

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบดังนี้

- ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลเนื่องจากความแตกต่างของความเร็วยานพาหนะ (ในกรณีความเร็วคงที่)
- ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลเนื่องจากความแตกต่างของความเร่งและความหน่วง (acceleration and deceleration) ของยานพาหนะ
- ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลเนื่องจากความแตกต่างระหว่างแบบจำลองยานพาหนะ
- ทำการเปรียบเทียบวิเคราะห์ผลเนื่องจากความแตกต่างกันของแบบจำลองความขรุขระ PSD A, PSD B และ PSD C

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว

การวิเคราะห์ผลจะพิจารณาถึงค่าสูงสุดเนื่องจากเป็นค่ากำหนดในการออกแบบโดยแยกวิเคราะห์ดังนี้

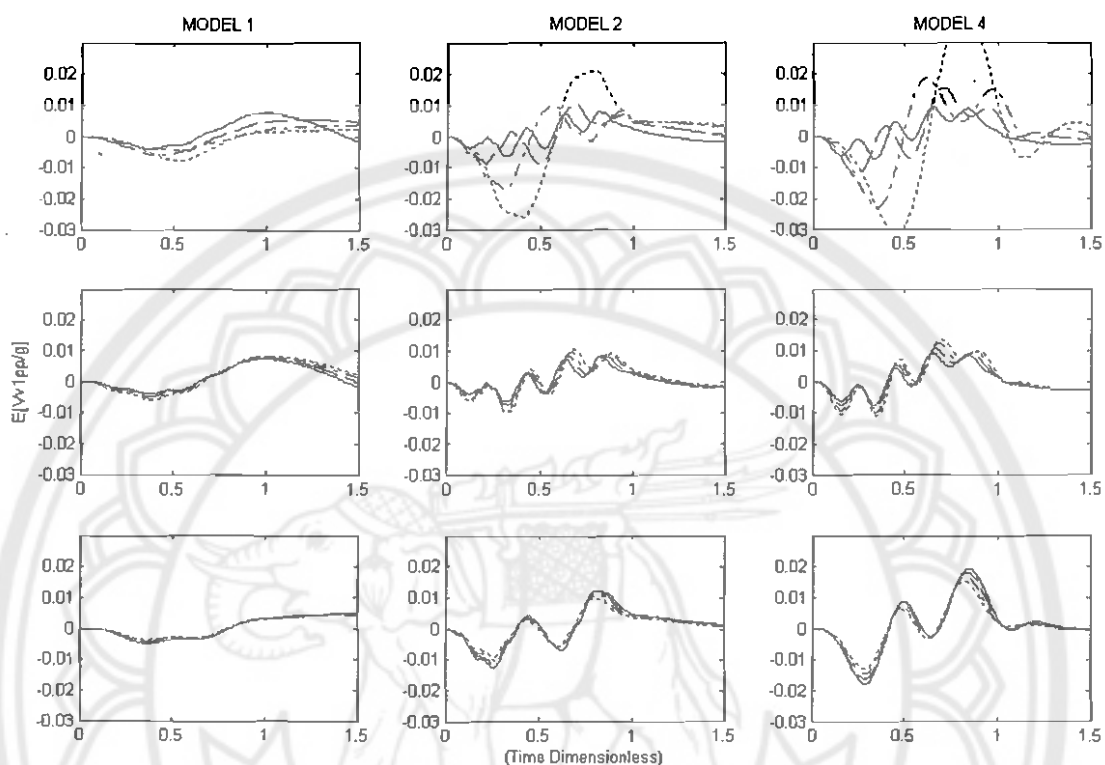
วิเคราะห์ผลตอบสนองของยานพาหนะจะพิจารณาถึงความเร่งทางแนวดิ่ง โดยใช้มาตรฐาน

ISO 2631 เป็นข้อบังคับถึงความรู้สึกของผู้โดยสาร

วิเคราะห์ผลตอบสนองทางโครงสร้าง โดยแยกได้ดังนี้

- วิเคราะห์ผลตอบสนองของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$
- วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$
- วิเคราะห์ผลตอบสนองของแรงเฉือนที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L, t)$

วิเคราะห์ผลตอบสนองของความเร็วทางแนวตั้งของยานพาหนะกรณีคันช่วงเดียว



ภาพ 36 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย ของความเร็วทางแนวตั้งของยานพาหนะในแบบต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

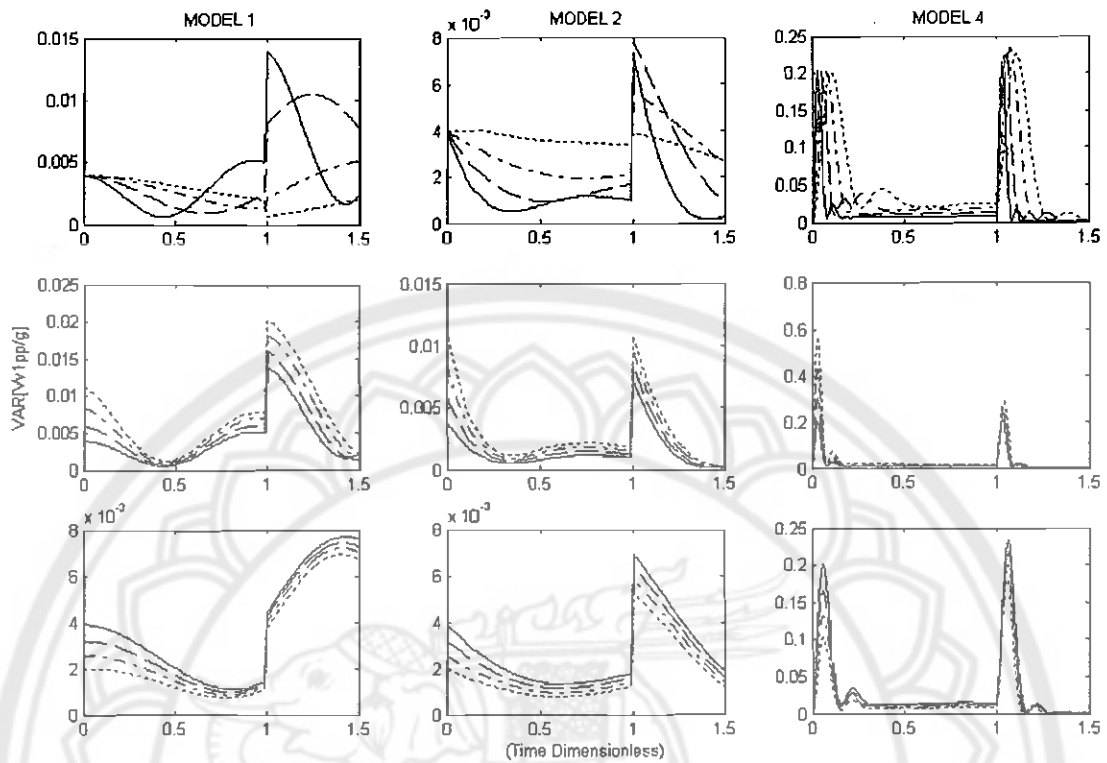
(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; -·-·-, $V = 250$ กม./ชม.;
·-·-·-, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; ·-·-·-, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; ·-·-·-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)



ภาพ 37 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของความเร่งทางแนวดิ่งของยานพาหนะ ในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; -·-·-, $V = 250$ กม./ชม.;
-·-·-·-, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

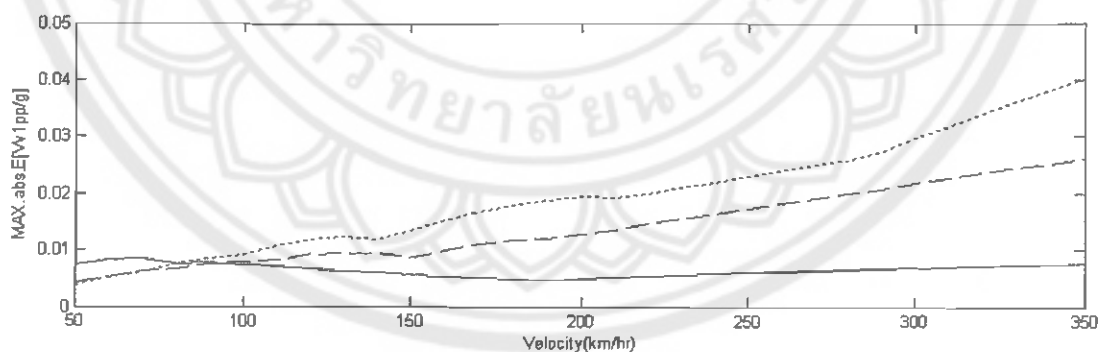
($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

1 จากภาพ 36 เมื่อพิจารณาถึงค่าความเร่งทางแนวดิ่งของยานพาหนะในส่วนของ ค่าเฉลี่ยยานพาหนะแต่ละแบบจะให้ค่าที่แตกต่างกันไปผลเนื่องจากความแตกต่างในองค์ประกอบ

ของแบบจำลองยานพาหนะในแต่ละแบบ และจากภาพ 37 ในส่วนความแปรปรวนจะเห็นได้ว่า MODEL 2 และ MODEL 4 เมื่อเวลาผ่านไปมีการปรับเข้าสู่สภาวะนิ่งเนื่องจากทั้งยานพาหนะทั้ง 2 ระบบมีตัวหน่วง (Damping) แต่ MODEL 1 ไม่มีตัวหน่วงจึงไม่ปรับเข้าสู่ สภาวะนิ่ง เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวอย่างฉับพลันจะเกิดค่าความแปรปรวนที่สูงเกินปกติ(over shoot)เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 มีระดับชั้นความอิสระเท่ากับหนึ่ง ระบบห้องโดยสารเชื่อมต่อตรงต่อ โครงสร้างความขรุขระผ่านระบบ suspension โดยค่าจะสูงขึ้นแบบฉับพลันกว่า MODEL 4 ที่มี ระดับชั้นความอิสระสองที่ระบบห้องโดยสารจะเชื่อมต่อกับระบบเพลาก่อน และที่ระดับความ ขรุขระเดียวกันค่าความเร็วคงที่ที่ต่างกันไม่มีผลต่อค่า over shoot เริ่มต้น แต่เมื่อมีค่าความเร่ง (acceleration) สูงขึ้นค่า over shoot เริ่มต้นจะสูงขึ้นและเมื่อมีการค่าเร่งเป็นลบ (deceleration) ค่า over shoot เริ่มต้นจะต่ำลง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยสูงสุด

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0054002 g ถึง 0.0075316 g MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0077675 g ถึง 0.026163 g และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0091501 g ถึง 0.040116 g จะเห็นได้ว่าเมื่อความเร็ว เพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยของ MODEL 4 จะมีการเปลี่ยนแปลงมากกว่า MODEL 2 และ MODEL 1 ตามลำดับดังแสดงในภาพ 38



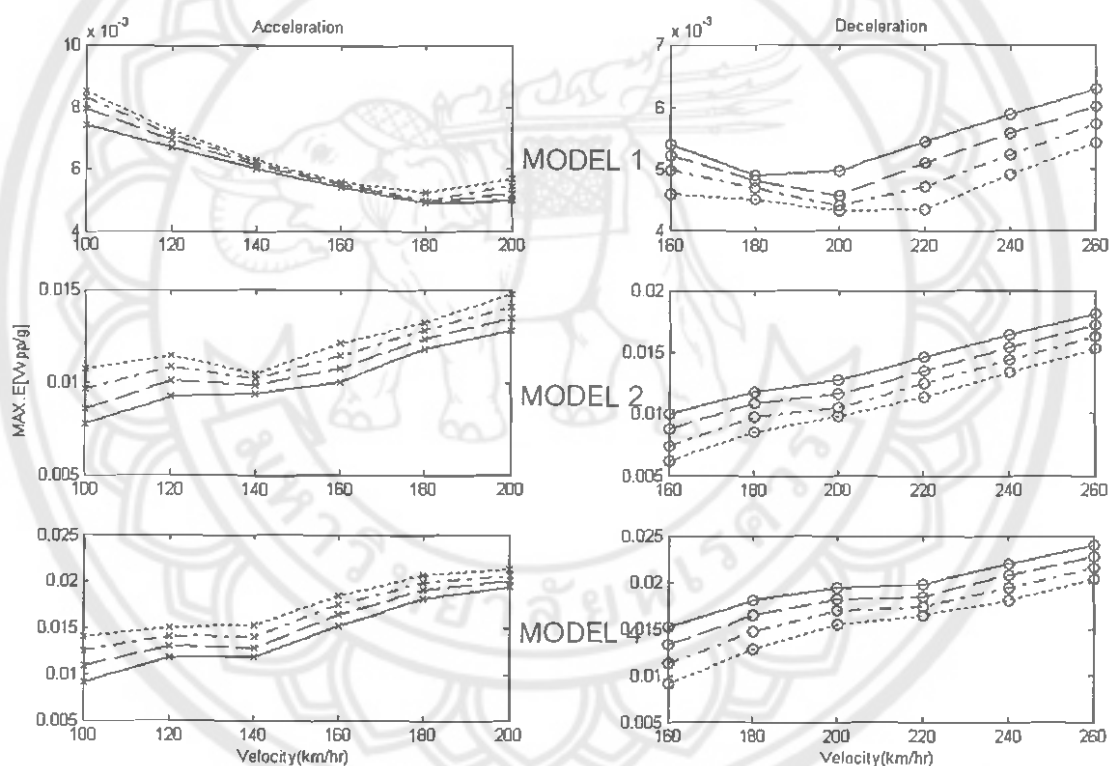
ภาพ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง V_{1pp}/g เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่าน สะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; ·····, MODEL 4)

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่งในยานพาหนะช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ

MODEL 1 อยู่ในช่วง $0.0074403 g$ ถึง $0.0084105 g$ MODEL 2 อยู่ในช่วง $0.0077675 g$ ถึง $0.010429 g$ และ MODEL 4 อยู่ในช่วง $0.0091501 g$ ถึง $0.013713 g$ ดังแสดงในภาพ 36 และภาพ 39 ในส่วน acceleration

4 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่งในยานพาหนะช่วงลดความเร็วสำหรับ

MODEL 1 อยู่ในช่วง $0.0042831 g$ ถึง $0.0049787 g$ MODEL 2 อยู่ในช่วง $0.0097698 g$ ถึง $0.012781 g$ และ MODEL 4 อยู่ในช่วง $0.015351 g$ ถึง $0.019388 g$ ดังแสดงในภาพ 36 และภาพ 39 ในส่วน deceleration

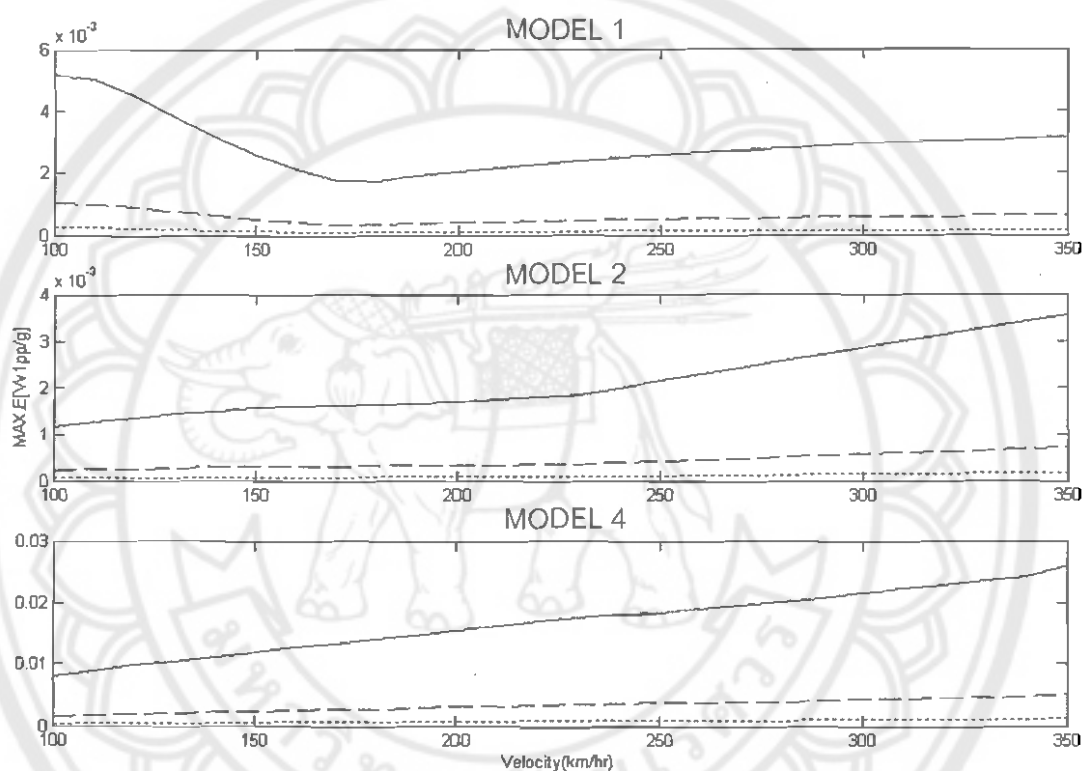


ภาพ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่งในยานพาหนะ $V, 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 9$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนสูงสุด

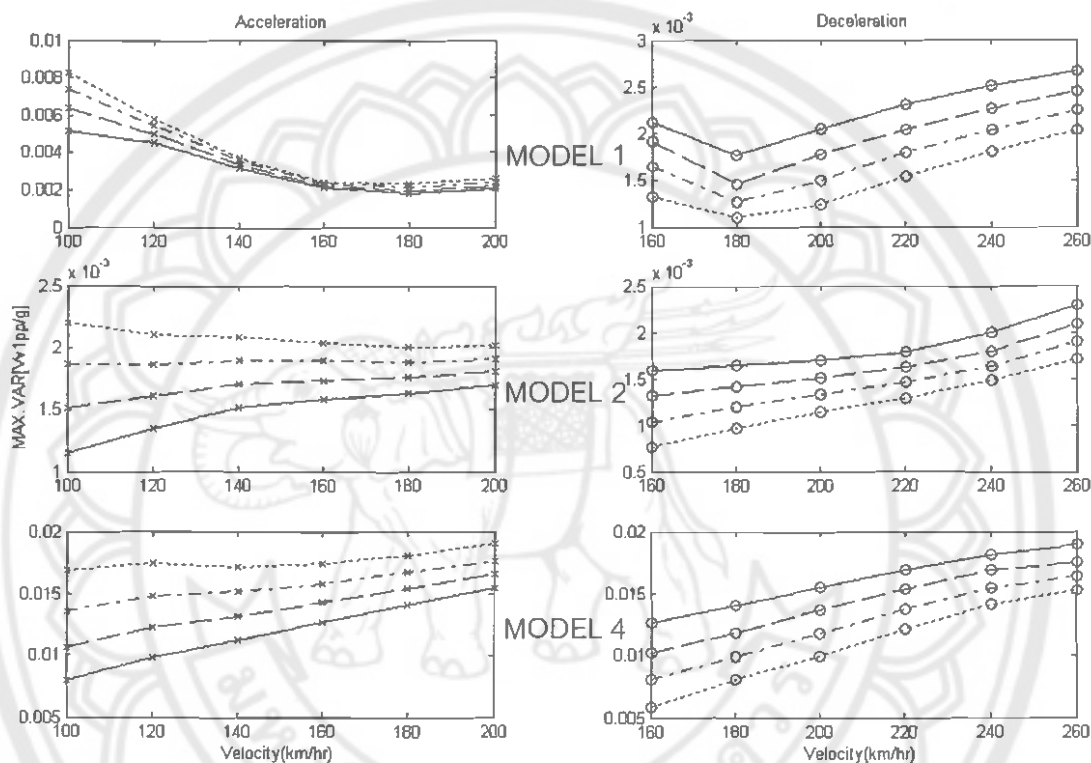
5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่ สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0021204 ถึง 0.0051594 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0011511 ถึง 0.0035517 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.007987 ถึง 0.026091 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 40



ภาพ 40 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_p, 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว (— , PSD A ; --- , PSD B ; , PSD C)

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงเพิ่มความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0051594 ถึง 0.0078901 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0011511 ถึง 0.0021486 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.007987 ถึง 0.016758 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 40 และ ภาพ 41 ในส่วน acceleration

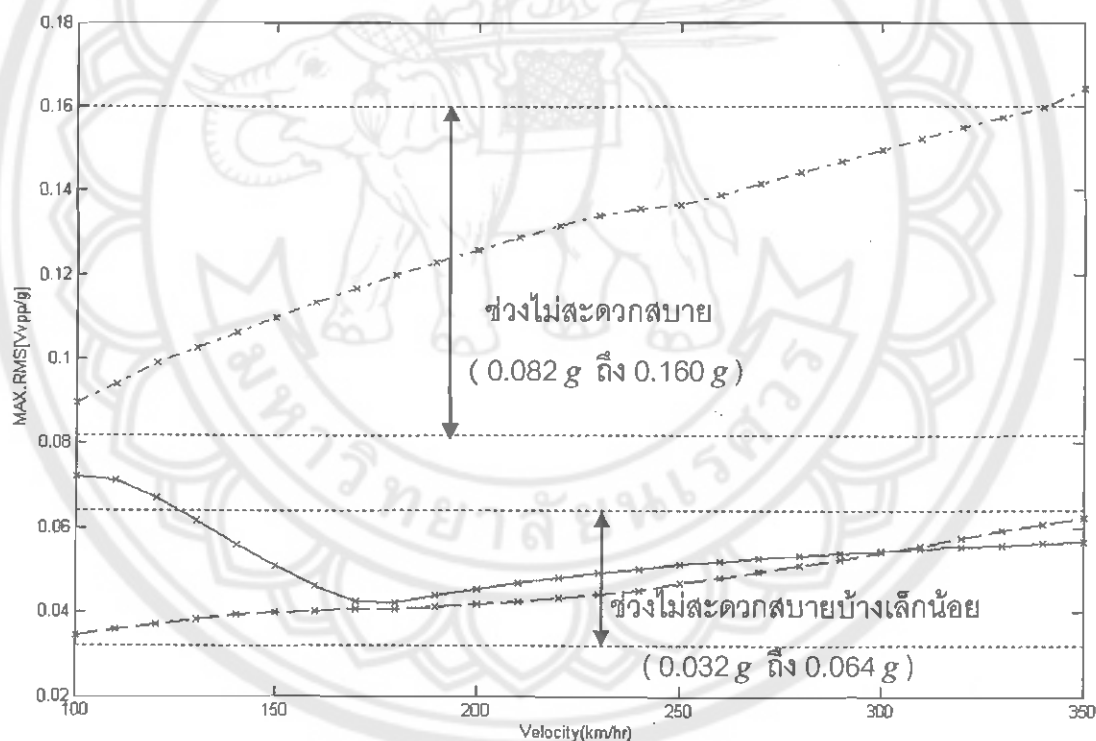
7 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0012081 ถึง 0.002053 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.001129 ถึง 0.0016959 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0098624 ถึง 0.015486 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 37 และ ภาพ 41 ในส่วน deceleration



ภาพ 41 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะ $V_p 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว ($-x-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 3$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 6$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 9$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -5$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -10$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

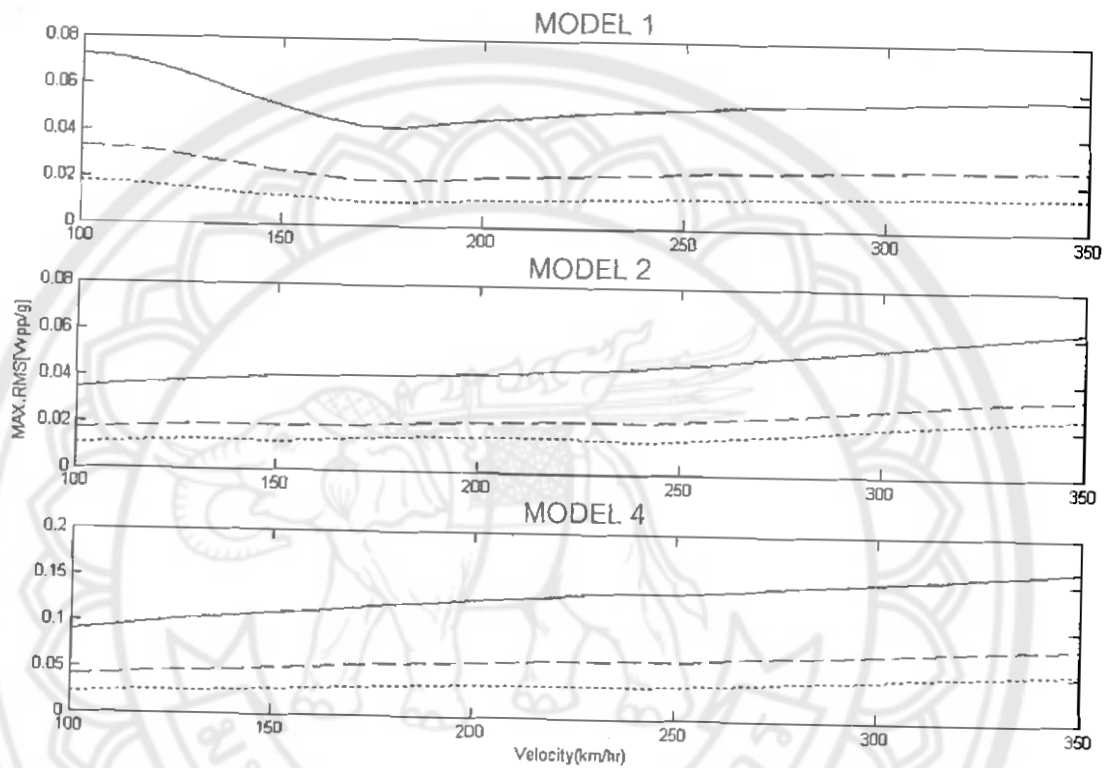
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

8 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A จะแสดงในภาพ 42 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้ยานพาหนะตามมาตรฐาน ISO 2631 แล้ว จะได้ว่า เนื่องจาก MODEL 4 ให้ค่าความแปรปรวนที่สูงมากจึงให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงมากโดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วอยู่ในช่วงไม่สะดวกสบาย (0.082 g ถึง 0.160 g) ถึงไม่สะดวกสบายมาก ขณะที่ MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่าจึงให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดน้อยกว่าโดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วอยู่ในช่วงไม่สะดวกสบายบ้างเล็กน้อย (0.032 g ถึง 0.064 g) ถึงเกือบจะไม่สะดวกสบาย



ภาพ 42 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO 2631 (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; -x·-, MODEL 4)

ดังนั้นจึงควรปรับค่าความขรุขระของพื้นผิวซึ่งผลของการเปลี่ยนค่าความขรุขระของพื้นผิวลดลงมาเป็น PSD B และ PSD C จะพบว่าค่าความแปรปรวนลดลงอย่างมากดังแสดงในภาพ 40 เมื่อนำไปคำนวณค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดจะได้ค่าที่น้อยลงดังแสดงในภาพ 43

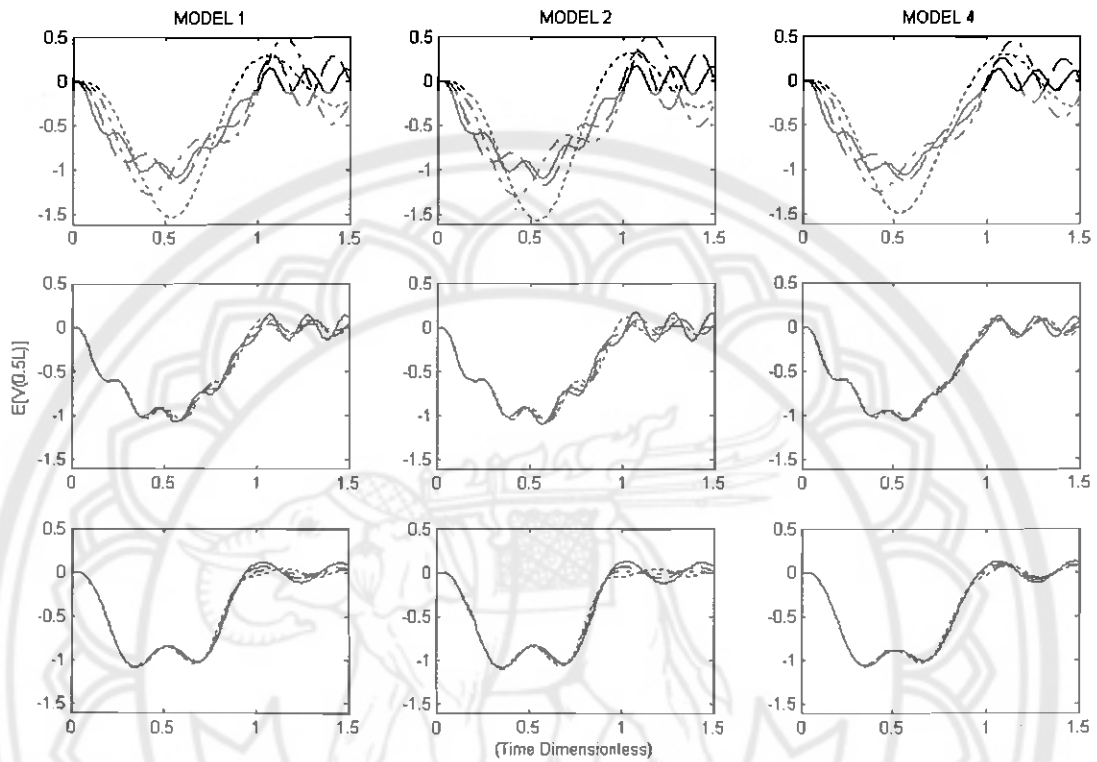


ภาพ 43 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง $V_v, 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน
(—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

ตาราง 2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนความเร่งทางแนวดิ่งสูงสุด V_{1pp}/g ของยานพาหนะในแบบต่างๆ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว
ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความเร่ง	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	0.0074403 g	0.0051594	0.0077675 g	0.0011511	0.0091501 g	0.007987	4.3973	17.8	22.98
160	0	0.0054002 g	0.0021204	0.010023 g	0.0015821	0.015266 g	0.012638	85.602	52.311	182.69
250	0	0.0061124 g	0.0025889	0.017297 g	0.0021415	0.022997 g	0.018423	182.99	32.954	276.24
350	0	0.0075316 g	0.0031501	0.026163 g	0.0035517	0.040116 g	0.026091	247.37	53.333	432.64
100	0	0.0074403 g	0.0051594	0.0077675 g	0.0011511	0.0091501 g	0.007987	4.3973	17.8	22.98
100	3	0.0078166 g	0.0060061	0.0083654 g	0.0014699	0.010647 g	0.010484	7.0207	27.272	36.207
100	6	0.0081776 g	0.0070232	0.0093602 g	0.0018144	0.012236 g	0.013463	14.461	30.729	49.634
100	9	0.0084105 g	0.0078901	0.010429 g	0.0021486	0.013713 g	0.016758	24.001	31.486	63.044
200	0	0.0049787 g	0.002053	0.012781 g	0.0016959	0.019388 g	0.015486	156.71	51.693	289.41
200	-5	0.0045568 g	0.0017408	0.011602 g	0.0015029	0.018089 g	0.013582	154.62	55.909	296.97
200	-10	0.0043784 g	0.0014701	0.010497 g	0.0013169	0.016788 g	0.011725	139.75	59.93	283.43
200	-15	0.0042831 g	0.0012081	0.0097698 g	0.001129	0.015351 g	0.0098624	128.1	57.13	258.42

วิเคราะห์ผลตอบสนองของการโค้งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ คานช่วงเดียว



ภาพ 44 แสดง time history ของค่าเฉลี่ยของการโค้งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียวบนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

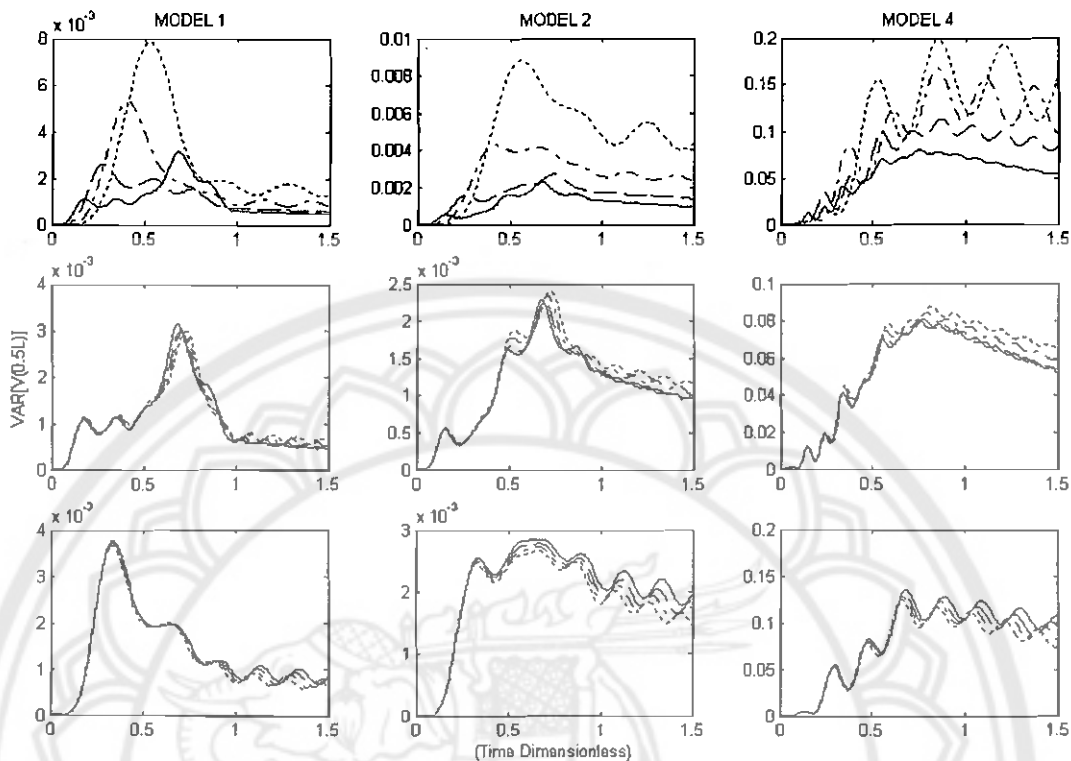
(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; -·-·-, $V = 250$ กม./ชม.;
-·-·-·-, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)



ภาพ 45 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

(—, $V = 100$ กม./ชม.; - - -, $V = 160$ กม./ชม.; - · - · - , $V = 250$ กม./ชม.; · · · · ·, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; - - -, $a = 3$ เมตร/วินาที²; - · - · - , $a = 6$ เมตร/วินาที²; · · · · ·, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

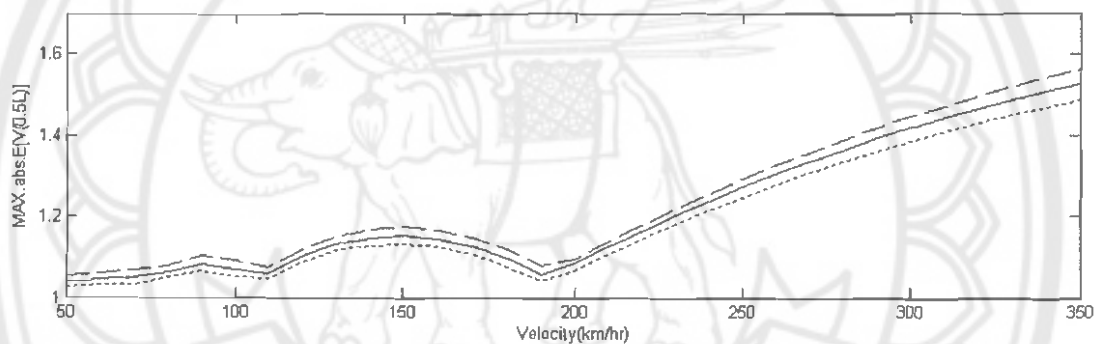
ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; - - -, $a = -5$ เมตร/วินาที²; - · - · - , $a = -10$ เมตร/วินาที²; · · · · ·, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

1 ผลตอบสนองของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางในภาพ 44 ค่าเฉลี่ย DAF ที่ได้จะมีค่าสอดคล้องกับเส้นอิทธิพลซึ่งเป็นค่าทางสถิต และในภาพ 45 เมื่อค่าความเร็วสูงขึ้นค่าความแปรปรวนของการโก่งตัวมีการขยับขึ้นลงที่รุนแรงมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0707 ถึง 1.5268 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0908 ถึง 1.5613 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0514 ถึง 1.4862 ซึ่งจากภาพ 46 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่กึ่งกลางคานโดยยานพาหนะทั้ง 3 แบบ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว

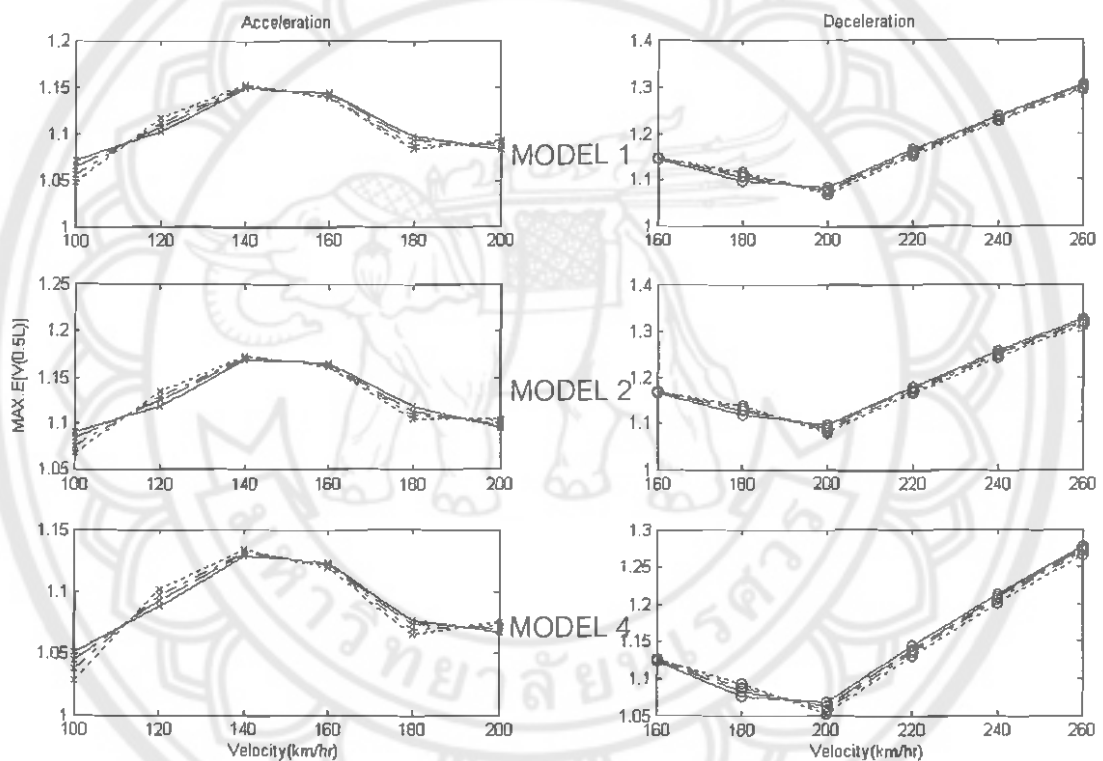


ภาพ 46 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว

(—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

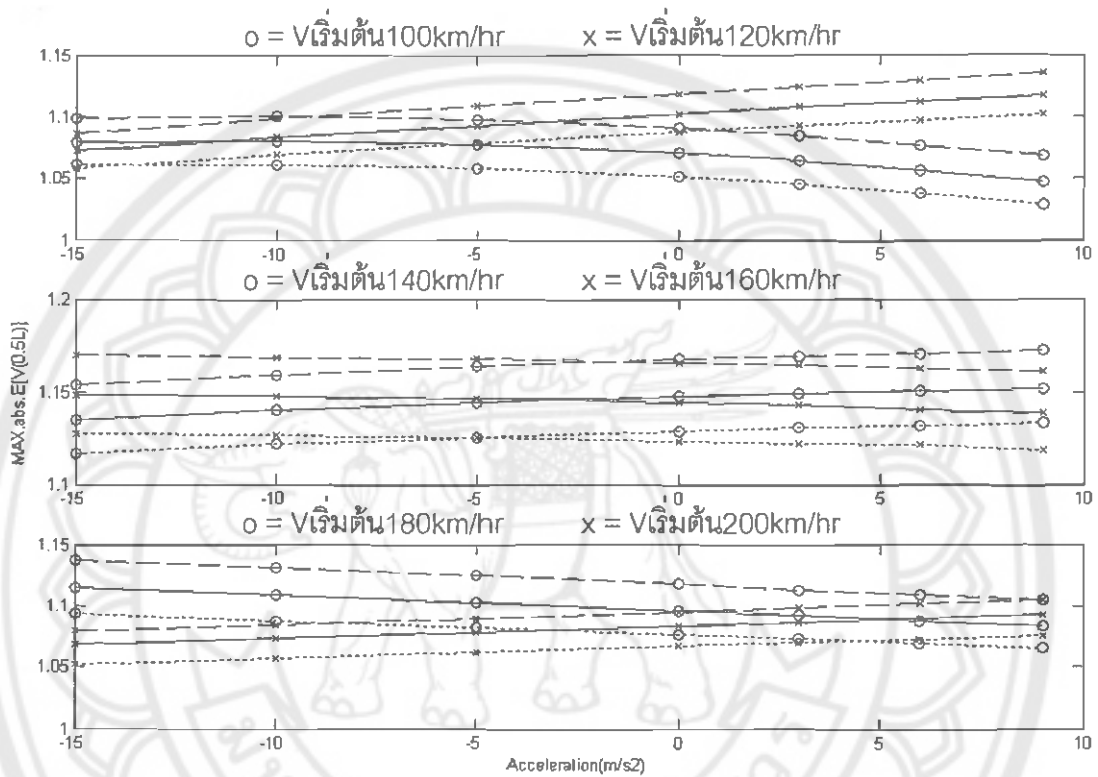
3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0707 ถึง 1.0441 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0908 ถึง 1.0637 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0514 ถึง 1.0269 ดังแสดงในภาพ 44 และภาพ 47 ในส่วน acceleration

4 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงลดความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0836 ถึง 1.0675 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0952 ถึง 1.0785 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.067 ถึง 1.0513 ดังแสดงในภาพ 44 และภาพ 47 ในส่วน deceleration



ภาพ 47 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพาน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว ($-x-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 3$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 6$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 9$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -5$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -10$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

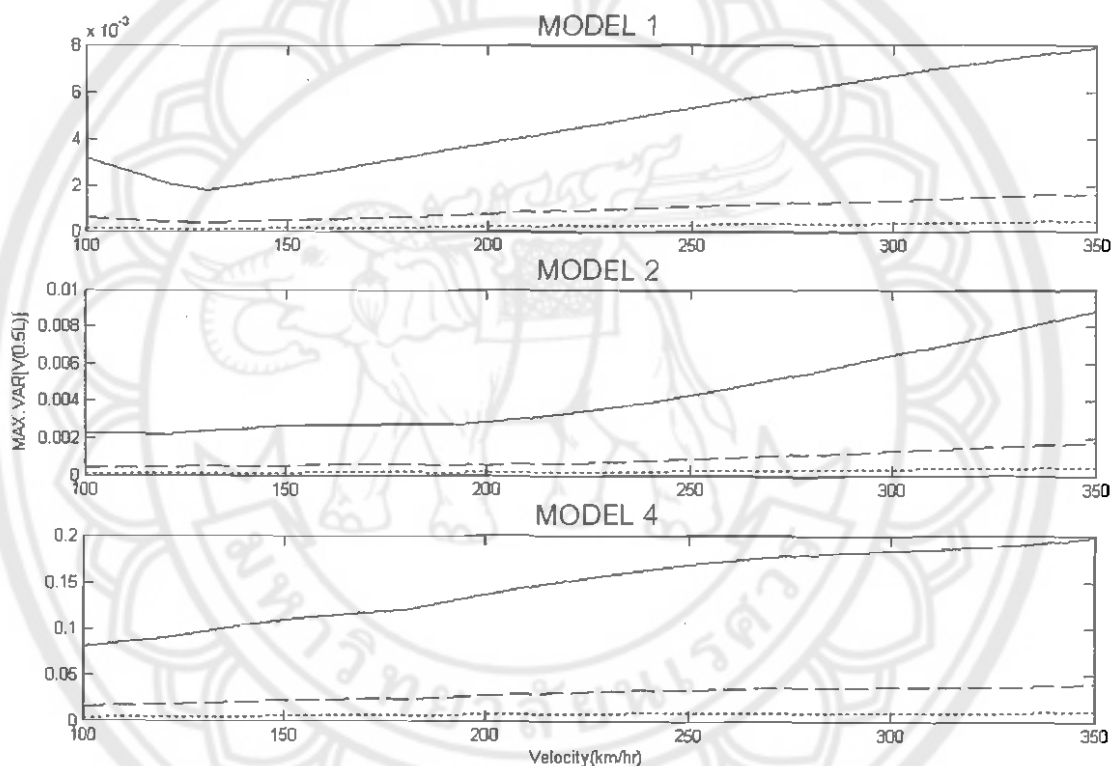
5 ผลของค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ เนื่องจากยานพาหนะมีความเร็วต่างกัน หากที่ความเร็วต้นแตกต่างกันอาจให้ผลไปในทิศทางที่แตกต่างกันได้ ดังแสดงในภาพ 48



ภาพ 48 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง -15 ถึง 9 เมตร/วินาที² ที่ความเร็วต้น 100-200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; ·····, MODEL 4)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

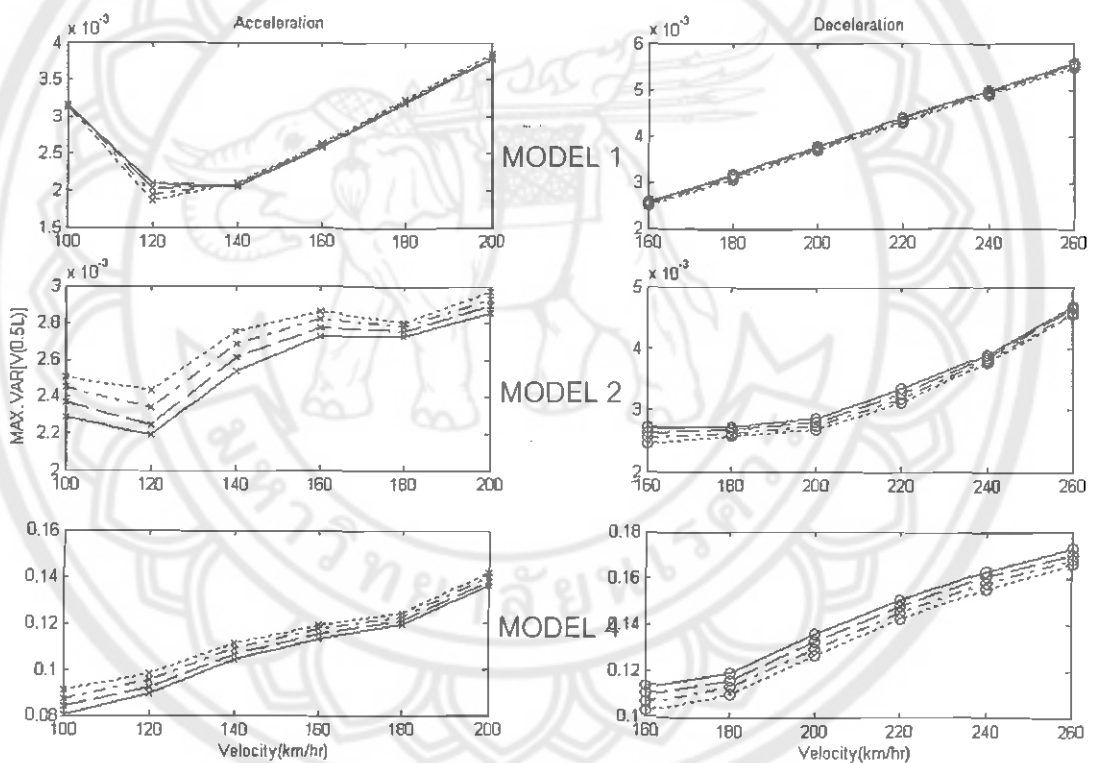
6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0031362 ถึง 0.0078474 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0022838 ถึง 0.008801 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.080256 ถึง 0.19857 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 49



ภาพ 49 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว (— , PSD A ; --- , PSD B ; , PSD C)

7 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0029846 ถึง 0.0031362 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0022838 ถึง 0.0024065 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.080256 ถึง 0.087542 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 45 และภาพ 50 ในส่วน acceleration

8 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0036708 ถึง 0.0037738 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0026642 ถึง 0.0028581 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.12489 ถึง 0.13585 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 45 และภาพ 50 ในส่วน deceleration

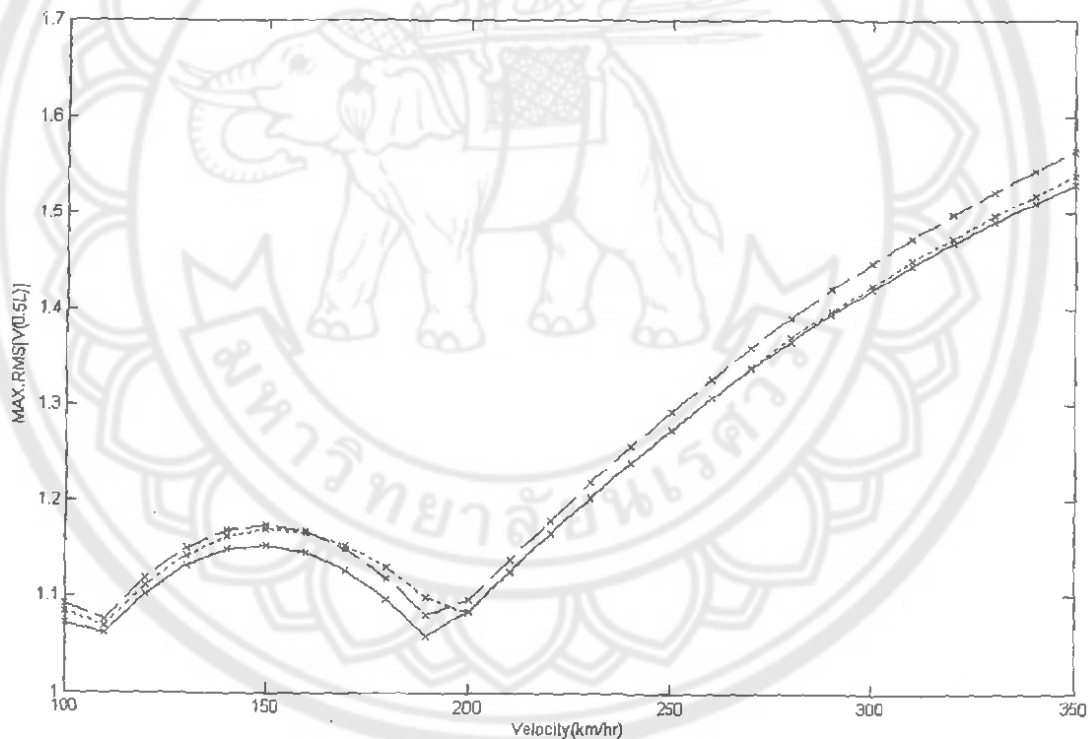


ภาพ 50 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว

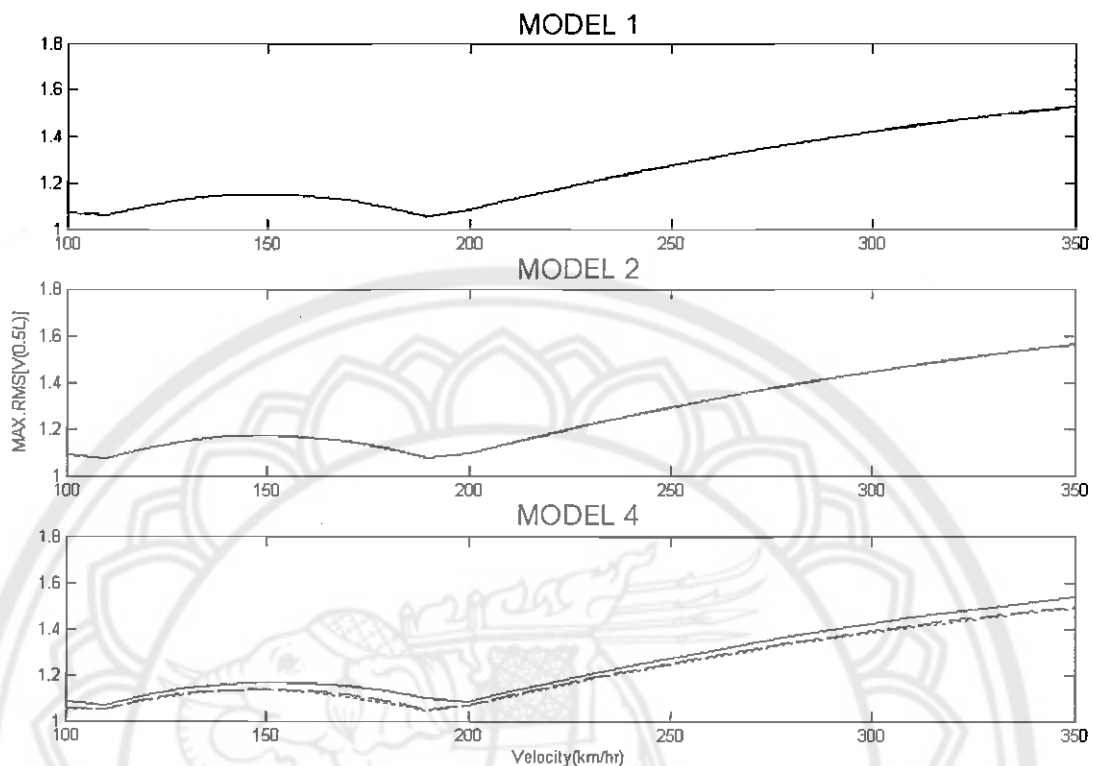
(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 -o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

9 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 51 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่าที่ความเร็วคงที่ 350 กม./ชม. MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.5293, 1.5641 และ 1.5378 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.5273, 1.5619 และ 1.4967 เท่า สำหรับ PSD B 1.5269, 1.5614 และ 1.4889 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมากดังแสดงในภาพ 52



ภาพ 51 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; ...x..., MODEL 4)

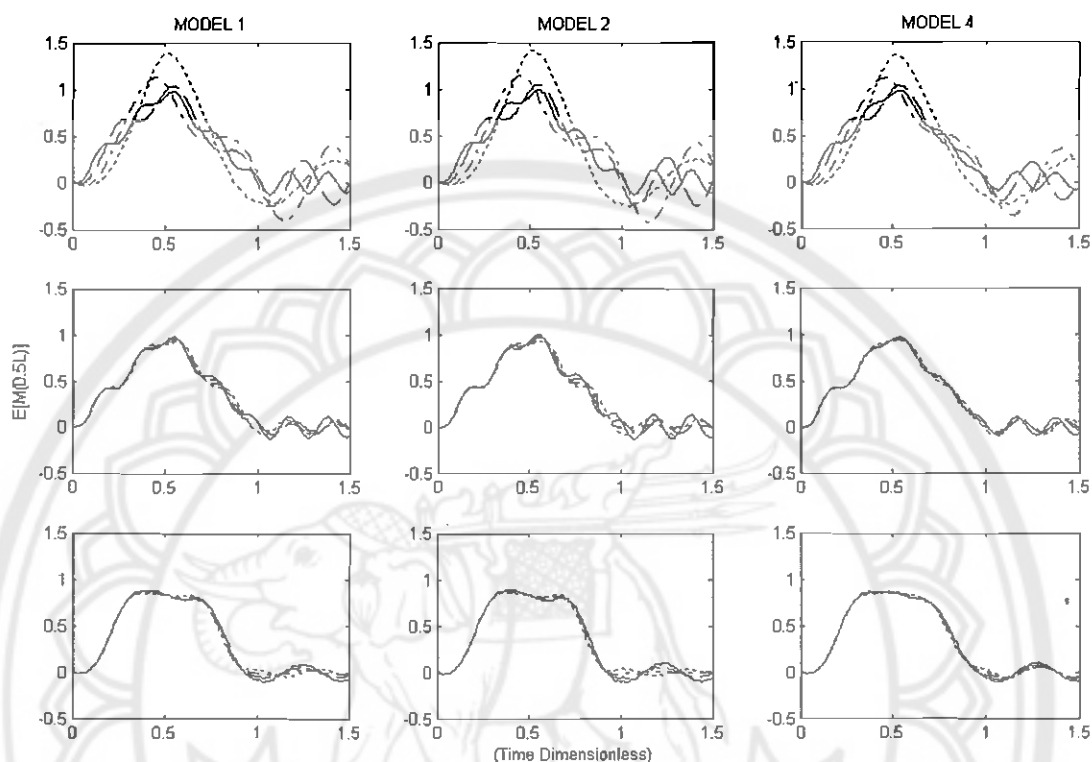


ภาพ 52 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน (—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

ตาราง 3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของการวิ่งตัวของพลาสมาที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ โดยยานพลาสมาเคลื่อนที่ผ่านสะพาน ช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความถี่	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	1.0707	0.0031362	1.0908	0.0022838	1.0514	0.080256	1.873	-3.6149	-1.8095
160	0	1.1439	0.0025926	1.1661	0.0027263	1.1236	0.1135	1.9372	-3.6454	-1.7789
250	0	1.2714	0.005286	1.2907	0.0042734	1.2462	0.16818	1.5163	-3.4463	-1.9823
350	0	1.5268	0.0078474	1.5613	0.008801	1.4862	0.19857	2.2626	-4.8069	-2.653
100	0	1.0707	0.0031362	1.0908	0.0022838	1.0514	0.080256	1.873	-3.6149	-1.8095
100	3	1.0607	0.002999	1.0799	0.0022688	1.0427	0.080756	1.8026	-3.4423	-1.7017
100	6	1.053	0.0030058	1.0724	0.0023456	1.0354	0.084213	1.842	-3.4543	-1.6759
100	9	1.0441	0.0029846	1.0637	0.0024065	1.0269	0.087542	1.8798	-3.4601	-1.6453
200	0	1.0836	0.0037738	1.0952	0.0028581	1.067	0.13585	1.0662	-2.576	-1.5373
200	-5	1.0771	0.003735	1.0885	0.0027837	1.0608	0.13095	1.0534	-2.5419	-1.5153
200	-10	1.0724	0.0037037	1.0835	0.0027235	1.0559	0.12778	1.0389	-2.5484	-1.536
200	-15	1.0675	0.0036708	1.0785	0.0026642	1.0513	0.12489	1.0305	-2.5248	-1.5203

วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ คานช่วงเดียว



ภาพ 53 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย DAF ของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$

เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

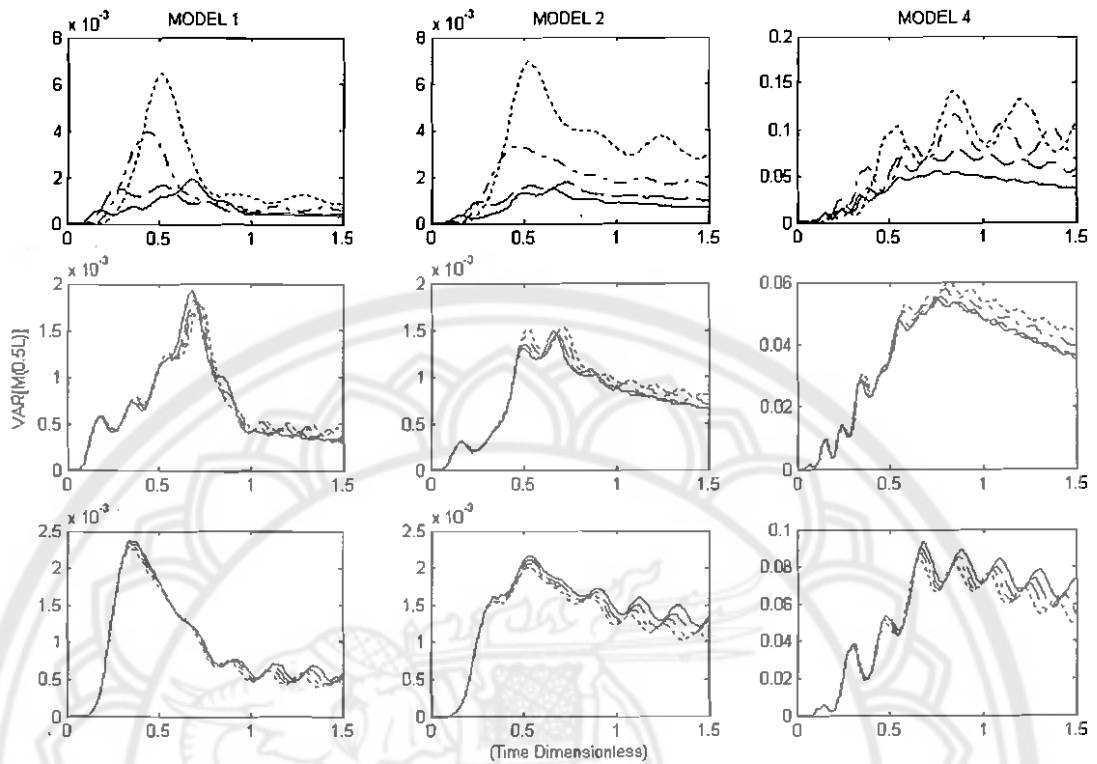
(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; - - - -, $V = 250$ กม./ชม.;
; $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
 - - - -, $a = 6$ เมตร/วินาที²;; $a = 9$ เมตร/วินาที²)

ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 - - - -, $a = -10$ เมตร/วินาที²;; $a = -15$ เมตร/วินาที²)



ภาพ 54 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; -·-·-, $V = 250$ กม./ชม.;
-·-·-·-, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

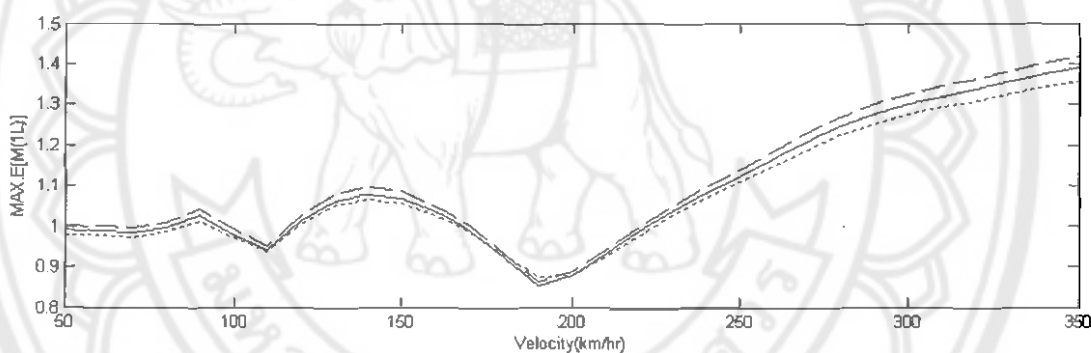
ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

1 ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานในภาพ 53 ค่าเฉลี่ย DAF ที่ได้จะมีค่าสอดคล้องกับเส้นอิทธิพลซึ่งเป็นค่าทางสถิต และในภาพ 54 เมื่อค่าความเร็วสูงขึ้นค่าความแปรปรวนของการโก่งตัวมีการขยับขึ้นลงที่รุนแรงมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

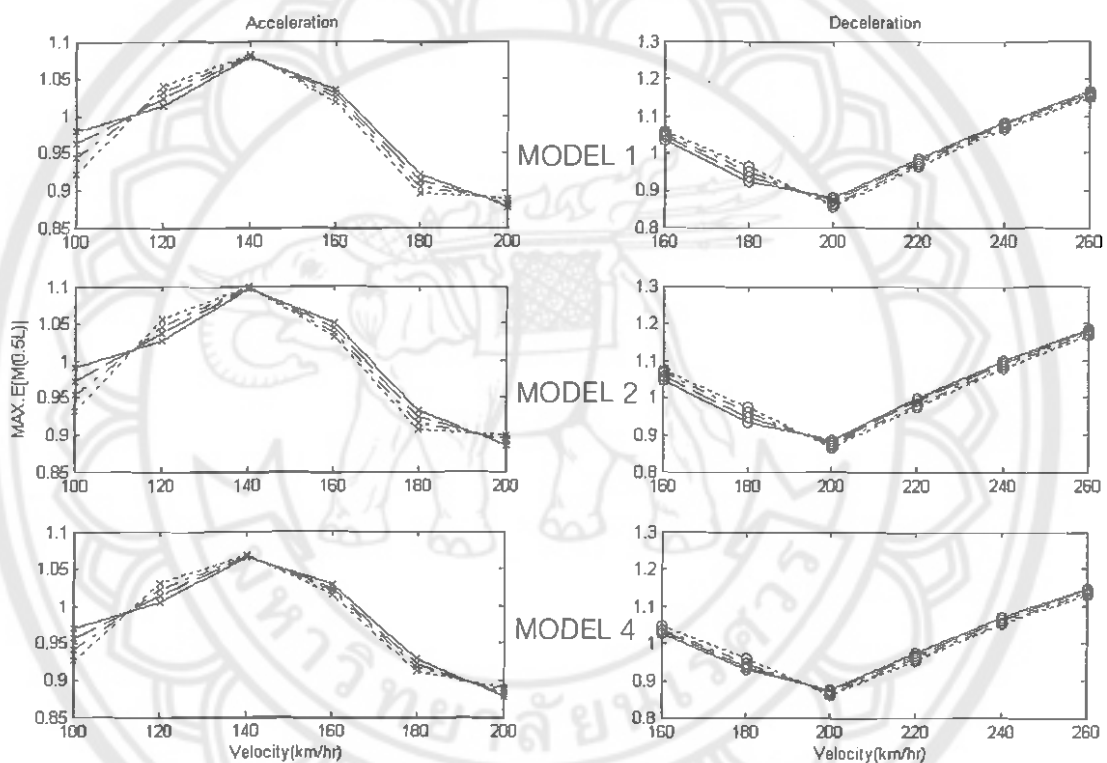
2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.97861 ถึง 1.3911 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.99119 ถึง 1.4188 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.97126 ถึง 1.3581 ซึ่งจากภาพ 55 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่กึ่งกลางคานโดยยานพาหนะทั้ง 3 แบบ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว



ภาพ 55 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.92069 ถึง 0.97861 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.92966 ถึง 0.99119 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.9276 ถึง 0.97126 ดังแสดงในภาพ 53 และภาพ 56 ในส่วน acceleration

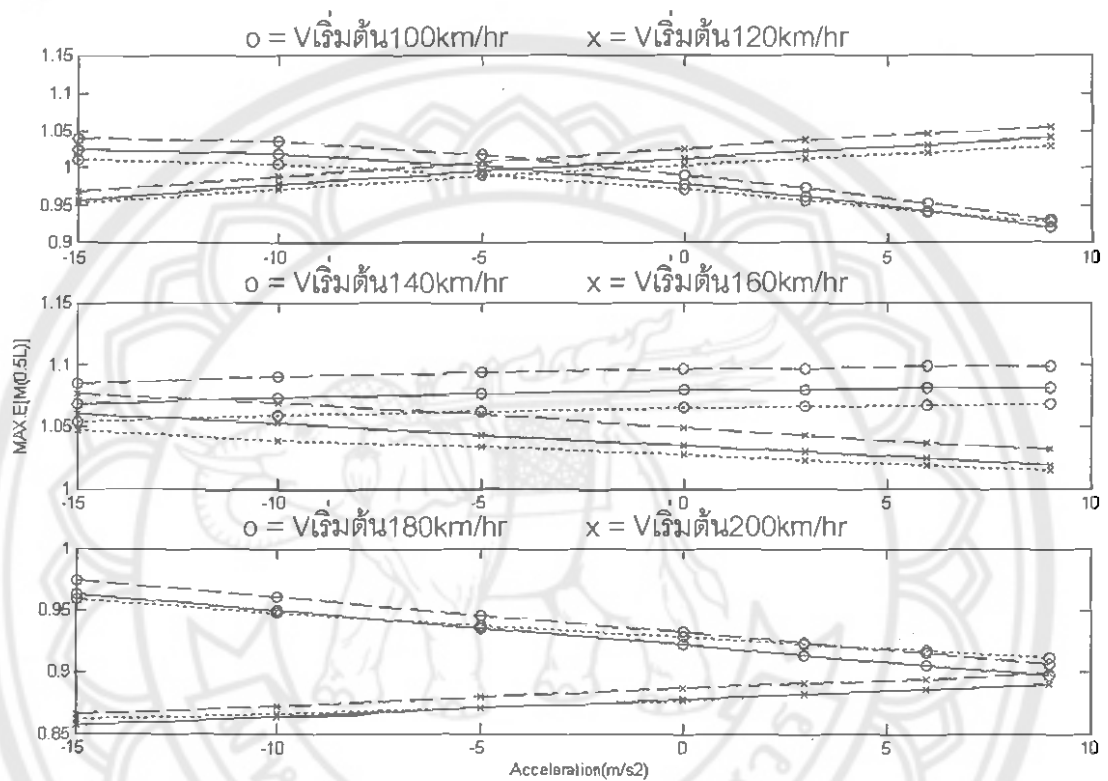
4 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.8563 ถึง 0.8779 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.86489 ถึง 0.88687 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.8632 ถึง 0.87714 ดังแสดงในภาพ 53 และภาพ 56 ในส่วน deceleration



ภาพ 56 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L,t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 --o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

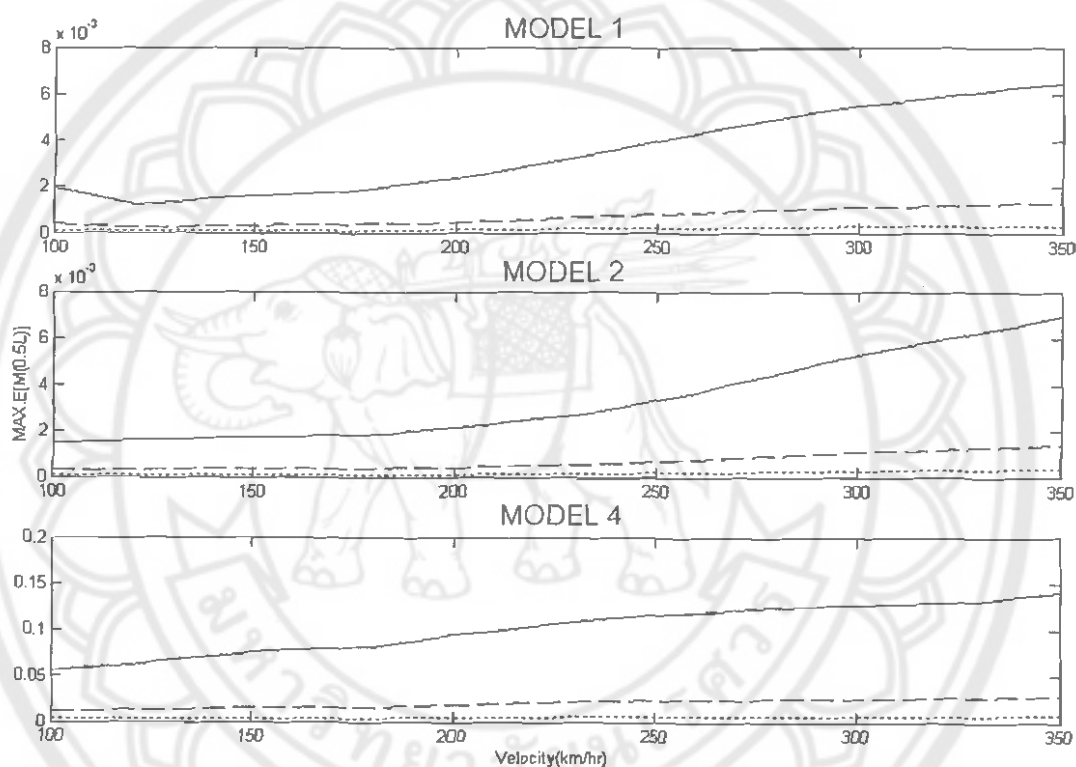
5 ผลของค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ เนื่องจากมียานพาหนะมีความเร็วต่างกัน หากที่ความเร็วต้นแตกต่างกันอาจให้ผลไปในทิศทางที่แตกต่างกันได้เช่นกัน ดังแสดงในภาพ 57



ภาพ 57 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว -15 ถึง 9 เมตร/วินาทีที่ความเร็วต้น 100-200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; MODEL 4)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

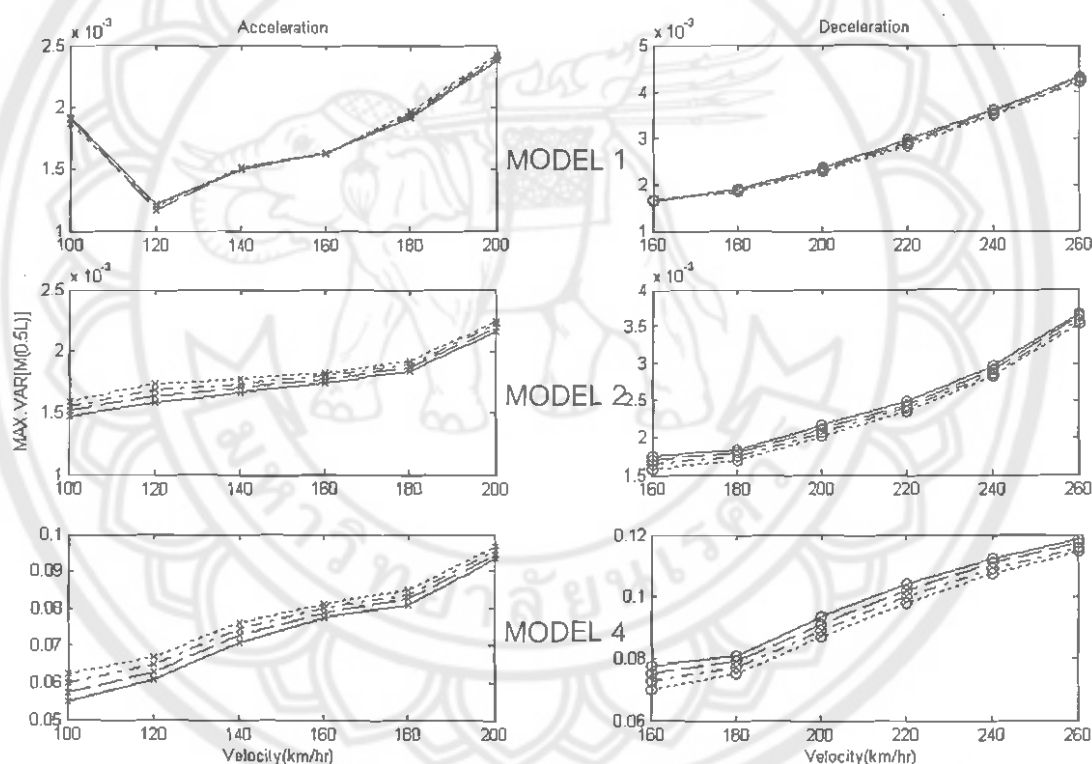
6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0019194 ถึง 0.0064477 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.001474 ถึง 0.0069283 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.05482 ถึง 0.14024 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 58



ภาพ 58 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็วที่ตำแหน่ง 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว
(— , PSD A ; - - - , PSD B ; , PSD C)

7 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0017809 ถึง 0.0019194 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0014539 ถึง 0.0015261 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.05482 ถึง 0.059937 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงใน ภาพ 54 และภาพ 59 ในส่วน acceleration

8 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0022863 ถึง 0.0023775 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0020095 ถึง 0.0021597 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.08581 ถึง 0.093384 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงใน ภาพ 54 และภาพ 59 ในส่วน acceleration

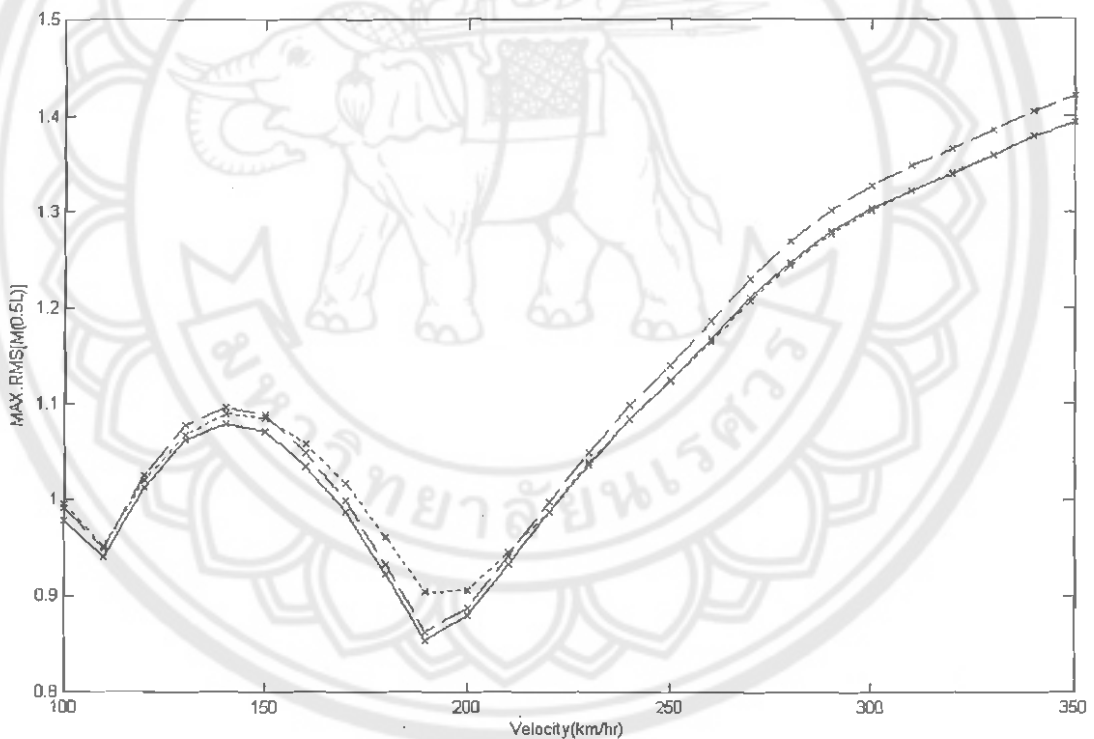


ภาพ 59 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว

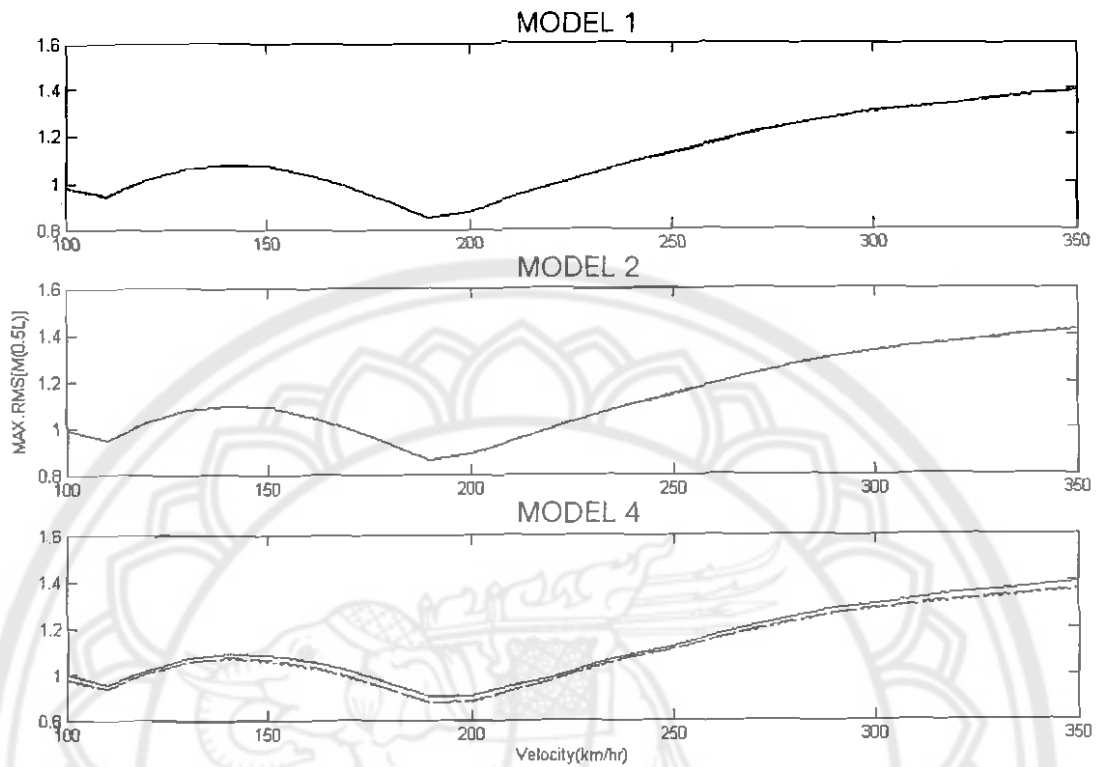
(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -.-x-., $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 -.-o-., $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

9 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 60 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่าที่ความเร็วคงที่ 350 กม./ชม. MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.3935, 1.4213 และ 1.3932 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.3916, 1.4193 และ 1.3652 เท่า สำหรับ PSD B 1.3913, 1.4189 และ 1.3598 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมากดังแสดงในภาพ 61



ภาพ 60 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -*- , MODEL 2; ---x--- , MODEL 4)

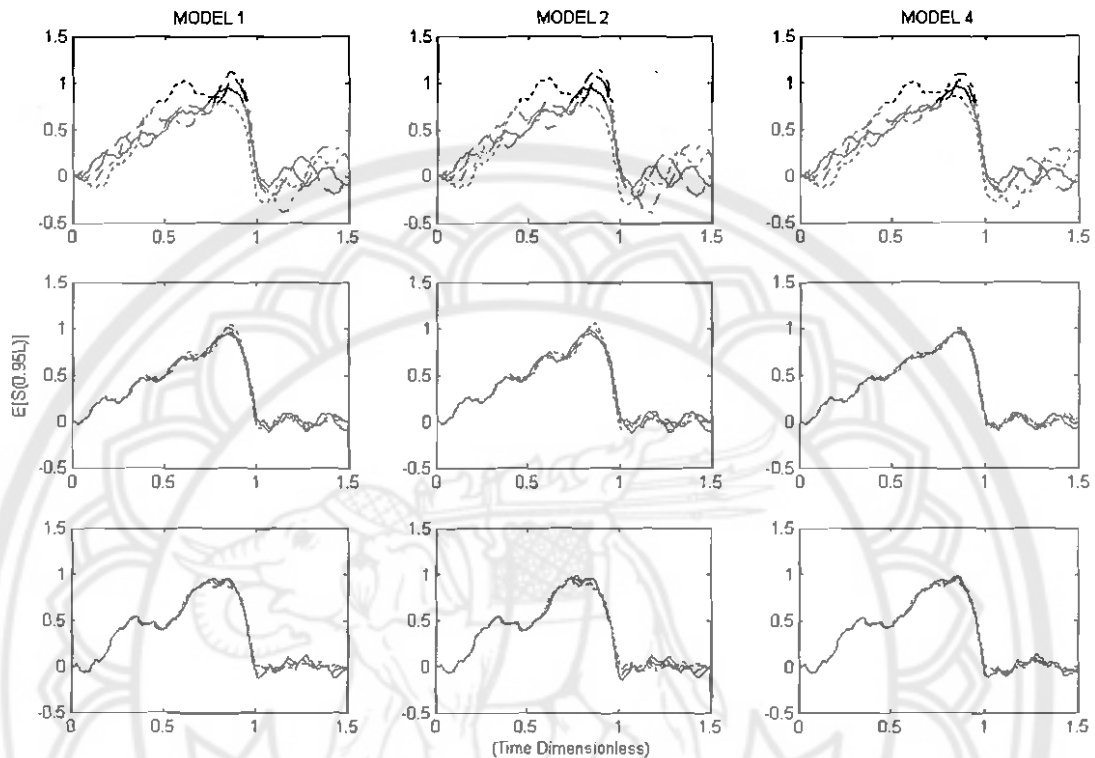


ภาพ 61 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน (—, PSD A; ---, PSD B; , PSD C)

ตาราง 4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเดลที่ติดตั้งหม้อกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ โดย्यानพหุนามเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ ความถี่กระแส PSD A

ความเร็ว	ความถี่	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	0.97861	0.0019194	0.99119	0.001474	0.97126	0.05482	1.2853	-2.0113	-0.75177
160	0	1.0349	0.0016384	1.0494	0.0017469	1.0274	0.077546	1.4056	-2.1036	-0.72759
250	0	1.123	0.0039686	1.1391	0.0033211	1.1098	0.11594	1.432	-2.5727	-1.1776
350	0	1.3911	0.0064477	1.4188	0.0069283	1.3581	0.14024	1.9895	-4.2827	-2.3784
100	0	0.97861	0.0019194	0.99119	0.001474	0.97126	0.05482	1.2853	-2.0113	-0.75177
100	3	0.96014	0.0018152	0.97055	0.0014539	0.95569	0.055197	1.0845	-1.531	-0.46304
100	6	0.9411	0.0018001	0.95116	0.0014922	0.94157	0.057649	1.0694	-1.0085	0.05011
100	9	0.92069	0.0017809	0.92966	0.0015261	0.9276	0.059937	0.97444	-0.22241	0.74986
200	0	0.8779	0.0023775	0.88687	0.0021597	0.87714	0.093384	1.0226	-1.0981	-0.086699
200	-5	0.8707	0.0023455	0.87937	0.0021055	0.87241	0.089925	0.99574	-0.79106	0.1968
200	-10	0.86336	0.0023163	0.87171	0.0020581	0.86727	0.08774	0.9672	-0.50933	0.45294
200	-15	0.8563	0.0022863	0.86489	0.0020095	0.8632	0.08581	1.0032	-0.19468	0.80657

วิเคราะห์ผลตอบสนองของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ คานช่วงเดียว



ภาพ 62 แสดง time history ของค่าเฉลี่ย DAF ของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

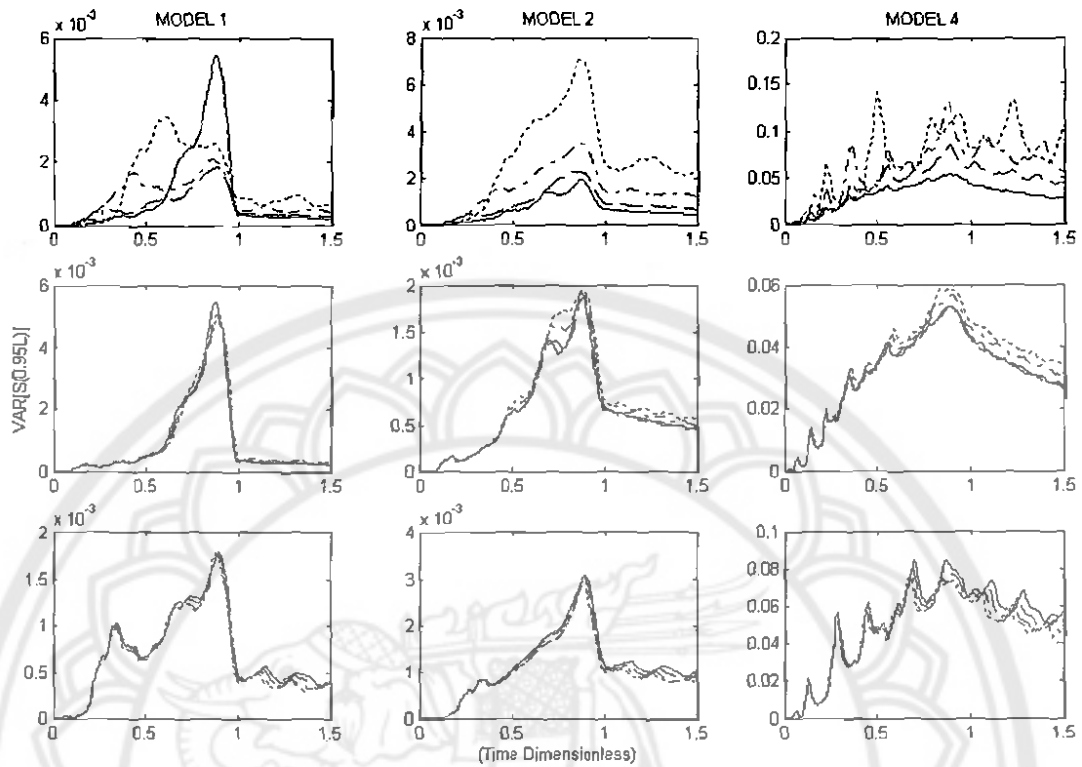
(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; - - - -, $V = 250$ กม./ชม.;
 , $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
 - - - -, $a = 6$ เมตร/วินาที²; , $a = 9$ เมตร/วินาที²)

ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 - - - -, $a = -10$ เมตร/วินาที²; , $a = -15$ เมตร/วินาที²)



ภาพ 63 แสดง time history ของค่าความแปรปรวนของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว บนความขรุขระ PSD A

ในแถว 1 แสดงผลช่วงความเร็วคงที่

(—, $V = 100$ กม./ชม.; ---, $V = 160$ กม./ชม.; -·-·-, $V = 250$ กม./ชม.;
-·-·-·-, $V = 350$ กม./ชม.)

ในแถว 2 แสดงผลช่วงเพิ่มความเร็ว

($V = 100$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = 3$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = 9$ เมตร/วินาที²)

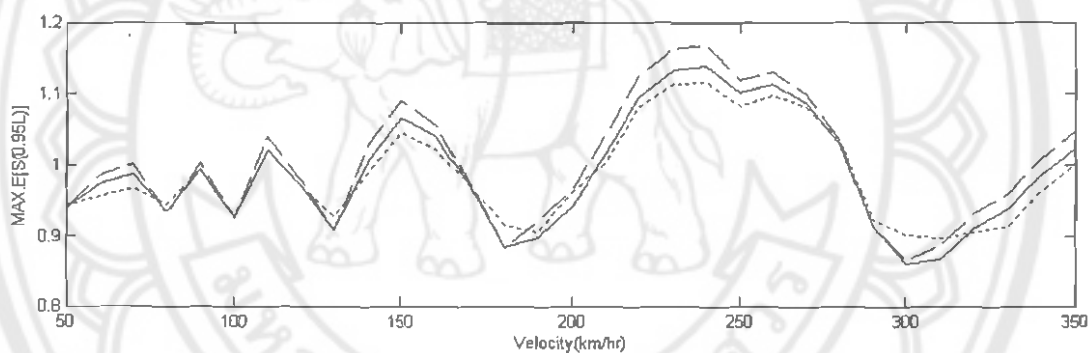
ในแถว 3 แสดงผลช่วงลดความเร็ว

($V = 200$ กม./ชม., —, $a = 0$ เมตร/วินาที²; ---, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
-·-·-, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -·-·-·-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

1 ผลตอบสนองของแรงเฉือนที่ตำแหน่งตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคานในภาพ 62 ค่าเฉลี่ย DAF ที่ได้จะมีค่าสอดคล้องกับเส้นอิทธิพลซึ่งเป็นค่าทางสถิต และในภาพ 63 เมื่อค่าความเร็วสูงขึ้นค่าความแปรปรวนของการโก่งตัวมีการขยับขึ้นลงที่รุนแรงมากขึ้น

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

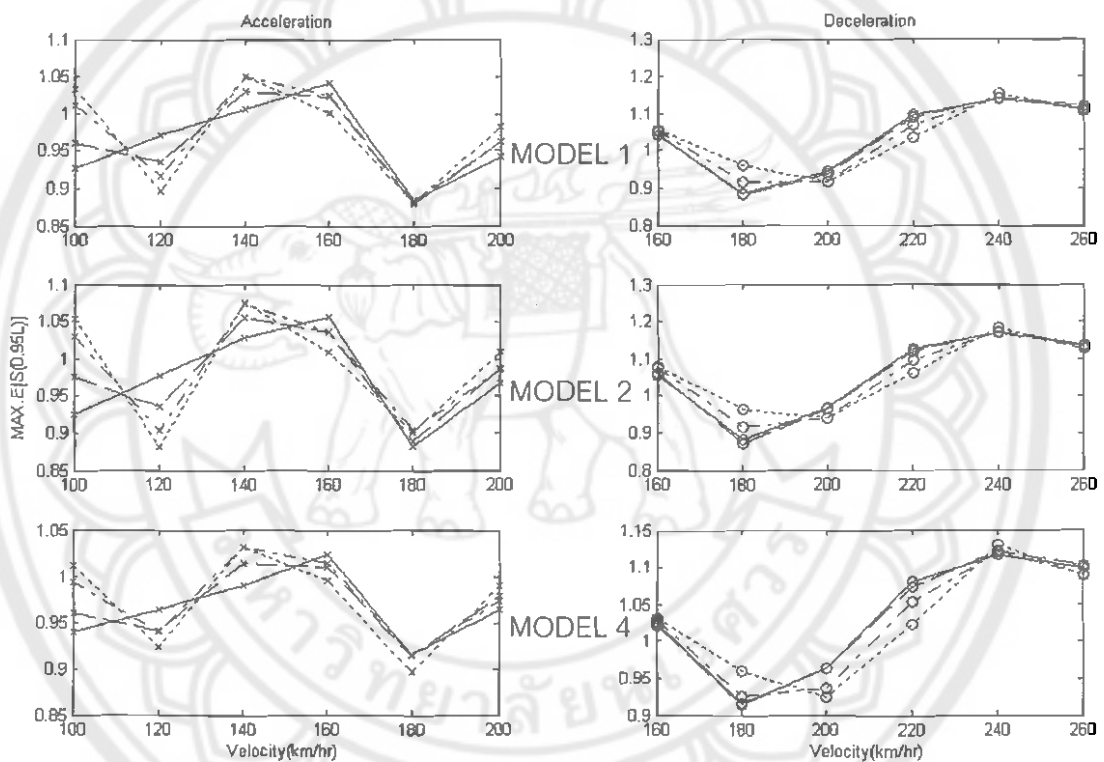
2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.93619 ถึง 1.1131 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.93557 ถึง 1.1318 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.94998 ถึง 1.0942 ซึ่งจากภาพ 64 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่กึ่งกลางคานโดยยานพาหนะทั้ง 3 แบบ เคลื่อนที่ผ่านสะพานช่วงเดียว



ภาพ 64 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.93619 ถึง 1.0294 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.93557 ถึง 1.0491 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.94998 ถึง 1.0093 ดังแสดงในภาพ 62 และภาพ 65 ในส่วน acceleration

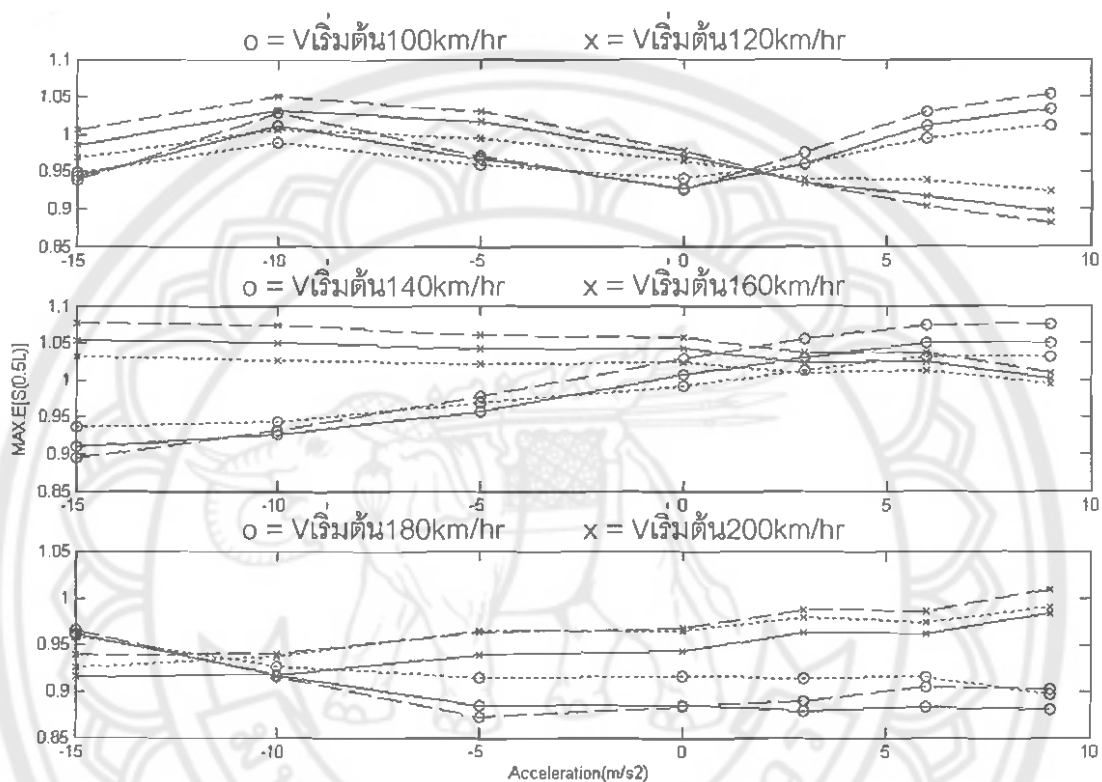
4 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.91406 ถึง 0.9523 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.9371 ถึง 0.97711 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.92618 ถึง 0.97378 ดังแสดงในภาพ 62 และภาพ 65 ในส่วน deceleration



ภาพ 65 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานช่วงเดียว

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 --o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

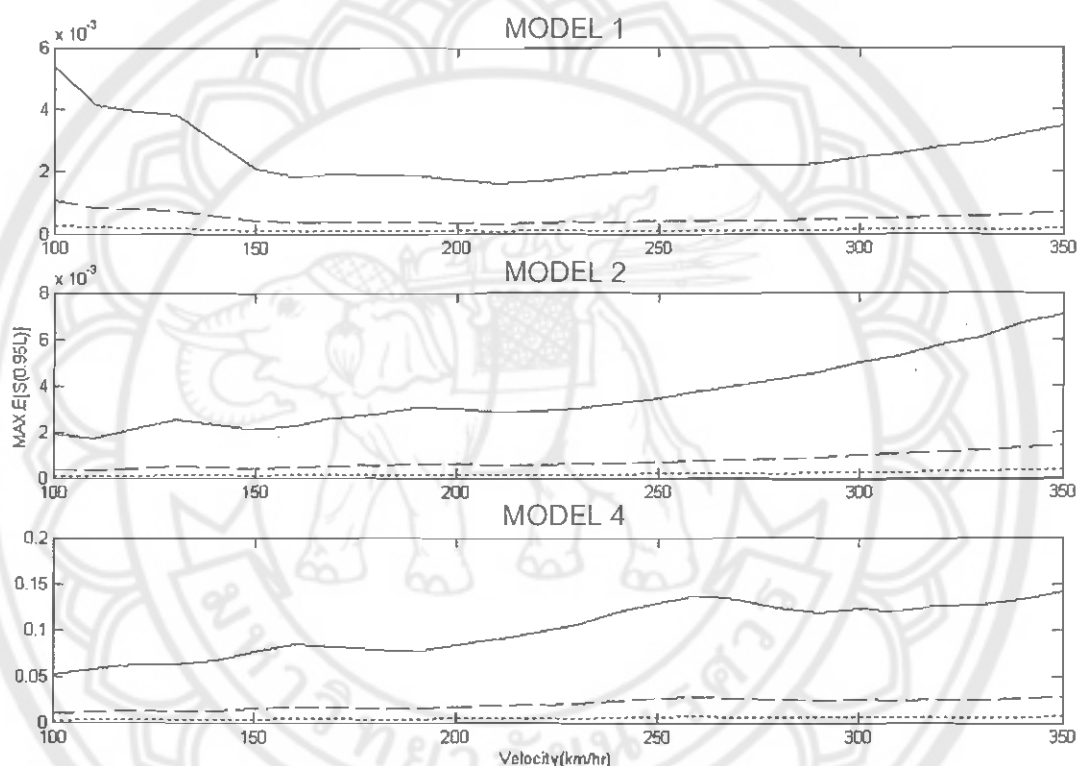
5 ผลของค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ เนื่องจากมียานพาหนะมีความเร็ว นั้น หากที่ความเร็วต้นแตกต่างกันอาจให้ผลไปในทิศทางที่แตกต่างกันได้เช่นกัน ดังแสดงในภาพ 66



ภาพ 66 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร่งกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง -15 ถึง 9 เมตร/วินาที² ที่ความเร็วต้น 100 - 200 กม./ชม. ผ่านสะพานช่วงเดียว (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; MODEL 4)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่ สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0018329 ถึง 0.0054687 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0019405 ถึง 0.0070651 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.052875 ถึง 0.14093 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 67

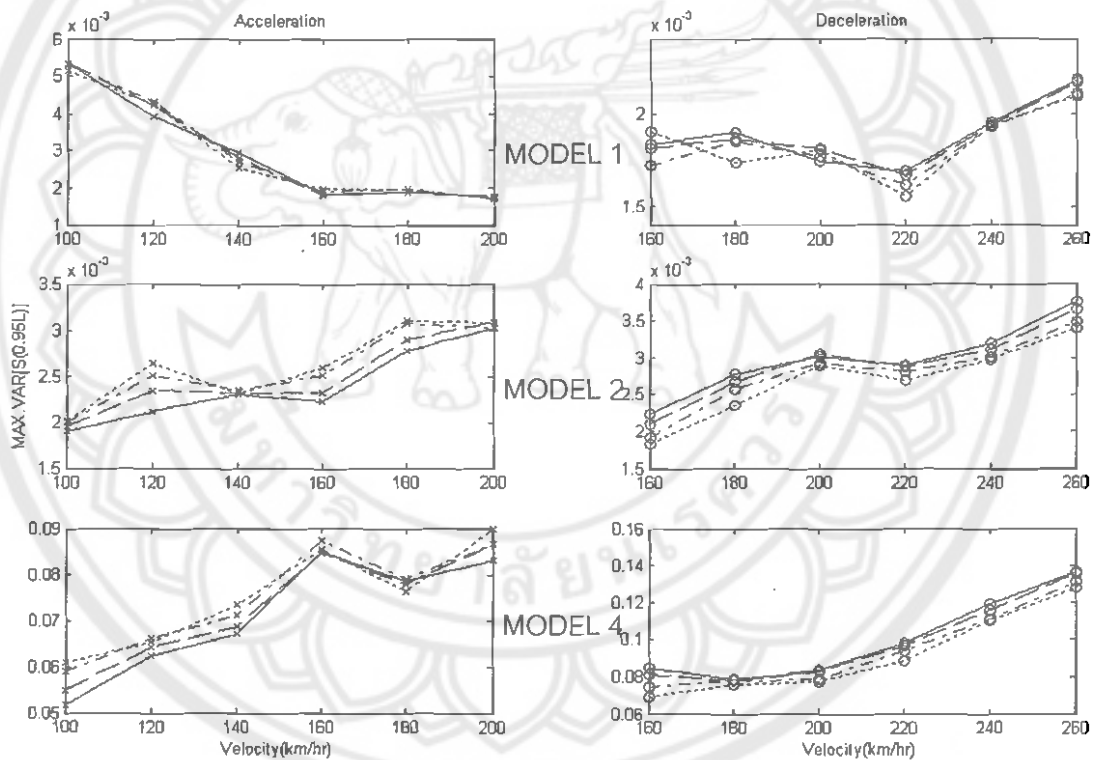


ภาพ 67 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง ใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะ ในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว

(—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

7 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0048973 ถึง 0.0054687 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0018619 ถึง 0.0019405 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.052823 ถึง 0.058756 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 63 และภาพ 68 ในส่วน acceleration

8 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0017463 ถึง 0.0017844 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0028446 ถึง 0.0030845 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0762 ถึง 0.084968 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 63 และภาพ 68 ในส่วน acceleration

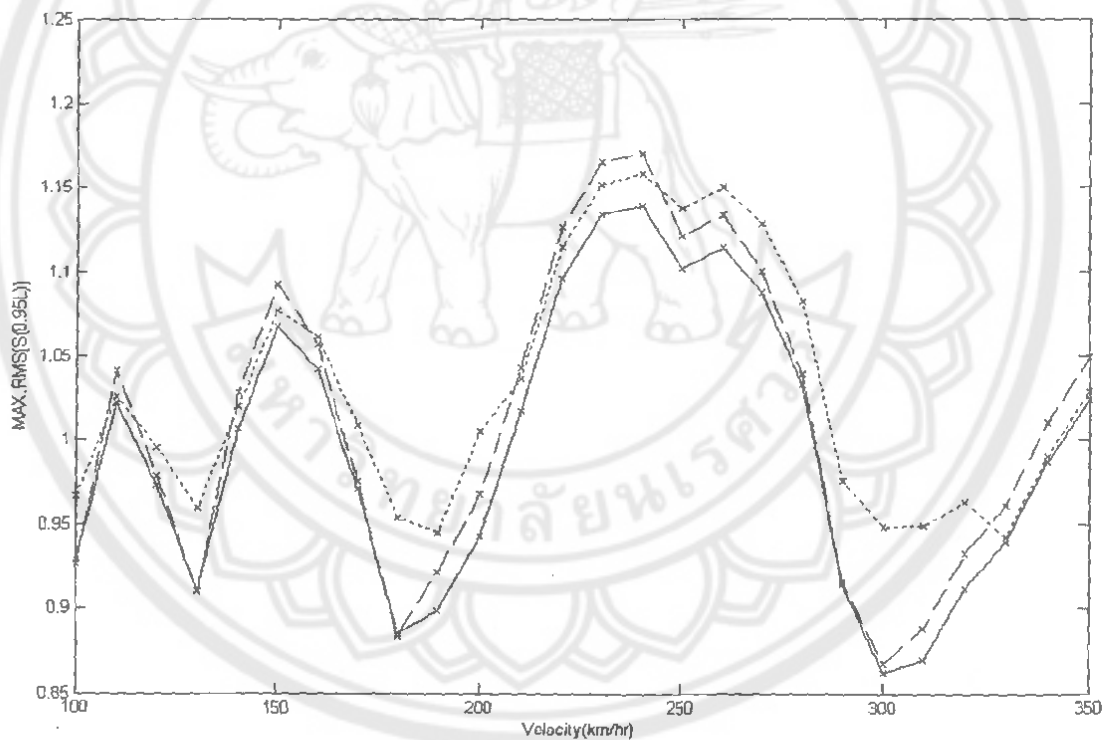


ภาพ 68 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานช่วงเดียว

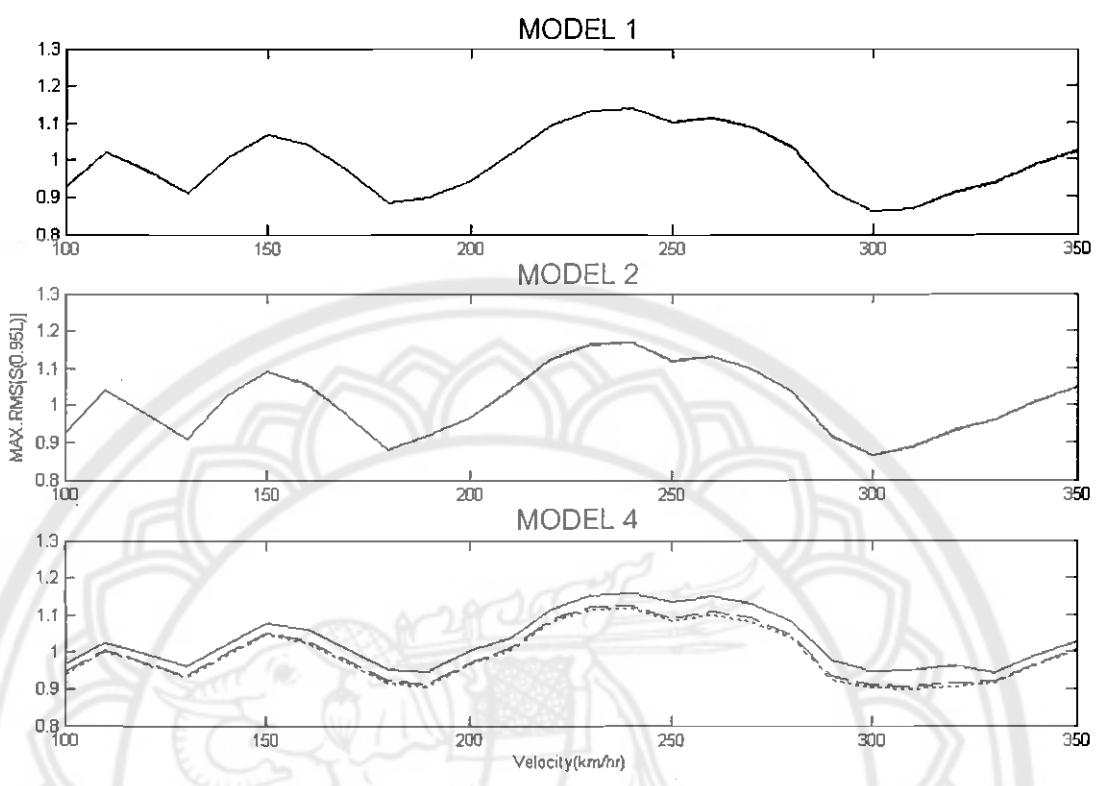
(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 --o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

9 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 69 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่า MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.1393, 1.17 และ 1.1583 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.1386, 1.1689 และ 1.1252 เท่า สำหรับ PSD B 1.1385, 1.1687 และ 1.119 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมากดังแสดงในภาพ 70



ภาพ 69 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; ----x----, MODEL 4)



ภาพ 70 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง
ใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะ
เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานช่วงเดียว ที่ความขรุขระแตกต่างกัน
(—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

ตาราง 5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคาน S(0.95L,t) โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพาน
ช่วงเดียว ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความถี่	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	0.93619	0.0054687	0.93557	0.0019405	0.94998	0.052875	-0.066709	1.541	1.4733
160	0	1.0414	0.0018329	1.0564	0.0022292	1.0234	0.084985	1.4409	-3.1261	-1.7303
250	0	1.1131	0.0020909	1.1318	0.0034925	1.0942	0.13201	1.6819	-3.317	-1.6909
350	0	1.0222	0.0034592	1.047	0.0070651	1.0015	0.14093	2.4195	-4.3397	-2.0253
100	0	0.93619	0.0054687	0.93557	0.0019405	0.94998	0.052875	-0.066709	1.541	1.4733
100	3	0.95889	0.0050425	0.97387	0.0018619	0.96074	0.052823	1.5621	-1.3482	0.19281
100	6	1.0095	0.0050379	1.0271	0.0019221	0.99311	0.056737	1.7417	-3.3105	-1.6264
100	9	1.0294	0.0048973	1.0491	0.0019359	1.0093	0.058756	1.9107	-3.7896	-1.9513
200	0	0.9523	0.0017769	0.97711	0.0030845	0.97378	0.084968	2.6054	-0.34082	2.2557
200	-5	0.9384	0.0017844	0.96089	0.0030085	0.9645	0.08152	2.3967	0.37622	2.782
200	-10	0.91505	0.0017463	0.9383	0.0028805	0.93785	0.077339	2.5411	-0.047227	2.4927
200	-15	0.91406	0.0017782	0.9371	0.0028446	0.92618	0.0762	2.5202	-1.1646	1.3263

4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบสนองของระบบเมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง

การวิเคราะห์ผลจะพิจารณาถึงค่าสูงสุดเนื่องจากเป็นค่ากำหนดในการออกแบบโดยแยกวิเคราะห์ดังนี้

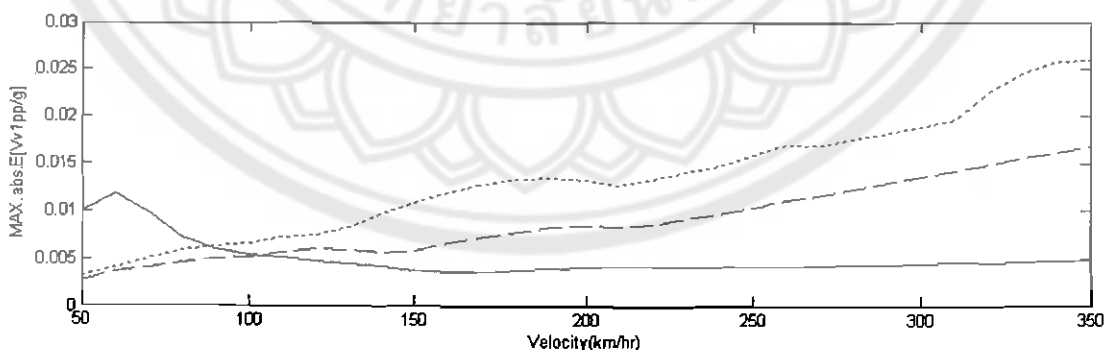
วิเคราะห์ผลตอบสนองของยานพาหนะจะพิจารณาถึงความเร่งทางแนวดิ่ง โดยใช้มาตรฐาน ISO 2631 เป็นข้อบ่งบอกถึงความรู้สึกของผู้โดยสาร

วิเคราะห์ผลตอบสนองทางโครงสร้าง โดยแยกได้ดังนี้

- วิเคราะห์ผลตอบสนองของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$
- วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$
- วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(1L, t)$
- วิเคราะห์ผลตอบสนองของแรงเฉือนที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L, t)$

วิเคราะห์ผลตอบสนองความเร่งทางแนวดิ่งของยานพาหนะกรณีคานสองช่วง
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

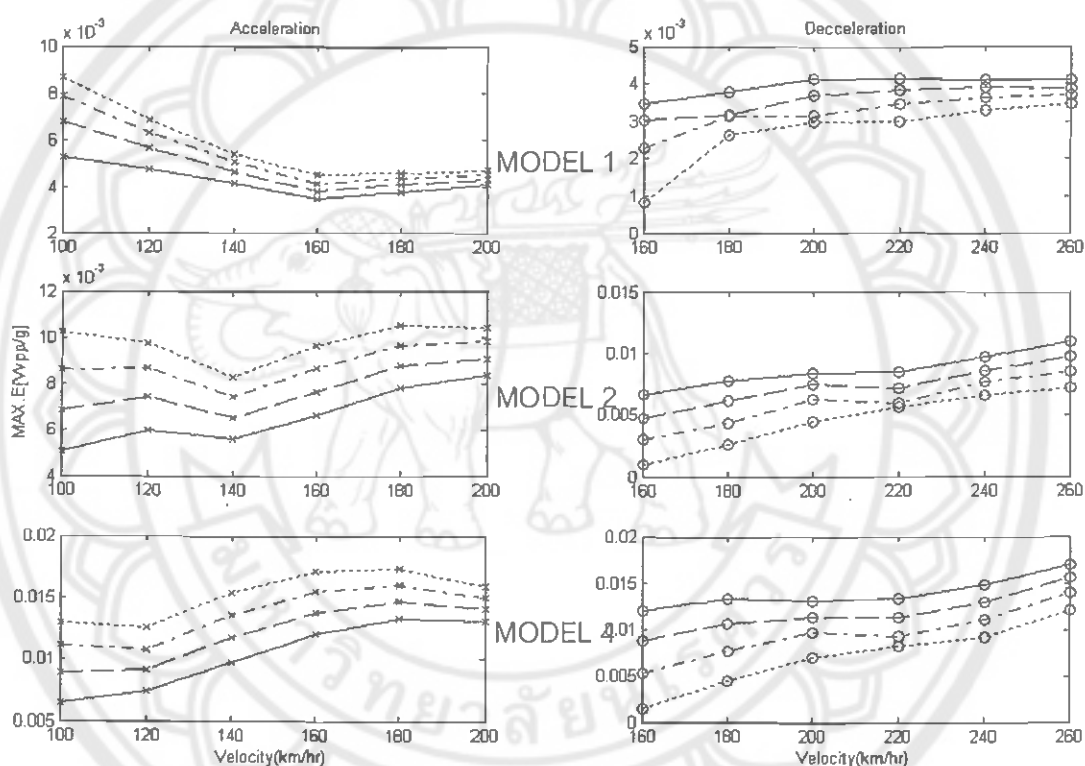
1 ค่าเฉลี่ยสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0034687 g ถึง 0.0052901 g MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0050601 g ถึง 0.016801 g และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0064999 g ถึง 0.026025 g แสดงในตาราง 71



ภาพ 71 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง V_{1pp}/g เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0052901 g ถึง 0.0085505 g MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0050601 g ถึง 0.010137 g และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0064999 g ถึง 0.012973 g ดังแสดงในภาพ 72 ในส่วน acceleration

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0028646 g ถึง 0.0040917 g MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0043206 g ถึง 0.0083633 g และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0069946 g ถึง 0.013099 g ดังแสดงในภาพ 72 ในส่วน deceleration

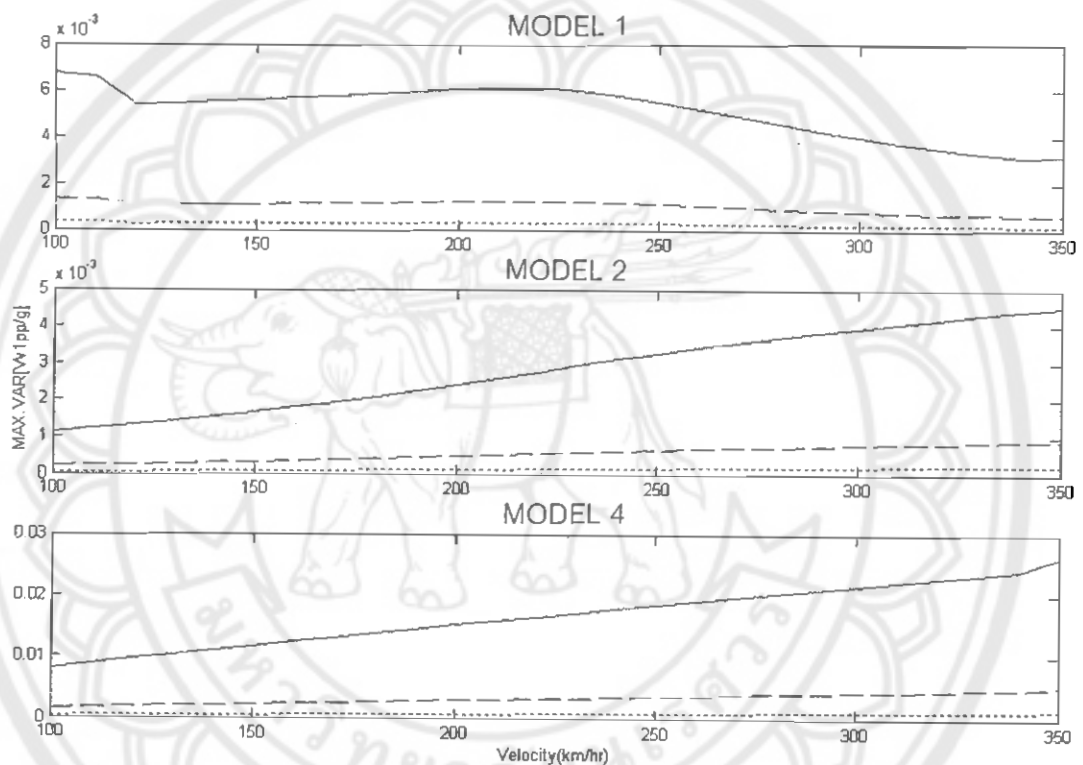


ภาพ 72 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ยสูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งใน ยานพาหนะ V_{lpp}/g ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง

(—x—, a = 0 เมตร/วินาที²; -x-, a = 3 เมตร/วินาที²; -x·, a = 6 เมตร/วินาที²;
x....., a = 9 เมตร/วินาที²; —o—, a = 0 เมตร/วินาที²; -o-, a = -5 เมตร/วินาที²;
 -·o·, a = -10 เมตร/วินาที²;o....., a = -15 เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

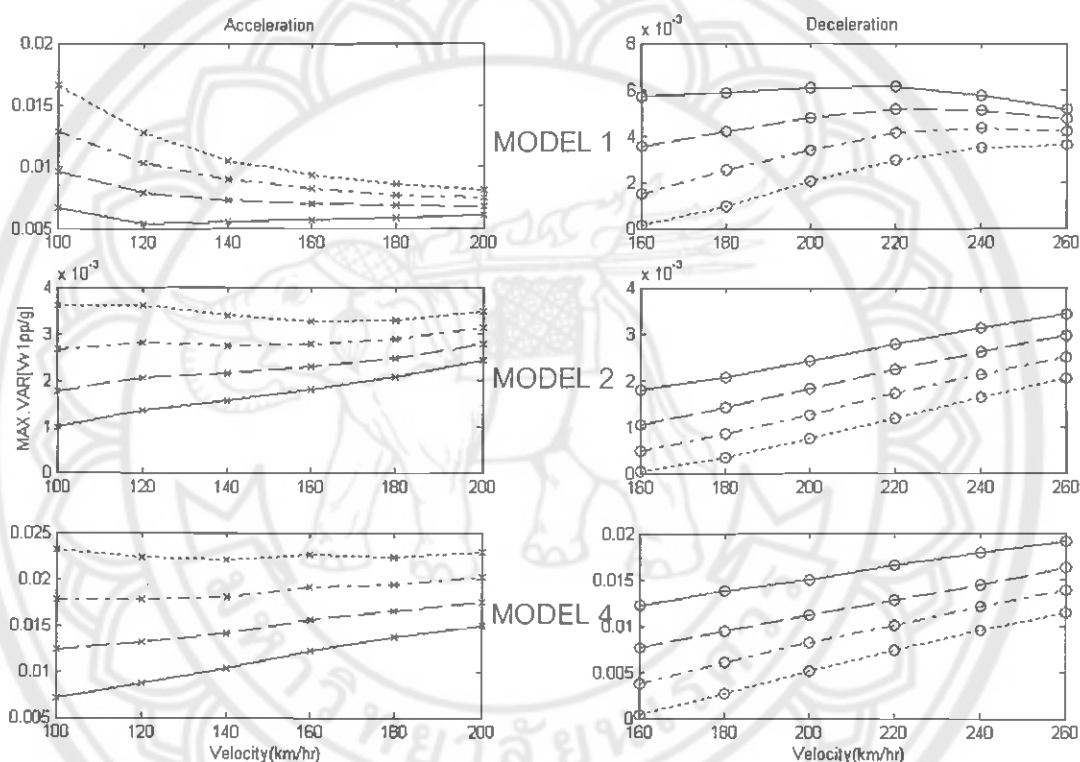
4 ค่าความแปรปรวนสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0031661 ถึง 0.0067163 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0011459 ถึง 0.0045196 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0079667 ถึง 0.026267 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 73



ภาพ 73 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง $V_v 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, PSD A ; ---, PSD B; , PSD C)

5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0067163 ถึง 0.015821 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0011459 ถึง 0.0042662 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0079667 ถึง 0.0336 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 74 ในส่วน acceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดความเร่งยานพาหนะช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0019343 ถึง 0.0060667 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.00073132 ถึง 0.0024081 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.0050275 ถึง 0.015204 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 74 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

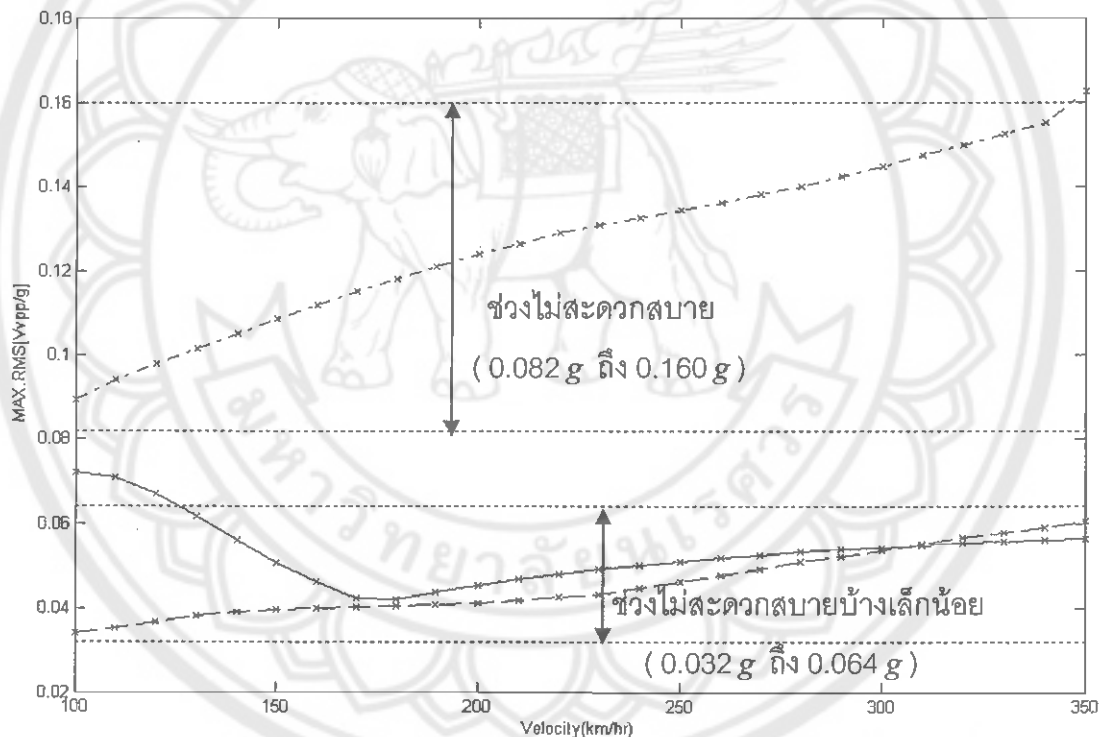


ภาพ 74 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของความเร่งทางแนวดิ่ง ในยานพาหนะ $V_v 1pp/g$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง

(—x—, a = 0 เมตร/วินาที²; -x-, a = 3 เมตร/วินาที²; -·-x-·, a = 6 เมตร/วินาที²;
x....., a = 9 เมตร/วินาที²; —o—, a = 0 เมตร/วินาที²; -o-, a = -5 เมตร/วินาที²;
 --o--·, a = -10 เมตร/วินาที²;o....., a = -15 เมตร/วินาที²)

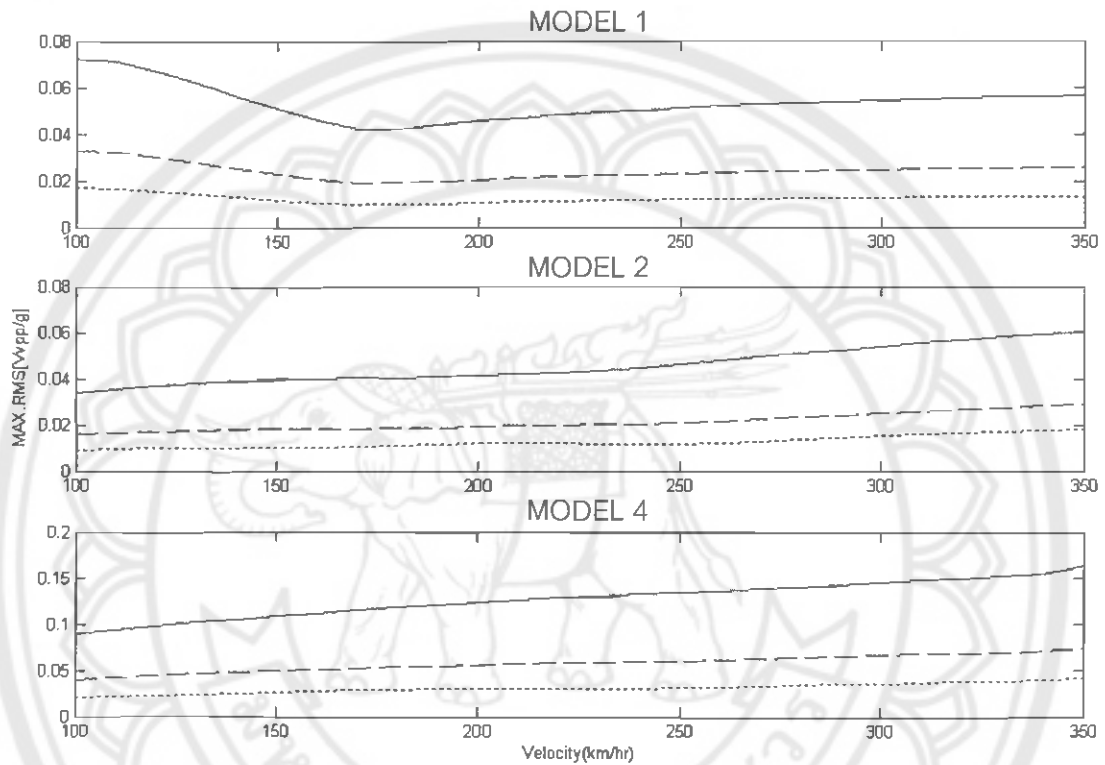
ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

7 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้งในยานพาหนะช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A จะแสดงในภาพ 75 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบผลต่อความรู้สึกของผู้ใช้ยานพาหนะตามมาตรฐาน ISO 2631 แล้ว จะได้ว่า เนื่องจาก MODEL 4 ให้ค่าความแปรปรวนที่สูงมากจึงให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงมากโดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วอยู่ในช่วงไม่สะดวกสบาย ขณะที่ MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนที่น้อยกว่าจึงให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดน้อยกว่าโดยเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานแล้วอยู่ในช่วงไม่สะดวกสบายบ้างเล็กน้อยถึงเกือบจะไม่สะดวกสบาย



ภาพ 75 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_p 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง โดยเปรียบเทียบกับมาตรฐาน ISO2631 ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; -x·, MODEL 4)

จึงควรปรับค่าความขรุขระของพื้นผิวซึ่งผลของการเปลี่ยนค่าความขรุขระของพื้นผิวลดลงมาเป็น PSD B และ PSD C จะพบว่าค่าความแปรปรวนลดลงอย่างมากดังแสดงในภาพ 73 เมื่อนำไปคำนวณค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดจะได้ค่าที่น้อยลงดังแสดงในภาพ 76



ภาพ 76 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของความเร่งทางแนวตั้ง $V_r 1pp/g$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระแตกต่างกัน (—, PSD A; ---, PSD B; , PSD C)

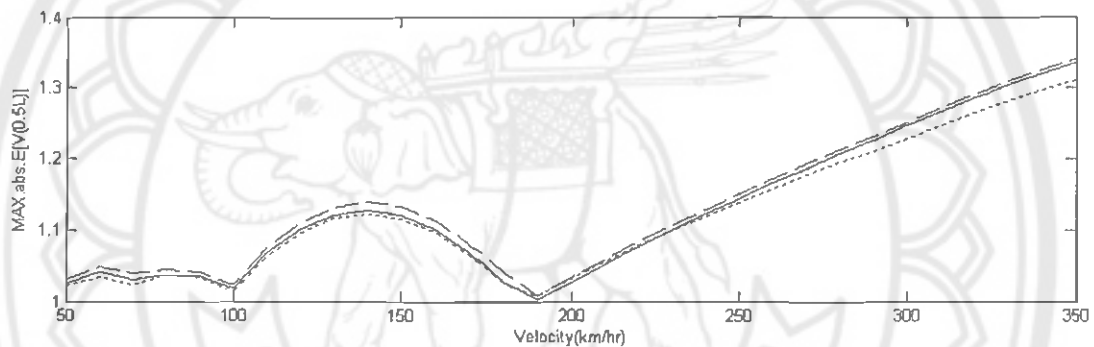
ตาราง 6 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนความเร่งทางแนวตั้งสูงสุดของยานพาหนะในแบบต่างๆเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความถี่กระแส PSD A

ความเร็ว	ความเร่ง	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	0.0052901 g	0.0067163	0.0050601 g	0.0011459	0.0064999 g	0.0079667	-4.3467	28.454	22.87
160	0	0.0034687 g	0.0056947	0.0066005 g	0.0017973	0.011994 g	0.012374	90.285	81.711	245.77
250	0	0.0040823 g	0.0054892	0.010315 g	0.0032679	0.01589 g	0.018505	152.67	54.051	289.24
350	0	0.0047771 g	0.0031661	0.016801 g	0.0045196	0.026025 g	0.026267	251.69	54.907	444.79
100	0	0.0052901 g	0.0067163	0.0050601 g	0.0011459	0.0064999 g	0.0079667	-4.3467	28.454	22.87
100	3	0.006639 g	0.0086968	0.0067394 g	0.0020682	0.0089487 g	0.014882	1.5129	32.781	34.79
100	6	0.0077352 g	0.012221	0.0085284 g	0.003138	0.011106 g	0.023731	10.254	30.22	43.572
100	9	0.0085505 g	0.015821	0.010137 g	0.0042662	0.012973 g	0.0336	18.554	27.974	51.718
200	0	0.0040917 g	0.0060667	0.0083633 g	0.0024081	0.013099 g	0.015204	104.4	56.62	220.13
200	-5	0.0036162 g	0.0046323	0.0074226 g	0.0017963	0.011308 g	0.011106	105.26	52.349	212.71
200	-10	0.003087 g	0.00329	0.0061296 g	0.0012503	0.0096341 g	0.0081383	98.565	57.173	212.09
200	-15	0.0028646 g	0.0019343	0.0043206 g	0.00073132	0.0069946 g	0.0050275	50.825	61.89	144.17

วิเคราะห์ผลตอบสนองของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ คานสองช่วง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

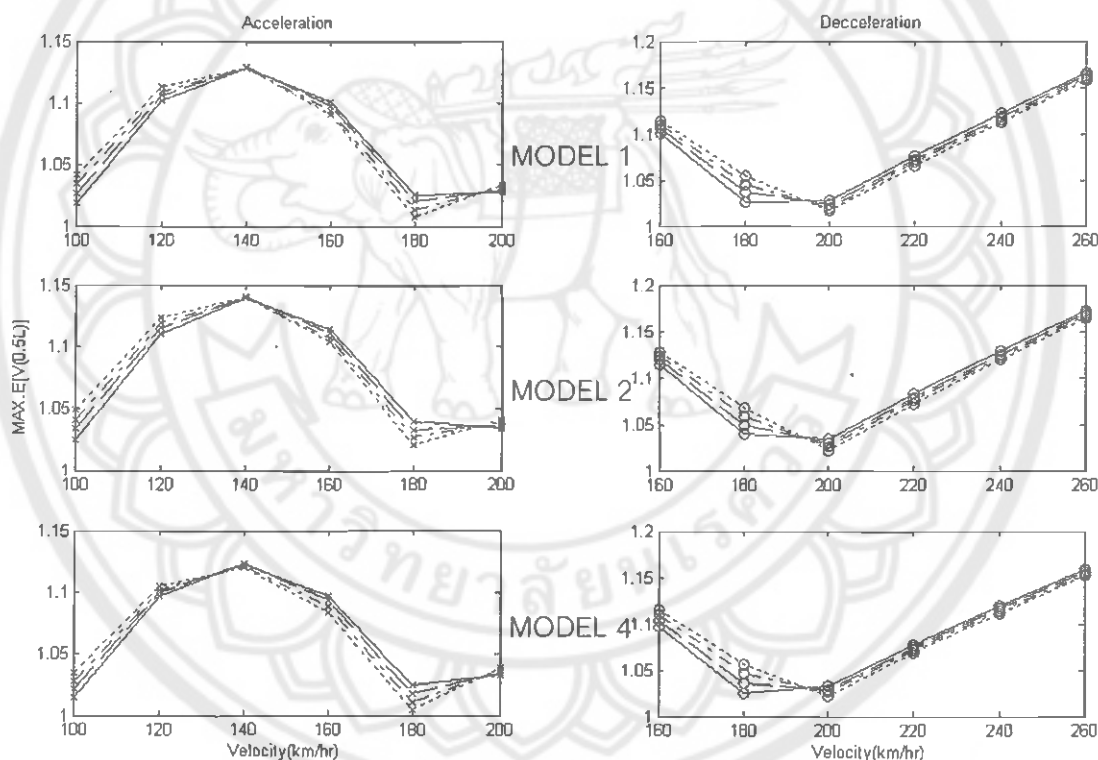
1 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่ สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0185 ถึง 1.3357 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0247 ถึง 1.3411 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0143 ถึง 1.3111 ดังแสดงในตาราง 7 และจากภาพ 77 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่กึ่งกลางคานโดยยานพาหนะทั้ง 3 แบบ เคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง



ภาพ 77 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง
(—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L,t)$ ช่วงเพิ่มความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0185 ถึง 1.0411 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0247 ถึง 1.0479 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0143 ถึง 1.0345 ดังแสดงในตาราง 7 และในภาพ 78 ในส่วน acceleration

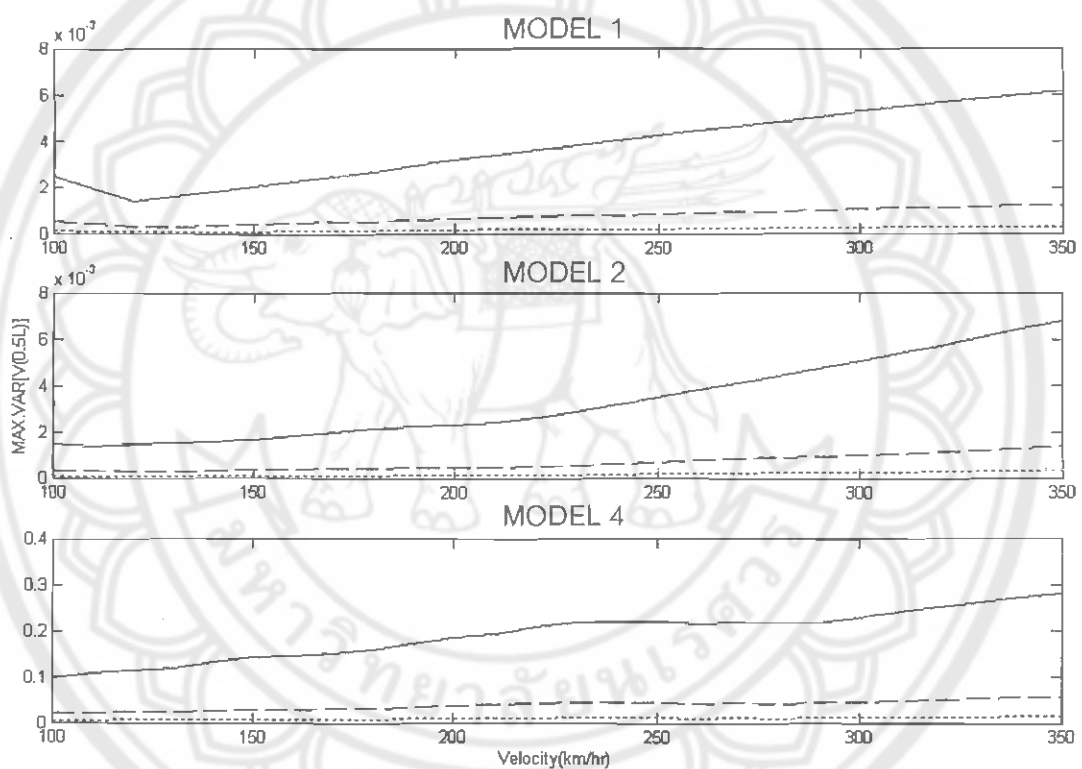
3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L,t)$ ช่วงลดความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0163 ถึง 1.0275 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0228 ถึง 1.0341 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0221 ถึง 1.0331 ดังแสดงในตาราง 7 และในภาพ 78 ในส่วน deceleration



ภาพ 78 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพาน ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L,t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง (—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; ···x···, $a = 6$ เมตร/วินาที²; -·-·-·, $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²; ···o···, $a = -10$ เมตร/วินาที²; -o-o-, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

4 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0022551 ถึง 0.0061285 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0014762 ถึง 0.0067941 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.096469 ถึง 0.28033 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 79

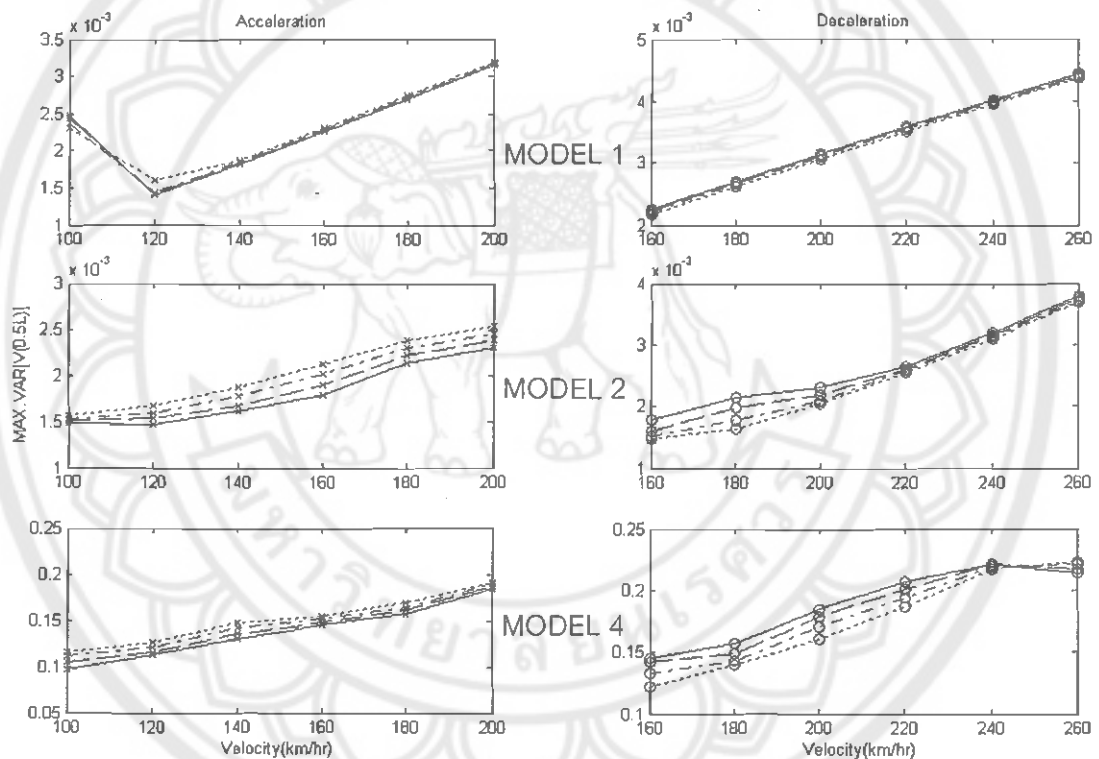


ภาพ 79 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0022132 ถึง 0.002473 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0014762 ถึง 0.001498 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.096469 ถึง 0.11555 ที่ความขรุขระ

PSD A ดังแสดงในตาราง 7 และในภาพ 80 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่ง $V(0.5L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.003071 ถึง 0.0031463 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0020557 ถึง 0.0023102 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.16031 ถึง 0.18458 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในตาราง 7 และในภาพ 80 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

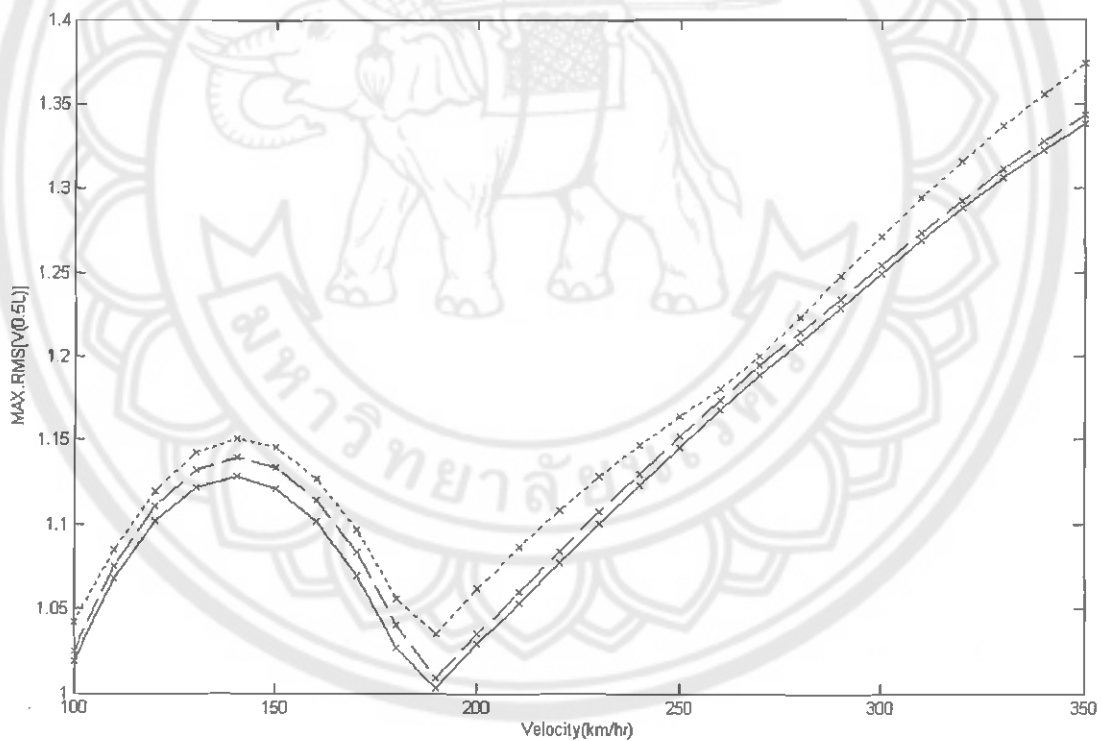


ภาพ 80 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 --o--, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

7 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 81 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่าที่ความเร็วคงที่ 350 กม./ชม. MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.3379, 1.3436 และ 1.3735 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.3361, 1.3416 และ 1.3234 เท่า สำหรับ PSD B 1.3358, 1.3412 และ 1.3142 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมากเช่นกัน



ภาพ 81 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; ---x---, MODEL 4)

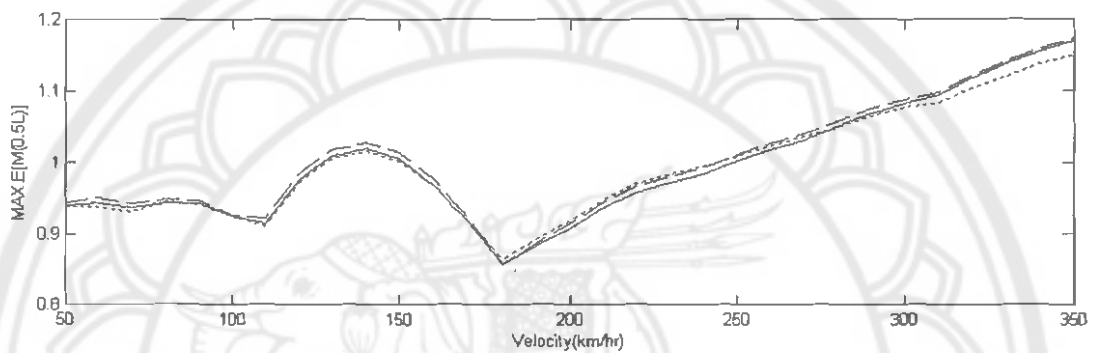
ตาราง 7 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของการโค้งตัวของสะพานที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $V(0.5L,t)$ โดย्यानพหุนามเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความถี่ PSD A

ความเร็ว	ความถี่	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	1.0185	0.002473	1.0247	0.0014762	1.0143	0.096469	0.60901	-1.0066	-0.40372
160	0	1.101	0.0022551	1.1142	0.0017895	1.0969	0.14546	1.198	-1.5468	-0.36734
250	0	1.1441	0.0042267	1.1509	0.0034846	1.139	0.21916	0.58823	-1.031	-0.44885
350	0	1.3357	0.0061285	1.3411	0.0067941	1.3111	0.28033	0.40624	-2.2371	-1.84
100	0	1.0185	0.002473	1.0247	0.0014762	1.0143	0.096469	0.60901	-1.0066	-0.40372
100	3	1.0258	0.002331	1.0322	0.0014538	1.0215	0.10447	0.62516	-1.0318	-0.41313
100	6	1.0335	0.002277	1.0401	0.0014744	1.0283	0.11202	0.63454	-1.1306	-0.50326
100	9	1.0411	0.0022132	1.0479	0.001498	1.0345	0.11555	0.65361	-1.2757	-0.63039
200	0	1.0275	0.0031463	1.0341	0.0023102	1.0331	0.18458	0.6433	-0.094029	0.54866
200	-5	1.0238	0.0031212	1.0304	0.0021515	1.0296	0.17812	0.6417	-0.069959	0.57129
200	-10	1.0201	0.0030961	1.0266	0.0020831	1.026	0.17007	0.6414	-0.061949	0.57905
200	-15	1.0163	0.003071	1.0228	0.0020557	1.0221	0.16031	0.64037	-0.062249	0.57772

วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ คานสองช่วง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

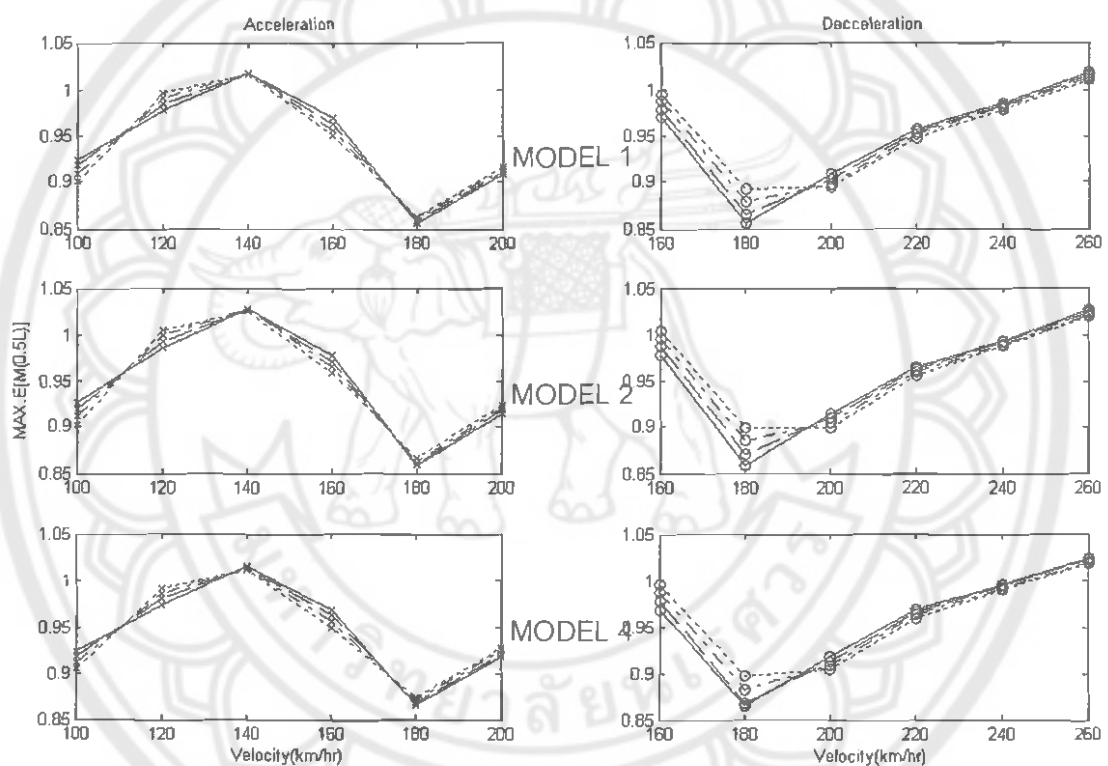
1 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.92363 ถึง 1.1705 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.92654 ถึง 1.1744 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.92383 ถึง 1.1521 ดังแสดงในตาราง 8



ภาพ 82 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L,t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; ·····, MODEL 4)

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.90052 ถึง 0.92363 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.90259 ถึง 0.92654 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.9052 ถึง 0.92383 ดังแสดงในตาราง 8 และในภาพ 83 ในส่วน acceleration

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L,t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.89488 ถึง 0.90818 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.89979 ถึง 0.91472 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.90436 ถึง 0.91818 ดังแสดงในตาราง 8 และในภาพ 83 ในส่วน deceleration

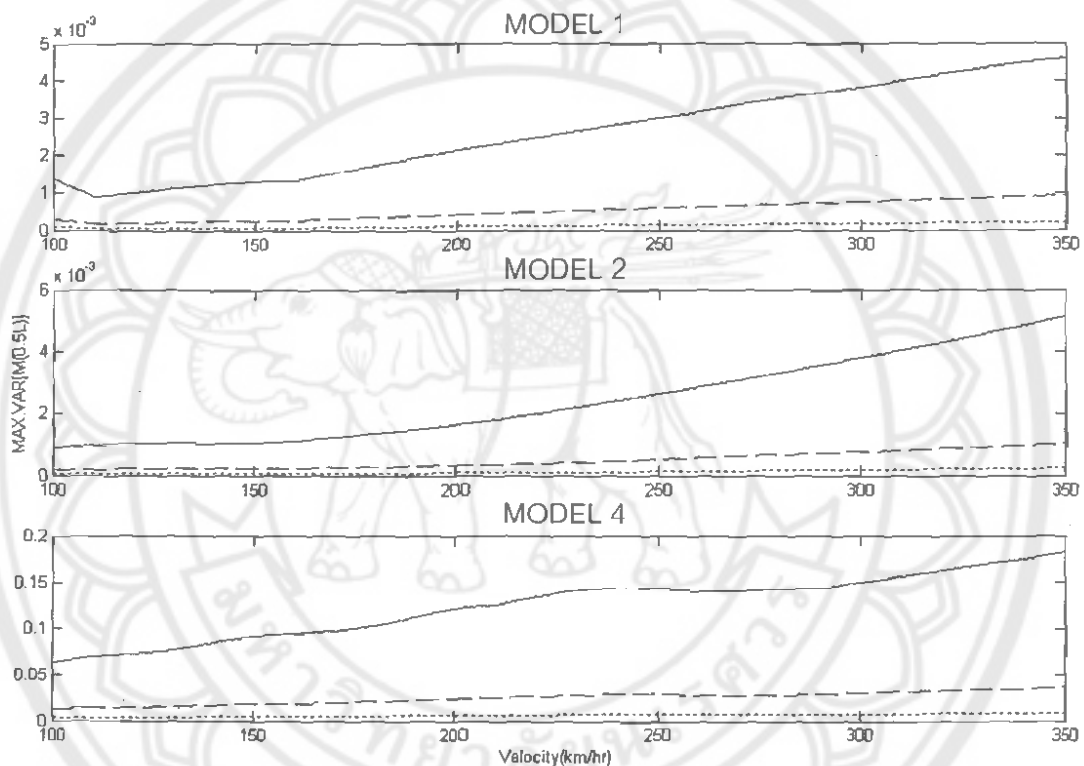


ภาพ 83 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L,t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
x....., $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 --o-- , $a = -10$ เมตร/วินาที²;o..... , $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

4 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0013201 ถึง 0.0046217 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.00090789 ถึง 0.0051349 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.062261 ถึง 0.18266 ที่ความขรุขระ PSD A และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับ ดังแสดงในภาพ 84

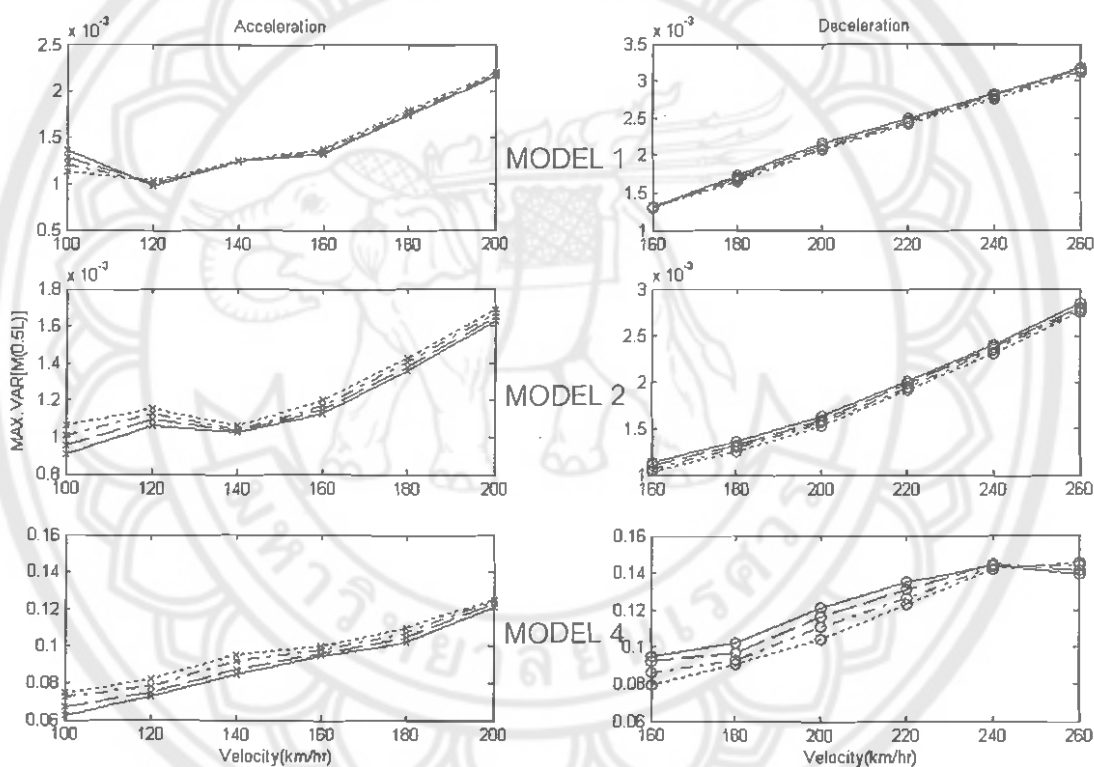


ภาพ 84 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0010822 ถึง 0.0013623 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.00090789 ถึง 0.0010353 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.062261 ถึง 0.074579 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดง

ในตาราง 8 และในภาพ 85 ในส่วน acceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(0.5L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0020749 ถึง 0.0021503 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0015299 ถึง 0.001628 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.10443 ถึง 0.12088 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในตาราง 8 และในภาพ 85 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

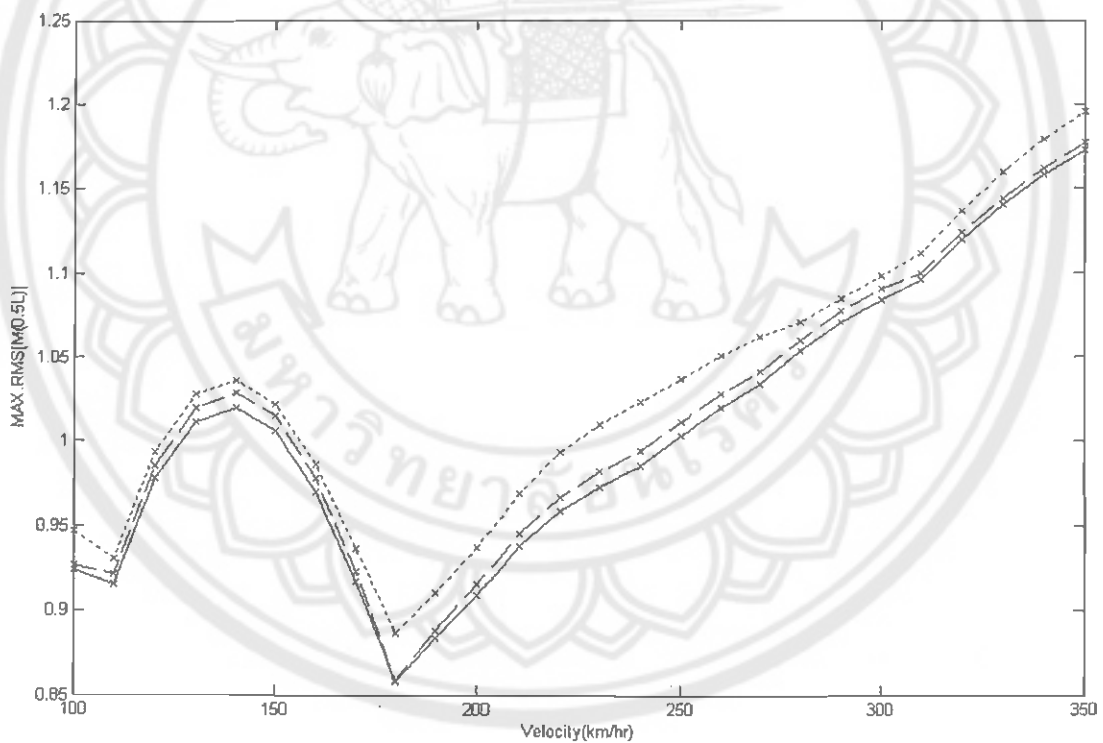


ภาพ 85 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง

- (—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
- x---, $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
- o--, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o....., $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

7 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 86 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่าที่ความเร็วคงที่ 350 กม./ชม. MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.1725, 1.1766 และ 1.1952 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.1709, 1.1748 และ 1.1608 เท่า สำหรับ PSD B 1.1706, 1.1745 และ 1.1543 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมาก



ภาพ 86 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคาน $M(0.5L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; ····x····, MODEL 4)

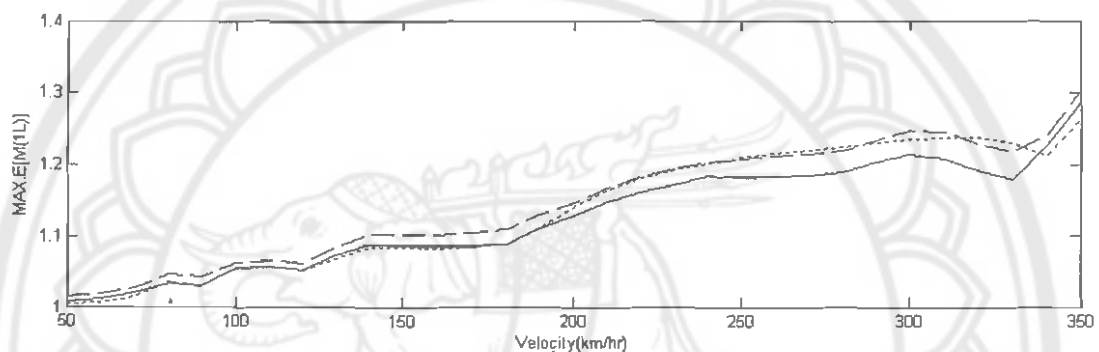
ตาราง 8 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางคานช่วงแรก $M(0.5L,t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความสูง	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	0.92363	0.0013623	0.92654	0.00090789	0.92383	0.062261	0.31433	-0.29219	0.021221
160	0	0.96904	0.0013201	0.9771	0.0011284	0.96833	0.09449	0.83172	-0.8973	-0.073037
250	0	1.0018	0.0030045	1.0099	0.0026138	1.009	0.14262	0.81401	-0.098012	0.7152
350	0	1.1705	0.0046217	1.1744	0.0051349	1.1521	0.18266	0.33454	-1.9003	-1.5721
100	0	0.92363	0.0013623	0.92654	0.00090789	0.92383	0.062261	0.31433	-0.29219	0.021221
100	3	0.91741	0.0012269	0.91997	0.00092524	0.9183	0.067389	0.27938	-0.18127	0.097608
100	6	0.90918	0.0011559	0.91177	0.00097992	0.91202	0.072267	0.28481	0.028127	0.31302
100	9	0.90052	0.0010822	0.90259	0.0010353	0.9052	0.074579	0.23092	0.28834	0.51992
200	0	0.90818	0.0021503	0.91472	0.001628	0.91818	0.12088	0.72039	0.37838	1.1015
200	-5	0.9036	0.0021268	0.90994	0.0015966	0.91287	0.11643	0.70084	0.3218	1.0249
200	-10	0.89864	0.0020978	0.90476	0.0015631	0.90852	0.11068	0.68072	0.41511	1.0987
200	-15	0.89488	0.0020749	0.89979	0.0015299	0.90436	0.10443	0.54882	0.50729	1.0589

วิเคราะห์ผลตอบสนองของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(1L,t)$ คานสองช่วง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

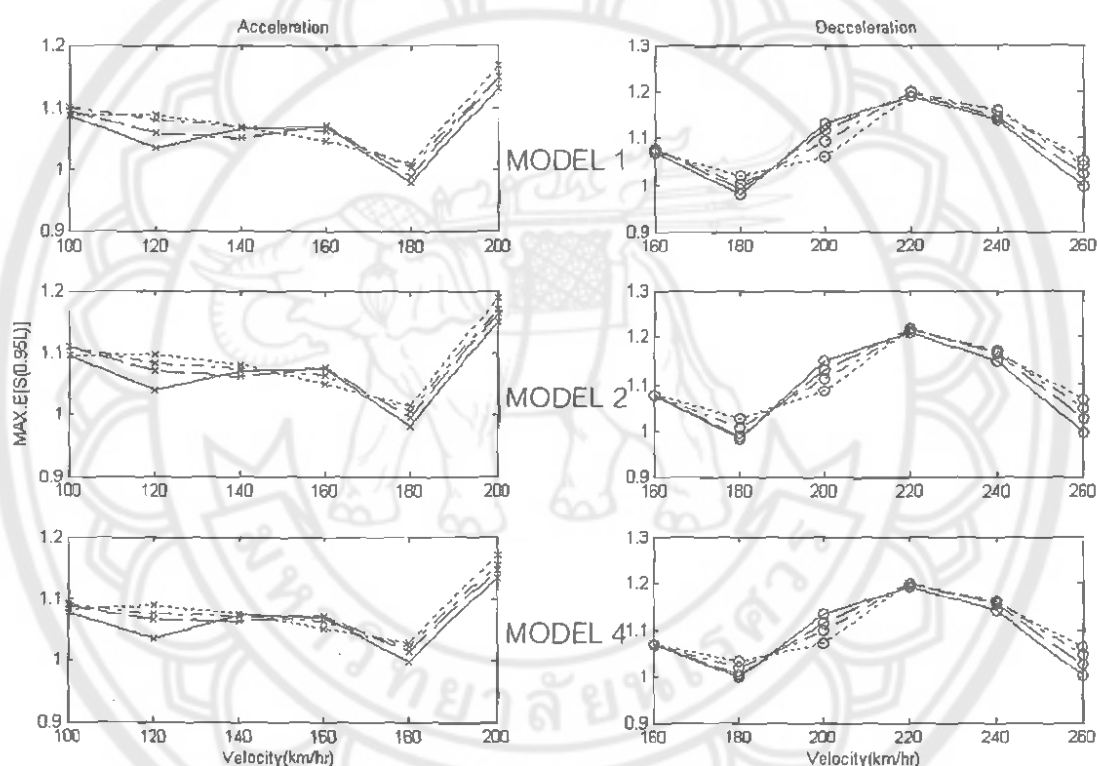
1 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(1L,t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.055 ถึง 1.2856 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0618 ถึง 1.3013 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0438 ถึง 1.2637 ดังแสดงในตาราง 9



ภาพ 87 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L,t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(1L,t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.055 ถึง 1.058 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0618 ถึง 1.0652 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.0438 ถึง 1.0447 ดังแสดงในตาราง 9 และในภาพ 88 ในส่วน acceleration

3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(1L,t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.114 ถึง 1.1276 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.1309 ถึง 1.1454 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.1307 ถึง 1.1407 ดังแสดงในตาราง 9 และในภาพ 88 ในส่วน deceleration

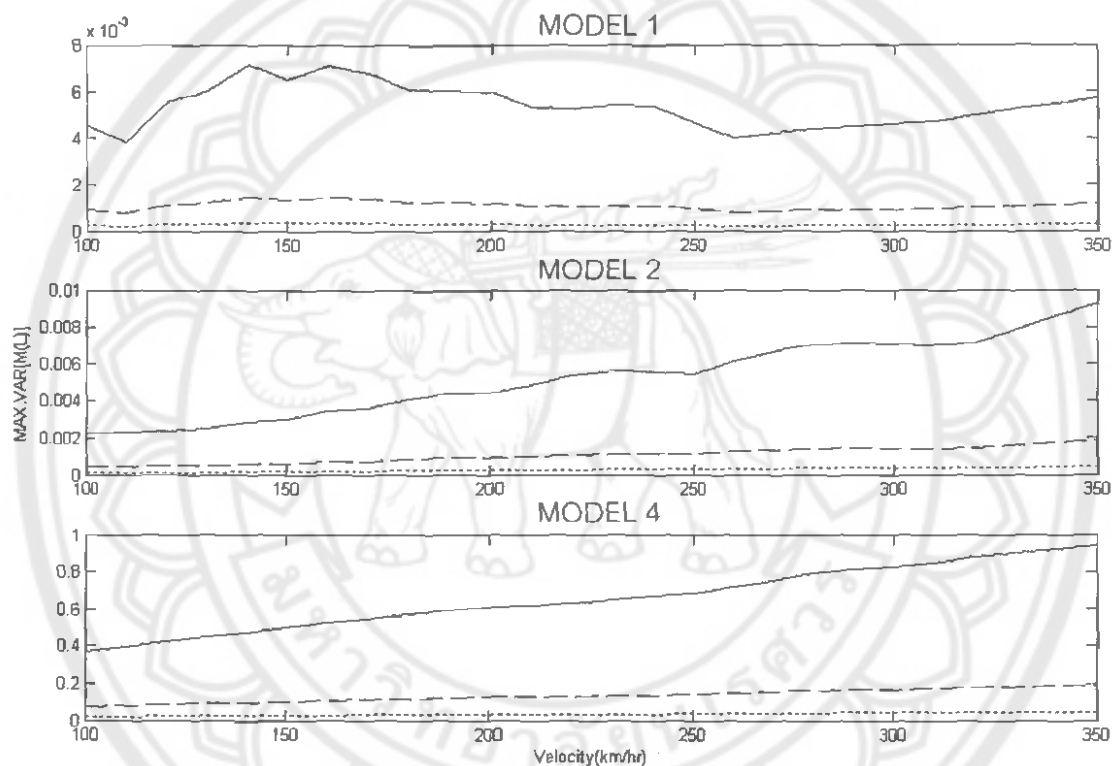


ภาพ 88 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L,t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง

($-\times-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 3$ เมตร/วินาที²; $-x-$, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
 $-\times-$, $a = 9$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = 0$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 $-o-$, $a = -10$ เมตร/วินาที²; $-o-$, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

4 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(1L,r)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0045293 ถึง 0.0056916 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0022469 ถึง 0.0093084 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.36876 ถึง 0.94539 ที่ความขรุขระ PSD A โดยจะมีค่าลดลงเมื่อเปลี่ยนค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ดังแสดงในภาพ 89



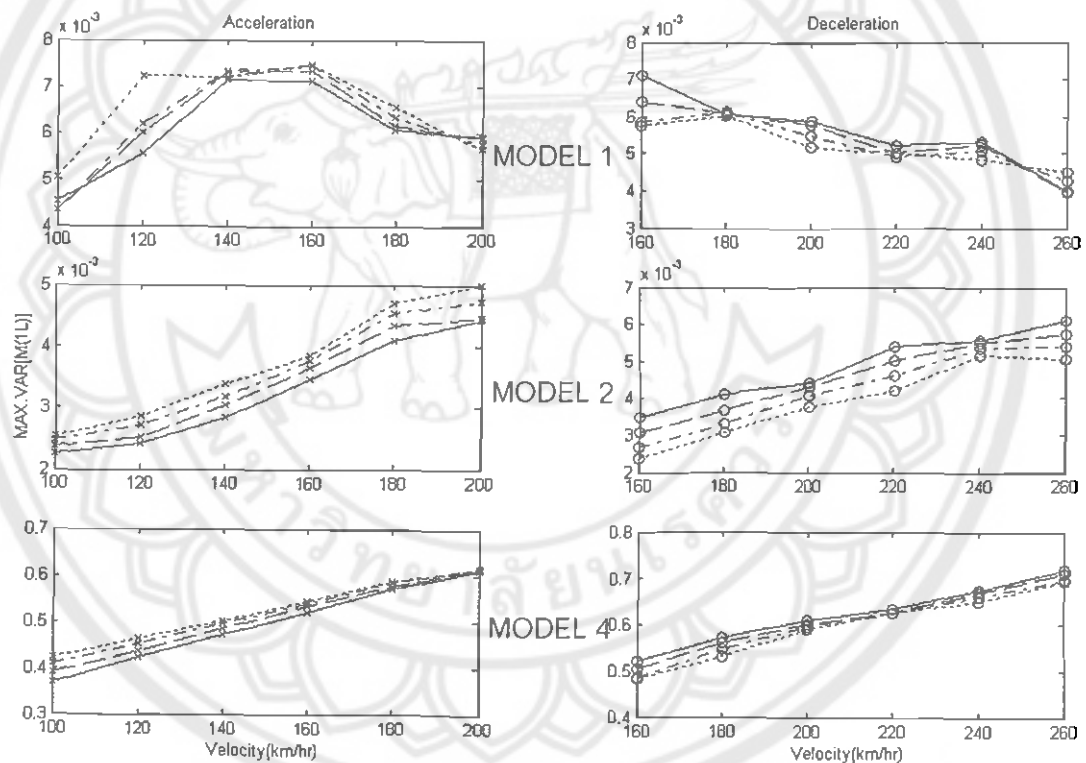
ภาพ 89 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L,r)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกัน เคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง

(—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(1L,r)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0041472 ถึง 0.0048075 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0022469 ถึง 0.0024644 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.36876 ถึง 0.42235 ที่ความขรุขระ PSD A

ดังแสดงในตาราง 9 และในภาพ 90 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่ง $M(1L,t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0050339 ถึง 0.0059046 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.003717 ถึง 0.0044178 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.59042 ถึง 0.60812 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในตาราง 9 และในภาพ 90 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

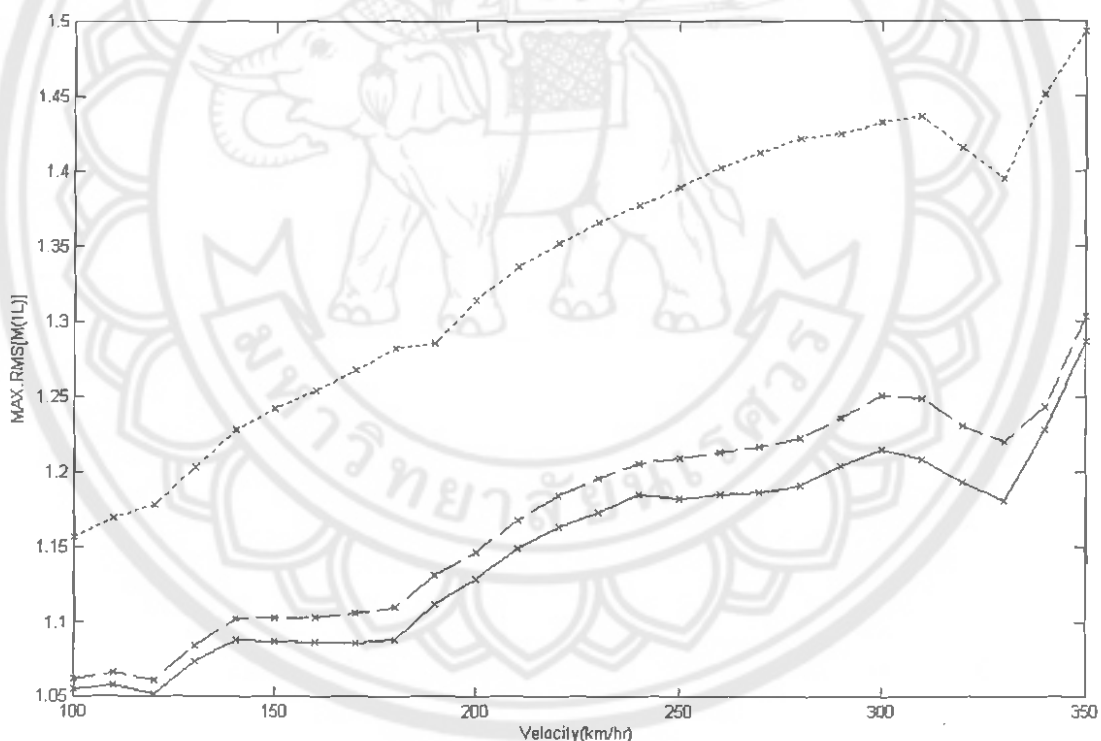


ภาพ 90 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L,t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง

(—x—, a = 0 เมตร/วินาที²; -x-, a = 3 เมตร/วินาที²; -·-x·-, a = 6 เมตร/วินาที²;
x....., a = 9 เมตร/วินาที²; —o—, a = 0 เมตร/วินาที²; —o-, a = -5 เมตร/วินาที²;
 --o-- , a = -10 เมตร/วินาที²;o..... , a = -15 เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

7 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 91 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่าที่ความเร็วคงที่ 350 กม./ชม. MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.2868, 1.3036 และ 1.4941 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลง จะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.2859, 1.3018 และ 1.3118 เท่า สำหรับ PSD B 1.2857, 1.3015 และ 1.2756 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมาก



ภาพ 91 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรองรับคาน $M(1L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2;x....., MODEL 4)

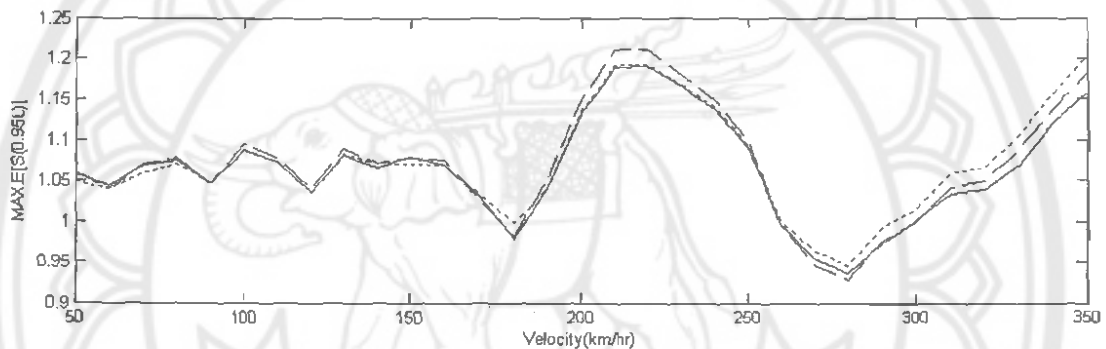
ตาราง 9 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดสูงสุดของโมเมนต์ที่ตำแหน่งฐานรับคาน $M(L, t)$ โดยยานพาหนะเคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่อง
ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความ เร่ง	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	1.055	0.0045293	1.0618	0.0022469	1.0438	0.36876	0.64635	-1.7016	-1.0662
160	0	1.0851	0.0071108	1.1019	0.0034789	1.0825	0.5203	1.5459	-1.7593	-0.24055
250	0	1.1809	0.0046138	1.2072	0.0054458	1.2085	0.68503	2.2255	0.11366	2.3417
350	0	1.2856	0.0056916	1.3013	0.0093084	1.2637	0.94539	1.2227	-2.8937	-1.7064
100	0	1.055	0.0045293	1.0618	0.0022469	1.0438	0.36876	0.64635	-1.7016	-1.0662
100	3	1.056	0.0041472	1.0629	0.0022939	1.0447	0.39094	0.65157	-1.7083	-1.0679
100	6	1.0574	0.0041555	1.0645	0.0023949	1.0447	0.40889	0.66788	-1.8616	-1.2061
100	9	1.058	0.0048075	1.0652	0.0024644	1.0438	0.42235	0.68505	-2.0103	-1.339
200	0	1.1276	0.0059046	1.1454	0.0044178	1.1407	0.60812	1.5751	-0.40636	1.1623
200	-5	1.1242	0.0056493	1.1415	0.0042309	1.1383	0.60084	1.5448	-0.28271	1.2577
200	-10	1.1188	0.0053606	1.1357	0.0040204	1.1331	0.59726	1.5082	-0.22642	1.2783
200	-15	1.114	0.0050339	1.1309	0.003717	1.1307	0.59042	1.5227	-0.023134	1.4992

วิเคราะห์ผลตอบสนองของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ คานสองช่วง

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย

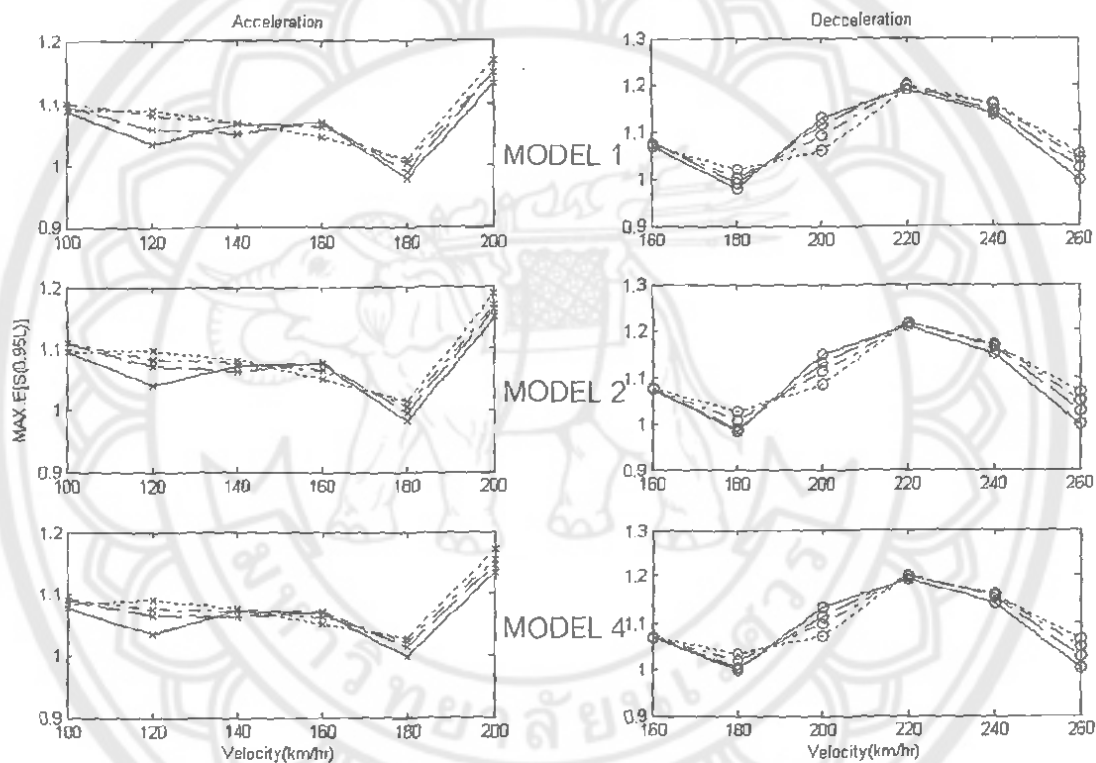
1 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0757 ถึง 1.1583 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0811 ถึง 1.1824 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 1.075 ถึง 1.2035 ซึ่งจากภาพ 92 แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของการโก่งตัวของสะพานที่กึ่งกลางคานโดยยานพาหนะทั้ง 3 แบบ เคลื่อนที่ผ่านสะพานสองช่วง



ภาพ 92 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง (—, MODEL 1; ---, MODEL 2; , MODEL 4)

2 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0887 ถึง 1.1008 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0937 ถึง 1.1091 และ MODEL 4 อยู่ใน ช่วง 1.0838 ถึง 1.0925 ดังแสดงในตาราง 10 และในภาพ 93 ในส่วน acceleration

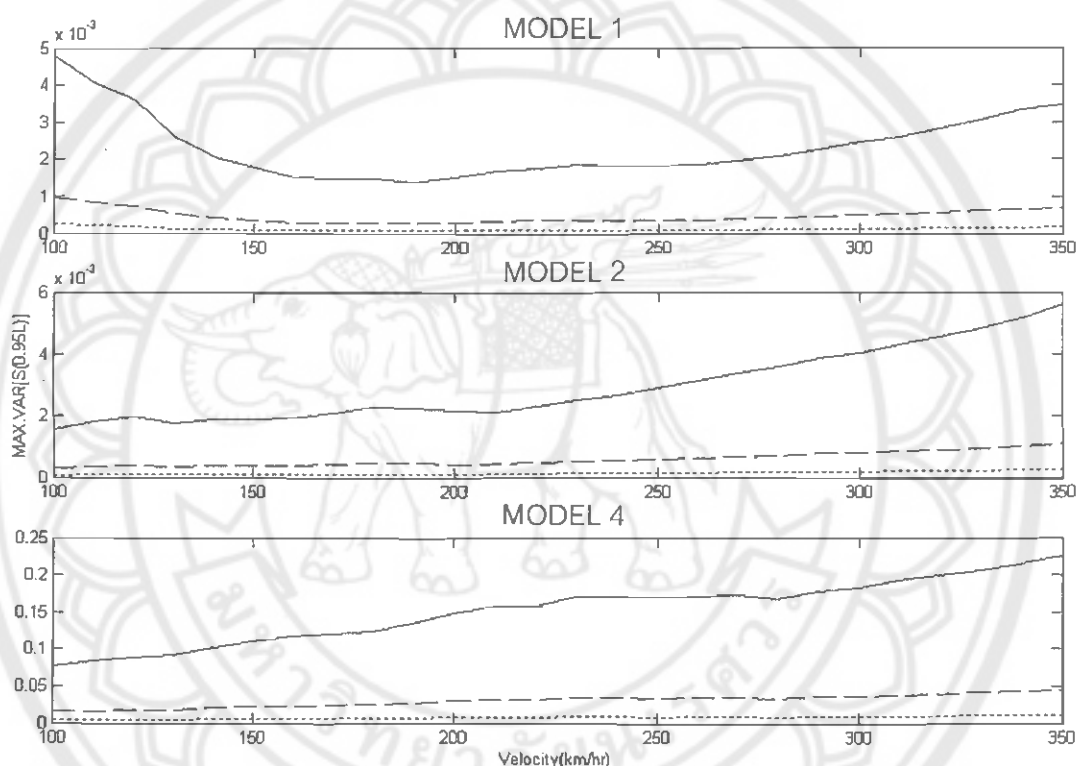
3 ค่าเฉลี่ยสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 1.0604 ถึง 1.1383 MODEL 2 อยู่ในช่วง 1.0842 ถึง 1.1571 และ MODEL 4 อยู่ใน ช่วง 1.0717 ถึง 1.1415 ดังแสดงในตาราง 10 และในภาพ 93 ในส่วน deceleration



ภาพ 93 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย DAF สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน สะพานสองช่วง
 (—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x·-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
 ····x····, $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; —o·-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 ····o····, $a = -10$ เมตร/วินาที²; ····o····, $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน

4 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงความเร็วคงที่ สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0015193 ถึง 0.0048523 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0015913 ถึง 0.0056071 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.07733 ถึง 0.22526 ที่ความขรุขระ PSD A โดยจะมีค่าลดลงเมื่อเปลี่ยนค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ดังแสดงในภาพ 94

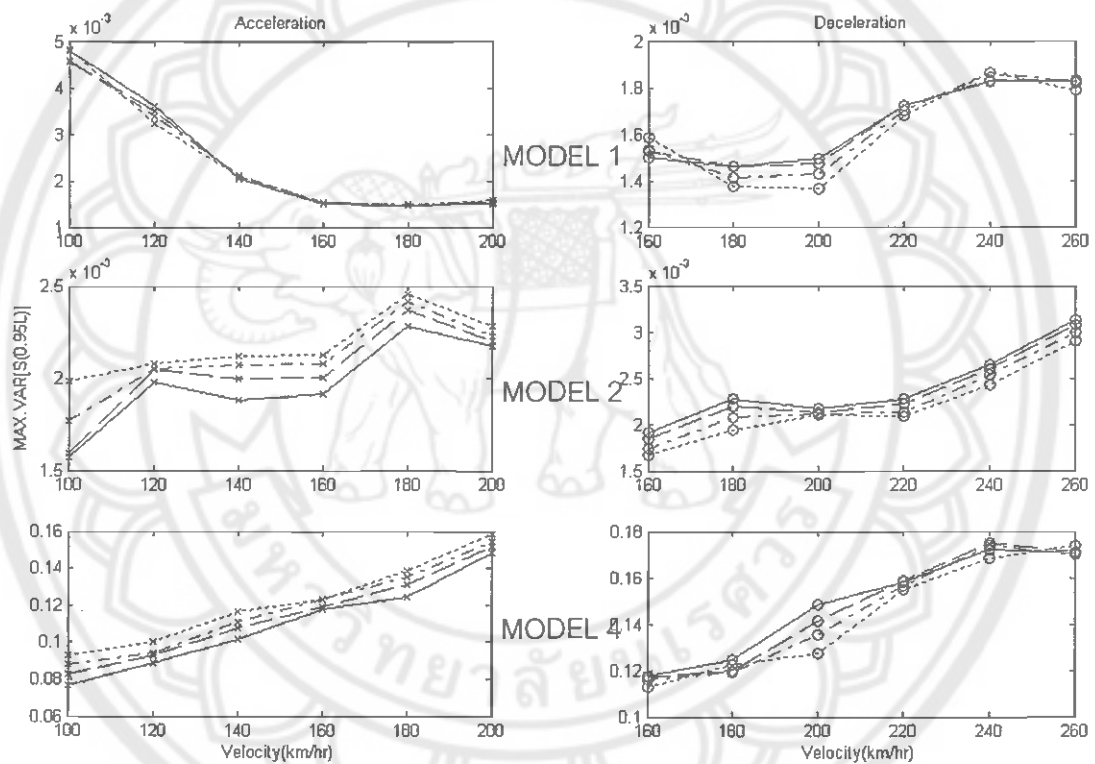


ภาพ 94 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง เกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50 - 350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะใน แบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ ผ่านสะพานสองช่อง
(—, PSD A ; ---, PSD B ; , PSD C)

5 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงเพิ่มความเร็ว สำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0043352 ถึง 0.004609 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0015428 ถึง 0.0019188 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.07733 ถึง 0.092477 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงใน

ตาราง 10 และในภาพ 95 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

6 ค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่ง $S(0.95L, t)$ ช่วงลดความเร็วสำหรับ MODEL 1 อยู่ในช่วง 0.0013675 ถึง 0.0015125 MODEL 2 อยู่ในช่วง 0.0020788 ถึง 0.0022002 และ MODEL 4 อยู่ในช่วง 0.12744 ถึง 0.14999 ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในตาราง 10 และในภาพ 95 ในส่วน deceleration และจะมีค่าลดลงเมื่อลดค่าความขรุขระเป็น PSD B และ PSD C ตามลำดับเช่นเดียวกันกับช่วงความเร็วคงที่

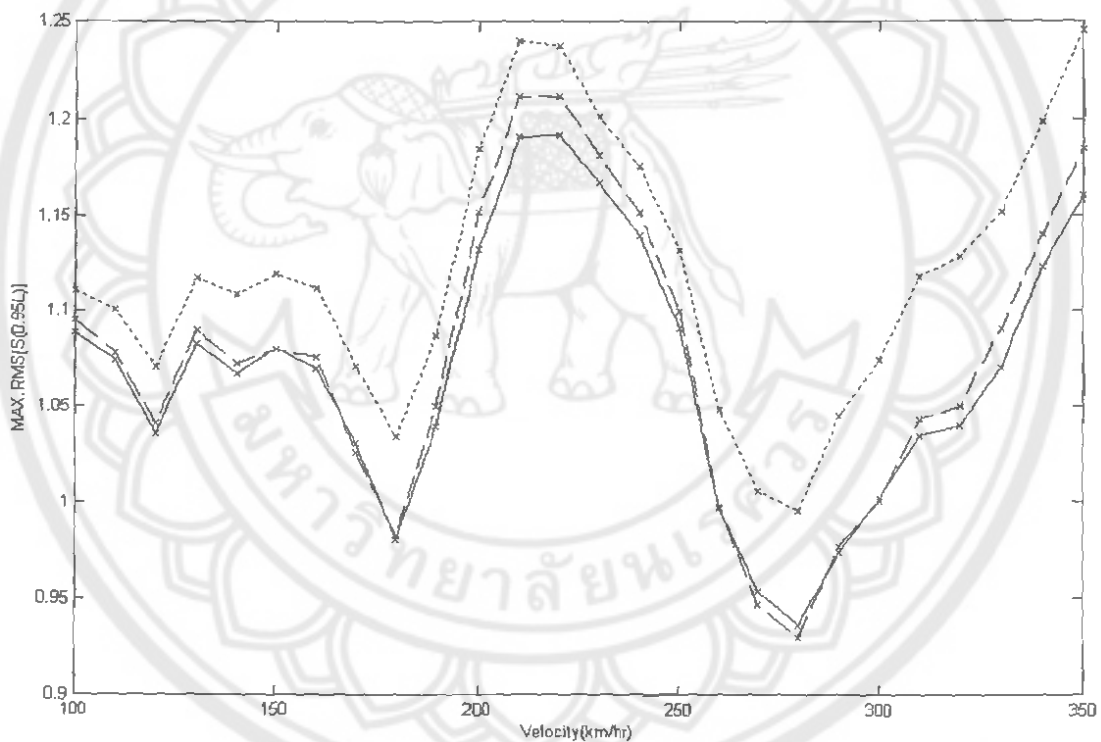


ภาพ 95 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ค่าความเร่งแตกต่างกัน บนความขรุขระ PSD A สะพานสองช่วง

(—x—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 3$ เมตร/วินาที²; -x-, $a = 6$ เมตร/วินาที²;
 -x- , $a = 9$ เมตร/วินาที²; —o—, $a = 0$ เมตร/วินาที²; -o-, $a = -5$ เมตร/วินาที²;
 -o-, $a = -10$ เมตร/วินาที²;o..... , $a = -15$ เมตร/วินาที²)

ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุด

7 ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของของแรงเฉือนที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคานช่วงความเร็วคงที่ของยานพาหนะทั้ง 3 แบบ ที่ความขรุขระ PSD A ดังแสดงในภาพ 96 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าทางสถิติจะได้ว่า MODEL 1, MODEL 2 และ MODEL 4 ให้ค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดสูงถึง 1.1913, 1.2112 และ 1.2456 เท่า ตามลำดับ โดยเมื่อลดความขรุขระของพื้นผิวลงจะให้ค่าความแปรปรวนสูงสุดลดลงจึงส่งผลให้ค่าเฉลี่ย RMS ลดลงเป็น 1.1907, 1.2105 และ 1.212 เท่า สำหรับ PSD B 1.1906, 1.2104 และ 1.2056 เท่า สำหรับ PSD C เนื่องจาก MODEL 1 และ MODEL 2 ให้ค่าความแปรปรวนน้อยจึงเป็นเหตุให้เมื่อลดค่าความขรุขระค่าเฉลี่ย RMS ลดลงน้อยมาก



ภาพ 96 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับค่าเฉลี่ย RMS สูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งใกล้ฐานรองรับคาน $S(0.95L, t)$ ที่ความเร็ว 50-350 กม./ชม. เมื่อยานพาหนะในแบบต่างกันเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ผ่านสะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A (—x—, MODEL 1; -x-, MODEL 2; ---x---, MODEL 4)

ตาราง 10 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนสูงสุดของแรงเฉือนที่ตำแหน่งเกือบถึงฐานรับคาน $S(0.95L, t)$ โดยยกานพาหนะเคลื่อนที่ผ่าน สะพานสองช่วง ที่ความขรุขระ PSD A

ความเร็ว	ความเร่ง	MODEL 1		MODEL 2		MODEL 4		2-1(%) Expected	3-2(%) Expected	3-1(%) Expected
		Expected	Variance	Expected	Variance	Expected	Variance			
100	0	1.0933	0.0048523	1.1013	0.0015913	1.0838	0.07733	0.7299	-1.5884	-0.87006
160	0	1.0757	0.0015193	1.0811	0.0019353	1.075	0.11923	0.50261	-0.56366	-0.063881
250	0	1.0903	0.0018068	1.0984	0.002912	1.0934	0.16853	0.74075	-0.45598	0.28139
350	0	1.1583	0.0034602	1.1824	0.0056071	1.2035	0.22526	2.0816	1.7802	3.8988
100	0	1.0933	0.0048523	1.1013	0.0015913	1.0838	0.07733	0.7299	-1.5884	-0.87006
100	3	1.0946	0.0043352	1.1091	0.0015428	1.0905	0.082377	1.3255	-1.6761	-0.3728
100	6	1.1008	0.0043668	1.1077	0.0017068	1.0925	0.087734	0.62669	-1.3683	-0.75016
100	9	1.0887	0.004609	1.0937	0.0019188	1.0841	0.092477	0.45801	-0.87358	-0.41957
200	0	1.1383	0.0015125	1.1571	0.0022002	1.1415	0.14999	1.6521	-1.3525	0.27725
200	-5	1.1179	0.0014753	1.1295	0.0021228	1.1154	0.14126	1.0347	-1.2462	-0.22441
200	-10	1.094	0.0014325	1.1119	0.0021076	1.0986	0.1352	1.6379	-1.1981	0.42019
200	-15	1.0604	0.0013675	1.0842	0.0020788	1.0717	0.12744	2.2457	-1.1492	1.070

อภิปรายผลการวิจัย

กรณีความแตกต่างของแบบจำลองยานพาหนะ

จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองของยานพาหนะที่แตกต่างกันให้ผลตอบสนองที่แตกต่างกัน โดยค่าความแปรปรวนของแบบจำลองยานพาหนะ MODEL 4 มีค่าสูงกว่าแบบจำลองยานพาหนะ MODEL 1 และ แบบจำลองยานพาหนะ MODEL 2 มาก เนื่องมาจากการกำหนดองค์ประกอบภายในของแบบจำลองยานพาหนะที่เชื่อมต่อกับระบบโครงสร้างพื้นฐานของแบบจำลองยานพาหนะ MODEL 1 และ แบบจำลองยานพาหนะ MODEL 2 ได้กำหนดเป็นค่าความยืดหยุ่นของสปริงในยานพาหนะคือ $f_k = 0.05$ เชื่อมต่อกับระบบโครงสร้างพื้นฐานโดยตรง แต่แบบจำลองยานพาหนะ MODEL 4 ได้กำหนดเป็นค่าความยืดหยุ่นของสปริงในยานพาหนะ $f_{k_1} = 0.05$ แต่เชื่อมต่อกับมวลของเพลลา ซึ่งค่าความยืดหยุ่นของระบบเพลลาที่เชื่อมต่อกับระบบโครงสร้างพื้นฐานโดยตรงนั้นคือ $f_{k_2} = 0.2$ ซึ่งมีค่าแตกต่างกัน

ในส่วนของค่าเฉลี่ยผลตอบสนองของระบบนั้นจากผลการวิเคราะห์จะเห็นว่ากรณีแบบจำลองของยานพาหนะแตกต่างกันจะให้ผลตอบสนองความเร่งทางแนวตั้งของยานพาหนะแตกต่างกันและจะยิ่งแตกต่างกันมากขึ้นที่ความเร็วสูงขึ้นโดยยานพาหนะ MODEL 4 จะให้ค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองความเร่งทางแนวตั้งของยานพาหนะมากกว่า MODEL 2 และ MODEL 1 ตามลำดับ แต่แบบจำลองของยานพาหนะที่แตกต่างกันกลับส่งผลต่อค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองทางโครงสร้างทั้งในส่วนของการโก่งตัว โมเมนต์ และ แรงเฉือน ของคาน ให้มีค่าแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือไม่เกิน 5 %

กรณีความแตกต่างของแบบจำลองโครงสร้าง

เมื่อเปรียบเทียบผลตอบสนองของโครงสร้างพื้นฐาน เมื่อยานพาหนะสัญจรผ่านสะพานช่วงเดียวจะให้ค่าแฟคเตอร์กำลังขยายเชิงพลศาสตร์ (Dynamic Amplification Factor, DAF) ของการโก่ง โมเมนต์ ที่กึ่งกลางคานสูงกว่า ค่าแฟคเตอร์กำลังขยายเชิงพลศาสตร์ ที่ได้จากกรณียานพาหนะสัญจรผ่านสะพาน 2 ช่วง

กรณีความแตกต่างของค่าความขรุขระของพื้นผิวทาง

ความขรุขระของพื้นผิวทางที่แตกต่างกันจากผลการวิเคราะห์ คือ พื้นผิวทางตามมาตรฐานระบบถนน (PSD A) พื้นผิวทางตามมาตรฐานระบบราง (PSD C) และ พื้นผิวทางตามแบบจำลอง (PSD C) มีผลต่อค่าความแปรปรวน แต่ไม่มีผลต่อค่าเฉลี่ยของผลตอบสนองของ

ยานพาหนะ และ ผลตอบสนองของโครงสร้างพื้นฐาน โดยค่าความขรุขระของผิวทางที่ลดลงจะส่งผลให้ค่าความแปรปรวนมีค่าลดลงตาม ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในทางปฏิบัติเมื่อผิวทางสัญจรใช้งานจนเสื่อมสภาพเป็นผลให้ผลตอบสนองของระบบมากขึ้นด้วย ทั้งยานพาหนะ และโครงสร้างต้องรับภาระน้ำหนักกระทำเชิงพลศาสตร์ที่สูงขึ้น จึงเป็นเหตุให้ผิวทางนั้นเสื่อมสภาพเร็วขึ้น และเสียหายมากขึ้นกว่ากรณีที่ผิวทางมีการซ่อมแซมดูแลรักษาให้อยู่ในสภาพดี

