บทที่ 6

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคำนวณหาโมเมนต์ดัด

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นจากสมการ การหาโมเมนต์ดัดที่ได้อธิบายไปแล้วในบทที่ผ่านมา โดยตัวโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะถูกเขียนขึ้นจากโปรแกรมแมทแล็บ (MATLAB) โดยสามารถนำไปใช้งานได้โดยตรงกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โปรแกรมนี้เขียนขึ้นเพื่อใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง ในการรับภาระแบบสถิตในกรณีต่าง ๆ ซึ่งจะใช้ค่าของขนาดและระยะต่าง ๆ ของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการคำนวณ ซึ่งในการนำไปใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นกับรถบรรทุกหกล้อโมเดลอื่นก็สามารถทำได้โดยง่าย โดยการเปลี่ยนค่าข้อมูลนำเข้า ให้เป็นค่าของรถบรรทุกโมเดลที่ต้องการหาโมเมนต์ดัด โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นมีทั้งหมด 6 โปรแกรมหลัก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 โปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 1

1 ลักษณะของโปรแกรม

ภาระที่มาจากกรณีที่ 1 นี้ คือ ภาระจากน้ำหนักของอุปกรณ์ และน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดในภาระกรณีนี้ จะแบ่งออกเป็น 3 โปรแกรม คือ

(1) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระแบบที่มีแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกแบบเป็นจุด (Concentrated Load) ตามตำแหน่งต่าง ๆ

(2) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระแบบที่มีแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกแบบเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอ (Distributed Load) แบบเต็มระยะที่บรรทุก

(3) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระแบบที่มีแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกแบบเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอ (Distributed Load) ในบางส่วนของระยะบรรทุก

ทั้ง 3 โปรแกรมจะใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่ชนิดของภาระที่กระทำซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันตามขั้นตอนดังนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

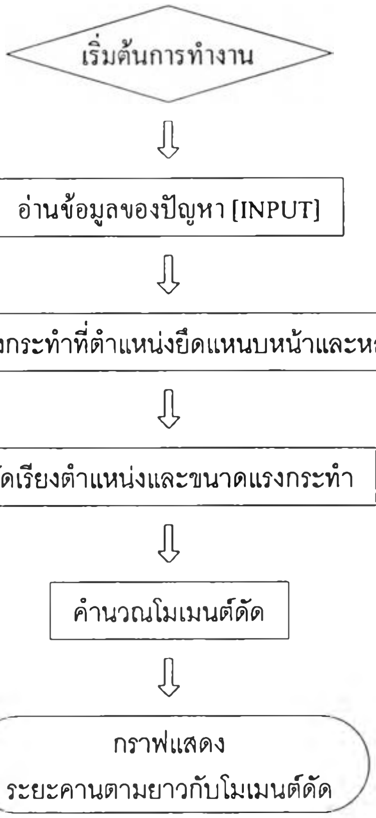
1.2 คำนวณหาแรงปฏิกิริยา ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลัง

1.3 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

1.4 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น โดยตัดคานออกทีละส่วนแล้วพิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ส่วนตัดคานทางด้านซ้าย

1.5 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิด

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดจากภาระกรณีที่ 1

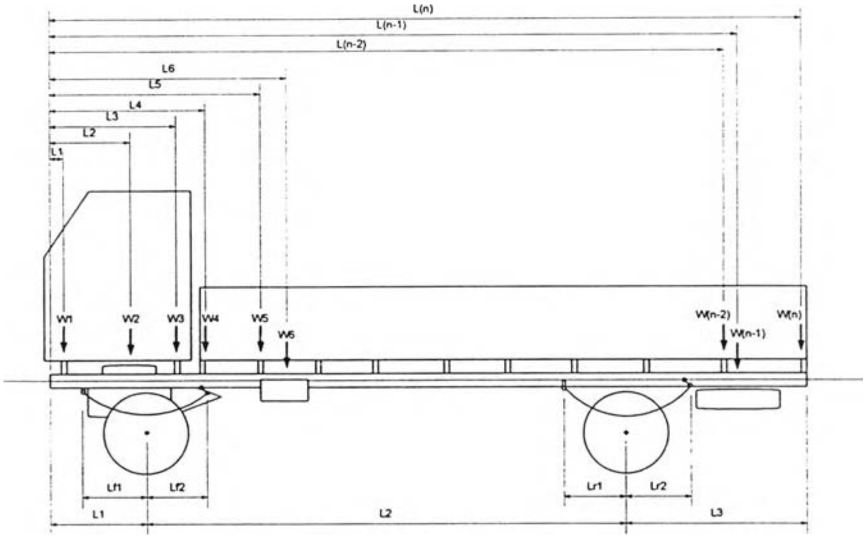
2 รายละเอียดของโปรแกรม

รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

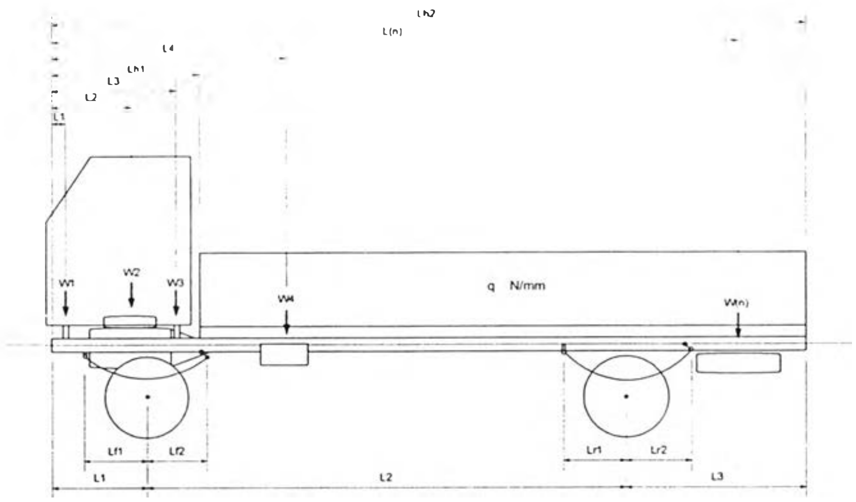
ลักษณะของข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมนี้ จะแยกออกเป็น 3 กรณี คือ

(1) ข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระแบบที่มีแรงกระทำจากน้ำหนักบรรทุกแบบเป็นจุด ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย จำนวนของแรง ขนาดและระยะของแรง ที่กระทำเป็นจุดทั้งหมด ระยะจากหน้ารถถึงล้อหน้า ระยะล้อหน้าถึงล้อหลัง ระยะล้อหลังถึงหลังรถ และระยะแหนบหน้าและแหนบหลัง ตามรูปที่ 6.2



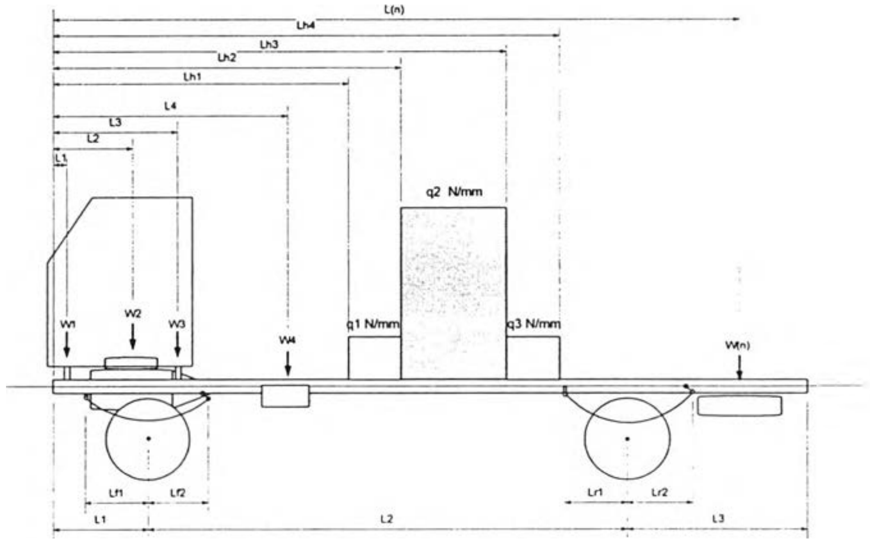
รูปที่ 6.2 ค่าต่างที่ใส่ในข้อมูลนำเข้ากรณีภาระจากน้ำหนักบรรทุกเป็นแรงกระทำแบบจุด

(2) ข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณกรณีภาระจากน้ำหนักบรรทุกเป็นแรงกระจายสม่ำเสมอเต็มระยะที่ใช้บรรทุก ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย จำนวนของแรง ขนาดและระยะของแรง ที่กระทำเป็นจุด จำนวนของภาระและขนาดที่กระทำแบบสม่ำเสมอ ระยะเริ่มต้นและสิ้นสุดของภาระแบบสม่ำเสมอ ระยะจากหน้ารถถึงล้อหน้า ระยะล้อหน้าถึงล้อหลัง ระยะล้อหลังถึงหลังรถ และระยะแหนบหน้าและแหนบหลัง ตามรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.3 ค่าต่างที่ใส่ในข้อมูลนำเข้ากรณีภาระจากน้ำหนักบรรทุกเป็นแรงกระจายเต็มระยะบรรทุก

(3) ข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณกรณีภาระจากน้ำหนักบรรทุกเป็นแรงกระจายในบางส่วนของระยะที่ใช้บรรทุก ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย จำนวนของแรง ขนาดและระยะของแรง ที่กระทำเป็นจุด จำนวนของภาระและขนาดที่กระทำแบบสม่ำเสมอ ระยะเริ่มต้นและสิ้นสุดของภาระแบบสม่ำเสมอในแต่ละช่วงที่กระทำ ระยะจากหน้ารถถึงล้อหน้า ระยะล้อหน้าถึงล้อหลัง ระยะล้อหลังถึงหลังรถ และระยะแหนบหน้าและแหนบหลัง ตามรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 ค่าต่างที่ใส่ในข้อมูลนำเข้ากรณีภาระจากน้ำหนักบรรทุกเป็นแรงกระจายในบางส่วนของระยะบรรทุก

4. ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว

6.2 โปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 2

1 ลักษณะของโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกในการรับภาระในกรณีที่ 2 นี้ จะแบ่งออกเป็นสองโปรแกรมคือ

(1) โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากการเบรก

(2) โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากการเร่งออกตัว

ทั้ง 2 โปรแกรมจะใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่การหาแรงที่กระทำที่โครงกรอบซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันตามขั้นตอนดังนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

1.2 คำนวณหาแรงเบรกที่เกิดขึ้นที่ล้อหน้าและล้อหลัง สำหรับกรณี (1)
คำนวณแรงฉุดสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ล้อหลัง สำหรับกรณี (2)

1.3 คำนวณหาแรงเฉื่อยที่ของล้อหน้าและล้อหลังเมื่อรถเบรก สำหรับกรณี (1)
คำนวณหาความเร่งของรถที่เกิดขึ้น สำหรับกรณี (2)

1.4 คำนวณหาแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งจุดยึดห้องโดยสาร

1.5 คำนวณหาแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งจุดยึดจุดหน้าสุดและหลังสุดของกระบะบรรทุก

1.6 คำนวณหาแรงที่กระทำ ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลัง

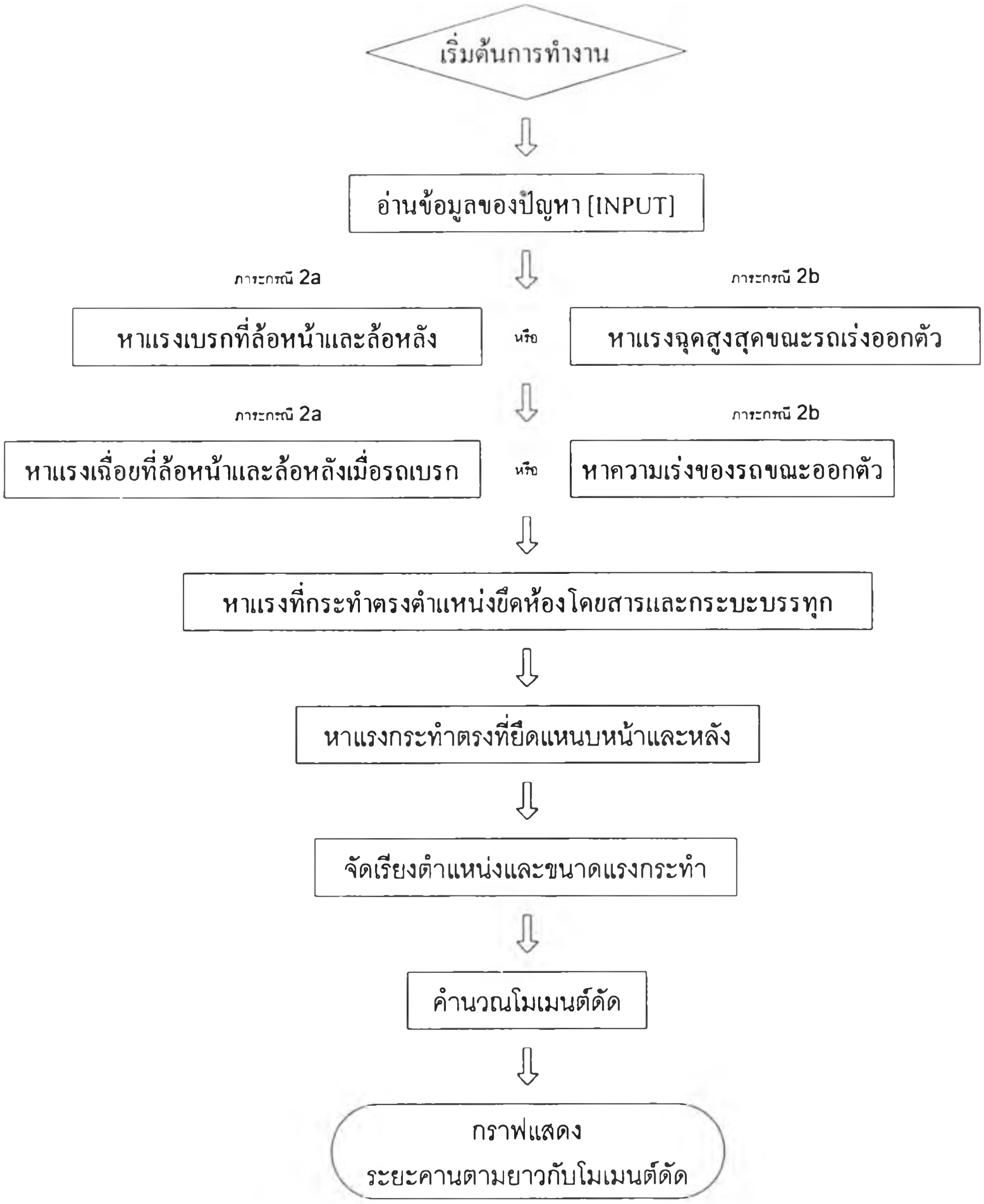
1.7 คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่จุดยึดแหนบหน้าและแหนบหลัง

1.8 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระทั้งหมดเพื่อใช้ในการคำนวณ

1.9 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น โดยตัดคานออกทีละส่วนแล้วพิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ส่วนตัดคานทางด้านซ้าย

1.10 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิด

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.5



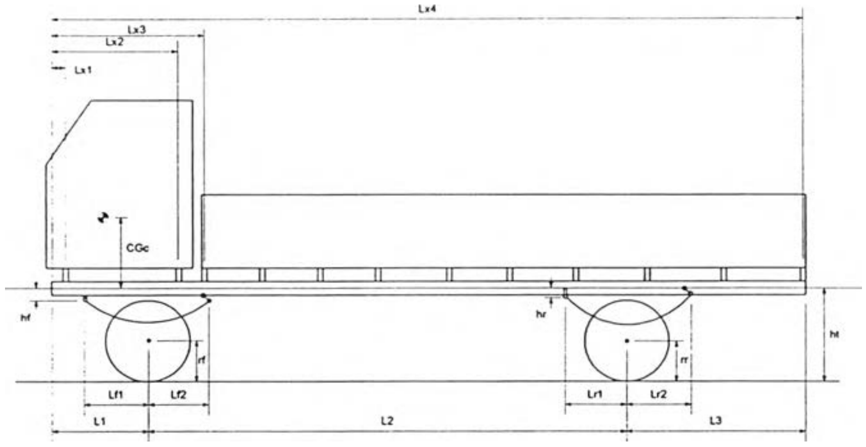
รูปที่ 6.5 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดจากภาระกรณีที่ 2

2 รายละเอียดของโปรแกรม

รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระที่เกิดจากการเบรก และการเร่งออกตัว จะใช้ข้อมูลนำเข้าที่เหมือนกัน โดยข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและระยะต่าง ๆ ของรถบรรทุก ในรูปที่ 6.6



รูปที่ 6.6 ระยะที่ใส่ในข้อมูลนำเข้าจากภาระกรณีที่ 2 การเบรกและการเร่งออกตัว

4 ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว

6.3 โปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 5

1 ลักษณะของโปรแกรม

โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกในการรับภาระในกรณีที่ 5 นี้ จะแบ่งออกเป็นสองโปรแกรมคือ

(1) โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้า

(2) โปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากการกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลัง

ทั้ง 2 โปรแกรมจะใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบเหมือนกัน แต่จะต่างกันที่การหาแรงที่กระทำที่โครงกรอบซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่เหมือนกันตามขั้นตอนดังนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

1.2 คำนวณหาแรงในแนวดิ่งที่กระทำกับรถที่เพลาหน้า สำหรับกรณี (1)

คำนวณหาแรงในแนวดิ่งที่กระทำกับรถที่เพลาหลัง สำหรับกรณี (2)

1.3 คำนวณหาความเร่งเชิงเส้นและความเร่งเชิงมุมของรถเนื่องจากมีแรงมากระทำ

1.4 คำนวณหาแรงที่กระทำกับโครงกรอบตรงตำแหน่งจุดยึดห้องโดยสารจุดยึดเครื่องยนต์ จุดยึดกระบะบรรทุกในแต่ละจุด เนื่องจากแรงกระทำในแนวดิ่ง

1.5 แบ่งแรงในแนวดิ่งที่กระทำ ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้า สำหรับกรณี (1)

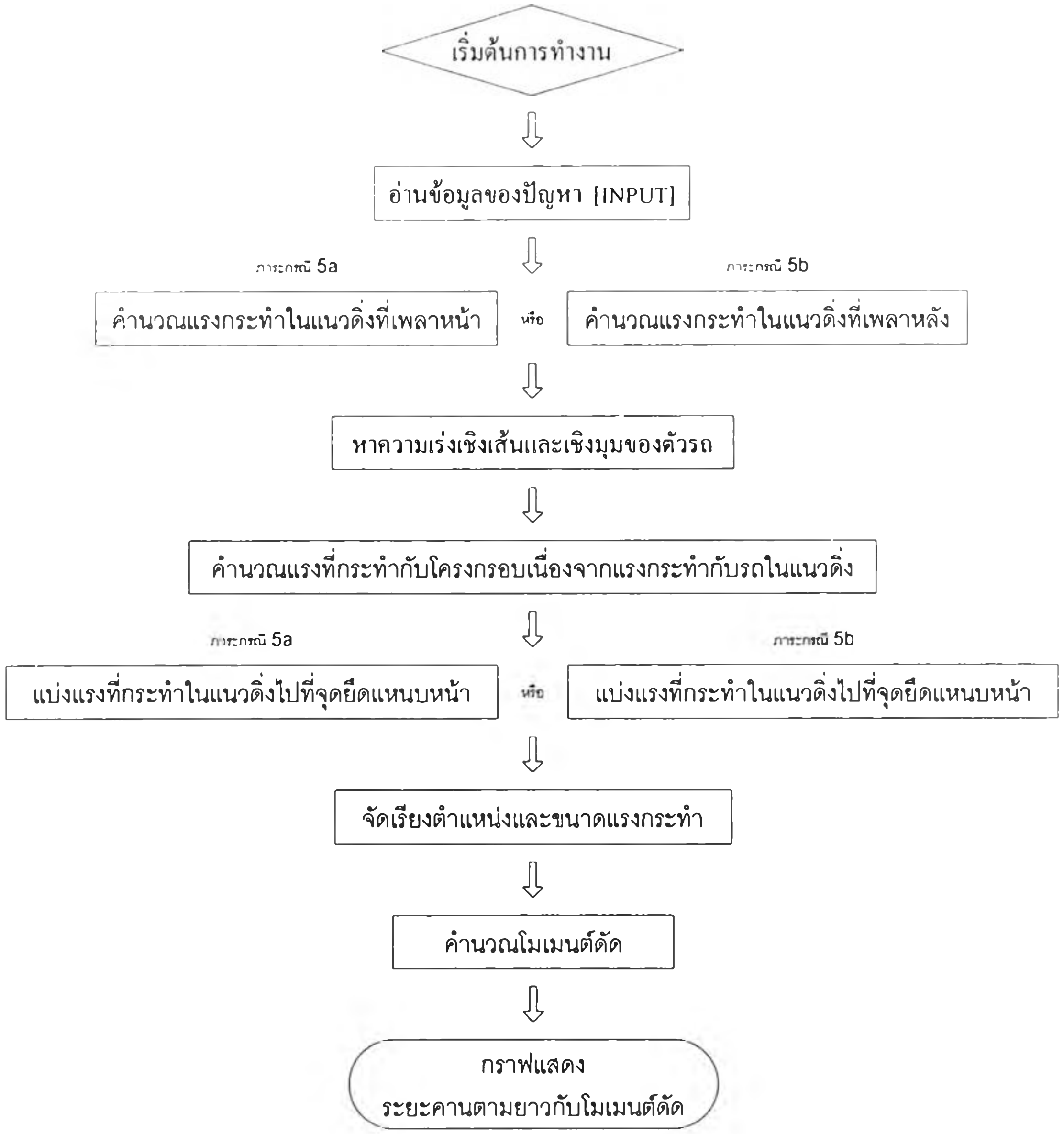
แบ่งแรงในแนวดิ่งที่กระทำ ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหลัง สำหรับกรณี (2)

1.6 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระทั้งหมดเพื่อใช้ในการคำนวณ

1.7 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น โดยตัดคานออกทีละส่วนแล้วพิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ส่วนตัดคานทางด้านซ้าย

1.8 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิด

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.7



รูปที่ 6.7 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดจากภาระกรณีที่ 5

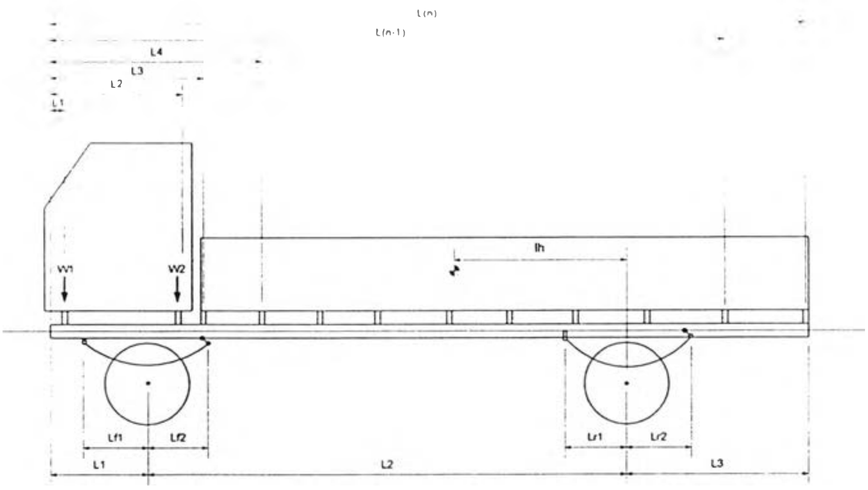
2 รายละเอียดของโปรแกรม

รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณภาระที่เกิดจากการแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้าและที่เพลาหลัง จะใช้ข้อมูลนำเข้าที่เหมือนกัน โดยข้อมูลนำเข้าจะ

ประกอบไปด้วย ระยะ น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ ของรถบรรทุก ซึ่งดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและตามรูปที่ 6.8



รูปที่ 6.8 ระยะที่ใส่ในข้อมูลนำเข้าจากภาระกรณีที่ 5 แรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้าและเพลาหลัง

4 ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว

6.4 โปรแกรมที่ในการคำนวณภาระในกรณีที่ 4

1 ลักษณะของโปรแกรม

ภาระในกรณีที่ 4 นี้เกิดขึ้นจากการที่ล้อหน้าข้างหนึ่งถูกยกตัวขึ้นสูงจากพื้นถนนระดับปกติ 30 เซนติเมตร โดยล้อที่เหลือยังอยู่ที่พื้นระดับปกติ ซึ่งทำให้โครงกรอบของรถบรรทุกมีการบิดตัวและเกิดโมเมนต์ดัดขึ้น การแก้ปัญหาเพื่อหาโมเมนต์ดัดจะทำตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้ โดยโปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 4 นี้มีขั้นตอนการทำงานตามขั้นตอนนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

1.2 คำนวณหาโมเมนต์ความเฉื่อยของคานแต่ละชิ้น เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณต่อ

1.3 คำนวณหาโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นที่คานตามขวางตัวแรกสุด เมื่อกำหนดให้โมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบของรถบรรทุกเกิดการบิดตัวเป็น 1 N.mm

1.4 ใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิดกับโมเมนต์ความเฉื่อยหาค่าโมเมนต์บิดของคานชิ้นต่อๆ โดยโมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบของรถบรรทุกบิดตัวเป็น 1 N.mm

1.5 คำนวณหาค่าความต้านทานความแข็งรวมของโครงกรอบ ค่าคงที่ของยางรถล้อหน้าและล้อหลัง ค่าคงที่ของสปริงแหนบหน้าและแหนบหลัง

1.6 คำนวณหาโมเมนต์ที่เกิดจากการที่ล้อหน้าด้านหนึ่งถูกยกตัวขึ้น 30 เซนติเมตร ตามสมการที่ (2.30)

1.7 คำนวณหาแรงกระทำตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลังเนื่องจากโมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบบิดตัวเป็น 1 N.mm

1.8 หาแรงเฉือนที่เกิดขึ้นที่คานตามขวางอันมาจากโมเมนต์บิดในคานตามยาว

1.9 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระที่กระทำกับโครงกรอบเพื่อใช้ในการคำนวณ

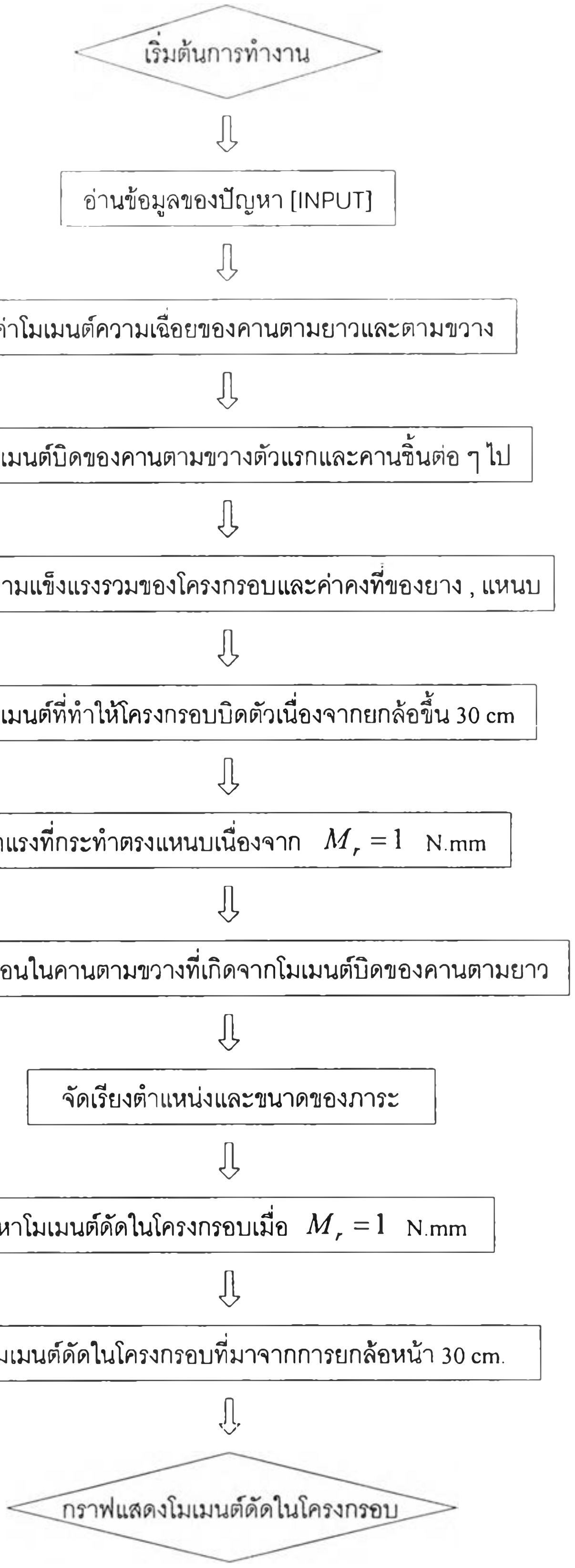
1.10 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาว เนื่องจากโมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบบิดตัวเป็น 1 N.mm โดยตัดคานออกทีละส่วนแล้วพิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ส่วนตัดคานทางด้านซ้าย

1.11 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามขวาง จากแรงเฉือนที่เกิดขึ้น เนื่องจากโมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบบิดตัวเป็น 1 N.mm

1.12 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวางเนื่องจากการที่ล้อหน้าด้านหนึ่งถูกยกตัวขึ้น 30 เซนติเมตร

1.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.9



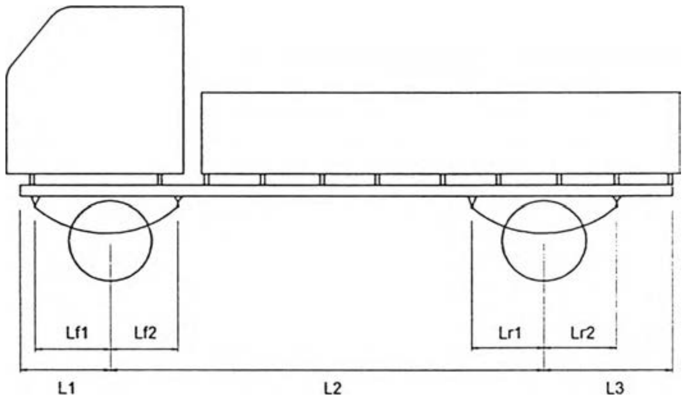
รูปที่ 6.9 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นโครงกรอบเนื่องจากภาระกรณีที่ 4

2 รายละเอียดของโปรแกรม

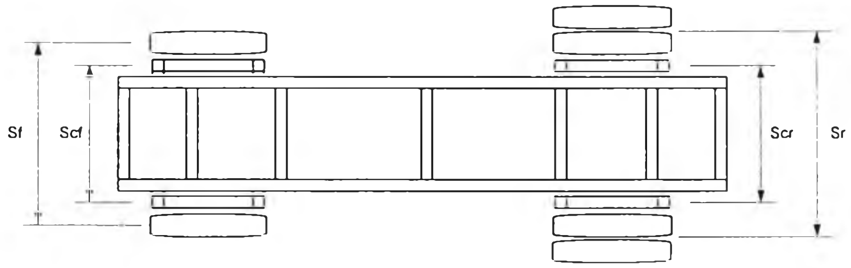
รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

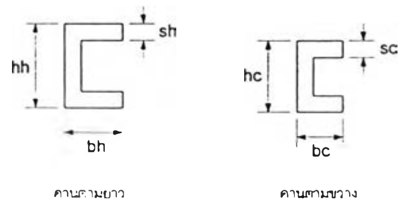
ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นเนื่องจากการที่ล้อหน้าด้านหนึ่งถูกยกขึ้น 30 เซนติเมตร โดยล้อที่เหลือทั้งสามอยู่ที่พื้นระดับปกติ ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย ระยะต่าง ๆ ของตัวรถ ดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและตามในรูปที่ 6.13 (ข) ซึ่งเป็นระยะที่ใช้ร่วมกันในโปรแกรมนี้ด้วย และระยะตามในรูปที่ 6.10



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 6.10 ระยะที่ใส่ในข้อมูลนำเข้าจากภาระกรณีที่ 4

4 ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว

6.5 โปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 3

1 ลักษณะของโปรแกรม

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากภาระในกรณีนี้จะมีโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับของโครงกรอบ โปรแกรมนี้จะคิดเฉพาะน้ำหนักของห้องโดยสาร และน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก เพราะมีจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงกว่าแนวแกนระดับของโครงกรอบ ดังนั้นโปรแกรมที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นของโครงกรอบรถบรรทุกเมื่อรถอยู่ในโค้งหรือในการรับภาระในกรณีที่ 3 นี้ จะแบ่งออกเป็นสองโปรแกรมคือ

โปรแกรม (1) ใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากแรงกระทำในแนวดิ่งเนื่องจากน้ำหนักของห้องโดยสารและของที่บรรทุกเมื่อรถวิ่งอยู่ในโค้ง โปรแกรมนี้จะเหมือนกับโปรแกรมที่ใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดจากภาระในกรณีที่ 1 ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ ดัด

1.2 คำนวณหาแรงที่กระทำในแนวดิ่งต่อโครงกรอบเมื่อรถรับภาระขณะอยู่ในโค้ง

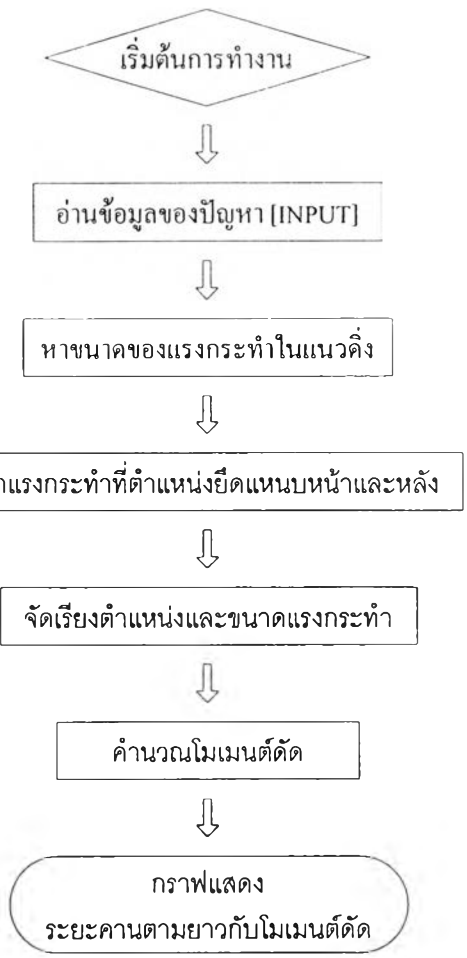
1.3 คำนวณหาแรงปฏิกิริยา ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลัง

1.4 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระทั้งหมดเพื่อใช้ในการคำนวณ

1.5 คำนวณค่าโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น โดยตัดคานออกทีละส่วนแล้วพิจารณาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ส่วนตัดคานทางด้านซ้าย

1.6 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวกับโมเมนต์ดัดที่เกิด

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.11



รูปที่ 6.11 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งที่คานตามยาวเนื่องจากภาระกรณีที่ 3

โปรแกรม (2) จะใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับที่คานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบด้วยสมการตามการแก้ปัญหาแบบอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิต ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งมีขั้นตอนการทำงานที่ตามขั้นตอนดังนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด
1.2 คำนวณหาแรงที่กระทำในแนวระดับต่อโครงกรอบเมื่อรถรับภาระขณะอยู่ในโค้ง
1.3 คำนวณหาแรงปฏิกิริยาในแนวระดับ ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลัง
1.4 จัดเรียงตำแหน่งและขนาดของภาระทั้งหมดเพื่อใช้ในการคำนวณ
1.5 แบ่งครึ่งขนาดของภาระในแนวระดับที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบ
1.6 คำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งจุดต่อที่กำหนดขึ้น

1.7 คำนวณหาโมเมนต์ดัด M_0 ที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวางจากแรงภายนอกที่กระทำในแนวระดับกับโครงกรอบและแรงภายในที่จุดต่อ

1.8 คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวาง $M_1, M_2, ...M_n$ เมื่อกำหนดให้ $x_1 = x_2 = x_3 =, ...x_n = 1$ $N.mm$

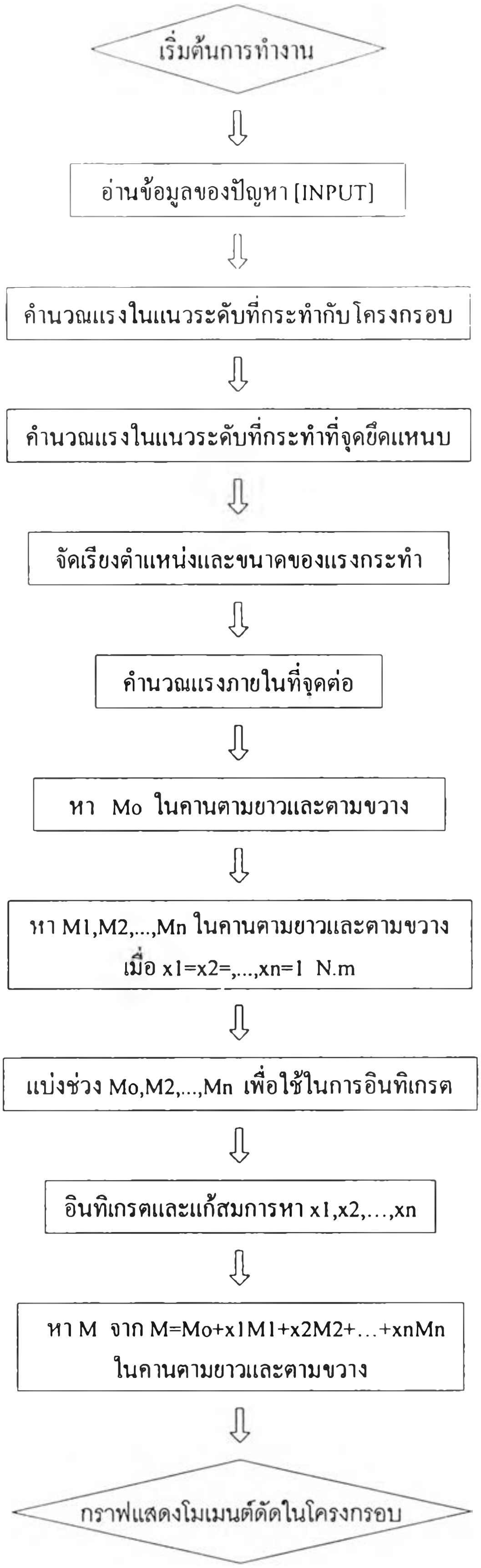
1.9 แบ่งช่วงการอินทิเกรตและหาค่าแต่ละช่วงของการอินทิเกรตของ $M_0, M_1, M_2, ...M_n$

1.10 อินทิเกรตและแก้สมการหาค่า $x_1, x_2, x_3, ...x_n$ ที่เกิดขึ้นจริง

1.11 แทนค่า $x_1, x_2, x_3, ...x_n$ ที่ได้ในสมการ $M = M_0 + x_1 M_1 + x_2 M_2 + ... + x_n M_n$ เพื่อหาโมเมนต์ดัด M ที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวางจริง

1.12 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิด

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.12



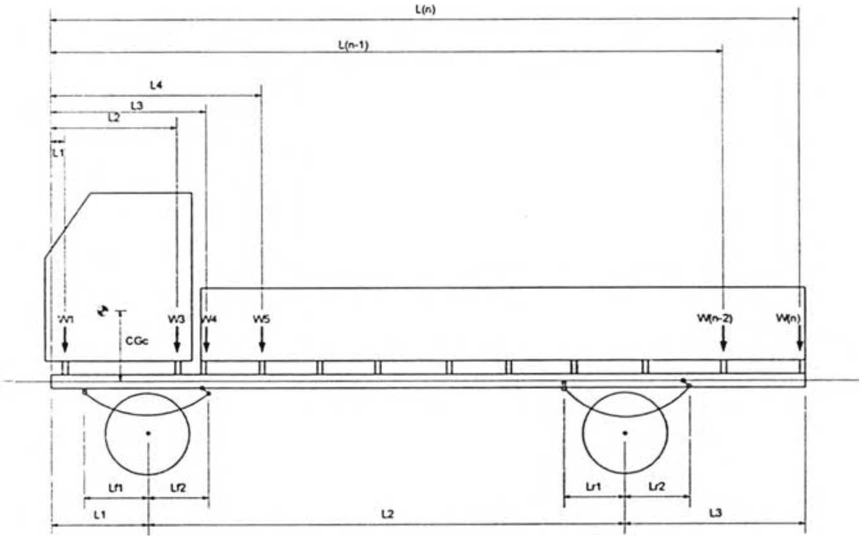
รูปที่ 6.12 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับที่คานตามยาวและตามขวางเนื่องจากภาระกรณีที่ 3

2 รายละเอียดของโปรแกรม

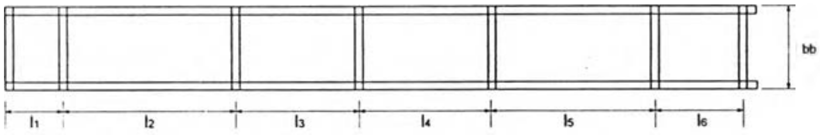
รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (1) และ (2) ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (1) ที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวดิ่งขณะรถอยู่ในโค้งโดยข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและระยะต่าง ๆ ของตัวรถ ตามรูปที่ 6.13 (ก)



(ก)



(ข)

รูปที่ 6.13 ระยะที่ใส่ในข้อมูลนำเข้ากรณีภาระที่ 3 ขณะรถอยู่ในโค้ง

ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (2) ที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบในแนวระดับขณะรถอยู่ในโค้ง ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและระยะต่าง ๆ ของตัวรถบรรทุก ตามรูปที่ 6.13 (ก) ซึ่งเป็นระยะที่ใช้ร่วมกันในโปรแกรมนี้ด้วย และระยะตามรูปที่ 6.13 (ข)

4 ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว

6.6 โปรแกรมที่ใช้คำนวณภาระในกรณีที่ 7

1 ลักษณะของโปรแกรม

ภาระในกรณีที่ 7 นี้เกิดขึ้นขณะที่รถวิ่งแล้วแรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนนที่ล้อทั้งสองด้านไม่เท่ากันส่งผลให้เกิดแรงกระทำกับโครงกรอบในแนวระดับ ซึ่งเป็นปัญหาแบบอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิต เป็นปัญหาในแบบเดียวกับภาระในกรณีที่ 3 โดยโปรแกรมที่ใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดจากภาระในกรณีที่ 7 นี้มีขั้นตอนการทำงานตามขั้นตอนนี้

1.1 เริ่มต้นการทำงานโดยอ่านข้อมูลนำเข้าของปัญหา (Input Data) ซึ่งประกอบด้วยข้อมูล ขนาดภาระ ระยะต่างๆ ที่จำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

1.2 คำนวณหาแรงจากล้อที่ส่งทอดมากระทำในแนวระดับต่อโครงกรอบเมื่อรถมีแรงกระทำที่ล้อทั้งสองด้านไม่เท่ากัน

1.3 คำนวณหาแรงกระทำในแนวระดับ ตรงตำแหน่งที่แหนบรถยึดติดกับโครงกรอบที่แหนบหน้าและแหนบหลัง

1.4 แบ่งครึ่งขนาดของภาระในแนวระดับที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบที่คานบนและคานล่าง

1.5 คำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งจุดต่อที่กำหนดขึ้น

1.6 คำนวณหาโมเมนต์ดัด M_0 ที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวางจากแรงภายนอกที่กระทำในแนวระดับกับโครงกรอบและแรงภายในที่จุดต่อ

1.7 คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวาง $M_1, M_2, \dots M_n$ เมื่อกำหนดให้ $x_1 = x_2 = x_3 =, \dots x_n = 1 \ N.mm$

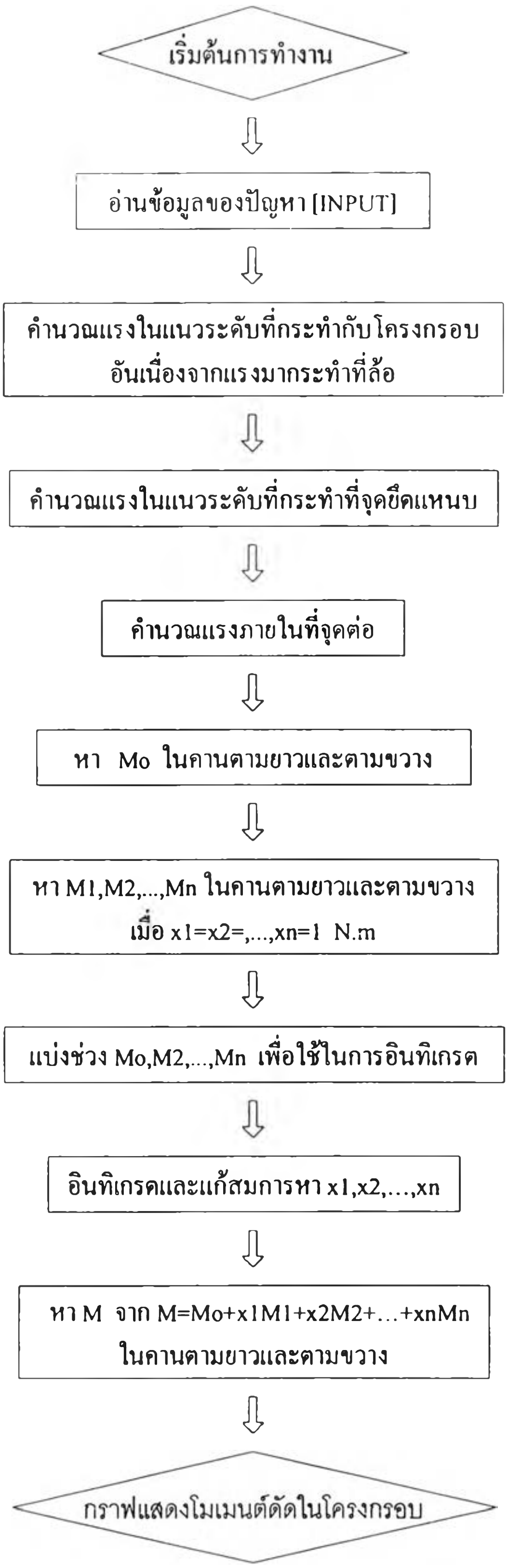
1.8 แบ่งช่วงการอินทิเกรตและหาค่าแต่ละช่วงการอินทิเกรตของ $M_0, M_1, M_2, \dots M_n$

1.9 อินทิเกรตและแก้สมการหาค่า $x_1, x_2, x_3, \dots x_n$ ที่เกิดขึ้นจริง

1.10 แทนค่า $x_1, x_2, x_3, \dots x_n$ ที่ได้ในสมการ $M = M_0 + x_1 M_1 + x_2 M_2 + \dots + x_n M_n$ เพื่อหาโมเมนต์ดัด M ที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวและคานตามขวางจริง

1.11 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะของคานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบกับโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น

ลำดับขั้นตอนการทำงานทั้งหมดของโปรแกรมสามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 6.14



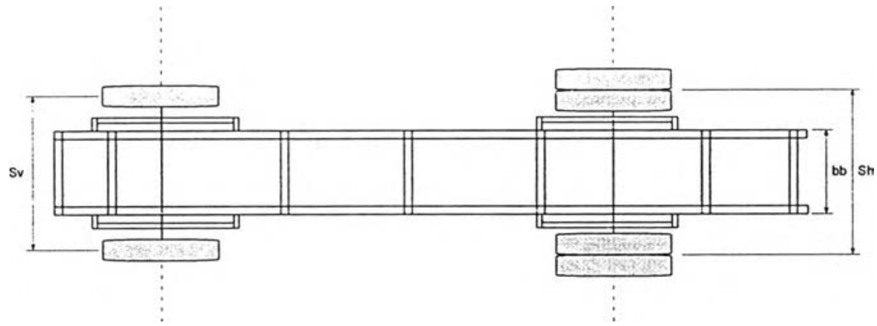
รูปที่ 6.14 ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้หาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับที่คานตามยาวและตามขวางเนื่องจากภาระกรณีที่ 7

2 รายละเอียดของโปรแกรม

รายละเอียดทั้งหมดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้

3 ลักษณะของข้อมูลนำเข้า

ลักษณะข้อมูลนำเข้าที่ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับขณะรถรับภาระที่มาจากแรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนนไม่เท่ากันทั้งสองด้าน ข้อมูลนำเข้าจะประกอบไปด้วย น้ำหนักของส่วนประกอบต่าง ๆ ซึ่งดูได้จากคำอธิบายในโปรแกรมและระยะต่าง ๆ ของตัวรถ ตามรูปที่ 6.13 ซึ่งเป็นระยะที่ใช้ร่วมกันในโปรแกรมนี้ด้วย และระยะตามในรูปที่ 6.15



รูปที่ 6.15 ระยะที่ใส่ในข้อมูลนำเข้าจากภาระกรณีที่ 7

4 ลักษณะของข้อมูลผลลัพธ์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะแสดงออกเป็นกราฟโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่ระยะต่างๆ ที่คานตามยาวและคานตามขวางของโครงกรอบ โดยสามารถจะดูโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ในทุกระยะของคานตามยาว