

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและปัญหาของงานวิจัย.....	2
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
การศึกษาความชุกของพื้นผิวถนนและสมการ การประมาณค่าความชุก.....	6
การศึกษาแบบจำลองยานพาหนะและแบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน.....	10
การศึกษาวิธีวิเคราะห์แบบโมดอล (Modal Analysis).....	13
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	16
สมการของระบบยานพาหนะโครงสร้างในสแตทสเปซ.....	16
สมการความเร็วไม่คงที่.....	19
แบบจำลองโครงสร้างพื้นฐาน.....	22
แบบจำลองระบบของยานพาหนะ.....	34
การคำนวณหาค่าเฉลี่ย Root-Mean-Square, RMS.....	38
การคำนวณหาผลตอบสนองทางยานพาหนะและโครงสร้างจากสมการ ของระบบยานพาหนะโครงสร้างในสแตทสเปซ.....	38
กำหนดค่าตัวแปร.....	39
การนำเสนอผลตอบสนองของระบบ.....	41

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย .....	52
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบเมื่อยานพาหนะ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	52
ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบเมื่อยานพาหนะ เคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง .....	92
อภิปรายผลการวิจัย.....	123
5 สรุปผล.....	125
การสรุปผล.....	125
ข้อเสนอแนะและหัวข้อวิจัยในอนาคต.....	126
บรรณานุกรม.....	127
ภาคผนวก.....	130
ประวัติผู้วิจัย.....	153

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงค่าอัตราเร่งสูงสุดที่มีผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้ยานพาหนะ ตามมาตรฐาน ISO 2631.....	43
2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนความเร่งทางแนวตั้งสูงสุด $V_{1pp}/g$ ของยานพาหนะในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	61
3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพาน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	71
4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง กึ่งกลางคาน $M(0.5L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน สะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	81
5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง เกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	91
6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนความเร่งทางแนวตั้งสูงสุด ของยานพาหนะในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	98
7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพาน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	104
8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง กึ่งกลางคานช่วงแรก $M(0.5L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	110
9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง ฐานรับคาน $M(1L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	116

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

- 10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง  
เกือบถึงฐานรับคาน  $S(0.95L, t)$  โดยยานพาหนะเคลื่อนที่  
ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A..... 122



## บัญชีภาพ

ภาพ	หน้า
1 แสดงแบบจำลองแบบ MODEL 1.....	3
2 แสดงแบบจำลองแบบ MODEL 2.....	3
3 แสดงแบบจำลองแบบ MODEL 3.....	3
4 แสดงแบบจำลองแบบ MODEL 4.....	4
5 แสดงความหนาแน่นสเปกตรัล (Spectral Densities) ที่ใช้ในงานวิจัยของ Dodds และ Robson (1973) .....	7
6 แสดงค่าฟังก์ชันความหนาแน่นกำลังสเปกตรัลของความขรุขระของพื้นถนนและ แบบจำลองระบบที่ใช้ในงานวิจัยของ Takatoshi Okabayashi (1981).....	8
7 แสดงตัวอย่างการแปลงค่าความขรุขระของพื้นคอนกรีตจากที่อยู่ในรูปของ ฟังก์ชันในโดเมนระยะทางให้อยู่ในรูปฟังก์ชันในโดเมนความถี่โดยใช้วิธี แปลงรูปฟูเรียร์แบบแยกส่วน (Discrete Fourier Transform; DFT) ในงานวิจัยของ Gasparini, Petrou และ Ozer (1990).....	9
8 แสดงแบบจำลองของยานพาหนะมีลำดับชั้นความอิสระเท่ากับสอง (2-DOF) บนความขรุขระของพื้นถนน (road irregularities) ในงานวิจัยของ Dahlberg (1978).....	11
9 แสดงแบบจำลองของระบบยานพาหนะโครงสร้างรูปแบบต่างๆที่ทำการศึกษา ในงานวิจัยของ Y Cai, et al. (1994).....	12
10 แสดงแบบจำลองของยานพาหนะมีลำดับชั้นความอิสระเท่ากับหนึ่งในงานวิจัย ของ Hammond และ Harrison (1981).....	12
11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการโก่งตัวที่กึ่งกลางคานกับค่าความเร่งที่ ความเร็วต้นแตกต่างกัน ในงานวิจัยของ Michaltsos (2002).....	13
12 แสดงแบบจำลองของยานพาหนะมีลำดับชั้นอิสระเท่ากับสิบ (10-DOF) ในงานวิจัยของ Seetapan และ Gasparini (2002).....	14
13 แสดง PSD ของแบบจำลองโปรไฟล์ความขรุขระแบบต่างๆที่ใช้ในงานวิจัยของ ปฤษทัศว์ คีตะบันย์ เอกสิทธิ์ ไม้วัฒนา และ สมชาย ชูชีพสกุล (2548).....	15

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
14 แสดงแบบจำลองของระบบยานพาหนะโครงสร้างแบบคานช่วงเดียว และ 2 ช่วง ( Simple and 2-span beam ).....	22
15 แสดงการกำหนดขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Conditions) ในคานช่วงเดียว.....	22
16 แสดงตัวอย่างรูปร่างโหมด 10 โหมดแรกของคานช่วงเดียว.....	26
17 แสดงการกำหนดขอบเขตเงื่อนไข (Boundary Conditions) ในคาน 2 ช่วง (2-span beam).....	27
18 แสดงตัวอย่างรูปร่างโหมด 10 โหมดแรกของคาน 2 ช่วง.....	33
19 แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 1.....	34
20 แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 2.....	35
21 แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 3.....	36
22 แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 4.....	37
23 แสดง time history ของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนผลตอบสนอง ของยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วง ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ความขรุขระ PSD A.....	42
24 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย RMS และ ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลตอบสนองของยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วง ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ความขรุขระ PSD A.....	42
25 แสดง time history ของค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของระยะโค้ง ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานเมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ ผ่านสะพาน 2 ช่วง ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ความขรุขระ PSD A.....	44
26 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย RMS และ ค่าเฉลี่ยบวกลบ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระยะโค้งที่ตำแหน่งกึ่งกลาง เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วง ที่ความขรุขระ PSD A ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม.....	45

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
27 แสดงยานพาหนะ ระบบลำดับชั้นความเป็นอิสระหนึ่ง MODEL 1 บนพื้นผิวคานช่วงเดียว.....	45
28 แสดงค่าเฉลี่ยของระยะโค้งกึ่งกลางคานเทียบกับตำรา Yang, Y.B. (2004).....	46
29 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย และ ค่าความแปรปรวนของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง 1L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วงด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ PSD A.....	47
30 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย RMS และค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง 1L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วงที่ความขรุขระ PSD A ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม.....	47
31 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย และ ค่าความแปรปรวนของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง 0.5L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วงด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ PSD A.....	48
32 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย RMS และค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง 0.5L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วง ที่ความขรุขระ PSD A ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม.....	49
33 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย และ ค่าความแปรปรวนของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง 0.95L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วงด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม. ที่ PSD A.....	50
34 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย RMS และ ค่าเฉลี่ยบวกลบค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง 0.95L เมื่อยานพาหนะ MODEL 1 เคลื่อนที่ผ่านสะพาน 2 ช่วง ที่ความขรุขระ PSD A ด้วยความเร็วคงที่ $V = 100$ กม./ชม.....	50
35 แสดงแผนผังกระบวนการวิเคราะห์ผลตอบสนองของระบบ.....	51
36 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย ของความเร่งทางแนวดิ่งของยานพาหนะในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	53
37 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของความเร่งทางแนวดิ่งของยานพาหนะในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	54

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
38	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	55
39	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง ในยานพาหนะ $V_v 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว.....	56
40	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	57
41	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะ $V_v 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว.....	58
42	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 2631.....	59
43	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน.....	60
44	แสดง time history ของค่าเฉลี่ยของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียวบนความขรุขระ PSD A.....	62
45	แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียวบนความขรุขระ PSD A.....	63



## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	64
47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว.....	65
48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง -15 ถึง 9 เมตร/วินาที <sup>2</sup> ที่ความเร็วต้น 100-200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	66
49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	67
50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว.....	68
51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	69
52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน.....	70

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
53 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย DAF ของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A.....	72
54 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A.....	73
55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	74
56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว.....	75
57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ ด้วยความเร่ง -15 ถึง 9 เมตร/วินาที <sup>2</sup> ที่ความเร็วต้น 100-200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	76
58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	77
59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว.....	78

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
60	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	79
61	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน.....	80
62	แสดง time history ของค่าเฉลี่ย DAF ของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐาน รองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A.....	82
63	แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐาน รองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A.....	83
64	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	84
65	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว.....	85
66	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ ด้วยความเร่ง -15 ถึง 9 เมตร/วินาที <sup>2</sup> ที่ความเร็วต้น 100 - 200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	86

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
67	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว.....	87
68	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่ง แตกต่างกันบนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว.....	88
69	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A.....	89
70	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน.....	90
71	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง $V_v 1pp/g$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่าน สะพานสองช่วง.....	92
72	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง ในยานพาหนะ $V_v 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง.....	93
73	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่ง ทางแนวดิ่ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะ ในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	94
74	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่ง ทางแนวดิ่งในยานพาหนะ $V_v 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง.....	95

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
75 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO2631 ที่ความขรุขระ PSD A.....	96
76 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระแตกต่างกัน.....	97
77 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	99
78 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกันสะพานสองช่วง.....	100
79 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	101
80 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกันบนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง.....	102
81 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	103

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ	หน้า
82 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	105
83 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง.....	106
84 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อ ยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	107
85 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง.....	108
86 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	109
87 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	111
88 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง.....	112
89 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อ ยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	113

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ		หน้า
90	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง.....	114
91	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	115
92	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง.....	117
93	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง.....	118
94	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง...	119
95	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง.....	120
96	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของแรงเฉือน ที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A.....	121
97	แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 1.....	131
98	แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 2.....	135
99	แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 3.....	140

## บัญชีภาพ (ต่อ)

ภาพ

หน้า

100 แสดงแบบจำลองและ Free Body Diagram ของยานพาหนะ MODEL 4..... 147

