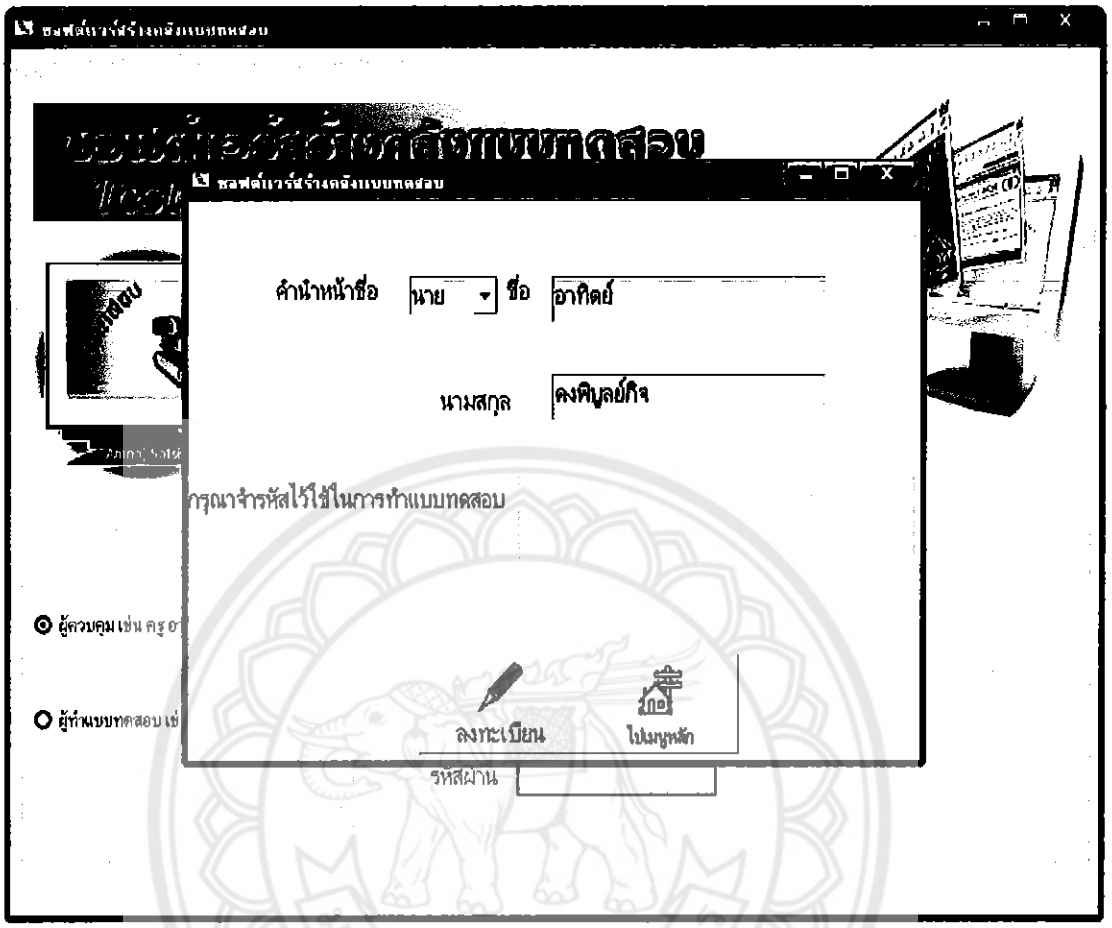
2.2.2 คลิกขวาที่ช่องเพิ่มแบบทดสอบในซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ เลือก Paste ขั้นตอนอื่นๆ เหมือนกัน 1.2-1.7

ขั้นตอนการลงทะเบียน



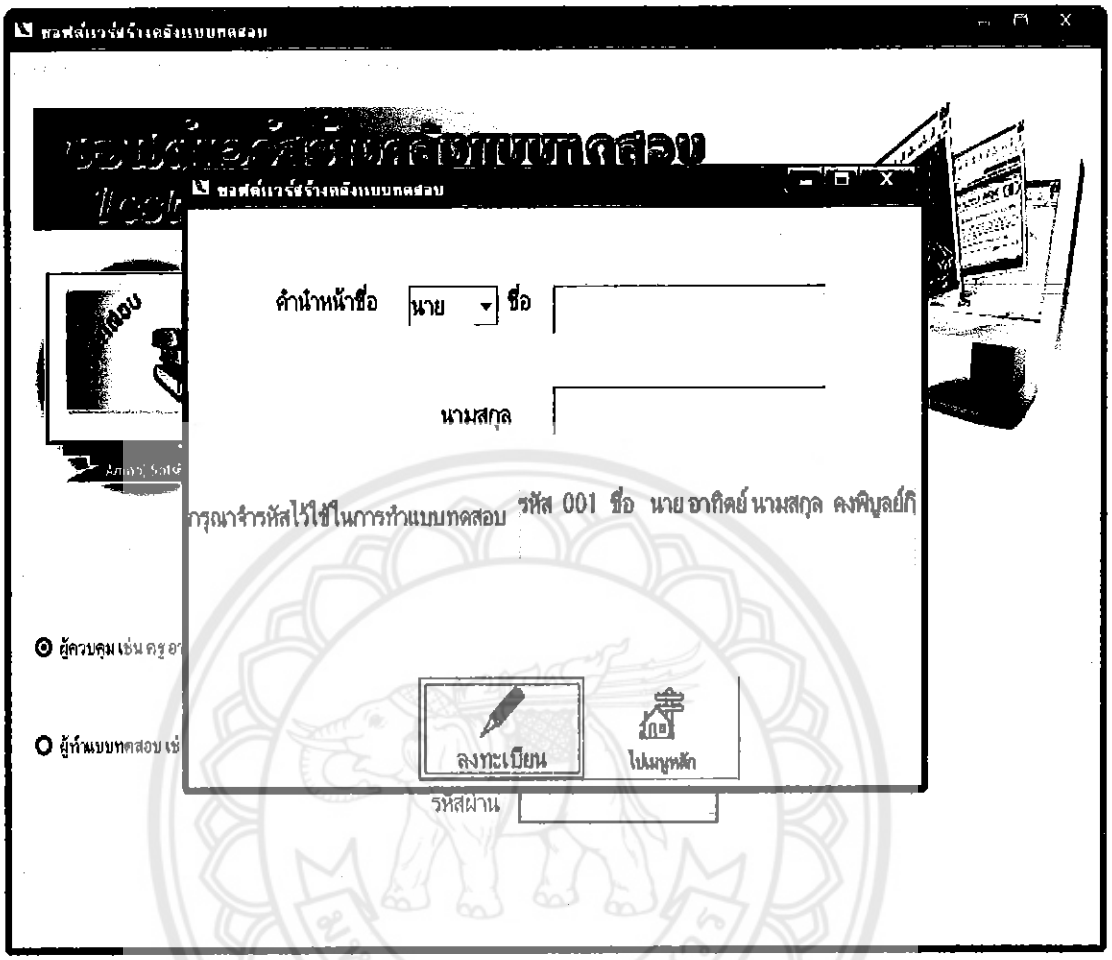
1. คลิกเมนู





2. ใส่ชื่อ_นามสกุลของผู้ลงทะเบียน

3. คลิก ลงทะเบียน



4. **รหัสที่ได้**จากการลงทะเบียน

   ตัวอย่าง จากภาพ รหัสคือ 001 และให้ผู้ทำแบบทดสอบจำรหัสนี้ไว้เพื่อใช้ในการทำแบบทดสอบ

5. คลิก เพื่อปิดหน้าต่างลงทะเบียนและกลับเมนูหลัก

ขั้นตอนการเปลี่ยนรหัสผ่านสำหรับซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ

รหัสผ่าน (Password) สำหรับเข้าซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบนับว่ามีความสำคัญมาก โดยรหัสผ่านจะแบ่งเป็นรหัสของ ผู้ทำแบบทดสอบ และ ผู้ควบคุม ซึ่งผู้ทำแบบทดสอบและผู้ควบคุมจะใช้รหัสผ่านต่างกัน และมีความสามารถที่แตกต่างกันดังตาราง ในซอฟต์แวร์สร้างคลังแบบทดสอบ ผู้ควบคุมเท่านั้นที่สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านได้ ส่วนผู้ทำแบบทดสอบจะไม่สามารถเปลี่ยนรหัสผ่านเองได้

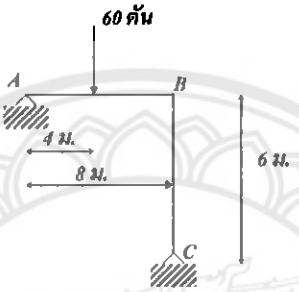
ผู้ทำแบบทดสอบ	ผู้ควบคุม
ไม่สามารถเพิ่มแบบทดสอบ	สามารถเพิ่มแบบทดสอบ
ไม่สามารถแก้ไขแบบทดสอบ	สามารถแก้ไขแบบทดสอบ
ไม่สามารถลบแบบทดสอบ	สามารถลบแบบทดสอบ
ไม่สามารถเพิ่มรายวิชาในฐานข้อมูล	สามารถเพิ่มรายวิชาในฐานข้อมูล
ไม่สามารถตรวจสอบรายวิชาในฐานข้อมูล	สามารถตรวจสอบรายวิชาในฐานข้อมูล
ไม่สามารถถ่ายโอนซอฟต์แวร์และฐานข้อมูล	สามารถถ่ายโอนซอฟต์แวร์และฐานข้อมูล
ไม่สามารถแก้ไขข้อมูลที่ลงทะเบียนได้	สามารถแก้ไขข้อมูลที่ลงทะเบียนได้
ไม่สามารถสั่งพิมพ์แบบทดสอบ	สามารถสั่งพิมพ์แบบทดสอบ

บทที่ 4

ตัวอย่างข้อสอบและผลประเมินการทำแบบทดสอบ

<u>เฉลยตัวอย่างข้อสอบ 25 ข้อ</u>

1. ให้ตรวจสอบว่าโครงข้อแข็งนี้มีเสถียรภาพระดับใด



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: Stable, Determinate

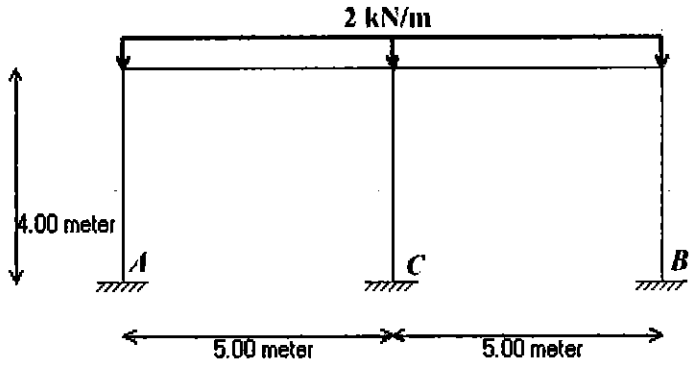
คำตอบ 2: Unstable, Indeterminate, Degree of indeterminacy = 1

คำตอบ 3: Stable, Indeterminate, Degree of indeterminacy = 2

คำตอบ 4: Stable, Indeterminate, Degree of indeterminacy = 1

วิธีทำ: 3m+r = 3j 3(2)+4 = 10, 3j=3(3) =9 10-9 = 1

2. จากรูป จงใช้วิธี Portal วิเคราะห์โครงข้อแข็ง ซึ่งมีค่า EI คงที่ทุกชิ้นส่วน ในการหาค่าแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ C



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 5 kN

คำตอบ 2: 10 kN

คำตอบ 3: 5 kN, 2.25 kN-m

คำตอบ 4: 10 kN, 2.25 kN-m

วิธีทำ: เนื่องจากโครงสร้างมีความสมมาตร ครึ่งหนึ่งของแรงกระทำต่อคานในช่วง AC และช่วง CB จึงถูกถ่ายลงมาที่เสา C ดังนั้น ค่าแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ C เท่ากับ 5(2) = 10 kN

3. พิจารณาคานช่วงเดี่ยว (Single span beam) ซึ่งมีจุดรองรับแบบแบบหมุด (Pin) ที่ปลายทั้งสองด้านคานดังกล่าวมีจำนวน Degree of indeterminacy เท่าใด

คำตอบ 1: 1

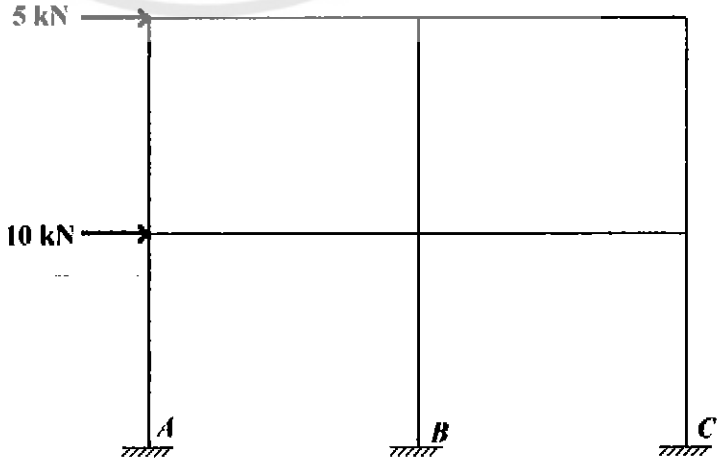
คำตอบ 2: 2

คำตอบ 3: 3

คำตอบ 4: 4

วิธีทำ: คานดังกล่าวมีแรงปฏิกิริยาไม่ทราบค่า 4 ค่าและมีสมการความสมดุล 3 สมการ ดังนั้น คานดังกล่าวมีจำนวน Degree of indeterminacy เท่ากับ 4-3 = 1

4. ในการทำ Approximate analysis โครงข้อแข็งซึ่งมีค่า EI คงที่ทุกชิ้นส่วน ดังรูป เราจะต้องสมมติเงื่อนไขช่วยในการวิเคราะห์เพื่อทำโครงข้อแข็งให้เป็นโครงสร้าง Statically determinate กี่ข้อ



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 6

คำตอบ 2: 9

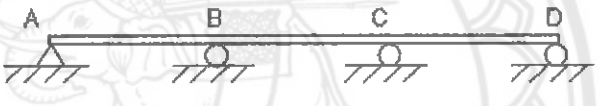
คำตอบ 3: 10

คำตอบ 4: 12

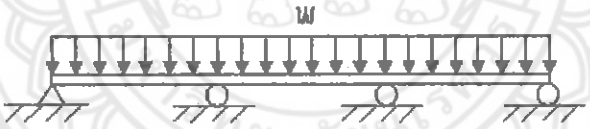
วิธีทำ: โครงข้อแข็งมี Degree of indeterminacy = 12 ดังนั้น เราจะต้องตั้งสมมุติฐานในการวิเคราะห์ 12 ข้อ โดยสมมุติฐานให้จุดที่มีโมเมนต์เป็นศูนย์เกิดขึ้นที่จุดกึ่งกลางคาน 4 จุด ที่จุดกึ่งกลางเสา 6 จุด และแรงในแนวแกนของเสาแปรผันโดยตรงจากระยะจากจุด Centroid ของพื้นที่หน้าตัดของเสาในแต่ละชั้นอีก 2 เงื่อนไข (กรณี Cantilever method) หรือแรงในแนวแกนของเสาต้นในมีค่าเท่ากับศูนย์ (กรณี Portal method)

5. การวางน้ำหนักบรรทุกจรในข้อใดทำให้เกิดโมเมนต์ลบสูงที่สุดในโครงสร้าง

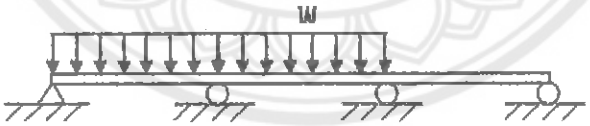
รูปภาพประกอบคำถาม:



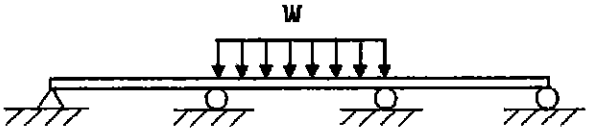
คำตอบ 1:



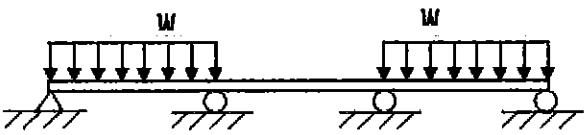
คำตอบ 2:



คำตอบ 3:

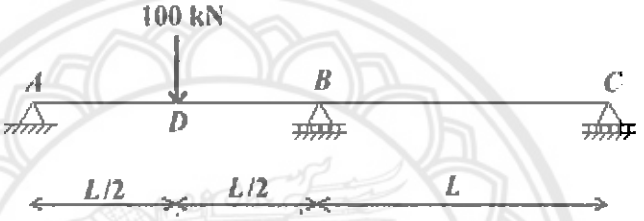


คำตอบ 4:



วิธีทำ: Maximum negative moment is at the support. By considering this structure, maximum negative moment should be at internal support B. By Qualitative Influence Line, the live load can be placed to produce the maximum response.

6. ถ้าค่าพิกัดที่จุด D ของแผนภาพ Influence line ของแรงปฏิกิริยาที่จุด B ของคานดังที่แสดงในรูป มีค่า 11/16 แล้ว จงหาค่าแรงปฏิกิริยาที่จุด B เนื่องจากแรงกระทำขนาด 100 kN ที่จุด D



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 31.25 kN

คำตอบ 2: 33.33 kN

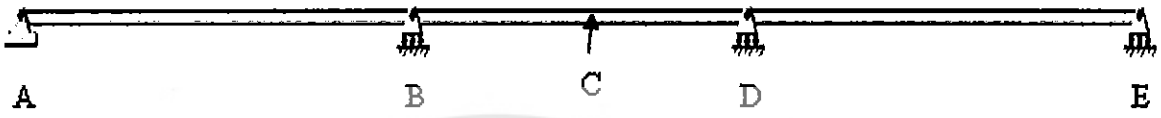
คำตอบ 3: 50.00 kN

คำตอบ 4: 68.75 kN

วิธีทำ: เนื่องจากเราทราบพิกัดที่จุด D ของแผนภาพ Influence line ของแรงปฏิกิริยาที่จุด B และแรงกระทำที่จุดดังกล่าว ดังนั้น ค่าแรงปฏิกิริยาที่จุด B จะหาได้จากผลคูณของพิกัดและค่าแรง 100 kN ซึ่งมีค่า 1100/16 kN

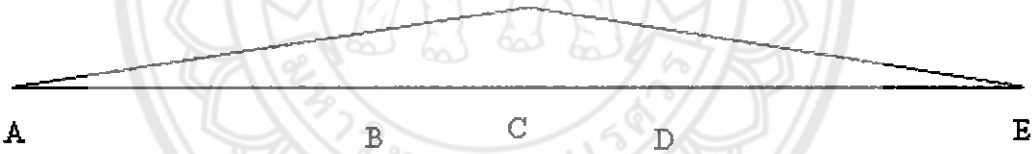
7. จงเลือกรูปร่างเส้นอิทธิพล (Influence line) ของโมเมนต์บวกที่จุด C เมื่อคานต่อเนื่องรับน้ำหนักหนึ่งหน่วยเคลื่อนจากจุด A ไป E ดังแสดงในรูป

รูปภาพประกอบคำถาม:

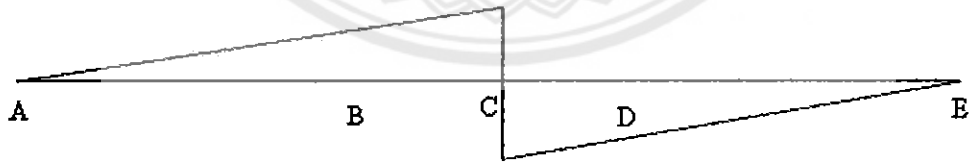


คำตอบ 1:

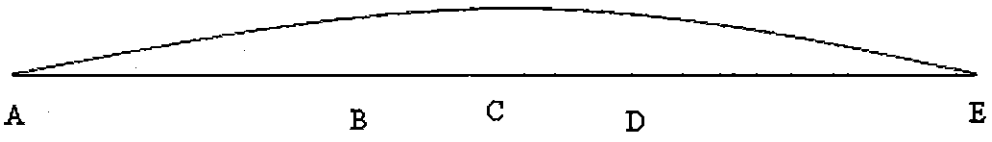
คำตอบ 2:



คำตอบ 3:

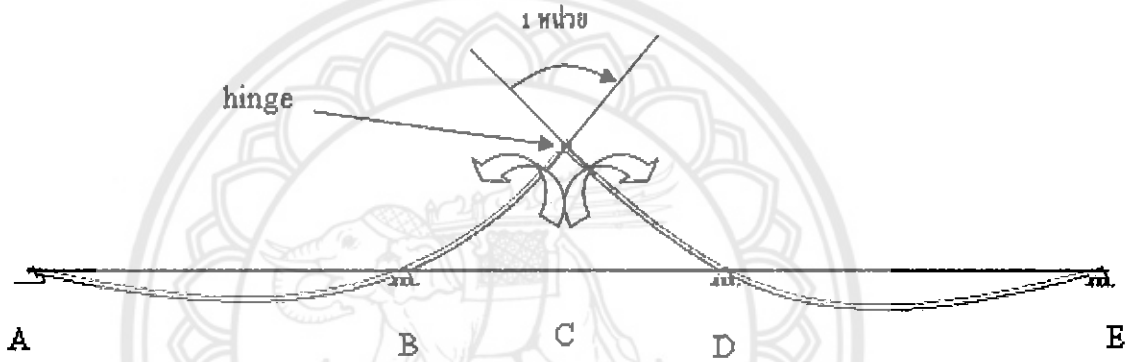


คำตอบ 4:



วิธีทำ: อาศัยทฤษฎีของ Muller breslau ถอดการต้านทานแรงดัด (ใส่ Hinge) ณ จุดที่ต้องการสร้างเส้นอิทธิพลของโมเมนต์ แล้วทำให้โครงสร้างเคลื่อนที่หมุนไปหนึ่งหน่วย ณ จุดนั้น ซึ่งจะได้รูปร่างการเปลี่ยนรูปร่างดังแสดง ซึ่งรูปร่างการเปลี่ยนรูปร่างนี้คือรูปร่างของเส้นอิทธิพลของโมเมนต์บวกที่จุด C ที่ต้องการ ดังนั้นคำตอบที่ถูกต้องคือข้อ

1.



8. ในวิชา Structural analysis โครงข้อแข็ง (Rigid frame) ที่อยู่ใน 3 มิติ แต่ละ Node ของโครงข้อแข็งจะมีจำนวน Degree of freedoms ได้มากที่สุดกี่ค่า

คำตอบ 1: 2

คำตอบ 2: 3

คำตอบ 3: 4

คำตอบ 4: 6

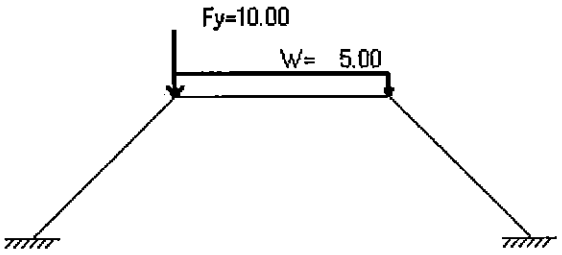
วิธีทำ: 6 ค่า คือการเปลี่ยนตำแหน่งเชิงเส้นตรง (Linear displacements) 3 ค่าและการเปลี่ยนตำแหน่งเชิงหมุน (Rotational displacements) 3 ค่า

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

I 5081828 ค.ศ

5200021
ปร.
ณ๖๗ป
๒๕๕๑.

9. จากรูป ในการวิเคราะห์โครงข้อแข็งโดยวิธี Matrix displacement method นั้น เราจะต้องทำการ Inverse matrix ขนาดเท่าใด เพื่อให้ได้ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node ของโครงข้อแข็งที่ไม่ทราบค่า



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 4x4

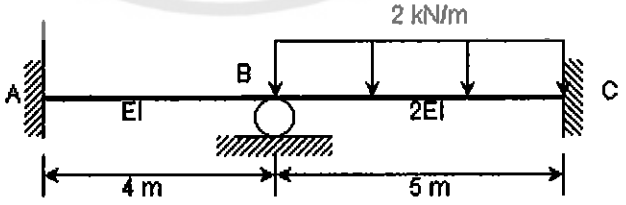
คำตอบ 2: 6x6

คำตอบ 3: 8x8

คำตอบ 4: 10x10

วิธีทำ: Global structure stiffness matrix [K] จะถูกเขียนให้อยู่ในรูป Q = KD ซึ่ง Matrix [K] จะมีขนาดเท่ากับ DOF x DOF ดังนั้น Matrix [K] ของโครงข้อแข็งในรูป ซึ่งมี 4 Node และ 12 DOF จะมีขนาด 12 x12 แต่เนื่องจากค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node ของโครงข้อหมุนมีเพียง 6 ค่า ดังนั้น เมื่อทำการ Partition matrix [K] แล้ว ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node จะหาได้จากการ Inverse matrix ขนาด 6x6

10. จากรูป ในการวิเคราะห์คานโดยใช้ Matrix structural analysis คานดังกล่าวมี Degree of freedoms ที่ถูกยึดรั้ง (Constrained degree of freedoms) ได้มากที่สุดกี่ค่า



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 2

คำตอบ 2: 3

คำตอบ 3: 4

คำตอบ 4: 5

วิธีทำ: คานมี Degree of freedoms ทั้งสิ้น 6 ค่าที่ 3 Node โดย Constrained degree of freedoms เกิดขึ้นที่ Node A B และ C รวม 2+1+2 = 5 ค่า

11. ข้อใดต่อไปนี้คือข้อดีของโครงสร้างแบบ Statically indeterminate เมื่อเทียบกับโครงสร้างแบบ Statically determinate เมื่อโครงสร้างทั้งสองประเภทถูกกระทำโดยแรงขนาดเท่ากันและกระทำที่ตำแหน่งเดียวกัน

รูปภาพประกอบคำถาม:

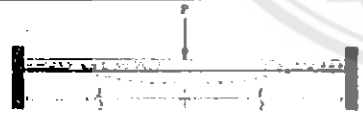
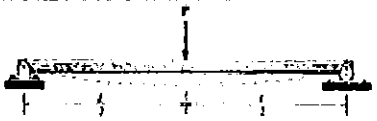
คำตอบ 1: การออกแบบง่ายกว่า

คำตอบ 2: วิเคราะห์ง่ายกว่า

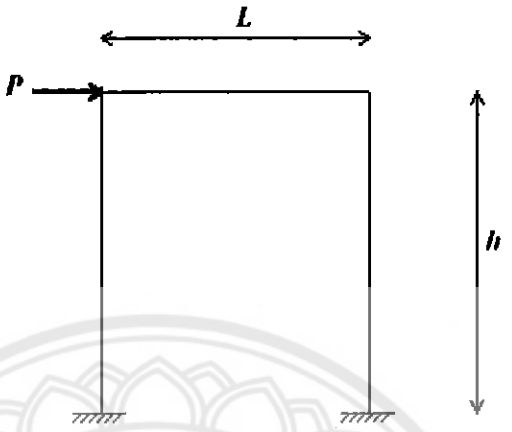
คำตอบ 3: เกิดการทรุดตัวของฐานรากน้อยกว่า

คำตอบ 4: มีขนาดหน้าตัดเล็กกว่า

วิธีทำ: พิจารณาตัวอย่างจากรูป จะเห็นได้ว่า โมเมนต์ดัดและการเปลี่ยนตำแหน่งสูงสุดของ Fixed-supported beam มีค่าเพียงครึ่งหนึ่งของ Simply-supported beam และเนื่องจากหน่วยแรงแปรผันโดยตรงกับโมเมนต์ดัด ดังนั้น ในการออกแบบคานดังกล่าว Fixed-supported beam จะมีขนาดหน้าตัดเล็กกว่า Simply-supported beam

ประเภทของคาน	M_{max}	δ_{max}
 fixed-supported beam	$\frac{PL}{8}$	$\frac{PL^3}{192EI}$
 simply-supported beam	$\frac{PL}{4}$	$\frac{PL^3}{48EI}$

12. จากรูป เมื่อแรง P มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โครงข้อแข็งเหล็กจะมี Plastic hinge เกิดขึ้นกี่จุด จึงทำให้เกิด Complete collapse mechanism



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 1

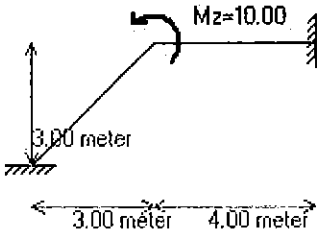
คำตอบ 2: 2

คำตอบ 3: 3

คำตอบ 4: 4

วิธีทำ: พิจารณาจาก Moment diagram จะเห็นได้ว่าในกรณีนี้ต้องการ Plastic hinge 4 จุดคือ ที่จุดเชื่อมต่อ 2 จุดและจุดรองรับ 2 จุด เพื่อทำให้เกิด Complete collapse mechanism หรือ Complete collapse mechanism จะเกิดขึ้นเมื่อมี Plastic hinge เท่ากับ Degree of indeterminacy +1 ซึ่งเท่ากับ 3+1 = 4

13. จากรูป ในการวิเคราะห์โครงข้อแข็งโดยวิธี Matrix displacement method นั้น เราจะต้องทำการ Inverse matrix ขนาดเท่าใด เพื่อให้ได้ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node ของโครงข้อแข็งที่ไม่ทราบค่า



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 2x2

คำตอบ 2: 3x3

คำตอบ 3: 4x4

คำตอบ 4: 6x6

วิธีทำ: Global structure stiffness matrix [K] จะถูกเขียนให้อยู่ในรูป Q = KD ซึ่ง Matrix [K] จะมีขนาดเท่ากับ DOF x DOF ดังนั้น Matrix [K] ของโครงข้อแข็งในรูป ซึ่งมี 3 Node และ 9 DOF จะมีขนาด 9 x9 แต่เนื่องจากค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node ของโครงข้อหมุนที่ไม่ทราบค่ามีเพียง 3 ค่า ดังนั้น เมื่อทำการ Partition matrix [K] แล้ว ค่าการเปลี่ยนตำแหน่งที่ Node จะหาได้จากการ Inverse matrix ขนาด 3x3

14. ถ้าคานช่วงเดียวมี Flexural rigidity EI ยาว L ถูกรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองด้านและถูกกระทำโดยแรงกระจายสม่ำเสมอตลอดความยาวคาน จงหาสมการที่แสดงขนาดของโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ปลายคานโดยวิธี Slope-deflection ว่าอยู่ในรูปใด

คำตอบ 1: wL2/4

คำตอบ 2: wL2/6

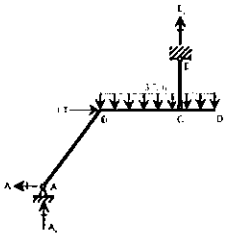
คำตอบ 3: wL2/8

คำตอบ 4: wL2/12

วิธีทำ: จากสมการ Slope-deflection M = (2(EI)/L)[2(0)+0-3(0 /L)+ wL2/12 = wL2/12

วิธีทำ: คำนวณค่า Reaction จาก FBD ดังรูป Sum M (จุด A) = 0 = 7*Ey – 3*6*6 – 1*4 Ey = 16 T

sum Fy = 0: Ay = 3*6 – 16 = 2 T



17. **ถ้าคาน**ช่วงเดียวมี Flexural rigidity 2EI ยาว L ถูกรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้ง**สองด้านและเกิดการทรุดตัว** Δ ที่จุดรองรับด้านใดด้านหนึ่ง จงหาสมการที่แสดงขนาดของโ**มเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ปลายคาน**เนื่องจากการทรุดตัวดังกล่าวโดยวิธี Slope-deflection ว่าอยู่ในรูปใด

รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 4EI Δ/L2

คำตอบ 2: 6EI Δ/L2

คำตอบ 3: 9EI Δ/L2

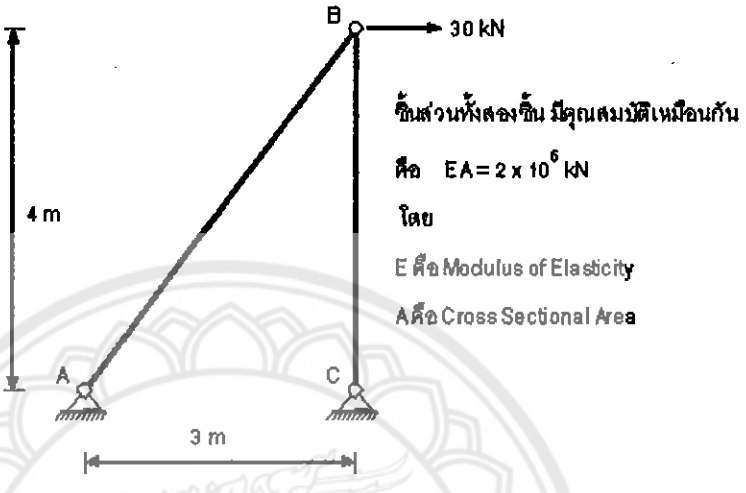
คำตอบ 4: **12EI Δ/L2**

วิธีทำ: จากสมการ Slope-deflection เมื่อเทอม Rotation เป็นศูนย์ที่ปลายทั้งสองด้าน (เนื่องจากการรองรับแบบยึดแน่นที่ปลายทั้งสองด้าน) โมเมนต์ดัดที่กระทำต่อปลายคานจะอยู่ใน**รูป** M = (2(2EI)/L)[2(0)+0-3(Δ /L)+0 = -12EI Δ/L^2 ดังนั้น สมการที่แสดงขนาดของโ**มเมนต์ดัดจะอยู่ในรูป** 12EI

18. จงหาการเคลื่อนที่ในแนวราบที่จุด B ของโครงข้อหมุนดังในรูป

จากการวิเคราะห์โครงสร้างเมื่อมีแรง 30 kN พบว่า

แรงในชิ้นส่วน AB = 50 kN (แรงดึง) และ BC = 40 kN (แรงอัด)



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: 0 mm

คำตอบ 2: 1.02 mm

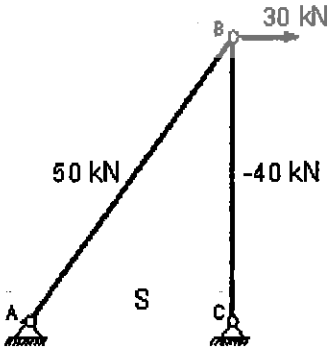
คำตอบ 3: 3.15 mm

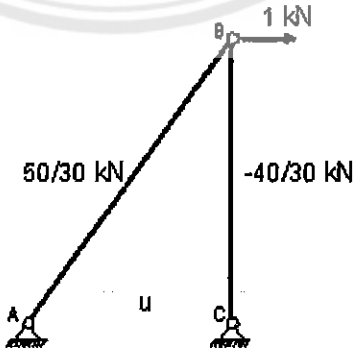
คำตอบ 4: 4.20 mm

วิธีทำ: ใช้หลักการ Virtual work

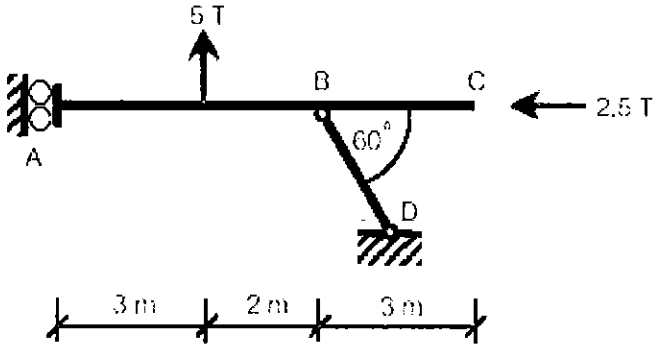
uB = Sum (S u L / AE)

uB = (50 x 50/30 x 5 + 40 x 40/30 x 4) /(2E5)





19. แรงปฏิกิริยาที่จุด D ของโครงสร้างดังรูปมีค่าเท่าไร



รูปภาพประกอบคำถาม:

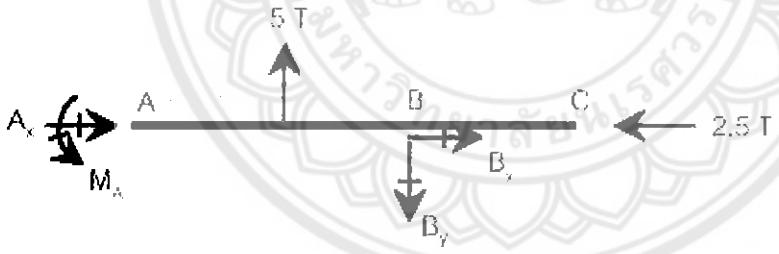
คำตอบ 1: 2.9 T

คำตอบ 2: 5.8 T

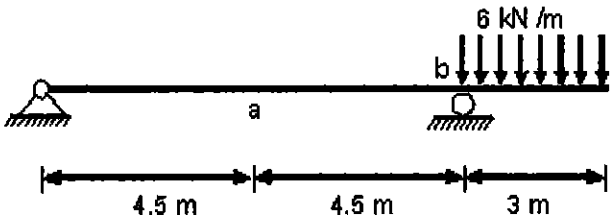
คำตอบ 3: 8.7 T

คำตอบ 4: 11.6 T

วิธีทำ: คำนวณค่า Reaction จาก FBD ดังรูป sum Fy = 0: By = 5 T Bx = By/tan 60 = **2.9 T B = D =** sq.root(52 + 2.92) = 5.8 T



20. จงหาค่าแรงเฉือนที่จุด a (Va) และโมเมนต์ดัดที่จุด a และ b (Ma และ Mb) ของโครงสร้างในรูปนี้



รูปภาพประกอบคำถาม:

คำตอบ 1: **Va = -3.0 kN, Ma = -13.5 kN-m, Mb = -27.0 kN-m**

คำตอบ 2: Va = 3.0 kN, Ma = -13.5 kN-m, Mb = -27.0 kN-m

คำตอบ 3: Va = -3.0 kN, Ma = -27.0 kN-m, Mb = -27.0 kN-m

คำตอบ 4: Va = 3.0 kN, Ma = -27.0 kN-m, Mb = -27.0 kN-m

วิธีทำ: Sum M about 2nd support = 0;

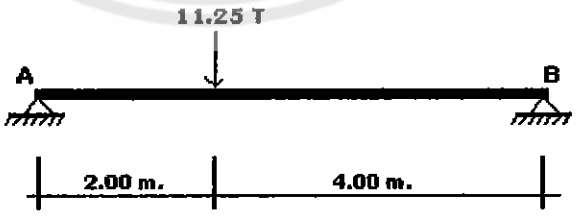
R1 x 9 + 6 x 3 x 1.5 = 0, R1 = -3 kN (ดึงลง)

Va = R1 = -3 kN

Ma = -3 x 4.5 = -13.5 kN-m

Mb = -3 x 9.0 = -27.0 kN-m

21. คานรับแรงดังรูปจะต้องใช้โมเมนต์กระทำที่ปลาย A และ B เป็นเท่าไรปลายทั้งสองถึงจะไม่เกิดการหมุน



รูปภาพประกอบคำถาม:

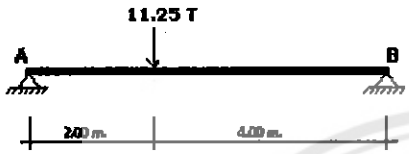
คำตอบ 1: 8 และ 4 T-m.

คำตอบ 2: **10 และ 5 T-m.**

คำตอบ 3: 12 และ 6 T-m.

คำตอบ 4: 14 และ 7 T-m.

วิธีทำ:



<u>วิธีทำ</u> เพื่อไม่ให้ปลายทั้งสองของคานหมุนได้ ดังนั้นที่ปลายทั้งสองจึงเปรียบเสมือนถูกยึดด้วยฐานรองรับแบบยึดแน่น (Fixed Support) M_A และ M_B จึงสามารถหาได้จาก

$M_A = Pab^2/L^2$

$M_A = (11.25)(2)(4)^2/(6)^2$

$M_A = 10$ T-m

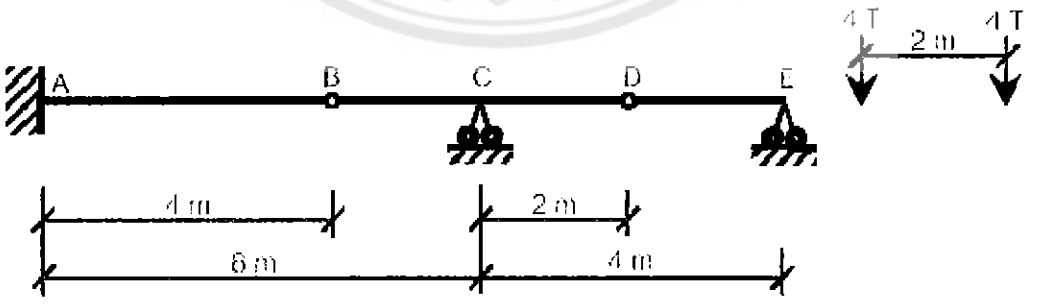
$M_B = Pa^2b/L^2$

$M_B = (11.25)(2)^2(4)/(6)^2$

$M_B = 5$ T-m

22. ภายใต้การเคลื่อนที่ของแรงกระทำแบบจุด 2 ค่าที่ ดังแสดงในรูป กระทำต่อคานที่กำหนดให้ จงหาว่าแรงกระทำคู่นี้ต้องกระทำอยู่ในช่วงใดของคาน ซึ่งทำให้ค่าแรงปฏิกิริยาในแนวดิ่งที่จุด A มีค่าเป็นศูนย์

รูปภาพประกอบคำถาม:



คำตอบ 1: เมื่อแรงทั้ง 2 ค่า กระทำในช่วง AC

คำตอบ 2: เมื่อแรงทั้ง 2 ค่า กระทำในช่วง AB

คำตอบ 3: เมื่อแรงทั้ง 2 ค่า กระทำในช่วง BD

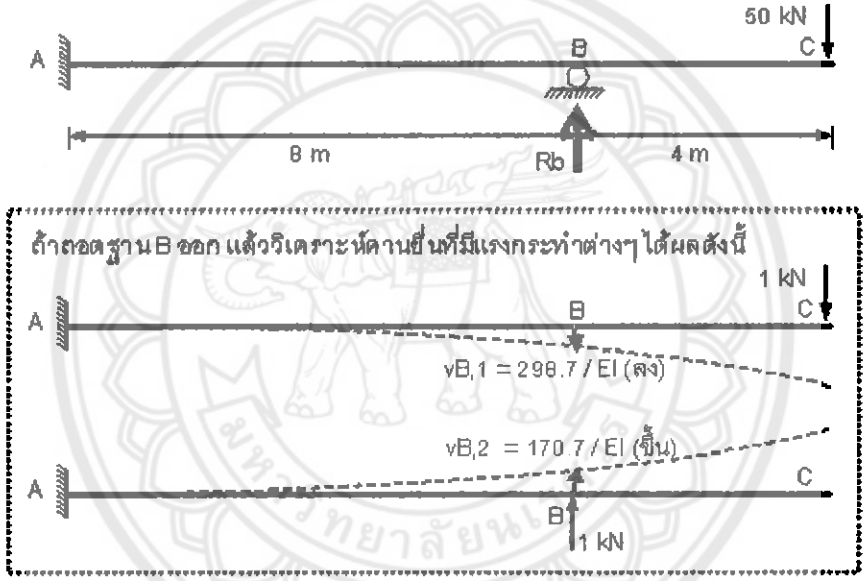
คำตอบ 4: เมื่อแรงทั้ง 2 ค่า กระทำในช่วง DE

วิธีทำ: เขียน I.L. ของ Ay โดยอาศัยหลัก Muller-breslau ดังรูป จากรูป Ay = 0 เมื่อแรง 4 T กระทำห่างจากจุด C 2 ด้านเป็นระยะทางเท่ากัน

23. จงหาค่าแรงในแนวดิ่งที่ฐาน B (Rb) ของโครงสร้างดังในรูป

- คาน ABC มีค่า Modulus of elasticity = E และ Moment of inertia = I

รูปภาพประกอบคำถาม:



คำตอบ 1: 28.5 kN

คำตอบ 2: -28.5 kN

คำตอบ 3: 87.5 kN

คำตอบ 4: -87.5 kN

วิธีทำ: วิธี Consistent deformation

การเคลื่อนที่ ที่จุด B ของ Base structure (คานยื่น ABC) = 0

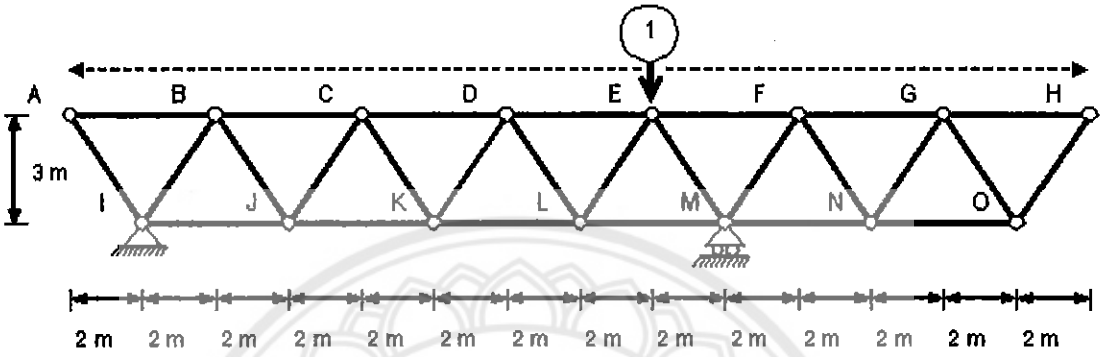
50 x vB,1 - vB,2 x Rb = 0

Rb = (50 x VB,1) / vB,2

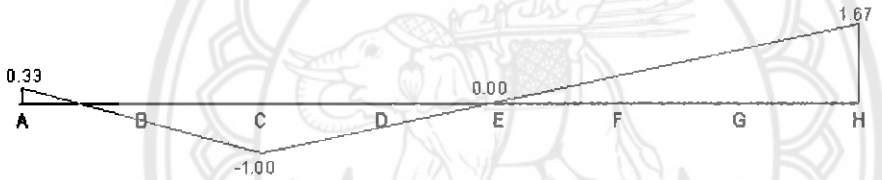
Rb = 87.5 kN

24. คำตอบข้อใดคือเส้นอิทธิพลของแรงในชิ้นส่วน DK (แสดงเป็นชิ้นส่วนสีแดง) ของโครงข้อหมุนดังในรูป

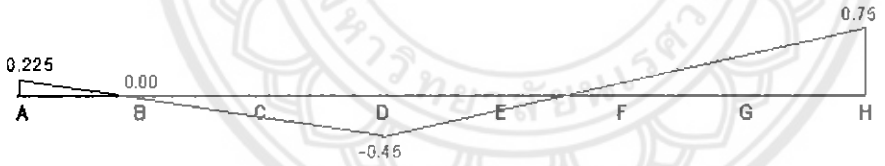
รูปภาพประกอบคำถาม:



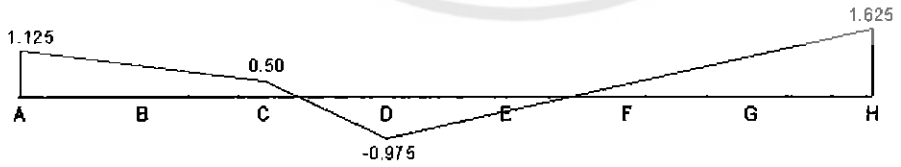
คำตอบ 1:



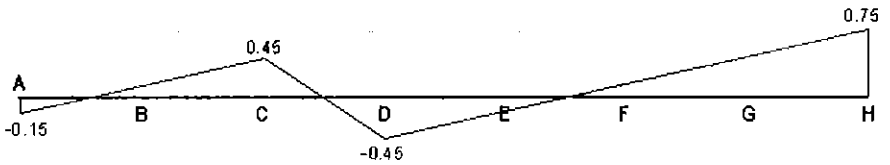
คำตอบ 2:



คำตอบ 3:



คำตอบ 4:



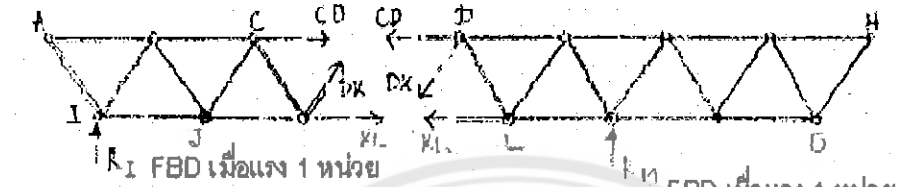
วิธีทำ: พิจารณา FBD ของโครงข้อหมุน เมื่อตัดระหว่างช่วง C-D ดังในรูป

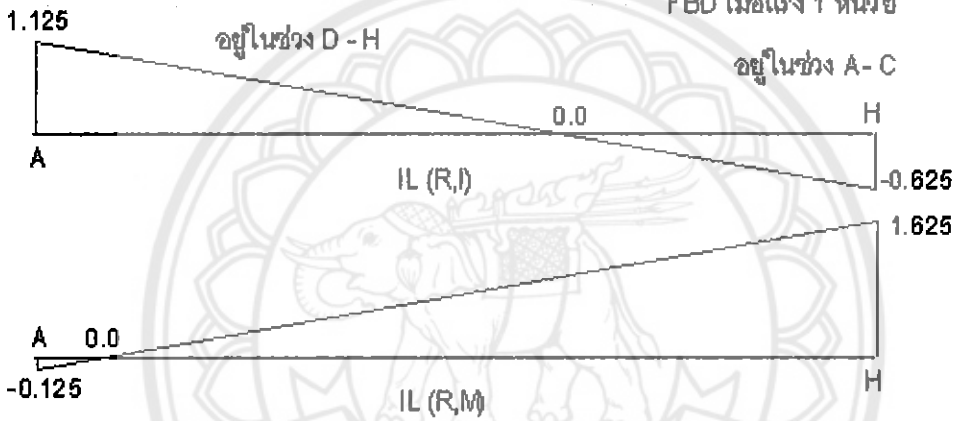
เมื่อแรง 1 หน่วย อยู่ในช่วง A - C; Fdk = 1.202 R,M

เมื่อแรง 1 หน่วย อยู่ในช่วง D - H; Fdk = -1.202 R,I

ใช้เส้นอิทธิพลของแรงที่ฐานทั้งสอง --> IL (R,I) และ IL (R,M)

ได้เส้นอิทธิพลของแรงในชิ้น DK ตามคำตอบที่ 4

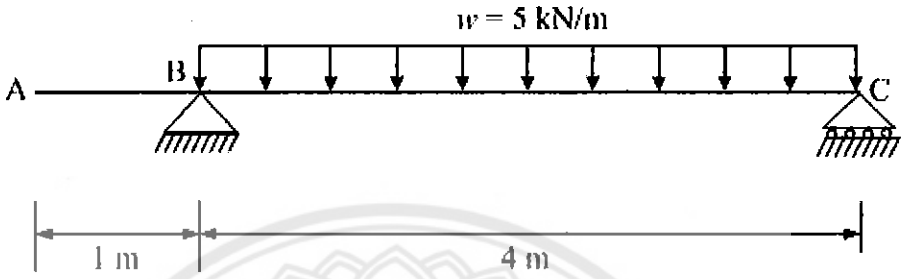




25. จงคำนวณหาขนาดและทิศทางของการหมุน (Rotation) ของจุด A ของคาน ABC ดังแสดงในรูป

E=207x10^3 MPa, I=10^-4 m

รูปภาพประกอบคำถาม:



คำตอบ 1: 0.643 rad ทวนเข็มนาฬิกา

คำตอบ 2: 0.643 rad ตามเข็มนาฬิกา

คำตอบ 3: 0.321 rad ทวนเข็มนาฬิกา

คำตอบ 4: 0.321 rad ตามเข็มนาฬิกา

วิธีทำ: Mจาก A ถึง C; M=0

Mจาก C ถึง B; M=10X-5X^2/2

เอาน้ำหนักจริงออก เอาโมเมนต์เสมือนขนาด 1 kN.m กระทำในแนวดิ่งที่จุด A

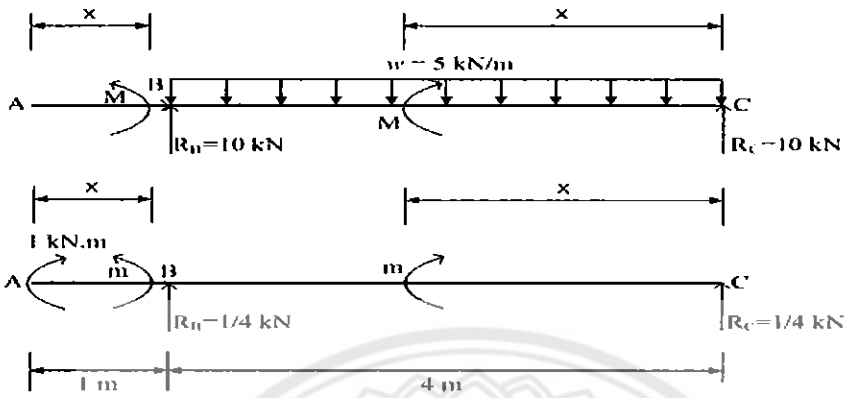
mจาก A ถึง C; m=1 kN.m

mจาก C ถึง B; m=X/4

1.QA=(Integrateจาก 0 ถึง L)(Mmdx/EI)

1.QA=(Integrateจาก 0 ถึง 1)(0)(1)dx/EI+ (Integrate จาก 0 ถึง 4)(10X-5X^2/2)(X/4)dx/EI

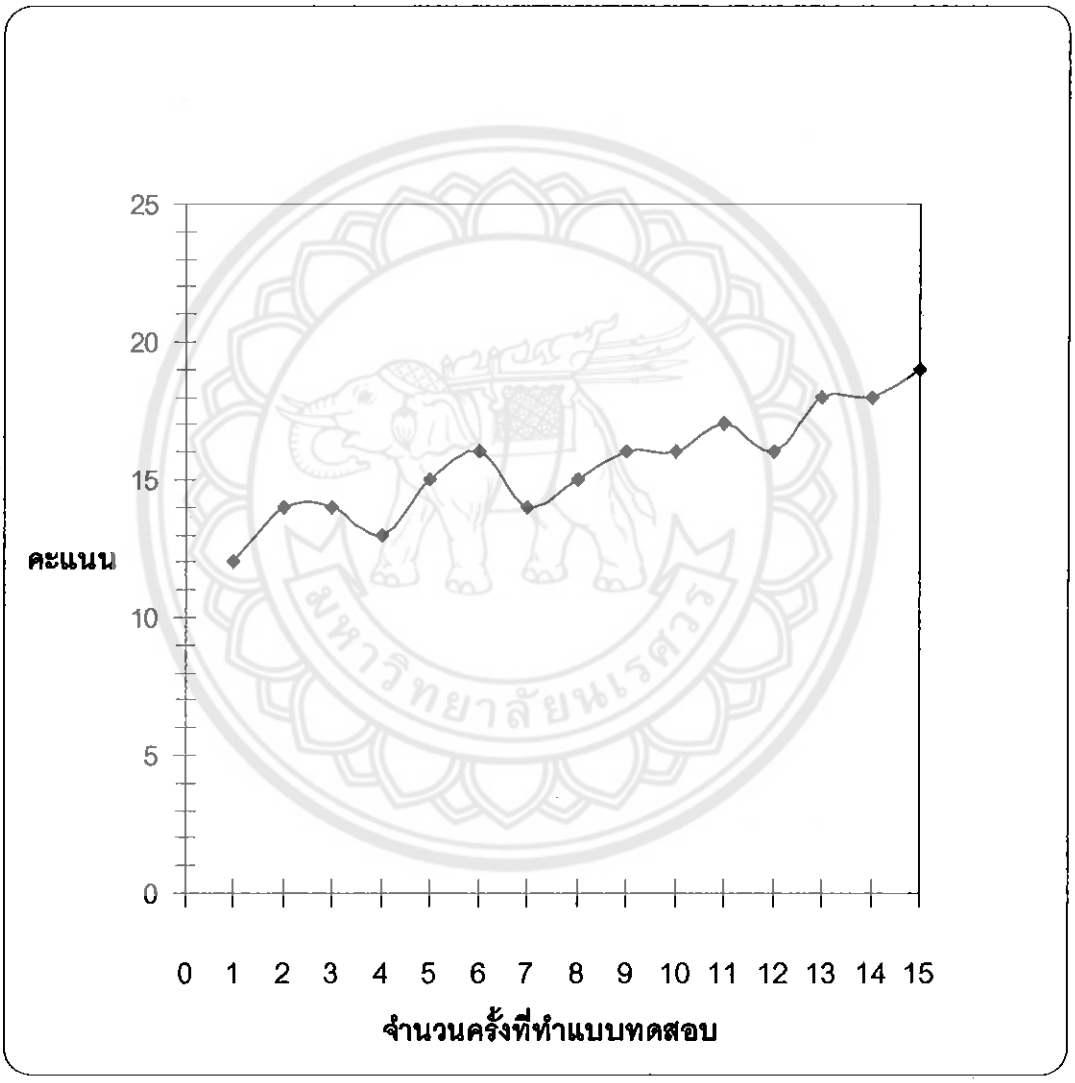
ดังนั้น QA=0.643 rad ตามเข็มนาฬิกา



4.2 ผลประเมินการทำข้อสอบของผู้ทำข้อสอบ

จากการทำข้อสอบของนิสิตจำนวน 6 คน โดยทำข้อสอบทั้งหมด 15 ครั้ง ผลคะแนนที่ได้แสดงดังต่อไปนี้

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

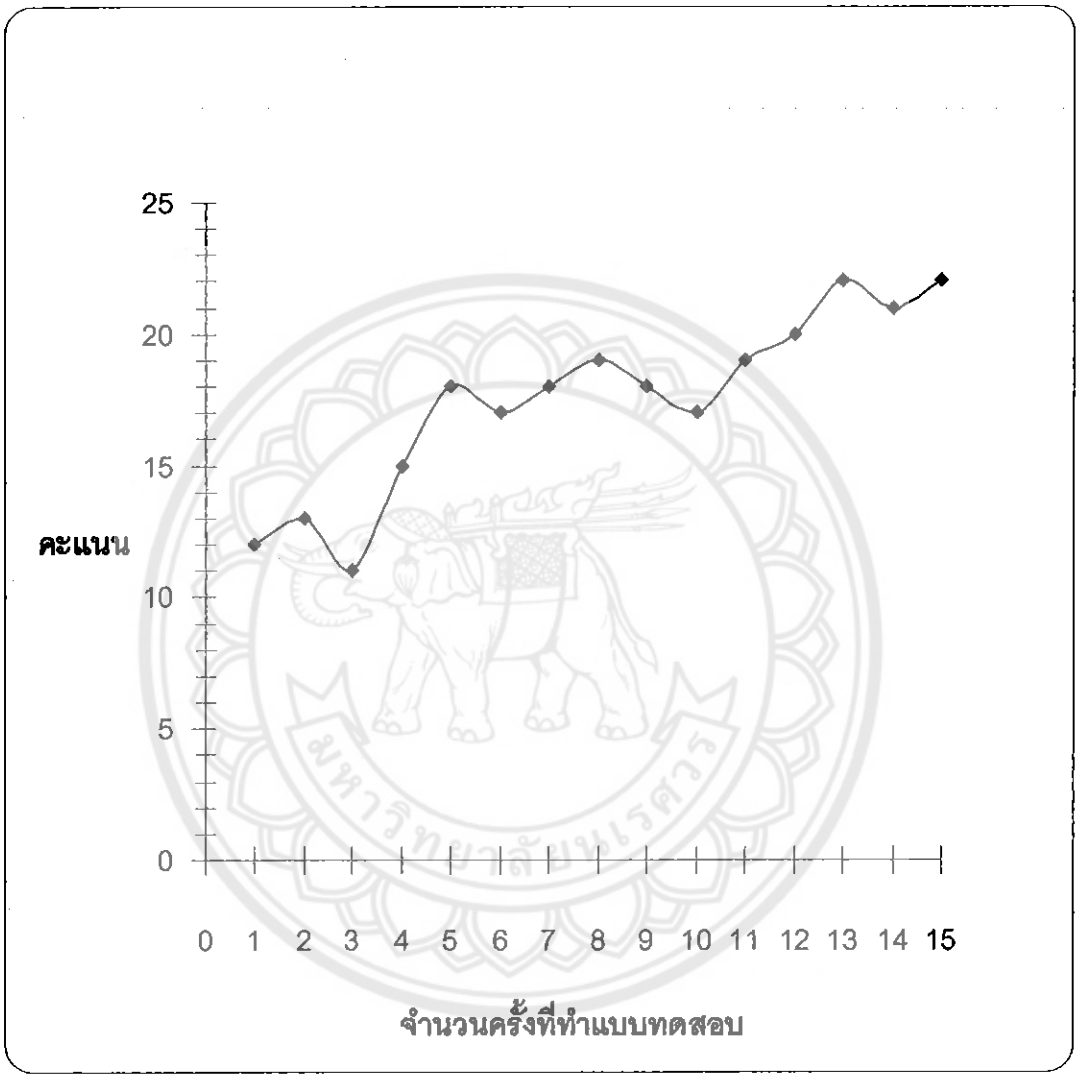


รูปภาพที่ 4.1 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 1

ตารางที่ 4.1 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 1

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	12	14	14	13	15	16	14	15	16	16	17	16	18	18	19

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

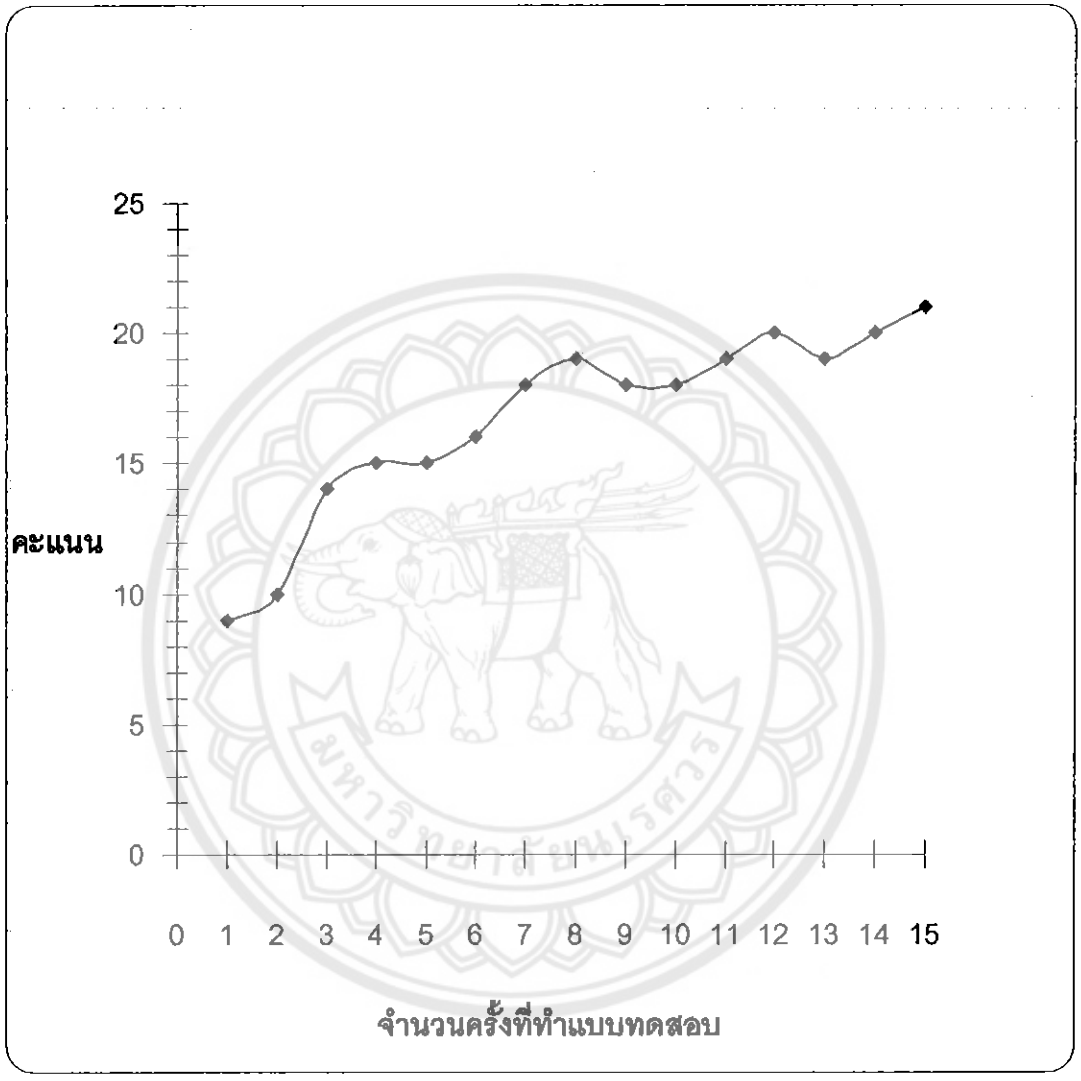


รูปภาพที่ 4.2 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 2

ตารางที่ 4.2 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 2

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	12	13	11	15	18	17	18	19	18	17	19	20	22	21	22

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

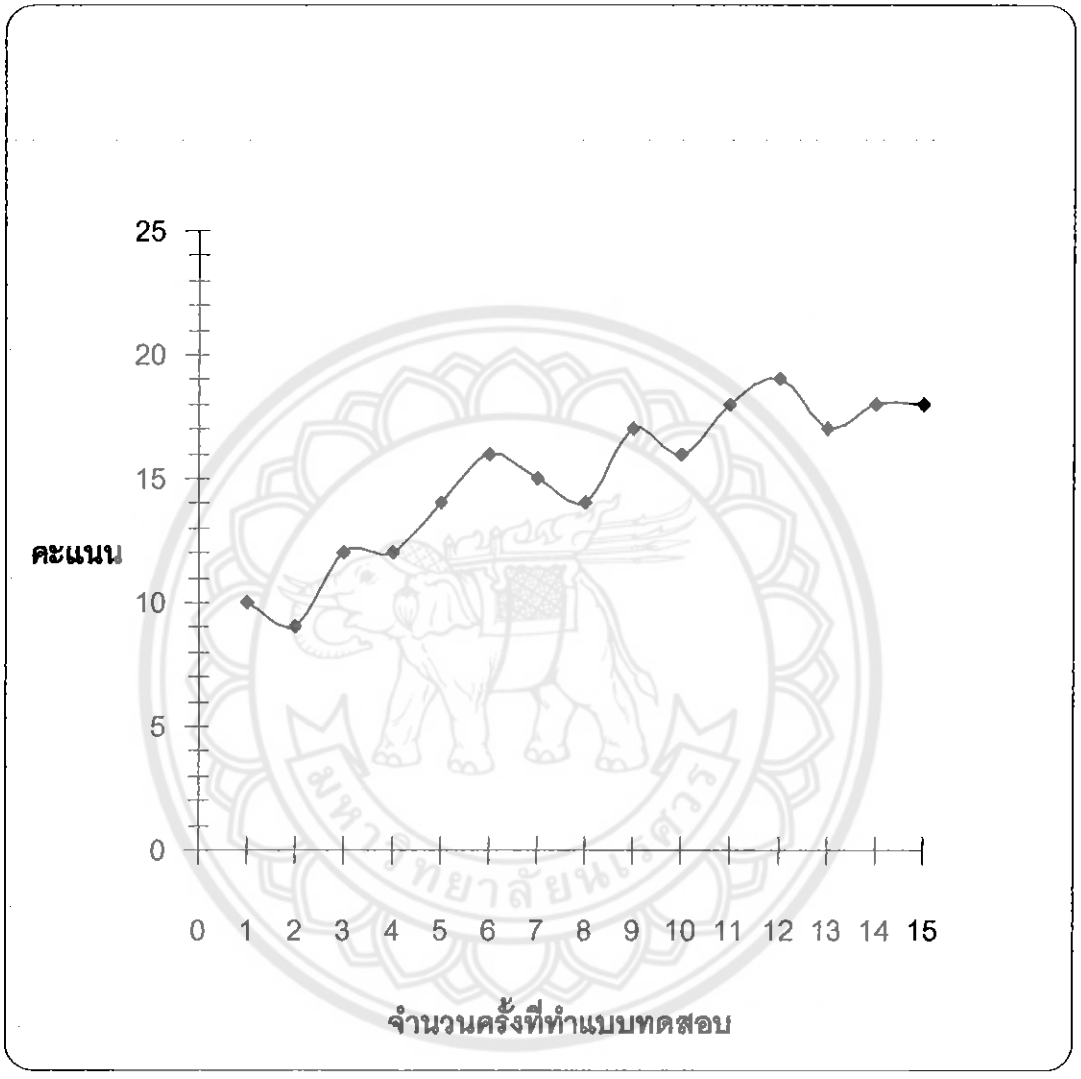


รูปภาพที่ 4.3 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 3

ตารางที่ 4.3 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 3

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	9	10	14	15	15	16	18	19	18	18	19	20	19	20	21

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

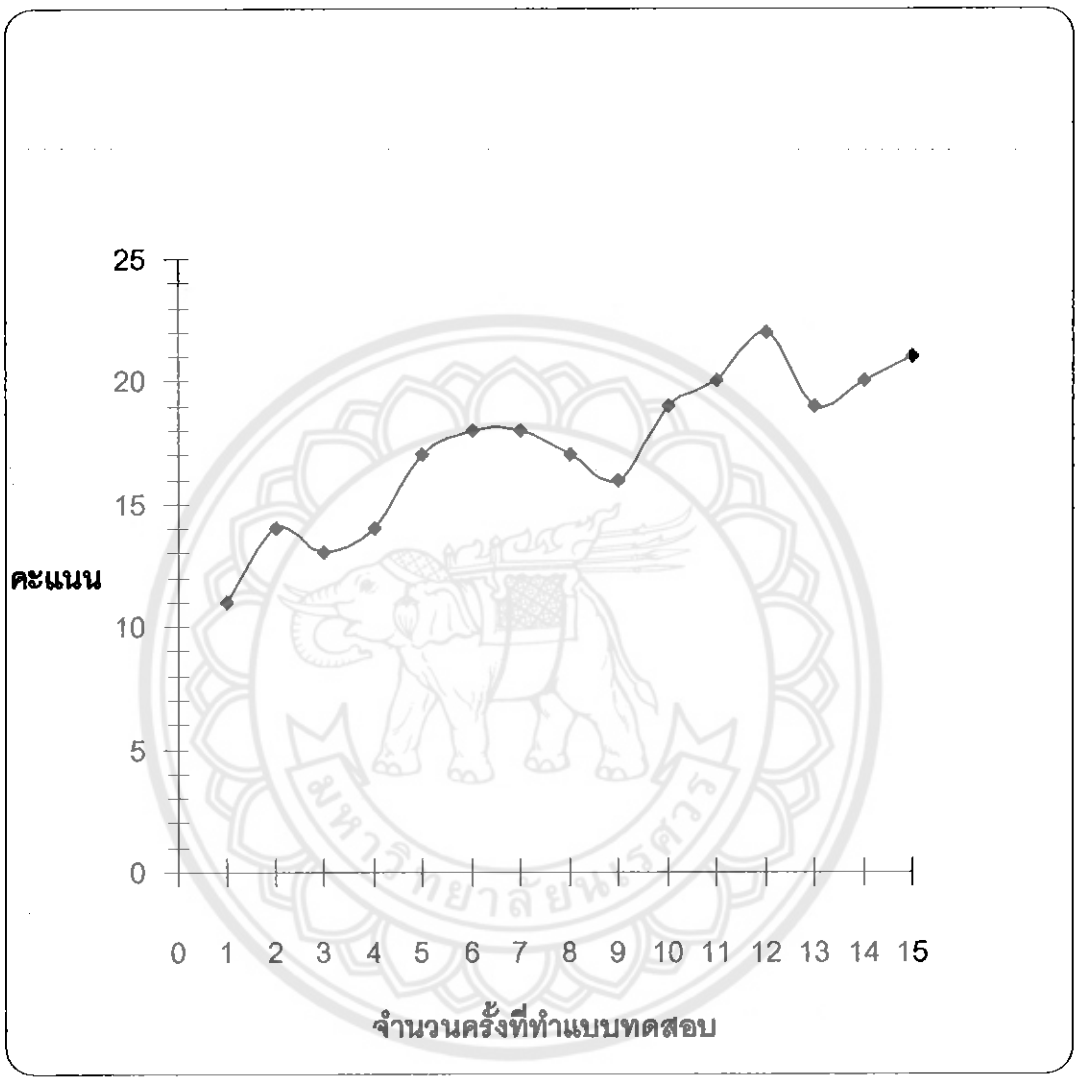


รูปภาพที่ 4.4 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 4

ตารางที่ 4.4 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 4

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	10	9	12	12	14	16	15	14	17	16	18	19	17	18	18

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

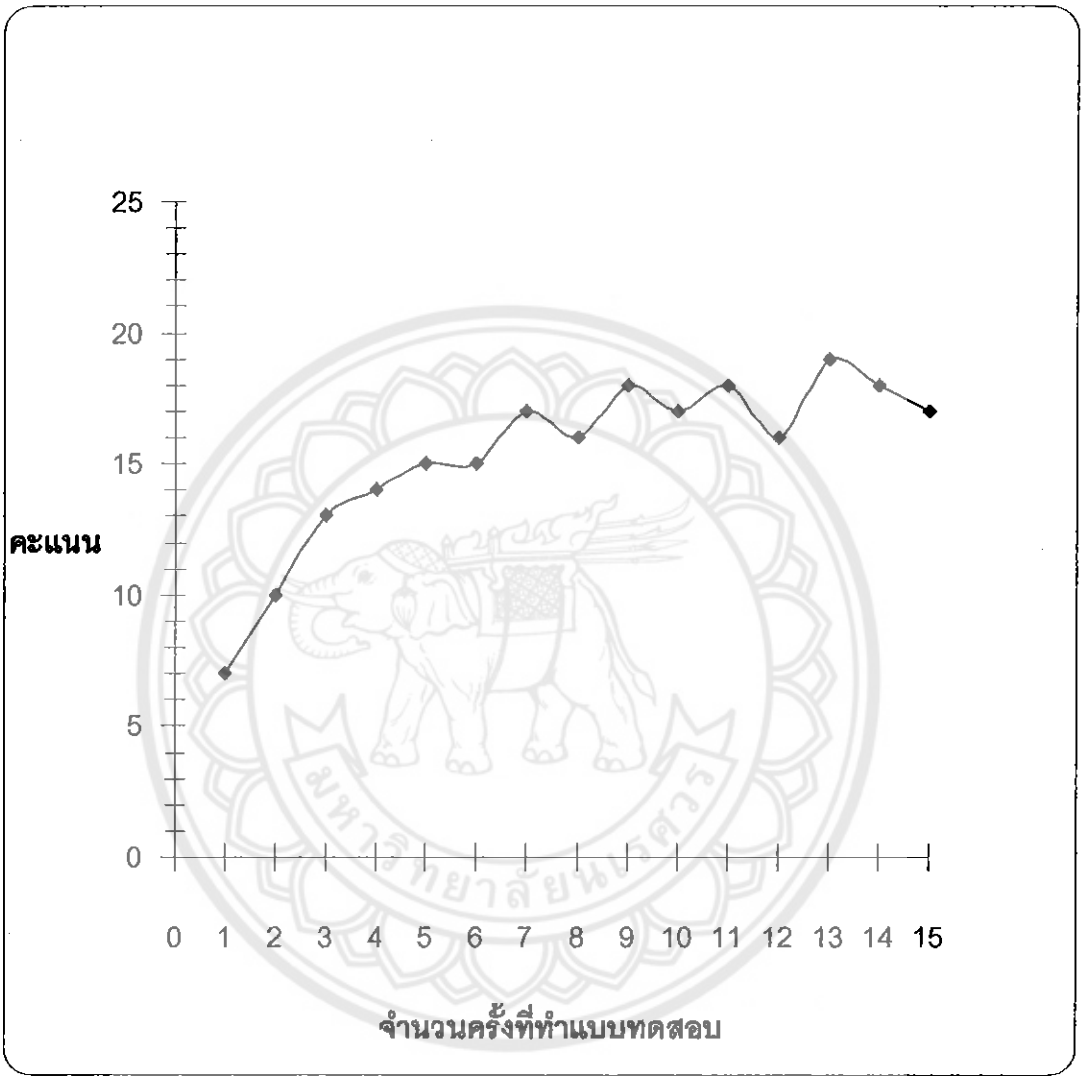


รูปภาพที่ 4.5 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 5

ตารางที่ 4.5 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 5

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	11	14	13	14	17	18	18	17	16	19	20	22	19	20	21

กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง



รูปภาพที่ 4.6 กราฟแสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 6

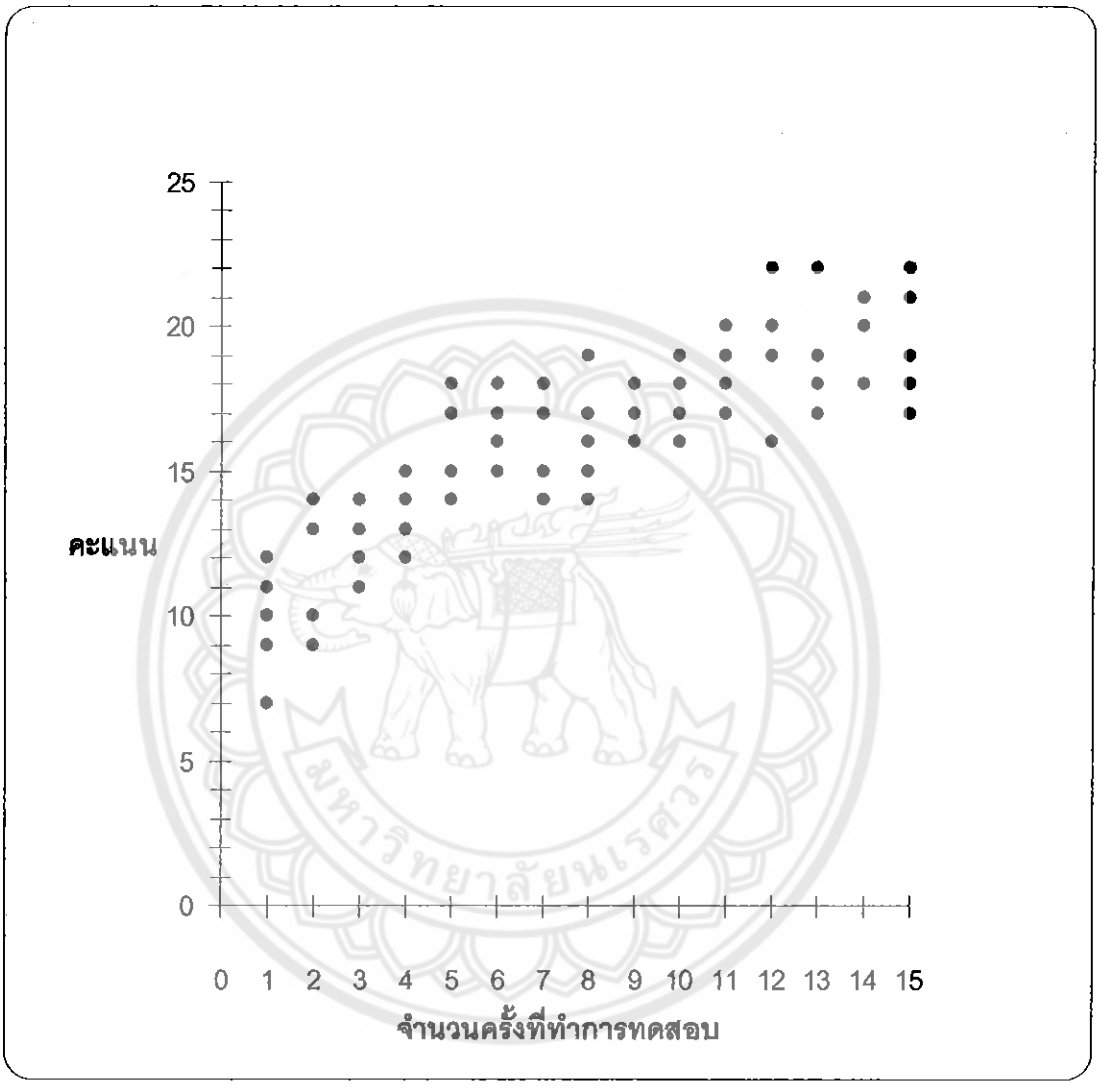
ตารางที่ 4.6 แสดงคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้างของคนที่ 6

ครั้งที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
คะแนน	7	10	13	14	15	15	17	16	18	17	18	16	19	18	17

ตารางที่ 4.7 สรุปคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง

ครั้งที่	คนที่					
สอบ	1	2	3	4	5	6
1	12	12	9	10	11	7
2	14	13	10	9	14	10
3	14	11	14	12	13	13
4	13	15	15	12	14	14
5	15	18	15	14	17	15
6	16	17	16	16	18	15
7	14	18	18	15	18	17
8	15	19	19	14	17	16
9	16	18	18	17	16	18
10	16	17	18	16	19	17
11	17	19	19	18	20	18
12	16	20	20	19	22	16
13	18	22	19	17	19	19
14	18	21	20	18	20	18
15	19	22	21	18	21	17

รูปภาพที่ 4.7 กราฟสรุปคะแนนรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง



บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

จากการสร้างคลังข้อสอบและให้นิสิตทำข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง คณะผู้จัดทำได้ทำการประเมินผลการทำข้อสอบของนิสิตคณะวิศวกรรมศาสตร์จำนวน 6 คน โดยการทำข้อสอบ 15 ครั้ง พบว่านิสิตทำข้อสอบในช่วงแรกจะทำคะแนนได้ต่ำ แต่เมื่อทำข้อสอบหลายครั้งนิสิตจะเกิดความรู้ความเข้าใจในข้อสอบและทักษะในการทำข้อสอบจะมากขึ้น ซึ่งคะแนนจะดีขึ้นตามลำดับ การเตรียมความพร้อมก่อนสอบเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการทำข้อสอบรายวิชาวิเคราะห์โครงสร้าง อนึ่งนิสิตสามารถทำข้อสอบได้อย่างอิสระ โดยใช้โปรแกรมทำข้อสอบในสถานที่ใดก็ได้ และจะช่วยในการเตรียมความพร้อมก่อนสอบและจะสามารถทำข้อสอบได้ในเวลาที่กำหนด

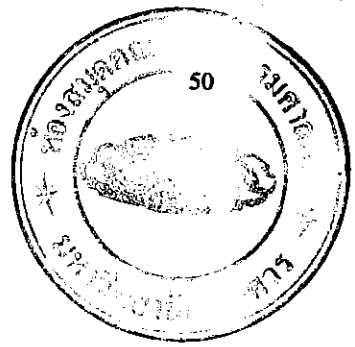
บรรณานุกรม

Aslam Kassimalili. Structural analysis. Third edition. United states : Neson,2005

มนตรี พิรุณเกษตร. กลศาสตร์ของวัสดุ. ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ

ตระกูล อร่ามรักษ์. การวิเคราะห์โครงสร้าง 2 กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์,2538

http://www.coe.or.th/_coe/_home/indexMain.php?aMain=40.



ประวัติผู้เขียน

นาย อาทิตย์ คงพิบูลย์กิจ
วัน/เดือน/ปีเกิด 9 มีนาคม 2529
ประวัติการศึกษา
โรงเรียนอนุบาลพะเยา ประถมศึกษาปีที่ 1- ประถมศึกษาปีที่ 6
โรงเรียนพะเยาพิทยาคม มัธยมต้นปีที่ 1 - มัธยมต้นปีที่ 3
โรงเรียนพะเยาพิทยาคม มัธยมต้นปีที่ 4 - มัธยมต้นปีที่ 6
มหาวิทยาลัยนเรศวรปีที่ 1- 4

นายณัฐวุฒิ จันทรถิระติกุล
วัน/เดือน/ปีเกิด 13 สิงหาคม 2529
ประวัติการศึกษา
โรงเรียนพะเยาพิทยาคม มัธยมต้นปีที่ 1 - มัธยมต้นปีที่ 3
โรงเรียนพะเยาพิทยาคม มัธยมต้นปีที่ 4 - มัธยมต้นปีที่ 6
มหาวิทยาลัยนเรศวรปีที่ 1- 4