บทที่ 3

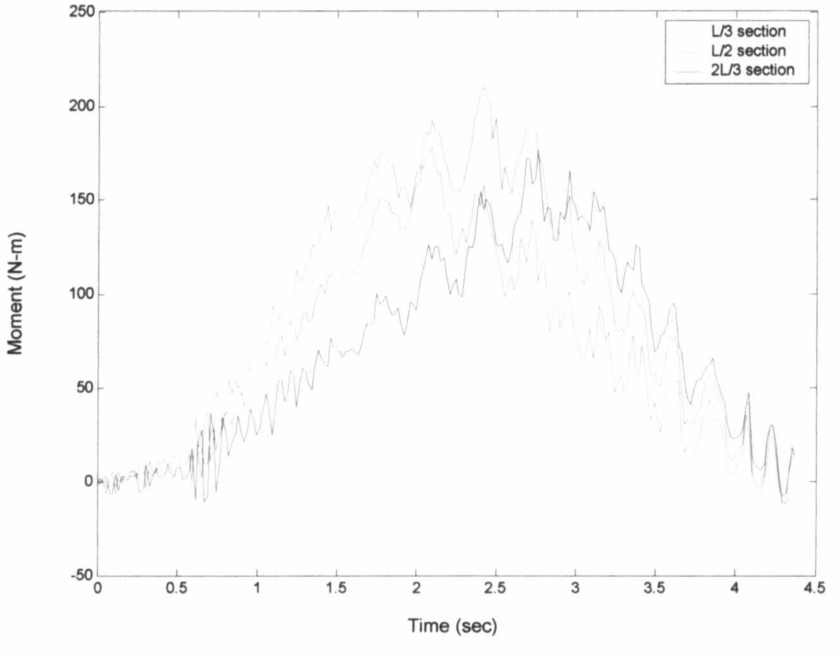
การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการหาน้ำหนัก

ในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพเบื้องต้นของวิธีการหาน้ำหนักรถบรรทุก ที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 2 วิธี ได้แก่วิธีการแก้ระบบสมการด้วยซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพสซิชั่น (Singular Value Decomposition) หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า SVD และวิธีการแก้ปัญหาแบบรีเคอร์ซีฟฟอร์ม (recursive formula) ด้วยวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง (Dynamic Programming) โดยจะนำตัวอย่างสัญญาณทดสอบมาทำการศึกษา เพื่อหาวิธีการทายน้ำหนักที่เหมาะสมที่สุดต่อการนำไปใช้งาน

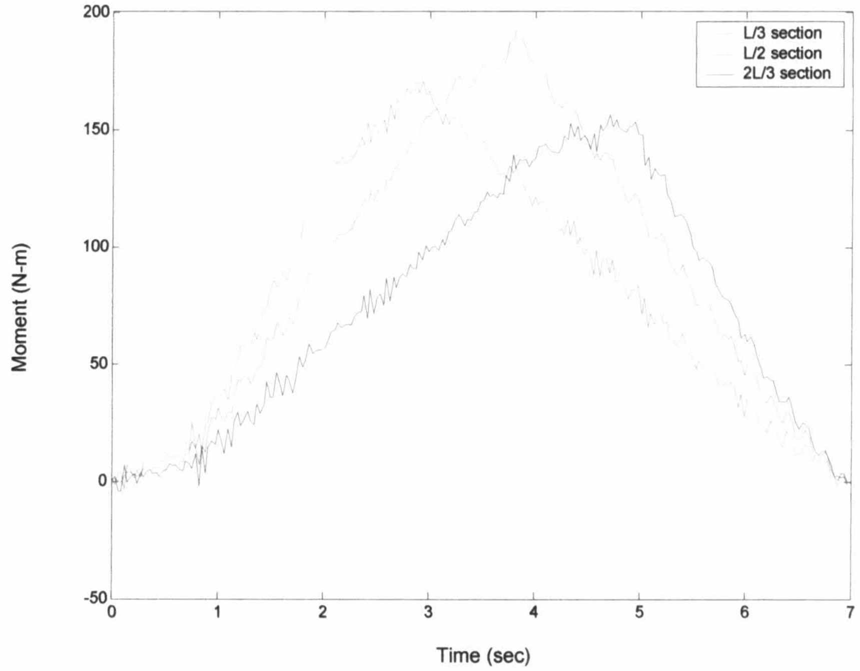
3.1 <u>ตัวอย่างการทดสอบเบื้องต้น</u>

ในการทดสอบ แบบจำลองสะพานย่อส่วนได้ใช้แบบจำลองเดียวกันกับธวัช (2003) โดยลักษณะของแบบจำลองย่อส่วนรวมทั้งขั้นตอนการทดสอบจะได้อธิบายในบทที่ 4 และสัญญาณความเครียดที่ได้จะถูกแปลงให้เป็นโมเมนต์ดัดเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการหาน้ำหนัก

ในที่นี้จะยกตัวอย่างการทดสอบจากการคำนวณโดยใช้ค่าโมเมนต์ดัด จากสัญญาณความเครียดจากการทดสอบของธวัช ที่ความเร็วในการวิ่งของรถที่แตกต่างกัน 2 ระดับ ได้แก่ที่ความเร็ว 0.51 เมตร/วินาที ดังรูปที่ 3.1 และที่ความเร็ว 0.32 เมตร/วินาที ดังรูปที่ 3.2 โดยที่รถที่ใช้ในการวิ่งของทั้ง 2 กรณีมีน้ำหนักเท่ากัน คือน้ำหนักรวมเท่ากับ 40 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็นเพลาหน้า 10 กิโลกรัม และเพลาหลัง 30 กิโลกรัม



รูปที่ 3.1 โมเมนต์ดัดในแต่ละหน้าตัด (section) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.2 โมเมนต์ดัดในแต่ละหน้าตัด (section) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.32 เมตร/วินาที

จากสัญญาณความเครียดที่ทำการแปลงเป็นโมเมนต์ดัดทั้งสองสัญญาณนี้ จะนำไปใช้ในการหาน้ำหนักด้วยวิธีที่แตกต่างกันในหัวข้อถัดไป เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแต่ละวิธี

3.2 ผลการหาน้ำหนักรถบรรทุกจากแบบจำลองย่อส่วน

ในการวิเคราะห์ปัญหาในการหาน้ำหนักด้วยวิธีที่แตกต่างกัน ดังกล่าวในบทที่ 2 นั้น ระบบสมการที่จะนำมาวิเคราะห์จะต้องเป็นการหาคำตอบในรูปแบบของจำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่า (unknown) มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนค่าที่ได้จากการวัด ซึ่งเรียกการหาคำตอบในลักษณะนี้ว่า ระบบการแก้สมการแบบ “over-determined system” ในการทดลองนี้วิธีการหาน้ำหนักที่นำมาศึกษาทั้งสามวิธีนั้น มีขอบเขต ข้อจำกัด และข้อดี ข้อเสีย ที่แตกต่างกัน ซึ่งทั้งสามวิธีจะถูกนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้ต่อไป

3.2.1 การหาน้ำหนักรถด้วยวิธีแก้ระบบสมการด้วยการใช้ซูโดอินเวอร์สเมตริกซ์ (Pseudo-Inverse matrix)

$$\mathbf{f} = B^{+}\mathbf{M} = \left[\left(B^{T} B \right)^{-1} B^{T} \right] \mathbf{M} \qquad (2.52)$$

จากสมการที่ 2.51 และ 2.52 การใช้ซูโดอินเวอร์สเมตริกซ์ (Pseudo-Inverse matrix)จะสามารถให้คำตอบได้เมื่อผลคูณของ $B^T B$ ได้เมตริกซ์ที่มีคุณสมบัติที่ไม่เป็นซิงกูลาร์เมตริกซ์ (non-singular matrix) ซึ่งจะทำให้เมตริกซ์สามารถหาอินเวอร์สได้ นั่นคือ เมตริกซ์ B จะต้องมีแรงค์ (rank) แบบสมบูรณ์ (full rank) เท่านั้น ซึ่งจากผลการทดสอบจากแบบจำลองย่อส่วน พบว่ามีโอกาสน้อยมากที่เมตริกซ์ B จะมีแรงค์ (rank) เป็นแบบ

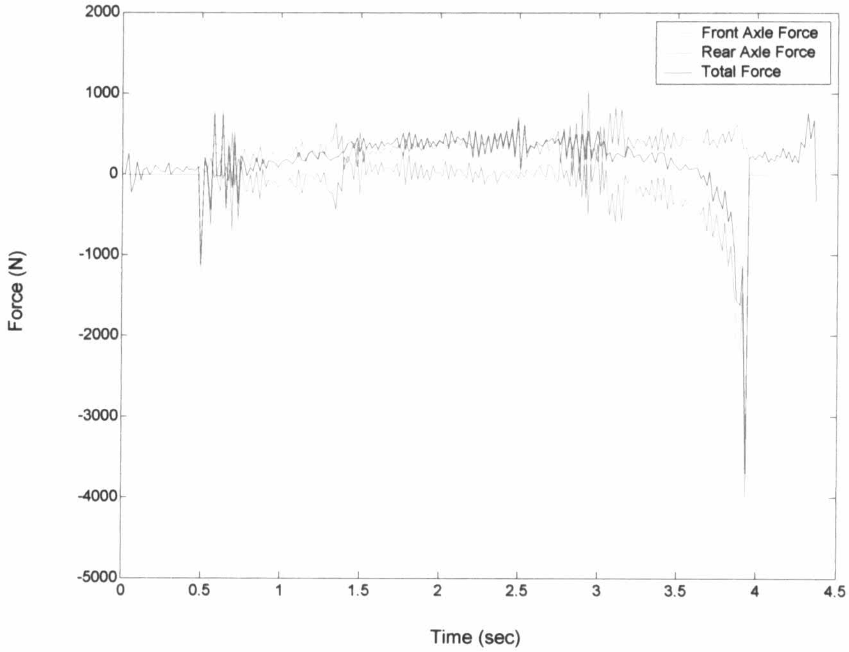
สมบูรณ์ (full rank) ทำให้การหาน้ำหนักไม่สามารถให้คำตอบได้ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Yu L. และ Chan T.H.T. (2002) ซึ่งผลที่ได้จะมีโอกาสเกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) สูงมาก แต่ก็ยังมีบางกรณีที่ยังสามารถหาคำตอบได้อยู่ เนื่องจากเมตริกซ์ B ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและการเปลี่ยนตำแหน่งหรือแรงโดยตรงจากการโก่งตัวของสะพาน แต่ในการวิจัยนี้ เราได้สร้างแบบจำลองคานจากทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์ และแปลงคำตอบของสมการการเคลื่อนที่ให้อยู่ในรูปของสเตทสเปซฟอร์มูลา (state-space formula) ไม่ได้เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนต์ดัดและการเปลี่ยนตำแหน่งหรือแรงโดยตรง จากการโก่งตัวของสะพาน ทำให้เมตริกซ์ B ที่สร้างขึ้น มีแรงค์ (rank)ไม่เป็นแบบสมบูรณ์ (full rank) จึงไม่เหมาะสมที่จะนำวิธีซูโดอินเวอร์สเมตริกซ์ (pseudo-inverse matrix) นี้มาใช้ได้

3.2.2 <u>การหาน้ำหนักรถด้วยวิธีแก้ระบบสมการด้วยซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (Singular value decomposition)</u>

การหาน้ำหนักโดยวิธีแก้ระบบสมการด้วยซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (singular value decomposition) ในรูปแบบสมการที่ 2.67 ดังแสดง

$$\mathbf{f} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_i}{\left(\sigma_i^2 + \lambda\right)} \left(u_i^T \mathbf{M}\right) v_i \tag{2.67}$$

ค่าของแรงที่ได้จะขึ้นอยู่กับค่าของเรกูลาร์ไรเซชั่นพารามิเตอร์ (regularization parameter, λ) ซึ่งเป็นตัวปรับความราบเรียบของแรงที่หาได้ น้ำหนักและค่าความคลาดเคลื่อนของรถที่ได้จึงมีค่าเปลี่ยนแปลงกับค่า λ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 แสดงถึงแรงในเพลาหน้า เพลาหลัง และแรงรวมของรถขณะวิ่งบนสะพานตามลำดับ



รูปที่ 3.3 แสดงค่าแรงของรถขณะวิ่งบนสะพาน เมื่อไม่มีการเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที

ค่าของแรงรวมของรถได้จากการซุปเปอร์โพซิชันของแรงในเพลาหน้าและเพลาหลังเข้าด้วยกัน โดยที่จะสังเกตได้ว่า เมื่อไม่มีการเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) ค่าแรงที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะที่ไม่ตรงกับค่าแรงที่ควรจะเกิดขึ้นจริง นั่นคือค่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีค่ามากหรือน้อยกว่าสภาพจริงมากในบางช่วง โดยเฉพาะช่วงที่มีการเข้าหรือออกของล้อในสะพาน ดังนั้นการเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) จึงถูกนำมาใช้เพื่อให้ค่าแรงที่ได้มีความราบเรียบและมีค่าไม่เกินความเป็นจริง ดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยที่น้ำหนักรวมของรถบรรทุกจริงเท่ากับ 40 กิโลกรัม (ประมาณ 400 นิวตัน)

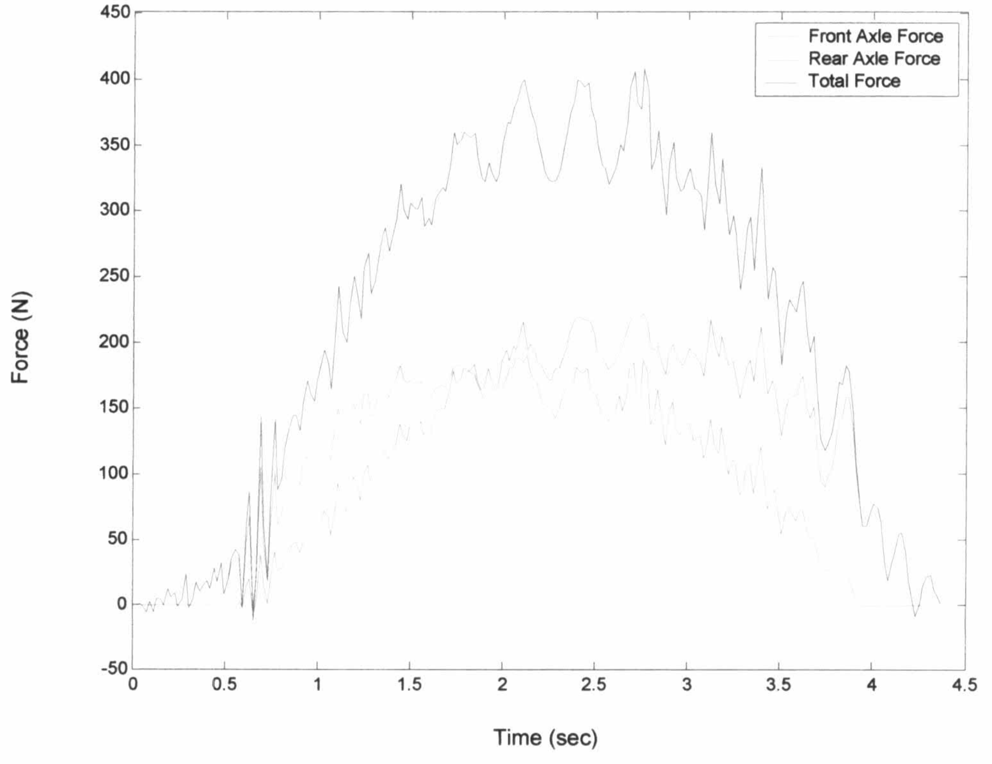
จากรูปที่ 3.4 เมื่อมีการเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) ค่าแรงที่ได้จะมีความราบเรียบมากขึ้น ตามค่า λ โดยที่ค่า λ มากเท่าไร ก็จะทำให้ค่าแรงที่หาได้มีความราบเรียบมากขึ้นเป็นลำดับ แต่วิธีการ regularization นี้จะทำให้ค่าแรงที่หาได้มีค่าลดลงตามค่า λ ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงตามการใช้ค่า λ ในการหาน้ำหนักด้วยดังแสดงในรูปที่ 3.5 โดยค่าความคลาดเคลื่อนนี้คำนวณดังสมการที่ (2.80)

เวลาที่ใช้ในการคำนวณด้วยวิธี SVD นี้ใช้เวลาประมาณ 24 วินาทีต่อการทายน้ำหนัก 1 รอบ โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณ มีคุณสมบัติดังนี้

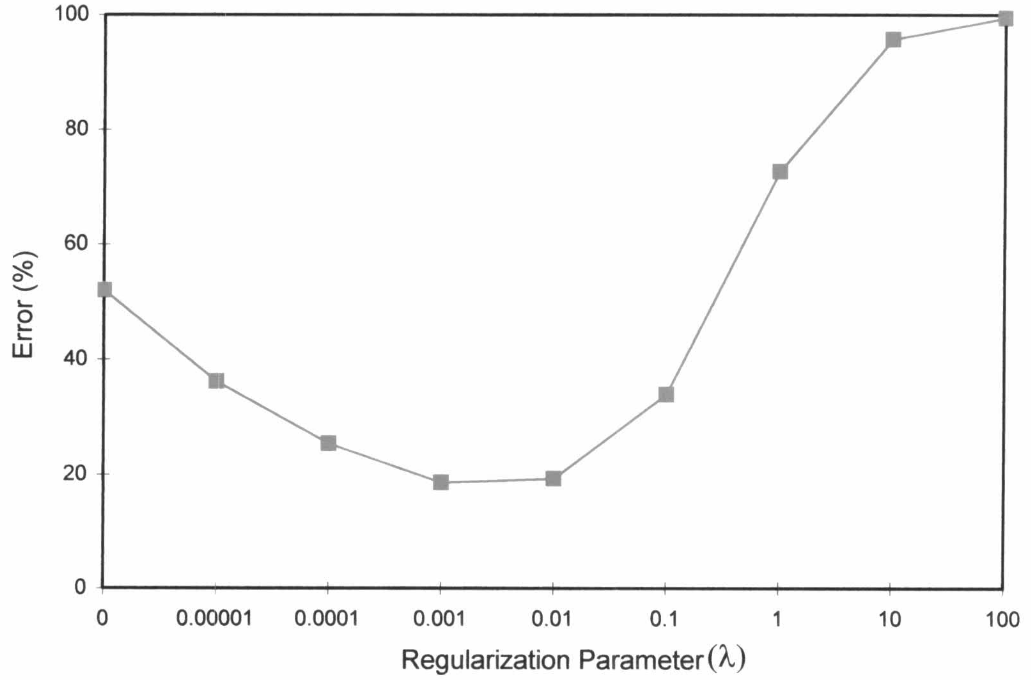
CPU : AMD Athlon 1.4 GHz XP 1600+

RAM : DDR Ram 256 MB

Mainboard : MSI 6380 bus 266 MHz



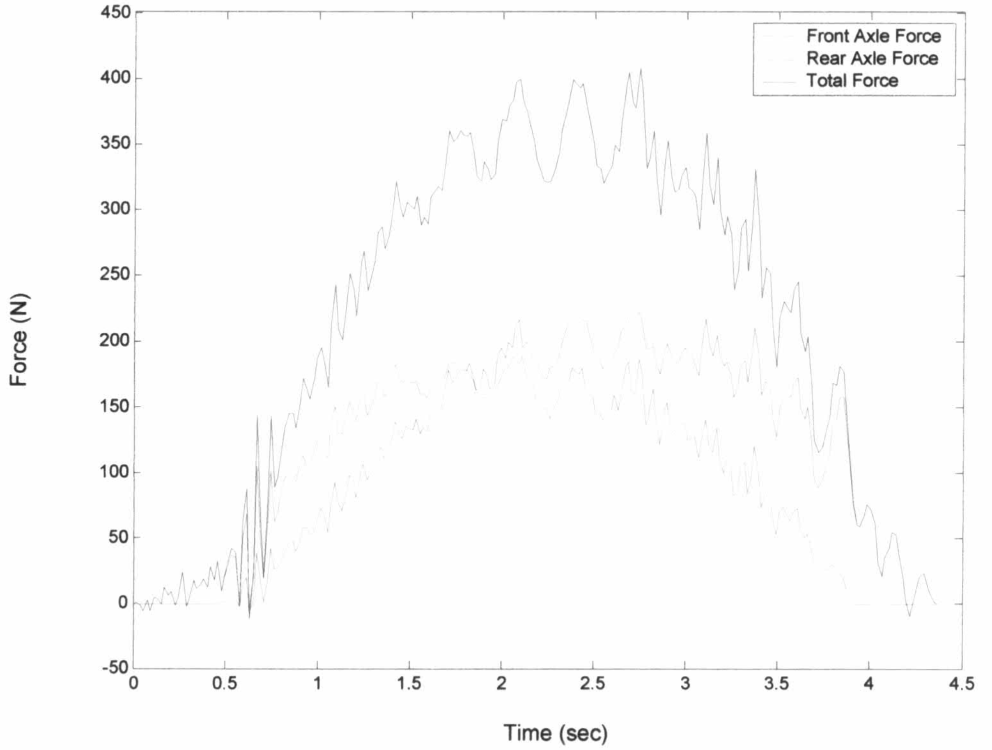
รูปที่ 3.4 แสดงค่าแรงของรถขณะวิ่งบนสะพาน เมื่อเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) ด้วยค่า λ =0.1 กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที



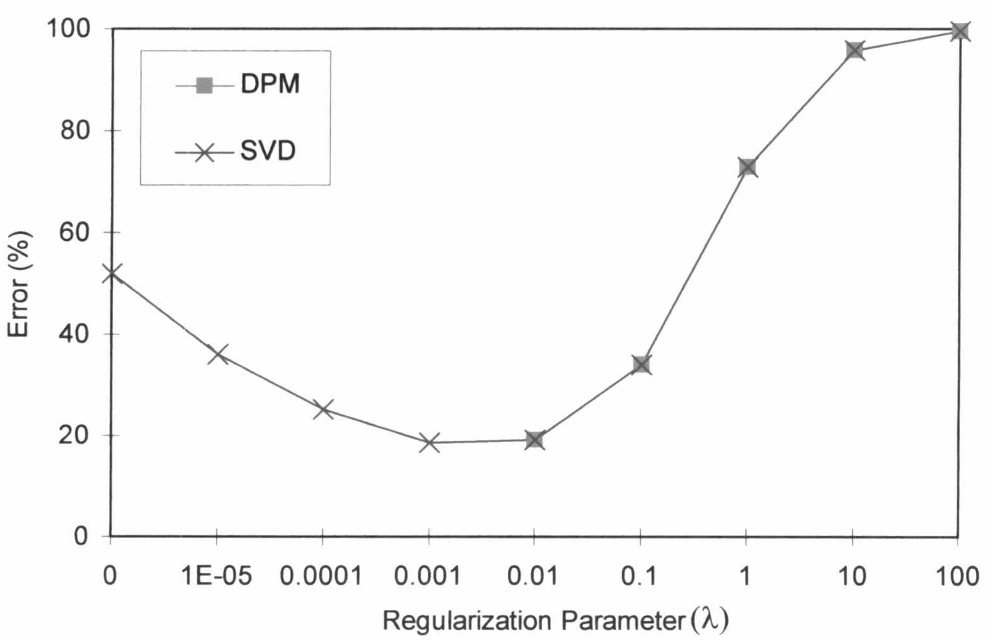
รูปที่ 3.5 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักรวมที่เปลี่ยนแปลงตามค่าเรกูลาร์ไรเซชั่นพารามิเตอร์ (regularization parameter, λ) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที

3.2.3 การหาน้ำหนักรถด้วยวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง

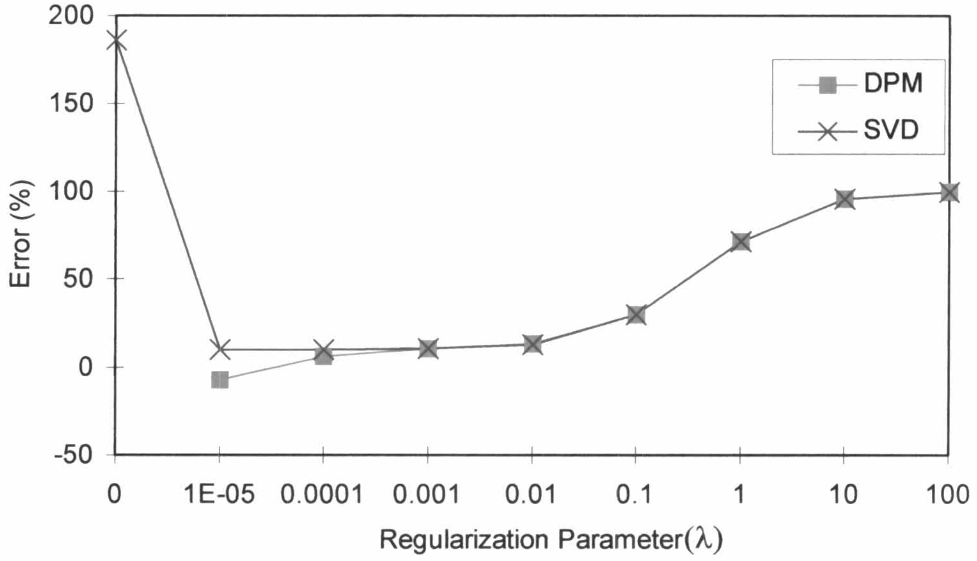
การหาแรงด้วยวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง จะให้ผลที่ใกล้เคียงกับการหาแรงด้วยวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (singular value decomposition) ดังแสดงในรูปที่ 3.6 แต่การหาน้ำหนักด้วยวิธีนี้จะมีขอบเขตของการใช้งานที่ไม่สามารถหาแรงได้ หากไม่ใช้การเรกูลาร์ไรเซชั่น (λ = 0) เนื่องจากเกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) ของในการหาอินเวอร์สของเมตริกซ์ แต่แม้ว่าจะมีการเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) แล้วก็ตามในบางกรณีที่ค่า λ น้อยมาก ๆ ก็ยังจะเกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) อยู่ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งใช้ความเครียดจากผลการทดลองเดียวกับที่ใช้ในวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (singular value decomposition) ข้างต้น โดยที่สัญญาณความเครียดนี้จะใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงได้ที่ค่า λ ประมาณตั้งแต่ 0.01 ขึ้นไปดังรูป แต่ในขณะที่บางสัญญาณยังสามารถใช้วิธีนี้ได้โดยที่ไม่เกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) เช่นตัวอย่างสัญญาณในรูปที่ 3.8 ซึ่งมีความเร็วแตกต่างไป แต่ก็ไม่สามารถละทิ้งการเรกูลารไรเซชั่น (regularization) ได้เช่นกัน



รูปที่ 3.6 แสดงค่าแรงของรถขณะวิ่งบนสะพาน เมื่อเรกูลาร์ไรเซชั่น (regularization) ด้วยค่า λ =0.1 กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.7 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักรวมที่เปลี่ยนแปลงตามค่าเรกูลาร์ไรเซชั่นพารามิเตอร์ (regularization parameter, λ) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.51 เมตร/วินาที



รูปที่ 3.8 แสดงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักรวมที่เปลี่ยนแปลงตามค่าเรกูลาร์ไรเซชั่นพารามิเตอร์ (regularization parameter, λ) กรณีรถบรรทุกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับ 0.32 เมตร/วินาที

เมื่อทำการเปรียบเทียบรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 พบว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากวิธีไดนามิคโปรแกรมมิงและวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่นนั้นแตกต่างกันน้อยมากสังเกตได้จากเส้นกราฟที่ซ้อนทับกัน และความแตกต่างกันของสัญญาณความเครียดนั้นมีผลต่อประสิทธิภาพในการหาน้ำหนัก ซึ่งเราไม่สามารถคาดเดาล่วงหน้าได้ว่าสัญญาณใดจะเกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) หรือไม่ นี่จึงเป็นขอบเขตข้อหนึ่งของวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง

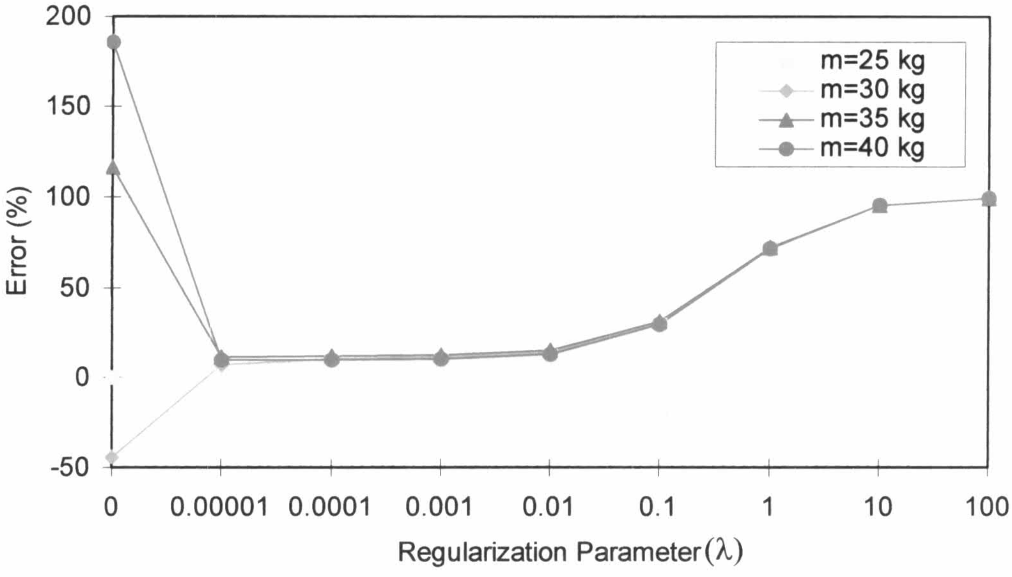
อย่างไรก็ตามวิธีไดนามิคโปรแกรมมิงนี้ มีจุดเด่นคือเวลาที่ใช้ในการประเมินผลของโปรแกรมที่ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่นมาก โดยใช้เวลาในการคำนวณเพียงประมาณ 4 วินาทีต่อครั้งเมื่อใช้คอมพิวเตอร์รูปแบบเดียวกัน ซึ่งมีความเร็วกว่าวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่นประมาณ 6 เท่า

3.3 <u>ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่า λ ที่เหมาะสม</u>

จากรูปที่ 3.5 แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนของน้ำหนักรถที่หาได้ ซึ่งจะมีค่าที่แตกต่างกันตามค่าของพารามิเตอร์ λ ที่ใช้ โดยที่ค่า λ ที่เหมาะสมนั้น จะเป็นค่าที่ทำให้ผลการหาน้ำหนักมีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด ในหัวข้อถัดไปจะได้ศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการกำหนดค่า λ ที่เหมาะสม

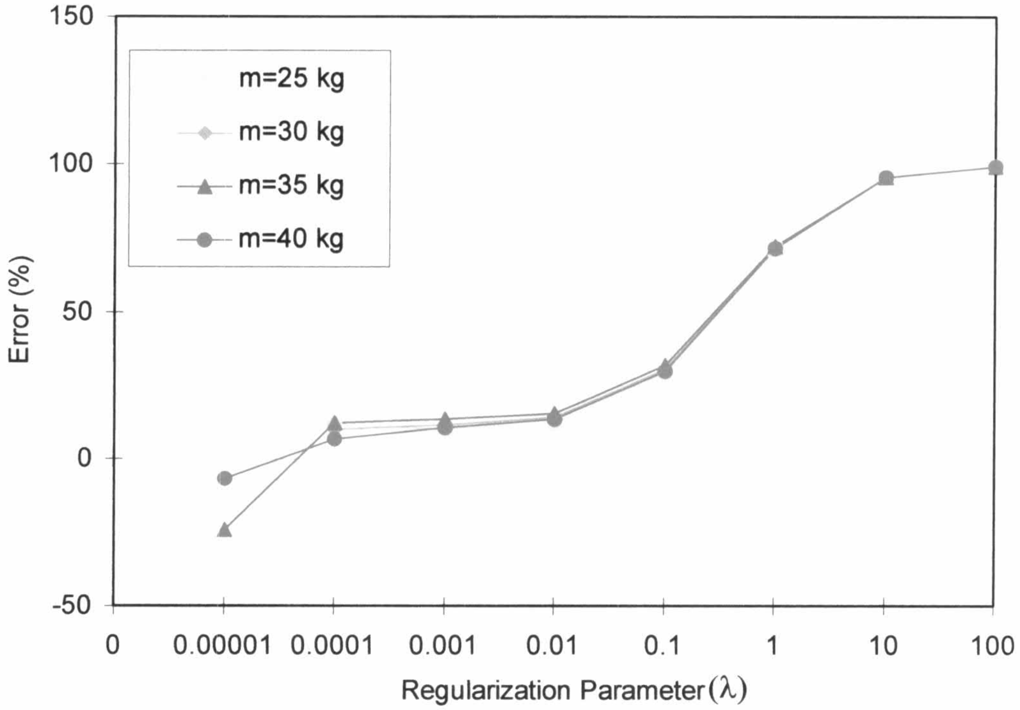
3.3.1 อิทธิพลของมวลของรถบรรทุก

รูปที่ 3.9 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนที่เปลี่ยนไปเมื่อทำการทดสอบด้วยมวลของรถที่แตกต่างกันและวิเคราะห์ด้วยวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น โดยจะสังเกตได้ว่ามวลของรถมีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการหาน้ำหนักที่ค่า λ เท่ากัน โดยเฉพาะในช่วงที่ค่า λ มีค่าน้อย (0 ถึง 0.001) จะทำให้ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นที่ไม่เป็นระบบกับมวลของรถโดยที่บางสัญญาณอาจให้ความคลาดเคลื่อนที่น้อยมากเช่นกรณีมวลเท่ากับ 25 กิโลกรัม ในขณะที่บางสัญญาณให้ความคลาดเคลื่อนที่สูงมากเช่นกรณีมวลเท่ากับ 35 และ 40 กิโลกรัม หรือบางสัญญาณให้ความคลาดเคลื่อนเป็นค่าลบเช่นกรณีมวลเท่ากับ 30 กิโลกรัม แต่ในช่วงที่ค่า λ ที่ใช้ในการวิเคราะห์มีค่ามาก (ตั้งแต่ 0.001 ขึ้นไป) ความแตกต่างของมวลของรถแทบจะไม่มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของการหาน้ำ



รูปที่ 3.9 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่มวลของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (Singular Value Decomposition)

หากเราวิเคราะห์สัญญาณเดียวกันนี้ด้วยวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง ลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนและมวลของรถจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปที่ 3.9 แต่มีความแตกต่างกันที่วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงจะเกิดสภาวะบกพร่อง (ill-condition) ที่ค่า λ น้อย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และพบว่าตำแหน่งที่จะเกิดสภาวะบกพร่องนั้น เราไม่สามารถคาดเดาได้ว่าจะเกิดที่ค่า λ เท่าไร

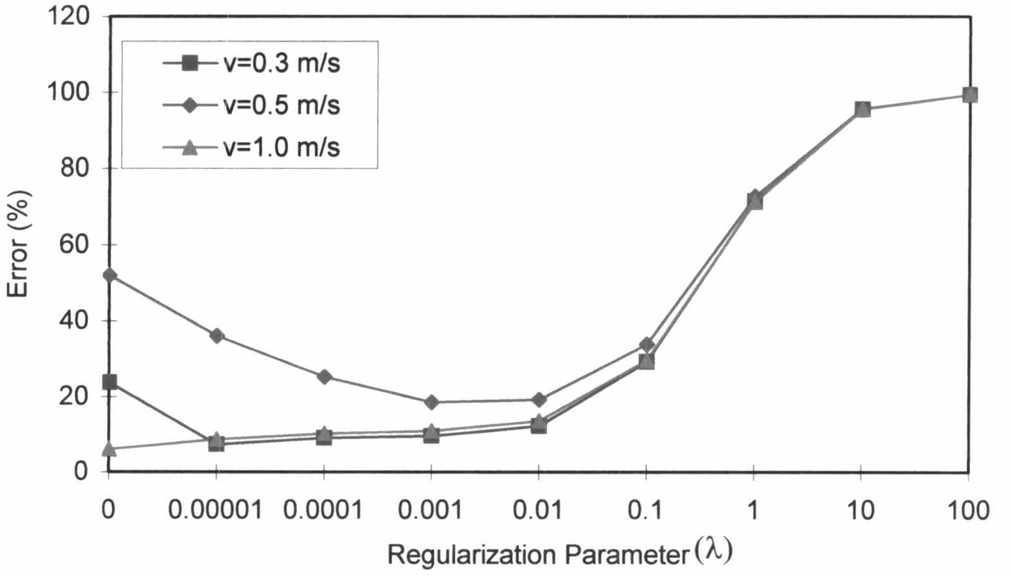


รูปที่ 3.10 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่มวลของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิง (Dynamic Programming)

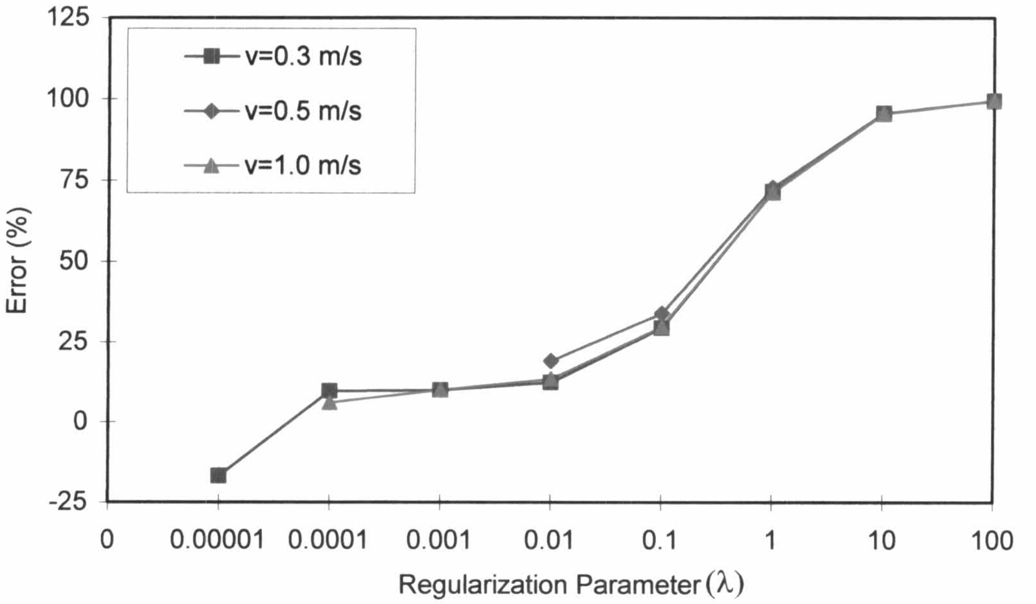
3.3.2 <u>อิทธิพลของความเร็วของรถบรรทุก</u>

เช่นเดียวกันกับผลของมวลของรถ ความเร็วในการวิ่งก็เช่นกัน ผลของความเร็วในการวิ่งที่แตกต่างกันให้ความสัมพันธ์ของความคลาดเคลื่อนที่ไม่เป็นระบบ และไม่สามารถคาดเดาได้ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และ 3.12 และมีรูปแบบคล้ายกับกรณีมวลของรถที่แตกต่างกันโดยที่ช่วงค่า λ มีค่าน้อยจะมีความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อนสูงกว่าช่วง λ มีค่ามาก และตำแหน่งที่จะเกิดสภาวะบกพร่องก็มีความสัมพันธ์แบบไม่เป็นระบบเช่นกันเมื่อวิเคราะห์ด้วยวิธีไดนามิคโปรแกรมมิง

โดยที่ในแต่ละกรณีจะมีค่า λ ที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยที่สุด นั่นคือค่า λ ค่านั้นเป็นค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำไปใช้งาน แต่เนื่องจากผลของมวลและความเร็ว ทำให้มีปัญหาในการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ λ ที่เหมาะสมที่สุดจะนำไปใช้งาน เนื่องจากแต่ละกรณีจะมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ได้และเหมาะสมที่สุดไม่เท่ากัน ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญข้อหนึ่งของการใช้วิธีเรกูลาร์ไรเซชั่น



รูปที่ 3.11 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่ความเร็วของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (Singular Value Decomposition)

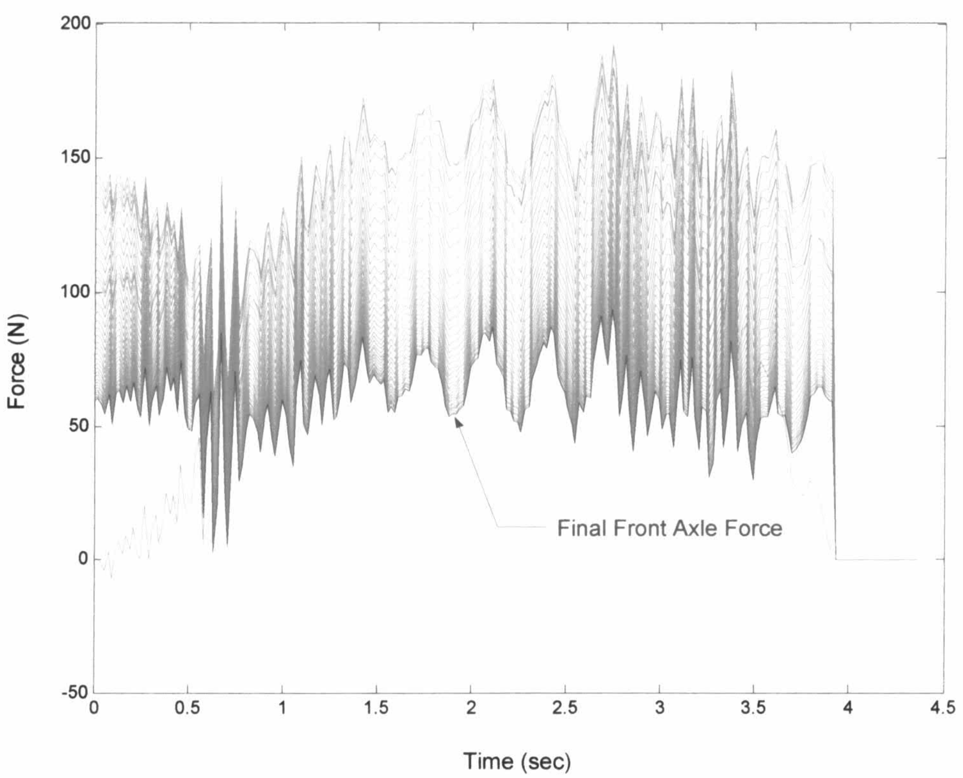


รูปที่ 3.12 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่ความเร็วของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิง (Dynamic Programming)

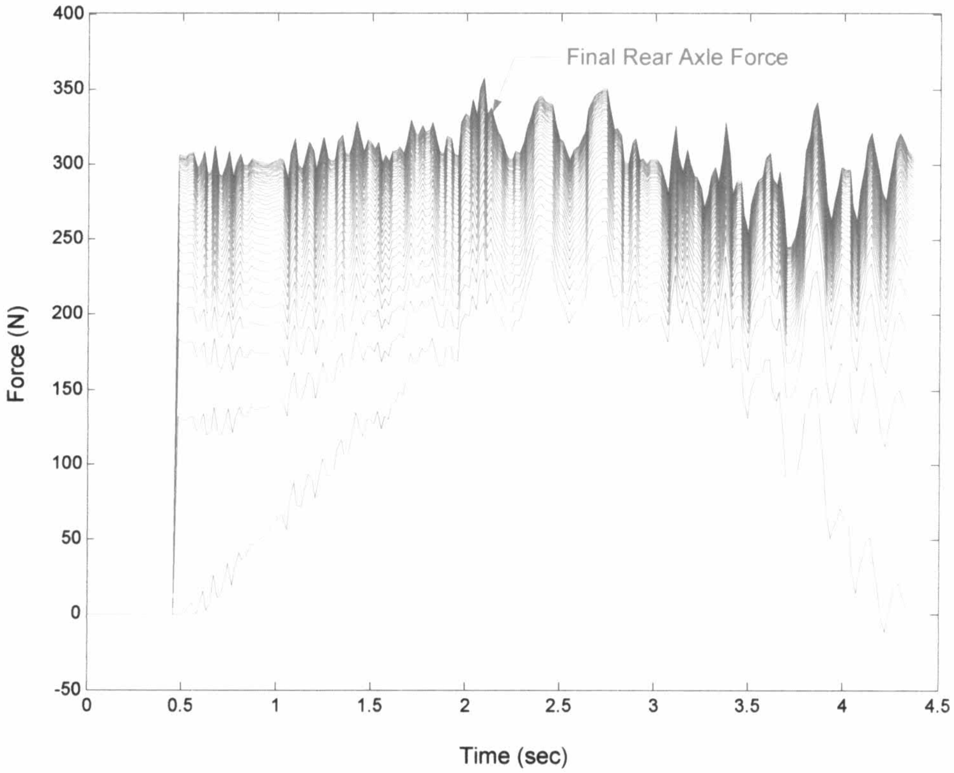
3.4 ผลการหาน้ำหนักด้วยเทคนิคการคำนวณซ้ำ

เนื่องจากวิธีการคำนวณซ้ำ เป็นวิธีการคำนวณเพื่อปรับค่าแรงที่ได้ให้เข้าใกล้ค่าแรงทางสถิตมากที่สุด ซึ่งการคำนวณซ้ำจะต้องใช้เวลาหลายเท่าตัวของเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ปกติแบบครั้งเดียว ทำให้การนำวิธีการคำนวณซ้ำไปใช้กับวิธีซิงกูลาร์แวลูดีคอมโพซิชั่น (singular value decomposition) นั้นไม่เหมาะสมเพราะจะใช้เวลาในการวิเคราะห์นานมาก เราจึงสนใจการคำนวณซ้ำนี้กับวิธีไดนามิคโปรแกรมมิงเท่านั้น เนื่องจากความคลาดเคลื่อนที่ได้จากทั้งสองวิธีนั้นใกล้เคียงกันมากดังรูปที่ 3.8 ที่ได้แสดงไปแล้วนั้น แต่วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงจะใช้เวลารวดเร็วกว่า

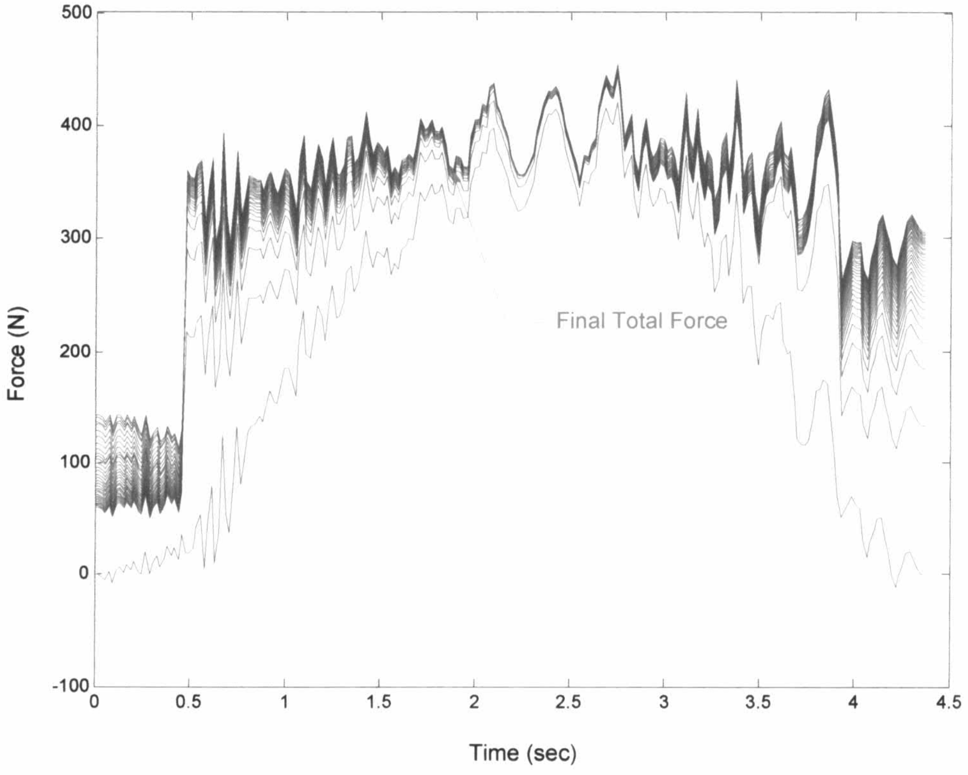
จากรูปที่ 3.13, 3.14 และ 3.15 แสดงค่าแรงในเพลาหน้า (แรงเพลาหน้าจริง 50 นิวตัน) เพลาหลัง (แรงเพลาหลังจริง 300 นิวตัน) และแรงรวม (แรงรวมจริง 350 นิวตัน) ที่หาได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการคำนวณซ้ำตามลำดับ จากรูปจะสังเกตเห็นเส้นกราฟที่มีลักษณะเป็นชั้นซ้อนกันแสดงถึงลักษณะค่าแรงที่ทำการหาได้ในแต่ละรอบจนลู่เข้าคำตอบสุดท้าย โดยที่จะพบว่าค่าแรงที่ทำการคำนวณซ้ำจะลู่เข้าค่าแรงทางสถิตตามรูปแบบของอินฟลูเอนซ์ไลน์ (influence line) และเพิ่มความถูกต้องของน้ำหนักรถได้ดีมาก ทำให้ความคลาดเคลื่อนที่ได้มีค่าลดลงดังแสดงในรูปที่ 3.16 และรูปที่ 3.17 โดยสัญลักษณ์ Itr ในกราฟหมายถึงค่าที่ได้จากการคำนวณซ้ำ (Itertated Value)



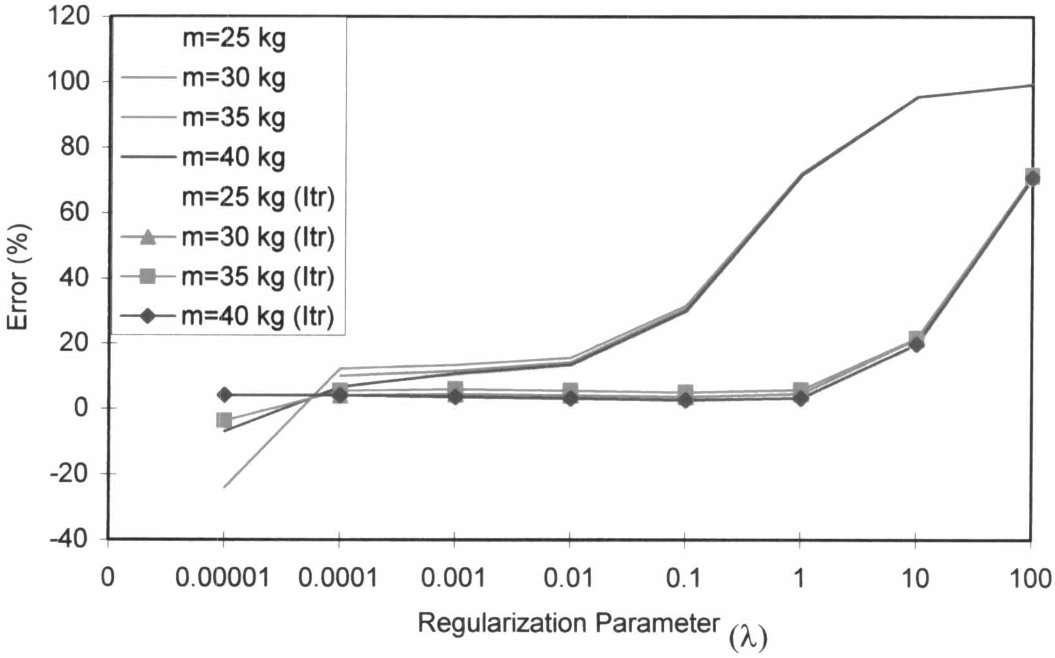
รูปที่ 3.13 แสดงค่าแรงของเพลาหน้าที่หาได้โดยใช้เทคนิคการคำนวณซ้ำ โดยใช้ λ =0.1



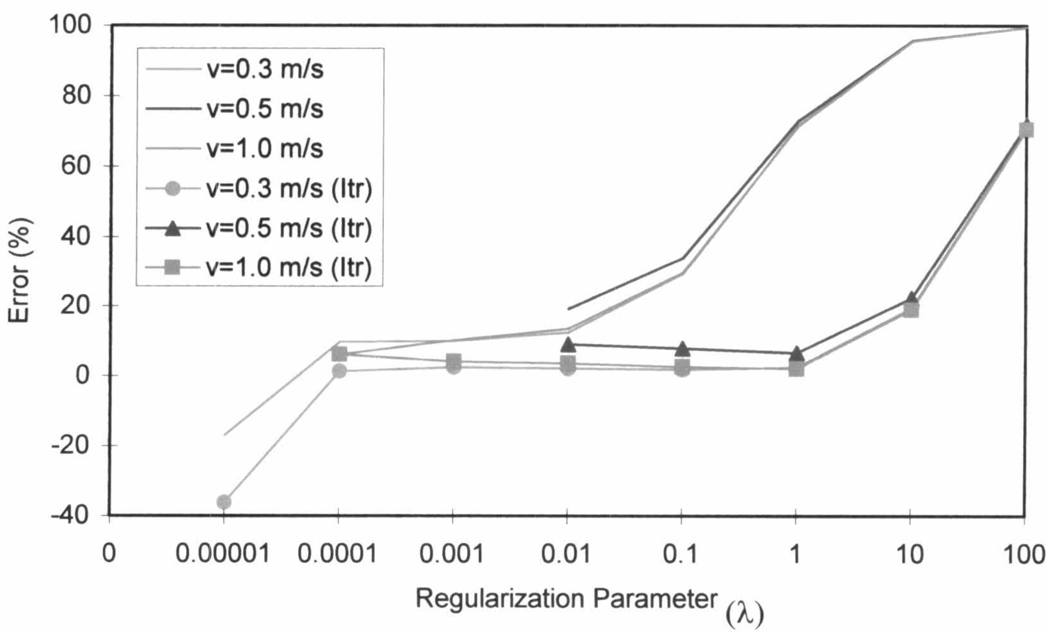
รูปที่ 3.14 แสดงค่าแรงของเพลาหลังที่หาได้โดยใช้เทคนิคการคำนวณซ้ำ โดยใช้ λ =0.1



รูปที่ 3.15 แสดงค่าแรงรวมของรถที่หาได้โดยใช้เทคนิคการคำนวณซ้ำ โดยใช้ λ =0.1

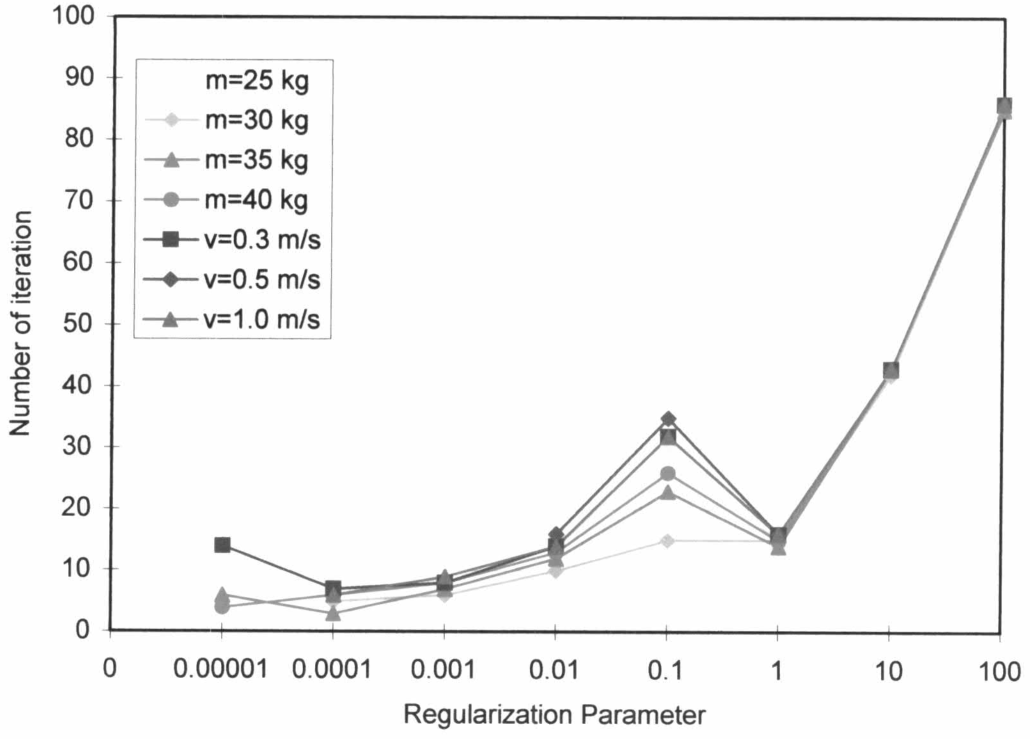


รูปที่ 3.16 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่มวลของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงแบบธรรมดา และวิธีไดนามิคโปรแกรมมิงร่วมกับเทคนิคการคำนวณซ้ำ



รูปที่ 3.17 แสดงผลของความคลาดเคลื่อนทางสถิตของน้ำหนักรวมที่ความเร็วของรถแตกต่างกัน โดยใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิง แบบธรรมดา และวิธีไดนามิคโปรแกรมมิงร่วมกับเทคนิคการคำนวณซ้ำ

จากรูปที่ 3.16 และ 3.17 จะพบว่าเทคนิคการคำนวณซ้ำสามารถลดความคลาดเคลื่อนให้อยู่ในช่วงที่สามารถนำไปใช้ได้ นั่นคือช่วงระหว่าง +5 % และ -5 % โดยที่ค่าพารามิเตอร์ที่ลดความคลาดเคลื่อนให้อยู่ในช่วงดังกล่าวนี้สามารถเลือกใช้ได้มากขึ้น โดยจากรูปจะสังเกตว่าสามารถใช้ค่า λ ได้ตั้งแต่ 0.00001 ถึง 1.0 แล้วแต่กรณีซึ่งอาจจะเกิดสภาวะบกพร่อง ดังนั้นการที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดสภาวะบกพร่องในการคำนวณนี้ สามารถทำได้โดยการเพิ่มค่า λ ให้มีค่าสูงขึ้น อย่างไรก็ดีค่า λ ที่ใช้แตกต่างกันก็จะใช้เวลาคำนวณ หรือจำนวนรอบในการคำนวณซ้ำที่ไม่เท่ากันดังแสดงในรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงจำนวนรอบของการคำนวณซ้ำที่ใช้ที่ค่าพารามิเตอร์ λ แตกต่างกัน

จากตัวอย่างการวิเคราะห์เบื้องต้นนี้ เราสามารถสรุปได้ว่าการประยุกต์ใช้การหาน้ำหนักรถในภาคสนาม วิธีที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้มากที่สุดคือการใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงด้วยเทคนิคการคำนวณซ้ำ ซึ่งจะให้ความคลาดเคลื่อนที่น้อยและอยู่ในช่วงที่น่าพอใจ และใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่น้อยกว่าวิธี singular value decomposition ถึงแม้ว่าวิธี singular value decomposition จะสามารถวิเคราะห์ได้ที่ทุก ๆ ค่าพารามิเตอร์ λ แต่การที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณของโปรแกรมที่นาน การใช้วิธีไดนามิคโปรแกรมมิงแล้วทำการปรับค่า λ ให้สูงขึ้น แล้วทำการคำนวณซ้ำสามารถนำมาใช้แทนได้และยังให้ผลที่น่าพอใจ รวมทั้งประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ ดังนั้นในงานวิจัยที่จะได้ดำเนินการต่อไป วิธีการไดนามิคโปรแกรมมิงร่วมกับเทคนิคการคำนวณซ้ำจะเป็นวิธีหลักที่นำมาศึกษาและนำไปใช้ และจากผลการวิเคราะห์เบื้องต้นนี้เนื่องจากพบว่าบางกรณีการคำนวณอาจเกิดสภาวะบกพร่องเมื่อใช้ค่า λ ที่ต่ำกว่า 0.01 และหากใช้ค่า λ สูงเท่ากับ 0.1 ก็จะใช้เวลาในการคำนวณที่นาน ดังนั้นจึงเลือกใช้ค่าเรกูลาร์ไรเซชั่นพารามิเตอร์ (λ) เท่ากับ 0.05