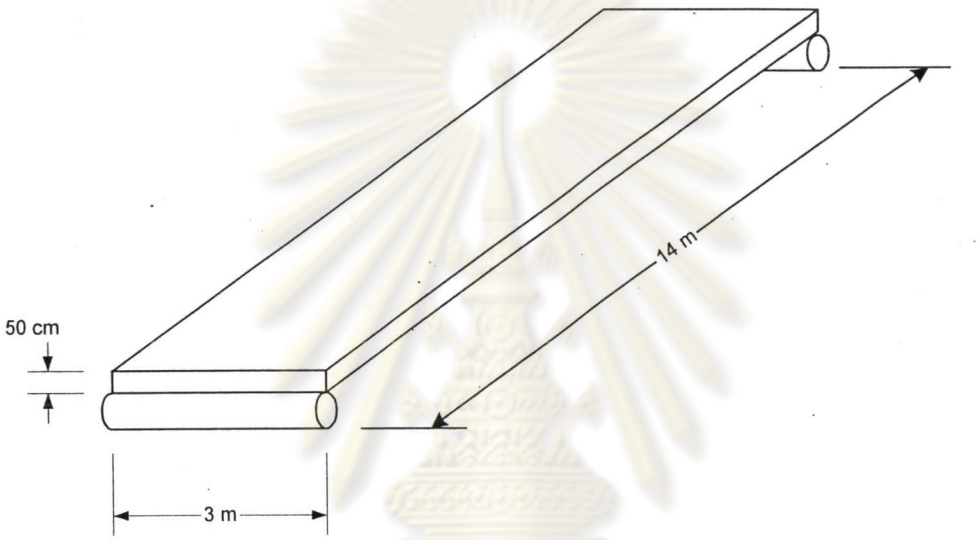
บทที่ 3

การหาน้ำหนักรถบรรทุกโดยเทคนิคการคำนวณซ้ำ (Iteraion Technique)

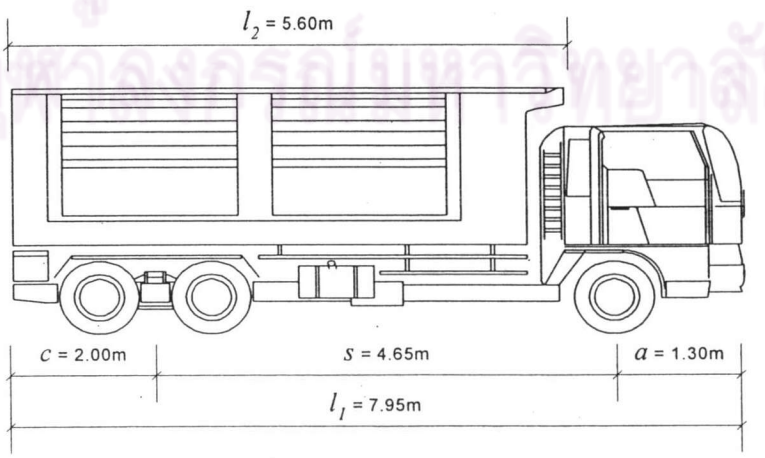
3.1 แบบจำลองย่อส่วนของสะพานและรถบรรทุก

สะพานที่ใช้ในการศึกษาการหาน้ำหนักรถบรรทุกโดยการจำลองบนคอมพิวเตอร์นั้น จะพิจารณาสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก แบบคานช่วงเดี่ยว ซึ่งมีความยาวของสะพาน 14 เมตร สำหรับการจราจร 1 ช่องทาง ซึ่งมีความกว้าง 3 เมตร ความหนา 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขนาดของสะพานคอนกรีตเสริมเหล็ก

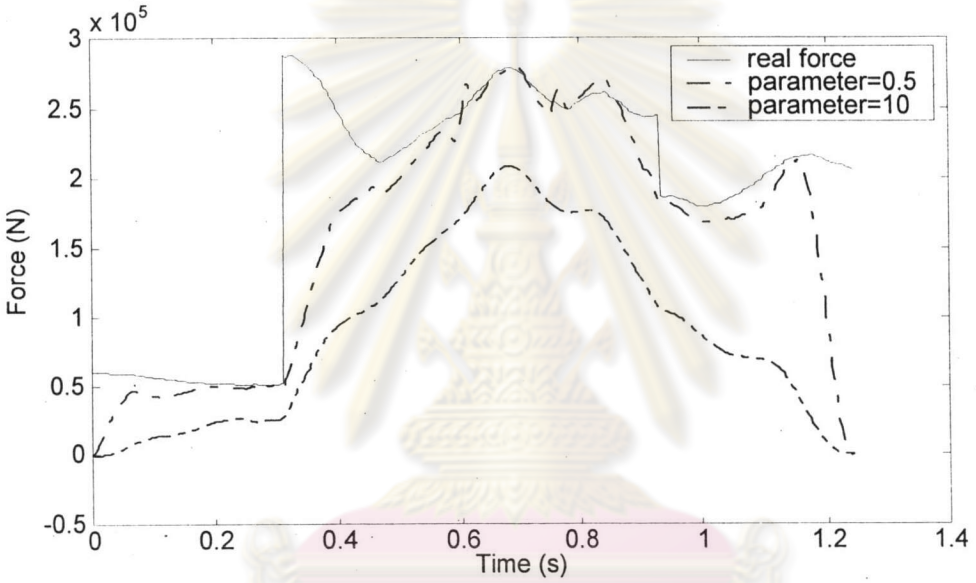
ส่วนรถบรรทุกนั้นจะทำการพิจารณาเพลาคู่หลังรวมกันเป็นเพลาเดี่ยว โดยมี a คือ ระยะทางที่ยื่นออกไปด้านหน้า 1.3 เมตร c คือ ระยะทางที่ยื่นออกไปด้านหลัง 2 เมตร s คือ ระยะห่างระหว่างเพลา 4.65 เมตร l_1 คือ ความยาวของตัวรถทั้งหมด 7.95 เมตร l_2 คือ ความยาวของส่วนที่ใช้บรรทุกของ 5.6 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขนาดของรถบรรทุก

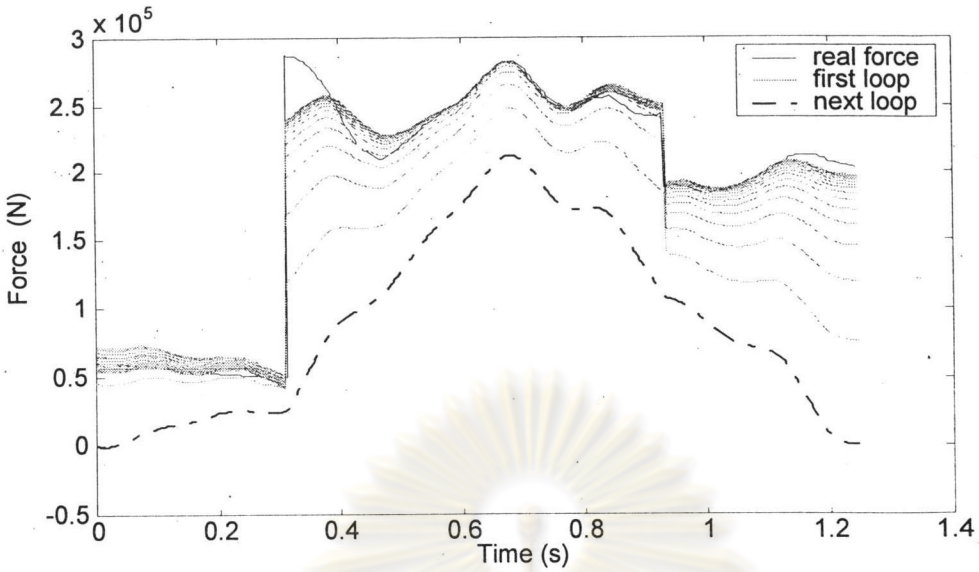
3.2 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

จากหัวข้อที่ 2.2.6 ซึ่งได้กล่าวไว้ว่า ค่าพารามิเตอร์ λ มีผลต่อการทำนายน้ำหนักรถบรรทุก ซึ่งค่า λ นั้นจะอยู่ในเมตริกซ์ $\mathbf{E}$ โดยเมตริกซ์ $\mathbf{E}$ คือ เมตริกซ์เอกลักษณ์คูณด้วยค่าพารามิเตอร์ λ และในการทายน้ำหนักถ้าค่าพารามิเตอร์นี้มีค่ามาก จะทำให้น้ำหนักที่คำนวณได้มีค่าไม่ใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง แต่ให้การเปลี่ยนแปลงของค่าน้ำหนักที่มีลักษณะค่อนข้างราบเรียบ ในขณะที่ค่าพารามิเตอร์ที่มีค่าน้อย จะทำให้น้ำหนักที่คำนวณได้นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง แต่จะมีความแปรปรวนสูง ดังที่ได้แสดงในรูปที่ 3.3 ซึ่งเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก โดยการคำนวณด้วยค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 10 และ 0.5 ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนจากรูปว่าถ้าเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวได้ไม่เหมาะสม ก็จะทำให้หาน้ำหนักรถบรรทุกผิดพลาดไปด้วย ทำให้เกิดปัญหาในการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ในทางปฏิบัติว่าจะใช้ค่าเท่าใดจึงจะเหมาะสม



รูปที่ 3.3 ค่าน้ำหนักเมื่อคำนวณจากค่าพารามิเตอร์เท่ากับ10 และ 0.5

จึงได้มีการนำเทคนิคการคำนวณซ้ำเข้ามาปรับปรุงในการหาน้ำหนักรถบรรทุก โดยทดลองกับกรณีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์มาก ซึ่งในที่นี้ลองใช้ค่า λ เท่ากับ 10 ค่าน้ำหนักที่คำนวณได้แสดงดังในรูปที่ 3.4 จะเห็นว่าถึงแม้ว่าน้ำหนักที่คำนวณได้ในครั้งแรกนั้นจะไม่ใกล้เคียงกับน้ำหนักจริง แต่ด้วยเทคนิคการคำนวณซ้ำจะช่วยทำให้การทายน้ำหนักนั้นมีค่าใกล้กับน้ำหนักจริงมากขึ้น อย่างไรก็ดีพบว่าหากค่า λ มากขึ้นก็อาจทำให้จำนวนรอบที่ใช้ในการคำนวณนั้นมากขึ้นไปด้วย อย่างเช่น ถ้าค่า λ เท่ากับ 1000 พบว่าจะต้องใช้จำนวนรอบของการคำนวณซ้ำสูงถึง 68 รอบ ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ค่า λ ให้เหมาะสมด้วย ในทางปฏิบัติค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมนั้นหาได้ยาก แต่เนื่องจากเทคนิคการคำนวณซ้ำจะทำให้การทายน้ำหนักมีค่าใกล้เคียงกับน้ำหนักจริงมากขึ้น จึงเป็นไปได้ที่ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้คำนวณหาน้ำหนักรถบรรทุกนั้นอยู่ในช่วงที่กว้างมากขึ้นกว่าการทายน้ำหนักด้วยวิธีปกติ



รูปที่ 3.4 ค่าน้ำหนักเมื่อใช้เทคนิคการคำนวณซ้ำ โดยค่าพารามิเตอร์เท่ากับ 10

ค่า λ ที่เหมาะสมนั้นจะเลือกจาก ค่า λ ตัวที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต (static weight error) และค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ (dynamic weight error) นั้นมีค่าน้อยที่สุด ซึ่งค่าน้ำหนักที่ทายได้นั้นใกล้เคียงกับค่าน้ำหนักสถิตจริงมากน้อยเพียงใดจะวัดจากค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์นั้นจะแสดงให้เห็นถึงความถูกต้องในการทายค่าแรงทางพลศาสตร์ของรถที่กระทำต่อตัวสะพาน

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต} = \frac{f_{iden}^{st} - f_{real}^{st}}{f_{real}^{st}} \times 100\% \tag{3.1}$$

$$\text{ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์} = \frac{\left\|\mathbf{f}_{iden} - \mathbf{f}_{real}\right\|}{\left\|\mathbf{f}_{real}\right\|} \times 100\%$$

$$= \frac{\sqrt{\sum\left(\mathbf{f}_{iden} - \mathbf{f}_{real}\right)^2}}{\sqrt{\sum\left(\mathbf{f}_{real}\right)^2}} \times 100\% \tag{3.2}$$

โดยที่ f_{iden}^{st} คือ ค่าน้ำหนักทางสถิตที่ทาย

f_{real}^{st} คือ ค่าน้ำหนักทางสถิตจริง

$\mathbf{f}_{iden}$ คือ ค่าน้ำหนักที่ทาย ณ ทุกตำแหน่งเวลา

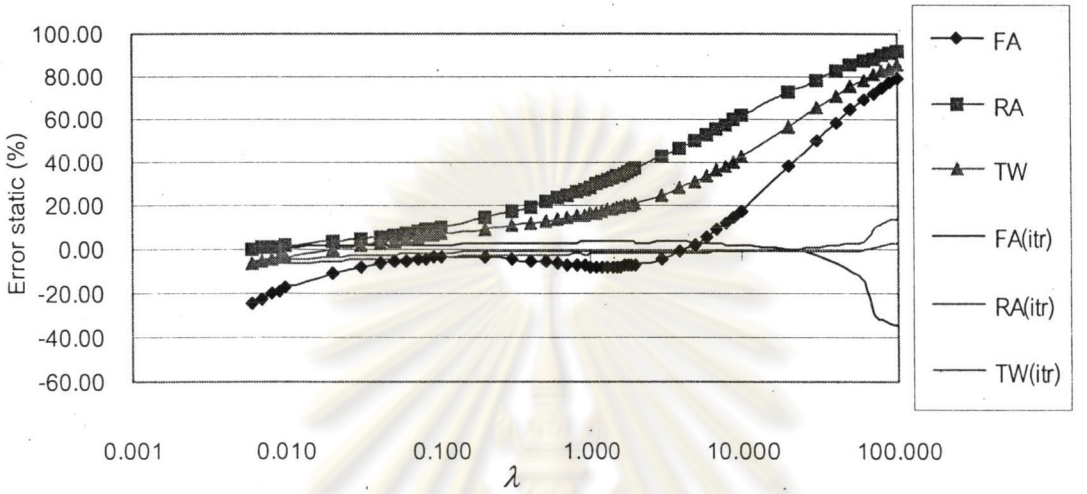
$\mathbf{f}_{real}$ คือ ค่าน้ำหนักจริง ณ ทุกตำแหน่งเวลา

ในที่นี้ได้ลองคำนวณโดยใช้ λ ในช่วง 0.006-100 โดยใช้ตำแหน่งที่เก็บสัญญาณ 3 จุด และใช้ข้อมูลในการคำนวณทั้งหมด 500 ข้อมูล ส่วนค่าตัวแปรต่างๆแสดงในตารางที่ 3.1 ซึ่งจะได้ผลดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 โดยรูปที่ 3.5 จะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต และรูปที่ 3.6 จะแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ โดยได้แสดงแยกทั้งความคลาดเคลื่อนของเพลาหน้า (FA), เพลาหลัง (RA) และน้ำหนักรวม (TW) ทั้งก่อนทำการคำนวณซ้ำและหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำ

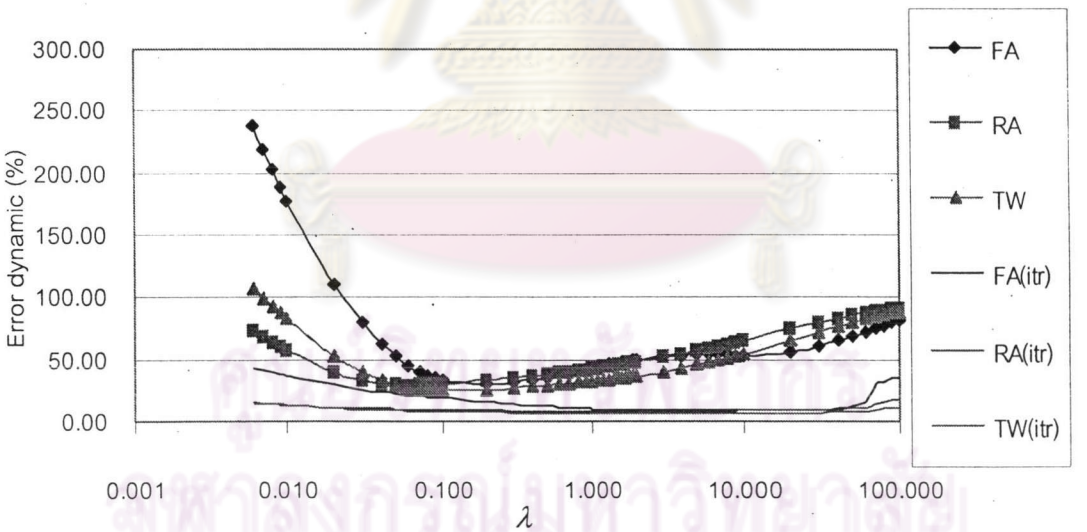
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบผลของค่าพารามิเตอร์

น้ำหนักเพลาหน้า (ตัน)	น้ำหนักเพลาหลัง (ตัน)	น้ำหนักรวม (ตัน)	ความเร็วรถบรรทุก (m/s)	ความขรุขระของสะพาน (cm)
5.5	15.5	21	15	1



รูปที่ 3.5 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ



รูปที่ 3.6 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่ค่า λ ต่างๆ

เมื่อสังเกตจากรูปที่ 3.5 จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตนั้นจะมีค่ามาก เมื่อ λ มีค่ามาก นั้นคือ คำนวณน้ำหนักได้ไม่ใกล้เคียงกับข้อมูล แต่เมื่อค่า λ น้อยลง ก็จะหาน้ำหนักได้ใกล้เคียงมากขึ้น แต่ถ้าผ่านการคำนวณซ้ำแล้ว จะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์นั้นแทบจะไม่มีผลต่อการคำนวณน้ำหนักเลย นอกจากกรณีที่ค่าพารามิเตอร์มีค่าน้อยมากๆ หรือมีค่าสูงมากๆ ทำให้สามารถเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ได้ในช่วงที่กว้างมากขึ้น ส่วนค่าพารามิเตอร์ที่น้อยกว่า 0.006 นั้นเมื่อนำมาหาน้ำหนักแล้วค่าน้ำหนักจะได้ค่าอนันต์ (infinity) เนื่องจากว่าเกิดการบกพร่อง (ill) ที่เมตริกซ์ $\mathbf{H}_n^{-1}$

เมื่อสังเกตจากรูปที่ 3.6 จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์จะมีค่ามาก เมื่อค่าพารามิเตอร์มีค่าน้อย นั้นคือ ค่าน้ำหนักมีความแปรปรวนสูง แต่เมื่อค่าพารามิเตอร์มากขึ้น ก็จะทำให้ความแปรปรวนนั้นลดลง และเมื่อค่าพารามิเตอร์เพิ่มขึ้นอีกเรื่อยๆค่าความแปรปรวนก็จะเริ่มเพิ่มขึ้นอีกครั้ง แต่เมื่อผ่านการคำนวณซ้ำแล้ว จะเห็นว่าค่าพารามิเตอร์นั้นเกือบจะไม่มีผลเช่นเดียวกัน นอกจากกรณีที่ค่าพารามิเตอร์มีค่าน้อยมากๆ หรือมีค่าสูงมากๆ ทำให้สามารถเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ได้ในช่วงที่กว้างมากขึ้น

และเมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนทั้ง 2 แล้ว ค่า λ ที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่าน้อยนั้นอยู่ในช่วง 0.5-20 แต่ไม่ควรใช้ค่าพารามิเตอร์มากไป เพราะจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณนานมากไป ดังนั้นในที่นี้จะใช้ค่าพารามิเตอร์ = 1.3 เป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

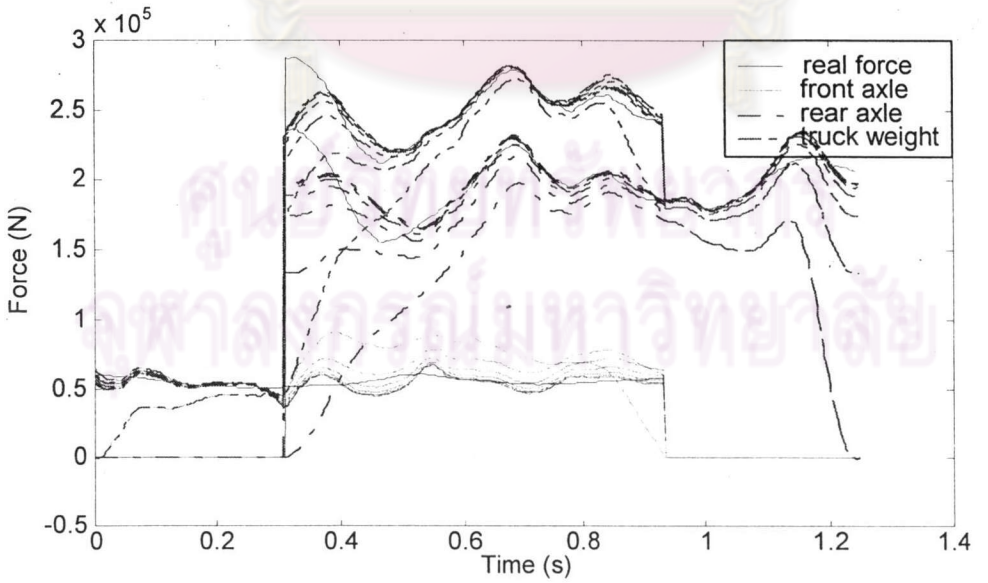
3.3 ตัวแปรที่มีผลกระทบต่อการหาน้ำหนักรถบรรทุก

ตัวแปรซึ่งอาจมีผลกระทบต่อการหาน้ำหนักของรถบรรทุกที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความเร็วของรถบรรทุก ความขรุขระของผิวทาง อัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้ากับน้ำหนักของเพลาหลัง และค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาของรถบรรทุก ซึ่งจะได้แยกพิจารณาผลกระทบของแต่ละตัวแปรในหัวข้อ 3.3.1-3.3.4

ก่อนที่จะทำการศึกษาถึงผลกระทบจากตัวแปรต่างๆนั้น จะทำการหาน้ำหนักโดยใช้ค่าตัวแปรต่างๆ ซึ่งเป็นค่าทั่วๆไปโดยค่าตัวแปรต่างๆแสดงในตารางที่ 3.2 และผลที่ได้แสดงดังในรูปที่ 3.7-3.10

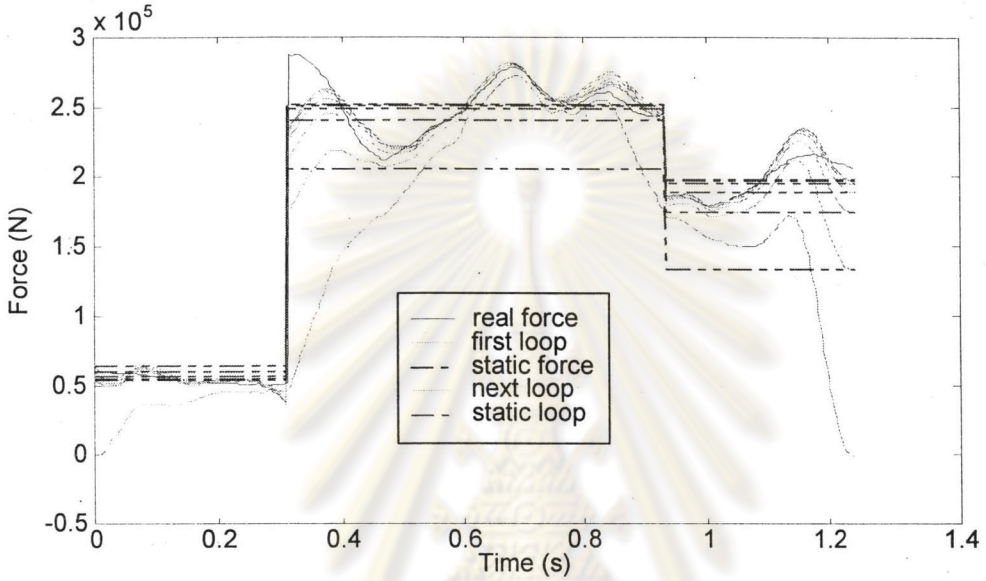
ตารางที่ 3.2 ค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการทดสอบในกรณีทั่วไป

น้ำหนักเพลาหน้า (ตัน)	น้ำหนักเพลาหลัง (ตัน)	ความเร็วรถบรรทุก (ม./วินาที)	ความขรุขระของผิวทาง (ซม.)	สติฟเนสของสปริงเพลาหน้า (กิโลนิวตัน/ม.)	สติฟเนสของสปริงเพลาหลัง (กิโลนิวตัน/ม.)
5.5	19.5	15	1	635	6345

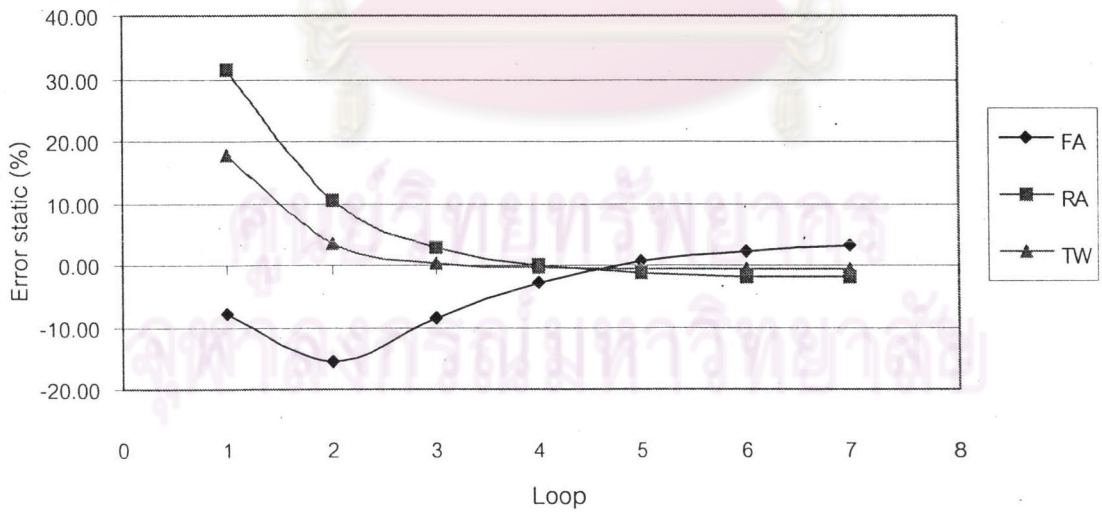


รูปที่ 3.7 ค่าน้ำหนักเพลาหน้า, เพลาหลัง และน้ำหนักรวม ในแต่ละรอบของการคำนวณ

จากรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่า ด้วยเทคนิคการคำนวณซ้ำจะทำให้ค่าน้ำหนักที่คำนวณได้ในรอบหลังๆนั้นให้เข้าใกล้ค่าจริงมากขึ้น แต่สำหรับน้ำหนักเพลาหน้านั้นค่าน้ำหนักจริงค่อนข้างเรียบเนื่องจากค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาหน้านั้นน้อยกว่าเพลาหลังอยู่ถึง 10 เท่า ซึ่งไดนามิคโปรแกรมมิงไม่สามารถคำนวณค่าน้ำหนักของเพลาหน้าได้ดีเท่าเพลาหลัง เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับน้ำหนักจริงของแต่ละเพลา ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่า λ ของเพลาหน้าและเพลาหลังในการคำนวณที่ยังมีค่าเท่ากันอยู่ ซึ่งถ้าทำการปรับค่า λ ระหว่างเพลาหน้าและเพลาหลังให้เหมาะสม ก็อาจจะคำนวณค่าน้ำหนักเพลาหน้าได้ใกล้เคียงยิ่งขึ้น



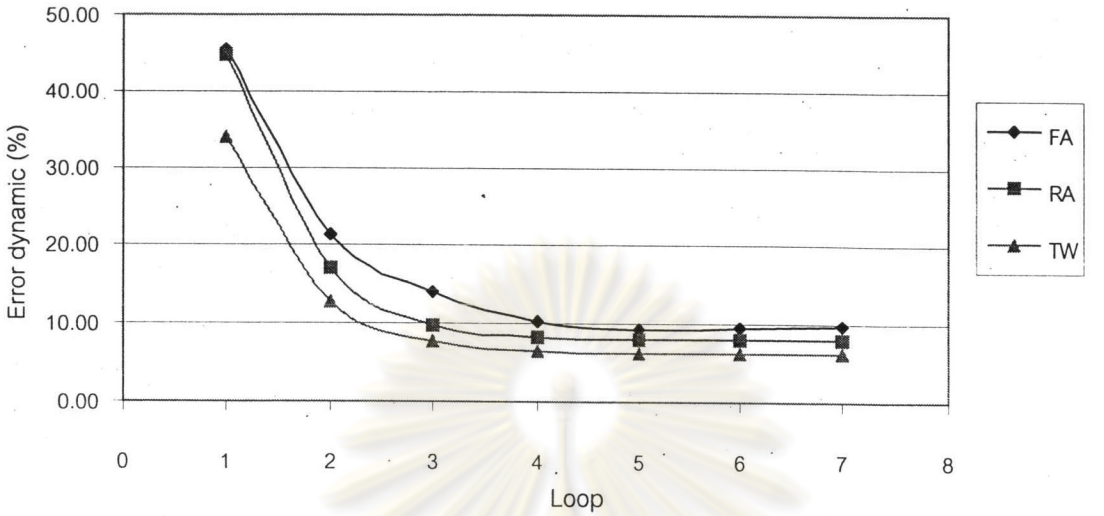
รูปที่ 3.8 ค่าน้ำหนักรวม และน้ำหนักรวมทางสถิตในแต่ละรอบของการคำนวณซ้ำ



รูปที่ 3.9 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตในแต่ละรอบของการคำนวณซ้ำ

จากรูปที่ 3.9 ซึ่งแสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่รอบที่ 5 นั้นน้อยที่สุด แต่ในความเป็นจริงนั้น จะไม่สามารถทราบล่วงหน้าว่าต้องคำนวณกี่รอบ ดังนั้นในที่นี้จึงได้กำหนดให้ทำการหยุดการคำนวณ เมื่อค่าน้ำหนักทางสถิตที่คำนวณได้แตกต่างจากค่าน้ำหนักทางสถิตในรอบ

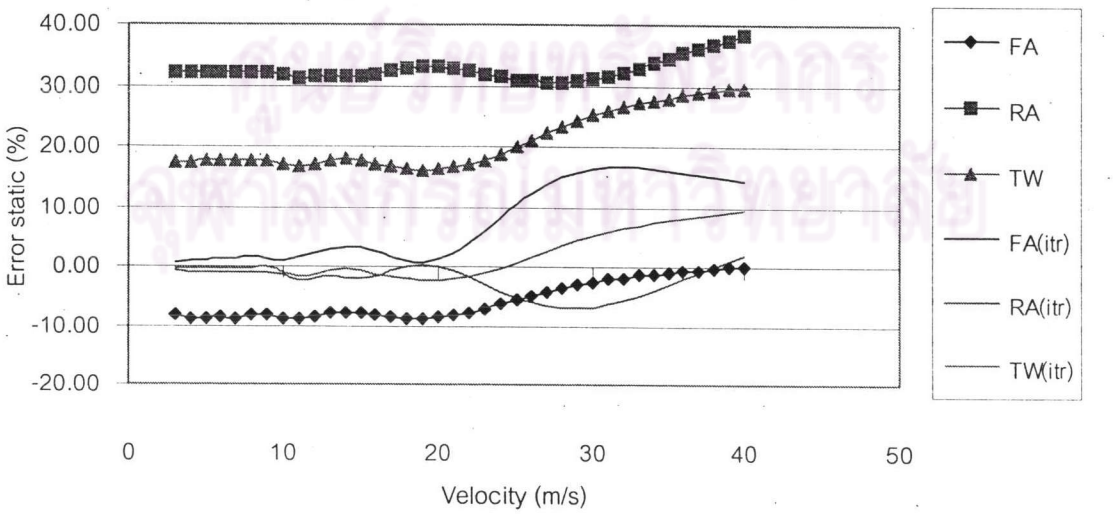
ก่อนหน้าน้อยกว่า 1% ซึ่งจะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรถบรรทุกนั้นให้ผลที่น่าพอใจมาก คือ เพียงแค่ 1% เท่านั้น



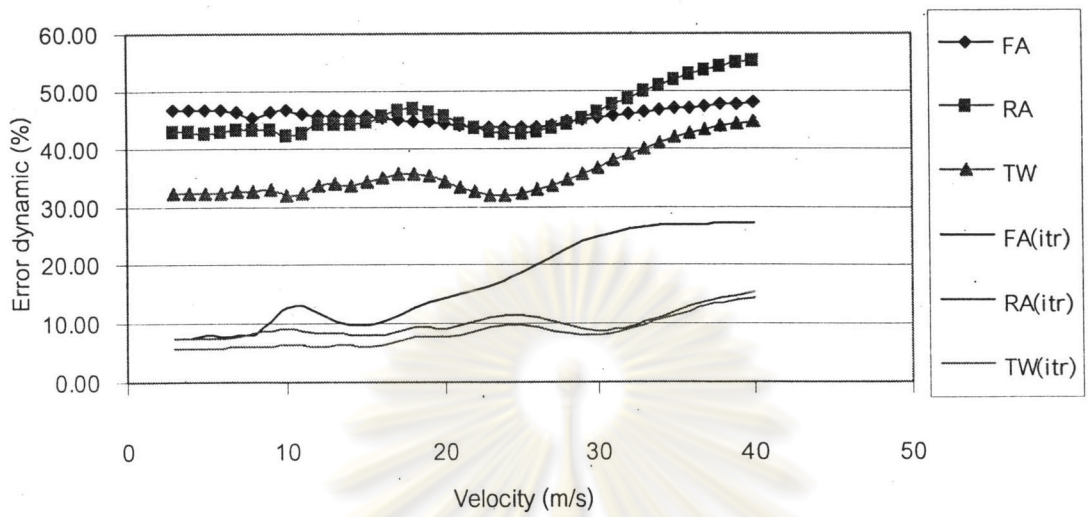
รูปที่ 3.10 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ในแต่ละรอบของการคำนวณ

3.3.1 ผลกระทบจากความเร็วของรถบรรทุก

จากความเร็วของรถบรรทุก 15 เมตร/วินาที ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นค่าความเร็วของรถบรรทุกทั่วๆไป แต่ถ้ารถบรรทุกวิ่งช้าลงหรือเร็วขึ้น ก็อาจจะมีผลให้การทายน้ำหนักผิดพลาดได้ จึงได้พิจารณาคำนวณหาค่าน้ำหนักของรถบรรทุกกรณีที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างๆ ตั้งแต่ 3 ถึง 40 เมตร/วินาที หรือประมาณ 10 ถึง 150 กิโลเมตร/ชั่วโมง ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.11 และ 3.12



รูปที่ 3.11 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่ความเร็วต่างๆ



รูปที่ 3.12 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่ความเร็วต่างๆ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความเร็วของรถบรรทุกนั้นมีผลกระทบต่อการทายน้ำหนัก คือ ที่ความเร็วสูงกว่า 20m/s เมื่อความเร็วสูงขึ้น ค่าน้ำหนักที่ทายได้จะสูงขึ้นด้วย และเมื่อผ่านการคำนวณซ้ำแล้วผลของความเร็วก็ยังคงมีอยู่เช่นเดิม ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วสูงขึ้น แต่เพลาหน้าจะเห็นว่าก่อนเราคำนวณซ้ำ จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตจะน้อยลงเมื่อความเร็วสูงขึ้น เนื่องจากการคำนวณรอบแรกนั้นค่าน้ำหนักที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าน้ำหนักจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.11

ส่วนความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์นั้น ความเร็วของรถบรรทุกก็จะมีผลเช่นเดียวกัน คือ ที่ความเร็วสูงกว่า 20 m/s เมื่อความเร็วสูงขึ้น จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์สูงขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้จะผ่านการคำนวณซ้ำไปแล้วก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.3.2 ผลกระทบจากความขรุขระของผิวทาง

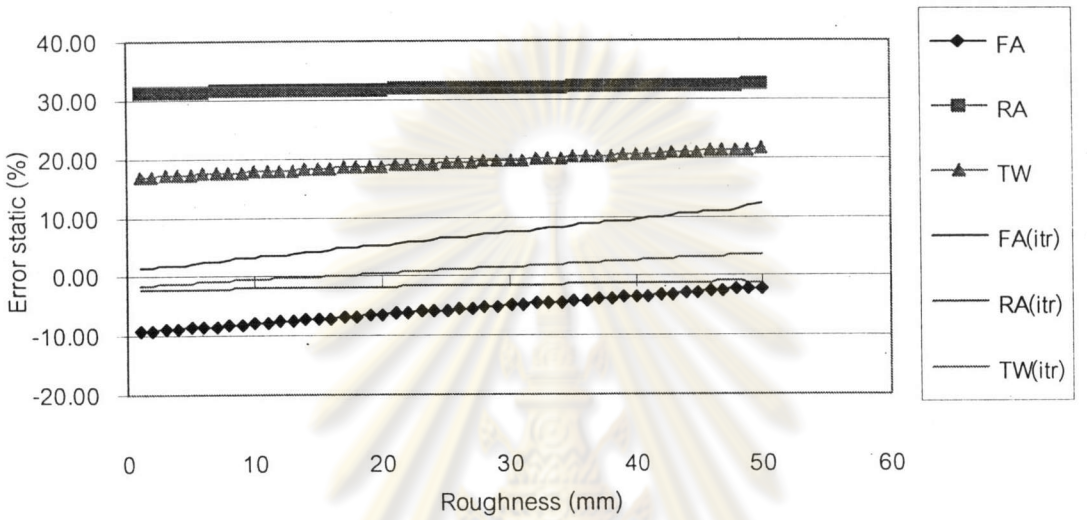
จากความขรุขระของผิวทางเท่ากับ 1 เซนติเมตร ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นค่าความขรุขระโดยทั่วไปของผิวทาง แต่ถ้าความขรุขระของผิวทางนั้นมีค่าสูงขึ้นหรือต่ำลง ก็อาจจะมีผลต่อการทายน้ำหนัก จึงได้ลองคำนวณหาค่าน้ำหนักของรถบรรทุกที่เคลื่อนที่ผ่านสะพานที่มีความขรุขระตั้งแต่ 0 ถึง 5 เซนติเมตร ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.13 และ 3.14

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความขรุขระของผิวทางนั้นมีผลต่อการทายน้ำหนัก เมื่อความขรุขระมากขึ้น ค่าน้ำหนักสถิตที่ทายได้จะสูงขึ้นด้วย และเมื่อผ่านการคำนวณซ้ำแล้วผลของความขรุขระก็ยังคงมีอยู่เช่นเดิม ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นจะเพิ่มขึ้น เมื่อความขรุขระมากขึ้น แต่เพลาหน้าก่อนการคำนวณซ้ำ ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตจะน้อยลงเมื่อความขรุขระมากขึ้น เนื่องจากการคำนวณรอบแรกนั้นค่าน้ำหนักได้น้อยกว่าค่าน้ำหนักจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.13 และความขรุขระของผิวทางนั้นจะมีผลกระทบกับค่าความ

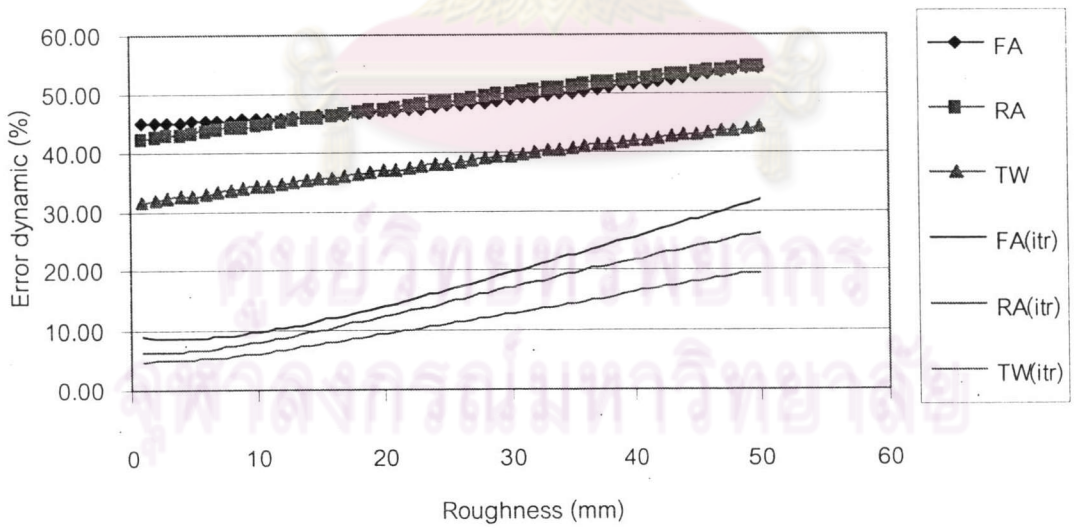
I21048617

คลาดเคลื่อนทางสถิตของเพลาหน้ามากกว่าเพลาหลัง และน้ำหนักรวม สังเกตได้จากการที่กราฟนั้นมีแนวโน้มของการเพิ่มที่ชันกว่า

ส่วนความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์นั้น ความขรุขระก็จะมีผลเช่นเดียวกัน คือ ที่ความขรุขระมากๆ ก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์นั้นมากขึ้นตามไปด้วย ถึงแม้จะผ่านการคำนวณซ้ำไปแล้วก็ตาม ดังแสดงในรูปที่ 3.14 แต่ความขรุขระของผิวทางนั้นจะมีผลกระทบมากกว่าเมื่อผ่านการคำนวณซ้ำไปแล้ว สังเกตได้จากการที่กราฟนั้นมีแนวโน้มของการเพิ่มที่ชันกว่า



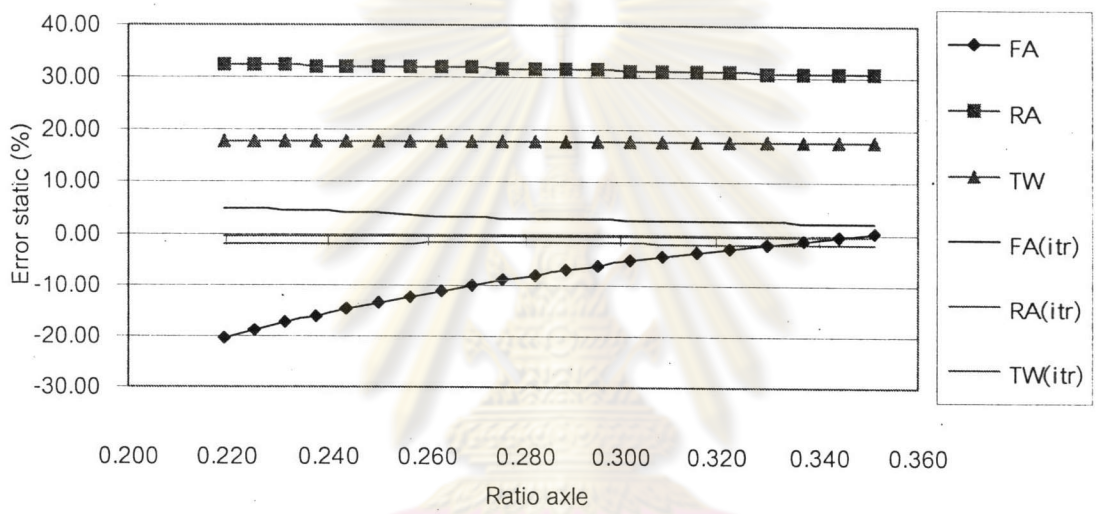
รูปที่ 3.13 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่ความขรุขระต่างๆ



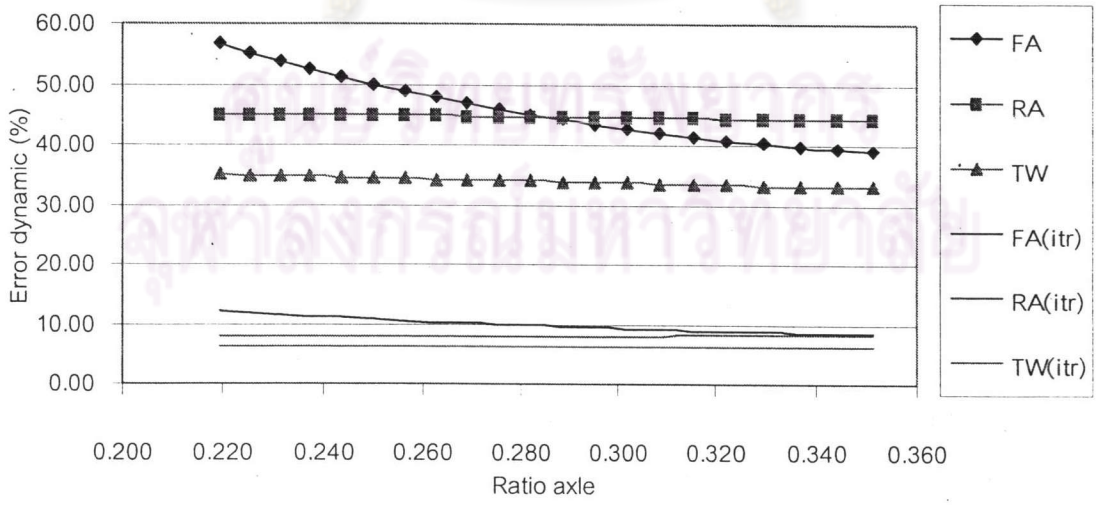
รูปที่ 3.14 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่ความขรุขระต่างๆ

3.3.3 ผลกระทบจากอัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้ากับน้ำหนักเพลาหลัง

จากค่าน้ำหนักเพลาหน้า 5.5 ตัน และน้ำหนักเพลาหลัง 19.5 ตัน จะได้อัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้ากับเพลาหลังเท่ากับ 0.282 ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นค่าอัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้ากับเพลาหลังโดยทั่วไปของรถบรรทุก เช่นเดียวกัน ถ้าอัตราส่วนนี้เปลี่ยนแปลงไปก็อาจมีผลต่อการทายน้ำหนัก จึงได้ลองคำนวณหาค่าน้ำหนักของรถบรรทุกที่มีอัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้ากับเพลาหลังตั้งแต่ 0.220 ถึง 0.351 โดยที่จะทำการเปลี่ยนเฉพาะน้ำหนักของเพลาหน้าและเพลาหลัง ซึ่งเพลาหน้านั้นมีค่าตั้งแต่ 4.5 ถึง 6.5 ตัน เพลาหลังนั้นมีน้ำหนัก 18.5 ถึง 20.5 ตัน ส่วนน้ำหนักรวมของรถบรรทุกนั้นไม่เปลี่ยนแปลง(เท่ากับ 25 ตัน) ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้นใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.15 และ 3.16



รูปที่ 3.15 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่อัตราส่วนเพลาต่างๆ



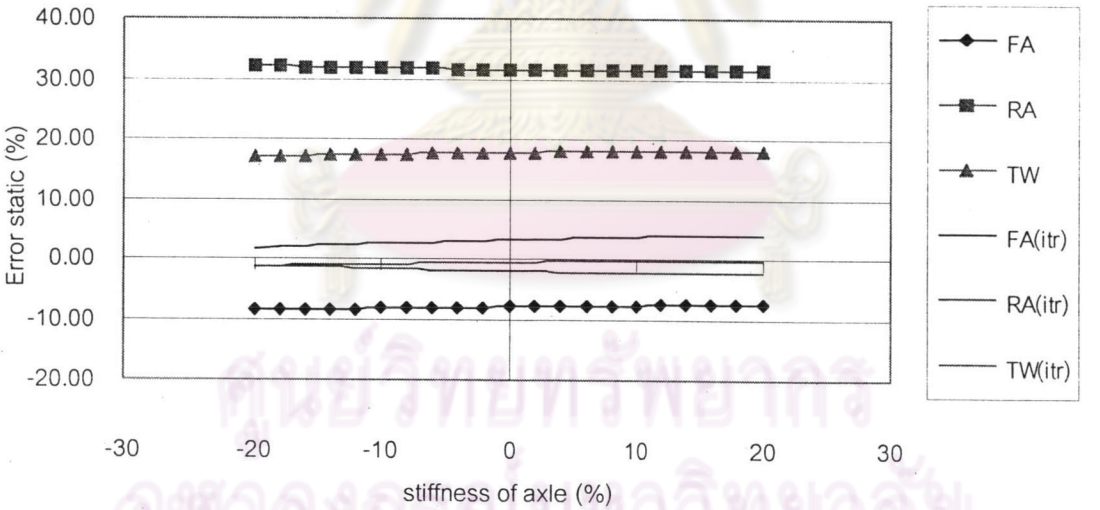
รูปที่ 3.16 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่อัตราส่วนเพลาต่างๆ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า อัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้าต่อเพลาหลังนั้นไม่มีผลต่อการทายน้ำหนัก ทั้งก่อนและหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำ ยกเว้นน้ำหนักของเพลาหน้า ถ้าอัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้าต่อเพลาหลังเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นน้อยลง แต่หลังจากผ่านการคำนวณซ้ำแล้วก็จะยังมีผลของอัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้าต่อเพลาหลังเล็กน้อย ดังแสดงในรูปที่ 3.15

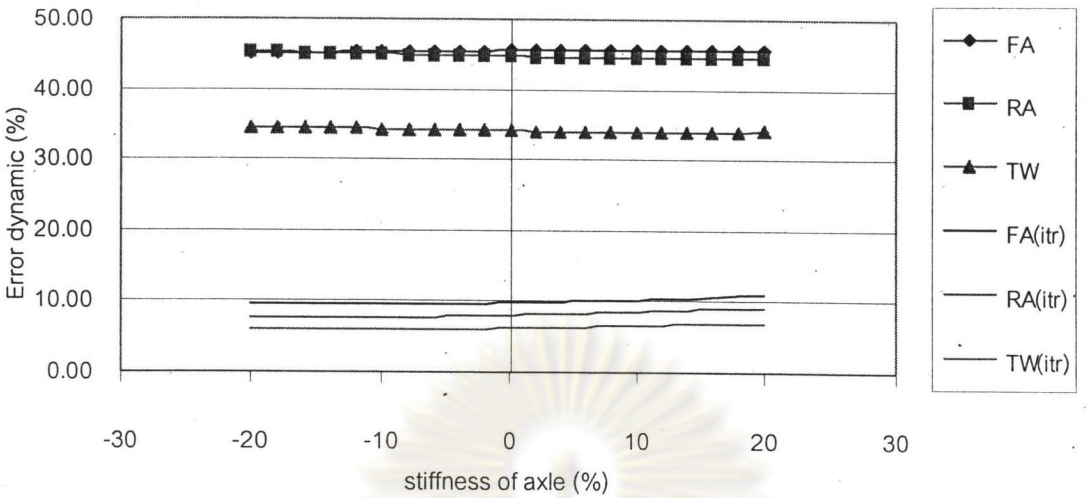
ส่วนความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์นั้น อัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้าต่อเพลาหลังก็จะไม่มีผลเช่นเดียวกัน ยกเว้นค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์ของเพลาหน้าก่อนการคำนวณซ้ำ โดยเมื่ออัตราส่วนของน้ำหนักเพลาหน้าต่อเพลาหลังมีค่ามากขึ้นก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์ของเพลาหน้านั้นมีค่าน้อยลง ดังแสดงในรูปที่ 3.16

3.3.4 ผลกระทบจากค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาของรถบรรทุก

จากค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาหน้าและเพลาหลังเท่ากับ 0.635×10^6 และ 6.345×10^6 นิวตัน/เมตร ตามลำดับ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นค่าโดยทั่วไปของรถบรรทุก เช่นเดียวกัน ถ้าค่าสติฟเนสนี้เปลี่ยนแปลงไปก็อาจจะมีผลต่อการทายน้ำหนัก จึงได้ลองคำนวณหาค่าน้ำหนักของรถบรรทุกที่มีค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาค่าต่างๆ โดยได้ลองใช้ค่าสติฟเนสในช่วง ±20% จากค่าโดยทั่วไป ทั้งเพลาหน้าและเพลาหลัง ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.17 และ 3.18



รูปที่ 3.17 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่เปอร์เซ็นต์ของค่าสติฟเนสต่างๆ



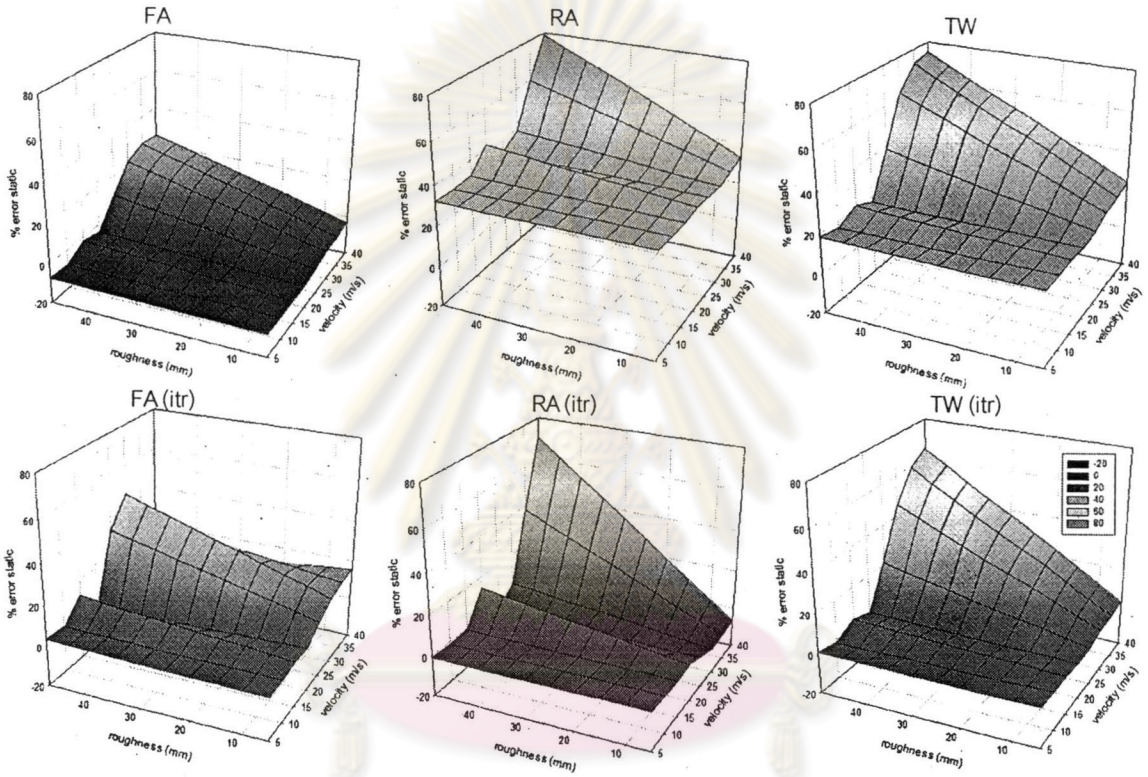
รูปที่ 3.18 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่เปอร์เซ็นต์ของค่าสติฟเนสต่างๆ

ซึ่งจะเห็นได้ว่า ค่าสติฟเนสของสปริงที่เพลาหน้าและเพลาหลังนั้นไม่มีผลต่อการทายน้ำหนัก ทั้งก่อนและหลังผ่านการคำนวณซ้ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

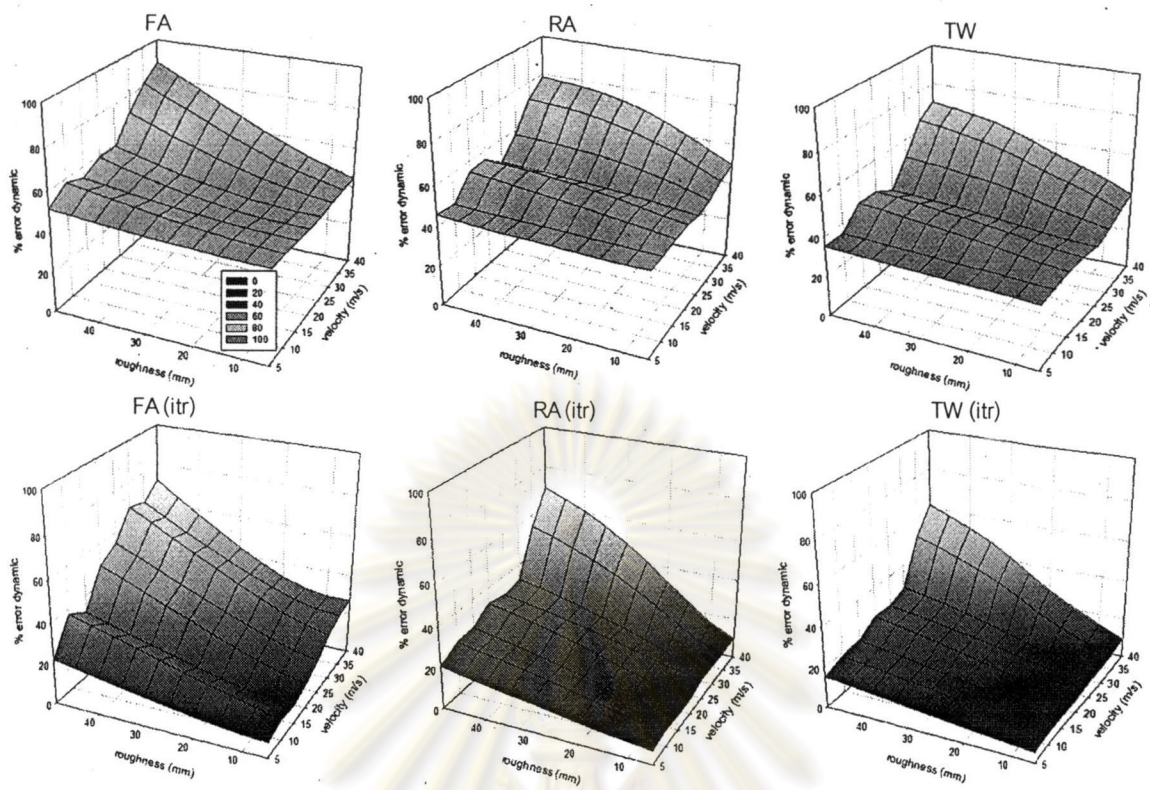
3.4 ผลกระทบเนื่องจากความเร็วและความขรุขระที่มีต่อการหาน้ำหนักรถบรรทุก

จากหัวข้อ 3.3 จะเห็นได้ว่า ตัวแปรหลักที่มีผลต่อการทายน้ำหนักรถบรรทุกนั้น คือ ความเร็วของรถบรรทุก และ ความขรุขระของผิวทาง ซึ่งได้แยกพิจารณาทีละตัวแปรดังในหัวข้อที่ 3.3.1 และ 3.3.2 แต่จากทั้งสองหัวข้อนั้นจะยังไม่ทราบผลกระทบต่อการทายน้ำหนัก ในกรณีที่รถบรรทุกมีความเร็วสูงพร้อมกับสะพานมีความขรุขระมาก ดังนั้นในหัวข้อนี้ จะได้ลองหาน้ำหนักรถบรรทุกที่วิ่งด้วยความเร็วตั้งแต่ 5 ถึง 40 เมตร/วินาที ผ่านสะพานซึ่งมีความขรุขระตั้งแต่ 0 ถึง 5 เซนติเมตร ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.19 และ 3.20



รูปที่ 3.19 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตทั้งก่อนและหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำ

จากรูปที่ 3.19 จะสังเกตเห็นแนวโน้มได้ว่ายิ่งความเร็วของรถบรรทุก และความขรุขระของผิวทางสูงขึ้นก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นจะมีค่ามากขึ้น ซึ่งที่ความเร็วของรถบรรทุก 40 m/s และความขรุขระของผิวทาง 5 cm นั่นจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตของเพลาหน้า ,เพลาหลัง และน้ำหนักรวม เท่ากับ 25% ,80% และ 75% แต่เมื่อผ่านการคำนวณซ้ำไปแล้วค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตจะลดลงถึง 20-30% แต่ที่ความเร็วของรถบรรทุก และความขรุขระของผิวทางสูงๆ (30-40m/s และ 3-5cm) นั้นค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตจะลดลงเพียง 5-10% ยกเว้นค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตของเพลาหน้าเท่านั้นที่บางกรณีหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำแล้วค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นกลับสูงขึ้น ซึ่งจะได้อธิบายในหัวข้อ 6.2 ต่อไป

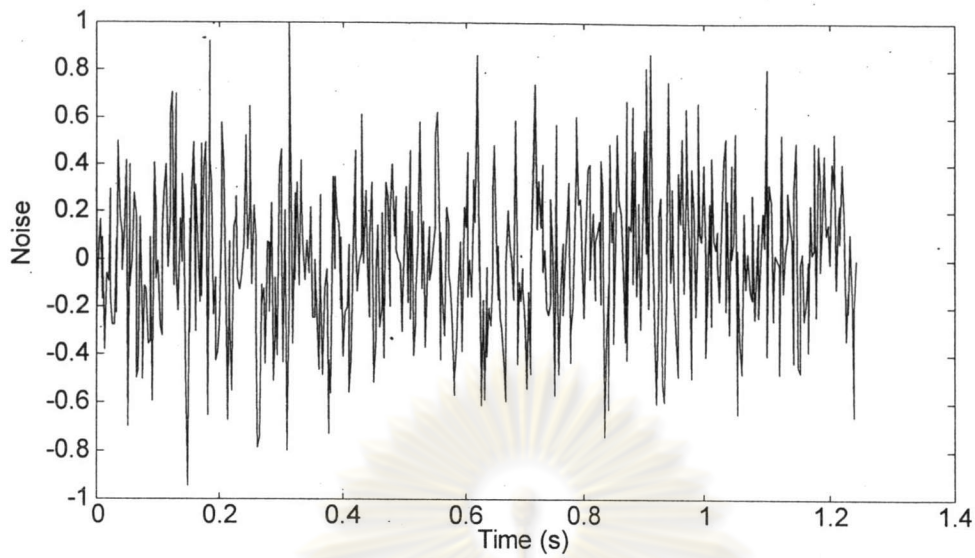


รูปที่ 3.20 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ทั้งก่อนและหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำ

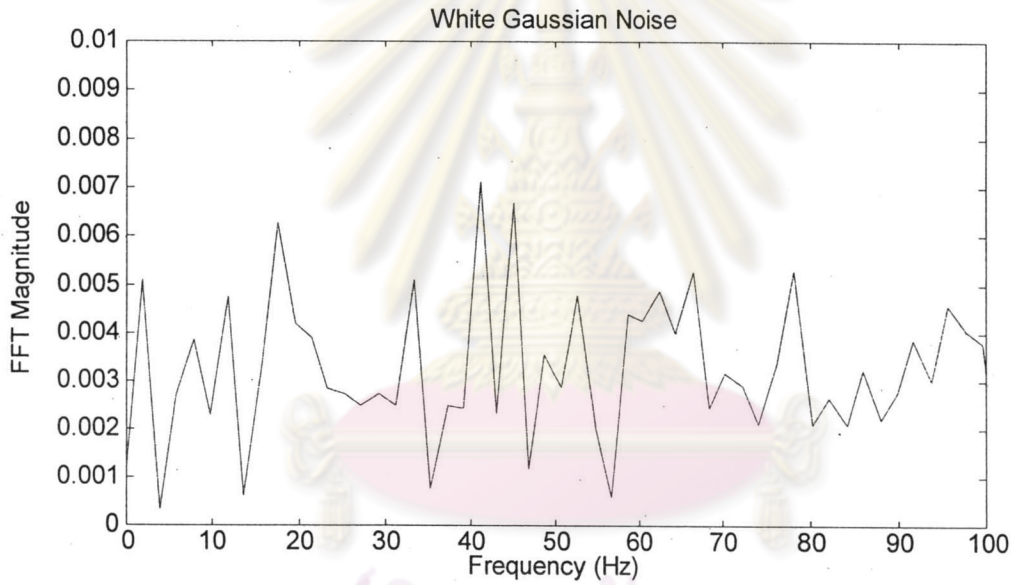
ส่วนรูปที่ 3.20 จะเห็นแนวโน้มได้อย่างชัดเจนว่ายิ่งความเร็วของรถบรรทุก และความขรุขระของผิวทางสูงขึ้นก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์นั้นมีค่ามากขึ้น ซึ่งที่ความเร็วของรถบรรทุก 40 m/s และความขรุขระของผิวทาง 5 cm นั่นจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์ของเพลาหน้า ,เพลาหลัง และน้ำหนักรวม เท่ากับ 90% ,80% และ70% แต่เมื่อผ่านการคำนวณซ้ำก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์ลดลงถึง 20-40% แต่ที่ความเร็วของรถบรรทุก และความขรุขระของผิวทางสูงๆ (30-40m/s และ 3-5cm) นั้นค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตจะลดลงเพียง 5-10%

3.5 <u>การหาน้ำหนักรถบรรทุกเมื่อมีสัญญาณรบกวน (noise)</u>

ในหัวข้อก่อนหน้าที่กล่าวมานั้น ได้ทำการหาน้ำหนักรถบรรทุกโดยคิดว่า สัญญาณที่เก็บวัดมาได้นั้นไม่มีสัญญาณรบกวน (noise) ใดๆเลย ซึ่งในความเป็นจริงนั้น สัญญาณที่เก็บวัดมาได้นั้นจะมีสัญญาณกวนจากสิ่งแวดล้อมปนเข้ามาด้วย ประมาณ 10% ของค่าสูงสุดของสัญญาณที่เก็บวัด โดยที่สัญญาณรบกวนเหล่านี้อาจมาจาก ความร้อน, คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ฯลฯ ซึ่งสามารถจำลองสัญญาณรบกวนเหล่านี้ได้ด้วยไวท์นอยส์ (white noise) ในที่นี้ได้ใช้ไวท์เก๊าเซียนนอยส์ (white gaussian noise) มาทำการจำลองสัญญาณรบกวน สัญญาณรบกวนดังกล่าวแสดงได้ดังรูปที่ 3.21 ซึ่งเมื่อนำสัญญาณดังกล่าวมาแปลงให้อยู่ในโดเมนของความถี่ (frequency domain) จะได้ขนาดที่ใกล้เคียงกันที่ทุกๆความถี่ ดังแสดงในรูปที่ 3.22

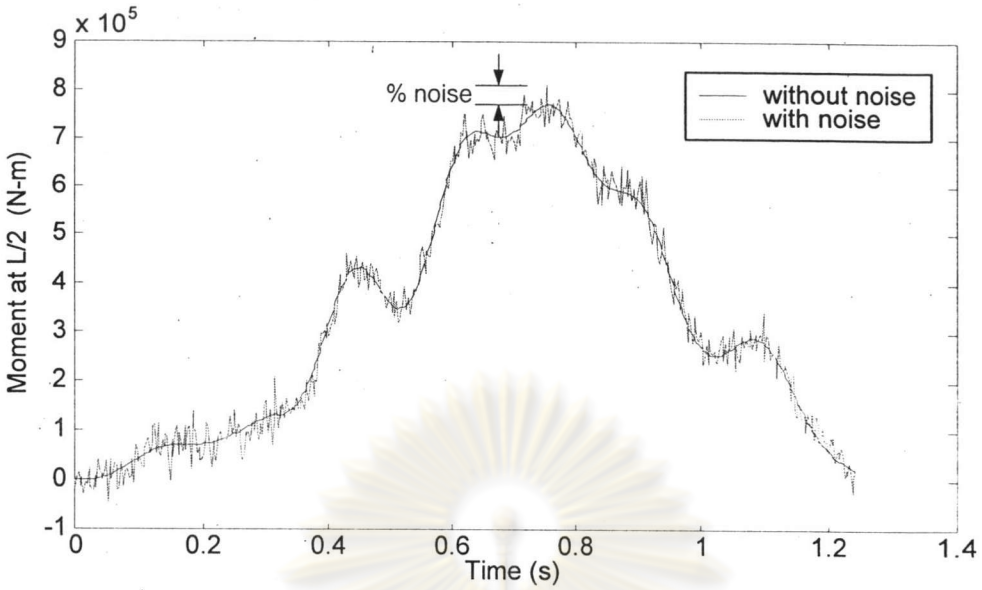


รูปที่ 3.21 สัญญาณรบกวน



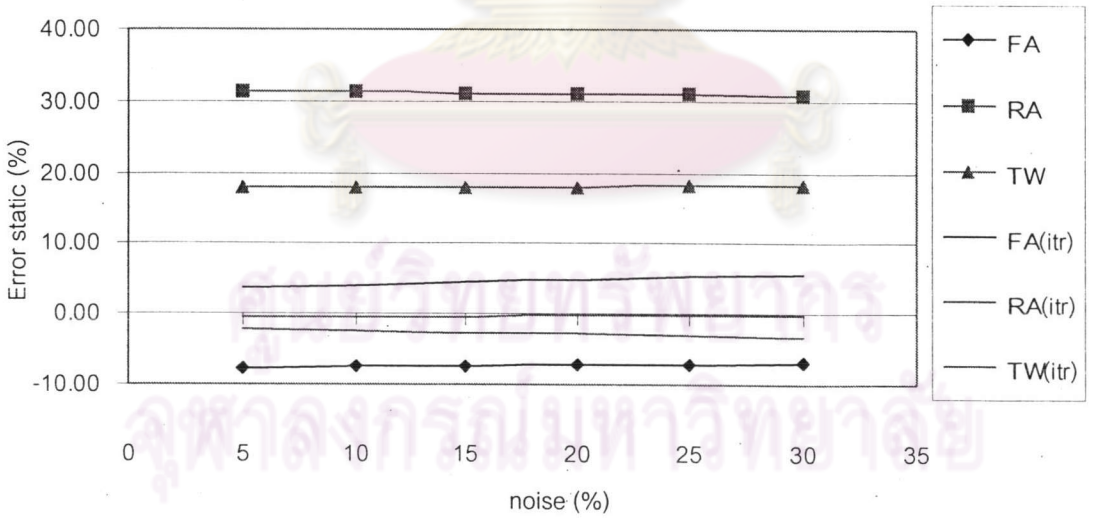
รูปที่ 3.22 ขนาดของสัญญาณรบกวนที่ความถี่ต่างๆ

จากนั้นจะนำสัญญาณรบกวนดังกล่าวมานอมอลไรซ์ (normalize) ให้มีค่าสูงสุด = 1 แล้วคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์เพิ่มเข้าไปในสัญญาณที่ทำการเก็บวัดมาได้ ซึ่งในที่นี้สัญญาณที่เก็บวัดนั้นจะคำนวณมาจากโปรแกรมจำลองความเครียด ซึ่งผลที่ได้จะแสดงดังในรูปที่ 3.23

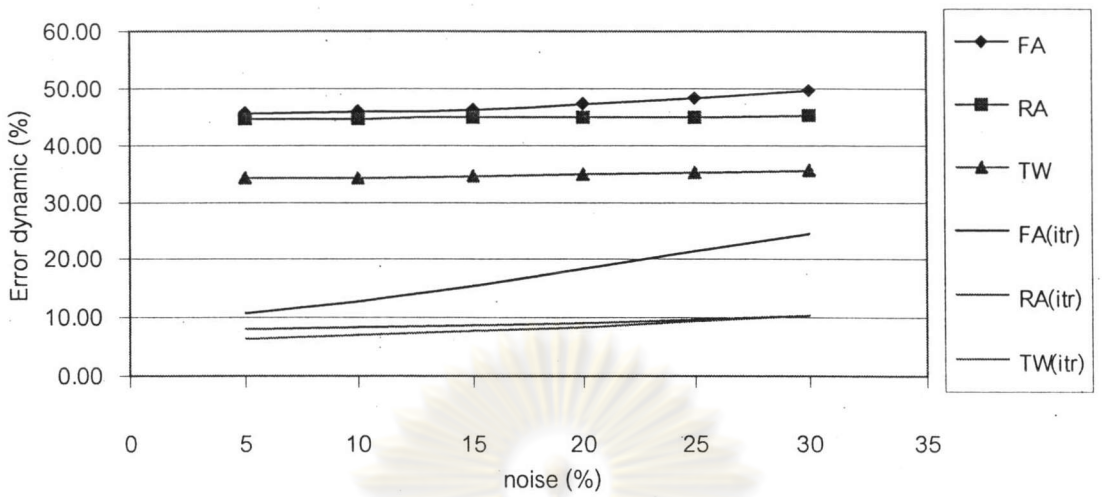


รูปที่ 3.23 สัญญาณที่ทำการเก็บวัดมาได้ซึ่งมีสัญญาณรบกวนปนอยู่

จากนั้นจะได้ลองคำนวณหาน้ำหนักรถบรรทุก โดยสัญญาณที่เก็บวัดมีสัญญาณรบกวนอยู่ด้วย โดยการนำสัญญาณรบกวนที่มีขนาดตั้งแต่ 5 ถึง 30% ของค่าสูงสุดของสัญญาณที่ทำการเก็บวัด เข้าไปเพิ่มในสัญญาณที่ได้จากกรณีทั่วไป แล้วทำการทายน้ำหนัก โดยที่ตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ซึ่งผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.24 และ 3.25



รูปที่ 3.24 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิติที่เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณรบกวนต่างๆ



รูปที่ 3.25 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณรบกวนต่างๆ

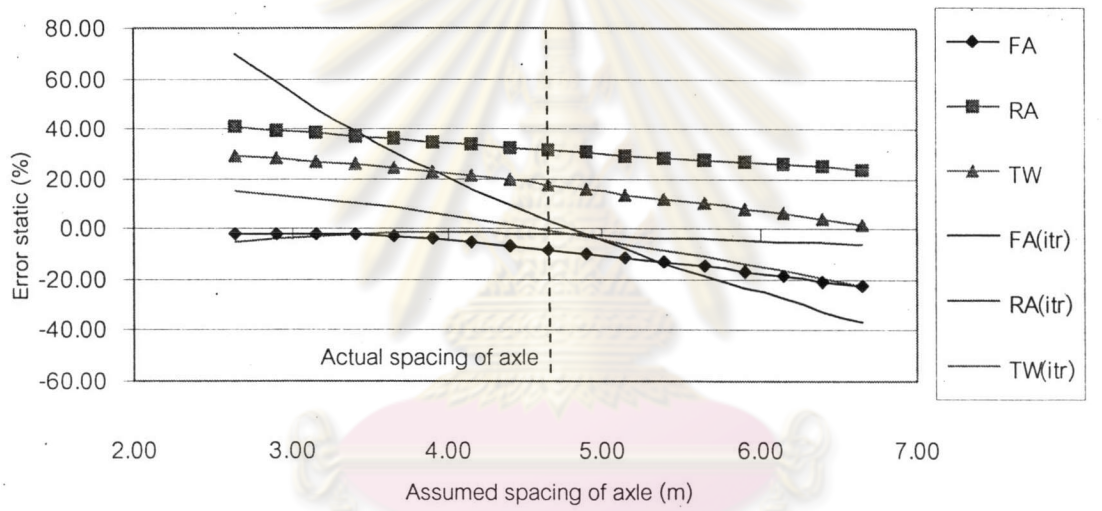
จากรูปที่ 3.24 และ 3.25 จะเห็นได้ว่าสัญญาณรบกวนนั้นไม่มีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิต ทั้งก่อนและหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์นั้น สัญญาณรบกวนจะมีผลกับค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลาหน้าทางพลศาสตร์ โดยค่าความคลาดเคลื่อนทางพลศาสตร์จะสูงขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ของสัญญาณรบกวนนั้นเพิ่มขึ้น และหลังจากผ่านการคำนวณซ้ำแล้วผลจากสัญญาณรบกวนจะยิ่งมีมากขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 ผลกระทบเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ใช้ในการหาน้ำหนักรถบรรทุก

การคำนวณน้ำหนักรถบรรทุกจะคำนวณผ่านโปรแกรมไดนามิคโปรแกรมมิง ซึ่งจะมีตัวแปรสำคัญเกี่ยวกับข้อมูลของรถบรรทุก ได้แก่ ระยะห่างระหว่างเพลา และตำแหน่งของรถบรรทุก ข้อมูลดังกล่าวนี้โดยทั่วไปจะทำการเก็บวัดได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น เครื่องตรวจวัดความเร็ว หรืออาจจะมีการติดตั้งเซนเซอร์ในการเก็บวัดข้อมูลเหล่านี้ ฯลฯ ซึ่งข้อมูลต่างๆนี้ อาจจะมีความคลาดเคลื่อนอยู่ และอาจจะมีผลต่อการทายน้ำหนัก

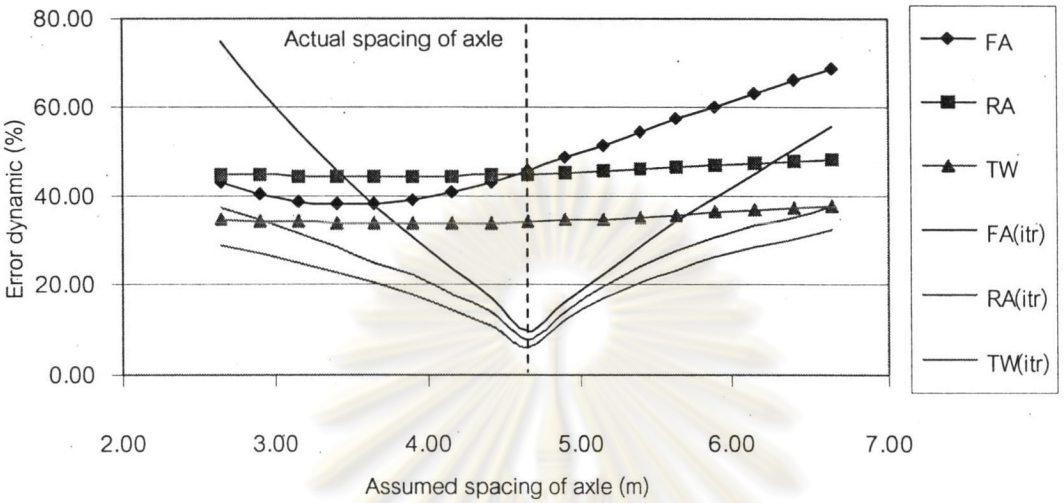
ซึ่งในที่นี้ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างเพลาของรถบรรทุก โดยกำหนดให้รถบรรทุกที่จะทำการทายน้ำหนัก มีระยะห่างระหว่างเพลา 4.65 เมตร และได้ลองคำนวณน้ำหนักของรถบรรทุกโดยคิดว่า ข้อมูลระยะห่างระหว่างเพลาที่เก็บมาได้นั้นมีความคลาดเคลื่อน ซึ่งระยะห่างระหว่างเพลาที่เก็บมาได้นั้นมีค่าตั้งแต่ 2.65 ถึง 6.65 เมตร ส่วนตัวแปรอื่นๆนั้น ใช้เช่นเดียวกับกรณีที่แสดงในตารางที่ 3.2 ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 3.26 และ 3.27



รูปที่ 3.26 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางสถิตที่ระยะห่างระหว่างเพลาค่าต่างๆ

จากรูปที่ 3.26 นั้นจะเห็นได้ว่า ความคลาดเคลื่อนของระยะห่างระหว่างเพลาที่ใช้ในการคำนวณน้ำหนักนั้นมีผลต่อการคำนวณน้ำหนักทางสถิต ซึ่งแนวโน้มโดยรวมคือ เมื่อระยะห่างระหว่างเพลามีค่ามากกว่าค่าจริงก็จะทำให้ทายน้ำหนักได้น้อยลง แต่ถ้าระยะห่างระหว่างเพลามีค่าน้อยกว่าค่าจริงก็จะทำให้ทายน้ำหนักได้มากขึ้น ดังนั้นค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักนั้นจะขึ้นอยู่กับการทายน้ำหนักในกรณีที่ระยะห่างระหว่างเพลานั้นถูกต้องด้วย เช่น ในกรณีของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลาหลัง และน้ำหนักรวมของรถบรรทุกทางสถิตก่อนการคำนวณซ้ำ จะเห็นว่าที่ระยะห่างระหว่างเพลา 4.65 เมตร นั้นทายน้ำหนักได้มากกว่าค่าน้ำหนักจริง ดั้งนั้น เมื่อระยะห่างระหว่างเพลามีค่ามากกว่าค่าจริง ก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นน้อยลง และเมื่อระยะห่างระหว่างเพลามีค่าน้อยกว่าค่าจริง ก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นมากขึ้น แต่กรณีของค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลาหน้าทางสถิตก่อนการคำนวณซ้ำ จะเห็นว่าที่ระยะห่างระหว่างเพลา 4.65 เมตร นั้นทายน้ำหนักได้น้อยกว่าค่าน้ำหนักจริง ซึ่งผลที่ได้ก็จะตรงข้ามกับกรณีของน้ำหนักเพลาหลัง และน้ำหนักรวมของรถบรรทุก และเมื่อผ่านการคำนวณซ้ำไปแล้ว จะเห็นว่าค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลา

หน้า และน้ำหนักรวมของรถบรรทุกทางสถิตนั้นจะมีค่าใกล้เคียงศูนย์ ซึ่งเมื่อระยะห่างเพลานั้นมีค่ามากกว่าหรือน้อยกว่าค่าจริงก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนทางสถิตนั้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลาหลังทางสถิต จะเห็นระยะห่างระหว่างเพลานั้นมีผลกระทบต่อค่าความคลาดเคลื่อนเล็กน้อย คือไม่เกิน 5%



รูปที่ 3.27 ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ที่ระยะห่างระหว่างเพลาค่าต่างๆ

ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์นั้นแสดงดังในรูปที่ 3.27 ซึ่งจะเห็นได้ว่าก่อนผ่านการคำนวณซ้ำ ค่าระยะห่างเพลาที่ใช้คำนวณมีผลเฉพาะค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักเพลาหน้าทางพลศาสตร์ โดยจะมีค่ามากขึ้นเมื่อระยะห่างระหว่างเพลาที่ใช้นั้นมีค่ามากกว่าค่าจริง

แต่เมื่อผ่านการคำนวณซ้ำแล้วจะเห็นว่า ค่าระยะห่างระหว่างเพลาที่ใช้นั้นจะมีผลต่อค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์ โดยไม่ว่าระยะห่างระหว่างเพลาที่ใช้จะมีค่ามากหรือน้อยกว่าค่าจริงก็จะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักทางพลศาสตร์นั้นมีค่ามากขึ้น

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ค่าระยะห่างระหว่างเพลาที่ใช้นั้นสำคัญต่อการทายน้ำหนัก จึงควรจะทำการเก็บค่าระยะห่างระหว่างเพลานี้ให้มีความแม่นยำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย