บทที่ 3

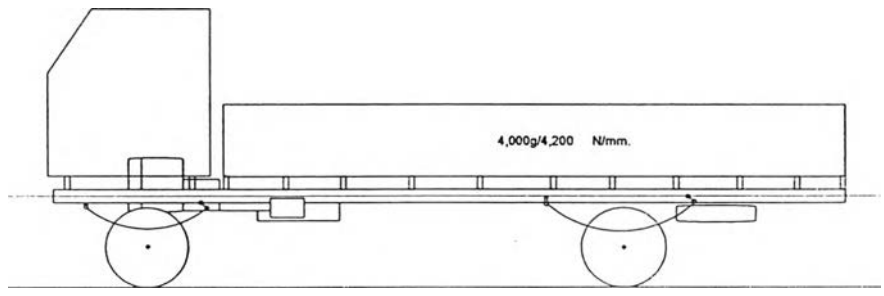
โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างจากการคำนวณทางทฤษฎี

ขณะที่รถบรรทุกวิ่งใช้งานอยู่จะรถบรรทุกจะต้องรับภาระต่างๆหลายชนิดตามลักษณะการใช้งาน เราสามารถจะหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบรถบรรทุกได้โดยการอาศัยทฤษฎีการคำนวณหาโมเมนต์ดัดในบทก่อนหน้านี้ โดยแยกตามชนิดของภาระที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณี ภาระที่เกิดขึ้นจากกรณีที่ 6 หรือภาระที่มาจากแรงกดที่จุดต่อพ่วง ในงานวิจัยนี้จะยังไม่ศึกษาเพราะรถบรรทุกหกล้อส่วนใหญ่ที่ใช้กัน จะไม่มีการต่อพ่วงไว้เพื่อบรรทุก ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นแต่ละกรณีจะใช้ขนาดและระยะต่างๆของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างตามภาคผนวกท้ายเล่ม

รถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเป็นรถบรรทุกที่มีการดัดแปลงใส่คานไม้เสริมไว้ที่คานตามยาวของโครงกรอบและใส่กระบะไว้เพื่อในการใช้งาน โดยตัวกระบะบรรทุกที่ใส่ไปนั้นมีน้ำหนักประมาณ 1 ตัน จากน้ำหนักที่ระบุไว้ ซึ่งจากปกติรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างนี้สามารถรับน้ำหนักได้ถึง 4 ตัน จึงทำให้รถบรรทุกโมเดลตัวอย่างนี้รับน้ำหนักของที่ใส่บรรทุกเข้าไปได้เพียง 3 ตัน

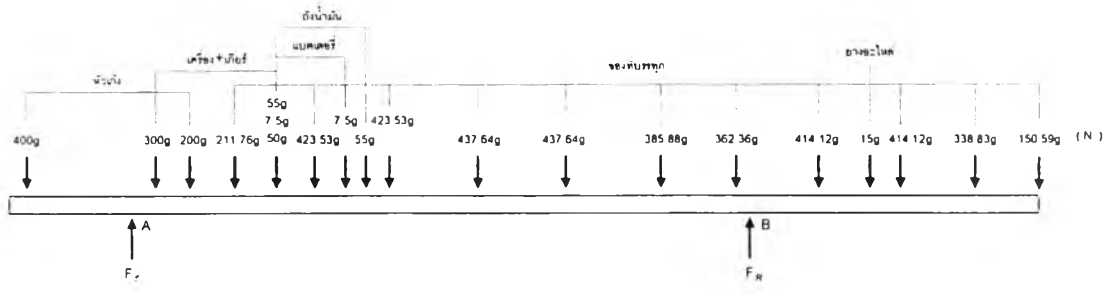
3.1 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 1

ภาระกรณีที่ 1 นี้เป็นภาระที่เกิดจากน้ำหนักของอุปกรณ์ และสิ่งของที่บรรทุกโดยต้องนำมาคิดรวมเสมอในการคิดภาระรวม เพราะเป็นภาระชนิดเดียวที่เกิดขึ้นตลอด แรงที่กระทำกับรถบรรทุกเนื่องจากภาระในกรณีนี้มีหลายประเภท เช่น แรงกระจายสม่ำเสมอ แรงกระทำเป็นจุด ๆ ในหัวข้อนี้จะแสดงให้ดูถึงแรงกระทำเป็นจุด ๆ กับคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุก เนื่องจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก โดยน้ำหนักจากสิ่งของที่บรรทุกจะกระทำต่อคานตามยาวของโครงกรอบผ่านคานไม้ตามขวางสำหรับรองใต้กระบะบรรทุก โดยคิดเป็นแรงกระทำเป็นจุด



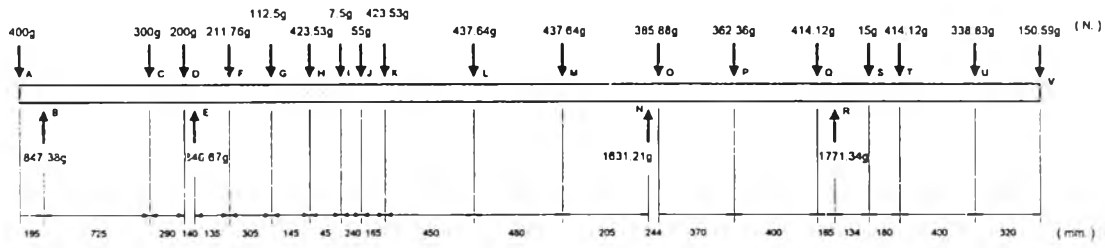
รูปที่ 3.1 รถบรรทุกโมเดลตัวอย่างบรรทุกสิ่งของที่กระบะบรรทุกกระจายสม่ำเสมอเต็มกระบะบรรทุก

สามารถหาน้ำหนักและขนาดต่างๆ ของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างได้ จากภาคผนวกท้ายเล่ม โดยพิจารณาเฉพาะภาระที่อยู่เหนือโครงกรอบ จะได้ตามรูปที่ 3.2



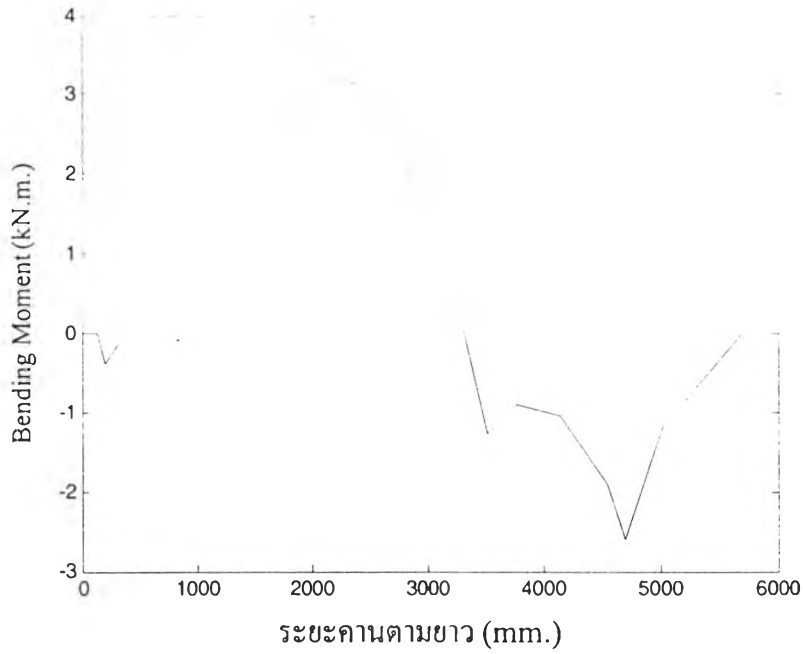
รูปที่ 3.2 คานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างรับภาระที่เกิดขึ้นในกรณีที่ 1

จะได้แรงที่กระทำกับโครงกรอบที่ตำแหน่งต่างๆ ตามรูปที่ 3.2 จากนั้นแบ่งแรงกระทำไปที่จุดยึดแหนบทั้งสองด้านของแหนบหน้าและแหนบหลังจะได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบทั้งหมด



รูปที่ 3.3 แรงทั้งหมดที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบจากการรับภาระในกรณีที่ 1

จากรูปที่ 3.3 แสดงแรงที่กระทำทั้งหมดต่อคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง จากนั้นหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นโดยการตัดคานออกที่ละส่วน แล้วพิจารณาส่วนตัดของคานด้านซ้าย จากนั้นหาโมเมนต์ดัดบนหน้าตัดของคานไปจนครบทุกส่วน ปกติคานตามยาวของโครงกรอบจะมีสองคาน ในกรณีนี้จะพิจารณาเพียงคานเดียวซึ่งต้องหารครึ่งแบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัด จะได้ตามรูปที่ 3.4



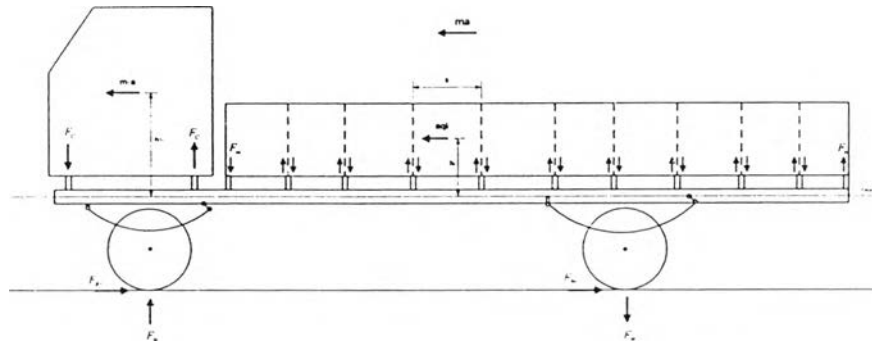
รูปที่ 3.4 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบเนื่องจากรถบรรทุกรับภาระกรณีที่ 1

3.2 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 2

การรับภาระของรถในกรณีที่ 2 จะแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ภาระที่เกิดจากการเบรกและภาระที่เกิดจากการเร่งออกตัว ซึ่งภาระทั้งสองกรณีนี้เป็นภาระที่ทำให้เกิดโมเมนต์ดัดขนาดสูง ส่งผลให้คานตามยาวของโครงกรอบต้องรับความเค้นในขนาดสูงด้วย ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดของกรณีนี้จะใช้ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลมาใช้ในการหาแรงที่กระทำ จึงต้องพิจารณาเลือกเฉพาะชิ้นส่วน และสิ่งของที่มีจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงจากคานตามยาว ซึ่งชิ้นส่วนหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักน้อยจะส่งผลให้เกิดแรงกระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบที่น้อยเมื่อเทียบกับชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่า เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงตัดออก

3.2.1 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 2a

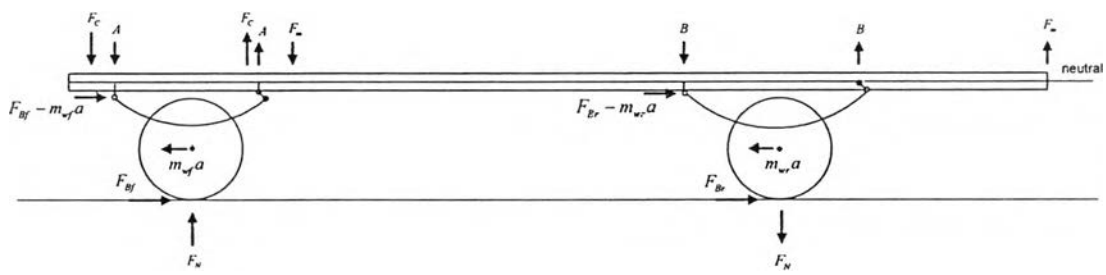
กรณีนี้เป็นภาระที่เกิดจากการเบรก ให้ใช้ a = 0.8g และความสูงของจุดศูนย์กลางมวลของสิ่งของที่บรรทุกให้ใช้เท่ากับระยะความกว้างของโครงกรอบ รถบรรทุกโมเดลตัวอย่างบรรทุกน้ำหนักตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบเนื่องจากการเบรก

เมื่อรถวิ่งมาแล้วเบรกด้วยความเร่ง $a = 0.8g$ จะเกิดแรงกระทำที่ล้อในแนวดิ่งคือแรง F_N กระทำในทิศทางตามรูปที่ 3.5 แรงนี้จะส่งผลให้ล้อหน้าต้องรับภาระการเบรกเป็นแรง F_{Bf} และที่ล้อหลังเป็นแรง F_{Br} ที่ห้องโดยสารเมื่อมีการเบรกจะเกิดแรงคู่ควบเนื่องจากน้ำหนักของห้องโดยสารกระทำกับโครงกรอบที่ตำแหน่งรับน้ำหนักห้องโดยสารตัวหน้าและหลังเป็นแรง F_c ส่วนแรงที่กระทำกับโครงกรอบรถบรรทุกเนื่องจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก เมื่อเกิดการเบรกจะจะเหลือแรงที่กระทำกับโครงกรอบในตำแหน่งจุดยึดกระบะกับโครงกรอบตัวแรกกับตัวท้ายสุดเท่านั้น เป็นแรง F_m ในทิศทางตามรูปที่ 3.5 เนื่องจากแรงที่กระทำที่ตำแหน่งจุดยึดกระบะกับโครงกรอบตัวอื่นๆ จะตัดกันหมดไป

เมื่อเกิดการเบรกจะส่งผลให้มีแรงกระทำตรงจุดยึดแหนบด้านหน้าของแหนบหน้าและแหนบหลังด้วย ซึ่งแรงนี้จะทำให้โครงกรอบเกิดโมเมนต์ดัดตรงจุดนี้ด้วย ตามรูปที่ 3.6



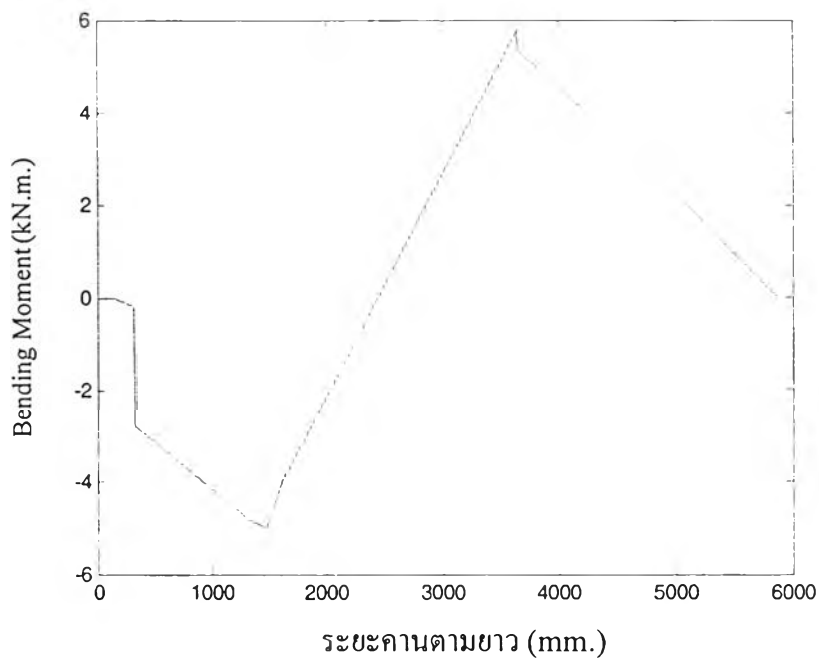
รูปที่ 3.6 แรงที่กระทำตรงจุดยึดแหนบเนื่องจากการเบรก

เมื่อรถโมเดลเบรก ด้วยแรง F_{Bf} ที่ล้อหน้าจะเกิดแรงเฉื่อยขนาด $m_{wf}a$ ส่งผลให้จุดยึดแหนบที่ล้อหน้ามีแรงกระทำคือ $F_{Bf} - m_{wf}a$ และที่ล้อหลังจะเกิดแรงเฉื่อยขนาด $m_{wr}a$ ส่งผลให้จุดยึดแหนบที่ล้อหลังมีแรงกระทำคือ $F_{Br} - m_{wf}a$ ส่งผลให้โครงกรอบเกิดโมเมนต์ดัดที่สองตำแหน่งนี้ ซึ่งต้องนำมาใช้ในการคำนวณด้วย

แบ่งแรง ที่กระทำกับโครงกรอบในแนวดิ่งที่ล้อหน้าและล้อหลังให้ไปกระทำที่จุดยึดแหนบทั้งสองด้าน จากนั้นจะได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบของรถโมเดลทั้งหมดเนื่องจากการเบรก

แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากการเบรก จะมีโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งจุดยึดแหนบด้านหน้าของแหนบหน้าและแหนบหลังด้วย

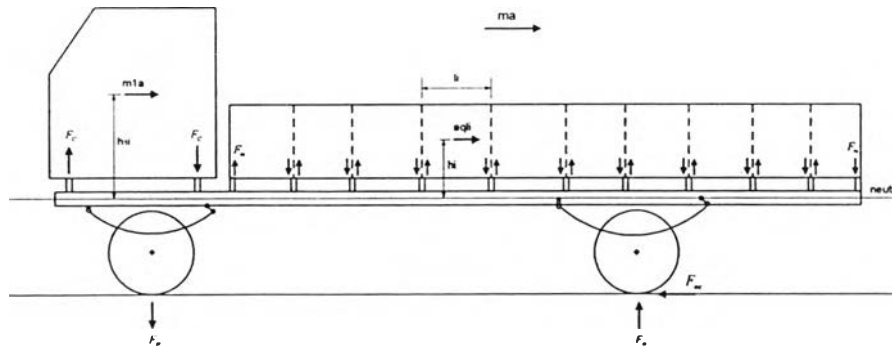
เมื่อได้แรงที่กระทำและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างแล้ว ทำการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นโดยการตัดคานออกที่ละส่วนโดยพิจารณาส่วนตัดคานทางด้านซ้าย จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง แบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัด จะได้ตามรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากการเบรก

3.2.2 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 2b

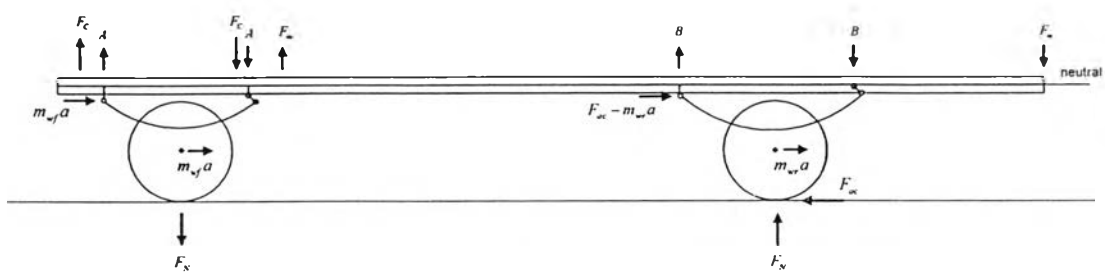
กรณีนี้เป็นภาระที่เกิดจากการเร่งออกตัว ให้ใช้ค่าแรงฉุดเนื่องจากการออกตัว = 1× น้ำหนักที่ลงที่ล้อขับ และความสูงของจุดศูนย์กลางมวลของสิ่งของที่บรรทุกให้ใช้เท่ากับระยะความกว้างของโครงกรอบ รถโมเดลบรรทุกน้ำหนักตามรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบเนื่องจากการเร่งออกตัว

เมื่อรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเร่งออกตัวด้วย ด้วยค่าแรงฉุดออกตัว F_{ac} จะทำให้เกิดแรงเฉื่อยในการออกตัว ma โดยจะเกิดแรงกระทำที่ล้อในแนวดิ่งคือแรง F_N กระทำในทิศทางตามรูปที่ 3.8 ที่ห้องโดยสารเมื่อมีการเร่งออกตัวจะเกิดแรงคู่ควบเนื่องจากน้ำหนักของห้องโดยสารกระทำกับโครงกรอบที่ตำแหน่งรับน้ำหนักห้องโดยสารตัวหน้าและหลังเป็นแรง F_c ส่วนแรงที่กระทำกับโครงกรอบรถบรรทุกเนื่องจากน้ำหนักสิ่งของที่บรรทุก เมื่อเกิดการเร่งออกตัวจะจะเหลือแรงที่กระทำกับโครงกรอบในตำแหน่งจุดยึดกระบะกับโครงกรอบตัวแรกกับตัวท้ายสุดเท่านั้น เป็นแรง F_m ในทิศทางตามรูปที่ 3.8 เนื่องจากแรงที่กระทำที่ตำแหน่งจุดยึดกระบะกับโครงกรอบตัวอื่นๆ จะตัดกันหมดไป

เมื่อเกิดการเร่งออกตัวจะส่งผลให้มีแรงกระทำตรงจุดยึดแหนบด้านหน้าของแหนบหน้าและแหนบหลังด้วย ซึ่งแรงนี้จะทำให้โครงกรอบเกิดโมเมนต์ดัดตรงจุดนี้ด้วย ตามรูปที่ 3.9



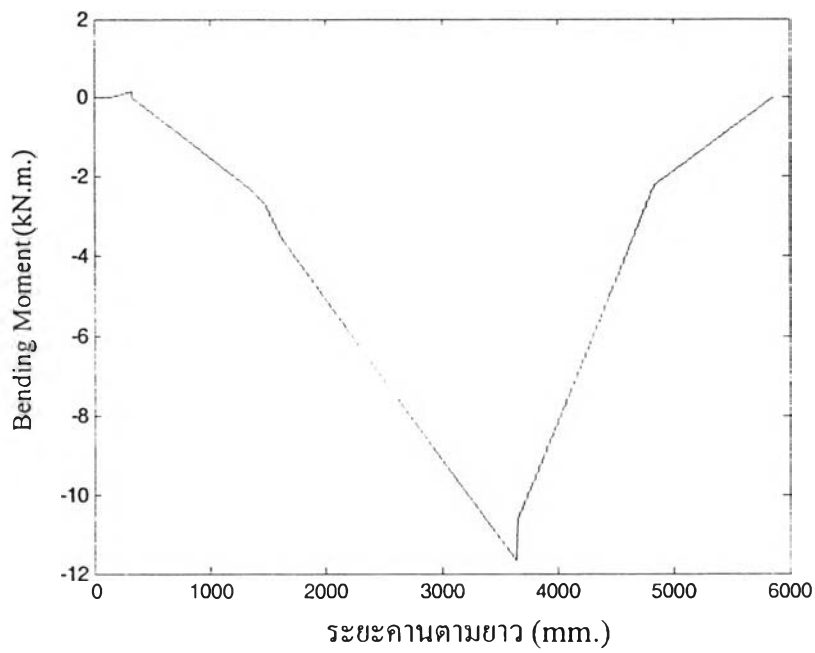
รูปที่ 3.9 แรงที่กระทำตรงจุดยึดแหนบเนื่องจากการเร่งออกตัว

เมื่อรถโมเดลเร่งออกตัว ด้วยแรง F_{ac} ที่ล้อหน้าจะเกิดแรงเฉื่อยขนาด $m_{wf}a$ ส่งผลให้จุดยึดแหนบหน้ามีแรงกระทำคือ $m_{wf}a$ และที่ล้อหลังจะเกิดแรงเฉื่อยขนาด $m_{wr}a$ ส่งผลให้จุดยึดแหนบหลังมีแรงกระทำคือ $F_{ac} - m_{wf}a$ ส่งผลให้โครงกรอบเกิดโมเมนต์ดัดที่สองตำแหน่งนี้ ซึ่งต้องนำมาใช้ในการคำนวณด้วย

แบ่งแรง ที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบในแนวดิ่งที่ล้อหน้าและล้อหลังให้ไปกระทำที่จุดยึดแหนบทั้งสองด้าน จากนั้นจะได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบของรถโมเดลทั้งหมดเนื่องจากการเบรก

แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกจากการเร่งออกตัวในรูปที่ 3.9 จะมีโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งจุดยึดแหนบด้านหน้าของแหนบหน้าและแหนบหลังด้วย

เมื่อได้แรงที่กระทำและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นแล้วทำการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นโดยการตัดคานออกที่ละส่วนโดยพิจารณาส่วนตัดคานทางด้านซ้าย จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง แบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัด จะได้ตามรูปที่ 3.10



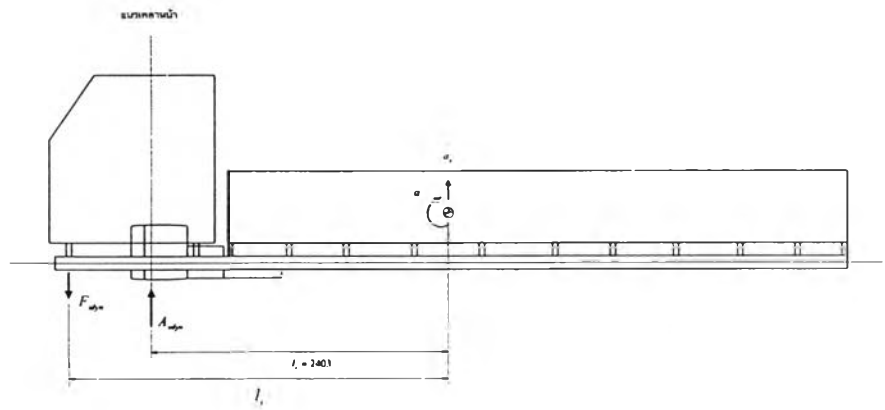
รูปที่ 3.10 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากการเร่งออกตัว

3.3 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 5

การรับภาระของคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกในกรณีนี้แบ่งออกเป็นสองกรณี คือ ภาระที่เกิดจากการกระแทกที่ล้อหน้า และภาระที่เกิดจากการกระแทกที่ล้อหลัง ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นทั้งสองกรณีจะกำหนดให้ แรงกระแทกสูงสุดที่เกิดขึ้นเป็น 50% ของน้ำหนักที่ลงที่เพลานั้น และในการคำนวณจะคิดเฉพาะน้ำหนักของสิ่งของและชิ้นส่วนที่อยู่ด้านบนของสปริงแหนบ ซึ่งจะคิดจากน้ำหนักของเครื่องยนต์ ห้องโดยสาร และสิ่งของที่บรรทุก ซึ่งชิ้นส่วนหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักน้อยจะส่งผลให้เกิดแรงกระทำที่คานตามยาวของโครงกรอบน้อยเมื่อเทียบกับชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่า เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงตัดออก

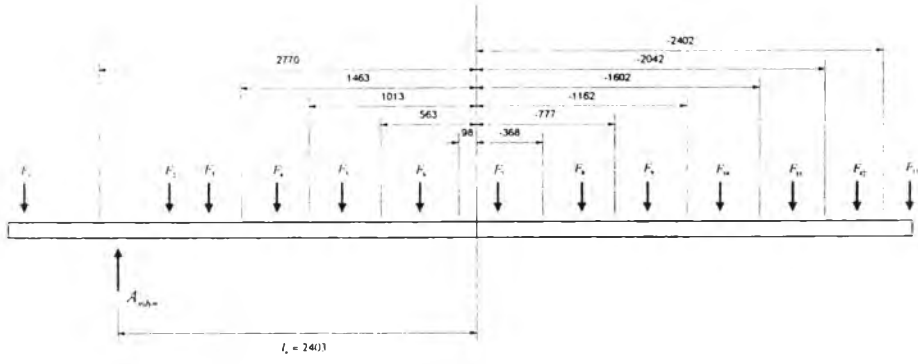
3.3.1 โมเมนต์ดัดของรถโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 5a

ภาระในกรณีนี้คือภาระที่มาจากแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้า การคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกจากแรงกระทำที่เพลาหน้านี้ จะให้แรงที่กระทำเป็น 50 % ของน้ำหนักที่ลงที่เพลาหน้า จากภาคผนวกท้ายเล่มน้ำหนักที่ลงที่เพลาหน้าเท่ากับ 2000 กิโลกรัม ฉะนั้นแรงที่กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้าจะเป็น $2000\times 0.5g$ นิวตัน จากนั้นคำนวณหาความเร่งเชิงเส้นและความเร่งเชิงมุมของรถที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำนั้นตรงจุดศูนย์กลางมวลของรถ



รูปที่ 3.11 แรงในแนวดิ่งกระทำที่เพลาหน้าของรถบรรทุก

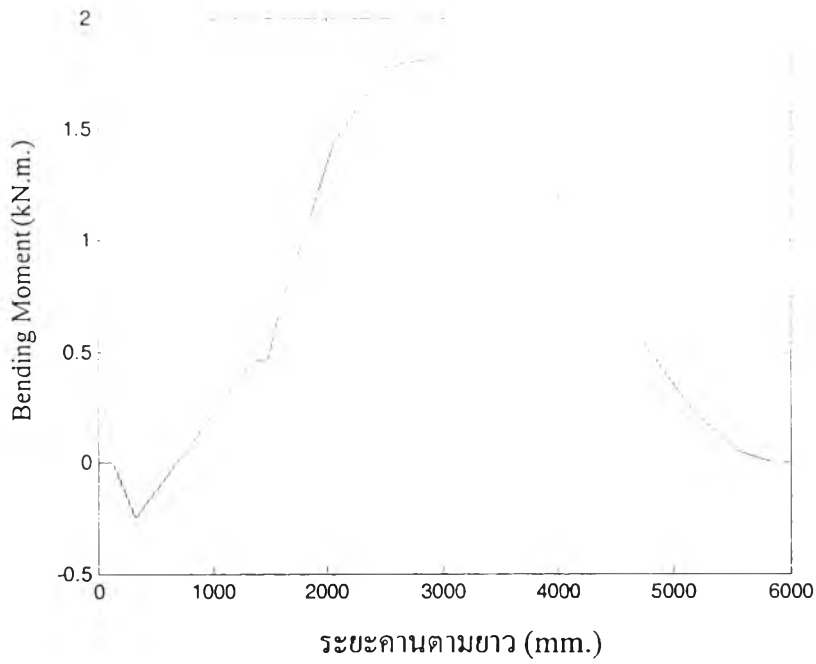
ในรูปที่ 3.11 แรงกระทำ A_{vdyn} กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้า ทำให้รถเกิดความเร่งเชิงเส้น a_y และความเร่งเชิงมุม α โดยแรงที่กระทำจะส่งผลให้เกิดแรง F_{idyn} ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากความเฉื่อยของมวลของห้องโดยสารกระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งรับน้ำหนักห้องโดยสาร สามารถหาแรง F_{idyn} ที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบที่จุดต่างๆ ได้ตามรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ระยะและแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากการกระแทกที่เพลาหน้า

ในรูปที่ 3.12 แสดงแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบที่ตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดจากแรง A_{vdyn} โดยสามารถหาแรงที่กระทำนั้นได้โดยพิจารณาห้องโดยสาร เครื่องยนต์ และน้ำหนักที่บรรทุกเป็นมวลก้อนหนึ่ง ตามสมการ(2.6) โดยระยะที่อยู่หน้าจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถบรรทุกให้เป็นบวกส่วนระยะที่อยู่หลังจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถบรรทุกให้เป็นลบ จากนั้นแบ่งครึ่งแรงที่คำนวณได้ไปที่ตำแหน่งจุดยึดห้องโดยสาร เครื่องยนต์ และกระบะบรรทุกของ

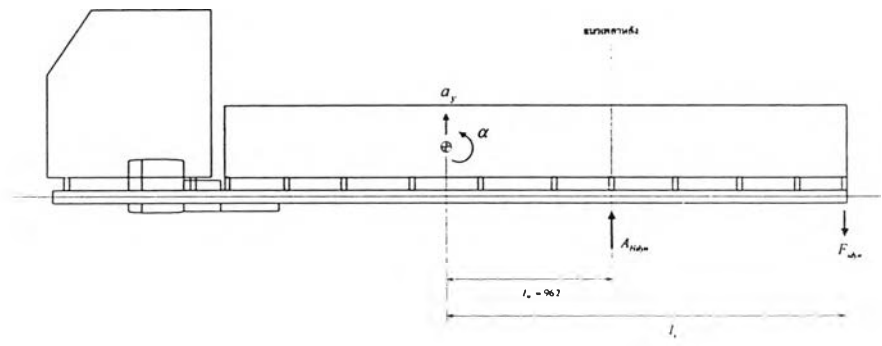
เมื่อได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากแรงกระทำในแนวดิ่ง แล้วแบ่งแรงที่กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้าไปที่จุดยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลัง จากนั้น คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบโดยการตัดคานออกที่ละส่วน โดยพิจารณาส่วนตัดคานทางด้านซ้าย จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง แบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัดจะได้ตามรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง เนื่องจากแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหน้า

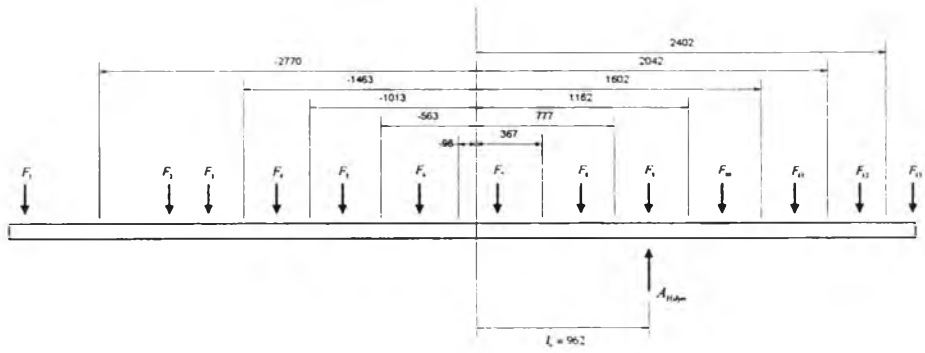
3.3.2 โมเมนต์ดัดของรถโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 5b

ภาระในกรณีนี้คือภาระที่มาจากแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลัง การคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่คานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุกจากแรงกระทำที่เพลาหลังนี้ จะให้แรงที่กระทำเป็น 50 % ของน้ำหนักที่ลงที่เพลาหลัง จากภาคผนวกท้ายเล่มน้ำหนักที่ลงที่เพลาหลังเท่ากับ 4000 กิโลกรัม ฉะนั้นแรงที่กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลังจะเป็น $4000 \times 0.5g$ นิวตัน จากนั้นคำนวณหาความเร่งเชิงเส้นและความเร่งเชิงมุมของรถที่เกิดขึ้นจากแรงที่กระทำนั้นตรงจุดศูนย์กลางมวลของรถ



รูปที่ 3.14 แรงในแนวดิ่งกระทำที่เพลาหลังของรถบรรทุก

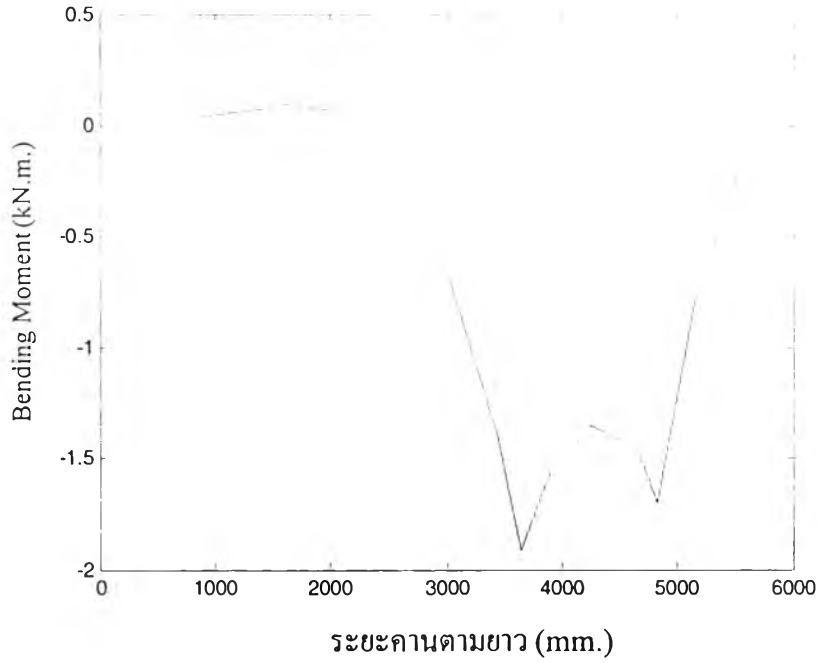
ในรูปที่ 3.14 แรงกระทำ A_{Hdyn} กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลัง ทำให้รถเกิดความเร่งเชิงเส้น a_y และความเร่งเชิงมุม α โดยแรงที่กระทำจะส่งผลให้เกิดแรง F_{idyn} ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากความเฉื่อยของมวลของสิ่งของที่บรรทุกกระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งรับน้ำหนักของกระบะบรรทุก สามารถหาแรง F_{idyn} ที่กระทำกับโครงกรอบที่จุดต่างๆ ได้ตามรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ระยะและแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบ ที่ตำแหน่งต่าง ๆ จากการกระแทกที่เพลาหลัง

ในรูปที่ 3.15 แสดงแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบที่ตำแหน่งต่างๆ ที่เกิดจากแรง A_{Hdyn} โดยสามารถหาแรงที่กระทำนั้นได้โดยพิจารณาห้องโดยสาร เครื่องยนต์ และน้ำหนักที่บรรทุกเป็นมวลก้อนหนึ่ง ตามสมการ (2.6) โดยระยะที่อยู่หน้าจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถบรรทุกให้เป็นลบส่วนระยะที่อยู่หลังจุดศูนย์กลางมวลรวมของรถบรรทุกให้เป็นบวก จากนั้นแบ่งครึ่งแรงที่คำนวณได้ไปที่ตำแหน่งจุดยึดห้องโดยสาร เครื่องยนต์ และกระบะบรรทุกของ

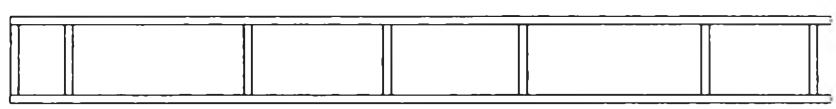
เมื่อได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากแรงกระทำในแนวดิ่งแล้วแบ่งแรงที่กระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลังไปที่จุดยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลัง จากนั้น คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบโดยการตัดคานออกที่ละส่วนโดยพิจารณาส่วนตัดคานทางด้านซ้าย จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง แบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัดจะได้ตามรูปที่ 3.16



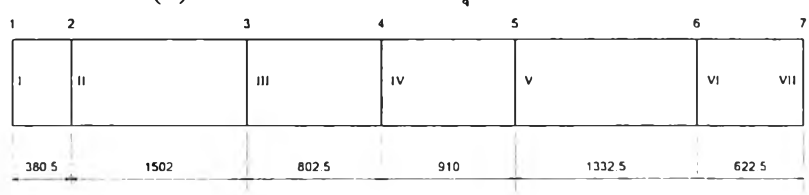
รูปที่ 3.16 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง เนื่องจากแรงกระทำในแนวดิ่งที่เพลาหลัง

3.4 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 4

การรับภาระของโครงกรอบรถโมเดลในกรณีนี้ เกิดจากการที่ล้อหน้าข้างใดข้างหนึ่งของรถบรรทุกถูกยกตัวให้สูงจากพื้นระดับปกติ 30 เซนติเมตร โดยที่ล้อที่เหลือทั้งสามอยู่ที่พื้นระดับปกติ จะทำให้โครงกรอบเกิดการบิดตัวซึ่งทำให้เกิดโมเมนต์ดัดขึ้นในโครงกรอบ การคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นคำนวณได้ตามนี้



(ก) โครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง



(ข) ระยะของโครงกรอบที่ใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

รูปที่ 3.17 โครงกรอบและระยะที่ใช้ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดจากการบิดตัว

ในรูปที่ 3.17 แสดงโครงกรอบที่ใช้สำหรับการคำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดจากการบิดตัวของโครงกรอบ ซึ่งโครงกรอบจริงของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างที่นำมาคำนวณมีบางส่วนที่ยากต่อการคำนวณ จึงต้องทำการปรับใหม่เพื่อให้ง่ายต่อการคำนวณหาโมเมนต์ดัด

ระยะที่ใช้คำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจากกรณีนี้ จะใช้ระยะที่แรงที่กระทำกับโครงกรอบแล้วทำให้โครงกรอบเกิดการบิดตัวเพียงอย่างเดียว

ตารางที่ 3.1 โมเมนต์ความเฉื่อยของชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงกรอบ

ชิ้นที่	$I_t(mm^4)$	$l\ (mm)$	$I_w(mm^6)$	$\alpha(mm^{-1})$	$\alpha l/2$	I_t^*
I	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
II	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
III	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
IV	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
V	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
VI	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
VII	9,598.5	674.4	3,867,197,294	9.775×10^{-4}	0.33	275,933.74
12	10,264.6	380.5	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.244	529,545.70
23	10,264.6	1502	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.964	45,402.01
34	10,264.6	802.5	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.515	128,407.01
45	10,264.6	910	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.584	102,587.72
56	10,264.6	1,332.5	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.855	54,400.31
67	10,264.6	622.5	2,400,194,341	1.283×10^{-3}	0.399	205,736.11

สามารถหาค่า I_t^* ได้จากสมการ

$$I_t^* = I_t \frac{\frac{\alpha l}{2}}{\frac{\alpha l}{2} - \tanh\frac{\alpha l}{2}} \qquad \text{โดยที่} \quad \alpha^2 = \frac{GI_t}{EI_w} \tag{3.1}$$

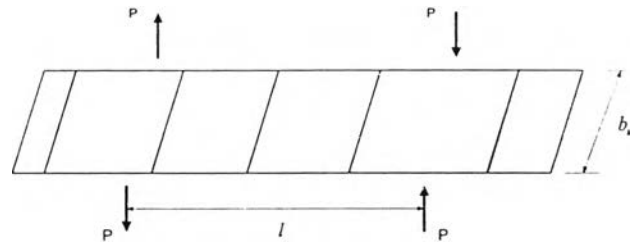
สามารถหาค่า I_w ได้จากสมการ

$$I_w = \frac{s}{3}\left(\frac{h}{2}\right)^2 b^2(2b - 3x_t) \quad \text{โดยที่} \quad x_t = \frac{b}{2 + \frac{h}{3b}} \tag{3.2}$$

ในการเริ่มต้นการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบจะให้โมเมนต์ที่เกิดจากแรงภายนอกที่มากระทำแล้วทำให้โครงกรอบเกิดการบิดตัวเท่ากับ 1 N.mm เป็นค่าเริ่มต้นในการคำนวณหาค่าโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ของโครงกรอบ จากนั้นจะใช้ค่าโมเมนต์บิดที่คำนวณได้นี้ไปหาแรงที่กระทำต่อโครงกรอบ และหาโมเมนต์ที่เกิดขึ้นจริงจากการที่ล้อหน้าด้านหนึ่งยกตัวขึ้น 30 เซนติเมตร มาคูณกับโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ก่อนหน้านี้

I 32470864

สามารถหาแรง P ซึ่งเป็นแรงภายนอกที่ทำให้โครงกรอบเกิดการบิดตัวได้ โดยโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการบิดตัวเป็น 1 N.mm ตามรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.18 แรงภายนอก P กระทำกับโครงกรอบทำให้โครงกรอบบิดตัว

เมื่อหาแรง P ได้แล้วจะสามารถหาค่าโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นที่คานตามขวางตัวที่หนึ่งได้ โดยใช้ค่าความยาว ค่าโมเมนต์ความเฉื่อย จากในตารางที่ 3.1 และใช้สมการที่ (2.33) จากนั้นใช้ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์บิดกับโมเมนต์ความเฉื่อยในสมการที่ (2.32) หาโมเมนต์บิดในคานชิ้นต่อ ๆ ไป จะได้โมเมนต์บิดในแต่ละคานของโครงกรอบ ตามตารางที่ 3.2

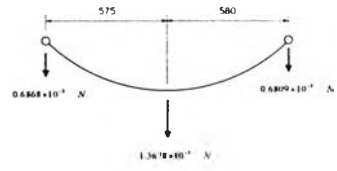
ตารางที่ 3.2 โมเมนต์บิดในแต่ละคานของโครงกรอบ เมื่อโมเมนต์ที่ทำให้โครงกรอบเกิดการบิดตัวเท่ากับ 1 N.mm

คานชิ้นที่	โมเมนต์บิดที่เกิดขึ้น (N.mm)
I	338.198×10^{-3}
II	338.198×10^{-3}
III	338.198×10^{-3}
IV	338.198×10^{-3}
V	338.198×10^{-3}
VI	338.198×10^{-3}
VII	338.198×10^{-3}
12	649.037×10^{-3}
23	55.647×10^{-3}
34	157.382×10^{-3}
45	125.737×10^{-3}
56	66.676×10^{-3}
67	252.161×10^{-3}

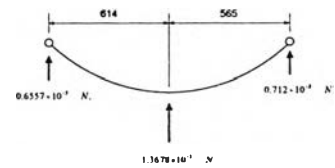
จากนั้นสามารถหาค่าโมเมนต์ M_R ที่เกิดขึ้นจริงเนื่องจากการยกล้อหน้าข้างใดข้างหนึ่งขึ้น 30 เซนติเมตร จากพื้นระดับปกติ โดยที่ล้อทั้งสามที่เหลืออยู่ที่พื้นระดับปกติ ได้จากสมการที่

(2.30) โดย ค่าความด้านการบิดตัวของโครงกรอบ C_{tr}, ค่าคงที่ของยาง, ค่าคงที่ของแหนบ สามารถหาได้จากภาคผนวกท้ายเล่ม

แบ่งแรง P ที่กระทำกับโครงกรอบไปที่ตำแหน่งยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลังของแหนบหน้าและหลัง ตามรูปที่ 3.19



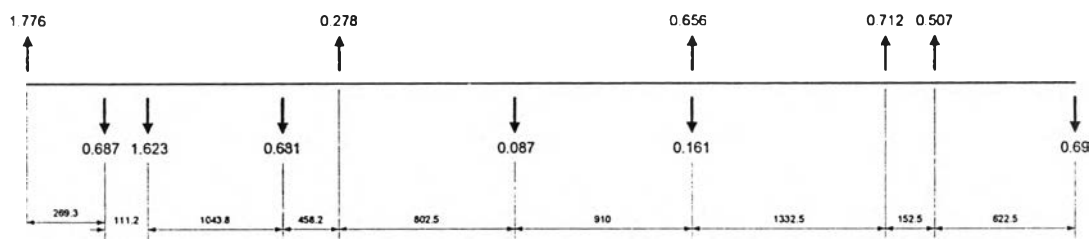
(ก) การแบ่งแรงกระทำที่แหนบหน้า



(ข) การแบ่งแรงกระทำที่แหนบหลัง

รูปที่ 3.19 แสดงการแบ่งแรง P ไปที่จุดยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลัง

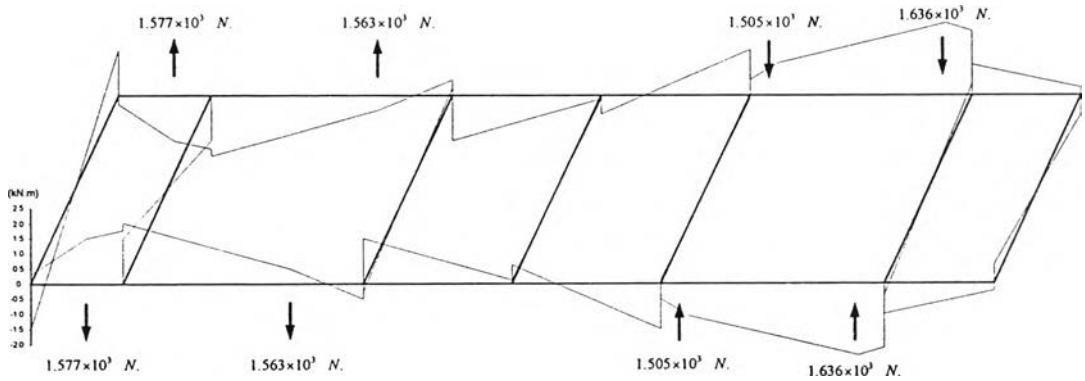
พิจารณาหาแรงภายในที่กระทำกับคานตามยาวเนื่องจากโมเมนต์ดัดของคานตามขวาง โดยใช้ความสัมพันธ์ คือโมเมนต์ดัดในตามขวางจะเท่ากับโมเมนต์บิดในคานตามยาว จะทำให้ได้แรงที่กระทำต่อคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งจุดต่อกับคานตามขวางและตำแหน่งจุดยึดแหนบหน้าและแหนบหลัง ตามรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แรงที่กระทำต่อคานตามยาวของโครงกรอบ จากการบิดตัวของโครงกรอบ เมื่อโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการบิดตัวเท่ากับ 1 N.mm

เมื่อได้แรงที่กระทำต่อคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการบิดตัวเท่ากับ 1 N.mm จากนั้นคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบโดยการตัดคานออกที่ละส่วนโดยพิจารณาส่วนดัดคานทางด้านซ้าย จะได้

โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบ และรวมโมเมนต์บิดที่เกิดขึ้นในคานตามขวางของทุกตัวตรงตำแหน่งที่คานตามขวางติดอยู่ จะทำให้ได้โมเมนต์ดัดรวมที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างเนื่องจากโมเมนต์ที่ทำให้เกิดการบิดตัวเท่ากับ 1 N.mm และคูณโมเมนต์ดัดที่ได้ด้วยโมเมนต์ M_R ที่เกิดขึ้นจริงจากการที่ยกล้อหน้ารถข้างใดข้างหนึ่งขึ้น 30 เซนติเมตร จากพื้นระดับปกติ โดยที่ล้อทั้งสามที่เหลืออยู่ที่พื้นระดับปกติ จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจริงในคานตามยาวของโครงกรอบรถโมเดลตัวอย่าง



รูปที่ 3.21 โมเมนต์ดัดในโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างจากการที่ยกล้อหน้ารถข้างใดข้างหนึ่งขึ้น 30 เซนติเมตร จากพื้นระดับปกติ โดยที่ล้อทั้งสามที่ เหลืออยู่ที่พื้นระดับปกติ

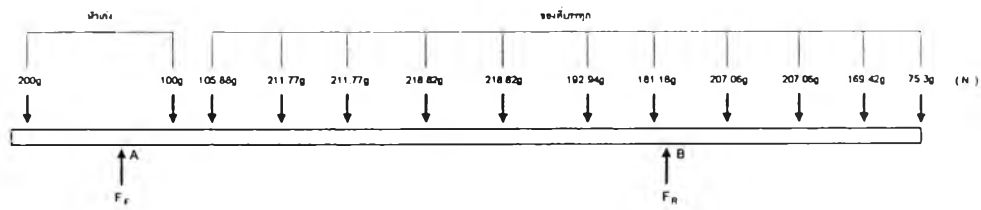
สามารถหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามขวางของโครงกรอบได้โดยคิดจากแรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบตรงตำแหน่งจุดต่อคานตามขวาง แล้วนำมาคูณกับโมเมนต์ M_R ที่เกิดขึ้นจริงจากการที่ยกล้อหน้ารถข้างใดข้างหนึ่งขึ้น 30 เซนติเมตร จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามขวางของโครงกรอบรถโมเดลตัวอย่าง ดังแสดงในรูปที่ 3.21

3.5 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 3

การรับภาระของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในกรณีนี้เกิดจากแรงกระทำขณะรถอยู่ในโค้ง จะส่งผลให้เกิดแรงกระทำกับโครงกรอบในแนวดิ่งและแนวระนาบของโครงกรอบ ซึ่งแรงที่กระทำกับโครงกรอบในแนวดิ่งเป็นปัญหาแบบสถิตธรรมดา ส่วนภาระที่ส่งผลให้เกิดแรงกระทำในแนวระนาบของโครงกรอบจะเป็นปัญหาแบบอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิต ความเร่งที่เกิดขึ้นขณะอยู่ในโค้งใช้เป็น a = 0.5g

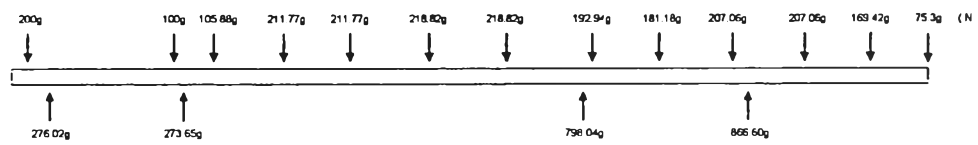
3.5.1 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างจากแรงกระทำในแนวดิ่ง

ในการคำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในกรณีที่ขับรถเข้าโค้งนี้จะใช้ความสูงของจุดศูนย์กลางมวลมาใช้ในการหาแรงที่กระทำ จึงต้องพิจารณาเลือกเฉพาะชิ้นส่วน และสิ่งของที่มีจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงจากคานตามยาว ซึ่งชิ้นส่วนหรือสิ่งของที่มีน้ำหนักน้อยจะส่งผลให้เกิดแรงกระทำต่อโครงกรอบที่น้อยเมื่อเทียบกับชิ้นที่มีขนาดใหญ่กว่า เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงตัดออก จะคิดเฉพาะน้ำหนักของห้องโดยสารและน้ำหนักของสิ่งของที่บรรทุก



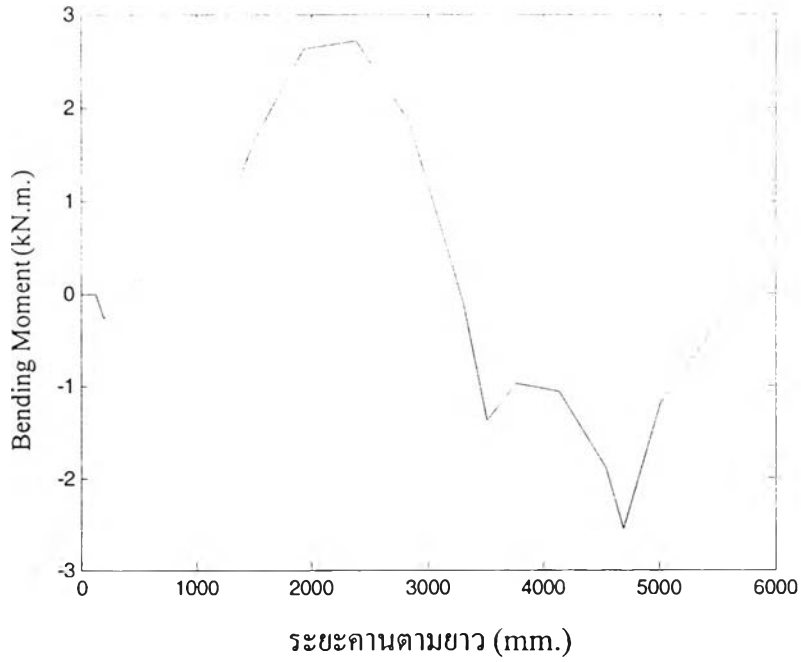
รูปที่ 3.22 แรงที่กระทำในแนวดิ่งกับคานตามยาวของโครงกรอบของรถบรรทุก เนื่องจากรับภาระในกรณีที่ 3

การคำนวณและการกำหนดขนาดภาระจะใช้แบบเดียวกับการรับภาระในกรณีที่ 1 แบ่งแรงที่กระทำกับโครงกรอบในแนวดิ่งที่ล้อหน้าและล้อหลังให้ไปกระทำที่จุดยึดแหนบทั้งสองด้าน จากนั้นจะได้แรงที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบของรถโมเดลทั้งหมดตามรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงแรงที่กระทำในแนวดิ่งทั้งหมดที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุก เนื่องจากรับภาระในกรณีที่ 3

เมื่อได้แรงที่กระทำในแนวดิ่งทั้งหมดและโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นกับคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างแล้ว ทำการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นโดยการตัดคานออกที่ละส่วนโดยพิจารณาส่วนตัดคานทางด้านซ้าย จะได้โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในคานตามยาวของโครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง แบ่งโมเมนต์ดัดที่คำนวณได้ แล้วนำมาเขียนกราฟโมเมนต์ดัด จะได้ตามรูปที่ 3.24

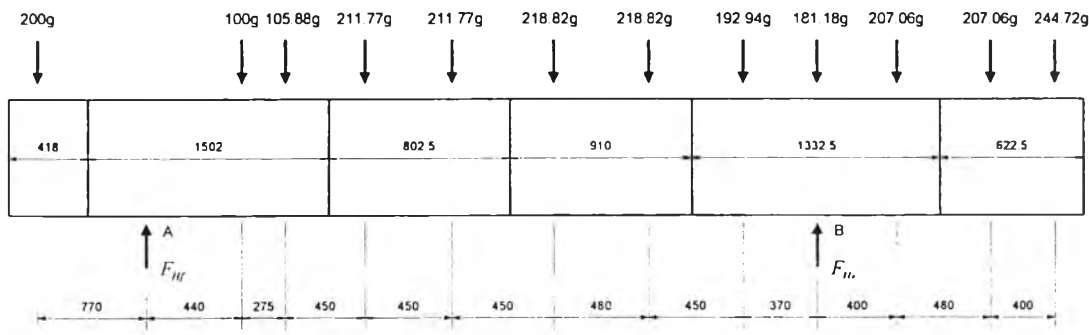


รูปที่ 3.24 โมเมนต์ดัดที่เกิดจากแรงกระทำในแนวดิ่งในคานตามยาวของรถบรรทุกโมเดตัวอย่าง เนื่องจากรับภาระในกรณีที่ 3

3.5.2 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่าง จากแรงกระทำในแนวระดับ

ภาระที่กระทำกับโครงกรอบในแนวระดับกับโครงกรอบเป็นปัญหาแบบอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิต ในการคำนวณหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นจะใช้วิธีตามลำดับขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ก่อนหน้านี้

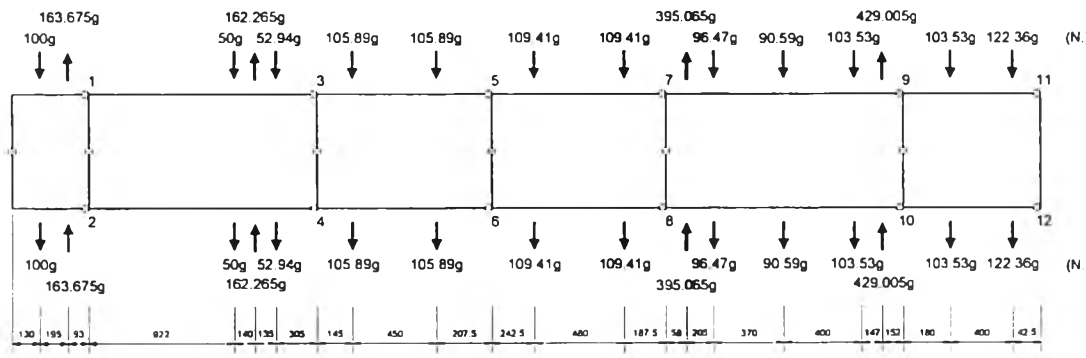
แรงในแนวระดับที่กระทำกับโครงกรอบซึ่งแรงนี้มีค่าเท่ากับ $0.5ma$ ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากน้ำหนักของห้องโดยสารและของที่บรรทุกเพราะมีจุดศูนย์กลางมวลอยู่สูงกว่าแนวแกนของโครงกรอบ



รูปที่ 3.25 แรงในแนวระดับที่กระทำกับโครงกรอบขณะที่รถอยู่ในโค้ง

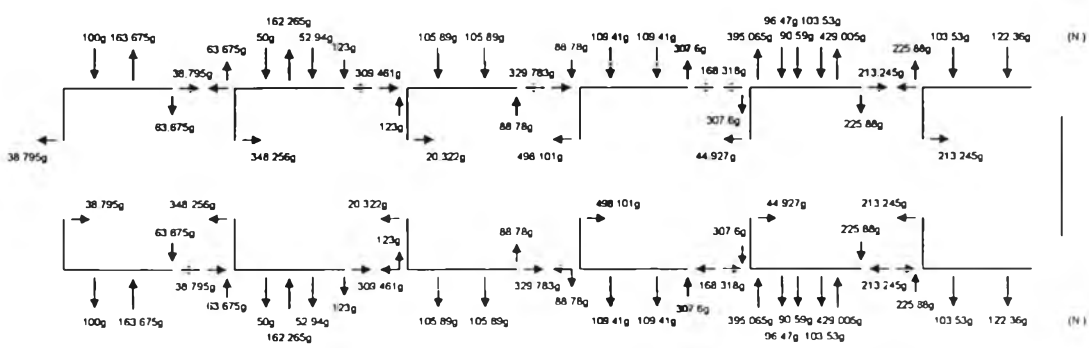
ในรูปที่ 3.25 แสดงแรงในแนวระดับที่มีค่าเป็น $0.5ma$ กระทำกับโครงกรอบในตำแหน่งของจุดยึดของห้องโดยสารและจุดรับน้ำหนักของที่บรรทุกตามตำแหน่งต่างๆ โดยมีแรง F_{hf} และ F_{hr} เป็นแรงที่ลัพธ์ที่ทำให้โครงกรอบสมดุลตรงแนวแกนของเพลาหน้าและหลัง

สามารถหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับของโครงกรอบได้โดยอาศัยวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และหาแรง F_{hf} และ F_{hr} ได้โดยหาโมเมนต์รอบจุด B และจุด A จากนั้นแบ่งแรงที่คำนวณได้ไปที่จุดยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลังของแหนบหน้าและแหนบหลัง แล้วแบ่งแรงในแนวระดับที่กระทำกับโครงกรอบให้กระทำที่คานตามยาวตัวบนและตัวล่างให้เท่ากัน ใส่ข้อต่อที่จุดต่างๆ และใส่หมายเลข 1 ถึง 12 ตามรูปที่ 2.8 จะได้แรงที่กระทำกับโครงกรอบตามรูปที่ 3.26



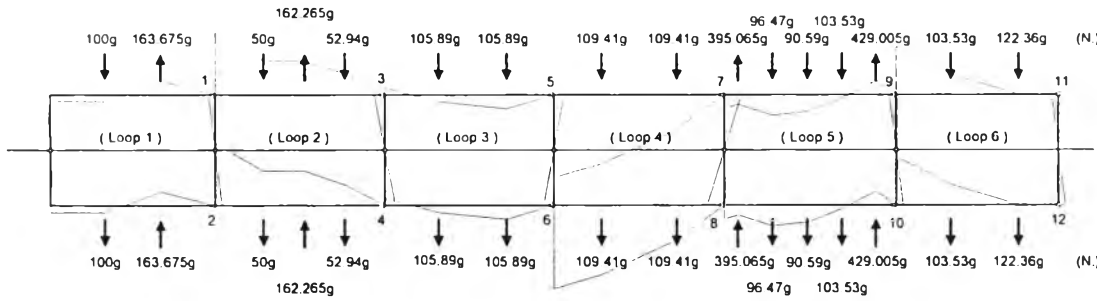
รูปที่ 3.26 แรงภายนอกที่กระทำในแนวระดับกับโครงกรอบขณะที่รถอยู่ในโค้ง

จากแรงภายนอกที่กระทำกับโครงกรอบสามารถคำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นในแต่ชิ้นส่วนของโครงกรอบได้ โดยแบ่งโครงกรอบออกเป็นส่วนๆ ตามแนวข้อต่อ จากนั้นจึงคำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งของจุดต่อได้ตามรูปที่ 3.27



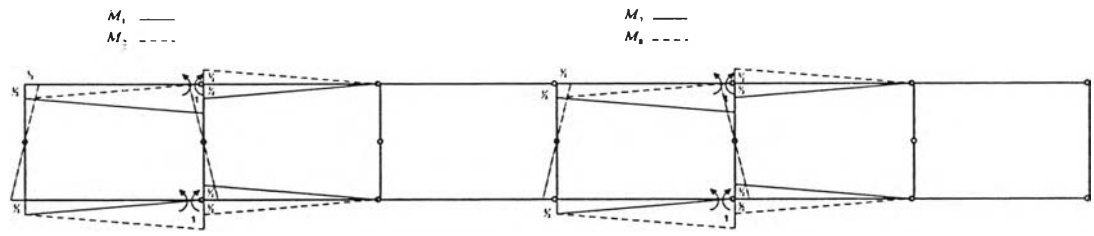
รูปที่ 3.27 แรงภายในและภายนอกที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของโครงกรอบ

แรงภายนอกที่กระทำกับโครงกรอบในขณะที่รถอยู่ในโค้งทำให้เกิดแรงภายในที่ตำแหน่งข้อต่อต่างๆ ตามรูปที่ 3.27 นำแรงที่ได้เหล่านี้ไปหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ โดยโมเมนต์ดัดที่ได้ให้เป็น M_0 ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

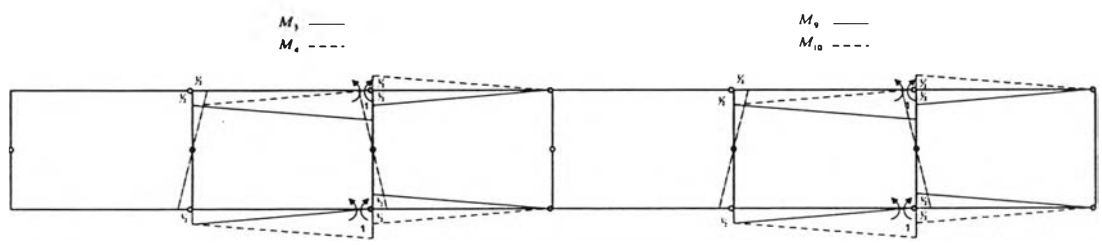


รูปที่ 3.28 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบจากแรงภายนอก M_0 จากภาระกรณีรถอยู่ในโค้ง

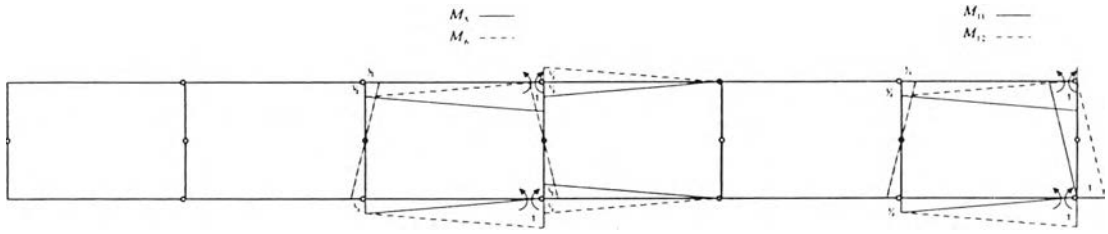
ให้ค่า Redundance x_1 ถึง x_{12} มีค่าเท่ากับ 1 N.mm จะคำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในระบบ M_1 ถึง M_{12} ได้ในแต่ละจุดต่อ



(ก) โมเมนต์ดัด M_1, M_2, M_7, M_8 เมื่อกำหนดให้ค่า redundance $x_1 = x_2 = x_7 = x_8 = 1\ N.mm$



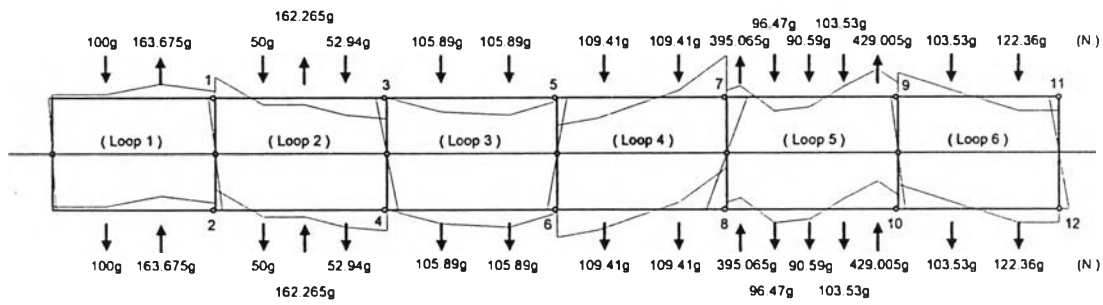
(ข) โมเมนต์ดัด M_3, M_4, M_9, M_{10} เมื่อกำหนดให้ค่า redundance $x_3 = x_4 = x_9 = x_{10} = 1\ N.mm$



(ค) โมเมนต์ดัด M_5, M_6, M_{11}, M_{12} เมื่อกำหนดให้ค่า
redundance $x_5 = x_6 = x_{11} = x_{12} = 1\ N.mm$

รูปที่ 3.29 โมเมนต์ดัด M_1 ถึง M_{12} เมื่อกำหนดให้ค่า redundance x_1 ถึง x_{12} เท่ากับ 1 N.mm

วิธีการคำนวณหาโมเมนต์ดัดรวมที่เกิดขึ้นสามารถหาได้ตามวิธีการที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 โดยหาขนาดของโมเมนต์ดัดรวมได้จาก สมการ (2.7) แล้วพิจารณาถึงงานภายในที่เกิดขึ้นขณะที่มีการเสียรูปของโครงกรอบ ตามสมการ (2.8) จากนั้นคำนวณหาค่า Redundance ตามสมการ (2.9) และ (2.10) ตามลำดับ นำค่า Redundance ที่คำนวณได้ไปแทนกลับในสมการ (2.7) จะได้โมเมนต์ดัดรวมที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบตามรูปที่ 3.30



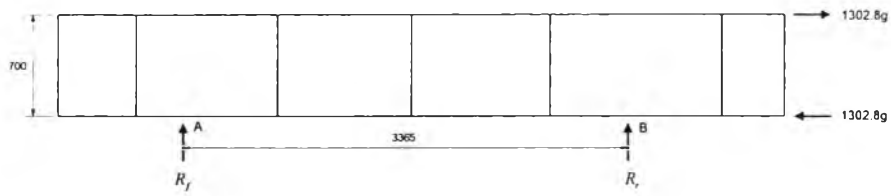
รูปที่ 3.30 โมเมนต์ดัดที่โครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างจากการรับแรงในแนวระดับของภาระกรณีที่ 3

3.6 โมเมนต์ดัดของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในการรับภาระกรณีที่ 7

การรับภาระของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างในกรณีนี้ เกิดจากแรงที่กระทำกับคานตามยาวทั้งสองด้านของโครงกรอบไม่เท่ากัน เนื่องจากสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนนไม่เท่ากัน จึงส่งผลให้มีแรงมากระทำที่คานตามยาวของโครงกรอบที่ไม่เท่ากัน โดยในกรณีนี้จะให้ $\Delta\mu = 0.5$

แรงที่กระทำกับคานตามยาวในแนวระนาบของโครงกรอบจะเป็นปัญหาแบบอินดีเทอร์มิเนตเชิงสถิต ในการคำนวณจะใช้วิธีเหมือนกับแรงที่กระทำกับโครงกรอบในแนวระดับจากภาระในกรณีที่ 3

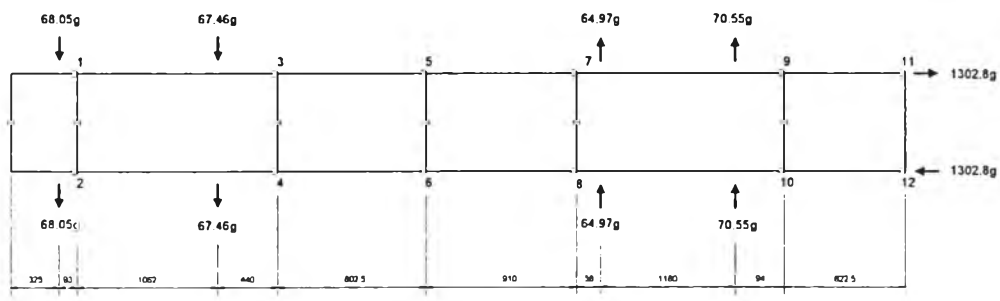
สามารถหาแรงในแนวระดับที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบได้จากในรูปที่ 2.1 เท่ากับ $0.5P_{t'}$ รวมกับ $0.5P_H$ ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากผลต่างของสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานระหว่างล้อกับถนน จะได้แรงกระทำตามรูปที่ 3.31



รูปที่ 3.31 แรงในแนวระดับที่กระกับตานคานยาวของโครงกรอบ

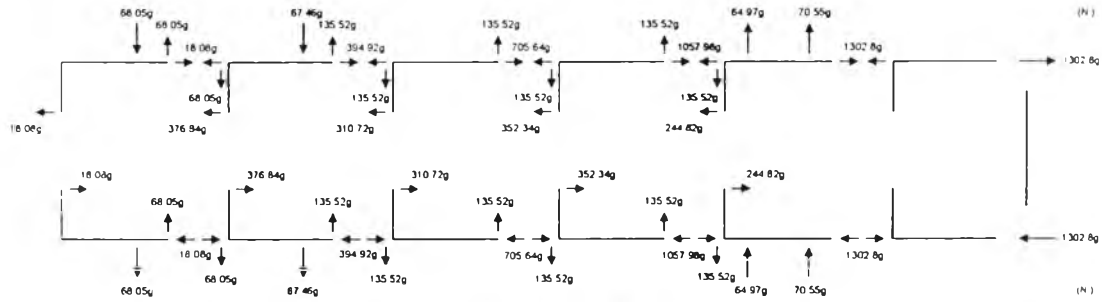
ในรูปที่ 3.31 แสดงแรงในแนวระดับที่กระทำกับคานตามยาวของโครงกรอบเนื่องจากการรับภาระในกรณีที่ 7 โดยมีแรง R_f และ R_r เป็นแรงที่ลัพธ์ที่ทำให้โครงกรอบสมดุลตรงแนวแกนของเพลาหน้าและหลัง

สามารถหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในแนวระดับของโครงกรอบได้โดยอาศัยวิธีที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 และหาแรง R_f และ R_r ได้โดยหาโมเมนต์รอบจุด B และจุด A จากนั้นแบ่งแรงที่คำนวณได้ไปที่จุดยึดแหนบด้านหน้าและด้านหลังของแหนบหน้าและแหนบหลัง แล้วแบ่งแรงในแนวระดับที่กระทำกับโครงกรอบให้กระทำที่คานตามยาวตัวบนและตัวล่างให้เท่ากัน ใส่ข้อต่อที่จุดต่างๆ และใส่หมายเลข 1 ถึง 12 ตามรูปที่ 2.8 จะได้แรงที่กระทำกับโครงกรอบตามรูปที่ 3.32



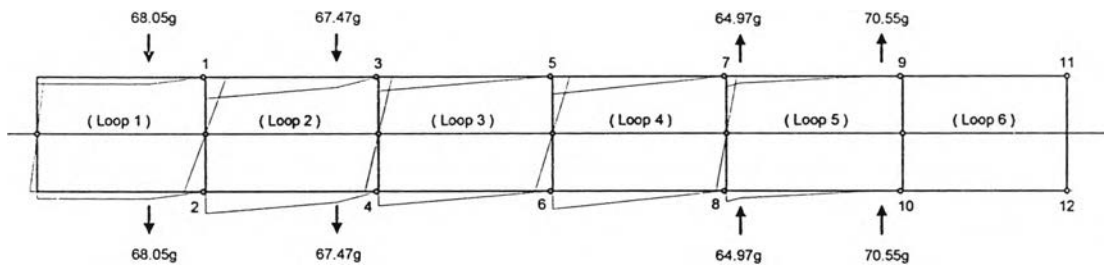
รูปที่ 3.32 แรงในแนวระดับที่กระทำกับโครงกรอบจากภาระกรณีที่ 7

จากแรงภายนอกที่กระทำกับโครงกรอบสามารถคำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นในแต่ชิ้นส่วนของโครงกรอบได้ โดยแบ่งโครงกรอบออกเป็นส่วนๆ ตามแนวข้อต่อ จากนั้นจึงคำนวณหาแรงภายในที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งของจุดต่อได้ตามรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แรงภายในและภายนอกที่เกิดขึ้นในแต่ละชิ้นส่วนของโครงกรอบเมื่อรับแรงภายนอกจากภาระกรณีที่ 7

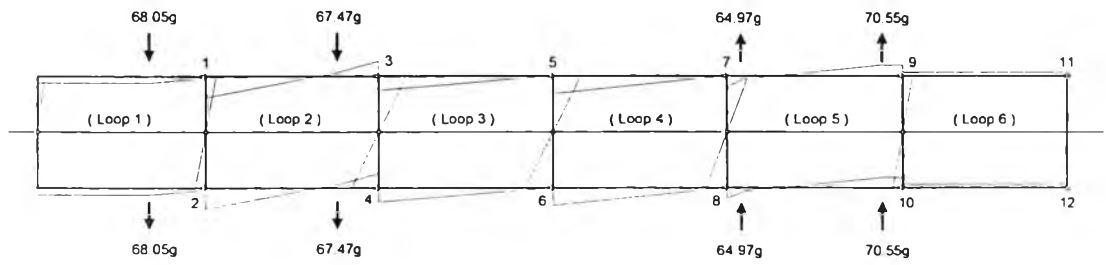
แรงภายนอกที่กระทำกับโครงกรอบในขณะที่รถอยู่ในโค้งทำให้เกิดแรงภายในที่ตำแหน่งข้อต่อต่างๆ ตามรูปที่ 3.33 นำแรงที่ได้เหล่านี้ไปหาโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นได้ โดยโมเมนต์ดัดที่ได้ให้เป็น M_0 ตามวิธีที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้



รูปที่ 3.34 โมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบจากแรงภายนอก M_0 จากภาระกรณีที่ 7

ให้ค่า Redundance x_1 ถึง x_{12} มีค่าเท่ากับ 1 N.mm จะคำนวณโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้นในระบบ M_1 ถึง M_{12} ได้ในแต่ละจุดต่อตามรูปที่ 3.29

จากนั้นคำนวณหาโมเมนต์ดัดรวมที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบ โดยคำนวณเหมือนกับแรงกระทำในแนวระดับกับโครงกรอบที่มาจากภาระกรณีที่ 3 จะได้โมเมนต์ดัดรวมที่เกิดขึ้นที่โครงกรอบของรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างตามรูปที่ 3.35



รูปที่ 3.35 โมเมนต์ดัดที่โครงกรอบรถบรรทุกโมเดลตัวอย่างจากการรับแรงในแนวระดับของภาระกรณีที่ 7