ออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ

Design and Analysis speed bump profile to Minimize damage to the vehicle

นายพีรพล ภู่ดี รหัส 54360742
นายสถาพร ป้องคงราช รหัส 54360858
นายบัญชา ลีประเสริฐสุนทร รหัส 54363309

12 ก.ย. 2557
16914421
W792.0 2557

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองโครงงาน

ชื่อหัวข้อโครงงาน	ออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายพีรพล ภู่ดี รหัสนิสิต 54360742
	นายสถาพร ป้องคงราช รหัสนิสิต 54360858
	นายบัญชา ลีประเสริฐสุนทร รหัสนิสิต 54363309
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา	2557

.....Surajed S.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร)

.....กรรมการ

(ผศ.ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

.....กรรมการ

(อาจารย์ชูพงศ์ ช่วยเพ็ญ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน : ออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะ

ผู้ดำเนินโครงงาน : นายพีรพล ภู่ดี รหัสนิสิต 54360742
: นายสถาพร ป้องคงราช รหัสนิสิต 54360858
: นายบัญชา ลีประเสริฐสุนทร รหัสนิสิต 54363309

ที่ปรึกษาโครงงาน : อาจารย์สุรเจษฎ์ สุขไชยพร

ภาควิชา : วิศวกรรมเครื่องกล

ปีการศึกษา : 2557

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมักมีกลุ่มคนที่ขับรถเร็วเกินกำหนดในสถานที่ต่างๆ ที่มีการจำกัดความเร็วไว้ เช่น เขตชุมชน บริเวณซอยแคบ ซึ่งทำให้มีการสร้างสันชะลอความเร็วเพื่อบังคับให้ผู้ขับรถต่างๆ ต้องชะลอความเร็วของรถยนต์ลง แต่การสร้างสันชะลอความเร็วโดยปราศจากความรู้ทำให้ผู้ขับรถได้รับผลกระทบและความเดือดร้อน เนื่องจากสันชะลอความเร็วที่มีขนาดไม่เหมาะสม ถึงแม้จะขับรถด้วยความเร็วต่ำเพียงใดก็ยังได้รับแรงสะเทือนตามไปด้วย อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อระบบและอุปกรณ์ของรถยนต์ เช่น ลูกหมาก ลูกปืน สปริง โช้คอัพ และระบบช่วงล่างต่าง ๆ ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้สั้นลง สันชะลอความเร็วเป็นสิ่งก่อสร้างทางจราจรชนิดหนึ่งมีหน้าที่บังคับให้ผู้ขับรถลดความเร็วของยานพาหนะลงขณะขับผ่าน โดยสันชะลอความเร็วมักถูกสร้างหรือติดตั้งอยู่ตามทางร่วมทางแยก หรือในบริเวณที่มีผู้คนเดินสัญจรไปมาตลอด เช่น ชุมชน หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานศึกษา สำหรับสันชะลอความเร็วที่เราเห็นโดยทั่ว ๆ ไปนั้น มักจะเป็นการสร้างกันเอง ซึ่งไม่ค่อยจะได้มาตรฐาน คือมีทั้งที่สูงมากหรือยาวเกินไปจนอาจจะเกิดปัญหาชุดกับชิ้นส่วนใต้ท้องรถ กลุ่มของข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของสันชะลอความเร็วเพื่อให้ได้ขนาดและมาตรฐานตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมือง โดยจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (Mazda CX-7) เพื่อหาแรงที่กระทำกับช่วงล่างในแนวดิ่ง โดยใช้โปรแกรม matlab (Simulink) ในการวิเคราะห์ผล

จากการเก็บข้อมูลจากสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรพบว่ามีสันชะลอมีลักษณะเป็นทรงพาราโบลาและมีแรงในแนวดิ่งสูงสุดอยู่ที่ทางออกป้อมยามประตู 4 โดยมีแรง 1123 นิวตัน และแรงในแนวดิ่งต่ำสุดอยู่ที่ทางเข้าป้อมยามประตู 4 โดยมีแรง 572 นิวตัน จากการจำลองการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วรูปทรงพาราโบลา สามเหลี่ยม สี่เหลี่ยมคางหมู และแบบไซน์ ที่

ความเร็วคงที่เท่ากับ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะได้รูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ ไซน์สูง 5 เซนติเมตรกว้าง 90 เซนติเมตรเป็นสันชะลอความเร็วที่มีแรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุดคือ 197 นิวตัน และเป็นการลดความเสียหายเนื่องจากแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับรถยนต์ที่เกิดจากสันชะลอความเร็ว

Project Title : Design and Analysis speed bump profile to Minimize damage to the vehicle

Name	: Mr. Peerapon	Phudee	ID : 54360742
	: Mr. Sathaporn	Pongkongrat	ID : 54360858
	: Mr. Bancha	Leeprasertsoontorn	ID : 54363309
Project Advisor	: Mr. Surajed	Sookchaiyaporn	
Academic Year	: 2014		

Abstract

At present, most people who driving at the over speed limits in various places which is the speed limit, such as community area, alleyway area. Therefore it was cause of build speed bump so force for vehicle users must slow down the speed of the car. But build a speed bump without knowledge as a result, vehicle users are affected and suffered because speed bump is not appropriate. Although to drive at low speeds, but still get a quake Also adversely affect the systems and equipment of car such as ball joint, bearing, spring, shock and other suspension makes useful life of these devices are shortened.

Speed bump is a one type of traffic devices. It has forced vehicle users reduce the speed of the car while driving across. Speed bump usually built or installed at merging road, Split road and entrance of alley or in a place with people walking back and forth throughout such as community, village, official place or academy. For speed bump that we see in general everyday often build that non-standard. That is either very high or too long that pose a problems speed bump's surface makes scratch on suspension.

My group recognizes the importance of speed bump to get the size and construction standards of speed bump set by Department of Public Works and Town & Country Planning. By simulating the motion of the car (Mazda CX-7). To determine the force acting on the suspension in vertical by using program 'matlab' (Simulink) in the analysis.

The data collection from speed bump at Naresuan University found that speed bump has a parabolic shape and has maximum vertical force at the exit gate 4 has a force 1123 N and has minimum vertical force at the entrance gate 4 has a force 572 N. By simulating movement through speed bump has a parabolic shape, triangle, trapezoid and sine shape at a constant speed as 8 km./hrs. It has the form of a speed bump has sine shape has height 5 cm. and width 90 cm. It is speed bump with less vertical force as 197 N. and minimize damage from vertical force that speed bump act with a car caused speed bump.

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความช่วยเหลือในด้านการให้คำแนะนำในการทำโครงงานจาก นายสุรเจษฎ์ สุขไชยพร ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานให้คำปรึกษาแก่ผู้ดำเนินโครงงานตลอดมา ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณบุคคลอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำโครงงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

และขอขอบพระคุณบิดา – มารดา ที่สนับสนุนและให้กำลังใจกับผู้ดำเนินโครงงานจนโครงงานฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

นายพีรพล ภู่ดี

นายสถาพร ป้องคงราช

นายบัญชา ลีประเสริฐสุนทร

สารบัญ

	หน้าที่
ใบรับรองโครงงาน	ก
บทคัดย่อ	ข
ABSTRACT	ง
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญรูป	ญ
สัญลักษณ์	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	2
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน	4
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	5
2.1. ความสำคัญของการศึกษาการสั่นสะเทือน	6
2.2. การสั่นสะเทือนทางกล (MECHANICAL VIBRATION)	7
2.3. แรงอนุรักษ์	10
2.4. MATLAB เบื้องต้น	10
2.5. SIMULINK เบื้องต้น	11
2.6. มาตรฐานมยผ.2301-56	17
2.7. รูปแบบสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาด	21

บทที่ 3 การดำเนินงาน 23

3.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 23
3.2. การสร้างแบบจำลองสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อมูล 23
3.3. วิเคราะห์สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร 24
3.4. ออกแบบและวิเคราะห์สันชะลอความเร็ว 24
3.5. นำเสนอผลการจำลองสันชะลอความเร็ว 24
3.6. วิเคราะห์และสรุปผลการจำลอง 25

บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 26

4.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 26
4.2. การสร้างแบบจำลองสำหรับใช้ประมวลผลข้อมูล 27
4.3. วิเคราะห์สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร 29
4.4. ออกแบบและวิเคราะห์สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ 34
4.5. นำเสนอผลการจำลองสันชะลอความเร็ว 36
4.6. วิจารณ์ผลการจำลอง 55

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ 57

2.8. สรุปการวิเคราะห์ผล 57
5.2. สรุปผลการศึกษา 61
2.3. ข้อเสนอแนะ 61

การอ้างอิง 63

ภาคผนวก 65

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 72

สารบัญตาราง

หน้าที่

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 3

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ (Mazda CX-7) [3] 27

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทั่วไปของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร 32

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลโดยละเอียดของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร 33

ตารางที่ 4.4 แรงที่สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรกระทำต่อล้อรถยนต์ 36

ตารางที่ 4.5 แรงที่สันชะลอความเร็วที่ออกแบบกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ 42

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบแรงสูงสุดและต่ำสุดของสันชะลอความเร็ว 57

สารบัญรูป

หน้าที่

รูปที่ 2.1 รูปแบบ Simulink จากงานวิจัยของ Swati Gaur [2] 5
รูปที่ 2.2 แผนภาพของระบบช่วงล่าง [5] 9
รูปที่ 2.3 Source 12
รูปที่ 2.4 Sinks 13
รูปที่ 2.5 Continuous 14
รูปที่ 2.6 Discrete 15
รูปที่ 2.7 Math Operations 16
รูปที่ 2.8 การจำแนกประเภทของถนน 18
รูปที่ 2.9 ประเภทของสันชะลอความเร็วที่พบได้โดยทั่วไป (ก) ลูกระนาด (ข) เนินชะลอความเร็ว 20
รูปที่ 2.10 รูปตัดของเนินชะลอความเร็วที่กำหนดในมาตรฐานนี้ 20
รูปที่ 2.11 สันชะลอขนาด กว้าง40 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [7] 21
รูปที่ 2.12 สันชะลอขนาด กว้าง35 เซนติเมตร ยาว100 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [8] 21
รูปที่ 2.13 สันชะลอขนาด กว้าง35 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [9] 21
รูปที่ 2.14 สันชะลอขนาด กว้าง40 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง6 เซนติเมตร [10] 22
รูปที่ 4.1 แบบจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ [5] 28
รูปที่ 4.2 แบบจำลอง Matlab (Simulink) 28
รูปที่ 4.3 แบบจำลองสำหรับนำเข้า, ส่งออกข้อมูลและประมวลผล 29
รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดสันชะลอความเร็ว 29
รูปที่ 4.5 เครื่องมือวัดสันชะลอความเร็ว 30
รูปที่ 4.6 ตำแหน่งสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร 31
รูปที่ 4.7 แบบโค้งพาราโบลา 34
รูปที่ 4.8 แบบสามเหลี่ยม 34
รูปที่ 4.9 แบบสี่เหลี่ยมคางหมู 35
รูปที่ 4.10 แบบคลื่นไซน์ 35
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงขนาดแรงทางออกป้อมยามประตู 5 37
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าป้อมยามประตู 5 37
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงขนาดแรงทางออกป้อมยามประตู 4 38
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าป้อมยามประตู 4 38

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม 39
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์ 39
รูปที่ 4.17 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าคณะศึกษาศาสตร์ 40
รูปที่ 4.18 แรงที่สันชะลอความเร็วที่ออกแบบกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์ 41
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 43
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 43
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 44
รูปที่ 4.22 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 44
รูปที่ 4.23 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 45
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 45
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 46
รูปที่ 4.26 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 46
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 47
รูปที่ 4.28 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 47
รูปที่ 4.29 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 48
รูปที่ 4.30 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 48
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 เซน 49
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 49
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 50
รูปที่ 4.34 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 50
รูปที่ 4.35 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 51
รูปที่ 4.36 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 51
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 52
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 52
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 53
รูปที่ 4.40 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร 53
รูปที่ 4.41 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร 54
รูปที่ 4.42 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร 54
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบแรงสันชะลอความเร็วแบบไซน์ 6 เซนติเมตร กับ สันชะลอความเร็วทางเข้าคณะวิศวกรรมศาสตร์ 59

รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบแรงสั่นชะลอความเร็วแบบไซน์ 5 เซนติเมตร กับ สั่นชะลอความเร็วทางเข้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ 59
รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบสั่นชะละความเร็วรูปไซน์ 6 เซนติเมตร กับสั่นชะลอความเร็วแบบพาราโบลา 6 เซนติเมตร 60
รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบสั่นชะละความเร็วรูปไซน์ 5 เซนติเมตร กับสั่นชะลอความเร็วแบบพาราโบลา 5 เซนติเมตร 60
รูปที่ 5.5 รูปแบบของสั่นชะลอความเร็วแบบ ไซน์ 5 เซนติเมตร กว้าง90 เซนติเมตร 61

สัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
m	มวล	กิโลกรัม
c	ค่าคงทีของตัวหน่วง	นิวตันวินาทีต่อเมตร
k	ค่าคงที่ของสปริง	นิวตันต่อเมตร
$\ddot{x}$	ความเร่ง	เมตรต่อวินาทีกำลังสอง
$\dot{x}$	ความเร็ว	เมตรต่อวินาที
x	ระยะทางการเคลื่อนที่	เมตร
w	ความสูงของสันชะลอความเร็วที่รถยนต์เคลื่อนที่ผ่าน	เมตร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ในปัจจุบันมักมีกลุ่มคนที่ขับรถเร็วเกินกำหนดในสถานที่ต่างๆ ที่มีการจำกัดความเร็วไว้ เช่นเขตชุมชน บริเวณชอยแคบ ซึ่งทำให้มีการสร้างสันชะลอความเร็วเพื่อบังคับให้ผู้ขับรถต่างๆ ต้องชะลอความเร็วของรถยนต์ลง แต่การสร้างสันชะลอความเร็วโดยปราศจากความรู้ทำให้ผู้ขับรถได้รับผลกระทบและความเดือดร้อน เนื่องจากสันชะลอความเร็วมีขนาดที่ไม่เหมาะสม ถึงแม้จะขับรถด้วยความเร็วต่ำเพียงใดก็ยังได้รับแรงสะเทือนตามไปด้วย อีกทั้งยังส่งผลเสียต่อระบบและอุปกรณ์ของรถยนต์ เช่น ลูกหมาก ลูกปืน สปริง โช้คอัพ และระบบช่วงล่างต่าง ๆ ทำให้อายุการใช้งานของอุปกรณ์เหล่านี้สั้นลง สันชะลอความเร็วเป็นสิ่งก่อสร้างทางจราจรชนิดหนึ่งมีหน้าที่บังคับให้ผู้ขับรถลดความเร็วของรถยนต์ลงขณะขับผ่าน โดยสันชะลอความเร็วมักถูกสร้างหรือติดตั้งอยู่ตามทางร่วม ทางแยก หรือในบริเวณที่มีผู้คนเดินสัญจรไปมาตลอด เช่น ชุมชน หมู่บ้าน สถานที่ราชการ สถานศึกษา สำหรับสันชะลอความเร็วที่เราเห็นโดยทั่ว ๆ ไปนั้น มักจะเป็นการสร้างกันเอง ซึ่งไม่ค่อยจะได้มาตรฐาน คือมีทั้งที่สูงมากหรือยาวเกินไปจนอาจจะเกิดปัญหาขูดกับชิ้นส่วนใต้ท้องรถ กลุ่มของข้าพเจ้าจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของสันชะลอความเร็วเพื่อให้ได้ขนาดและมาตรฐานตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมือง [1] โดยจำลองการเคลื่อนที่ของรถยนต์ (Mazda CX-7) เพื่อหาแรงที่กระทำกับช่วงล่างในแนวดิ่ง โดยใช้โปรแกรม matlab (Simulink) ในการวิเคราะห์ผล

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1.เพื่อออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งของสันชะลอความเร็ว (Speed Bump) เพื่อลดความเสียหายที่เกิดขึ้นต่อยานพาหนะ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1.ได้รูปแบบสันชะลอความเร็ว (speed bump) ตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วของกรมโยธาธิการและผังเมือง

1.3.2.ลดความเสียหายของยานพาหนะเมื่อวิ่งผ่านสันชะลอความเร็ว (speed bump) เพื่อการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้น

1.4 ขอบเขตของโครงงาน

1.4.1. เป็นการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม matlab (simulink)

1.4.2.เป็นการศึกษาเฉพาะผลกระทบของสันชะลอความเร็วที่กระทำต่อรถยนต์

1.4.3.จำลองแบบสันชะลอความเร็ว

1.4.4.เป็นการศึกษาการแรงที่กระทำต่อรถยนต์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว

1.4.5.กำหนดความเร็วคงที่ที่ใช้ในการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วเท่ากับ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1.5.1.ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1.5.2.ทำการหาสมการการเคลื่อนที่ของยานพาหนะเมื่อเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว และกำหนดค่าคงที่ต่างๆลงในสมการ

1.5.3.สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ด้วยโปรแกรม matlab (Simulink)

1.5.4.ทำการกำหนดรูปแบบสันชะลอความเร็ว

1.5.5.วิเคราะห์และสรุปผลที่ได้

1.5.6.จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.6 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอนในการดำเนินงานในช่วงเวลาต่างๆ แสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ตารางแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2557					2558			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับขนาดของสันชะลอความเร็ว และข้อมูลข้อกำหนดเกี่ยวกับสันชะลอความเร็วแบบ speed bump									
2.หาค่าสมการที่เกี่ยวข้องและกำหนดค่าต่างๆของยานยนต์ที่จะใช้									
3.กำหนดรูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ speed bump									
4.ทำการศึกษาการใช้โปรแกรม matlab (simulink)									
5.นำข้อมูลผลที่ได้จาก โปรแกรม matlab (simulink) มาวิเคราะห์									
6.สรุปผลและจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									

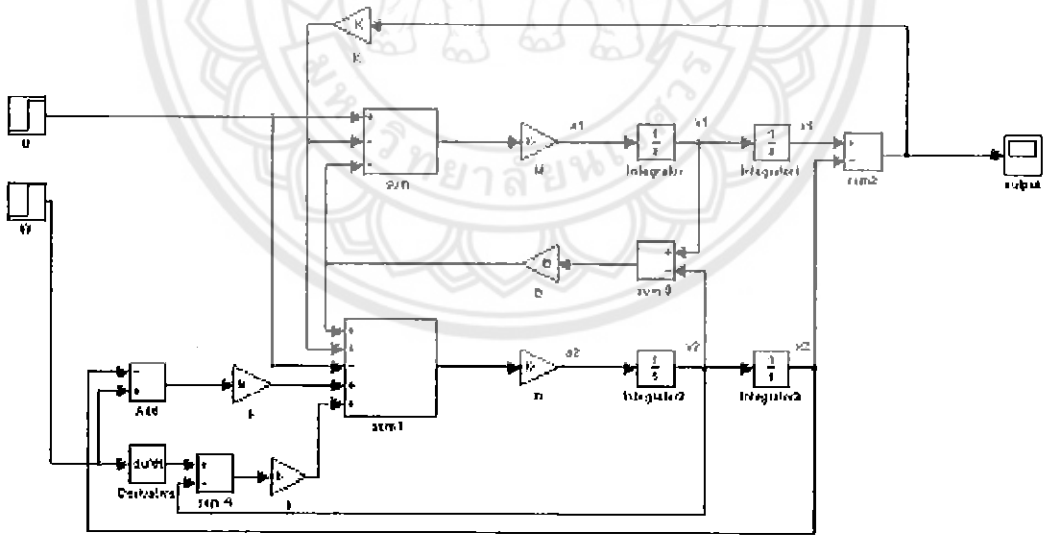
1.7 รายละเอียดงบประมาณตลอดโครงงาน

กระดาษ	500	บาท
จัดทำรูปเล่ม	2,000	บาท
ค่าอุปกรณ์อื่นๆ	500	บาท

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ ได้ศึกษางานวิจัยต่างๆ ได้แก่

งานวิจัยของ Swati Gaur ซึ่งวิจัยเรื่อง Vibration Control of Bus Suspension System using PI and PID Controller [2] ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวถึงการควบคุมการสั่นสะเทือนของระบบช่วงล่างของรถโดยสาร ที่ผ่านสภาพผิวถนนแบบต่างๆ และออกแบบระบบควบคุมได้เป็น 2 แบบ คือ PI Controller และ PID Controller โดยใช้โปรแกรม Mattab (simulink) ในการวิเคราะห์ผลโดยมีตัวอย่าง Simulink ดังนี้รูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 รูปแบบ Simulink จากงานวิจัยของ Swati Gaur [2]

ซึ่งโครงงานที่ได้จัดทำขึ้นมานี้ สามารถนำรูปแบบ simulink ของงานวิจัยข้างต้น มาเป็นต้นแบบในการจัดทำแบบจำลองsimulinkเพื่อใช้วิเคราะห์ผลลัพธ์ของโครงงานต่อไปได้

งานวิจัยของ Yan Cui and Thomas R.Kurfess ซึ่งวิจัยเรื่อง Vehicle Parameter Identification for Vertical Dynamics [3] ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวถึงระบบช่วงล่างของรถยนต์แบบเต็มคัน คือทั้งหมด 4 ล้อ โดยใช้รถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 เป็นรถยนต์ต้นแบบที่ใช้วิจัย ซึ่งในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ระบุ ถึงค่าที่จำเป็นต่างๆของระบบช่วงล่างของรถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 ซึ่งค่าต่างๆของระบบช่วงล่างของรถยนต์ รุ่น Mazda CX-7 เป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะช่วยให้ Simulink ที่จะใช้วิเคราะห์ผลของโครงงานที่จะจัดทำขึ้นมานีสำเร็จต่อไป

งานวิจัยของ Ben Creed , Nalaka Kahawatte , Scott Varnhagen ซึ่งวิจัยเรื่อง Development of a Full Car Vehicle Dynamic Model for Use in the Design of an Active Suspension Control Systen [4] ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้ได้กล่าวถึง การวิเคราะห์ระบบช่วงล่างของรถยนต์เพื่อลดการเคลื่อนที่ของจุดสมดุลของตัวรถยนต์

2.1. ความสำคัญของการศึกษาการสั่นสะเทือน

การสั่นสะเทือน (Vibration) หมายถึงการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุเมื่อเทียบกับจุดอ้างอิงที่อยู่นิ่ง โดยการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของวัตถุอาจจะเป็นการเคลื่อนที่โดยอิสระ หรือมีแรงบังคับตลอดเวลาให้เคลื่อนที่ก็ได้ การสั่นสะเทือนสามารถพบได้ทั่วไปในชีวิตประจำวันและในงานทางวิศวกรรมมากมายตัวอย่างการสั่นสะเทือนที่พบได้บ่อย เช่น การสั่นสะเทือนในรถยนต์

2.1.1. การสั่นสะเทือนในรถยนต์

การสั่นสะเทือนในรถยนต์ การสั่นสะเทือนในรถยนต์เกิดขึ้นตั้งแต่เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ การทำงานของลูกสูบในเครื่องยนต์ที่ ไม่สมดุลทำให้เกิดการสั่นสะเทือนขึ้น และเมื่อรถเริ่มเคลื่อนที่การขบกันของฟันเฟืองในระบบส่งกำลังก็ทำให้ เกิดการสั่นสะเทือนและเสียงรบกวนเช่นกัน หากรถวิ่งผ่านถนนขรุขระเป็นลูกคลื่น หรือวิ่งผ่านลูกระนาด หรือหลุมบนพื้นถนน ผลของความไม่เรียบของพื้นถนนเหล่านี้ ก็ทำให้เกิดการสั่นสะเทือน และส่งผ่านไปยัง ตัวรถและผู้โดยสารด้วย จะเห็นว่าเฉพาะในรถยนต์เพียงอย่างเดียวก็อาจมีปัญหาเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากต้นเหตุหลายๆ สาเหตุ การศึกษาเกี่ยวกับการสั่นสะเทือนจะทำให้สามารถออกแบบรถยนต์ที่ขับ ได้นิ่มนวลและเงียบได้ เช่น การสั่นสะเทือนจากเครื่องยนต์ก็อาจแก้ได้โดยการถ่วงสมดุลเครื่องยนต์ เพื่อให้ แรงที่ไม่สมดุลเหลือน้อยที่สุด นองจากนี้ยังต้องมียางรองแท่นเครื่องเพื่อลดการถ่ายเทการสั่นสะเทือนจาก เครื่องยนต์ไปสู่ส่วนอื่นๆ การสั่นสะเทือนเนื่องจากการขบกันของฟันเฟืองก็อาจลดได้โดยการออกแบบ รูปร่างฟันเฟือง และเพิ่มความเรียบผิวของฟันเฟือง ส่วนการสั่นสะเทือนที่ถ่ายทอดจากผลของสภาพพื้น

ถนนที่ไม่เรียบก็สามารถลดได้โดยการออกแบบระบบรองรับ ซึ่งประกอบด้วยสปริงหรือแหนบ และตัวหน่วง การกระแทก (Shock absorber) ที่เหมาะสมเป็นต้น

2.2. การสั่นสะเทือนทางกล (Mechanical Vibration)

การสั่นสะเทือนทางกล (Mechanical Vibration) คือ การเคลื่อนที่แบบคาบ (Periodic Motion) หรือแบบสุ่ม (Random Motion) ของมวลของระบบทางกลเทียบกับตำแหน่งสมดุลสถิตของระบบนั้น การสั่นสะเทือนทางกลมีสาเหตุมาจากการที่ระบบทางกล (เครื่องจักรหรือโครงสร้าง) ซึ่งอยู่ในสภาวะสมดุลสถิตถูกรบกวนโดยแรงภายนอก ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนกันของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ระหว่างมวลและสปริงของระบบ ตัวอย่างของการรบกวน (Disturbance) ในระบบการสั่นสะเทือนทางกล

- แรงลม(กระทำกับ เครื่องบิน ตึก สะพาน)

- คลื่นน้ำทะเล(กระทำกับ เรือ โครงสร้างกลางทะเล)

- การเคลื่อนที่ของพื้นดินเนื่องจากแผ่นดินไหว(กระทำกับ ตึก และโครงสร้าง)

-ความขรุขระบนผิวถนน(กระทำกับ รถยนต์และยานพาหนะบนถนน)

-การแบ่งประเภทของการสั่นสะเทือนสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภทได้ดังนี้

2.2.1. การสั่นสะเทือนอย่างอิสระ (Free Vibration)

การสั่นสะเทือนชนิดนี้เกิดจากแรงภายในของระบบเองโดยที่ไม่มีแรงกระทำจากภายนอกการสั่นสะเทือนชนิดนี้เกิดขึ้น เมื่อโครงสร้างหรือระบบทางกลถูกรบกวนโดยออกจากตำแหน่งสมดุลสถิตด้วยค่าเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial Conditions) ตัวอย่าง เช่น ระบบที่มีมวลยึดติดกับสปริงเมื่อมีการยืดหรือยุบสปริงออกจากจุดสมดุลสถิตแล้วปล่อยระบบก็จะมีการสั่นแบบอิสระ การที่กลับไปมากลับโดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำเรียกว่า การสั่นแบบอิสระ รูปแบบของการเคลื่อนที่เป็นไปตามค่าความถี่ธรรมชาติและ Mode Shape ของระบบสมการการเคลื่อนที่ของการสั่นแบบอิสระสมการการเคลื่อนที่ของระบบการสั่นสะเทือนใดๆสามารถเขียนให้อยู่ในรูปอย่างง่ายได้ดังสมการ

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = F(t) \qquad (2\text{-}1)$$

โดยทางด้านซ้ายมือของสมการจะเป็นส่วนที่แสดงถึงลักษณะของระบบซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของมวล ตัวหน่วงการสั่นสะเทือนและค่าคงที่ของสปริงส่วนทางด้านขวามือจะแสดงถึงแรง (หรือแรงบิด) ภายนอกที่กระทำกับระบบสำหรับการสั่นอย่างอิสระเนื่องจากไม่มีแรงภายนอกกระทำต่อระบบขณะสั่นทางด้านขวามือจึงมีค่าเป็นศูนย์ดังนั้นสมการ (2-1) จะกลายเป็น

$$m\ddot{x}(t) + c\dot{x}(t) + kx(t) = 0 \qquad (2\text{-}2)$$

ลักษณะการสั่นสะเทือนของระบบจะสามารถทราบได้โดยการแก้สมการอนุพันธ์ (2-2) การสั่นแบบอิสระของระบบที่ไม่มีตัวหน่วงการสั่นสะเทือน

จากรูปแบบสมการของการสั่นอย่างอิสระในสมการที่ (2-2) หากไม่มีตัวหน่วงการสั่นสะเทือนจะเขียนได้เป็น

$$m\ddot{x}(t) + kx(t) = 0 \tag{2-3}$$

ลักษณะการสั่นสะเทือนในกรณีนี้หาได้จากการแก้สมการอนุพันธ์ (2-3)

ในกรณีนี้สมการช่วยคือ

$$mr^2 + k = 0 \tag{2-4}$$

ซึ่งจะได้คำตอบของสมการช่วยเป็น

เนื่องจากค่าความแข็งสปริงและมวลเป็นจำนวนบวกเสมอดังนั้นคำตอบของสมการ (2-4) จึงเป็นจำนวน จินตภาพเสมอจะได้ว่าคำตอบของสมการอนุพันธ์ (2-3)

ซึ่งแสดงถึงการเคลื่อนที่ของระบบการสั่นที่ไม่มีตัวหน่วงการสั่นสะเทือนแสดงได้ดังสมการ

$$x = A_1 \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right) + A_2 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t\right)$$
$$x = A_1 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t + \phi\right) \tag{2-5}$$

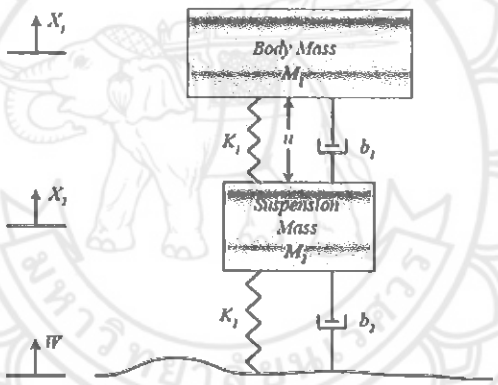
โดยA1 , A2เป็นค่าคงที่ซึ่งได้จากเงื่อนไขค่าเริ่มต้น (initial condition) ของการสั่นสะเทือนเช่นตอนเริ่มสั่นตำแหน่งของมวลอยู่ที่ใดหรือมวลเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่าใดการหาค่าคงที่เหล่านี้จะกล่าวถึงในหัวข้อต่อๆไปสำหรับในสมการที่ตัวแปรแสดงถึงขนาดของการสั่นสะเทือนส่วนแสดงถึงเฟสของการสั่นสะเทือน

2.2.2. การสั่นสะเทือนแบบบังคับ (Forced Vibration)

หมายถึงระบบที่มีการเคลื่อนที่แบบสั่นไป-มา ภายใต้แรงภายนอกกระทำด้วยความถี่ของแรงนั้นถ้าความถี่แรงภายนอกที่กระทำนั้นกับค่าความถี่ธรรมชาติของระบบจึงเป็นสิ่งสำคัญโดยปกติแล้วการตอบสนองของระบบจะประกอบไปด้วยสองส่วนคือการตอบสนองชั่วครู่ (Transient Response) และการตอบสนองในสภาวะคงตัว (Steady-State Response) ซึ่งจะคงอยู่ตลอดเท่าที่มีแรงกระทำ เนื่องจากการตอบสนองชั่วครู่จะหายไปเมื่อเวลาผ่านไปพอสมควรการตอบสนองจะคงอยู่เพียงการตอบสนองในสภาวะคงตัวของระบบ

โดยงานวิจัยนี้เราดู Free Vibration ที่มีเงื่อนไขเป็นการบังคับจากตำแหน่ง แล้วดูผลกระทบเป็นแรงภายในระบบที่เกิดขึ้นเท่านั้น

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบช่วงล่าง



รูปที่ 2.2 แผนภาพของระบบช่วงล่าง [5]

จากรูปที่ 2.2แผนภาพจำลองระบบช่วงล่าง เมื่อมีการเคลื่อนที่ผ่านเนินจะทำให้ได้สมการจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกันสะเทือน สมการที่(2-6)และ(2-7)

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบกันสะเทือน

$$M_1\ddot{X}_1 + b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + K_1(X_1 - X_2) = U \qquad (2\text{-}6)$$

$$M_2\ddot{X}_2 - b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) - K_1(X_1 - X_2) - b_2(W - X_2) - K_2(W - X_2) = U \qquad (2\text{-}7)$$

2.3. แรงอนุรักษ์

คือ หรือที่มักได้ยินว่า แรงภายใน ได้แก่ แรงดึงสปริง แรงโน้มถ่วง และแรงไฟฟ้า ซึ่งงานเนื่องจากแรงอนุรักษ์นี้ ก็คือ มีค่าเท่ากับ ผลต่างของพลังงานศักย์ของวัตถุนั่นเอง เช่น งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงก็มีค่าเท่ากับ ผลต่างของพลังงานศักย์โน้มถ่วงและงานเนื่องจากแรงดึงสปริงก็มีค่าเท่ากับผลต่างของพลังงานศักย์สปริง

2.4. MATLAB เบื้องต้น

โปรแกรม Matlab หรือ Matrix Laboratory ได้เริ่มพัฒนาครั้งแรกโดย Dr. Cleve Molor ซึ่งเขียนโปรแกรมนี้ขึ้นมาด้วยภาษา Fortran โดยโปรแกรมนี้ได้พัฒนาภายใต้โครงการ LINPACK และ EISPACK Matlab เป็นโปรแกรมที่ออกแบบมาสำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์โดยทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณเวกเตอร์และเมทริกซ์ ทั้งในระบบจำนวนจริงและระบบจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งเป็นการเหมาะสมเป็นอย่างมากสาหรับการใช้งานในการคำนวณวิเคราะห์และออกแบบระบบ (System Design) ในทางวิศวกรรมทุกสาขา

Matlab เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูงใช้ในการคำนวณทางเทคนิค Matlab ได้รวมการคำนวณ การเขียนโปรแกรม และการแสดงผลรวมกันอยู่ในตัวโปรแกรมเดียวได้อย่างมีประสิทธิภาพ และอยู่ในลักษณะที่ง่ายต่อการใช้งาน นอกจากนี้ลักษณะของการเขียนสมการในโปรแกรมก็จะเหมือนการเขียนสมการคณิตศาสตร์ งานที่ใช้ Matlab ก็เช่น การคำนวณทั่วไป การสร้างแบบจำลอง การวิเคราะห์ข้อมูล การแสดงผลในรูปกราฟแบบทั่วไปและกราฟทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมสามารถสร้างโปรแกรมในลักษณะที่ติดต่อกับผู้ใช้ทางกราฟฟิก

นอกเหนือจากตัวโปรแกรม Matlab เองแล้ว บริษัท Math Works ผู้ผลิต Matlab ยังได้ผลิตเครื่องมือที่เรียกว่า Toolbox หรือ Simulink ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อประกอบกับการใช้ Matlab สำหรับงานที่จำเพาะเจาะจงหลายประเภท Simulink นั้นเป็นการนำเอาโปรแกรมที่เขียนขึ้น

เป็นฟังก์ชันสำหรับ Matlab เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการเรียกใช้มากขึ้น ทำให้ผู้ใช้ไม่จำเป็นที่จะต้องสร้างโปรแกรมขึ้นมาใช้งานเองโดย Simulink ที่สร้างขึ้นจะครอบคลุมการทำงานด้านต่างๆมากมาย [6]

2.5. SIMULINK เบื้องต้น

การใช้งาน Simulink จะกระทำโดยการนำ Block ในหน้าต่าง Library-Simulink มาต่อกันตามที่เราต้องการ และสามารถจำลองระบบได้ทั้งระบบที่เป็นเชิงเส้น ไม่เป็นเชิงเส้น ระบบเวลาต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง การจำลองระบบสามารถกระทำได้โดยป้อนอินพุตที่ป้อนเข้าไป

2.5.1. การเริ่มต้นใช้งาน

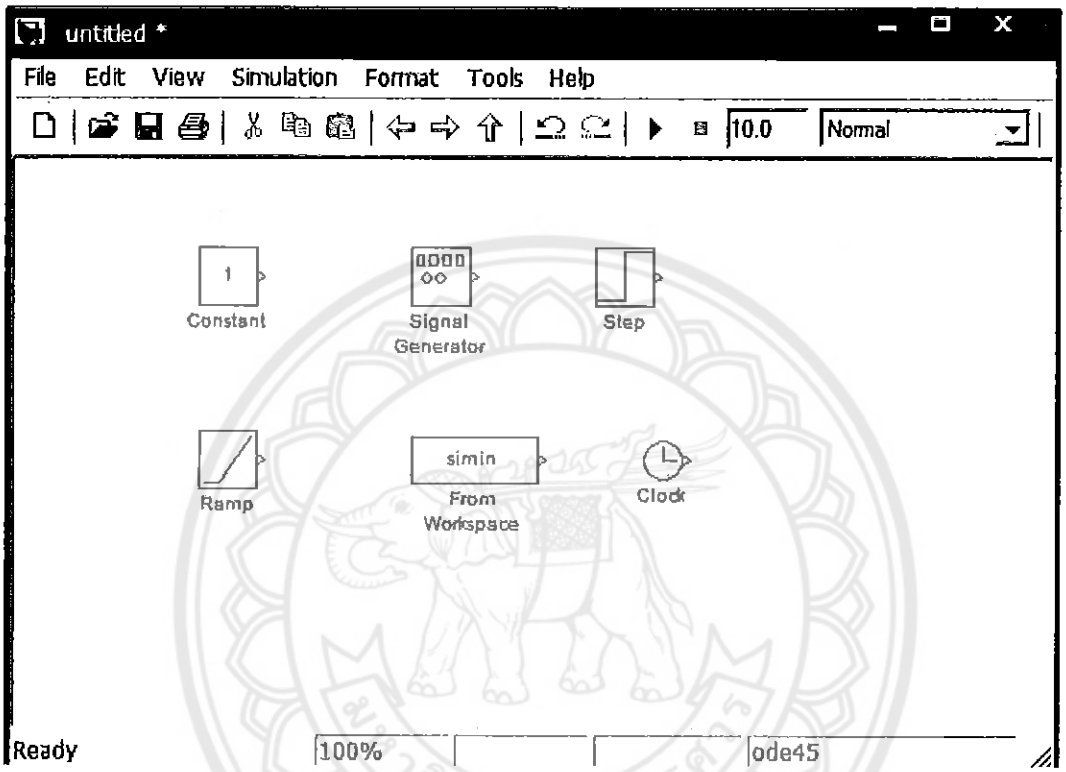
เมื่อเริ่มต้นใช้งาน Simulink โปรแกรม Matlab จะกำหนดชื่อหน้าต่าง Simulink โดยอัตโนมัติเป็น untitled หน้าต่าง Simulink นี้จะทำงานเชื่อมต่อกับหน้าต่างคำสั่งของโปรแกรม Matlab โดย Simulink สามารถรับส่งข้อมูลผ่าน Workspace ของหน้าต่างคำสั่ง ในกรณีที่ระบบใช้ฟังก์ชันหรือ Block ที่เป็น To Workspace ตลอดจน Block ของหมวดหมู่ต่างๆ ที่ไม่ได้กำหนดค่าตัวเลข แต่กำหนดเป็นค่าตัวแปรในหน้าต่าง Simulink และเมื่อเก็บ (Save as) ระบบที่จำลองได้ด้วย Simulink โปรแกรม Matlab จะกำหนดไฟล์ที่ทาการ Simulink เป็นชื่อไฟล์นามสกุล .mdl

2.5.2. บนหน้าต่าง Library Simulink

เมื่อเริ่มใช้งาน Simulink จะพบหน้าต่าง Library Simulink ที่ประกอบด้วย Block Diagram ที่เป็นโหมดของอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการจำลองระบบ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้ไม่สามารถทำงานได้เพียงตัวเดียวโดดๆ ต้องเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นถึงจะทำงานได้ การเลือกใช้งานโหมดใดโหมดหนึ่งในหน้าต่าง Library Simulink ให้ดับเบิลคลิกไปที่โหมดนั้นแล้วจะปรากฏหน้าต่างแสดงรายละเอียดของ Block ต่างๆ บนหน้าต่าง Library Simulink ของโหมดที่เลือกไว้ออกมา

2.5.1. Block Diagram โหมดต่างๆ ใน Simulink

1. Source



รูปที่ 2.3 Source

- Constant คือ การให้กำเนิดค่าคงที่

- Signal Generator คือ การกำเนิดสัญญาณใดสัญญาณหนึ่งจากสี่สัญญาณคือ Sine, Square, Sawtooth และการกระจายที่ไม่มีรูปแบบของ Random Noise

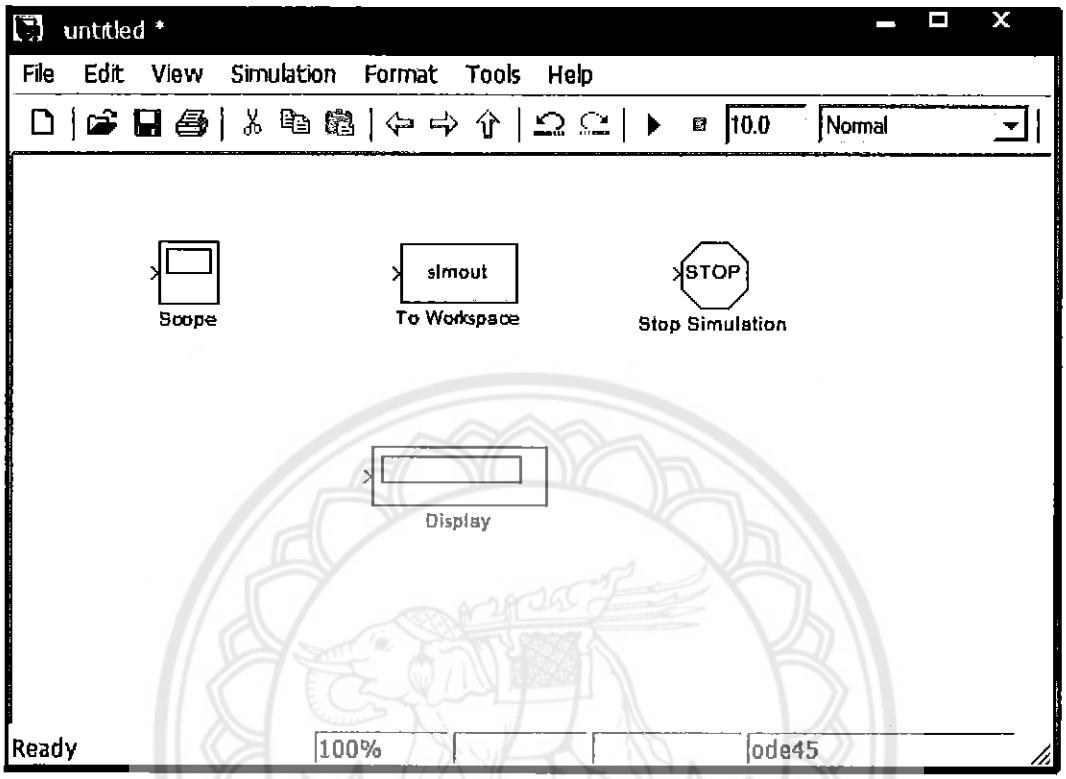
- Step คือ การให้กำเนิด Step Function

- Ramp คือ การให้กำเนิดสัญญาณ Sine

- From Workspace คือ อ่านค่าข้อมูล (T, U) ที่เป็นเมทริกซ์จาก Workspace

- Clock คือ ให้กำเนิดเวกเตอร์เวลา

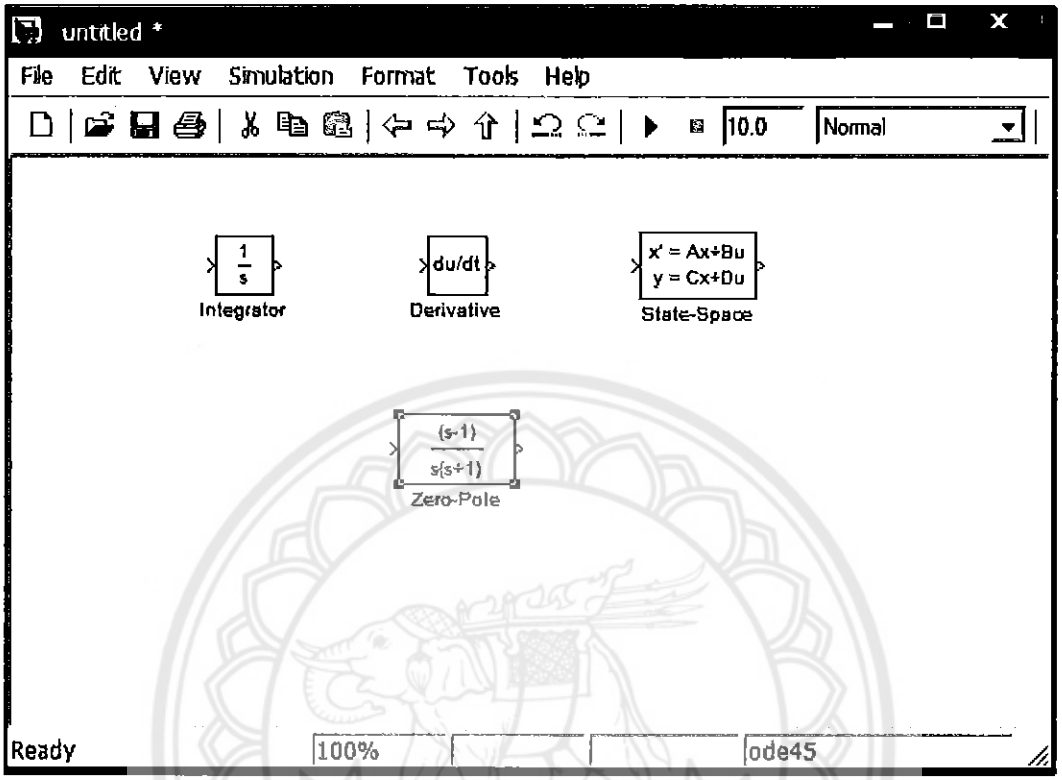
2. Sinks



รูปที่ 2.4 Sinks

- Scope คือ การแสดงผลสัญญาณระหว่างการจำลองระบบบนออสซิลโลสโคป
- To Workspace คือ เก็บค่าข้อมูลไว้ใน Workspace
- Stop Simulation คือ หยุดการจำลองระบบเมื่อค่าอินพุตมีความแตกต่างจากศูนย์
- Display คือ การแสดงค่าข้อมูลบน Block

3. Continuous



รูปที่ 2.5 Continuous

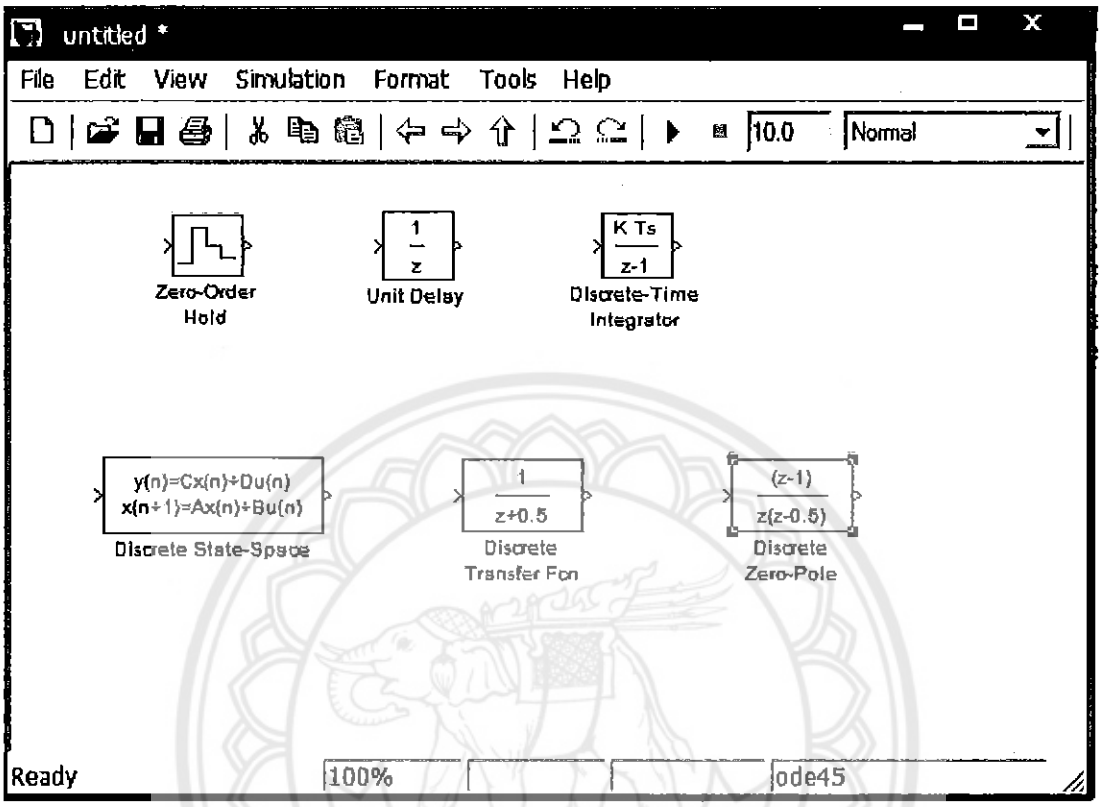
- Integrator คือ การอินทิเกรทสัญญาณ

- Derivative คือ การหาอนุพันธ์ในเชิงเวลาของสัญญาณ

- State-Space คือ การสร้างระบบ Line-Time Invariant ในรูปแบบ State-Space

- Zero-Pole คือ การสร้าง Transfer Function ในรูปแบบ Zero-Pole

4. Discrete



รูปที่ 2.6 Discrete

- Zero-Order Hold คือ การสร้างฟังก์ชัน Sample-and-Hold

- Unit Delay คือ การ Delay อินพุตไปหนึ่งคาบตัวอย่าง

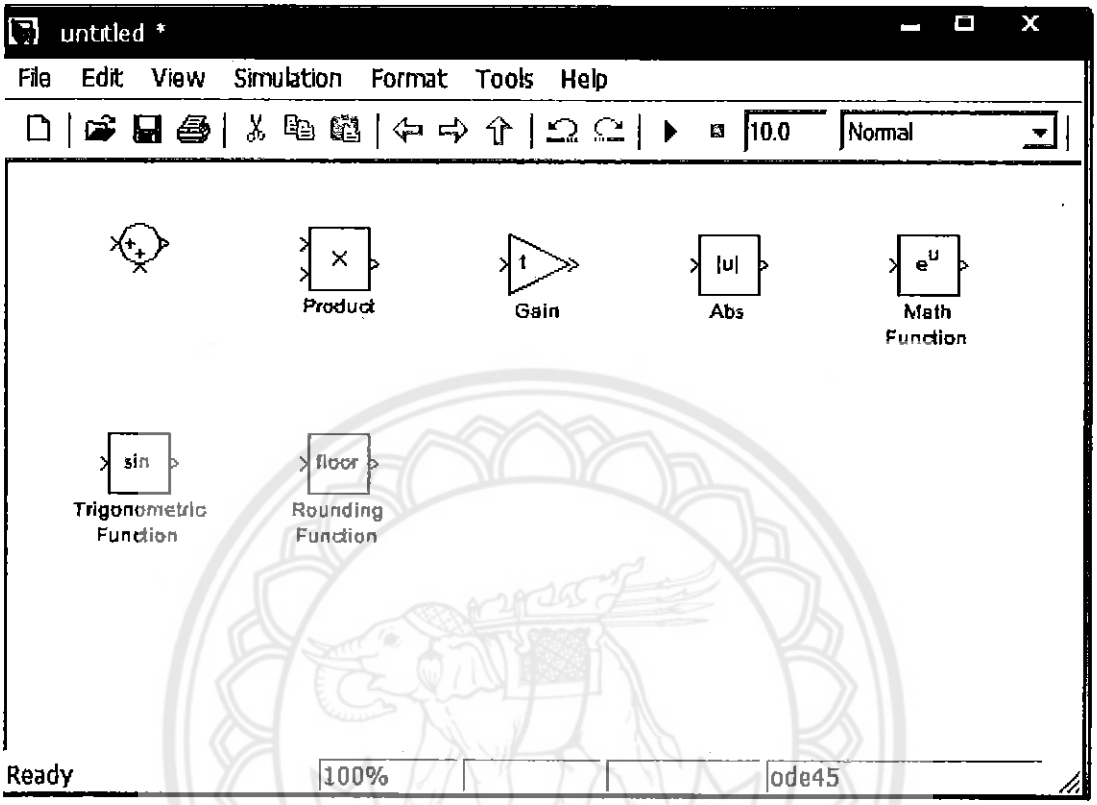
- Discrete-Time Integrator คือ การสร้างอินทิเกรท Discrete-Time

- Discrete State-Space คือ การสร้างระบบ Discrete-Time ในรูปแบบ State-Space

- Discrete Transfer Fcn คือ การสร้าง Discrete-Time Transfer Function

- Discrete Zero-Pole คือ การสร้าง Discrete-Time Transfer Function ในรูป Zero-Pole

5. Math Operations



รูปที่ 2.7 Math Operations

- Sum คือ การรวมผลรวมอินพุต
- Product คือ การหาค่า Dot Product ของเวกเตอร์อินพุต
- Gain คือการคูณอินพุตด้วยค่าคงที่ (Gain) ที่กำหนด
- Abs คือ การหาค่า Absolute ของอินพุต
- Math Function คือ การหาค่าฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของอินพุต
- Trigonometric Function คือ การหาฟังก์ชันตรีโกณมิติของอินพุต
- Rounding Function คือ การหาฟังก์ชันการปัดเศษของอินพุต

2.6. มาตรฐานมยผ.2301-56

2.6.1. ขอบข่าย

มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็วนี้ครอบคลุมประเภทสันชะลอความเร็วที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้แก่ ลูกระนาด (speed bump) และเนินชะลอความเร็ว (speed hump) โดยมาตรฐานกำหนดรายละเอียดการใช้สันชะลอความเร็วให้เหมาะสมกับพื้นที่และการจราจร ระบุรายละเอียดข้อกำหนดในการออกแบบสันชะลอความเร็ว ป้ายเตือนและสัญลักษณ์ รวมถึงวัสดุในการก่อสร้าง พร้อมทั้งแนะนำแนวทางการบำรุงรักษาเพื่อให้การก่อสร้างสันชะลอความเร็วของประเทศไทยเป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ มีรูปแบบเดียวกัน สามารถใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดความปลอดภัยสูงสุด ต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนที่ใช้ถนน ทั้งนี้ มาตรฐานฉบับนี้มุ่งเน้นสำหรับการออกแบบและก่อสร้างสันชะลอความเร็วประเภทเนินชะลอความเร็ว (speed hump) เป็นหลัก เนื่องจากมีมาตรฐานและงานวิจัยอันเป็นสากลซึ่งเป็นที่ยอมรับ โดยนำข้อมูลส่วนหนึ่งจากมาตรฐานว่าด้วยเรื่องการบริหารจัดการจราจรในเขตท้องถิ่นของออสเตรเลีย รวมถึงบทความทางวิชาการที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการจราจรของประเทศไทย [1]

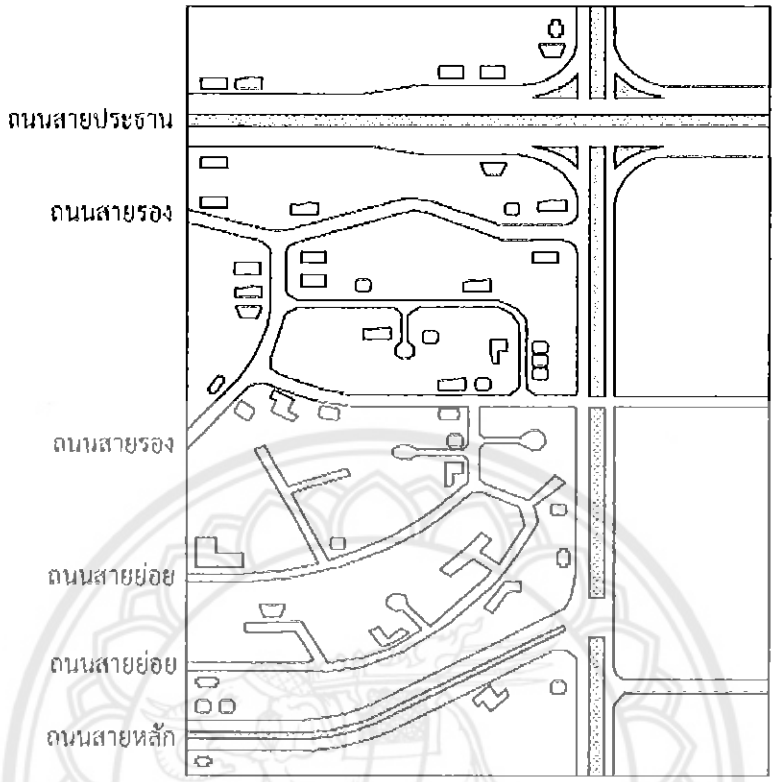
2.6.2. นิยาม

"สันชะลอความเร็ว" หมายถึง ส่วนก่อสร้างเพิ่มเติมในแนวขวางทิศทางการจราจรที่ยกสูงจากถนนปกติเพื่อชะลอความเร็วของยานพาหนะที่สัญจรบนถนน โดยการทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะรู้สึกถึงความไม่สะดวกในการขับขี่ผ่านสันชะลอความเร็วด้วยความเร็วที่มากกว่าที่ออกแบบไว้

"ถนนสายหลัก (arterial roads)" ได้แก่ถนนซึ่งทำหน้าที่ให้บริการและสนับสนุนงานด้านการจราจรเป็นหลักและการเข้าออกพื้นที่ข้างเคียงและกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตามแนวถนนจะได้รับการปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับหน้าที่การทำงานของถนนซึ่งเน้นในเรื่องการให้บริการแก่การจราจร (รูปที่ 2.8)

"ถนนสายรอง (collector roads)" ได้แก่ถนนซึ่งทำหน้าที่ให้บริการแก่การจราจร และการเข้าออกพื้นที่และกิจกรรมอื่น ๆ ที่เกิดขึ้นตามแนวถนนร่วมกัน โดยหน้าที่ทั้งสองประการนี้มีความสำคัญใกล้เคียงกัน (รูปที่ 2.8)

"ถนนสายย่อย (local streets)" ได้แก่ถนนซึ่งมุ่งเน้นในเรื่องการธำรงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตความปลอดภัย
คุณภาพสิ่งแวดล้อม และความผาสุกของผู้อยู่อาศัยที่อยู่ริมถนน และมีหน้าที่หลักในการบริการเข้าออกพื้นที่เป็นประเด็นที่สำคัญ และหน้าที่ในการให้บริการแก่การจราจรเป็นประเด็นรอง (รูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 การจำแนกประเภทของถนน

2.6.3. การแบ่งประเภทและข้อกำหนดในการใช้สันชะลอความเร็ว

วัตถุประสงค์หลักของการใช้สันชะลอความเร็วคือการสร้างความปลอดภัยและความสงบเรียบร้อยของการจราจรในเขตพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่ส่วนบุคคล การใช้สันชะลอความเร็ว จึงต้องมีการออกแบบให้ได้มาตรฐานและก่อสร้างในตำแหน่งที่เหมาะสม ดังนั้นมาตรฐานนี้จึงกำหนดให้ใช้สันชะลอความเร็วได้เฉพาะในพื้นที่ชุมชนหรือพื้นที่ส่วนบุคคล ทั้งนี้ต้องมีการทำป้ายเตือนและตีเส้นเครื่องหมายจราจรบนสันชะลอความเร็วด้วย

2.6.3.1. สันชะลอความเร็วที่พบได้โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. ลูกระนาด (speed bump)

ลูกระนาดที่พบได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้างตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร (รูปที่ 2.9 (ก)) ลูกระนาดโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ทั้งนี้ความเร็วชะลอของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า ลูกระนาดสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะกรณีที่ได้รับการก่อสร้างบนถนนในพื้นที่ส่วนบุคคล เช่น อาคารจอดรถ หมู่บ้านจัดสรร เป็นต้น เพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เดินเท้าโดยกำหนดความสูงไม่ให้เกิน 7.5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อ

ป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับยานพาหนะที่สัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วสามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยที่สุดเมื่อถูกก่อสร้างบนถนนที่มีลักษณะเข้าเกณฑ์ในทุกข้อ ดังต่อไปนี้

(ก) ถนนสายย่อย (local streets) ที่ไม่ใช่ถนนสายหลัก (arterial roads) หรือถนนสายรอง (collector roads)

(ข) ถนนที่มีการจำกัดความเร็วของยานพาหนะไว้ไม่เกิน 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

(ค) ถนนที่มีปริมาณการจราจรของยานพาหนะซึ่งมีการสัญจรน้อยกว่า 400 คันต่อชั่วโมงในชั่วโมงที่มีการสัญจรสูงสุด

(ง) ถนนที่มีปริมาณการจราจรเฉพาะรถบรรทุกซึ่งมีน้ำหนักตั้งแต่ 4.5 ตันขึ้นไป สัญจรน้อยกว่า 50 คันต่อวัน

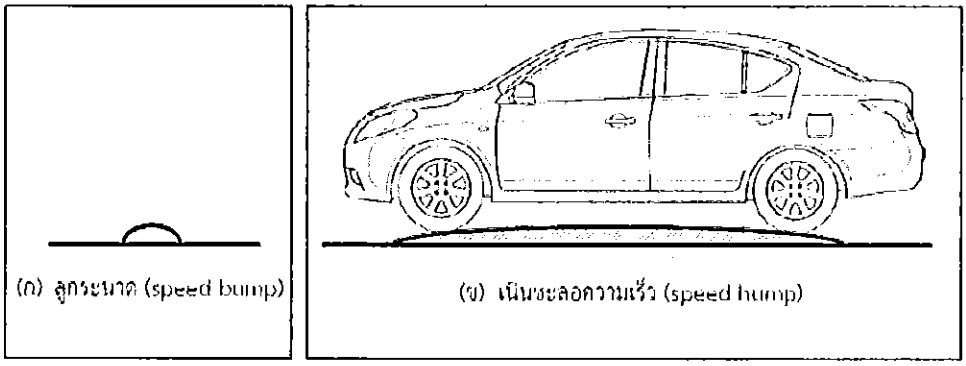
(จ) ถนนที่มีความลาดชันตามทางยาวของถนนน้อยกว่าร้อยละ 5

(ฉ) ถนนที่ไม่เป็นส่วนหนึ่งของเส้นทางหลักซึ่งมียานพาหนะสัญจรเข้าสู่ย่านธุรกิจ

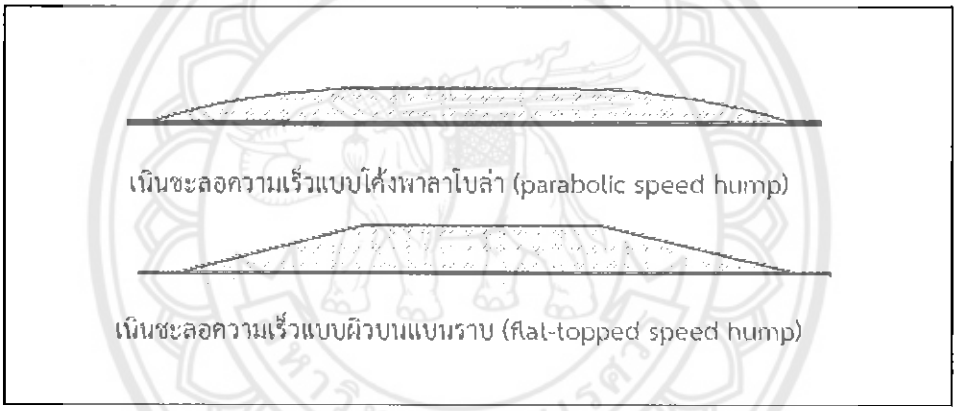
(ช) ถนนซึ่งไม่ถูกใช้เป็นทางผ่านเข้าออกประจำของหน่วยงานที่ให้บริการด้านงานฉุกเฉินต่าง ๆ

ข. เนินชะลอความเร็ว (speed hump)

เนินชะลอความเร็วที่ได้รับความนิยมในต่างประเทศ (รูปที่ 2.9(ข)) ได้แก่ เนินชะลอความเร็วในรูปแบบที่เรียกว่า Watts profile hump วิจัยพัฒนาและทดสอบโดย Britain's Transport and Road Research Laboratory ซึ่งเนินชะลอความเร็วที่พบได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนนโดยมีระยะฐานกว้างมากกว่า 90 เซนติเมตร ทั้งนี้เนินชะลอความเร็วมีได้หลายรูปแบบแต่ในมาตรฐานฉบับนี้กำหนดไว้ 2 รูปแบบตามมาตรฐานสากล (รูปที่ 2.10) ได้แก่ เนินชะลอความเร็วแบบโค้ง พาราโบลา (parabolic speed hump) และแบบผิวบนแบนราบ (flat-topped speed hump) เนินชะลอความเร็วโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่ชุมชนและเขตที่พักอาศัย ทั้งนี้ความเร็วชะลอของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านเนินชะลอความเร็วอยู่ที่ประมาณ 24 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า



รูปที่ 2.9 ประเภทของสันชะลอความเร็วที่พบได้โดยทั่วไป (ก) ลูกระนาด (ข) เนินชะลอความเร็ว



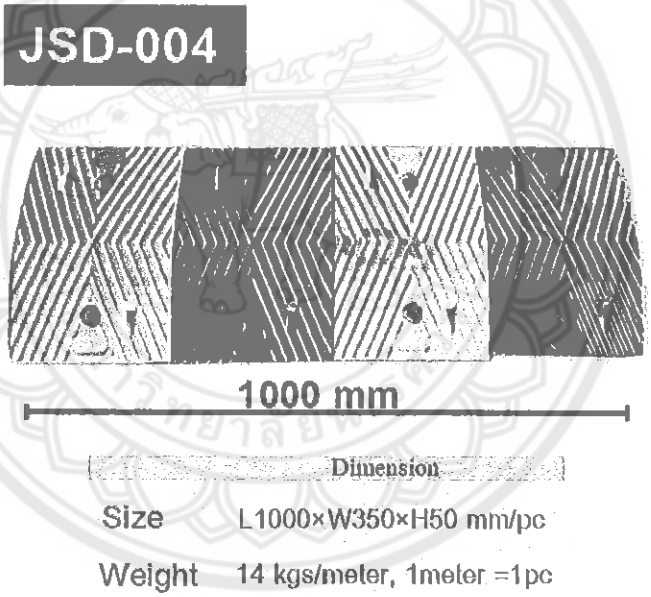
รูปที่ 2.10 รูปตัดของเนินชะลอความเร็วที่กำหนดในมาตรฐานนี้

2.7. รูปแบบสันชะลอความเร็วที่มีขายตามท้องตลาด

1.ผู้จำหน่ายบริษัท ไทยโกลบอล ซัพพลาย จำกัด

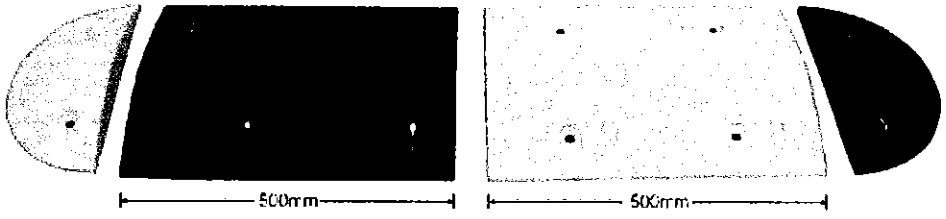
รูปที่ 2.11 สันชะลอขนาด กว้าง40 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [7]

2.ผู้จำหน่าย DPARK



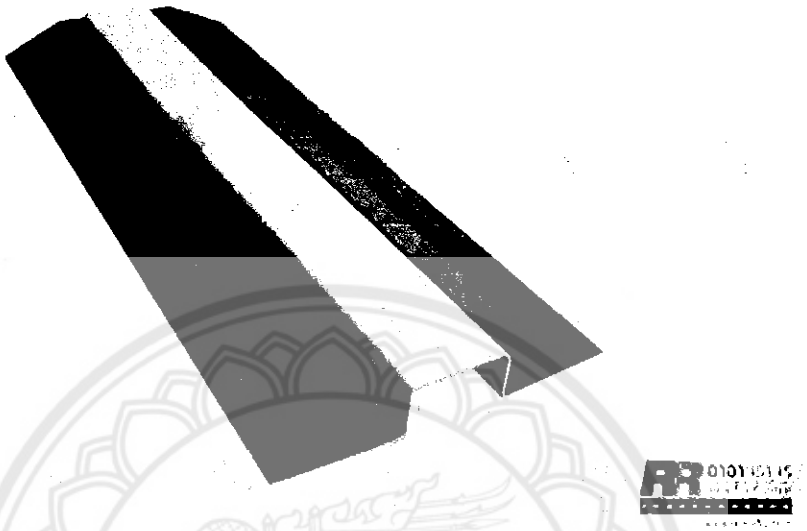
รูปที่ 2.12 สันชะลอขนาด กว้าง35 เซนติเมตร ยาว100 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [8]

3.ผู้จำหน่าย ร้านไทยจราจร



รูปที่ 2.13 สันชะลอขนาด กว้าง35 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง5 เซนติเมตร [9]

4.ผู้จำหน่าย อาอาจราจร



รูปที่ 2.14 สันชะลอขนาด กว้าง40 เซนติเมตร ยาว50 เซนติเมตร สูง6 เซนติเมตร [10]

บทที่ 3
การดำเนินงาน

ในการดำเนินงานของโครงงานปริญญานิพนธ์การศึกษาออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะนี้ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความเรียบร้อย จึงได้กำหนดขั้นตอนการดำเนินงานเป็นดังนี้

3.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้ มี 2 ส่วน คือ การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม Matlab (Simulink)

3.1.1. การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง

เป็นการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาด ข้อมูลสำคัญที่จะได้ศึกษาจึงประกอบด้วย

ก. มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว ซึ่งเป็นไปตาม มยผ.2301-56 [1]
ข. ลักษณะและรูปแบบสันชะลอความเร็วที่ก่อสร้างขึ้นภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร
ค. ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง

3.1.2. การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม

เนื่องจากในการศึกษานี้จะได้จำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ขณะผ่านสันชะลอความเร็วของรถยนต์ด้วยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป จึงจำเป็นต้องศึกษาถึงการใช้งานของโปรแกรม การนำเข้าข้อมูล (Input) การส่งออกข้อมูล (Output) และการใช้คำสั่งต่างๆ รวมทั้งจะได้ศึกษาการนำโปรแกรมอื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ร่วมด้วยอีก

3.2. การสร้างแบบจำลองสำหรับใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ในการศึกษาออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ จะได้ศึกษาด้วยการจำลองด้วย โปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.1.1. การสร้างเส้นโค้งสันชะลอความเร็ว เป็นการสร้างเส้นโค้งสันชะลอความเร็วรูปแบบต่างๆ เพื่อไว้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีผลทำให้ยานพาหนะเสียหาย

3.1.2. การสร้างแบบจำลองช่วงล่างรถยนต์ เป็นการสร้างแบบจำลองสภาพของการผ่านสันชะลอความเร็วของระบบช่วงล่างของรถยนต์ ณ เวลาต่างๆ เพื่อไว้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีผลทำให้ยานพาหนะเสียหาย

3.3. วิเคราะห์สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ในการศึกษาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ เพื่อหาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วตัวอย่าง จึงได้ศึกษาสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ด้วยวิธีการวัดความสูง และสร้างเส้นสันชะลอความเร็วจำลองขึ้นมา เพื่อเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งสันชะลอความเร็วในมหาวิทยาลัยที่ทำการศึกษา จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 [1]

3.4. ออกแบบและวิเคราะห์สันชะลอความเร็ว

หลังจากการขั้นตอน 3.1 , 3.2 และ 3.3 แล้วนั้น ได้ทำการออกแบบสันชะลอความเร็วออกเป็น 3 แบบ ได้แก่ แบบสามเหลี่ยม,แบบสี่เหลี่ยมคางหมู,แบบโค้งวงกลม,แบบคลื่นไซน์ ซึ่งทั้ง 4 แบบต้องเป็นไปตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปตามขั้นตอน 3.2.1

3.5. นำเสนอผลการจำลองสันชะลอความเร็ว

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบจำลองของโปรแกรม ซึ่งได้รับข้อมูลหลายประการ ดังนั้นจึงเลือก แรงที่สันชะลอความเร็วกระทำกับระบบช่วงล่างของรถยนต์ในขณะผ่านสันชะลอความเร็ว ณ เวลาต่างๆ โดยจะนำเสนอในรูปของกราฟความสัมพันธ์ และเปรียบเทียบกับสันชะลอความเร็วรูปแบบอื่นๆตามที่ได้ออกแบบไว้ และจัดทำแบบจำลอง (โมเดล) ของสันชะลอความเร็วที่ผลการวิเคราะห์ดีที่สุดเพื่อนำเสนอ

3.6. วิเคราะห์และสรุปผลการจำลอง

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป จะถูกนำมาวิเคราะห์ผลค่าของแรงต่างๆ จากรูปแบบสันชะลอความเร็วต่างๆ เพื่อหาสาเหตุของความแตกต่าง และได้ทำการสรุปผลการศึกษาต่อไป

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงงานปริญญานิพนธ์การศึกษาออกแบบและวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดเพื่อลดความเสียหายต่อยานพาหนะนี้ ซึ่งเป็นไปตามวิธีการดำเนินงาน ผลลัพธ์ที่ได้ของแต่ละขั้นตอนจะได้นำเสนอในผลการดำเนินงานเรียงตามขั้นตอนดังนี้

4.1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ผลการดำเนินงานในขั้นตอนการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องนี้ มี 2 ส่วน คือ ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องและผลการศึกษาการใช้งานของโปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งมีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1.1. การศึกษาข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาถึงข้อมูลทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดข้อมูลสำคัญที่ได้ศึกษาประกอบด้วย

ก.มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 [1] กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2556 ซึ่งกำหนดไว้ว่า สันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดที่พบได้โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นส่วนยกที่ก่อสร้างเพิ่มเติมจากพื้นถนน โดยมีระยะฐานกว้าง ตั้งแต่ 30 ถึง 90 เซนติเมตร ลูกระนาดโดยส่วนใหญ่ถูกก่อสร้างในบริเวณพื้นที่จอดรถหรือบนถนนส่วนบุคคล ทั้งนี้ความเร็วชะลอของยานพาหนะ ณ จุดที่สัญจรผ่านลูกระนาดอยู่ที่ประมาณ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือน้อยกว่า และเพื่อป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้เดินเท้า โดยกำหนดความสูงไม่ให้เกิน 7.5 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดกับยานพาหนะที่สัญจรผ่าน

ข. ลักษณะและรูปแบบสันชะลอความเร็วที่ก่อสร้างขึ้นภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยส่วนใหญ่สันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดในมหาวิทยาลัยนเรศวรจะมีลักษณะเป็นโค้งคว่ำ รูปแบบการก่อสร้างจะเป็นการก่อสร้างด้วยคอนกรีต

ค. ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง เป็นข้อมูลของรถยนต์ของ Mazda CX-7 ซึ่งมีข้อมูลที่จำเป็นดังนี้

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลระบบช่วงล่างของรถยนต์ (Mazda CX-7) [3]

ข้อมูล	ค่าของข้อมูล	หน่วย
น้ำหนัก	1760.5	Kg
Shock absorber damping	2552	Ns/m
Spring stiffness	38,559.3	N/m
Tire stiffness	219,485	N/m
Tire mass	30	Kg

4.1.2. การศึกษาการใช้งานของโปรแกรม

ในการจำลองระบบนี้ได้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป คือ โปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งใช้สำหรับการจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ขณะผ่านสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาด สำหรับขั้นตอนการประมวลผล โดยที่ไฟล์นำเข้าจะถูกเขียนในรูปของข้อมูล (MS-Excel) ที่มีนามสกุลเป็น *.xlsx โดยเมื่อทำการประมวลผลแล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูล (Variable Editor) ซึ่งข้อมูลจะถูกนำออกในรูปของไฟล์ (Excel) ที่มีนามสกุลเป็น *.xlsx และนำไปสร้างกราฟต่างๆเพื่อวิเคราะห์ผลต่อไป

ก. โปรแกรม MS-Excel สำหรับเก็บข้อมูลและสร้างกราฟผลลัพธ์

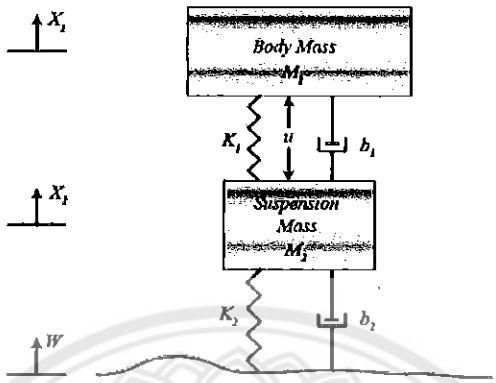
ข. โปรแกรม Matlab สำหรับนำเข้า,ส่งออกข้อมูลและประมวลผล

4.2. การสร้างแบบจำลองสำหรับใช้ประมวลผลข้อมูล

จากการศึกษาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ ได้ศึกษาวิธีการสร้างแบบจำลองด้วย โปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานที่สำคัญประกอบด้วย

4.2.1 การสร้างแบบจำลองสภาพการผ่านสันชะลอความเร็วของระบบช่วงล่างรถยนต์ เป็นการสร้างแบบจำลองสภาพของการผ่านสันชะลอความเร็วของระบบช่วงล่างของรถยนต์ ณ เวลาต่างๆ เพื่อไว้วิเคราะห์ข้อมูลที่มีผลทำให้ยานพาหนะเสียหาย ได้ดังรูปที่ 4.1-ผิดพลาด! ไม่พบแหล่งการอ้างอิง

จากขอบเขตของโครงงานทำให้สร้างแบบจำลองช่วงล่างของรถยนต์แบบหนึ่งล้อได้ดังรูปที่ 4.1

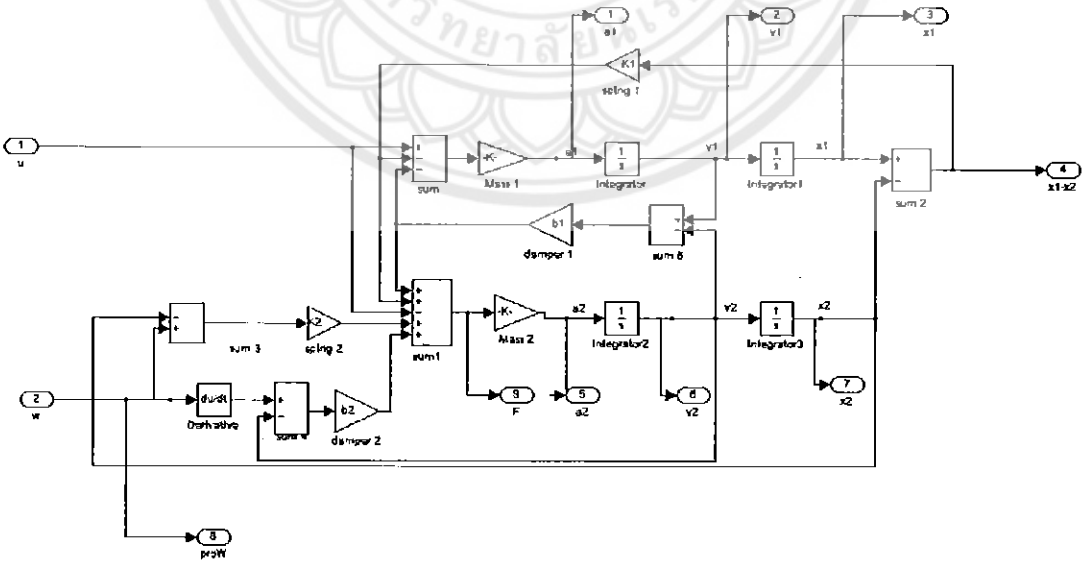


รูปที่ 4.1 แบบจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ [5]

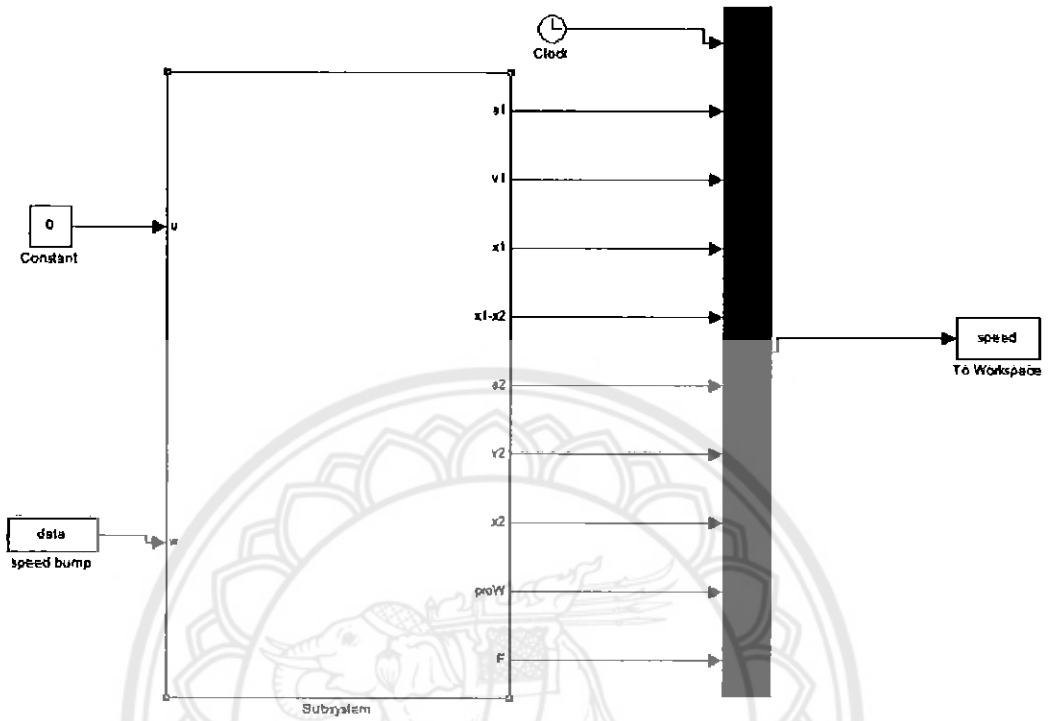
จากสมการที่ (2-6)และ(2-7) เป็นสมการที่ใช้ควบคุมการสั่นสะเทือนของระบบช่วงล่างของรถโดยสาร [2]ในโครงงานนี้ไม่ได้ต้องการควบคุมระบบการสั่นสะเทือนทำให้เขียนสมการใหม่ดังนี้

$$M_1\ddot{X}_1 + b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + K_1(X_1 - X_2) = 0 \quad (4\text{-}1)$$

$$M_2\ddot{X}_2 - b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) - K_1(X_1 - X_2) - b_2(W - X_2) - K_2(W - X_2) = 0 \quad (4\text{-}2)$$



รูปที่ 4.2 แบบจำลอง Matlab (Simulink)



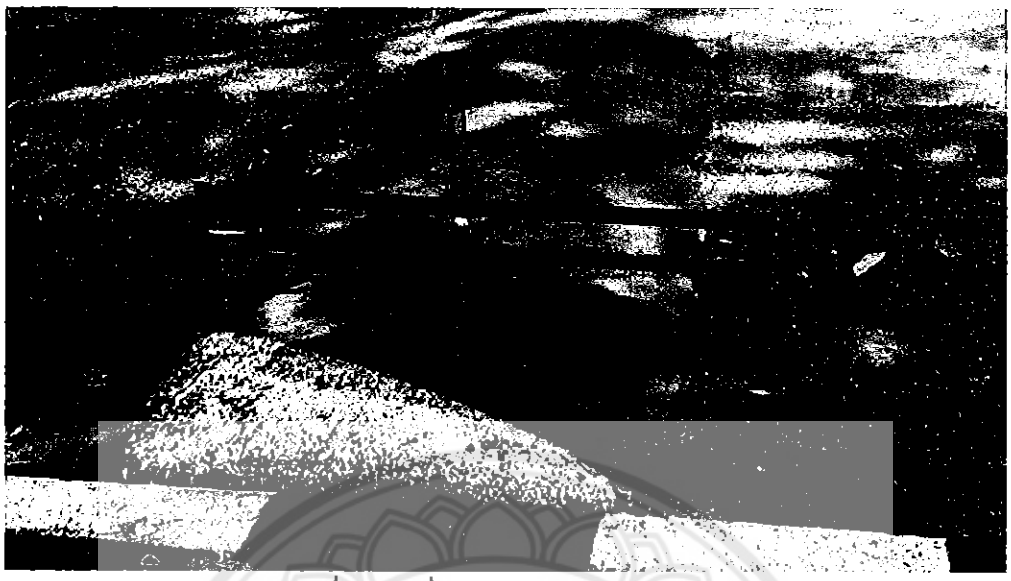
รูปที่ 4.3 แบบจำลองสำหรับนำเข้า, ส่งออกข้อมูลและประมวลผล

4.3. วิเคราะห์สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ผลการศึกษาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ เพื่อหาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วตัวอย่าง จึงได้ศึกษาสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีข้อมูลดังนี้

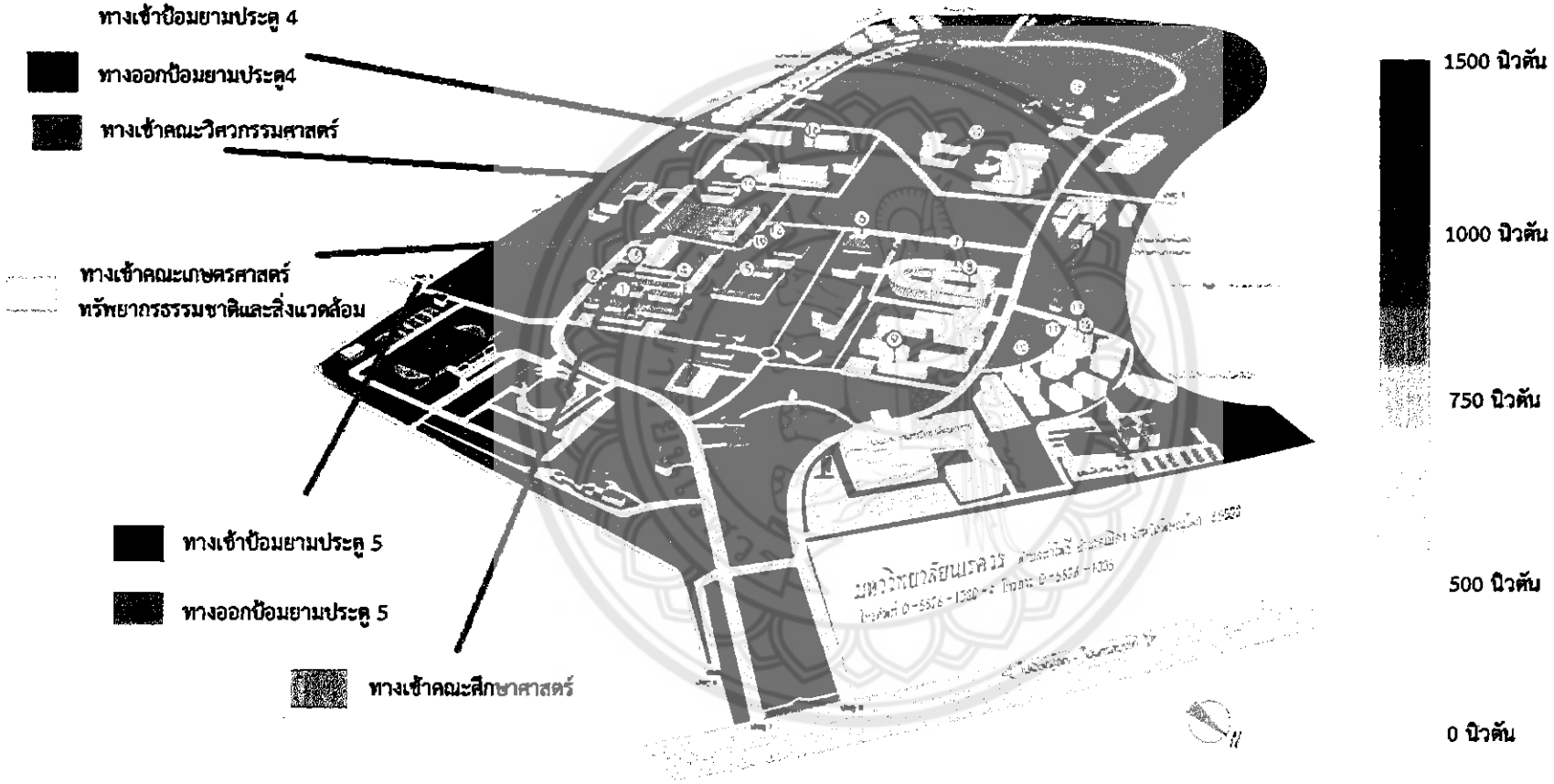
ผลการศึกษาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วประเภทลูกระนาดนี้ เพื่อหาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วตัวอย่าง จึงได้จัดทำเครื่องมือวัดความสูงและความกว้างของสันชะลอความเร็วดังรูปที่ 4.4-รูปที่ 4.5

รูปที่ 4.4 เครื่องมือวัดสันชะลอความเร็ว



รูปที่ 4.5 เครื่องมือวัดสันชะลอความเร็ว

จากการวัดความสูงและความกว้างของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรได้ข้อมูลดังนี้



รูปที่ 4.6 ตำแหน่งสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลทั่วไปของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

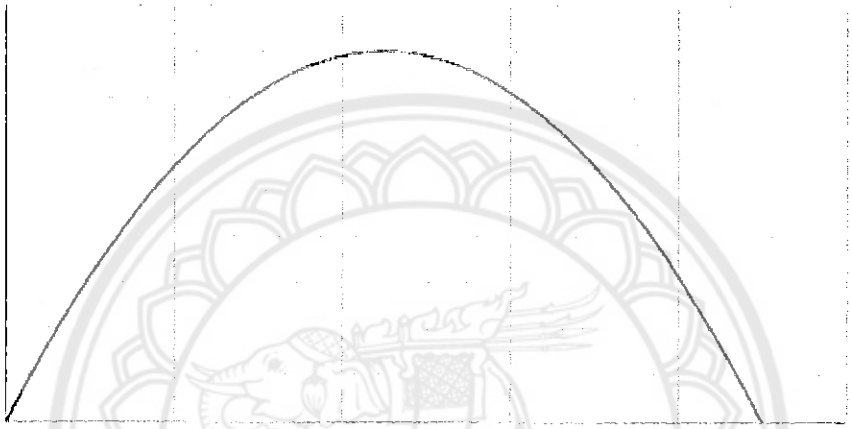
ตำแหน่ง สันชะลอความเร็ว	ลักษณะ	ขนาด		อยู่ในขอบเขต มาตรฐาน มยผ.2301-56
		กว้าง (เซนติเมตร)	สูง (เซนติเมตร)	
ทางออกป้อมยามประตู 5	โค้งพาราโบลา	60	5.3	ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางเข้าป้อมยามประตู 5	โค้งพาราโบลา	70	5.9	ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางออกป้อมยามประตู 4	โค้งพาราโบลา	32	3	ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางเข้าป้อมยามประตู 4	โค้งพาราโบลา	39	2.5	ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางเข้าคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม	โค้งพาราโบลา	103	6.4	ไม่ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะ วิศวกรรมศาสตร์	โค้งพาราโบลา	100	6.9	ไม่ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56
ทางเข้าคณะศึกษาศาสตร์	โค้งพาราโบลา	98	6.6	ไม่ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลโดยละเอียดของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

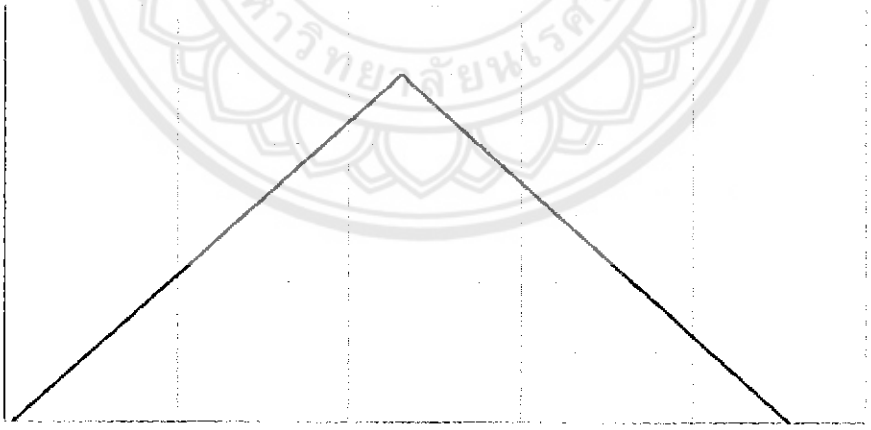
	ตำแหน่งสันชะลอความเร็ว	ความกว้าง (เซนติเมตร)										
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	91-105
ความสูงของสันชะลอความเร็ว (เซนติเมตร)	ทางออกป้อมยามประตู 5	0	2.5	4.6	5.3	4.7	2.4	0				
	ทางเข้าป้อมยามประตู 5	0	3.1	5.1	5.9	5.9	4	3	0			
	ทางออกป้อมยามประตู 4	0	2	2.3	0.6	0						
	ทางเข้าป้อมยามประตู 4	0	2.5	3	0							
	ทางเข้าคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อม	0	2.4	3.9	5.4	6.2	6.4	6.1	5.3	4	2.8	0
	ทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะ วิศวกรรมศาสตร์	0	2.5	4.3	5.9	6.6	6.9	6.6	6.1	4.9	3.1	0
	ทางเข้าคณะศึกษาศาสตร์	0	2.8	4.4	6.1	6.6	6.6	6.2	5	3.3	1.5	0

4.4. ออกแบบและวิเคราะห์สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

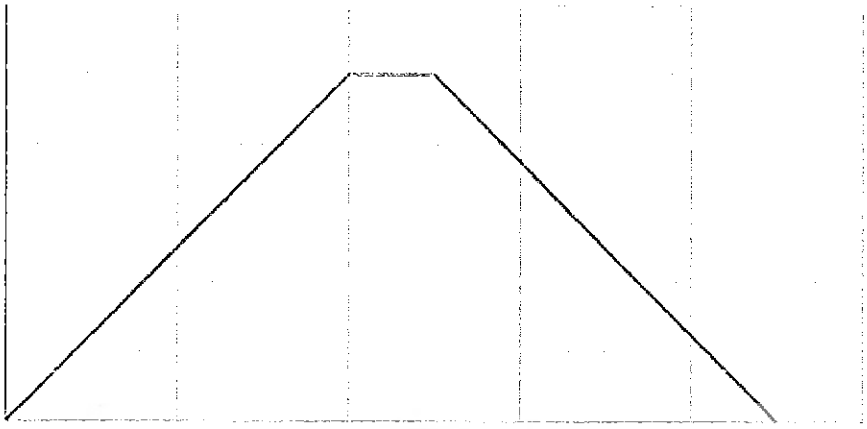
หลังจากการขั้นตอน 4.1,4.2 และ4.3 แล้วนั้น ได้ทำการออกแบบสันชะลอความเร็วออกเป็น 4 แบบ ได้แก่ แบบสามเหลี่ยม,แบบสี่เหลี่ยมคางหมู,แบบโค้งพาราบา,แบบคลื่นไซน์ มีรูปแบบดังนี้



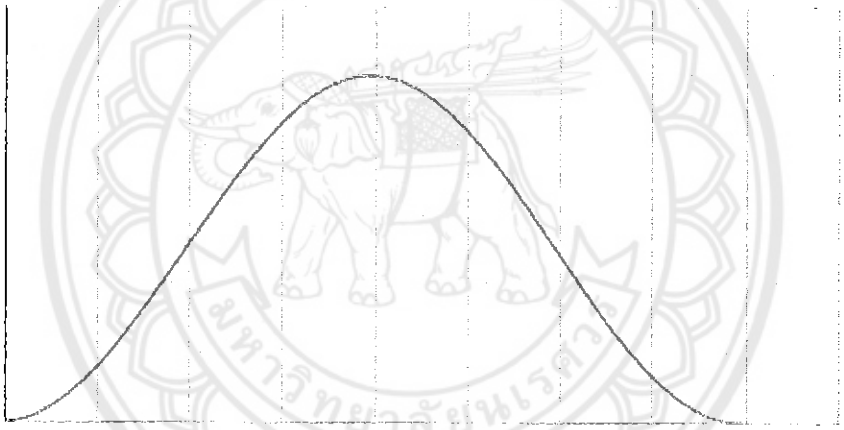
รูปที่ 4.7 แบบโค้งพาราโบลา



รูปที่ 4.8 แบบสามเหลี่ยม



รูปที่ 4.9 แบบสี่เหลี่ยมคางหมู



รูปที่ 4.10 แบบคลื่นไซน์

4.5. นำเสนอผลการจำลองสันชะลอความเร็ว

4.5.1. สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

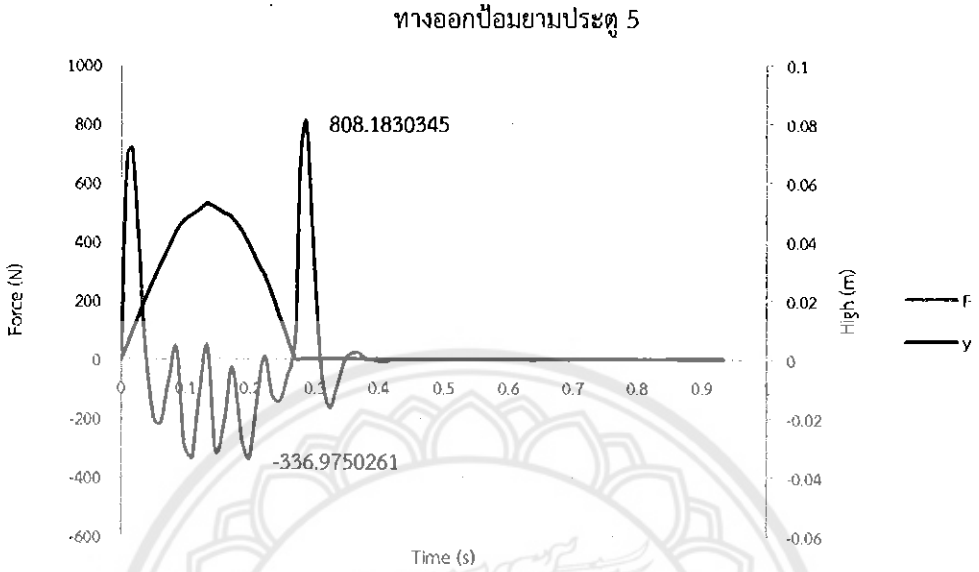
จากผลการจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ผ่านสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรด้วยโปรแกรม Matlab (Simulink) ซึ่งแรงที่มีค่าเป็นบวกคือผลจากแบบจำลองที่แรงจากสันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางรถยนต์ และแรงที่มีค่าเป็นลบคือผลจากแบบจำลองที่ไม่ได้นำแรงโน้มถ่วงมาวิเคราะห์ ดังนั้นหากต้องการหาแรงจริงที่กระทำกับล้อรถยนต์ต้องนำน้ำหนักมาพิจารณาประกอบ จึงพบว่าแรงที่สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์มีค่าแรงสูงสุดและต่ำสุด ดังตารางดังนี้

ตารางที่ 4.4 แรงที่สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรกระทำต่อล้อรถยนต์

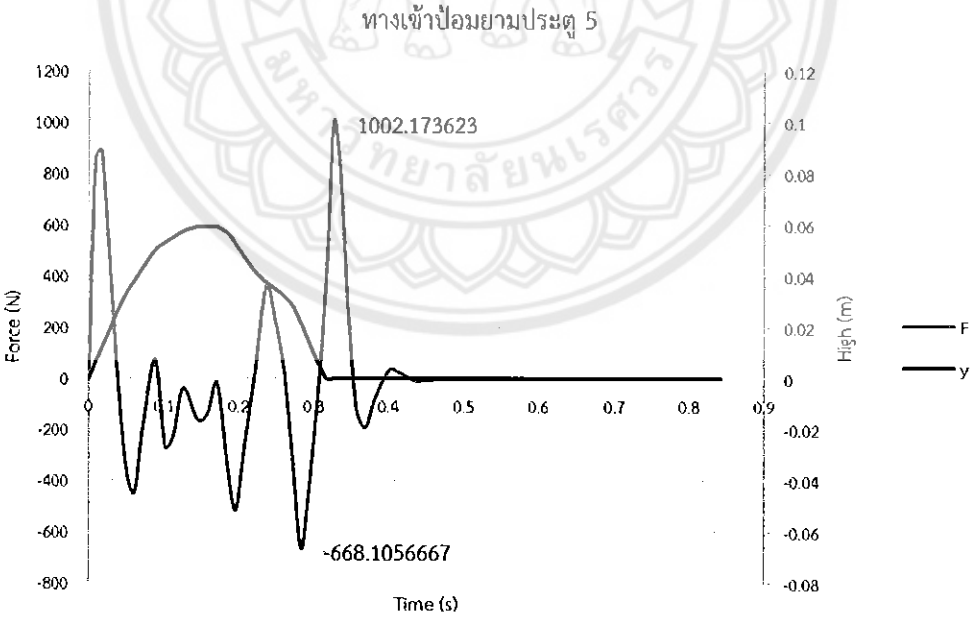
ตำแหน่งสันชะลอความเร็ว	แรงสูงสุด (นิวตัน)	แรงต่ำสุด (นิวตัน)
ทางออกป้อมยามประตู 5	808.183	-336.975
ทางเข้าป้อมยามประตู 5	1002.174	-668.106
ทางออกป้อมยามประตู 4	1123.200	-607.348
ทางเข้าป้อมยามประตู 4	572.193	-423.815
ทางเข้าคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม	686.636	-363.271
ทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์	951.272	-347.890
ทางเข้าคณะศึกษาศาสตร์	801.359	-469.319

และค่าแรงในช่วงต่างๆของสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งแสดงออกมาเป็นกราฟให้เห็นว่า ณ ความกว้างและความสูงต่างๆของสันชะลอความเร็วมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางรถยนต์มีค่าต่างๆดังกราฟต่อไปนี้

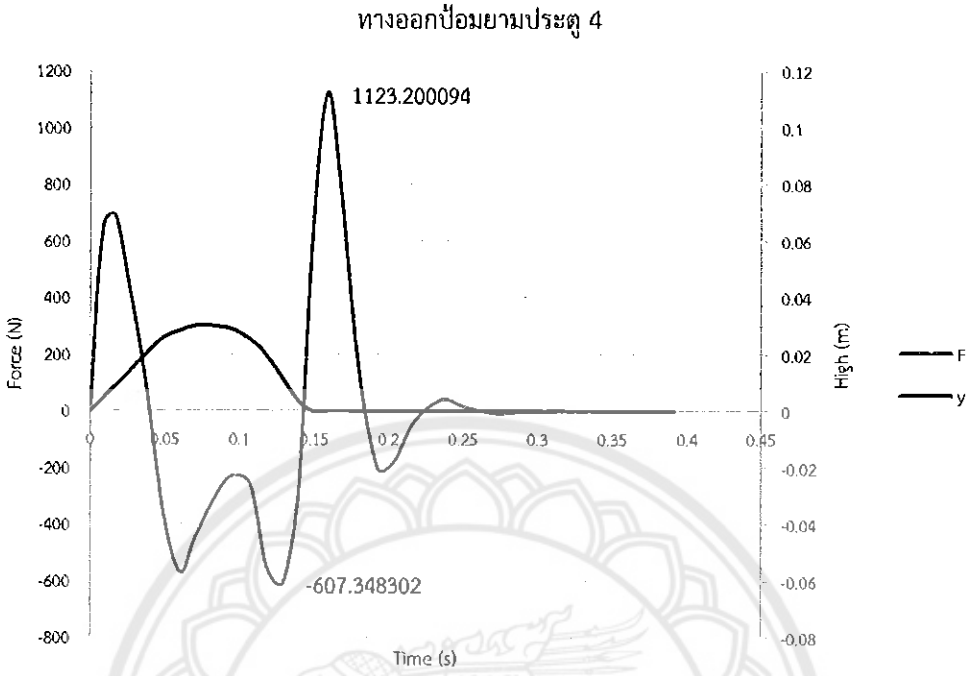
4.5.1.1. สันชะลอความเร็วที่ได้มาตรฐาน มยผ.2301-56



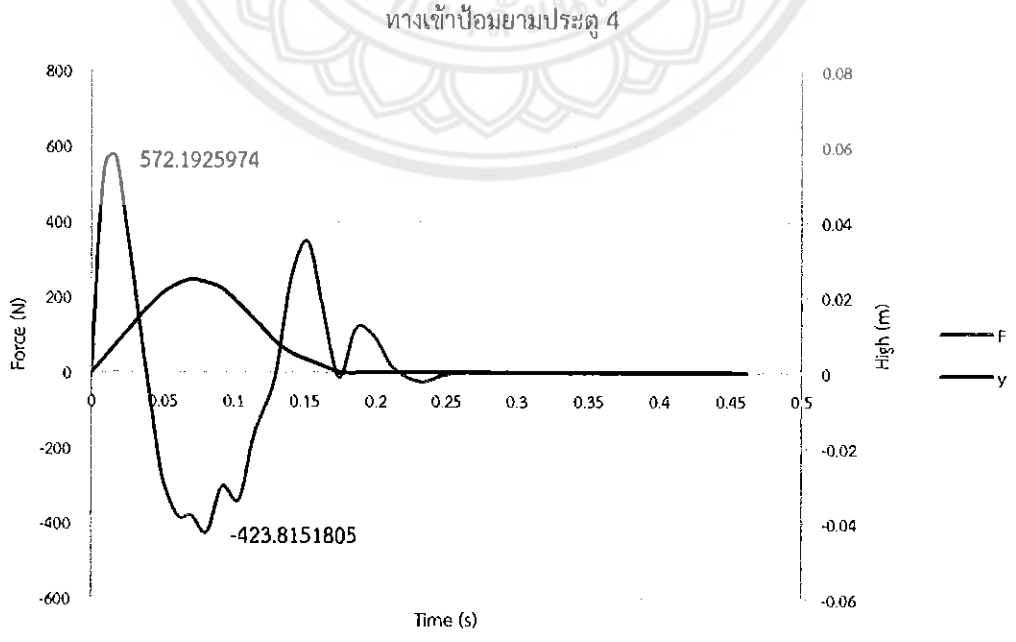
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงขนาดแรงทางออกป้อมยามประตู 5



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าป้อมยามประตู 5



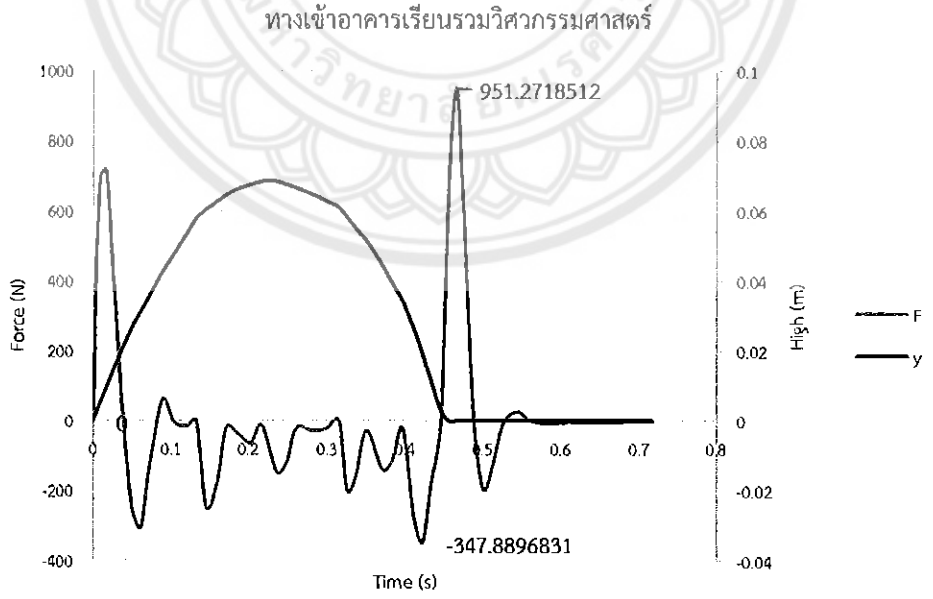
รูปที่ 4.13 กราฟแสดงขนาดแรงทางออกป้อมยามประตู 4



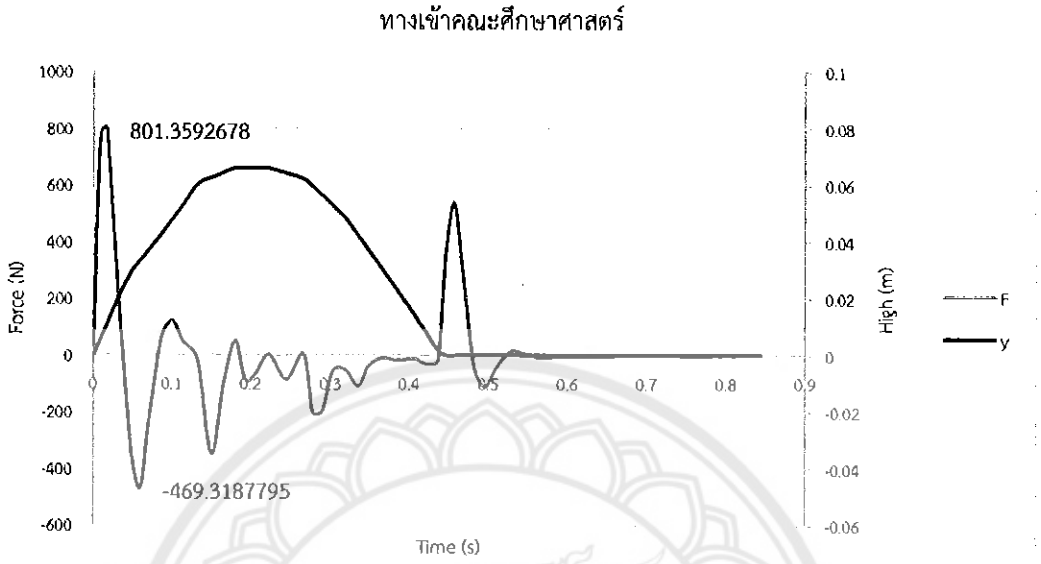
รูปที่ 4.14 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าป้อมยามประตู 4

4.5.1.2. สันชะลอความเร็วที่ไม่ได้มาตรฐานมยผ.2301-56

รูปที่ 4.15 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม



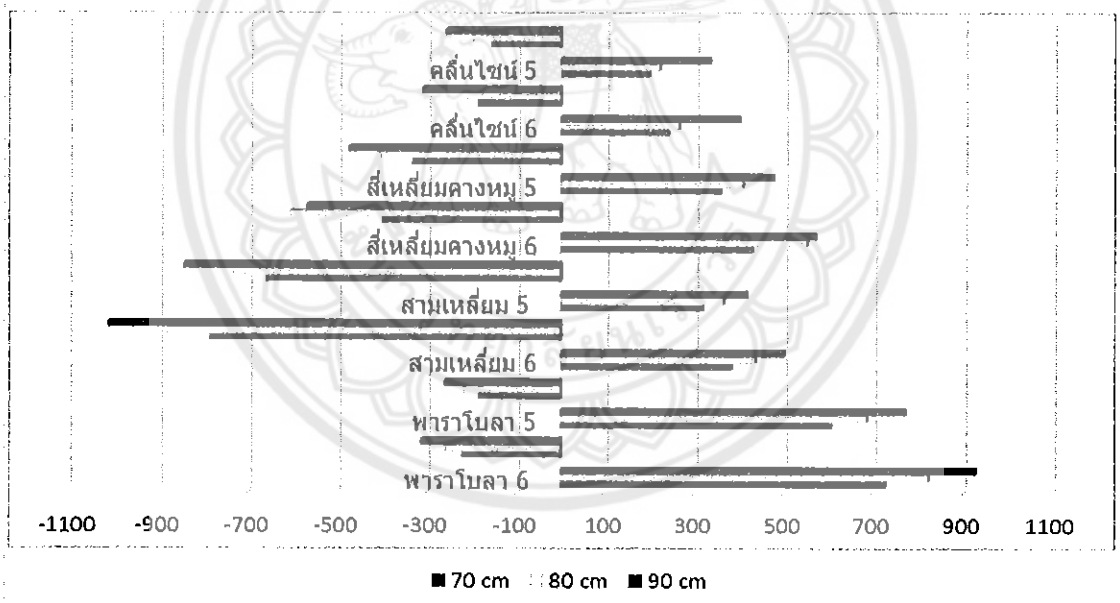
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงขนาดแรงทางเข้าคณะศึกษาศาสตร์

4.5.2. สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

จากผลการจำลองระบบช่วงล่างของรถยนต์ผ่านสันชะลอความเร็วที่ออกแบบไว้ 4 แบบ ได้แก่ แบบโค้งพาราโบลา,แบบสามเหลี่ยม,แบบสี่เหลี่ยมคางหมู,แบบคลื่นไซน์ ด้วยโปรแกรม Matlab (Simulink) มีขนาดฐานกว้าง 70,80,90 เซนติเมตรและมีความสูง 6,5 เซนติเมตร มาเป็นขนาดในการออกแบบนั้น เนื่องจากในการสังเกตเบื้องต้นเห็นว่าถ้าสันชะลอความเร็วมีขนาดความสูงไม่มากนักมักจะเป็นเหตุทำให้รถยนต์ที่สัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว ไม่ลดระดับความเร็วของรถยนต์ลง ซึ่งไม่ได้เป็นจุดมุ่งหมายในการสร้างสันชะลอความเร็ว ดังนั้นจึงได้กำหนดขนาดความกว้างที่ 90-70 เซนติเมตร สูง 5-6 เซนติเมตร เป็นขอบเขตในการออกแบบสันชะลอความเร็วพบว่าแรงที่สันชะลอความเร็วที่ออกแบบกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์มีค่าแรงสูงสุดและต่ำสุดดังรูปที่ 4.18 และตารางที่ 4.5



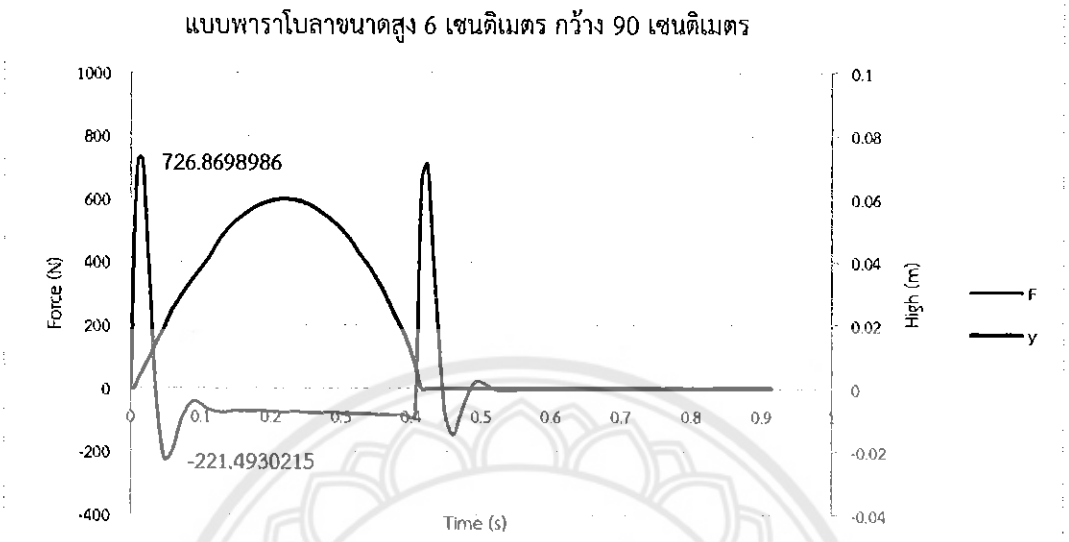
รูปที่ 4.18 แรงที่สันชะลอความเร็วที่ออกแบบกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์

ตารางที่ 4.5 แรงที่สันชะลอความเร็วที่ออกแบบกระทำต่อระบบช่วงล่างของรถยนต์

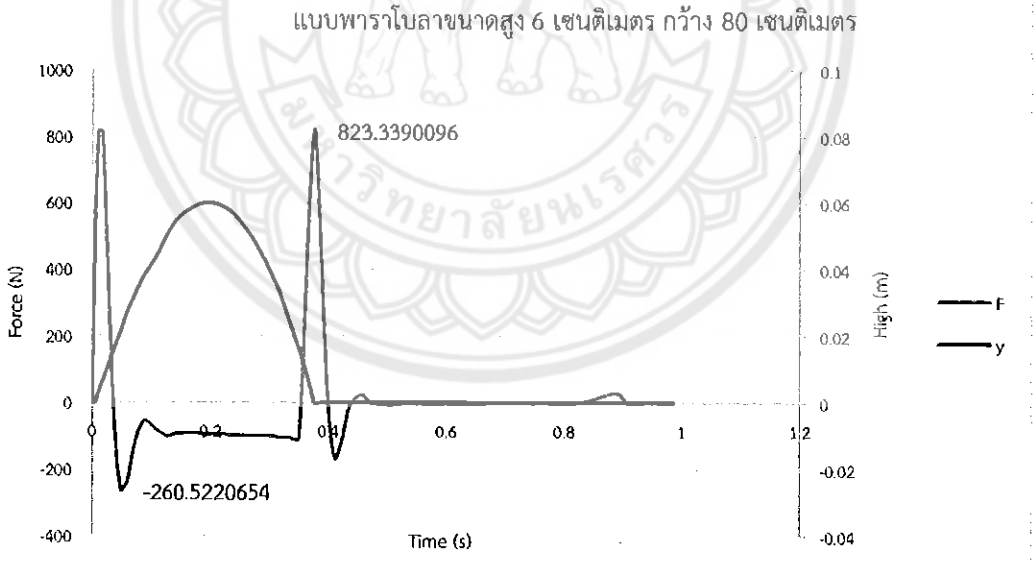
รูปแบบสันชะลอความเร็ว	ความสูง เซนติเมตร	แรง (นิวตัน)	90 เซนติเมตร	80 เซนติเมตร	70 เซนติเมตร
พาราโบลา	6	แรงสูงสุด	726.870	823.339	926.274
		แรงต่ำสุด	-221.493	-260.522	-313.904
พาราโบลา	5	แรงสูงสุด	605.725	686.116	771.895
		แรงต่ำสุด	-184.578	-217.102	-261.587
สามเหลี่ยม	6	แรงสูงสุด	380.5324	436.3471	499.1633
		แรงต่ำสุด	-786.494	-884.08	-1013.69
สามเหลี่ยม	5	แรงสูงสุด	317.110	363.623	415.969
		แรงต่ำสุด	-662.169	-736.733	-844.744
สี่เหลี่ยมคางหมู	6	แรงสูงสุด	428.0989	550.7682	570.9063
		แรงต่ำสุด	-399.988	-607.493	-570.835
สี่เหลี่ยมคางหมู	5	แรงสูงสุด	356.749	407.7114	475.7552
		แรงต่ำสุด	-333.324	-405.499	-475.695
คลื่นไซน์	6	แรงสูงสุด	239.316	263.545	398.826
		แรงต่ำสุด	-187.211	-237.609	-310.882
คลื่นไซน์	5	แรงสูงสุด	197.397	219.733	332.840
		แรงต่ำสุด	-156.035	-198.150	-258.677

และค่าแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับรถยนต์ในช่วงต่างๆของสันชะลอความเร็วที่ออกแบบ ซึ่งแสดงออกมาเป็นกราฟให้เห็นว่า ณ ความกว้างและความสูงต่างๆของสันชะลอความเร็วมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางรถยนต์มีค่าต่างกันดังรูปที่ 4.19รูปที่ 4.42

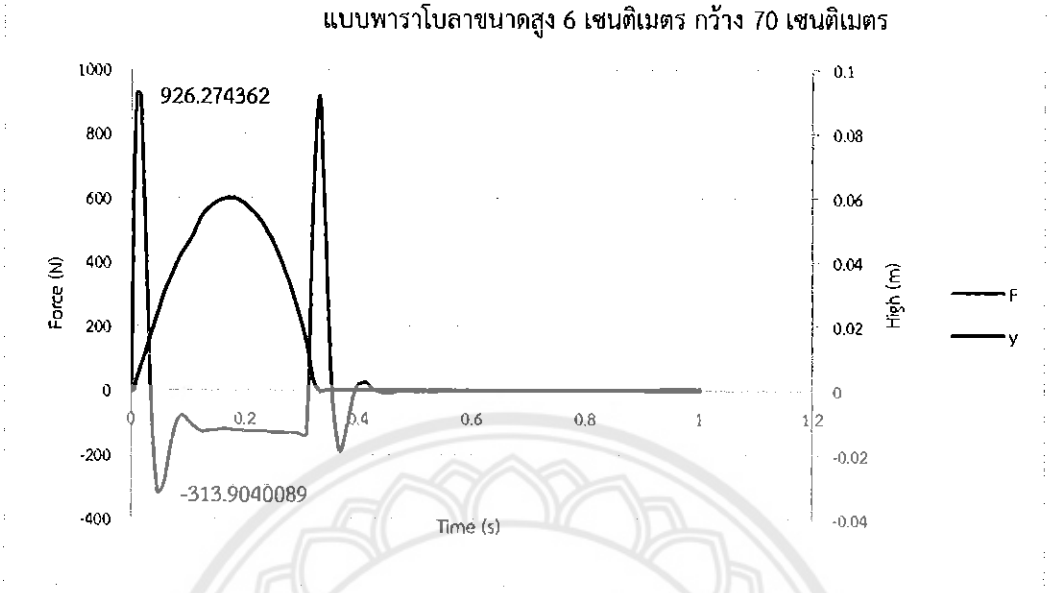
4.5.2.1. แบบโค้งพาราโบลา



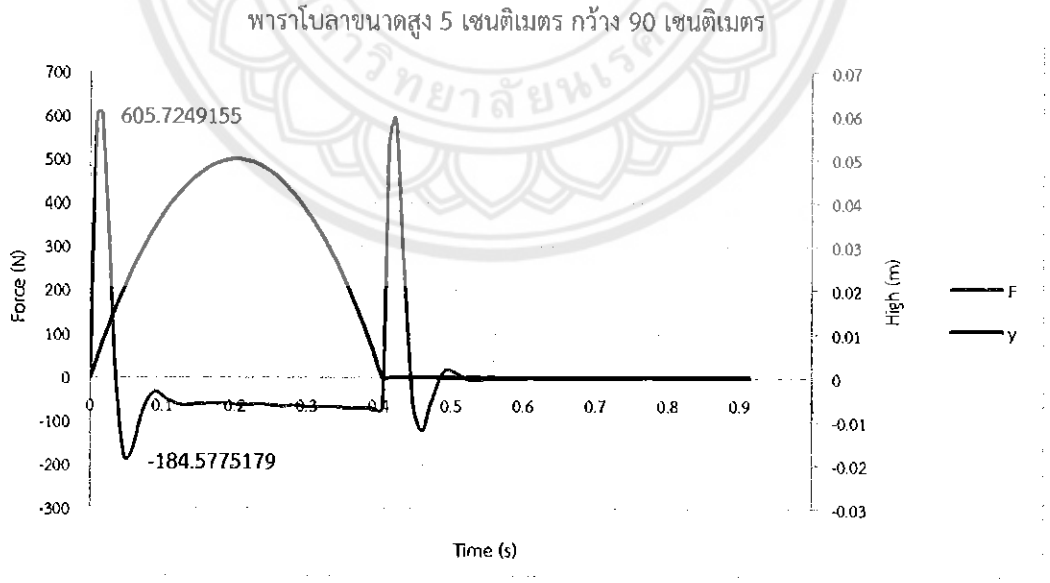
รูปที่ 4.19 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 **เซนติเมตร**



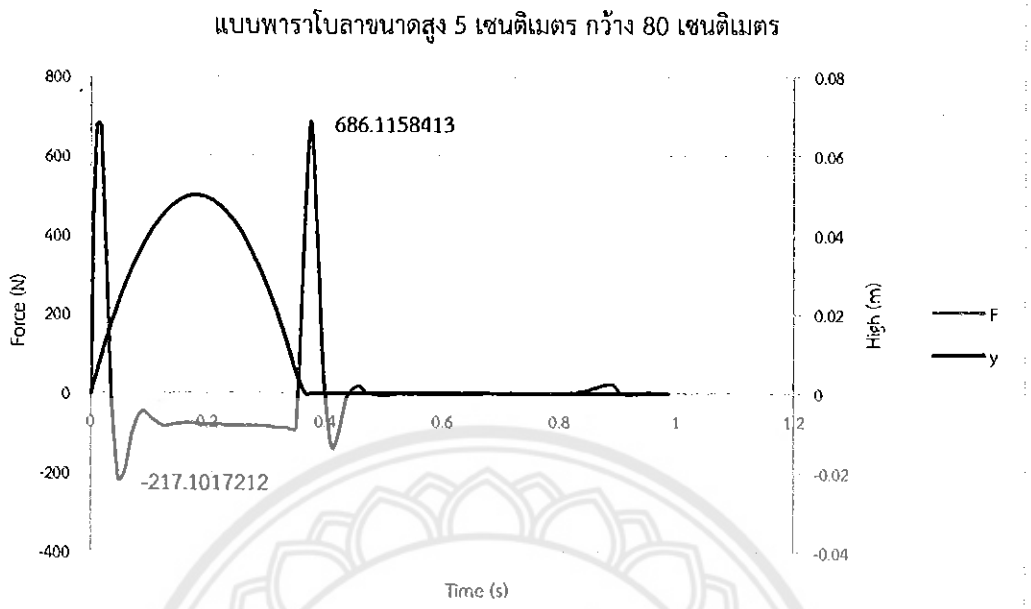
รูปที่ 4.20 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร



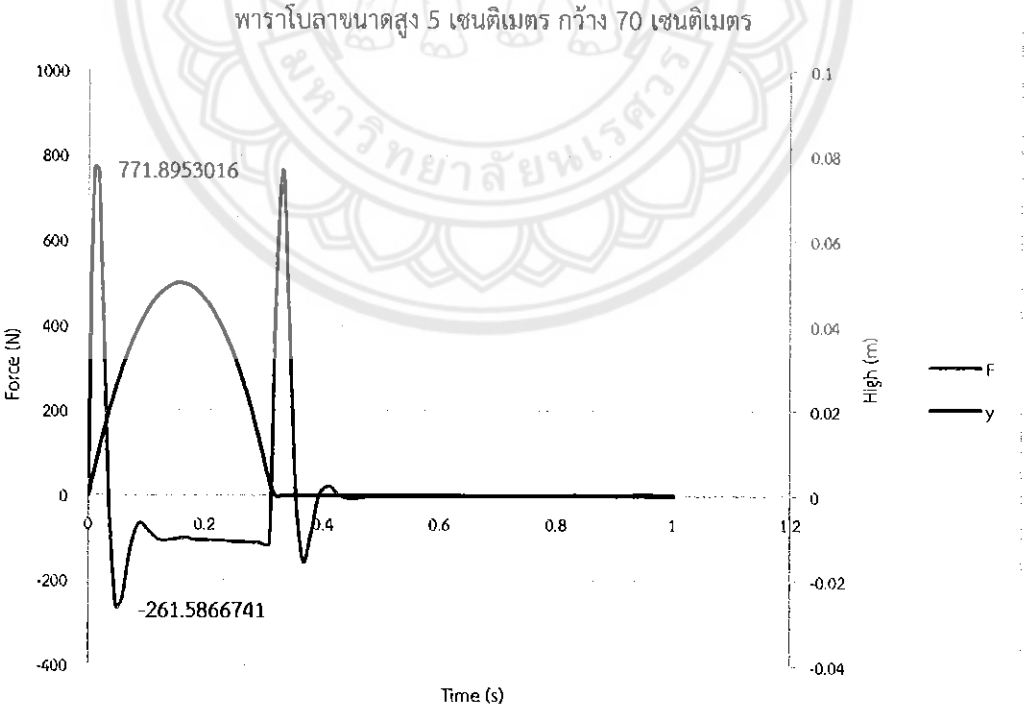
รูปที่ 4.21 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 **เซนติเมตร**



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร

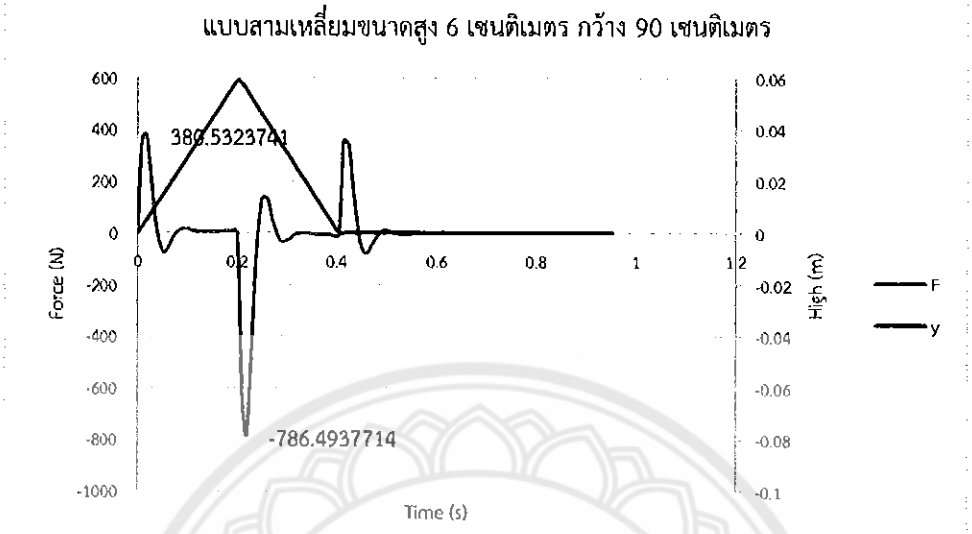


รูปที่ 4.23 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 **เซนติเมตร**



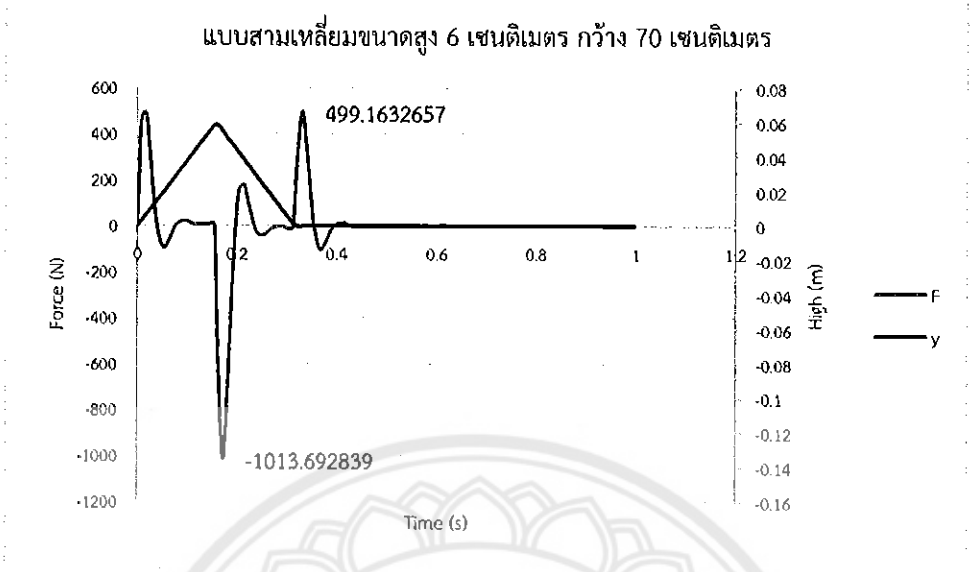
รูปที่ 4.24 กราฟแสดงขนาดแรงของพาราโบลาขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร

4.5.2.2. แบบสามเหลี่ยม

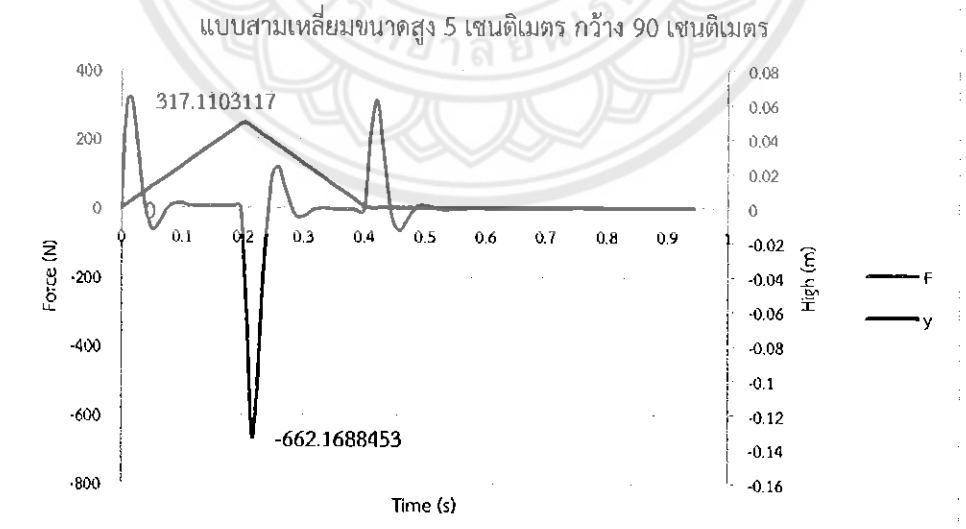


รูปที่ 4.25 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 **เซนติเมตร**

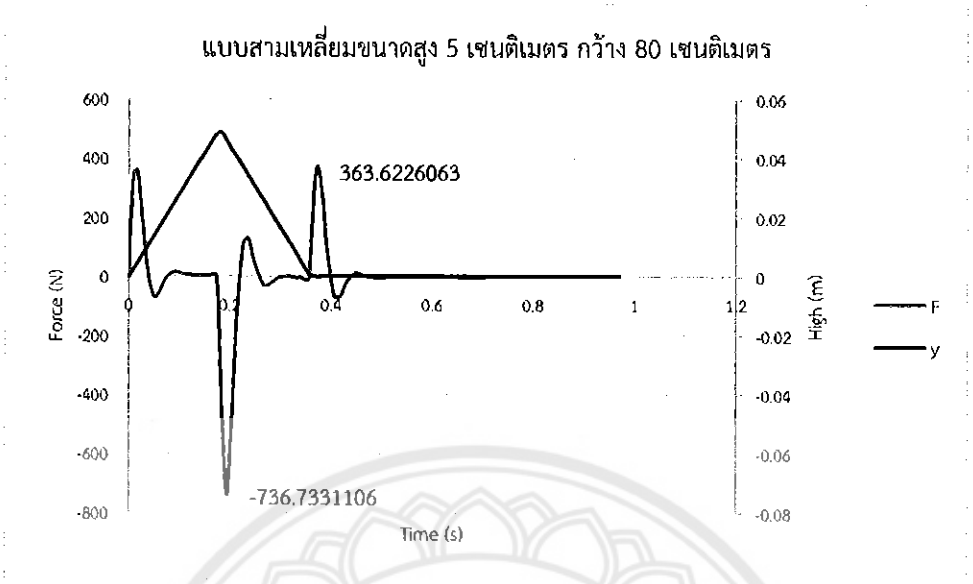
รูปที่ 4.26 **กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร**



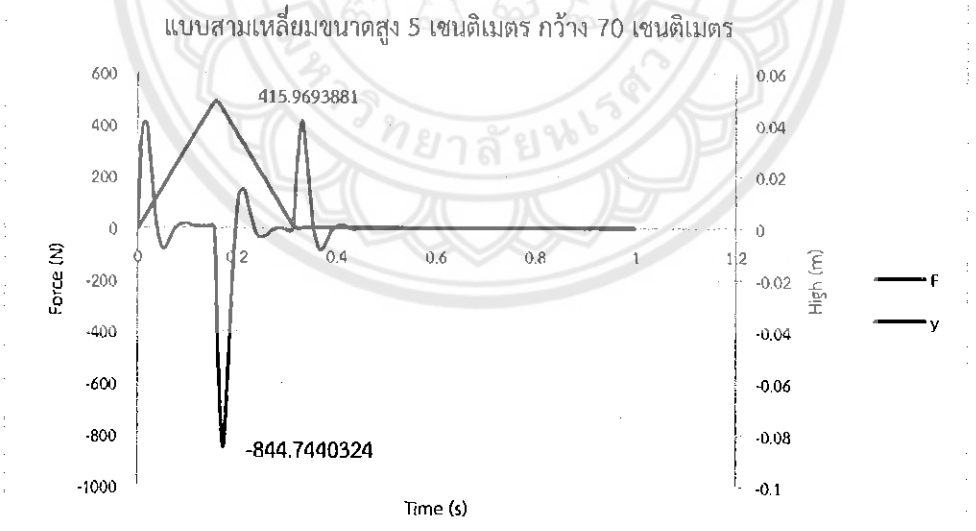
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร



รูปที่ 4.28 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร

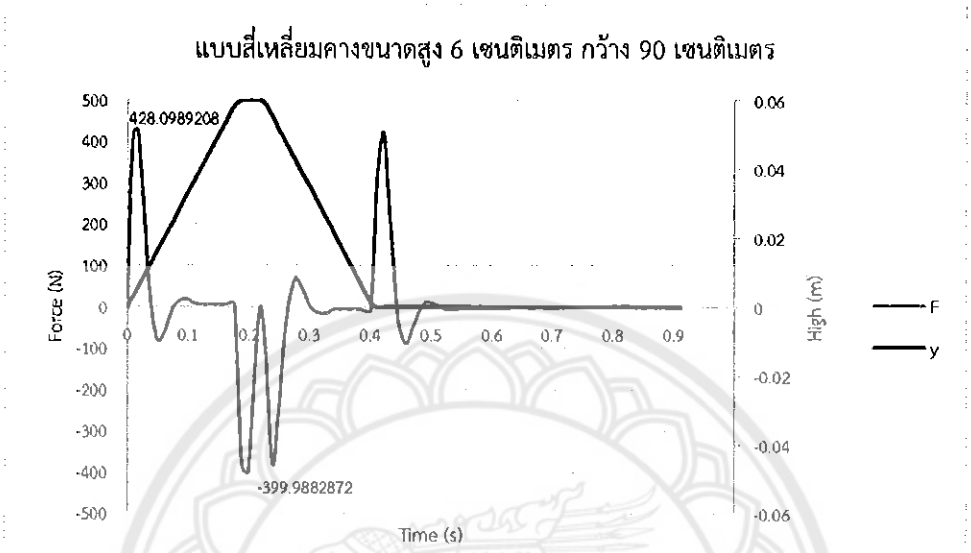


รูปที่ 4.29 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร

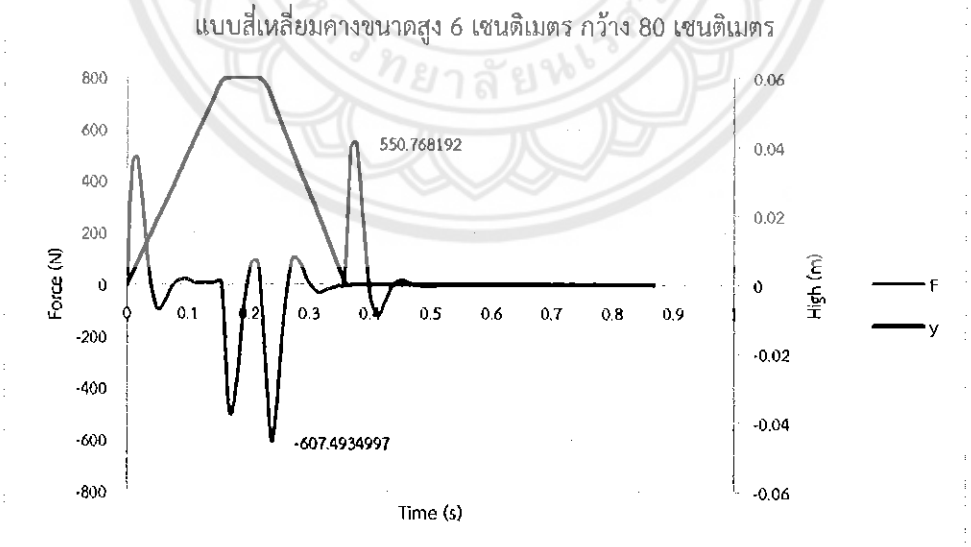


รูปที่ 4.30 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสามเหลี่ยมขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร

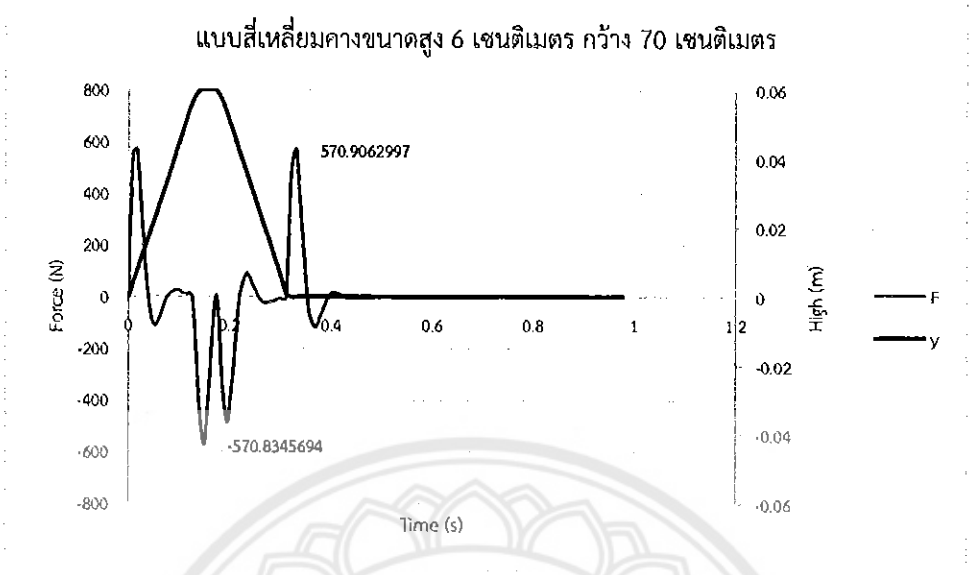
4.5.2.3. แบบสี่เหลี่ยมคางหมู



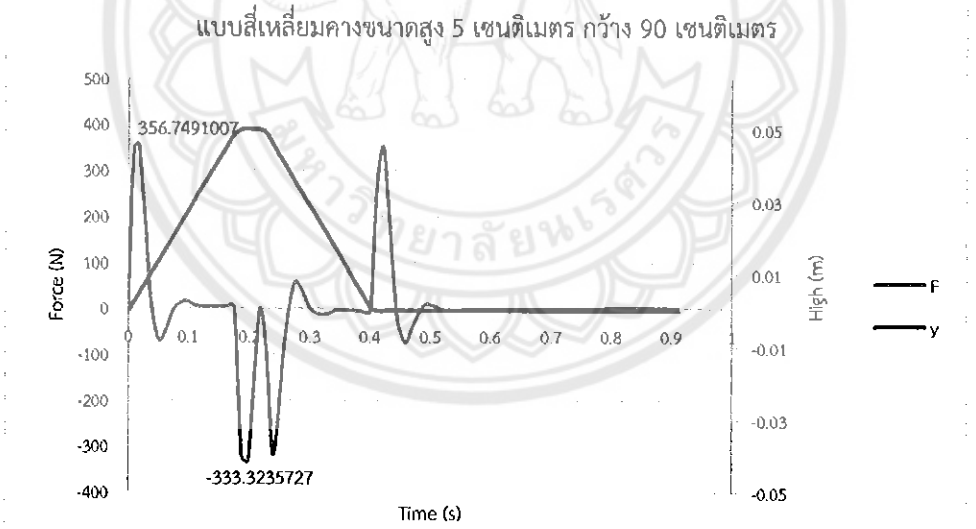
รูปที่ 4.31 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 เซน



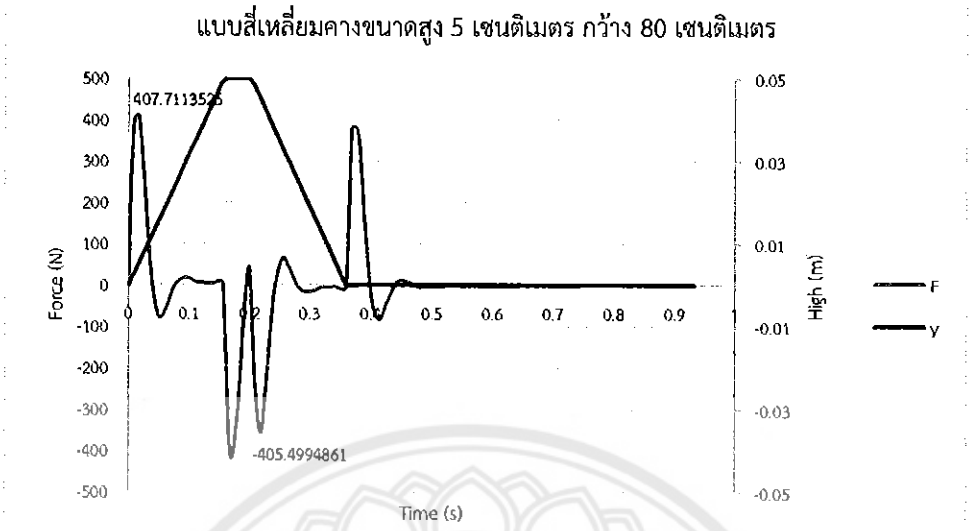
รูปที่ 4.32 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร



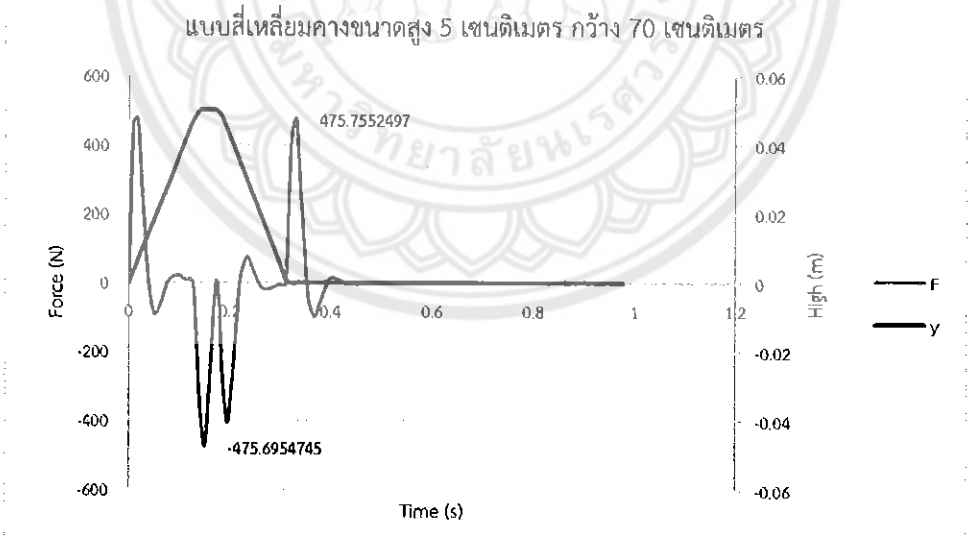
รูปที่ 4.33 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร



รูปที่ 4.34 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร

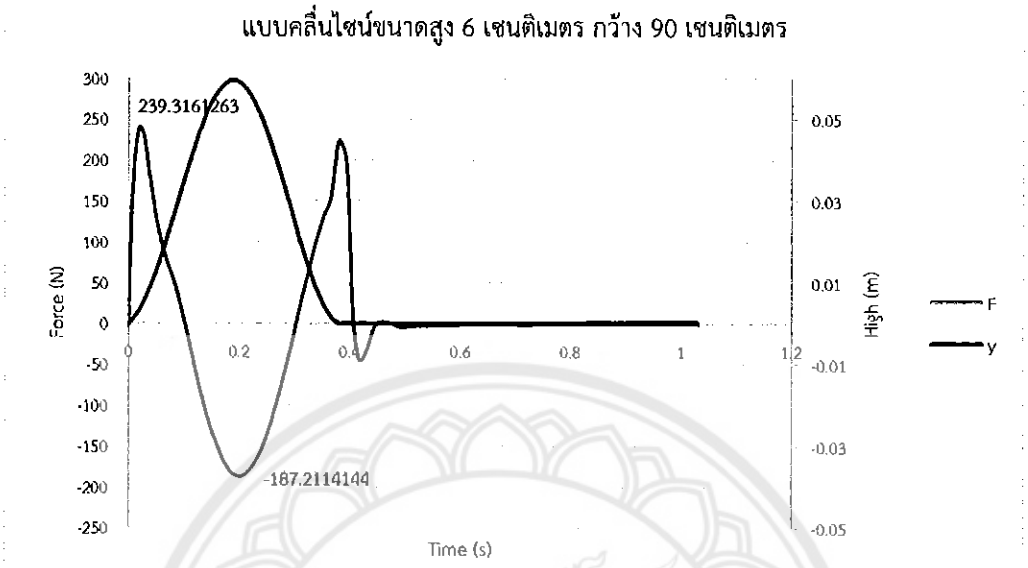


รูปที่ 4.35 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 **เซนติเมตร**

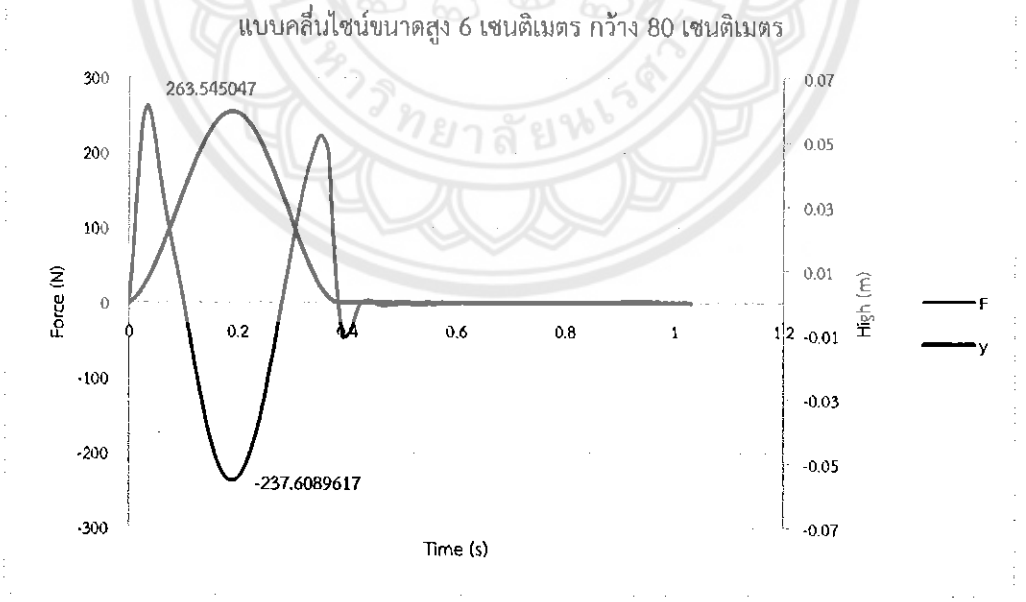


รูปที่ 4.36 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบสี่เหลี่ยมคางขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร

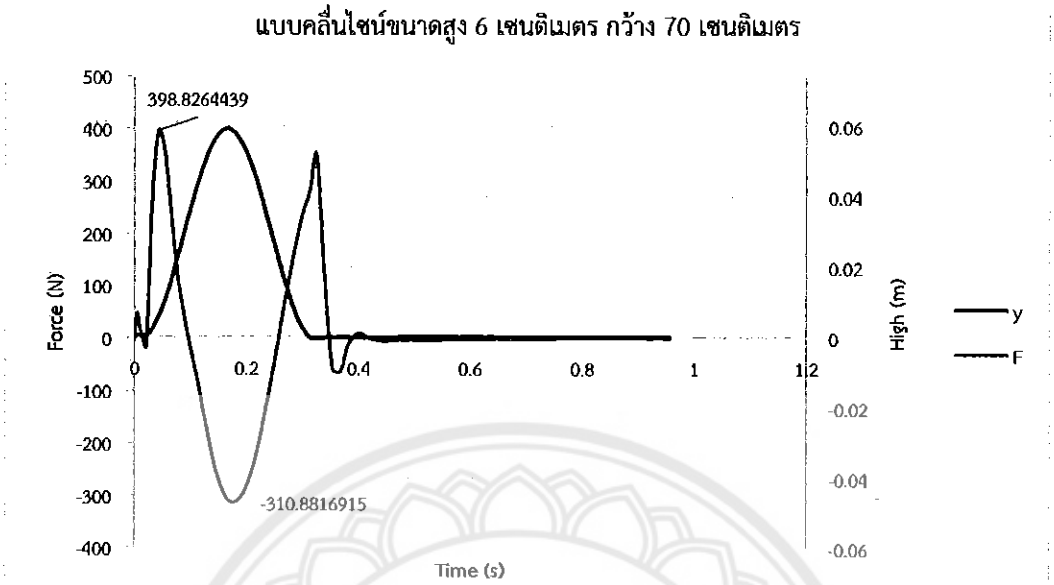
4.5.2.4. แบบคลื่นไซน์



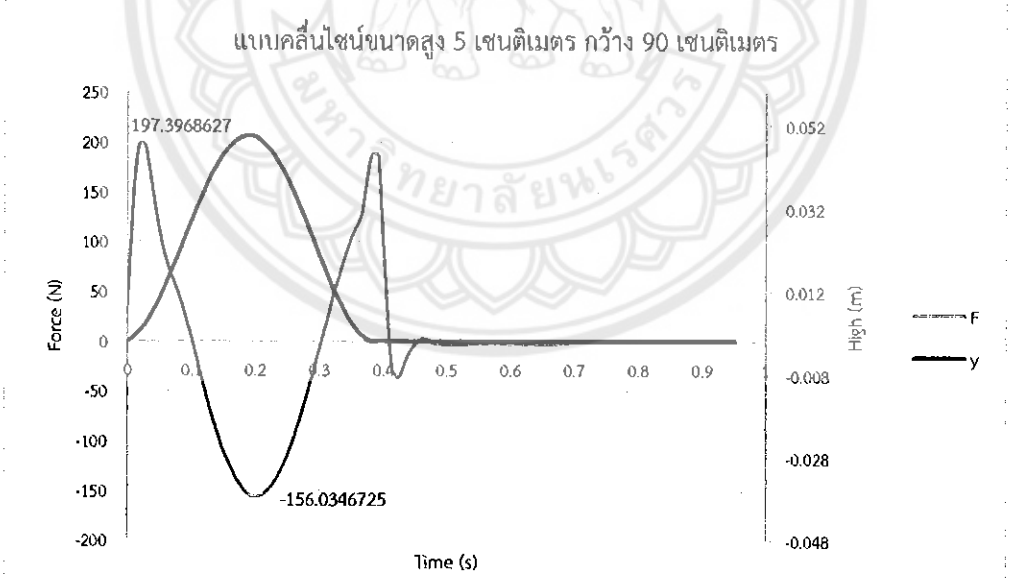
รูปที่ 4.37 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 90 **เซนติเมตร**



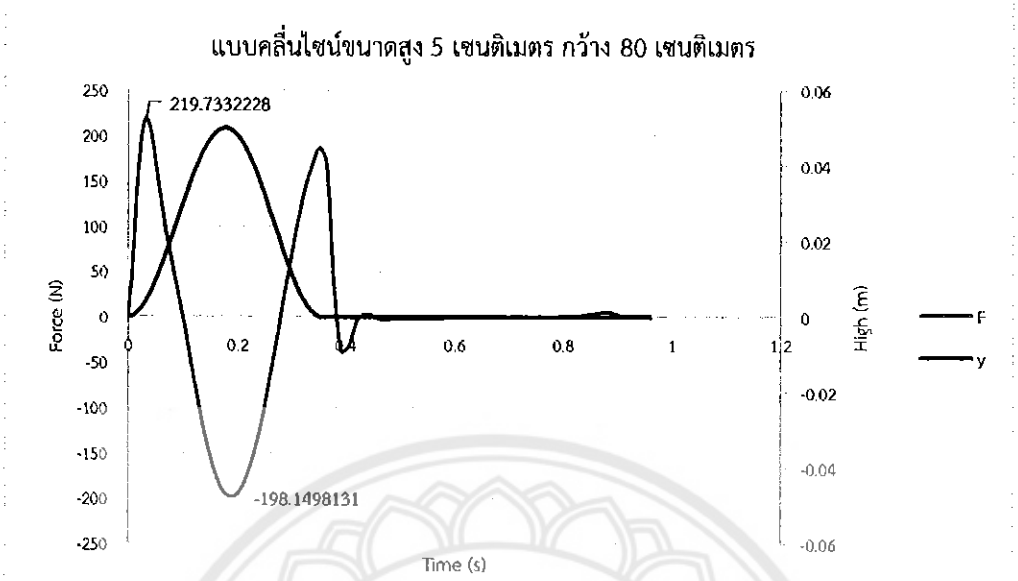
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 80 เซนติเมตร



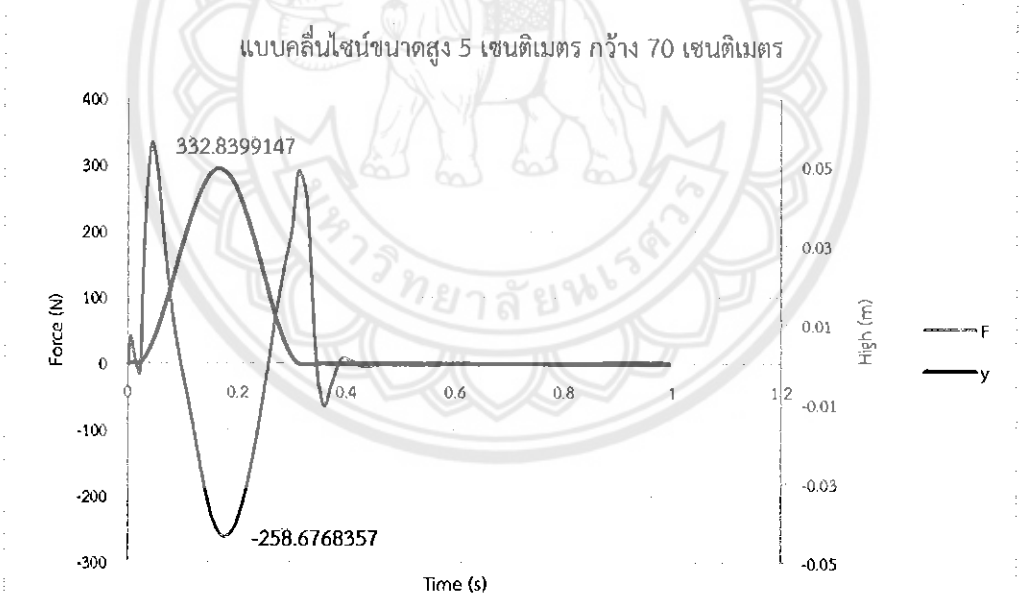
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 6 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 90 เซนติเมตร



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 80 **เซนติเมตร**



รูปที่ 4.42 กราฟแสดงขนาดแรงของแบบคลื่นไซน์ขนาดสูง 5 เซนติเมตร กว้าง 70 เซนติเมตร

จากรูปที่ 4.19– รูปที่ 4.42 พบว่ามีแรงที่มีค่าเป็นบวกและลบ ซึ่งได้อธิบายไว้ในหัวข้อ 4.5.1 แล้วนั้น เห็นว่ากราฟที่แสดงค่าแรงที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางรถยนต์นั้น มีแนวโน้มเหมือนกัน คือ แรงที่มีค่าบวกสูงที่สุดมักจะเกิดในขณะที่ล้อยางของรถยนต์เข้าและออกสันชะลอความเร็ว แรงที่มีค่าเป็นลบที่สูงที่สุดนั้นมักจะเกิดในช่วงที่ล้อยางของรถยนต์อยู่ที่จุดสูงสุดของสันชะลอความเร็วจนถึงช่วงที่ล้อยางของรถยนต์ลงจากจุดสูงสุดของสันชะลอความเร็วซึ่งแนวโน้มการเกิดแรงมักจะเกิดในรูปแบบ

เดียวกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่ารูปแบบสันชะลอความเร็วรูปแบบคลื่นไซน์มีแนวโน้มแรงที่กระทำกับล้อรถยนต์ได้ราบเรียบไปกับพื้นผิวที่สุด

4.6. วิจารณ์ผลการจำลอง

4.6.1. สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร

จากผลลัพธ์พบว่าสันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรโดยส่วนใหญ่มีรูปแบบเป็นเส้นโค้งพาราโบลา และมีสันชะลอความเร็วเพียง 4 แห่งที่มีขนาดตามมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2556 คือบริเวณทางออกป้อมยามประตู 5,ทางเข้าป้อมยามประตู 5,ทางออกป้อมยามประตู 4,ทางออกป้อมยามประตู 4 เท่านั้น จากผลการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลองสภาพการผ่านสันชะลอความเร็วของระบบช่วงล่างของรถยนต์ เห็นได้ชัดว่า สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยนเรศวร มีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับระบบล้อยางของรถยนต์ที่สูง ซึ่งอาจทำให้ระบบช่วงล่างของรถยนต์เสียหายได้ เมื่อฐานของสันชะลอความเร็วกว้างขึ้นและจุดสูงสุดของสันชะลอความเร็วลดลงนั้น จะทำให้แรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับระบบช่วงล่างของรถยนต์น้อยลง

4.6.2. สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ

สันชะลอความเร็วที่ออกแบบ มีรูปแบบได้แก่ แบบโค้งพาราโบลา,แบบสามเหลี่ยม,แบบสี่เหลี่ยมคางหมู,แบบคลื่นไซน์ มีขนาดฐานกว้าง 90 เซนติเมตร,80 เซนติเมตร,70 เซนติเมตรและมีความสูง 6 เซนติเมตร,5 เซนติเมตร มาเป็นขนาดในการออกแบบนั้น เนื่องจากในการวิเคราะห์สันชะลอความเร็วภายในมหาวิทยาลัยฐานของสันชะลอความเร็วกว้างขึ้นและจุดสูงสุดของสันชะลอความเร็วลดลงนั้น จะทำให้แรงที่สันชะลอความเร็วกระทำต่อระบบล้อยางของรถยนต์น้อยลงตามไปด้วยและจากการวิเคราะห์เบื้องต้นเห็นว่าถ้าสันชะลอความเร็วมีขนาดความสูงลดลงเรื่อยๆนั้น จะเป็นเหตุทำให้รถยนต์ที่สัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว ไม่ลดระดับความเร็วของรถยนต์ลง ซึ่งไม่ได้เป็นจุดมุ่งหมายในการสร้างสันชะลอความเร็ว ดังนั้นจึงได้กำหนดขนาดความกว้างที่ 90-70 เซนติเมตร สูง 5-6 เซนติเมตร เป็นขอบเขตในการออกแบบสันชะลอความเร็ว จากการออกแบบสันชะลอความเร็วทั้ง 24 แบบ ตามตารางที่ 4.5 พบว่าในขณะที่ระบบช่วงล่างของรถยนต์เข้าและออกสันชะลอความเร็วทั้ง 24 แบบนั้น แรงในขาเข้าสันชะลอความเร็วจะมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางรถยนต์สูงและขณะออกสันชะลอความเร็วจะมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับรถยนต์ใกล้เคียงกับขณะเข้าสันชะลอความเร็ว จะเห็นได้ว่าแบบโค้งพาราโบลาจะมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับรถยนต์กับระบบล้อยางของรถยนต์สูงที่สุดรองลงมาคือแบบสามเหลี่ยมและแบบสี่เหลี่ยมคางหมูตามลำดับ ทำให้เห็นได้ชัดว่าช่วงของการเข้าและออกสันชะลอความเร็วมีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากเป็นสาเหตุที่จะทำให้แรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางของ

รถยนต์มีค่ามากหรือน้อย จากกราฟผลลัพธ์ของสันชะลอความเร็ว 3 รูปแบบ คือ แบบโค้งพาราโบลา, แบบสามเหลี่ยม,แบบสี่เหลียมคางหมู ในช่วงเข้าและออกสันชะลอความเร็วแบบสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมคางหมูมีแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับรถยนต์ถือว่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับรูปแบบโค้งพาราโบลา และในช่วงที่ระบบช่วงล่างของรถยนต์ไต่ขึ้นสู่จุดสูงสุดของสันชะลอความเร็ว พบว่าในขณะลงสันชะลอความเร็ว รูปแบบโค้งพาราโบลาให้ค่าแรงที่ติดลบมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับอีก 2 รูปแบบ เมื่อนำส่วนที่ดีของทั้ง 3 แบบ เมื่อมารวมกัน พบว่าได้เส้นโค้งของสันชะลอความเร็วในรูปแบบคล้ายกับคลื่นไซน์ และจากผลการวิเคราะห์เส้นโค้งสันชะลอความเร็วรูปแบบคลื่นไซน์พบว่าได้แรงกระแทกและแรงติดลบน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ 3 รูปแบบข้างต้น ซึ่งเส้นโค้งสันชะลอความเร็วรูปคลื่นไซน์นี้ ให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งตรงกับเป้าหมายที่จะหาเส้นโค้งสันชะลอความเร็วที่ลดแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางของรถยนต์ เพื่อลดความเสียหายต่อระบบช่วงรถยนต์เพื่อการใช้งานที่ยาวนานยิ่งขึ้นนั่นเอง

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานและข้อเสนอแนะ

2.8. สรุปการวิเคราะห์ผล

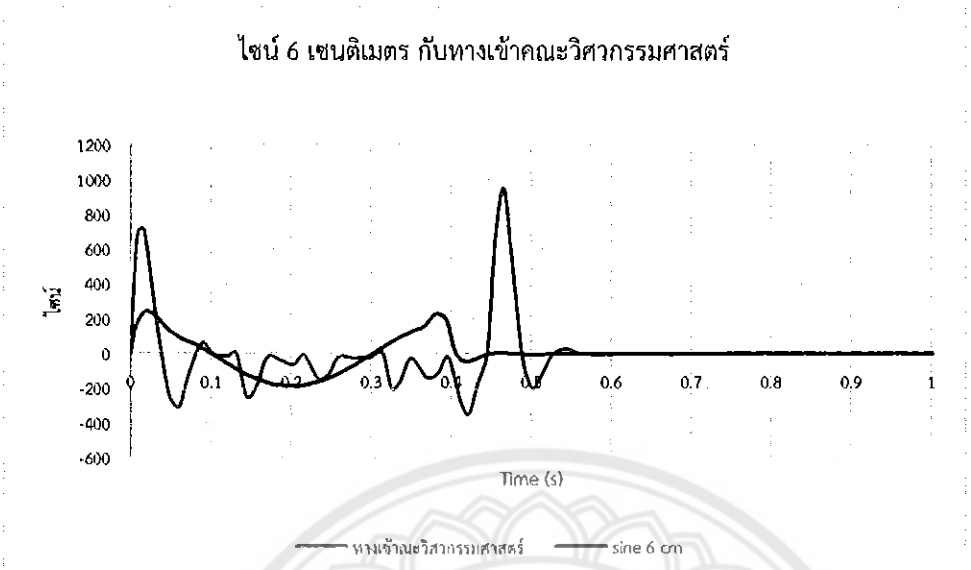
จากการวิจารณ์ผลการจำลองสันชะลอความเร็วที่ความเร็ว 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากรูปที่ 4.11ถึง รูปที่ 4.42 พบว่าทุกกราฟนั้นแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงในแนวดิ่งที่กระทำกับสันชะลอความเร็วเทียบกับเวลาในการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วที่ความกว้างของตัวสันชะลอความเร็วและแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของความสูงของสันชะลอความเร็วเทียบกับเวลาในการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วที่ความกว้างของตัวสันชะลอความเร็ว เมื่อพิจารณาแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางของรถยนต์มี 2 ส่วนที่จะต้องพิจารณาคือ ความกว้าง และความสูงของสันชะลอความเร็ว

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบแรงสูงสุดและต่ำสุดของสันชะลอความเร็ว

	รูปแบบ	สูง cm	กว้าง cm	FORCE MAX (N)	FORCE MIN (N)
หน้าคณะเกษตรศาสตร์	โค้งคว่ำ	6.4	103	686.636	-363.271
ทางเข้าอาคารเรียนรวมคณะวิศวกรรมศาสตร์	โค้งคว่ำ	6.9	100	951.272	-347.890
หน้าคณะศึกษาศาสตร์	โค้งคว่ำ	6.6	98	801.359	-469.319
ทางเข้าประตู 4	โค้งคว่ำ	3	32	572.193	-423.815
ทางออกประตู 4	โค้งคว่ำ	2.5	39	1123.240	-607.348
ทางเข้าประตู 5	โค้งคว่ำ	5.3	60	1002.174	-668.106
ทางออกประตู 5	โค้งคว่ำ	5.9	70	808.183	-336.975
พาราโบลา 6 เซนติเมตร	พาราโบลา	6	90	726.87	-221.493
พาราโบลา 6 เซนติเมตร	พาราโบลา	6	80	823.339	-260.522
พาราโบลา 6 เซนติเมตร	พาราโบลา	6	70	926.274	-313.904
ไซน์ 6 เซนติเมตร	ไซน์	6	90	239.316	-187.211
ไซน์ 6 เซนติเมตร	ไซน์	6	80	263.545	-237.609

	รูปแบบ	สูง cm	กว้าง cm	FORCE MAX (N)	FORCE MIN (N)
ไซน์ 6 เซนติเมตร	ไซน์	6	70	398.826	-310.882
สามเหลี่ยม 6 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	6	90	380.5324	-786.494
สามเหลี่ยม 6 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	6	80	436.3471	-884.008
สามเหลี่ยม 6 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	6	70	499.1633	[illegible]
สี่เหลี่ยมคางหมู 6 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	6	90	428.0989	-399.988
สี่เหลี่ยมคางหมู 6 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	6	80	550.7682	-607.493
สี่เหลี่ยมคางหมู 6 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	6	70	570.9063	-570.835
พาราโบลา 5 เซนติเมตร	พาราโบลา	5	90	605.725	-184.578
พาราโบลา 5 เซนติเมตร	พาราโบลา	5	80	686.116	-217.102
พาราโบลา 5 เซนติเมตร	พาราโบลา	5	70	771.895	-261.587
ไซน์ 5 เซนติเมตร	ไซน์	5	90	197.397	-156.035
ไซน์ 5 เซนติเมตร	ไซน์	5	80	219.733	-198.15
ไซน์ 5 เซนติเมตร	ไซน์	5	70	332.84	-258.677
สามเหลี่ยม 5 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	5	90	317.11	-662.169
สามเหลี่ยม 5 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	5	80	363.623	-736.733
สามเหลี่ยม 5 เซนติเมตร	สามเหลี่ยม	5	70	415.969	-844.744
สี่เหลี่ยมคางหมู 5 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	5	90	356.749	-333.324
สี่เหลี่ยมคางหมู 5 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	5	80	407.7114	-405.499
สี่เหลี่ยมคางหมู 5 เซนติเมตร	สี่เหลี่ยมคางหมู	5	70	475.7552	-475.695

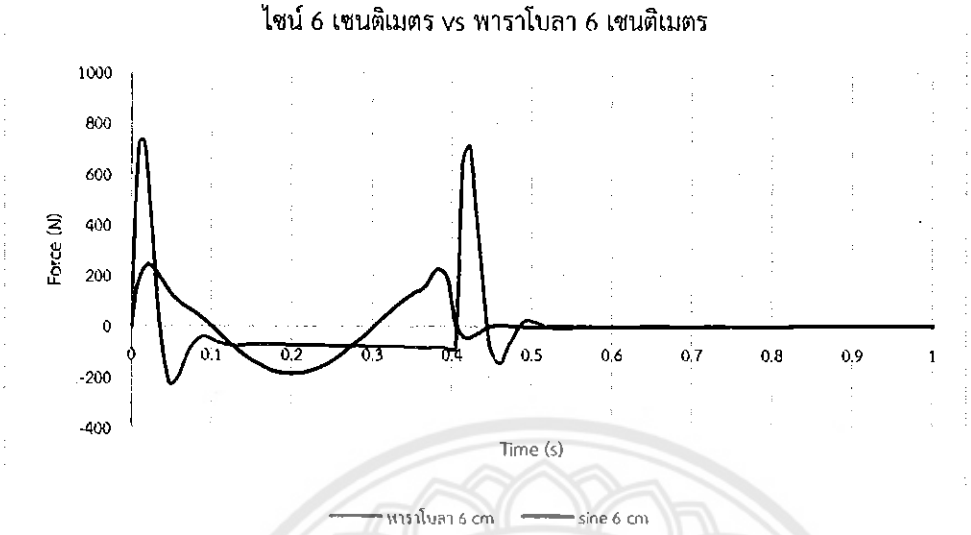
จากตารางที่ 5.1จะพบว่า รูปแบบของสันชะลอความเร็วที่ ไซน์ 6 เซนติเมตร และ ไซน์ 5 เซนติเมตร มีขนาดแรงที่กระทำในแนวดิ่งกับล้อยางของรถยนต์น้อยที่สุด และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับสันชะลอความเร็วในมหาวิทยาลัยได้ผลดังนี้



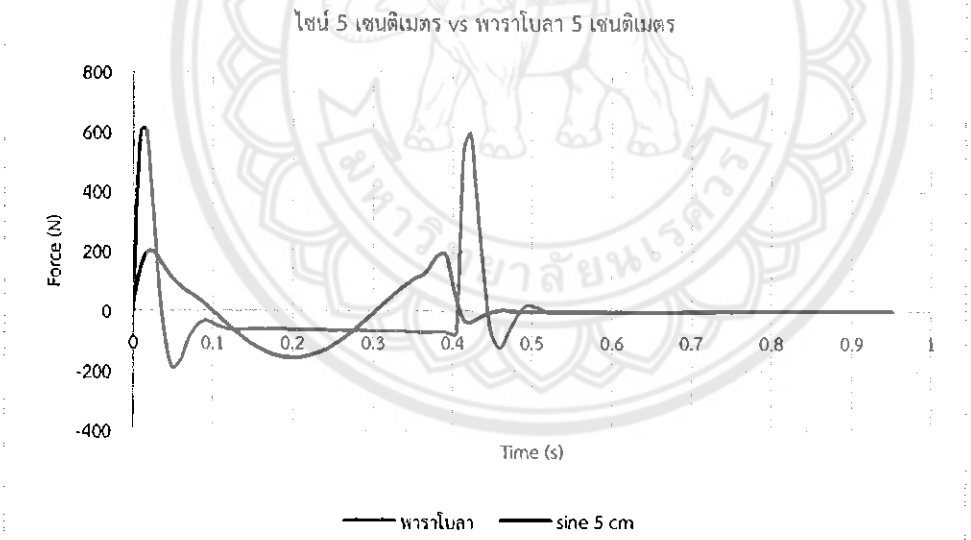
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบแรงสันชะลอความเร็วแบบไซน์ 6 เซนติเมตร กับ สันชะลอความเร็วทางเข้าคณะวิศวกรรมศาสตร์

รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบแรงสันชะลอความเร็วแบบไซน์ 5 เซนติเมตร กับ สันชะลอความเร็วทางเข้าคณะวิศวกรรมศาสตร์

จากรูปที่ รูปที่ 5.1-รูปที่ 5.2 จะได้ว่าสันชะละความเร็วรูปไซน์ 6 เซนติเมตร และไซน์ 5 เซนติเมตร นั้นสามารถลดแรงในแนวดิ่งได้ 2.8 เท่า 3.4 เท่าตามลำดับเมื่อเทียบกับสันชะลอความเร็วบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์



รูปที่ 5.3 เปรียบเทียบสันชะละความเร็วรูปไซน์ 6 เซนติเมตร กับสันชะลอความเร็วแบบพาราโบลา 6 เซนติเมตร



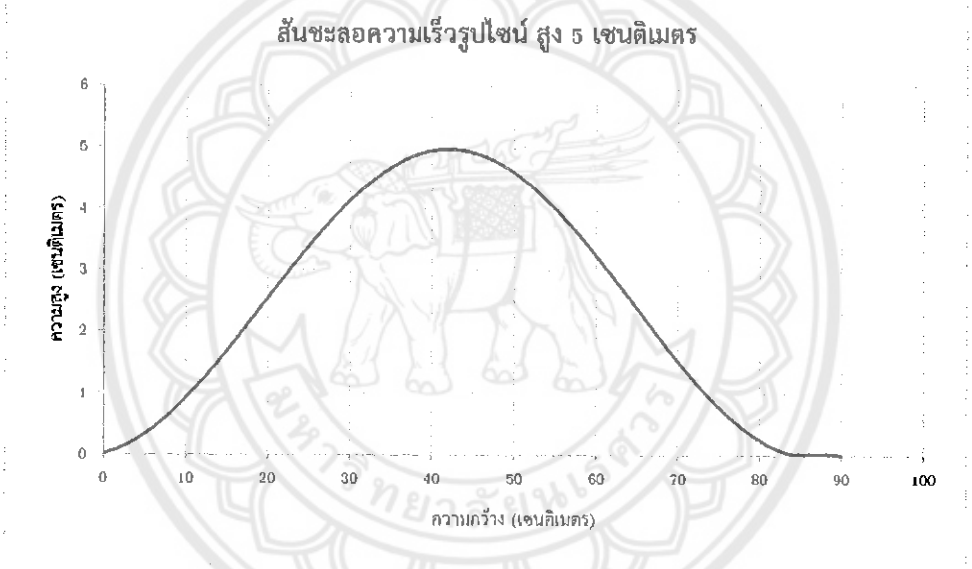
รูปที่ 5.4 เปรียบเทียบสันชะละความเร็วรูปไซน์ 5 เซนติเมตร กับสันชะลอความเร็วแบบพาราโบลา 5 เซนติเมตร

จากรูปที่ 5.3-รูปที่ 5.4จะได้ว่าสันชะละความเร็วรูปไซน์ 6 เซนติเมตร และไซน์ 5 เซนติเมตร นั้นสามารถลดแรงในแนวดิ่งได้ 3.03 เท่า 3.07 เท่าตามลำดับเมื่อเทียบกับสันชะลอความเร็วแบบพาราโบลา

5.2. สรุปผลการศึกษา

จากการจำลองการเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็วที่ความเร็วคงที่เท่ากับ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมงจะได้รูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ ไซน์ 5 เซนติเมตร กว้าง90 เซนติเมตร เป็นสันชะลอความเร็วที่มีแรงกระทำในแนวดิ่งน้อยที่สุด และเป็นการลดความเสียหายเนื่องจากแรงในแนวดิ่งที่สันชะลอความเร็วกระทำกับล้อยางของรถยนต์ที่เกิดจากสันชะลอความเร็ว

รูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ ไซน์ 5 เซนติเมตร กว้าง90 เซนติเมตร นั้นอยู่ในมาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว มยผ.2301–56 กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย พ.ศ.2556 [1] มีรูปแบบดังรูปที่ 5.5



รูปที่ 5.5 รูปแบบของสันชะลอความเร็วแบบ ไซน์ 5 เซนติเมตร กว้าง90 เซนติเมตร

2.3. ข้อเสนอแนะ

ก. ควรสร้างสันชะลอความเร็วที่มีขนาดให้ได้มาตรฐานในมหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อที่จะทำให้ลดความเสียหายแก่ช่วงล่างของยานพาหนะเพื่อการใช้งานที่ยาวนานขึ้นและเพื่อความปลอดภัยของบุคลากรและนิสิตมหาวิทยาลัยนเรศวรที่สัญจรผ่านสันชะลอความเร็ว

ข. สันชะลอความเร็วที่อยู่ตามทางร่วมแยกควรมีระยะที่ห่างทางร่วมแยกพอสมควรเพื่อที่จะได้ไม่ทำให้การสัญจรในทางร่วมแยกนั้นติดขัด

ค. ระยะห่างของสันชะลอความเร็วควรมีระยะห่างตั้งแต่ 80 เมตร ถึง 120 เมตร หากเกินจาก 120 เมตร ขึ้นไปอาจทำให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะใช้ความเร็วสูงกว่ามาตรฐานที่อยู่ในระหว่างขับขี่ยานพาหนะผ่านสันชะลอความเร็ว

ง. สันชะลอความเร็วควรสร้างให้ตั้งฉากกับถนน

จ. เพื่อลดความเสี่ยงในเกิดอุบัติเหตุจากสันชะลอความเร็วที่ไม่ได้มาตรฐานภายในมหาวิทยาลัยนเรศวรควรใช้ความเร็วต่ำขณะเคลื่อนที่ผ่านสันชะลอความเร็ว

มหาวิทยาลัยนเรศวร

การอ้างอิง

[1] กรมโยธาธิการและผังเมือง, มยผ.2301-56 มาตรฐานการก่อสร้างสันชะลอความเร็ว, กรุงเทพ, 2556.

[2] Swati Gaur, "Vibration Control of Bus Suspension System using PI and PID," Faridabad, India, 2013.

[3] Yan Cui, "Vehicle Parameter Identification," กุมภาพันธ์ 2015. [%1 ที่เข้าถึง3 มีนาคม 2015].

[4] Ben Creed, Nalaka Kahawatte และ Scott Varnhagen, "Development a Full Car Vehicie Dynamics Model for Use in the Design of an Active Suspension Control System," California, 2010.

[5] "Control Tutorial,". Available: http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=Suspension&section=SimulinkModelin. [%1 ที่เข้าถึง8 พฤศจิกายน 2557].

[6] นายวนัส พาริก, นายกฤติยา หลวงนา และ นายวิทวัส สมประเสริฐ, "STUDY AND DESIGN OF MICROCONTROLLER CONTROL," กรุงเทพ, 2556.

[7] . Available: http://www.thaiglobal.co.th/new/web/rubber_speed.htm.

[8] . Available: http://www.carparkcenter.com.

[9] . Available: http://www.trafficthai.com/speedhump.html.

[10] . Available: http://www.rr-traffic.com .

[11 [ออนไลน์]. Available: http://student.nu.ac.th/CommArts-NU/map/map.html.
]

ภาคผนวก

ตัวอย่างวิธีการหาผลลัพธ์

1. การเก็บข้อมูลหรือออกแบบสันชะลอความเร็วเรียบร้อยแล้ว ได้รูปแบบข้อมูลดังต่อไปนี้ ซึ่งอยู่ในรูปของค่าระยะในแนวแกน X และแนวแกน Y นำค่าต่างๆพิมพ์ลงในโปรแกรม excel

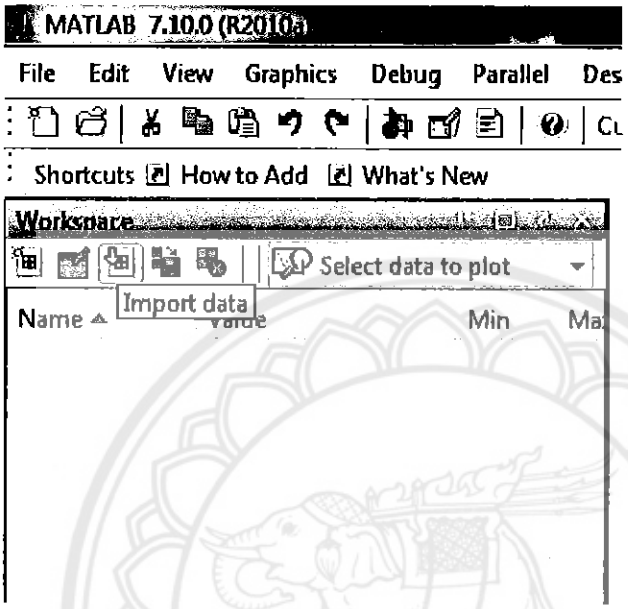
X(cm)	Y(cm)
0	0
5	1
10	2
15	2.5
20	2.3
25	1.5
30	0.6
39	0

จากนั้นนำค่าที่ได้มาแปลงค่าให้อยู่ในรูปของระยะในแนว Y กับเวลา t และต่อค่าของ t(s) ให้ครบ จากนั้นเซฟค่า t(s) และ Y(m) เป็นไฟล์ *.xlsx

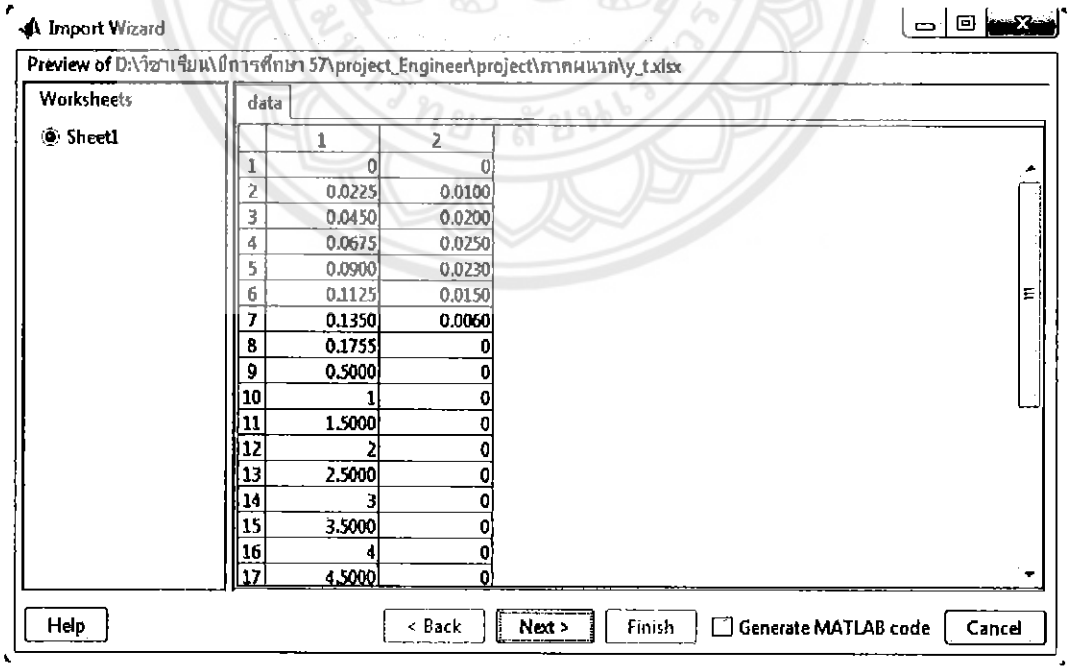
t(s)	Y(cm)	Y(m)
0	0	0
0.0225	1	0.01
0.045	2	0.02
0.0675	2.5	0.025
0.09	2.3	0.023
0.1125	1.5	0.015
0.135	0.6	0.006
0.1755	0	0
0.5	0	0
1	0	0
1.5	0	0
.	.	.
.	.	.
.	.	.
9	0	0
9.5	0	0
10	0	0

เปิดโปรแกรม Matlab จากนั้น Input ค่า t(s) และ Y(m) ที่บันทึกไว้ใส่ในโปรแกรม Matlab

กด Import Data

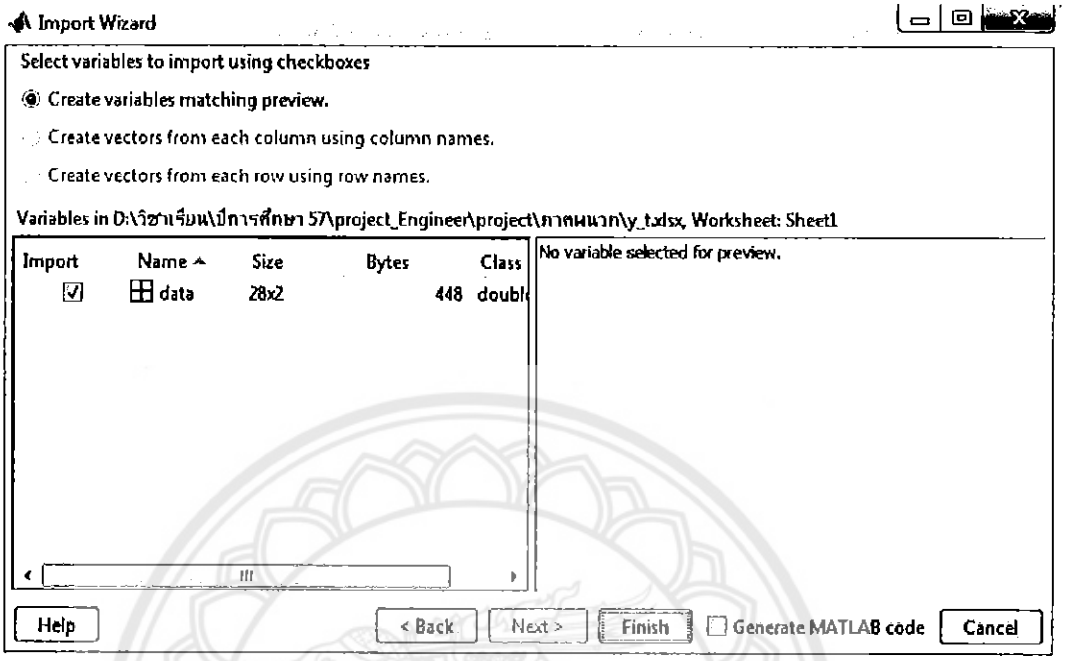


เลือกไฟล์ที่บันทึกค่า t(s) และ Y(m) แล้วกด Open จากนั้นกด Next

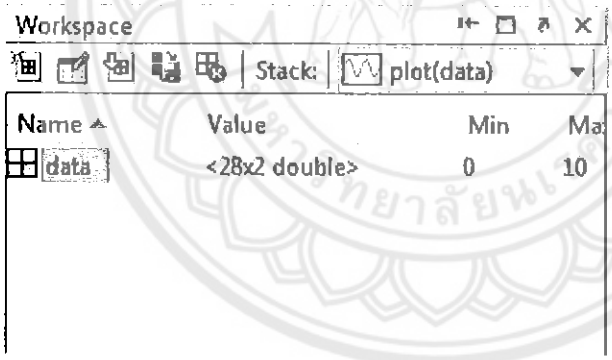


	1	2
1	0	0
2	0.0225	0.0100
3	0.0450	0.0200
4	0.0675	0.0250
5	0.0900	0.0230
6	0.1125	0.0150
7	0.1350	0.0060
8	0.1755	0
9	0.5000	0
10	1	0
11	1.5000	0
12	2	0
13	2.5000	0
14	3	0
15	3.5000	0
16	4	0
17	4.5000	0

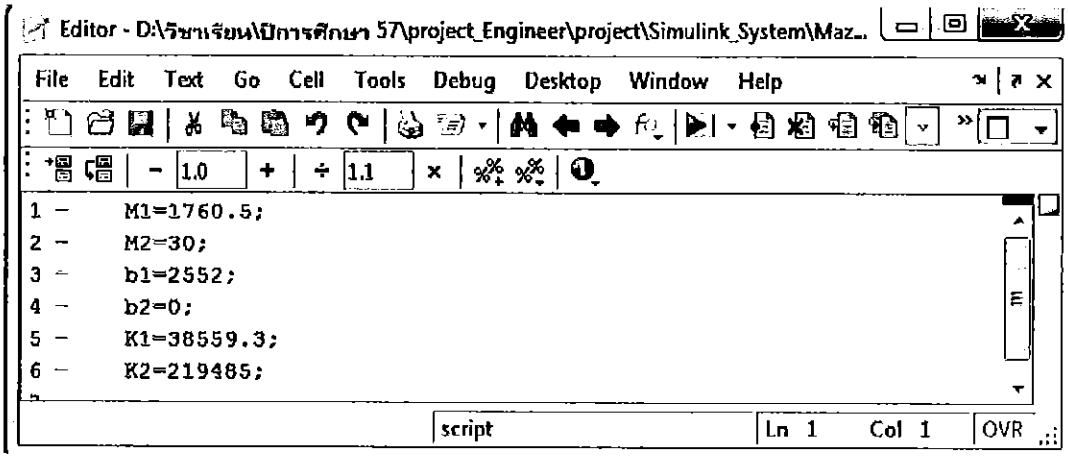
แล้วกด Finish



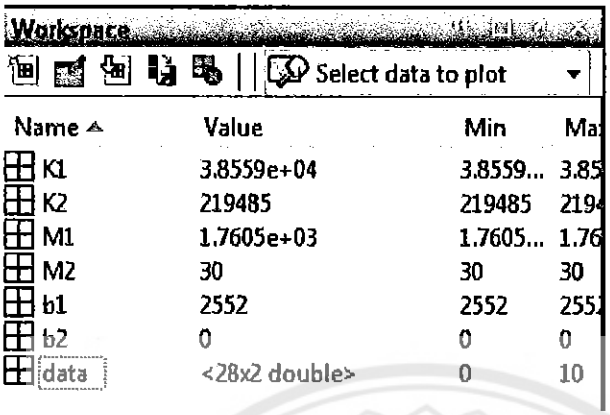
จะปรากฏค่าเป็นเมตริกบริเวณ Workspace



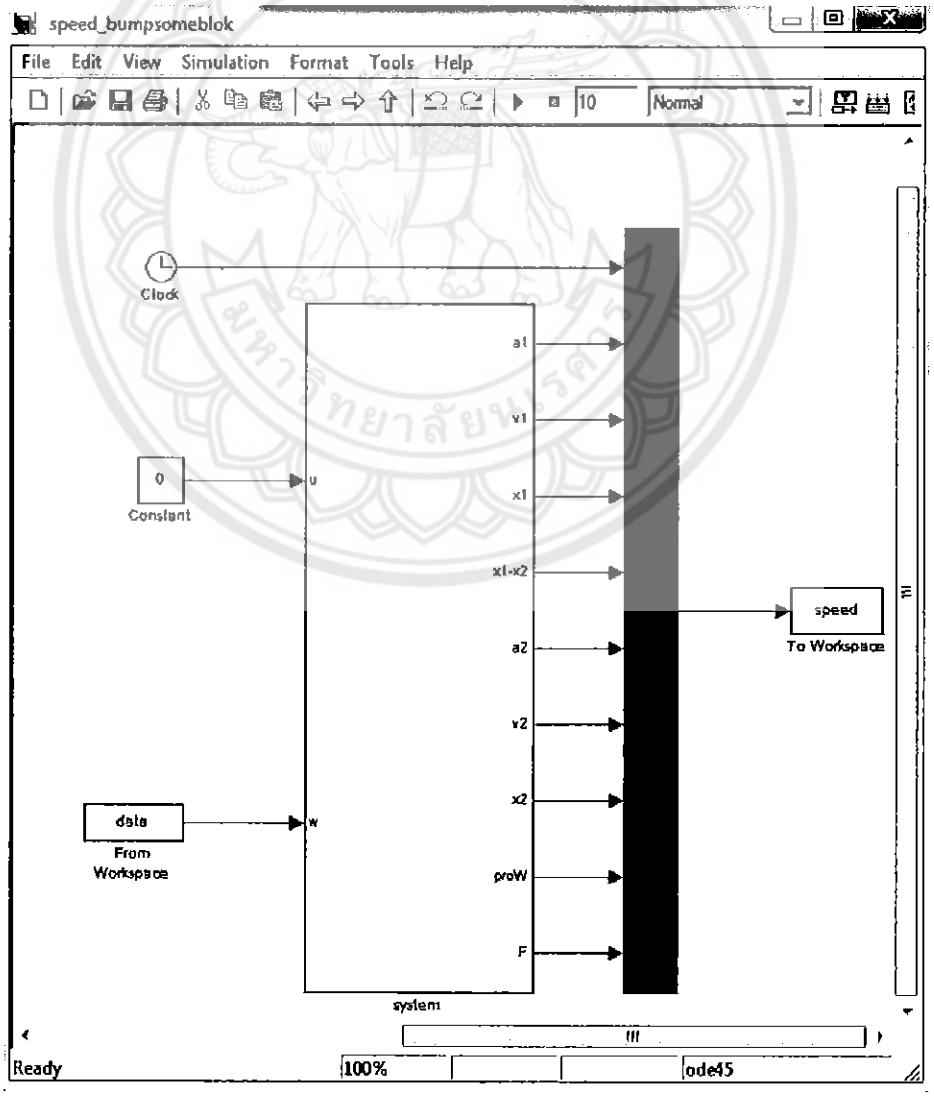
จากนั้นกดค่าต่างๆที่จำเป็น ซึ่งเราสามารถเซฟเป็นไฟล์ไว้ได้ จากนั้นกด RUN



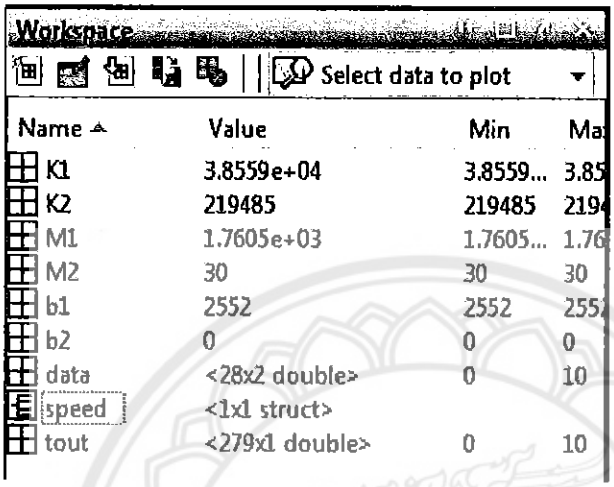
จะปรากฏค่าขึ้นมาใน Workspace ดังภาพ



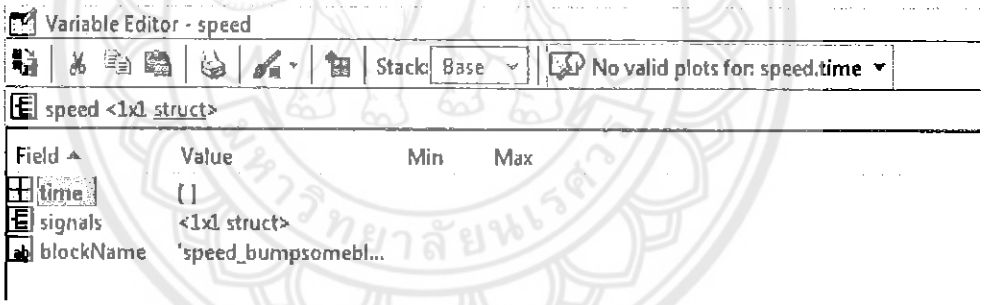
จากนั้น กด Simulink ที่ได้สร้างเอาไว้แล้วขึ้นมา จากนั้นกด RUN



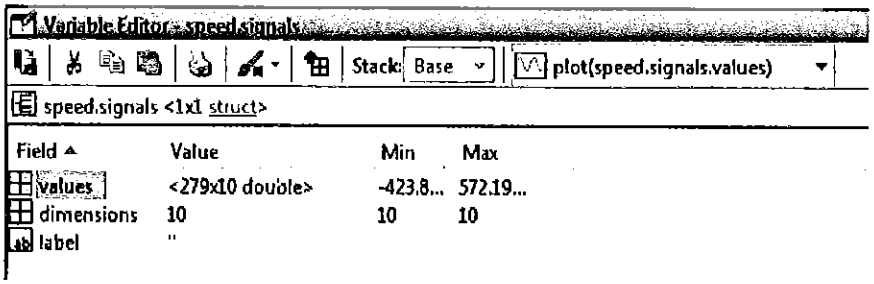
Simulink ก็จะจำลองสภาพการของระบบช่วงล่างของรถยนต์ผ่านสันชะลอความเร็ว ค่าต่างๆที่ได้การจำลองจะปรากฏขึ้นตรง Workspace โดยสามารถเรียกดูค่าต่างๆๆจาก speed



กด signals



กด values



จะปรากฏค่าต่างๆที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของโปรแกรมขึ้นมา

Variable Editor: speed.signals.values

Stack: Base | No valid plots for: speed.sig...

speed.signals.values <279x10 double>

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0.0048	0.0478	7.9043e-05	9.6501e-08	-5.3536e-05	12.3932	0.0323	5.3633e-05	0.0021	371.7973	
3	0.0096	0.1656	5.7037e-04	1.4267e-06	-3.7903e-04	18.6857	0.1091	3.8046e-04	0.0043	560.5704	
4	0.0169	0.3993	0.0026	1.2040e-05	-0.0017	19.0731	0.2526	0.0017	0.0075	572.1926	
5	0.0262	0.6678	0.0077	5.8080e-05	-0.0047	11.0520	0.3969	0.0048	0.0117	331.5599	
6	0.0368	0.8444	0.0158	1.8028e-04	-0.0092	1.2997	0.4589	0.0094	0.0164	38.9900	
7	0.0492	0.8954	0.0267	4.4206e-04	-0.0145	-9.0213	0.4248	0.0150	0.0209	-270.6378	
8	0.0603	0.7652	0.0360	7.9282e-04	-0.0182	-12.6085	0.2891	0.0190	0.0234	-378.2546	
9	0.0705	0.6381	0.0432	0.0012	-0.0202	-12.7147	0.1788	0.0214	0.0247	-381.4408	
10	0.0816	0.4047	0.0490	0.0017	-0.0207	-14.1272	0.0151	0.0224	0.0237	-423.8152	

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน

นายพีรพล ภู่ดี

รหัสนิสิต 54360742

ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

นายสถาพร ป้องคงราช

รหัสนิสิต 54360858

ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
จากโรงเรียนพิจิตรพิทยาคม

ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

นายบัญชา ลีประเสริฐสุนทร

รหัสนิสิต 54363309

ปีการศึกษา 2553 จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
จากโรงเรียนสรรพวิทยาคม

ปีการศึกษา 2557 กำลังศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยนเรศวร คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล