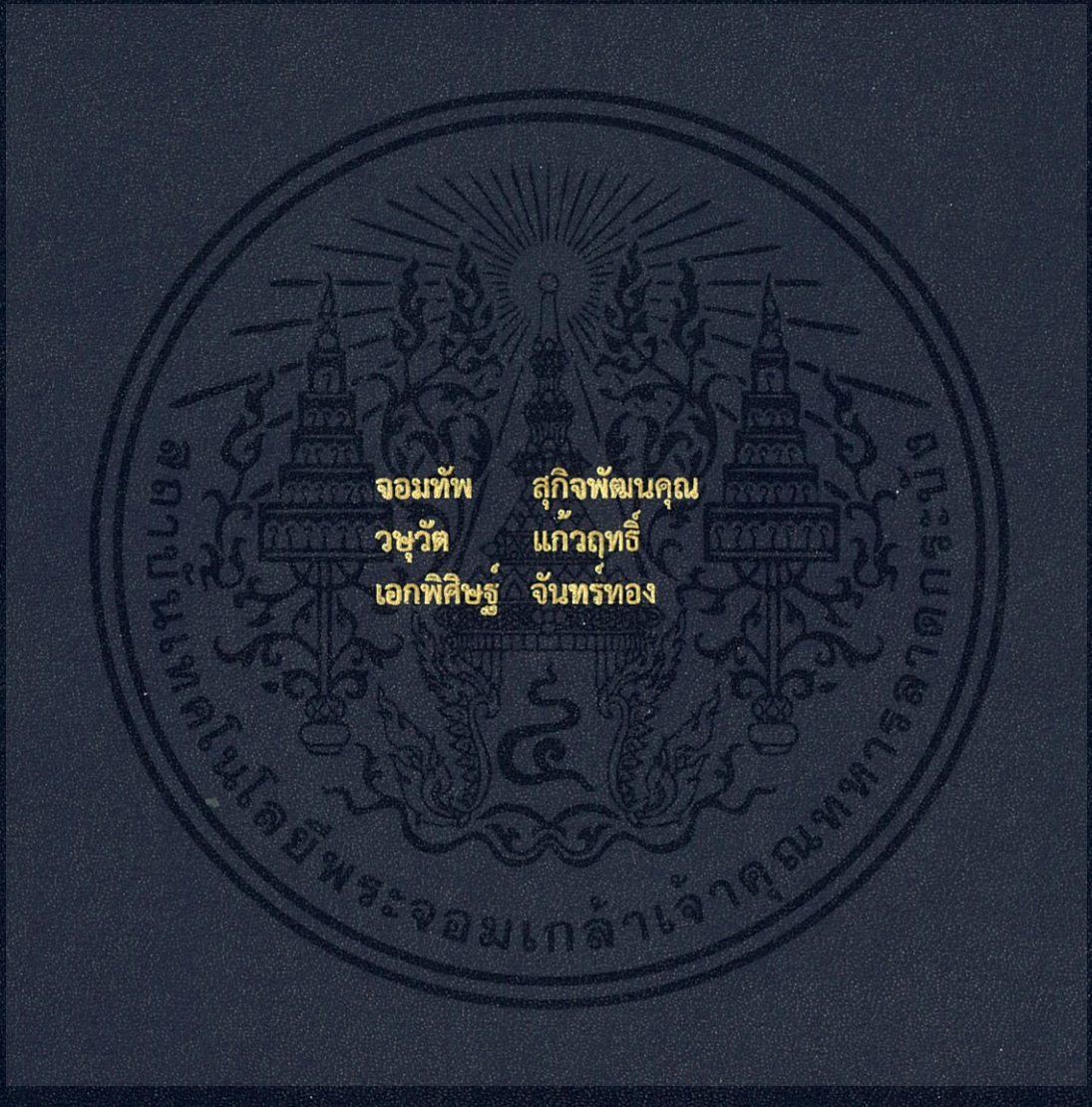
โครงงานประดิษฐ์แอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ที่เกิดขึ้นในคานช่วงเดียวเพื่อใช้งานบนเว็บไซต์และอุปกรณ์เคลื่อนที่

The development of online web application for analyzing shear force and bending moment for smart devices



จอมทัพ สุกิจพัฒนคุณ
วชุวัต แก้วฤทธิ์
เอกพิศิษฐ์ จันทร์ทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2559

โครงงานประดิษฐ์แอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ที่เกิดขึ้นในคานช่วงเดียวเพื่อใช้งานบนเว็บไซต์และอุปกรณ์เคลื่อนที่

The development of online web application for analyzing shear force and bending moment for smart devices

จอมทัพ สุกิจพัฒนคุณ

วษุวัต แก้วฤทธิ์

เอกพิศิษฐ์ จันทร์ทอง

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2559

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DEVELOPMENT OF ONLINE WEB APPLICATION FOR ANALYZING SHEAR FORCE AND BENDING MOMENT FOR SMART DEVICES

JOMTHAP SUKITPATTHANAKHUN
WASUWAT KAEWRIT
AEKPHISIT CHANTHONG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT, FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
ACDEMIC YEAR 2016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ	โครงงานประดิษฐ์แอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานช่วงเดียวเพื่อใช้งานบนเว็บไซต์และอุปกรณ์เคลื่อนที่
นักศึกษา	นายจอมทัพ สุกิจพัฒนคุณ รหัสประจำตัว 56010146
	นายวษุวัต แก้วฤทธิ์ รหัสประจำตัว 56011097
	นายเอกพิศิษฐ์ จันทร์ทอง รหัสประจำตัว 56011476
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
รศ.สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์ ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร อาจารย์ทรงกลด แซ่อึ้ง	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 18 เมษายน 2560 เวลา 13.00 - 16.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคารภาควิชาวิศวกรรมโยธาชั้น 1 (ห้องประชุมภาควิชา)

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(รศ.ดร.นันทวัฒน์ จรัสโรจน์ธนเดช)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ 12 มิ.ย. 2560

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานประดิษฐ์แอปพลิเคชันเพื่อการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานช่วงเดียวเพื่อใช้งานบนเว็บไซต์และอุปกรณ์เคลื่อนที่

นายจอมทัพ สุกิจพัฒนคุณ รหัสประจำตัว 56010146

นายวษุวัต แก้วฤทธิ์ รหัสประจำตัว 56011097

นายเอกพิศิษฐ์ จันทร์ทอง รหัสประจำตัว 56011476

ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร

ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นโครงงานที่นำเอาอินเทอร์เน็ต และคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เข้าด้วยกัน เพื่อผลิตแอปพลิเคชันที่ใช้ในการคำนวณแรงและระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดของคานช่วงเดียวที่เกิดขึ้นหลังจากรับน้ำหนักบรรทุกกระทำในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ น้ำหนักกระทำแบบจุด น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ น้ำหนักที่แผ่กระจายเป็นฟังก์ชันของเส้นตรง แรงคู่ควบหรือโมเมนต์ดัด โดยผลิตแอปพลิเคชันคำนวณด้วยภาษา JavaScript และนำเสนอบนเว็บไซต์ที่เขียนด้วยภาษา HTML5 โดยผลลัพธ์ของการคำนวณที่ได้ คือ

1. สมการของแรงเฉือน, สมการโมเมนต์ดัด, ค่าของแรงเฉือน, ค่าของโมเมนต์ดัด, ค่าของมุมหมุน และค่าระยะโก่งตัว ที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดหลังรับน้ำหนักบรรทุกกระทำ
2. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือน โมเมนต์ดัด มุมหมุน และระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งใด ๆ บนคาน

ทั้งนี้แอปพลิเคชันดังกล่าวจะช่วยให้ผู้ใช้งาน มีความสะดวกในการใช้งานด้วยการเรียกใช้งานผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือติดตั้งแอปพลิเคชันบนอุปกรณ์สมาร์ตโฟน เพื่อการใช้งานแบบออฟไลน์ ซึ่งเป็นการนำเอาความสามารถในการคำนวณสิ่งที่ซับซ้อนของคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณจึงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดข้อผิดพลาดอันเนื่องจากการคำนวณที่มาจากการคำนวณด้วยตนเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The development of online web application for analyzing of shear force and bending moment for smart devices

MR. JOMTHAP SUKITPATTHANAKHUN Student ID: 56010146
MR. WASUWATKAEWRIT Student ID: 56011097
MR. AEKPHISIT CHANTHONG Student ID: 56011476
ASST.PROF. DR. ARTHIT PETCHSASITHON
Academic Year 2016

ABSTRACT

The aim of special engineering project is to adapt the usefulness of internet and computer's application to create the program which can calculate the internal force and defection of the single span beam subjected to variety of loadings such as point load, distributed load. The distributed load can be linear function, couple force or bending moment.

The application itself is programmed and coded by JavaScript language and distributed as the online application, which use HTML5. The output results from the calculation are

1. The equations of shear force diagram, Bending moment diagram and the diagram of shear force, Bending moment, rotation and deflection of structure beam at arbitrary section.
2. Display the relationship between shear force diagram, Bending moment diagram, Angle of deflection and displacement of deflection in the form of graph on any section of the structure

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This application can be useful for engineer or anyone who want to calculate and design the structure because it is the web application so it can be accessed anywhere anytime from a variety of device such as smartphone, laptop, computer over the internet and also can be use offline .This grants us the opportunity and ability to bring the complex calculation tool with us anywhere which might also decreases human error in calculation process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.อาทิตย์ เพชรศศิธร อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำเสนอแนะ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิจัย อีกทั้งยังช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินงานมาโดยตลอด จนปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ คณะผู้จัดทำจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่าน ที่ได้เป็นผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ความเชี่ยวชาญทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติให้ผู้จัดทำมีประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งด้านการศึกษา และการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณบิดามารดา และครอบครัว ซึ่งเปิดโอกาสให้ได้รับการศึกษาเล่าเรียนตลอดจนคอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สุดท้ายนี้ ขอขอบคุณเพื่อน ๆ วิศวกรรมโยธา รุ่นที่ 36 สำหรับการให้ความช่วยเหลือและขอบคุณทุกคนที่เป็นกำลังใจ ในการทำปริญญานิพนธ์เรื่องนี้

จอมทัพ	สุกิจพัฒนคุณ	56010146
วษุวัต	แก้วฤทธิ์	56011097
เอกพิศิษฐ์	จันทร์ทอง	56011476

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... II

กิตติกรรมประกาศ..... IV

สารบัญ..... V

สารบัญตาราง..... VII

สารบัญรูป..... VIII

บทที่ 1 บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 1

ขอบเขตงานวิจัย..... 2

ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 2

แผนการดำเนินงานตลอดโครงงานวิจัย..... 3

กำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงานวิจัย..... 4

ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 5

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทบทวนวรรณกรรม..... 6

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง..... 7

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน..... 15

แผนการดำเนินงานตลอดโครงงานวิจัย..... 17

กำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงานวิจัย..... 18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน

อัลกอริทึมของการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีคานเสมือน.....19

การรับข้อมูลและอัลกอริทึมของแอปพลิเคชัน.....21

โครงสร้างของแอปพลิเคชันและวิธีการใช้งาน.....23

ขอบเขตการทำงานและข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน.....26

การตรวจสอบผลการวิเคราะห์ของแอปพลิเคชัน.....26

บทที่ 5 ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผล.....34

ข้อเสนอแนะ.....34

บรรณานุกรม.....36

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก หน้าตาการใช้งานและการคำนวณด้วยแอปพลิเคชัน.....37

ภาคผนวก ข ภาษาคอมพิวเตอร์ที่แสดงส่วนหน้าตาการใช้งาน.....39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	แสดงแผนกำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงาน	4
ตารางที่ 2.1	แสดงหน่วยน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาคาร นอกเหนือจากน้ำหนักของตัวอาคาร หรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ อย่างอื่น ให้คำนวณโดยประมาณเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าอัตรา	10
ตารางที่ 3.1	แสดงแผนการกำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงาน	18
ตารางผ.1	แสดงผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของคานที่พิจารณา	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปภาพที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ....3
รูปภาพที่ 2.1 การรับขนาดและประเภทของแรงเพื่อการวิเคราะห์โดย SkyCiv....7
รูปภาพที่ 2.2 ผลลัพธ์การคำนวณของ SkyCiv....7
รูปภาพที่ 2.3 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอบน....8
Engineeringcalculator
รูปภาพที่ 2.4 ผลลัพธ์การคำนวณของ engineeringcalculator....8
รูปภาพที่ 2.5 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกบน beamguru....9
รูปภาพที่ 2.6 ผลลัพธ์ที่ได้จาก beamguru....9
รูปภาพที่ 2.7 เงื่อนไขที่จุดรองรับเมื่อแปลงคานจริงเป็นคานเสมือน....12
รูปภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน....15
รูปภาพที่ 3.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ....17
รูปภาพที่ 4.1 ขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีคานเสมือน....20
รูปภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของแอพพลิเคชั่น....22
รูปภาพที่ 4.3 ส่วนการรับค่าคุณสมบัติของคาน....23
รูปภาพที่ 4.4 ส่วนรับค่าน้ำหนักกระทำ....24
รูปภาพที่ 4.5 ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไขที่จะพิจารณาและส่วนแสดงผลลัพธ์....25
รูปภาพที่ 4.6 รายละเอียดของตัวอย่างปัญหา....27
รูปภาพที่ 4.7 น้ำหนักบรรทุกและแรงปฏิกิยาที่ฐานรองรับของคานเสมือน....28
รูปภาพที่ 4.8 ตัวอย่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติของคาน....30
รูปภาพที่ 4.9 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกและตำแหน่งที่กระทำ....30
รูปภาพที่ 4.10 การสรุปรายละเอียดคานและแรงทั้งหมดที่ต้องการวิเคราะห์....31
รูปภาพที่ 4.11 กราฟผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ....31
รูปภาพที่ 4.12 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเฉพาะตำแหน่ง....32
รูปภาพที่ 4.13 รายละเอียดของสมการของผลลัพธ์....33
รูปภาพที่ ผ.1 กราฟผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การพิจารณาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด เป็นหลักการเบื้องต้นที่พิจารณาในการออกแบบโดยการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อพิจารณาแรงและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุเมื่อมีแรงมากระทำกับชิ้นส่วนวัสดุ ดังนั้นหากการคำนวณแรงที่เกิดขึ้นไม่สอดคล้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง จะเป็นผลให้เกิดการวิบัติของโครงสร้าง

การวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในกรณีที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนของคาน เป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยพิจารณาจากปริมาณแรงที่เกิดขึ้น เพื่อนำผลของน้ำหนักบรรทุกไปคำนวณขนาดหน้าตัด, ขนาดเหล็กเสริม และปริมาณเหล็กเสริม เป็นต้น ดังนั้นการคำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดจำเป็นต้องมีความถูกต้องแม่นยำ ทำให้ผู้ที่ใช้งานจำเป็นต้องอาศัยการใช้โปรแกรมเข้ามาช่วยคำนวณ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีโปรแกรมที่ใช้งานได้ง่ายและเข้าถึงได้สะดวก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มช่องทางการเข้าถึงโปรแกรมดังกล่าว เพื่อให้เกิดประโยชน์แก่ผู้ใช้งาน เช่น วิศวกรโครงสร้าง อาจารย์ นิสิตนักศึกษา และผู้ที่สนใจ

ทางคณะผู้จัดทำจึงจัดทำโครงการพัฒนาแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์เพื่อวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดขึ้น เพื่อนำเสนอวิธีการปรับปรุงแก้ไขปัญหาดังกล่าวอย่างมีประสิทธิภาพ โดยอาศัยองค์ความรู้ทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างและด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งนำเสนอในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์และแอปพลิเคชันสำหรับติดตั้งบนสมาร์ตโฟน เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานให้กับผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการออกแบบ หรือผู้ที่สนใจ โดยแอปพลิเคชันจะสามารถแสดงผลลัพธ์ของการแก้ไขปัญหาได้อย่างชัดเจนและง่ายต่อการทำความเข้าใจสำหรับผู้ที่ต้องการความรู้เพิ่มเติมทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ศึกษาความรู้ทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างเพื่อเพิ่มขีดจำกัดของการคำนวณที่ถูกต้อง แม่นยำ และเหมาะสม พร้อมทั้งนำผลการศึกษาดังกล่าวมานำเสนอการคำนวณในรูปแบบของแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน โดยจะเผยแพร่งานวิจัยให้ผู้ที่สนใจใช้งาน อีกทั้งยังสามารถนำไปพัฒนาต่อในลักษณะของ Open source software

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.3.1 โครงงานเชิงสิ่งประดิษฐ์แอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดบนคานช่วงเดียว

1.3.2 เขียนชุดคำสั่งการคำนวณด้วย JavaScript และ HTML5

1.3.3 รองรับแรงกระทำดังนี้

- แรงกระทำแบบจุด
- น้ำหนักกระจายสม่ำเสมอ
- น้ำหนักกระจายไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีการกระจายเป็นฟังก์ชันของเส้นตรง
- แรงคู่ควบหรือโมเมนต์ดัด
- หน่วยความยาวเป็นเมตร
- หน่วยแรงเป็นกิโลกรัม (Kg)

1.3.4 ผลการคำนวณที่ได้จากแอปพลิเคชัน

- สมการฟังก์ชันของแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด
- ค่าแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น
- ระยะโก่งตัวและมุมหมุนหลังจากรับน้ำหนักบรรทุกกระทำ
- กราฟแสดงแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งใด ๆ
- กราฟแสดงระยะโก่งตัวและมุมหมุนที่เกิดขึ้นบนตำแหน่งใด ๆ

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.4.1 ทบทวนวรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 ศึกษาข้อมูลเชิงทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์โครงสร้าง การเขียนคำสั่งของ JavaScript และ ภาษา HTML5

1.4.3 เขียนชุดคำสั่งการคำนวณ และหน้าตาการใช้งานแอปพลิเคชัน

1.4.4 ปรับเทียบผลการคำนวณของแอปพลิเคชันให้สอดคล้องกับความเป็นจริงของการวิเคราะห์โครงสร้าง และตรวจสอบความถูกต้องของผลการคำนวณ

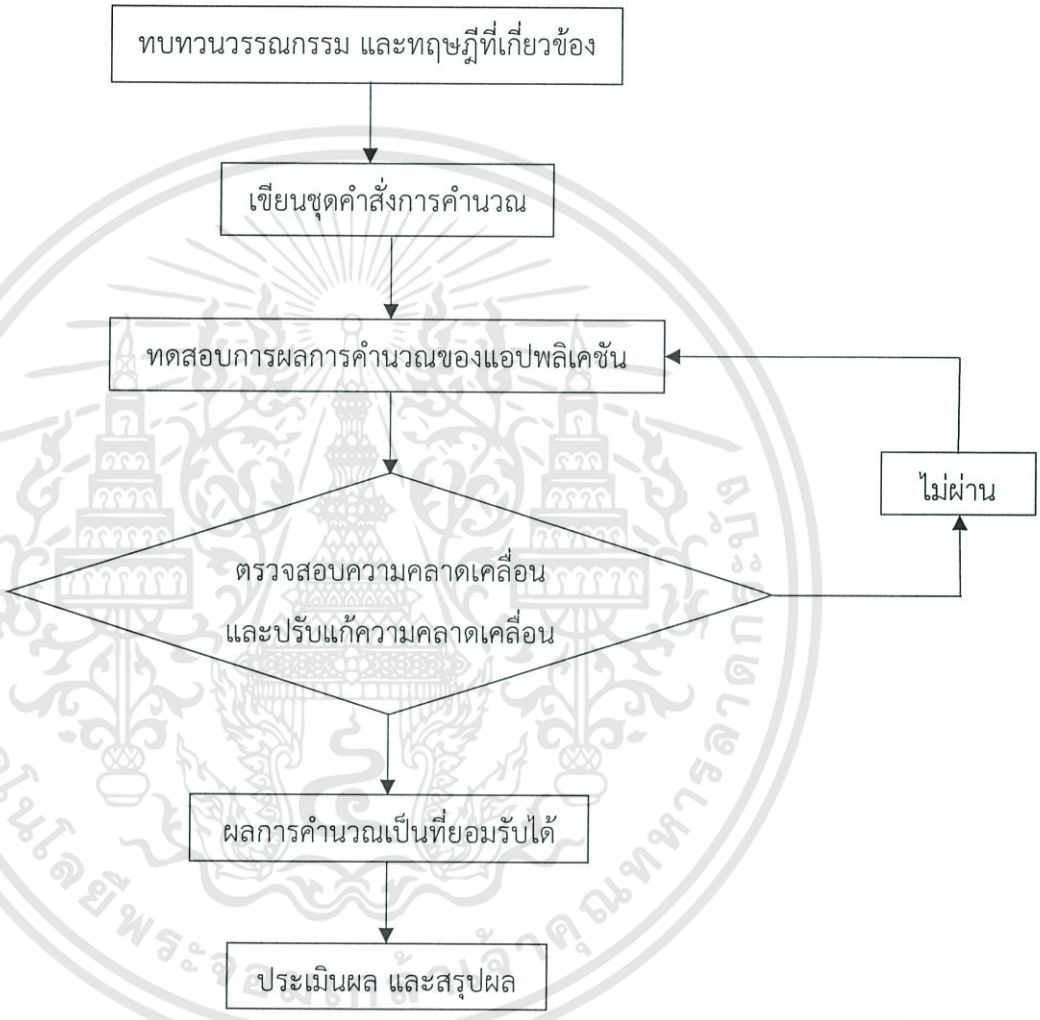
1.4.5 ปรับแต่งหน้าต่างการใช้งานให้ง่ายต่อการการใช้งาน

1.4.6 ประเมินผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.7 สรุปผลและนำเสนอ

1.5 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ



รูปที่ 1.1 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1.6 แผนการดำเนินงานตลอดโครงงาน

	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน				ธันวาคม				มกราคม				กุมภาพันธ์				มีนาคม				เมษายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. ศึกษาค้นคว้าเรื่องที่สนใจ																																				
2. เสนอหัวข้อ ปรับปรุง แก้ไขหัวข้อ																																				
3. ยื่นหัวข้อ																																				
4. ทบทวนวรรณกรรม																																				
5. ปรับปรุงตามคำแนะนำ																																				
6. ศึกษาการใช้งาน JavaScript และ HTML5																																				
7. วางแผนการเขียนชุดคำสั่ง																																				
8. สอบความคืบหน้า																																				
9. เขียนแอพพลิเคชั่น																																				
10. ทดสอบและปรับแก้ผลการคำนวณ																																				
11. สรุปผลการทำงาน																																				
12. เขียนรายงานเพื่อสรุปผลโครงงาน																																				
13. เตรียมการนำเสนอ																																				
14. จัดทำรูปเล่มรายงาน																																				
15. นำเสนอโครงงาน (สอบปลายภาค)																																				
16. เผยแพร่ผลงานสิ่งประดิษฐ์																																				

ตารางที่ 1.1 กำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงาน

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 เพื่อเสนอแอปพลิเคชันที่ช่วยในการวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในกรณีที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนคานผ่านทางเว็บไซต์ และสมาร์ตโฟน ซึ่งทำให้ง่ายต่อการเข้าถึงแอปพลิเคชันสำหรับผู้ที่สนใจ

1.7.2 เพื่อเรียนรู้และเข้าใจการพัฒนาแอปพลิเคชันเว็บไซต์ ด้วย JavaScript และ HTML5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

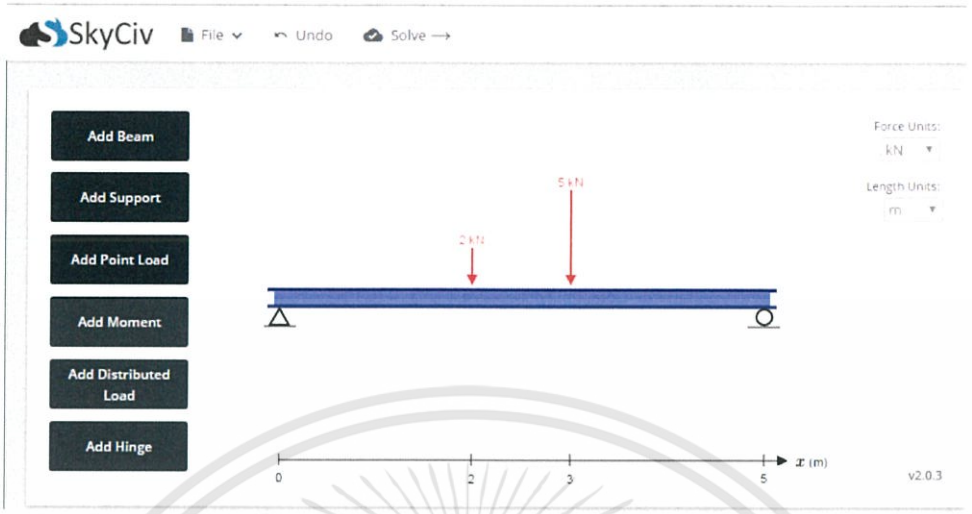
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการวิเคราะห์โครงสร้างเพื่อผลิตแอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดในคานที่เกิดขึ้น โดยใช้การนำเสนอในรูปแบบแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์นั้น มีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาทบทวนและทำความเข้าใจในวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง อีกทั้งศึกษาทฤษฎีด้านการวิเคราะห์โครงสร้าง การเขียนแอปพลิเคชันเพื่อคำนวณ และการเขียนเว็บไซต์ ตลอดจนทฤษฎีเกี่ยวกับการใช้งานภาษา JavaScript และ HTML5 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

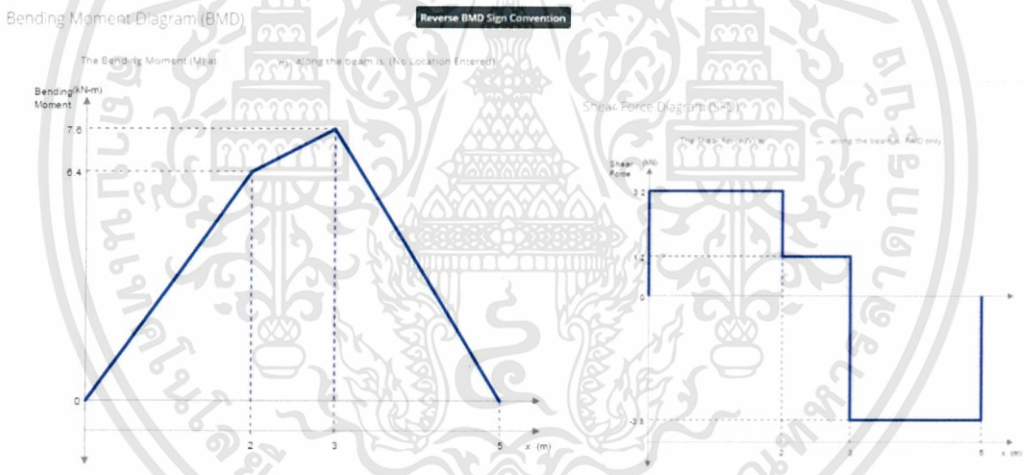
2.1 ทบทวนวรรณกรรม

ทีมงาน SkyCiv ผู้ประดิษฐ์และให้บริการแอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือน และโมเมนต์บนเว็บไซต์ https://skyciv.com/ โดยไม่คิดค่าใช้จ่ายนั้น แอปพลิเคชันสามารถวิเคราะห์ค่าดังกล่าวได้โดยป้อนค่าแรงและโมเมนต์ในหน่วย นิวตัน กิโลนิวตัน ปอนด์ กิโลปอนด์ และหน่วยความยาวเป็นเมตร มิลลิเมตร นิ้ว ฟุต ซึ่งการเลือกจุดรองรับของคานที่จะมาวิเคราะห์ในแอปพลิเคชันนี้นั้นต้องเป็นจุดรองรับแบบ Pin และ Roller หรือแบบคานยื่นเท่านั้น จากศึกษาพบว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวมีข้อจำกัดที่ผู้ใช้งานจะสามารถวิเคราะห์ได้ในรูปแบบของคานดีเทอมิเนต คือประเภทคานยื่นหรือคานช่วงเดียวเท่านั้นและจำกัดจำนวนแรงกระทำชนิดละ 2 ค่า อีกทั้งยังพบว่าแอปพลิเคชันดังกล่าวจะเริ่มคำนวณก็ต่อเมื่อคลิก Solve จึงจะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณออกมาเป็นกราฟของแรงเฉือน และกราฟของโมเมนต์ดัด จึงทำให้แอปพลิเคชันไม่ได้แสดงผลบนหน้าเว็บไซต์แบบ Real time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 การรับขนาดและประเภทของแรงเพื่อการวิเคราะห์โดย SkyCiv

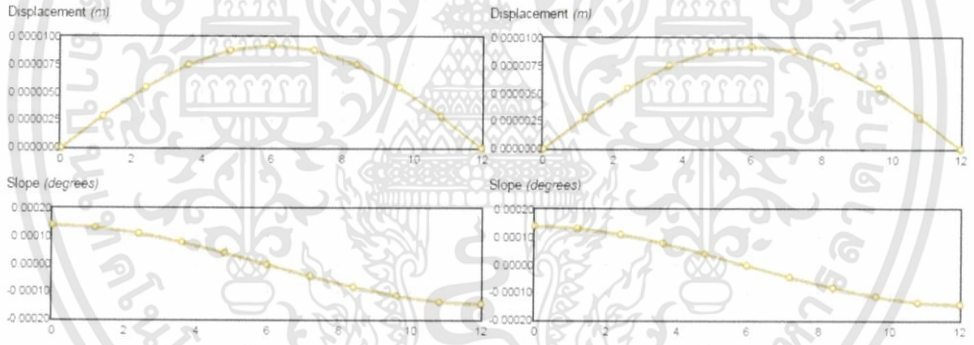


รูปที่ 2.2 ผลลัพธ์การคำนวณของ SkyCiv

http: / / www. engineeringcalculator. net/ beam_calculator. html นำเสนอแอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์บนเว็บไซต์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ได้คล้ายกับแอปพลิเคชันของ SkyCiv แต่มีข้อได้เปรียบที่สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ออกมาในรูปของกราฟแรงเฉือน กราฟโมเมนต์ดัด กราฟการโก่งตัว และกราฟแสดงมุมหมุน แต่ก็ยังพบว่ามีข้อจำกัดของการคำนวณอยู่ที่ไม่สามารถเลือกชนิดน้ำหนักบรรทุกกระทำหลายประเภทให้กระทำพร้อมกันได้ และการแสดงผลของการคำนวณก็ยังไม่สะดวกต่อการใช้งานเนื่องจากไม่ได้แสดงผลแบบ Real time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

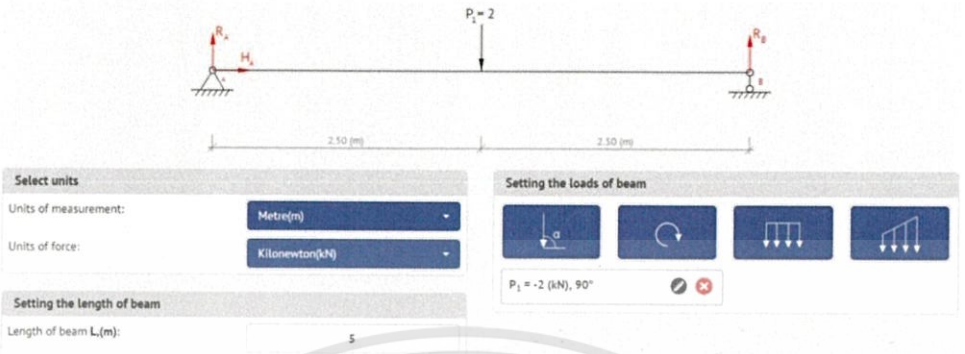
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอบน engineeringcalculator



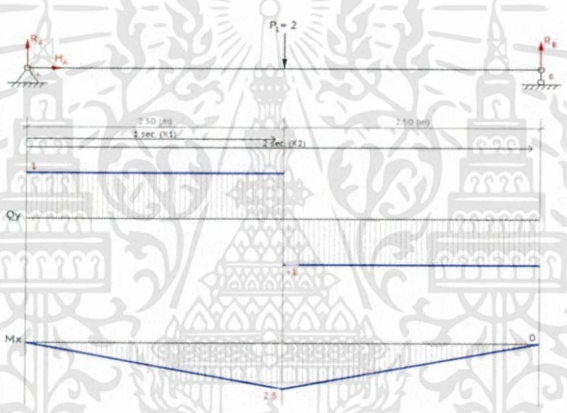
รูปที่ 2.4 ผลลัพธ์การคำนวณของ engineeringcalculator

http://beamguru.com/ ได้ทำการผลิตแอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์บนเว็บไซต์ ซึ่งสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ภายใต้เงื่อนไขคานช่วงเดียว และคานยื่น รองรับรูปแบบแรงกระทำเหมือนกันแอปพลิเคชันของ SKyCiv โดยให้ผลลัพธ์การคำนวณในรูปของกราฟแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด ซึ่งกราฟที่แสดงนั้นจะไม่สามารถอ่านเพื่อทราบที่ระยะทุก ๆ จุดได้และการแสดงผลยังไม่เป็น Real time

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกบน beamguru



รูปที่ 2.6 ผลลัพธ์ที่ได้จาก beamguru

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การเกิด แรงเฉือน และโมเมนต์ดัด จะเกิดขึ้นเมื่อมีน้ำหนักบรรทุกกระทำบนโครงสร้าง ซึ่งน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนโครงสร้างสามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

2.2.1.1 น้ำหนักบรรทุกคงที่

น้ำหนักบรรทุกคงที่ ได้แก่ น้ำหนักจากส่วนต่าง ๆ ของโครงสร้าง เช่น เสา คาน พื้น ฐานราก เป็นต้น และรวมถึงส่วนต่าง ๆ ที่ยึดติดแน่นกับองค์อาคาร เช่น น้ำหนักผนัง กำแพง ฝ้า เพดาน สายไฟ เครื่องปรับอากาศ ลิฟต์ ก็ถือว่าเป็นน้ำหนักบรรทุกคงที่เช่นกัน ซึ่งน้ำหนักบรรทุกคงที่จะสามารถทราบค่าที่แน่นอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 น้ำหนักบรรทุกจร

น้ำหนักบรรทุกจร ได้แก่ น้ำหนักของสิ่งของต่าง ๆ ที่กระทำเพิ่มเติมบนโครงสร้างหลังจากโครงสร้างนั้นสร้างเสร็จเรียบร้อยแล้ว ซึ่งน้ำหนักบรรทุกจรจะขึ้นอยู่กับประเภทและลักษณะการใช้งานขององค์อาคารนั้น ๆ ตามข้อกำหนดของพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 หรือข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร ว่าด้วยเรื่องควบคุมอาคาร พ.ศ. 2544 ได้กำหนดค่าน้ำหนักบรรทุกจรขั้นต่ำเพื่อใช้ควบคุมการออกแบบไว้ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 หน่วยน้ำหนักบรรทุกจรสำหรับประเภทและส่วนต่าง ๆ ของอาคาร นอกเหนือจากน้ำหนักของตัวอาคาร หรือเครื่องจักรหรืออุปกรณ์อย่างอื่น ให้คำนวณโดยประมาณเฉลี่ยไม่ต่ำกว่าอัตรา

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
1. หลังคา	30
2. กันสาดหรือหลังคาคอนกรีต	100
3. ที่พักอาศัย โรงเรียนอนุบาล ห้องน้ำ ห้องส้วม	150
4. หองแถว ตึกแถวที่ใช้พักอาศัย อาคารชุด หอพัก โรงแรมและห้องคนไข้ พิเศษของโรงพยาบาล	200
5. สำนักงาน ธนาคาร	250
6. (ก) อาคารพาณิชย์สวนของห้องแถว ตึกแถวที่ใช้เพื่อการพาณิชย์ มหาวิทยาลัย วิทยาลัย โรงเรียน โรงพยาบาล	300
(ข) หองโถง บันได ชองทางเดินของอาคารชุด หอพัก โรงแรม สำนักงาน และธนาคาร	300
7. (ก) ตลาด อาคารสรรพสินคา หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร หองประชุม หองอ่านหนังสือใน หองสมุดหรือหอสมุด ที่จอดหรือเก็บรถยนต์นั่ง หรือรถจักรยานยนต์	400
(ข) หองโถง บันได ชองทางเดินของอาคาร พาณิชย์มหาวิทยาลัย วิทยาลัยและโรงเรียน	400
8. (ก) คลังสินคา โรงกีฬา พิพิธภัณฑ์อัฒจันทร์โรงงานอุตสาหกรรม โรงพิมพ์หองเก็บเอกสารและพัสดุ	500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทและส่วนต่างๆของอาคาร	หน่วยน้ำหนักบรรทุกจร (กิโลกรัม/ตารางเมตร)
(ข) หองโถง บันได ชองทางเดินของตลาด อาคารสรรพสินคา หอง ประชุม หอประชุม โรงมหรสพ ภัตตาคาร หองสมุดและหอสมุด	500
9. หองเก็บหนังสือของห้องสมุดหรือหอสมุด	600
10. ที่จอดหรือเก็บรถยนต์บรรทุกเปลา	800

เมื่อโครงสร้างมีน้ำหนัก หรือแรงมากระทำ จะมีแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่จะเกิดขึ้นในแต่ละหน้าตัด ซึ่งผลของแรงที่เกิดขึ้นบนแต่ละหน้าตัดนั้น มักจะเป็นฟังก์ชั่นขึ้นอยู่กับจุดนั้น ๆ ซึ่งเมื่อมีแรงที่กระทำหรือมีประเภทของโครงสร้างที่สลับซับซ้อนมากขึ้น จะทำให้มีความยุ่งยากในขั้นตอนการวิเคราะห์ ทำให้เสียเวลา และไม่สะดวกในการคำนวณ ดังนั้นเพื่อลดโอกาสที่จะเกิดความผิดพลาดในการวิเคราะห์ จึงได้พัฒนาแอปพลิเคชันวิเคราะห์แรงเฉือนและโมเมนต์ดัดขึ้น

2.2.2 การวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีคานเสมือน

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาทบทวนทฤษฎีทางโครงสร้างที่เกี่ยวข้องแล้ว พบว่าการหาระยะโก่งตัวและมุมหมุนที่เกิดขึ้นบนคานหลังรับน้ำหนักบรรทุกกระทำด้วยวิธีคานเสมือน (Conjugate-Beam Method) เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเลือกใช้เพื่อการเขียนชุดคำสั่งของแอปพลิเคชัน เนื่องจากสามารถคำนวณได้ด้วยสมการอนุพันธ์ (differential equation) ดังสมการต่อไปนี้

โดยทั่วไปสมการที่ใช้คำนวณแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนโครงสร้างเป็นสมการอนุพันธ์อันดับสองดังนี้

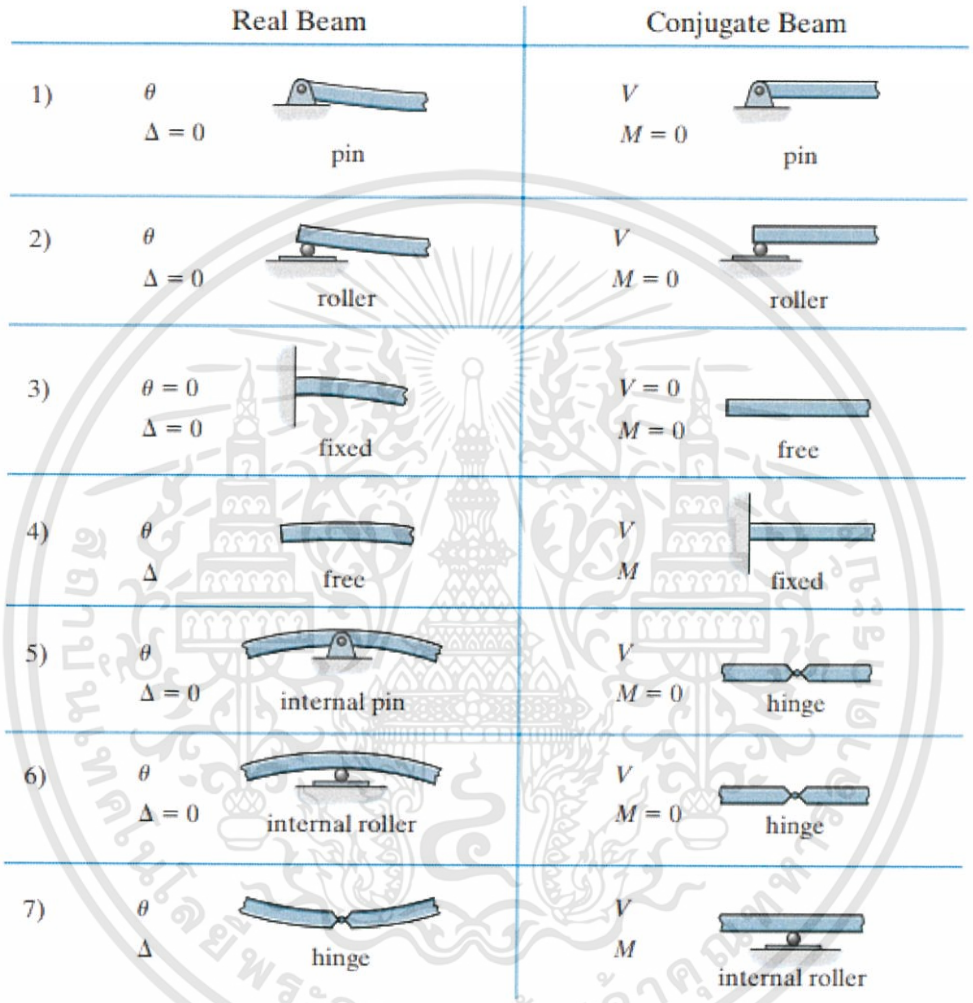
$$\frac{d^2M}{dx} = \frac{dV}{dx} = -w$$

เมื่อทราบสมการของน้ำหนักบรรทุกที่กระทำ (w) แล้วนั้น หากทำการอินทิเกรตสมการดังกล่าว จะได้ผลลัพธ์เป็นสมการแรงเฉือน และถ้าหากอินทิเกรตสมการแรงเฉือนอีกครั้งจะได้ผลลัพธ์เป็นสมการโมเมนต์ดัด ซึ่งในทำนองเดียวกัน การวิเคราะห์ระยะโก่งตัวและมุมหมุนด้วยวิธีคานเสมือนจะคำนวณด้วยสมการอนุพันธ์อันดับสองเช่นกัน แต่จะพิจาณาโดยให้โมเมนต์ดัดบนโครงสร้างหารด้วยความแข็งแรงเชิงดัดเปรียบเป็นน้ำหนักบรรทุกกระทำบนคานเสมือน ซึ่งแรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนคานเสมือนจะเปรียบได้กับมุมหมุนที่เกิดขึ้น และโมเมนต์ดัดขึ้นบนคานเสมือน เปรียบได้กับระยะโก่งตัวบนคานจริง ซึ่งเขียนเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{d^2y}{dx} = \frac{d\theta}{dx} = \frac{M}{EI}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเงื่อนไขของกระบวนการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้คือสภาวะเงื่อนไขที่ฐานรองรับ เมื่อแปลงคานจริงให้เป็นคานเสมือน จุดรองรับที่บนคานจริง จะต้องเปลี่ยนเป็นจุดรองรับที่แสดงดังรูปนี้



รูปที่ 2.7 เงื่อนไขที่จุดรองรับเมื่อแปลงคานจริงเป็นคานเสมือน

2.2.3 ภาษาที่ใช้การเขียนแอปพลิเคชัน

2.2.3.1 ภาษา JavaScript

JavaScript คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต เป็นภาษาสคริปต์เชิงวัตถุที่เรียกกันว่าสคริปต์ (Script) ในการสร้างและพัฒนาเว็บไซต์จะใช้ร่วมกับภาษา HTML เพื่อให้หน้าเว็บไซต์ดูมีการเคลื่อนไหว สามารถตอบสนองผู้ใช้งานได้มากขึ้น ซึ่งมีวิธีการทำงานในลักษณะแปลความและดำเนินงานไปทีละคำสั่ง (Interpret) หรือเรียกว่าอ็อบเจ็กโอเรียลเต็ด (Object Oriented Programming) ที่มีเป้าหมายในการออกแบบและพัฒนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในระบบอินเทอร์เน็ต สำหรับผู้เขียนด้วยภาษา HTML5 สามารถทำงานข้ามแพลตฟอร์มได้ โดยทำงานร่วมกับภาษา HTML5 และภาษา Java ได้ทั้งทางฝั่งไคลเอนต์ (Client) และทางฝั่งเซิร์ฟเวอร์ (Server)

JavaScript ถูกพัฒนาขึ้นโดยเน็ตสเคปคอมมิวนิเคชันส์ (Netscape Communications Corporation) โดยใช้ชื่อว่า Live Script ออกมาพร้อมกับ Netscape Navigator 2.0 เพื่อใช้สร้างเว็บเพจโดยติดต่อกับเซิร์ฟเวอร์แบบ Live Wire ต่อมาเน็ตสเคปจึงได้ร่วมมือกับบริษัทซันไมโครซิสเต็มส์ปรับปรุงระบบของเบราว์เซอร์เพื่อให้สามารถติดต่อใช้งานกับภาษา Java ได้ และได้ปรับปรุง LiveScript ใหม่เมื่อ ปี 2538 แล้วตั้งชื่อใหม่ว่า JavaScript ซึ่งสามารถทำให้การสร้างเว็บเพจ มีลูกเล่นต่าง ๆ มากมายและยังสามารถโต้ตอบกับผู้ใช้ได้อย่างทันที

เนื่องจาก JavaScript ช่วยให้ผู้พัฒนาสามารถสร้างเว็บเพจได้ตรงกับความต้องการและมีความน่าสนใจมากขึ้น ประกอบกับเป็นภาษาเปิดที่ใครก็สามารถนำไปใช้ได้ ดังนั้นจึงได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง มีการใช้งานอย่างกว้างขวาง รวมทั้งได้ถูกกำหนดให้เป็นมาตรฐานโดย ECMA โดยการทำงานของ JavaScript จะต้องมีการแปลความคำสั่ง ซึ่งขั้นตอนนี้จะถูกจัดการโดยเบราว์เซอร์ เรียกว่าเป็น Client-side script ดังนั้น JavaScript จึงสามารถทำงานได้เฉพาะบนเบราว์เซอร์ที่สนับสนุน ซึ่งปัจจุบันเบราว์เซอร์เกือบทั้งหมดก็สนับสนุน JavaScript แล้ว อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ต้องระวังคือ JavaScript มีการพัฒนาเป็นเวอร์ชันใหม่ ๆ ออกมาด้วย ดังนั้นถ้านำโค้ดของเวอร์ชันใหม่ไปรันบนเบราว์เซอร์รุ่นเก่าที่ยังไม่สนับสนุนอาจจะทำให้เกิด error ได้

- จุดเด่นของการใช้งาน JavaScript

เป็นภาษาที่ง่ายต่อการศึกษาเพื่อนำมาใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถเริ่มต้นเขียนได้ทันทีบนเบราว์เซอร์โดยไม่มีค่าใช้จ่าย พร้อมทั้งการเลือกใช้ภาษา JavaScript ให้ใช้งานคู่กับ HTML5 ในการผลิตแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์ ซึ่งจะมีข้อดีตรงที่ผู้ใช้งานทุกคนจะสามารถเข้ามาใช้งานแอปพลิเคชันได้ทันทีบนอุปกรณ์ ไม่ว่าจะเป็น คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล คอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก สมาร์ตโฟน หรือแท็บเล็ต เป็นต้น โดยไม่ต้องติดตั้งโปรแกรมบนอุปกรณ์ใช้งาน

- เหตุผลในการเลือกใช้ภาษา JavaScript

นอกจากภาษา JavaScript แล้ว ยังมีภาษาอื่น ๆ ที่สามารถตอบสนองการในการเขียนโปรแกรม ไม่ว่าจะเป็น PHP, Ruby เป็นต้น แต่ทางคณะผู้จัดทำเลือกภาษา JavaScript เพราะสามารถทำงานและแสดงผลการทำงานแบบทันที (Real-Time) อีกทั้งยังเป็นภาษาที่สามารถใช้งานได้ง่ายในทุกเบราว์เซอร์ และยังเป็นภาษาที่ง่ายต่อการเปิดโอกาสให้ผู้สนใจรายอื่นเข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ต่อ จึงเป็นเหตุผลให้ทางคณะผู้จัดทำเลือกใช้ภาษา JavaScript ในการผลิตแอปพลิเคชันในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3.2 ภาษา HTML5

ภาษา HTML5 เป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการใช้เขียนหน้าเว็บไซต์เพื่อติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยพัฒนามาจากภาษา HTML ให้มีความสามารถในการทำงานที่สำคัญได้หลากหลายมากขึ้น เช่น สามารถแสดงผลได้กับทุกเบราว์เซอร์ และแสดงผลภาพ เสียง กราฟิกแอนิเมชันต่าง ๆ โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟแวร์อื่นเพิ่มเติม ทำให้เป็นจุดเด่นที่นำมาเลือกใช้ในการเขียนเว็บไซต์เพื่อให้แสดงผลบนอุปกรณ์แท็บเล็ต สมาร์ตโฟน และคอมพิวเตอร์

2.2.4 เว็บแอปพลิเคชัน

เว็บแอปพลิเคชัน หมายถึงแอปพลิเคชันที่สามารถเรียกใช้งานได้บนเว็บไซต์ทันที โดยไม่ต้องติดตัวตัวแอปพลิเคชันลงบนอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน

2.2.4.1 ข้อดีของการทำเว็บแอปพลิเคชัน

การใช้งานเว็บแอปพลิเคชันนั้น พบว่าสามารถใช้งานได้ง่าย สะดวก ใช้งานได้ทุกเวลา และไม่ต้องติดตั้งแอปพลิเคชันลงลงบนตัวอุปกรณ์ เพียงแค่เปิดเบราว์เซอร์ก็สามารถใช้แอปพลิเคชันประเภทนี้ได้ รวมถึงหากมีการอัพเดต แก้ไขข้อผิดพลาดต่าง ๆ ก็สามารถทำได้โดยทันที

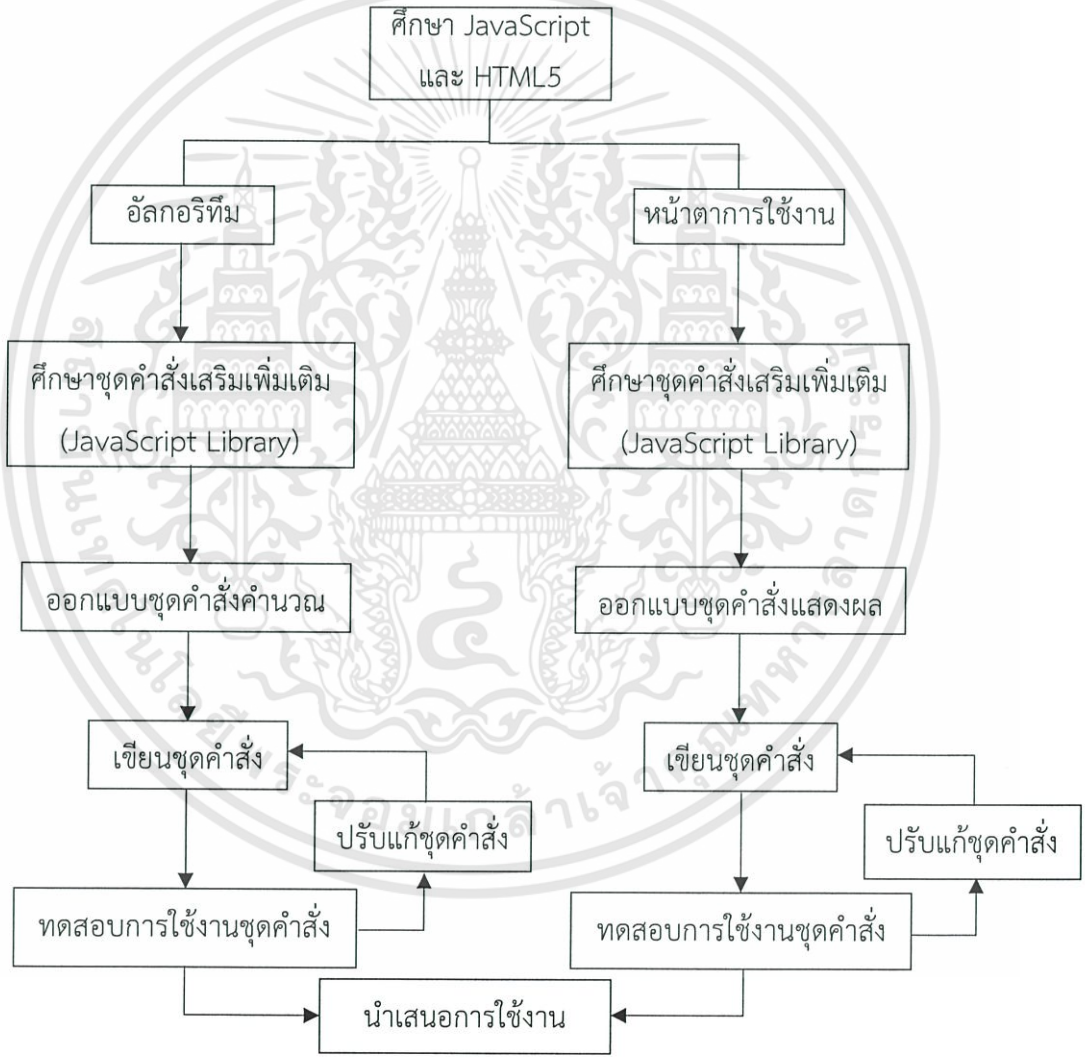
2.2.4.2 ขอบเขตการทำงานและข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน

การที่ผู้ใช้จะใช้งานบนแอปพลิเคชันบนเว็บไซต์นั้น เครื่องคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ตโฟนของผู้ใช้งานจะจำเป็นต้องต่ออินเทอร์เน็ตขณะใช้งานเท่านั้น หรือหากต้องการใช้งานแบบออฟไลน์ก็สามารถดาวน์โหลดและติดตั้งลงบนอุปกรณ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ศึกษาค้นคว้าหลักการ ทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลเชิงทฤษฎีที่เกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมโครงสร้างและวิธีการเขียนชุดคำสั่งวิเคราะห์ด้วย JavaScript และการออกแบบเว็บไซต์ด้วย HTML5 ทำให้จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมดังต่อไปนี้

- ออกแบบผังการทำงาน
- การเขียนอัลกอริทึมของการคำนวณ
- การออกแบบชุดคำสั่งวิเคราะห์
- ตรวจสอบข้อผิดพลาดจากการประมวลผลข้อมูล
- การออกแบบเว็บเพจให้รอบรับบนอุปกรณ์ที่หลายหลาย
- กฎหมายลิขสิทธิ์ในการเผยแพร่งานประเภท Open Source Software

3.1.2 สร้างรูปแบบอัลกอริทึมที่ใช้คำนวณ

หลังจากทำการศึกษาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากส่วนของวิศวกรรมโครงสร้างแล้ว จึงนำเอาผลการศึกษามาเขียนเป็นลำดับขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ชัดเจน ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นการทำงานด้วยวิธีการเป็นขั้นตอนตามลำดับ แล้วนำรูปแบบอัลกอริทึมที่ได้ไปเขียนเป็นชุดคำสั่งด้วยภาษา JavaScript ซึ่งในขณะเขียนชุดคำสั่งนั้น จะมีส่วนที่ต้องทำซ้ำและตรวจสอบความถูกต้องของรูปแบบอัลกอริทึม ความสมบูรณ์ของชุดคำสั่ง ความถูกต้องของผลคำนวณ พร้อมทั้งปรับแก้ข้อจำกัดของชุดคำสั่งให้สมบูรณ์มากที่สุดจนกระทั่งเสร็จสิ้นผลการทำงาน

3.1.3 สร้างรูปแบบการนำเสนอด้วย HTML5

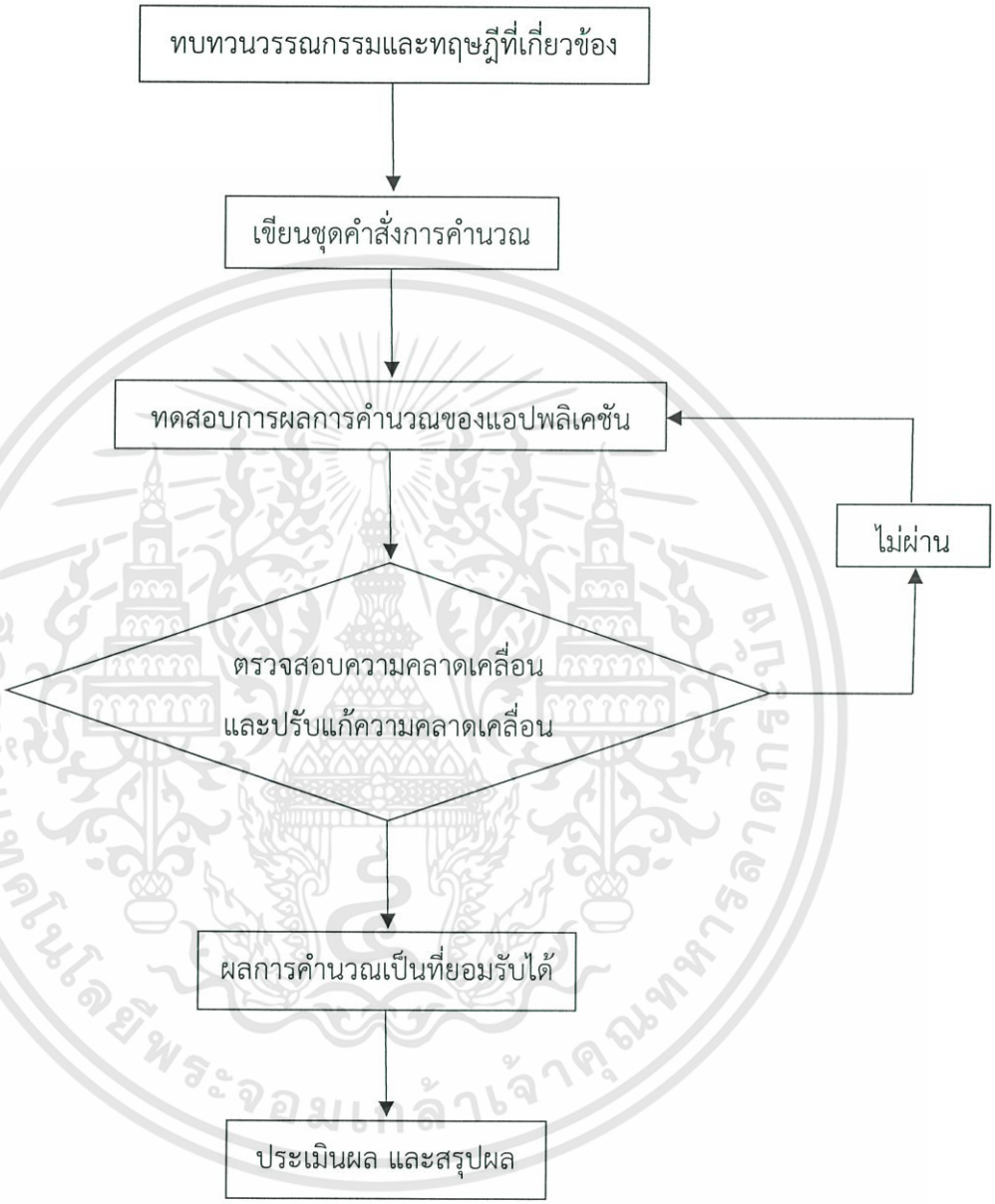
เมื่อได้ชุดคำสั่งการคำนวณที่สมบูรณ์แล้ว ขั้นตอนต่อมาคือการเผยแพร่เพื่อให้ผู้สนใจได้เข้ามาใช้งานบนหน้าเว็บไซต์ ซึ่งขั้นตอนนี้จะเป็นการออกแบบส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งานไว้เป็นหมวดหมู่เพื่อให้สะดวกและง่ายต่อการใช้งานแอปพลิเคชัน

3.1.4 ประเมินผลที่ได้จากการจำลองสถานการณ์การวิเคราะห์ผลการคำนวณภายใต้น้ำหนักกระทำในรูปแบบต่าง ๆ

หลังจากจำลองสถานการณ์น้ำหนักบรรทุกกระทำแบบต่าง ๆ แล้วจึงทำการประเมินและวิเคราะห์ผลที่ได้ พร้อมทั้งนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ในรูปแบบของแอพพลิเคชั่นบนเว็บไซต์และแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

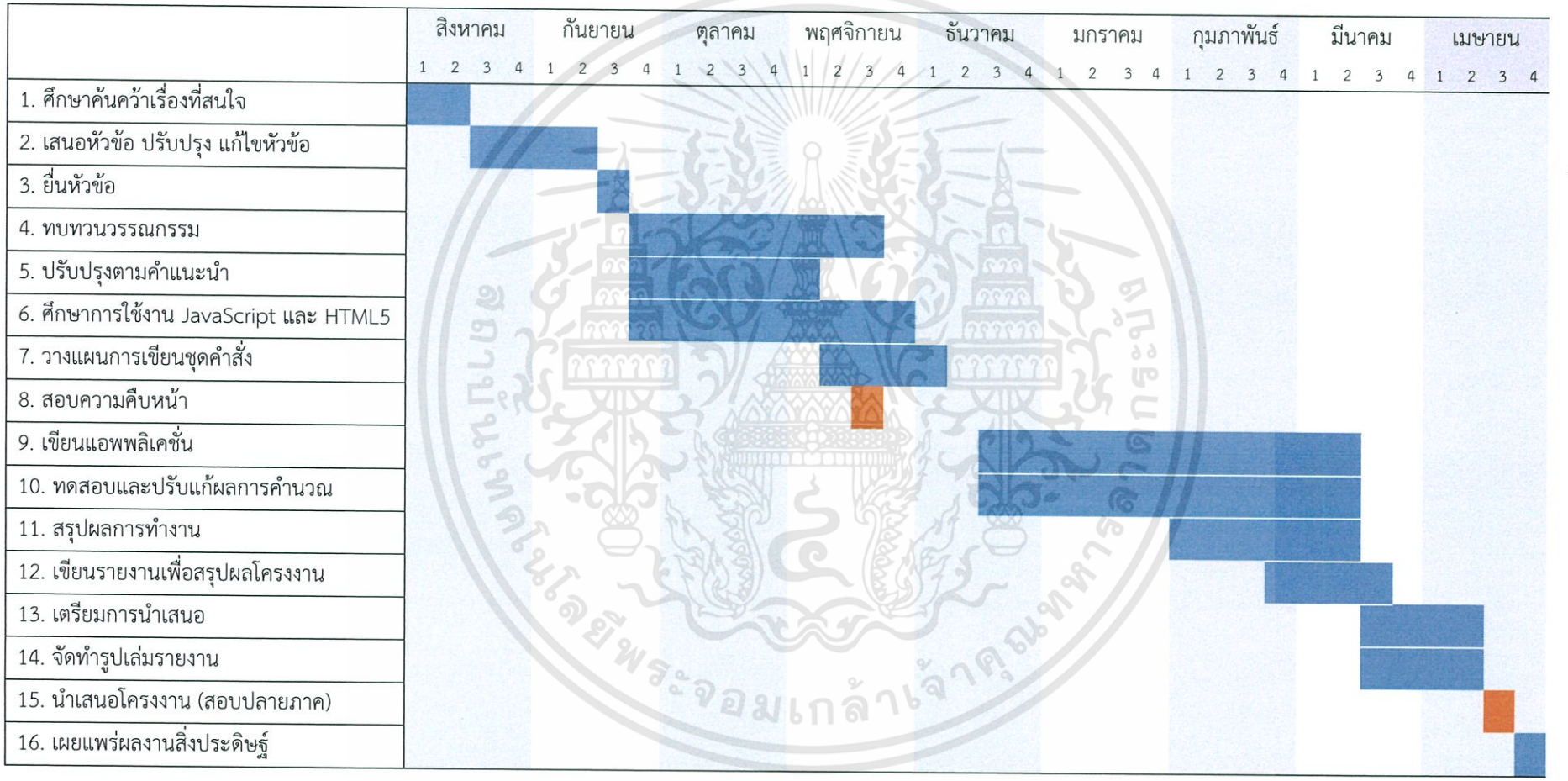
3.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ



รูปที่ 3.2 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 แผนการกำหนดการดำเนินงานตลอดโครงงาน



บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

หลังจากศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์โครงสร้างแล้ว จึงทำการศึกษาภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนแอปพลิเคชันและออกแบบหน้าตาส่วนติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งนำเอาผลการศึกษาทั้งหมดมาเขียนเป็นอัลกอริทึม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 อัลกอริทึมของการวิเคราะห์โครงสร้างด้วยวิธีคานเสมือน

4.1.1 สร้างคานเสมือน โดยคานเสมือนจะมีความยาวเท่ากับความยาวคานจริงและเปลี่ยนชนิดของฐานรองรับของคานจริงให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่ฐานรองรับ ดังรูปที่ 4.1 สำหรับโครงงานนี้เป็นโครงงานที่วิเคราะห์บนคานช่วงเดียว เงื่อนไขที่จุดรองรับของคานจริงและคานเสมือนจะเหมือนกัน

4.1.2 โดยทั่วไปหากที่จุดรองรับของคานจริงยอมให้มีการหมุนตัวเกิดขึ้น จุดรองรับบนคานเสมือนจะต้องต้านแรงเฉือนและหากจุดรองรับในคานจริงยอมให้มีการแอ่นตัวเกิดขึ้น จุดรองรับบนคานเสมือนจะต้องต้านโมเมนต์ ซึ่งในโครงงานนี้เป็นการวิเคราะห์บนคานช่วงเดียวที่จุดรองรับของคานจริง จะยอมให้เกิดการหมุนเกิดขึ้น แต่ไม่ยอมให้เกิดการทรุดตัวขึ้นที่จุดรองรับ ดังนั้นที่ฐานรองรับของคานเสมือน จะต้องต้านแรงเฉือนและค่าของโมเมนต์ที่ฐานรองรับจะมีค่าเท่ากับศูนย์

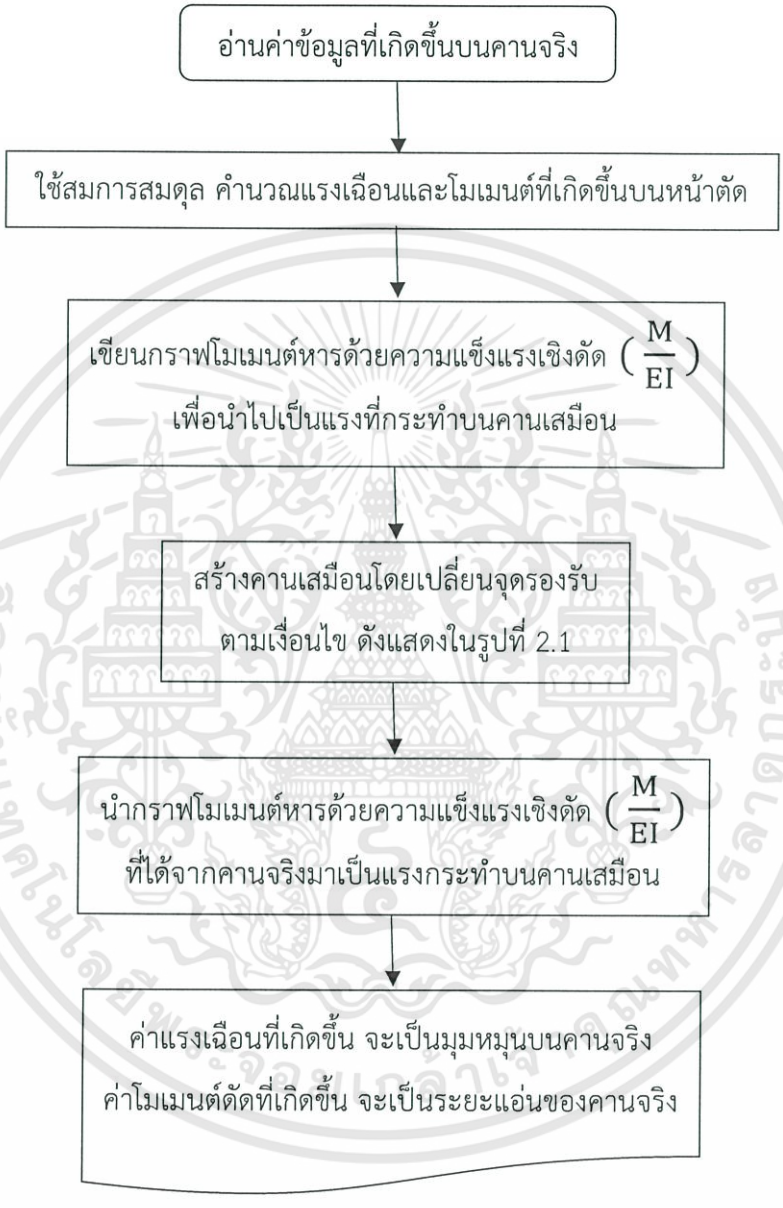
4.1.3 สำหรับแรงที่กระทำบนคานเสมือน จะเป็นค่าโมเมนต์หารด้วยความแข็งแรงเชิงดัด ($\frac{M}{EI}$) ที่เกิดขึ้นบนคานจริง

4.1.4 ใช้สมการสมดุลเพื่อคำนวณแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับรองคานเสมือน

4.1.5 หาแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดบนหน้าตัดของคานเสมือน แรงเฉือนที่เกิดขึ้นบนคานเสมือนจะมีค่าเท่ากับมุมหมุนบนคานจริงและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นบนคานเสมือนจะมีค่าเป็นระยะแอ่นตัวที่เกิดขึ้นบนคานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการคำนวณด้วยวิธีดังกล่าว สามารถเขียนแสดงเป็นแผนผังแสดงได้ดังนี้



รูปที่ 4.1 แผนขั้นตอนการวิเคราะห์วิธีคานเสมือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การรับข้อมูลและอัลกอริทึมของแอปพลิเคชัน

หลังจากสรุปขั้นตอนของการวิเคราะห์ด้วยวิธีคานเสมือนได้แล้ว ต่อจากนั้นจะต้องนำขั้นตอนดังกล่าวมาออกแบบเป็นผังการทำงานของแอปพลิเคชัน แล้วจึงนำแผนผังของแอปพลิเคชันที่ได้มาแปลงเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ โดยจะได้แผนผังที่แสดงการทำงานของแอปพลิเคชันดังนี้

4.2.1 รับค่าของคาน แรง โมเมนต์ ความยาว และความแข็งแรงเชิงดัด (EI) เก็บข้อมูลในรูปแบบของ array แล้วเรียงลำดับเพื่อให้เข้ารูปแบบการคำนวณซ้ำได้

4.2.2 คำนวณแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ฐานรองรับเนื่องจากน้ำหนักและโมเมนต์กระทำ

4.2.3 ออกแบบสมการแรงเฉือน โดยแบ่งเป็นช่วงการคำนวณเป็นช่วง ๆ โดยจำนวนช่วงจะมีมากกว่าจำนวนน้ำหนักบรรทุกกระทำอยู่หนึ่ง

4.2.4 สร้างสมการโมเมนต์ด้วยการอินทิเกรทสมการแรงเฉือนที่ได้จากการแบ่งการคำนวณเป็นช่วง ๆ

4.2.5 ในกรณีที่เกิดโมเมนต์ดัดมีค่าทั้งบวก และลบ จะต้องหาตำแหน่งที่โมเมนต์ดัดเป็นศูนย์เพื่อไปแบ่งช่วงการคำนวณ

4.2.6 นำเอาสมการโมเมนต์ที่ได้ในข้อ 4.2.5 ไปหารด้วยความแข็งแรงเชิงดัด (EI) เพื่อเปรียบเป็นสมการน้ำหนักบรรทุกกระทำบนคานเสมือน

4.2.7 คำนวณแรงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ฐานรองรับจากน้ำหนักบรรทุกกระทำที่มีรูปแบบดังข้อที่ 4.2.6

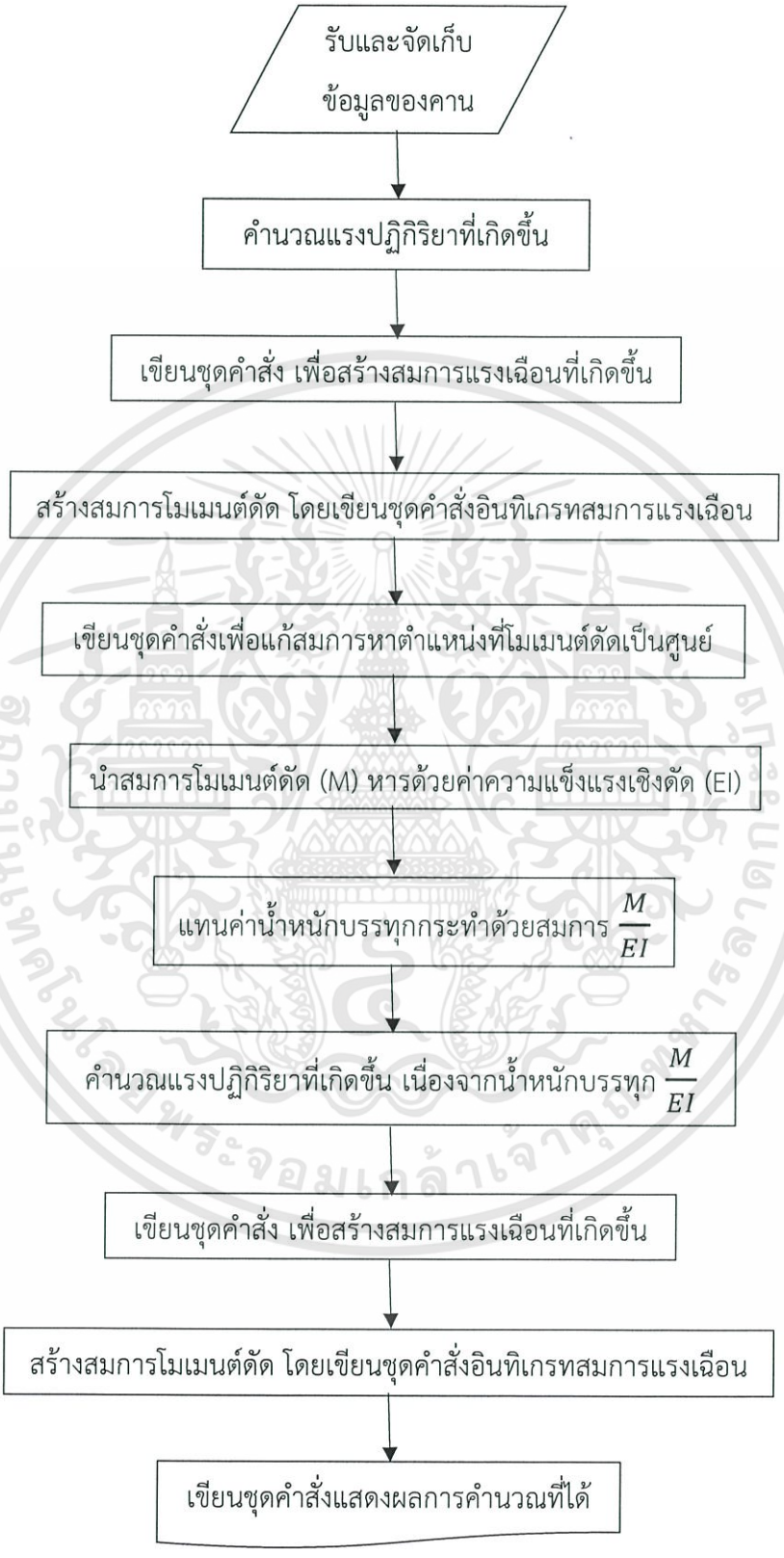
4.2.8 ออกแบบสมการแรงเฉือน ซึ่งเป็นการคำนวณซ้ำลักษณะเดียวกับข้อที่ 4.2.3 จะได้เป็นสมการมุมหมุนที่เกิดขึ้นบนคานจริง

4.2.9 สร้างสมการโมเมนต์ดัดของคานเสมือนด้วยการอินทิเกรทสมการแรงเฉือนที่ได้จากขั้นตอนที่ 4.2.8 ซึ่งจะได้เป็นระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนคานจริง

4.2.10 แสดงผลการคำนวณทั้งหมดที่เก็บอยู่ในรูปแบบ array ให้ออกมาในรูปแบบของกราฟด้วย library Chart.js

หลังจากนำเอาความรู้ทางด้านวิศวกรรมโครงสร้าง และด้านภาษาคอมพิวเตอร์มาสรุปเป็นอัลกอริทึมได้อย่างสมบูรณ์แล้ว ก่อนที่จะเขียนชุดคำสั่งด้วยภาษาคอมพิวเตอร์จะต้องนำอัลกอริทึมทั้งหมดมาสรุปเป็นแผนผังงานเพื่อเขียนชุดคำสั่งให้ทำงานตามขั้นตอนได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

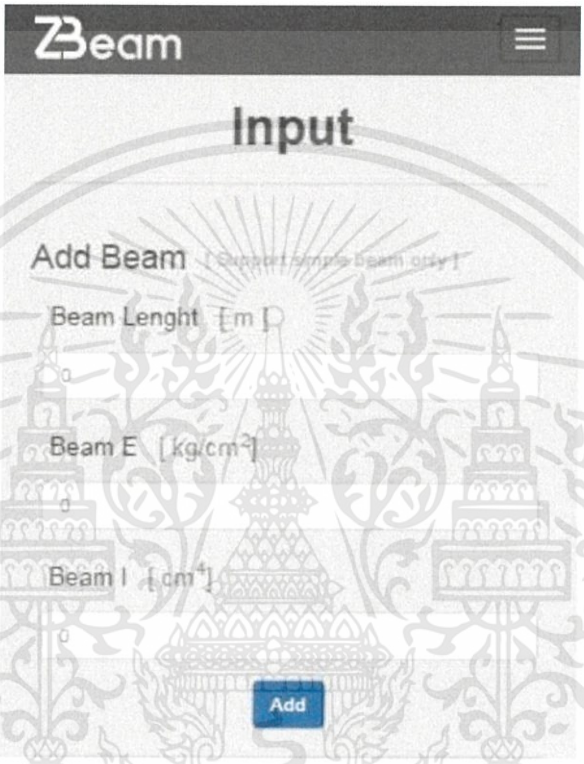


รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

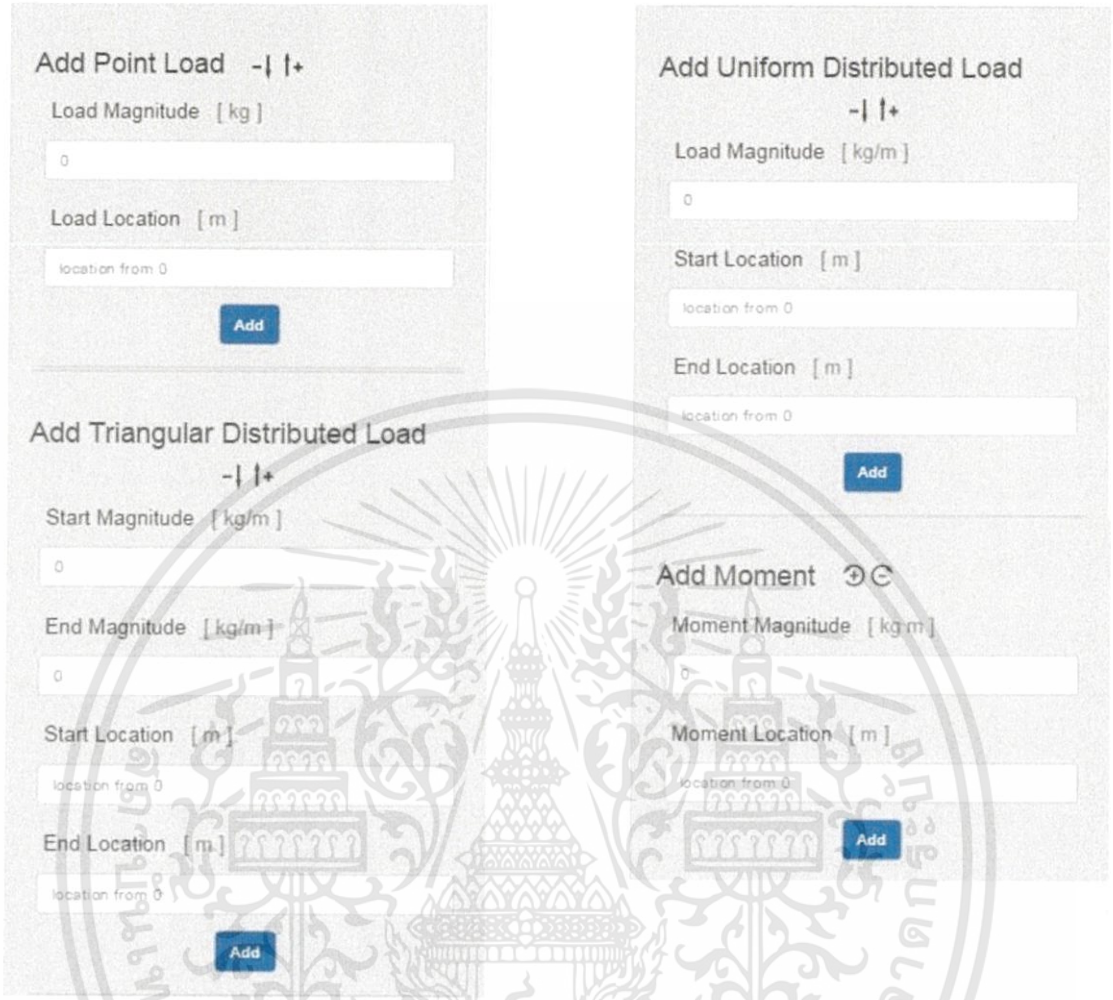
4.3 โครงสร้างของแอปพลิเคชันและวิธีการใช้งาน

ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานไว้เป็นหมวดหมู่ เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยแบ่งหมวดหมู่ของการใช้งานไว้ ดังที่แสดงไว้ในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ส่วนการรับค่าคุณสมบัติของคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ส่วนรับค่าน้ำหนักกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.5 ส่วนการตรวจสอบเงื่อนไขที่จะพิจารณาและส่วนแสดงผลลัพธ์

โดยผู้จัดทำได้ออกแบบให้ส่วนแรกของแอปพลิเคชัน เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานป้อนรายละเอียดหน้าตัดคาน คือ ความยาวคาน โมดูลัสยืดหยุ่น (Young's modulus) และโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (Area Moment of Inertia) ของคานที่ต้องการพิจารณา ส่วนต่อมาเป็นการป้อนน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนคาน โดยเป็นน้ำหนักบรรทุกแบ่งเป็นประเภท น้ำหนักกระทำแบบจุด น้ำหนักกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ และน้ำหนักบรรทุกกระทำที่แผ่กระจายแบบเป็นฟังก์ชันของเส้นตรง โมเมนต์ ในส่วนของทิศทางของแรง จะอ้างอิงเครื่องหมายเดียวกับทิศทางในแนวแกน y ทิศทางของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาจะกำหนดให้มีค่าเป็นบวกและตำแหน่งของแรงที่กระทำจะเริ่มวัดจากทางซ้ายของคาน หลังจากป้อนข้อมูลของน้ำหนักบรรทุกกระทำ และคุณสมบัติของคานแล้ว แอปพลิเคชันจะทำการรับข้อมูลโดยการคลิกปุ่ม Add และผลการคำนวณจะแสดงออกมาทันทีในรูปของกราฟแรงเฉือน กราฟโมเมนต์ดัด กราฟมุมหมุน และกราฟแสดงระยะโก่งตัว แต่ถ้าหากผู้ใช้งานต้องการทราบค่าที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด ๆ ของหน้าตัด ก็จะสามารถคำนวณได้ด้วยการป้อนระยะของหน้าตัดที่สนใจ

หากผู้ใช้งานต้องการที่จะเพิ่มจำนวนน้ำหนักบรรทุกกระทำ สามารถป้อนขนาดน้ำหนักและทิศทางได้ทันที โดยสามารถตรวจสอบค่าแรงและทิศทางที่ป้อนไปแล้วได้ที่รายการ Edit ซึ่งวิธีการใช้งานและรายละเอียดการคำนวณจะแสดงในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ขอบเขตการทำงานและข้อจำกัดของแอปพลิเคชัน

การทำงานของแอปพลิเคชัน จะรองรับการวิเคราะห์และแสดงผลลัพธ์ภายใต้หน่วย และทิศทางของขนาด ดังต่อไปนี้

4.4.1 ความยาวของคาน และระยะโก่งตัวมีหน่วยเป็นเมตร (m)

4.4.2 ขนาดของแรงภายนอกที่กระทำบนคานมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kg) ทิศทางของแรงคิดเครื่องหมายเช่นเดียวกับแกน (y)

4.4.3 ขนาดของโมเมนต์ภายนอกที่กระทำบนคานมีหน่วยเป็นกิโลกรัม•เมตร (Kg•m) ทิศทางของโมเมนต์คิดเครื่องหมายโดยให้โมเมนต์มีทิศทางทวนเข็มนาฬิกา มีค่าเป็นบวก (+) และตามเข็มนาฬิกามีค่าเป็นลบ (-)

4.4.4 ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น E (Young's modulus) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร (Kg/cm^2)

4.4.5 โมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ (Area Moment of Inertia) ในหน่วยเซนติเมตร^4 (cm^4)

4.4.6 ขนาดแรงเฉือนที่เกิดขึ้นที่หน้าตัดมีหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kg) และทิศทางของแรงเฉือนจะพิจารณาจากแรงเฉือนที่เกิดตามทิศทางของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกาจะคิดเครื่องหมายเป็นบวก (+) และในทำนองเดียวกันแรงเฉือนที่เกิดตามทิศทางของโมเมนต์ทวนเข็มนาฬิกาจะคิดเครื่องหมายเป็นลบ (-)

4.4.7 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่หน้าตัด มีหน่วยเป็นกิโลกรัม•เมตร (Kg•m) หากพิจารณาจากจุดซ้ายมือสุดของชิ้นส่วน โมเมนต์ดัดที่มีทิศทวนเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมายเป็นบวก (+) และโมเมนต์ดัดที่มีทิศตามเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมายเป็นลบ (-) ในทางกลับกันหากพิจารณามาจากจุดทางขวามือสุดของชิ้นโมเมนต์ดัดที่มีทิศตามเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมายเป็นบวก (+) และโมเมนต์ดัดที่มีทิศทวนเข็มนาฬิกาจะมีเครื่องหมายเป็นลบ (-)

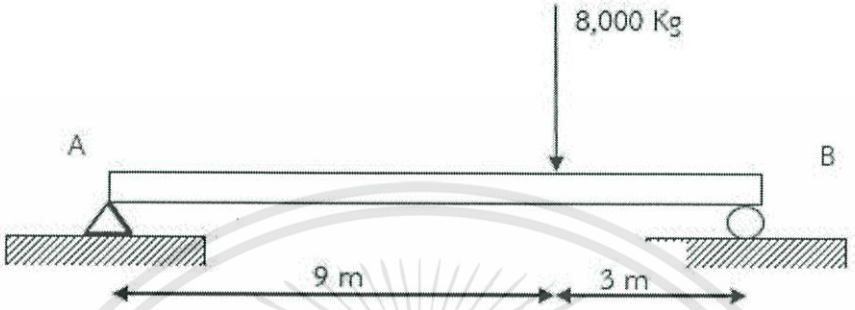
4.4.8 หน่วยของมุมหมุนที่เกิดขึ้น มีหน่วยเป็นเรเดียน (rad) หากคานเกิดการหมุนในทิศตามเข็มนาฬิกา ค่าของมุมหมุนจะแสดงออกมาในเครื่องหมายติดลบ (-) เมื่อถึงจุดดัดกลับจะเป็นจุดที่ค่าของมุมหมุนมีค่าเป็นศูนย์

4.5 การตรวจสอบผลการวิเคราะห์ของแอปพลิเคชัน

ในหัวข้อนี้จะเป็นส่วนของการแนะนำวิธีการอ่านค่าผลลัพธ์ที่แสดงออกมาจากแอปพลิเคชันทั้งการแสดงค่าจากกราฟและการแสดงผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ที่หน้าตัดใด ๆ แล้วทำการเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์การคำนวณที่ได้จากชุดคำสั่งกับการคำนวณด้วยบุคคล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตัวอย่างการคำนวณที่จะแสดงต่อไปนี้ จะเป็นการแสดงวิธีการหาระยะโก่งตัวที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นหลังจากรับน้ำหนักบรรทุกกระทำดังรูปที่แสดงต่อไปนี้ โดยกำหนดให้คานมีคุณสมบัติ Young modulus (E) = 2×10^6 Kg/cm^2, I = 600,000 cm^4



รูปที่ 4.6 รายละเอียดของตัวอย่างปัญหา

เริ่มต้นด้วยการคำนวณแรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับทางขวา โดยใช้สมการสมดุลโมเมนต์ให้จุดรองรับทางซ้ายเป็นจุดหมุน

$\Sigma M_A = 0 \quad (8{,}000\ \text{Kg}) \times 9\ \text{m} = R_B \times (12\ \text{m})$

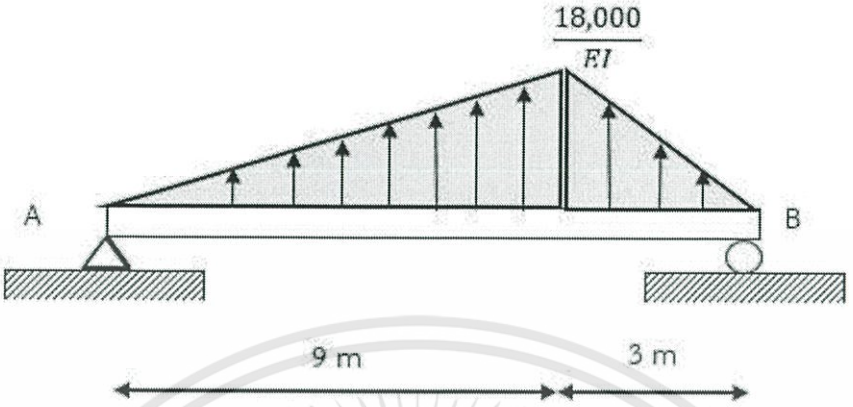
$R_B = 6{,}000\ \text{Kg}$

$\Sigma F_y = 0 \quad R_A + R_B = 8{,}000\ \text{Kg}$

$R_A = 2{,}000\ \text{Kg}$

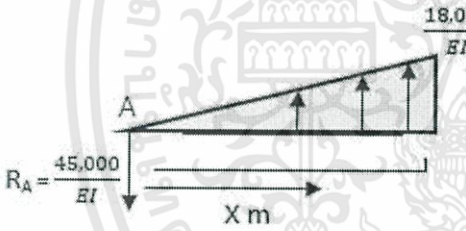
ลำดับถัดมานำค่าแรงปฏิกิริยาที่คำนวณได้ไปเขียนกราฟ $\frac{M}{EI}$ แล้วเอาไปแทนค่าเป็นน้ำหนักบรรทุกที่กระทำบนคานเสมือน จากนั้นคำนวณแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับ ดังแสดงในรูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 น้ำหนักบรรทุกและแรงปฏิกิริยาที่ฐานรองรับของคานเสมือน

หลังจากนั้นจะหาตำแหน่งที่แรงเฉือนของคานเสมือนมีค่าเท่ากับศูนย์ ณ จุดนั้น จะเป็นจุดที่มุมหมุนของคานมีค่าเป็นศูนย์ จะเป็นจุดที่เกิดระยะแอ่นตัวมากที่สุด



$$\Sigma F_y = 0 \quad -\frac{45{,}000}{EI} + \frac{1}{2}\left(\frac{2{,}000x}{EI} \times X\right) = 0$$

$$X = 6.71 \text{ m}$$

จากการแก้สมการ คำตอบที่ได้หมายถึงตำแหน่งบนคานที่เกิดระยะแอ่นตัวมากที่สุด หลังจากการรับน้ำหนักบรรทุกกระทำ ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่มีระยะห่างจากจุดรองรับทางซ้าย เท่ากับ 6.71 เมตร และสามารถหาระยะโก่งตัวได้ โดยจะมีขนาดเท่ากับโมเมนต์ดัดบนหน้าตัดนั้น คำนวณได้จากสมการสมดุลโมเมนต์

$$\Sigma M_A = 0 \quad \frac{45{,}000}{EI}(6.71) - \left[\left(\frac{1{,}000(6.71)}{EI}\right)6.71\right]\frac{1}{3}(6.71) + M = 0$$

$$\Delta_{MAX} = M = \frac{-201{,}246.09 \text{ Kg}\cdot\text{m}^3}{EI}$$

$$M = \frac{-201{,}246.09 \text{ Kg}\bullet\text{m}^3}{\left[\frac{2(10^6)\text{ Kg}}{10^{-4}\text{ m}^2}\right]\left[6(10^5)\text{ cm}^4 \times \left(\frac{1\text{ m}^4}{(10^{2\times4})\text{cm}^4}\right)\right]} = -0.00168 \text{ m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวิเคราะห์ด้วยแอปพลิเคชัน จะทำการวิเคราะห์ผลจากข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้ป้อนมา โดยจะแสดงผลออกเป็นหมวด ๆ มีวิธีการใช้งานดังนี้

4.5.1 คลิกแถบเมนูด้านบน เพื่อไปที่ Input เพื่อเข้าสู่ส่วนของการป้อนข้อมูล

4.5.3 ใส่ความยาวคาน ค่าโมดูลัสยืดหยุ่น และโมเมนต์ความเฉื่อยของพื้นที่ ของคานที่พิจารณา

4.5.3 คลิกที่ Add แล้วทำการป้อนเงื่อนไขแรงที่จะกระทำต่อไป

4.5.4 ทำการใส่ข้อมูลดังนี้

4.5.4.1 ขนาดของแรงกระทำแบบจุด และตำแหน่งที่กระทำ

4.5.4.2 ขนาดของแรงกระทำแบบแผ่กระจายสม่ำเสมอ พร้อมทั้งตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของแรงกระทำ

4.5.4.3 ขนาดของแรงกระทำแบบแผ่กระจายแบบเป็นฟังก์ชั่นของเส้นตรง พร้อมทั้งตำแหน่ง เริ่มต้นและสิ้นสุดของแรงกระทำ

4.5.4.4 ขนาดของโมเมนต์ภายนอกที่กระทำบนคาน พร้อมทั้งตำแหน่งและทิศทางกระทำ

4.5.4.5 เมื่อกรอกข้อมูลครบแล้ว ให้คลิกที่ Add เพื่อให้แอปพลิเคชันรับข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป

4.5.4.6 สามารถตรวจสอบขนาด ทิศทางของแรงที่กระทำและคุณสมบัติของคานที่ต้องการวิเคราะห์ได้บนหน้าต่าง Edit หลังจากจบขั้นตอนการป้อนข้อมูลแล้ว รายการคำนวณจะแสดงออกมาทันทีบนหน้าต่าง Result

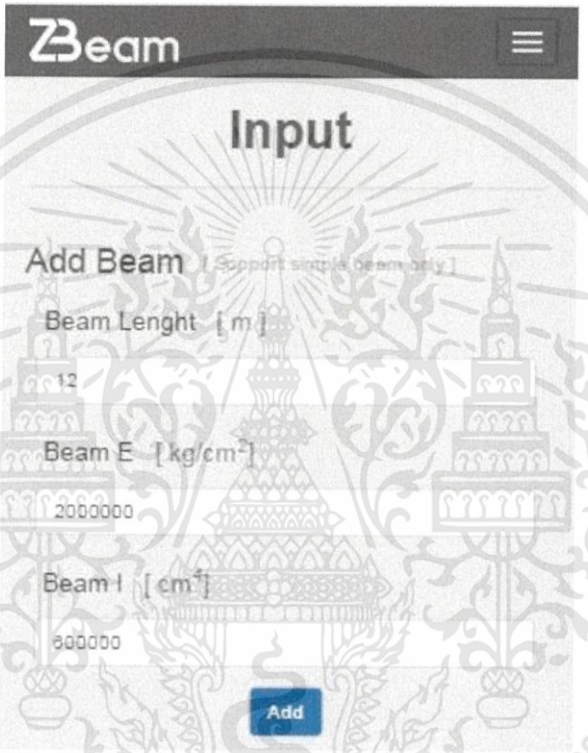
4.5.4.7 หากผู้ใช้งานต้องการผลลัพธ์เฉพาะจุด ก็สามารถป้อนตำแหน่งจุดที่สนใจให้คำนวณได้ที่หน้าต่าง Result นี้

สำหรับการคำนวณที่จะใช้ทดสอบการวิเคราะห์ของแอปพลิเคชัน จะใช้ปัญหาข้างต้นเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ซึ่งจะแสดงข้อมูลที่ป้อนและลำดับขั้นตอนการใช้งานดังนี้

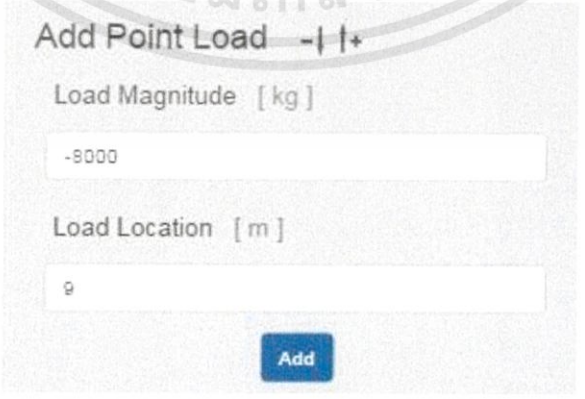
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Input

- ความยาวคาน 12 m
- Young's modulus (E) ของคานมีค่าเท่ากับ 2×10^6 kg/cm^2
- Moment of Inertia **(I)** ของคานมีค่าเท่ากับ 600,000 cm^4
- แรงกระทำแบบจุดขนาด -8000 Kg ที่ตำแหน่งห่างจากจุดรองรับทางซ้าย 9 เมตร

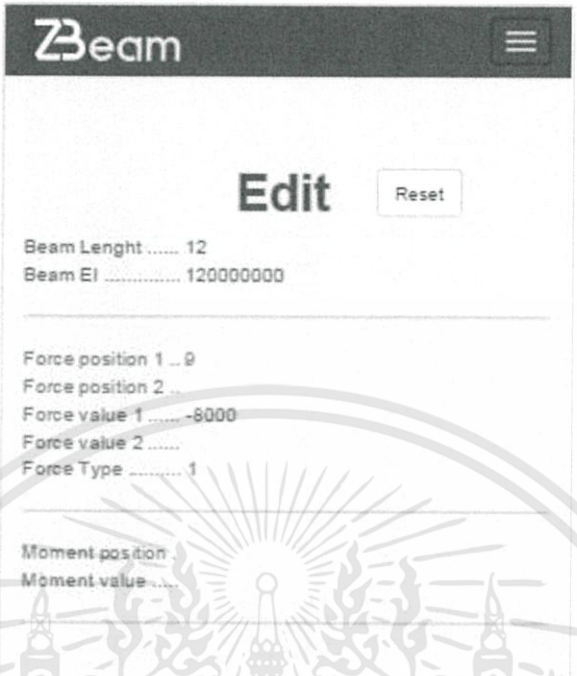


รูปที่ 4.8 ตัวอย่างการป้อนข้อมูลคุณสมบัติของคาน

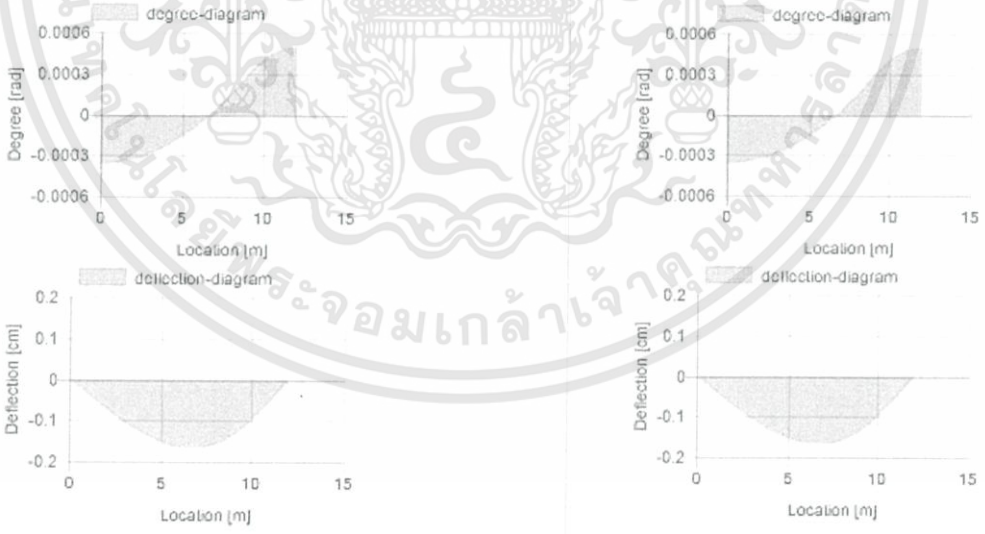


รูปที่ 4.9 ตัวอย่างการป้อนน้ำหนักบรรทุกและตำแหน่งที่กระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



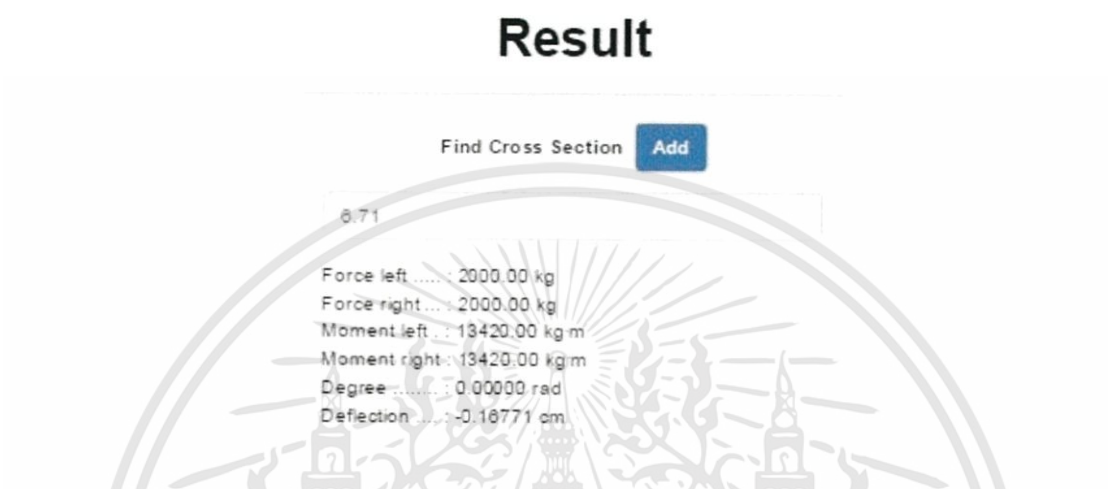
รูปที่ 4.10 การสรุปรายละเอียดคานและแรงทั้งหมดที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ 4.11 กราฟผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโจทย์ปัญหาตัวอย่าง เป็นการให้คำนวณหาระยะโก่งตัวที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นหลังรับน้ำหนัก และจากกราฟที่ได้จะทราบตำแหน่งที่ต้องการอย่างคร่าว ๆ ผู้ใช้งานอาจจะต้องทดลองนำค่าดังกล่าวไปแทน เพื่อจะได้ทราบผลระยะโก่งตัวอย่างละเอียดอีกครั้ง



รูปที่ 4.12 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นเฉพาะตำแหน่ง

หลังจากผู้ใช้งานทดลองนำค่าจากช่วงกราฟไปแทนในส่วนการคำนวณเฉพาะจุดแล้ว จุดที่เกิดระยะแอ่นตัวมากที่สุด จะเป็นจุดที่มีมุมหมุนเท่ากับศูนย์ ซึ่งพบว่าจุดดังกล่าวเกิดขึ้นที่ระยะห่างจากจุดรองรับทางซ้าย 6.71 เมตร ผลลัพธ์ที่แสดงที่หน้าตัดดังกล่าวมีรายละเอียดคือ

- เกิดแรงเฉือนขึ้นเท่ากับ 2,000.00 Kg
- โมเมนต์ดัดเกิดขึ้น 13,420.00 Kg•m
- มุมหมุนเท่ากับ 0 เรเดียน (rad)
- ระยะแอ่นตัวเกิดขึ้นเท่ากับ -0.16771 เซนติเมตร ในที่นี้ผลลัพธ์ที่แสดงออกมามีค่าเป็นลบ ซึ่งหมายความว่าเป็นการแอ่นตัวลง

เมื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากแอปพลิเคชันกับการคำนวณด้วยตัวบุคคลแล้ว พบว่าค่าที่ได้นั้นมีความถูกต้องและมีความละเอียดในระดับทศนิยมที่ยอมรับได้ โดยผู้ตรวจสอบสามารถรู้สมการผลลัพธ์ได้ ในส่วนของ Array Result ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Position from 0 .. 0,9,12

Force ax^2..... 0.00,0.00,0.00
Force bx 0.00,0.00,0.00
Force c 0.00,2000.00,-6000.00

Moment ax^3..... 0.00,0.00,0.00
Moment bx^2..... 0.00,0.00,0.00
Moment cx 0.00,2000.00,-6000.00
Moment d 0.00,0.00,18000.00

Position from 0 .. 0.000,9.000,12.000

Degree ax^4..... 0.00,0.00,0.00
Degree bx^3..... 0.00,0.00,0.00
Degree cx^2..... 0.00,0.00,-0.00
Degree dx 0.00,0.00,0.00
Degree e 0.00,-0.00,0.00

Deflection ax^5.... 0.00,0.00,0.00
Deflection bx^4.... 0.00,0.00,0.00
Deflection cx^3.... 0.00,0.00,-0.00
Deflection dx^2.... 0.00,0.00,0.00
Deflection ex 0.00,-0.00,0.00
Deflection f 0.00,0.00,-0.01

รูปที่ 4.13 รายละเอียดของสมการของผลลัพธ์

จากรูปที่ 4.13 สามารถแปลผลลัพธ์ที่ได้จากแอปพลิเคชันออกมาเป็นสมการได้ดังต่อไปนี้ สมการของแรงเฉือนแบ่งออกได้เป็นสองช่วงคือ ช่วงที่ระยะ 0 เมตร ถึงระยะ 9 เมตร จะมีค่าแรงเฉือนเท่ากับ 2,000 N และหลังจาก 9 เมตรยาวตลอดไปจนถึง 12 เมตร มีค่าแรงเฉือนเท่ากับ – 6,000 Kg

สมการโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นว่าที่ช่วงระยะ 0 ถึง 9 เมตร มีสมการเป็น $y = 2000x$ และช่วงตั้งแต่ 9 เมตร ไปถึง 12 เมตร มีสมการเป็น $y = -6,000x + 18,000$ โดยค่า x ที่จะแทนค่าเป็นระยะที่วัดต่อจากระยะ 9 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ข้อสรุปและข้อเสนอแนะ

แอปพลิเคชัน ZBeam ที่ผู้ผลิตที่จัดทำขึ้นนั้น เป็นแอปพลิเคชันที่ผลิตเพื่อวิเคราะห์แรงเฉือน โมเมนต์ดัด มุมหมุน และระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนคานช่วงเดียวนั้น โดยอาศัยทฤษฎีที่ศึกษาในระดับปริญญาตรีเป็นส่วนใหญ่ และออกแบบให้ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความถูกต้องของผลลัพธ์ได้ด้วยตัวเอง

5.1 สรุปผล

แอปพลิเคชันที่ทางคณะผู้จัดทำได้ผลิตเพื่อวิเคราะห์แรงเฉือน โมเมนต์ดัด มุมหมุน และระยะโก่งตัวที่เกิดขึ้นบนคานช่วงเดียวนั้น โดยในบทที่ 4 ได้แสดงการเปรียบเทียบผลการคำนวณระหว่างผลที่ได้จากการคำนวณด้วยตนเองและผลที่ได้จากการคำนวณด้วยแอปพลิเคชัน พบว่าค่าที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกัน โดยค่าที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากการปัดเลขทศนิยม แต่อย่างไรก็ตาม การใช้งานแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นมานี้ ยังเป็นเพียงเครื่องมือเพื่อช่วยในการวิเคราะห์สำหรับวิศวกรและนักศึกษาผู้ที่สนใจในการตรวจสอบผลการคำนวณประกอบการตัดสินใจเท่านั้น และเมื่อเปรียบเทียบแอปพลิเคชัน ZBeam กับแอปพลิเคชันที่ได้ศึกษามาดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 นั้น พบว่าแอปพลิเคชัน ZBeam สามารถรองรับจำนวนน้ำหนักบรรทุกกระทำได้ไม่จำกัดจำนวน ซึ่งต่างจากแอปพลิเคชันอื่น ๆ ที่รองรับเพียง 2 จำนวนน้ำหนักบรรทุก และ ZBeam สามารถคำนวณและแสดงผลลัพธ์ได้บนทุก ๆ จุดที่ต้องการพิจารณา

5.2 ข้อเสนอแนะ

ในการจัดทำโครงงานพิเศษครั้งนี้ ผู้จัดทำได้มองเห็นช่องทางในการพัฒนาต่อดังนี้

5.2.1 พัฒนาให้สามารถวิเคราะห์บนโครงสร้างในลักษณะอื่นได้ เช่น โครงสร้างแบบอินดีเทอร์มิเนท คานต่อเนื่อง คานยื่น และโครงข้อหมุน เป็นต้น

5.2.2 โครงงานนี้รองรับเฉพาะการทำงานในระบบปฏิบัติการ Android ซึ่งหากต้องการเผยแพร่ผลงาน ควรจัดทำให้รองรับบนระบบปฏิบัติการอื่นเพิ่มขึ้น เช่น iOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางผู้จัดทำโครงงานหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อเสนอแนะที่กล่าวมานั้น จะได้รับการส่งเสริมเพื่อเป็นการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้ โดยจะเป็นประโยชน์ต่อภาควิชาและผู้ที่สนใจต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์. (2555). **ทฤษฎีโครงสร้าง.** กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

กรีวุธ อัศวคุปตานนท์. (2556). **เรียนรู้เทคนิคและพัฒนาเว็บไซต์ด้วย HTML5.** กรุงเทพมหานคร: เน็ตดีไซน์พับลิชชิ่ง.

จีราวุธ วารินทร์. (2560). **พัฒนาเว็บไซต์สมัยใหม่ด้วย HTML5 CSS3+jQuery ฉบับสมบูรณ์.** กรุงเทพมหานคร: ซิมพลิฟาย

กระทรวงมหาดไทย. (2527). กฎกระทรวง **ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2527) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522**

HIBBELER, R. C. (2012). **Structural Analysis.** USA: Pearson Prentice Hall

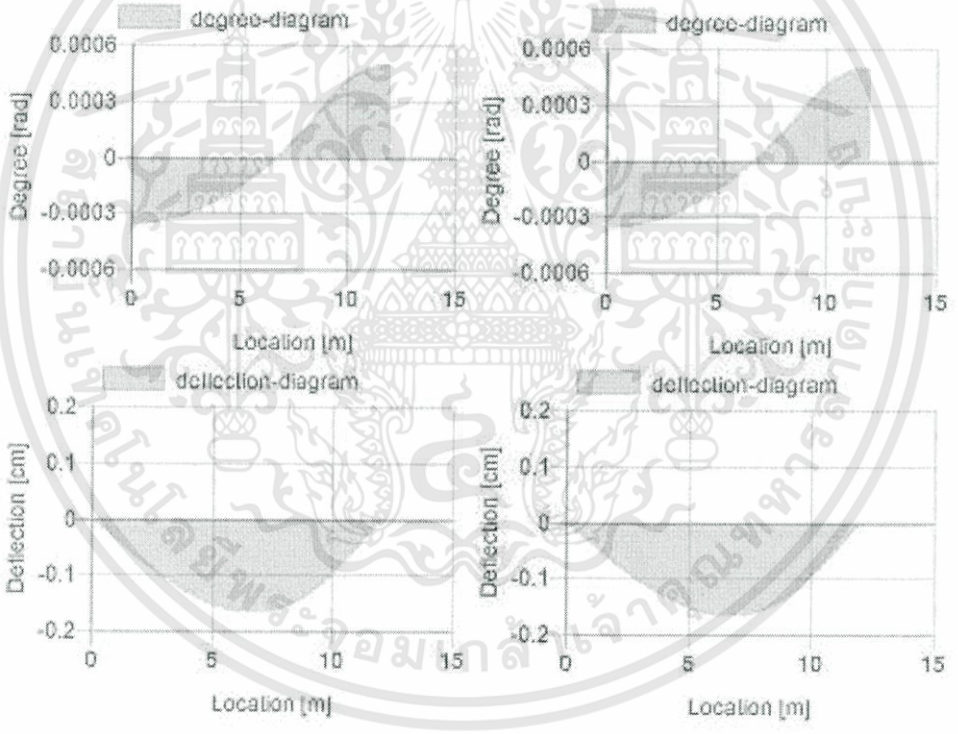
"JavaScript คืออะไร จาวา สคริปต์ คือ ภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับการเขียนโปรแกรมบนระบบอินเทอร์เน็ต" [ออนไลน]. เข้าถึงได้จาก: http://www.mindphp.com/%E0%B8%84%E0%B8%B9%E0%B9%88%E0%B8%A1%E0%B8%B7%E0%B8%AD/73%E0%B8%84%E0%B8B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3/2187javajavascript%E0%B8%84%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%AD%E0%B8%B0%E0%B9%84%E0%B8%A3.html สืบค้น 6 พฤศจิกายน 2559.

Refsnes Data. **" HTML The language for building web pages." [Online].** Available: https://www.w3schools.com/default.asp Retrieved July 16, 2017.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

จากตัวอย่างปัญหาการที่วิเคราะห์ในบทที่ 4 ข้อมูลด้านการคำนวณแบบทดลองหาค่าระยะที่เกิดการแอ่นตัวสูงสุด โดยเมื่ออ่านผลลัพธ์จากรูปที่ ผ.1 จะเห็นได้ว่าระยะแอ่นตัวที่มากที่สุดเกิดขึ้นในช่วงความยาว 5-10 เมตร สามารถหาระยะแอ่นตัวที่เกิดขึ้นได้โดยการทำลองสุ่มหาตำแหน่งที่เกิดขึ้นเพื่อทราบค่าการแอ่นตัวที่เกิดขึ้นที่แท้จริง ซึ่งตำแหน่งที่เกิดระยะแอ่นตัวมากที่จุดมุมหมุนที่เกิดขึ้นจะมีเท่ากับศูนย์ โดยผลการคำนวณหาตำแหน่งที่เกิดระยะแอ่นตัวที่เกิดขึ้น จะแสดงดังตารางต่อไปนี้



รูปที่ ผ.1 กราฟผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ผ.1 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นที่ตำแหน่งต่าง ๆ ของคานที่พิจารณา

ตำแหน่งที่พิจารณา (m)	แรงเฉือนที่เกิดขึ้น (Kg)	โมเมนต์ดัด (Kg•m)	มุมหมุน (rad)	ระยะแอ่นตัว (cm)
5.00	2,000.00	10,000.00	-0.00017	-0.1528
6.00	2,000.00	12,000.00	-0.00007	-0.1650
7.00	2,000.00	14,000.00	0.00003	-0.1672
6.50	2,000.00	13,000.00	-0.00002	-0.01675
6.71	2,000.00	13,420.00	0.00000	-0.01677

จากผลลัพธ์ที่แสดงในตารางที่ ผ.1 ค่าแรงเฉือนที่เป็นบวกหมายถึงแรงเฉือนที่เกิดตามทิศทางของโมเมนต์ตามเข็มนาฬิกา ค่าโมเมนต์ดัดที่เป็นบวกหมายถึงโมเมนต์ดัดที่มีทิศทวนเข็มนาฬิกา ค่ามุมหมุนที่แสดงค่าเป็นจำนวนลบหมายถึงมุมหมุนที่เกิดการหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา และค่าระยะแอ่นตัวที่เป็นลบหมายถึงการแอ่นตัวลงของคาน ซึ่งจากผลการวิเคราะห์สรุปได้ว่า ตำแหน่งที่คานในปัญหาตัวอย่าง เกิดระยะแอ่นตัวสูงสุดของสุดเท่ากับ 1.677 มิลลิเมตร ที่ตำแหน่งห่างจากจุดรองรับทางซ้าย 6.71 เมตร เกิดแรงเฉือนที่หน้าตัดเท่ากับ 2,000.00 กิโลกรัม เกิดโมเมนต์ดัด 13,420.00 กิโลกรัม•เมตร และเกิดมุมหมุน 0.00 เรเดียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ในบทนี้จะกล่าวถึงภาษาคอมพิวเตอร์ที่เขียนเพื่อแสดงหน้าตาการใช้งานทั้งบนสมาร์ตโฟนและเว็บไซต์ ส่วนภาษาที่ใช้เขียนแอปพลิเคชัน ผู้สนใจสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้ในแผ่นซีดีที่แนบไว้กับปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ภาษาที่แสดงหน้าตาการใช้งานบนสมาร์ตโฟน

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en" style="height: 100%;">
<head>
  <title>ZBeam 1.0beta</title>
  <link rel="icon" type="image/png" href="pic/logo.png">
  <title>Bootstrap Example</title>
  <meta charset="utf-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" href="lib/bootstrap.min.css">
  <script src="lib/jquery.min.js"></script>
  <link rel="stylesheet" href="lib/bootstrap.min.css">
  <style>
  body{overflow-x:hidden; overflow-Y:hidden;background-color: #c1c1c1; padding:0px;
margin:0px;
  max-width: 100%;
  height: 100%;
  }
  #ifm{border-width: 0px;width:100%;height:100%;box-shadow: 0 4px 8px 0 rgba(0, 0,
0, 0.2), 0 6px 20px 0 rgba(0, 0, 0, 0.19);
    margin-right: 0px; margin-left: 0px; display: block; width: 100%; height: 100%;
border: none;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
  #egrid{
  height:100%
  padding-right: 0px;
  padding-left: 0px;
  padding-top:0px;
  padding-bottom:0px;
  }
  div.row{height:100%
  margin-right: 0px; margin-left: 0px;max-width: 100%;}
</style>
</head>
<body style="height: 100%;">
<div class="row" style="height: 100%;">
                <div class="col-sm-1 col-md-1 col-lg-4 visible-md visible-lg visible-sm"
style="height: 100%;"></div>
                <div class="col-sm-10 col-md-10 col-lg-4 height:100%" id="egrid"
style="height: 100%;padding-right: 0px;padding-left: 0px;">
                <iframe id="ifm" src="index.html" style="height: 100%;">
          <p>Your browser does not support iframes.</p>
      </iframe>
                <p>test</p>
                </div>
                <div class="col-sm-1 col-md-1 col-lg-4 visible-md visible-lg visible-sm
height:100%" style="height: 100%;"></div>
</div>
</body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาที่แสดงหน้าตาการใช้งานบนเว็บไซต์

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
  <title>ZBeam 1.0beta</title>
  <link rel="icon" type="image/png" href="pic/logo.png">
  <meta charset="utf-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
  <link rel="stylesheet" href="lib/bootstrap.min.css">
  <script src="lib/jquery.min.js"></script>
  <script src="lib/bootstrap.min.js"></script>
  <script src="lib/Math.js"></script>
  <script src="lib/Chart.bundle.js"></script>
  <script src="aglib/AlgoSec1.js"></script>
  <script src="aglib/CjMain.js"></script>
  <script src="aglib/GcjD.js"></script>
  <script src="aglib/GcjS.js"></script>
  <script src="aglib/GForce.js"></script>
  <script src="aglib/GMoment.js"></script>
  <script src="aglib/InputAndSort.js"></script>
  <script src="aglib/ReData.js"></script>
  <script src="aglib/ReCon.js"></script>
  <script src="aglib/FindCross.js"></script>
  <script src="aglib/OutCheck.js"></script>
  <script src="aglib/Graph.js"></script>
  <style>
  body{background-color: #c1c1c1;max-width: 100%;overflow-x: hidden;}
        #all1{max-width: 100%;overflow-x: hidden;}
        #section1{padding-top:50px;padding-bottom:20px;color: #595959; background-
color: #E6E6E6;}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#section2{padding-top:50px;padding-bottom:20px;color: #595959; background-color: #f3f3f3;}

#section3{padding-top:50px;padding-bottom:20px;color: #000; background-color: #fff;}img.logo{position: absolute;left: 30px;top: 1px;}div.form-group{padding-left: 1em;padding-right: 1em;}div.offs{padding-left: 1em;padding-right: 1em;margin-top: 15px;margin-bottom: 15px;}h1{font-weight: bold;}canvas{display: block; margin: 0 auto;}div.f-find-cross{font-weight: bold;}img.picforce{display:inline-block; height:50%;} h3{display:inline-block;}h5{display:inline-block;}p.showMV{display:inline-block}#breset{display:inline-block;position: relative;top:-9px;}#bedit{display:inline-block;}#ffcs{} #ssbo{position: relative;top:-3px;color: #adadad;}#unitc{color:#8e8e8e;}div.fixed{position: fixed; top: 55px; right:10px;}#egrid{padding-right: 0px; padding-left: 0px;}
</style>
</head>
<body id="all1">
<nav class="navbar navbar-inverse navbar-fixed-top">
        <div class="container-fluid">
        <div class="navbar-header">
        <button type="button" class="navbar-toggle" data-toggle="collapse" data-target="#myNavbar">
        <span class="icon-bar">
        </span>
        <span class="icon-bar">
        </span>
        <span class="icon-bar">
        </span>
        </button>
        <img src="pic/logo.svg" alt="ZBeam Logo" height="50px">
        </div>
        <div>
        <div class="collapse navbar-collapse" id="myNavbar">
        <ul class="nav navbar-nav">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<li><a href="#section1">Input</a></li>
<li><a href="#section2">Edit</a></li>
<li><a href="#section3">Result</a></li>
</ul>
</div>
</div>
</div>
</nav>
<div id="section1" class="container-fluid">
<center><h1>Input</h1></center>
<hr width="96%" size="10"> <h3> Add Beam  </h3>
<h5 id="ssbo">[ Support simple beam only ]   </h5>
<form>
<div class="form-group"><label>
<h4 > Beam Lenght   <font id="unitc">[ m
]</font></h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="bl" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label><h4 > Beam E   <font id="unitc">[
kg/cm<sup>2</sup>]</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="be"
placeholder="0"></div>
<div class="form-group">
<label><h4 > Beam I   <font id="unitc">[
cm<sup>4</sup>]</font>
</h4>
</label>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<input type="number" class="form-control" id="bi" placeholder="0">
</div>
</form>
<center>
<button type="button" class="btn btn-primary"
onclick="getBeam()">Add
</button>
</center>
<hr width="96%"><h3> Add Point Load   
</h3><img id="picforce" src="pic/force.svg" height="30px">
<form>
<div class="form-group">
<label>
<h4> Load Magnitude   <font id="unitc">[ kg ]
</font>
</h4> </label>
<input type="number" class="form-control" id="fv1p" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label><h4> Load Location   <font id="unitc">[ m ]
</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fx1 p"
placeholder="location from 0">
</div></form>
<center>
<button type="button" class="btn btn-primary"
onclick="getForce1()">Add</button>
</center>
<hr width="96%"><h3> Add Uniform Distributed Load</h3>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<center>
<img id="picforce" src="pic/force.svg" height="30px">
</center><form>
<div class="form-group">
<label>
<h4 > Load Magnitude   <font id="unitc">[ kg/m
]</font></h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fv1u" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label>
<h4> Start Location   <font id="unitc">[ m ]</font>
</h4>
</label><input type="number" class="form-control" id="fx1 u"
placeholder="location from 0">
</div>
<div class="form-group">
<label>
<h4> End Location   <font id="unitc">[ m ]
</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fx2 u"
placeholder="location from 0">
</div>
</form>
<center>
<button type="button" class="btn btn-primary"
onclick="getForce2()">Add</button>
</center>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<hr width="96%"><h3> Add Triangular Distributed Load</h3>
<center>
<img id="picforce" src="pic/force.svg" height="30px">
</center><form>
<div class="form-group">
<label>
<h4 > Start Magnitude   <font id="unitc">[ kg/m
]</font></h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fv1t" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label>
<h4 > End Magnitude   <font id="unitc">[ kg/m
]</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fv2t" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label>
<h4> Start Location   <font id="unitc">[ m ]</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="fx1 t"
placeholder="location from 0"></div>
<div class="form-group">
<label>
<h4> End Location   <font id="unitc">[ m ]</font>
</h4>
</label>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<input type="number" class="form-control" id="fx2 t"
placeholder="location from 0">
</div></form>
<center>
<button type="button" class="btn btn-primary"
onclick="getForce3()">Add</button>
</center>
<hr width="96%">
<h3 > Add Moment   </h3><img id="picforce"
src="pic/moment.svg" height="30px"><form>
<div class="form-group">
<label>
<h4 > Moment Magnitude   <font id="unitc">[
kg<sup>.</sup>m ]</font></h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="mv" placeholder="0">
</div>
<div class="form-group">
<label>
<h4 > Moment Location   <font id="unitc">[ m
]</font>
</h4>
</label>
<input type="number" class="form-control" id="mx"
placeholder="location from 0">
</div>
</form>
<center>
<button type="button" class="btn btn-primary"
onclick="getMo()">Add</button>
</center>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                </div>
                <div id="section2" class="container-fluid">
                <center>
                <h1
id="bedit">         Edit &n
bsp; </h1>
                <button id="breset" type="button" class="btn btn-default"
onclick="startAR()">Reset</button>
                </center>
                <form class="form-inline"><span>Beam Lenght ..... </span>
                <span id="showBL" ></span></form>
                <form class="form-inline"><span>Beam EI ..... </span>
                <span id="showBEI" ></span></form>
                <hr width="100%" size="1">
                <form class="form-inline"><span>Force position 1 .. </span>
                <span id="showFX1" ></span>
                </form>
                <form class="form-inline">
                <span>Force position 2 .. </span>
                <span id="showFX2" ></span></form>
                <form class="form-inline"><span>Force value 1 ..... </span>
                <span id="showFV1" ></span></form>
                <form class="form-inline"><span>Force value 2 ..... </span>
                <span id="showFV2" ></span></form>
                <form class="form-inline">
                <span>Force Type ..... </span><span id="showFT" ></span>
                </form>
                <hr width="100%" size="1"><form class="form-inline"><span>Moment
position . </span>
                <span id="showMX" ></span></form>
<form class="form-inline"><span>Moment value ..... </span>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<span id="showMV" ></span></form>
<hr width="100%" size="1"></div>
<div id="section3" class="container-fluid">
<center><h1>Result</h1></center>
<hr width="100%" size="1">
<div>
<center>
<span id="ffcs"><b>Find Cross Section</b>  </span>
<button type="button" class="btn btn-primary" onclick="FindCross()">Add</button>
</center>
</div>
<div class="offs"><input type="number" class="form-control" id="fcs" placeholder="location from 0"></div>
<div class="offs">
<form class="form-inline">
<span>Force left ..... : </span>
<span id="showFCS1"></span>
<span> kg</span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Force right ... : </span>
<span id="showFCS2"></span>
<span> kg</span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Moment left . : </span>
<span id="showFCS3"></span>
<span> kg<sup>.</sup>m</span>
</form>
<form class="form-inline">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<span>Moment right : </span>
<span id="showFCS4"></span>
<span> kg<sup>.</sup>m</span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Degree ..... : </span>
<span id="showFCS5"></span>
<span> rad</span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Deflection .... : </span>
<span id="showFCS6"></span>
<span> cm</span>
</form>
</div>
<hr width="100%" size="1">
<div id="chart-container">
<canvas id="shear-force-diagram" width="300" height="225"></canvas>
<canvas id="bending-moment-diagram" width="3 0 0 "
height="225"></canvas>
<canvas id="degree-diagram" width="300" height="225"></canvas>
<canvas id="deflection-diagram" width="300" height="225"></canvas>
</div>
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<center>
<span><b>>>>>> Array Result <<<<<</b></span>
</center>
</form>
<hr width="100%" size="1"><form class="form-inline"><span>Position
from 0 .. 
</span>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<span id="showFXAN" ></span>
</form>
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span>Force ax<sup>2</sup>..... </span>
<span id="showFa" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Force bx ..... </span>
<span id="showFb" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Force c ..... </span>
<span id="showFc" ></span>
</form>
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span>Moment ax<sup>3</sup>..... </span>
<span id="showMa" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Moment bx<sup>2</sup>..... </span>
<span id="showMb" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Moment cx ..... </span>
<span id="showMc" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Moment d ..... </span>
<span id="showMd" ></span>
</form>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span>Position from 0 .. </span>
<span id="showcMx" ></span>
</form>
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span>Degree ax<sup>4</sup>..... </span>
<span id="cSa" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Degree bx<sup>3</sup>..... </span>
<span id="cSb" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Degree cx<sup>2</sup>..... </span>
<span id="cSc" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Degree dx ..... </span>
<span id="cSd" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Degree e ..... </span>
<span id="cSe" ></span>
</form><hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span>Deflection ax<sup>5</sup>.... </span>
<span id="cDa" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<span>Deflection bx<sup>4</sup>.... </span>
<span id="cDb" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Deflection cx<sup>3</sup>.... </span>
<span id                    ="cDc" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Deflection dx<sup>2</sup>.... </span>
<span id="cDd" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Deflection ex .... </span>
<span id="cDe" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Deflection f ..... </span>
<span id="cDf" ></span>
</form><hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<center>
<span><b>>>>>> Debug Result <<<<<</b></span>
</center>
</form>
<hr width="100%" size="1">
<form class="form-inline">
<span id="ELog">Input Log .....   ~ N/A ~</span>
</form>
<form class="form-inline"><span>cMd==></span>
<span id="showcMd" ></span>
</form>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<form class="form-inline"><span>Fs1==></span>
<span id="showFs1" ></span>
</form><form class="form-inline">
<span>Fs2==></span>
<span id="showFs2" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Ms1==></span>
<span id="showMs1" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Ms2==></span>
<span id="showMs2" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>cSx==></span>
<span          id="cSx" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>cDx==></span>
<span id="cDx" ></span>
</form>
<div style="display:none;">
<form class="form-inline">
<span>*FX1.][_</span>
<span id="showFX1N" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>FX2--][_</span>
<span id="showFX2N" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>FV1--][_</span>
<span id="showFV1N" ></span>
</form>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<form class="form-inline"><span>FV2--][_</span>
<span id="showFV2N" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>FT---.][_</span>
<span id="showFTN" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Zfms1==</span>
<span id="showZfms1" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Zfms2==</span>
<span id="showZfms2" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>AI===></span>
<span id="CheckAI" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>P==></span>
<span id="showP" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>Q==></span>
<span id="showQ" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>cXb==></span>
<span id="showcXb" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>*SX--][_</span>
<span id="showSX" ></span>
</form>
<form class="form-inline"><span>ST---.][_</span>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
<span id="showST" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>Type==</span>
<span id="chS" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>cMa==></span>
<span id="showcMa" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>cMb==></span>
<span id="showcMb" ></span>
</form>
<form class="form-inline">
<span>cMc==></span>
<span id="showcMc" ></span>
</form>
</div>
</div>
<div class="fixed"> <p id="ELog2"></p>
</div>

</body>
</html>
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้