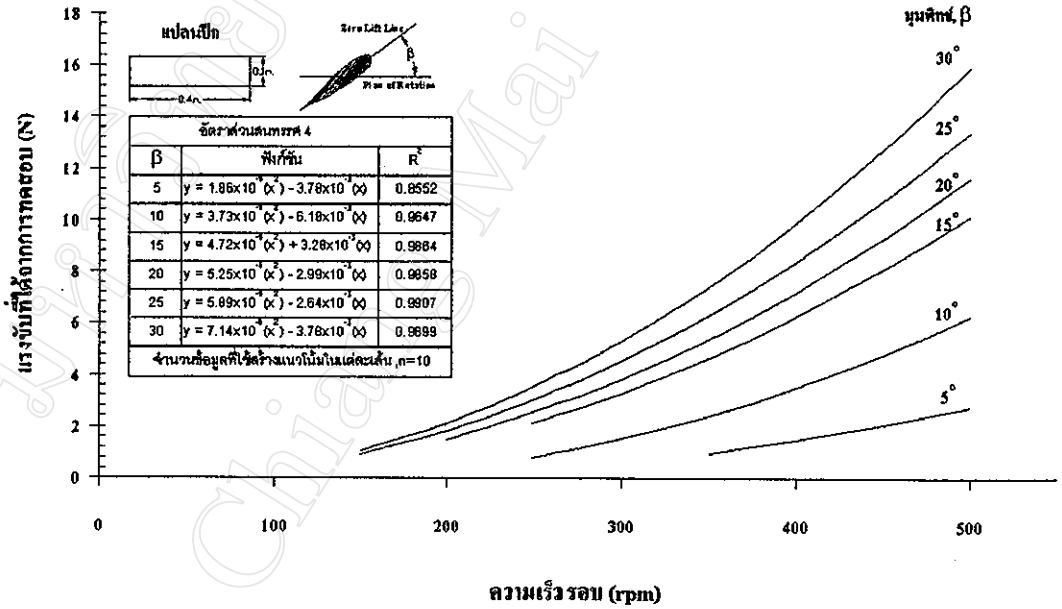
บทที่ 4

ผลและการวิจารณ์ผลจากการดำเนินการวิจัย

จากการดำเนินการศึกษาดังที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ผลที่ได้จากการดำเนินการวิจัย และการวิจารณ์ผลจะกล่าวในบทนี้

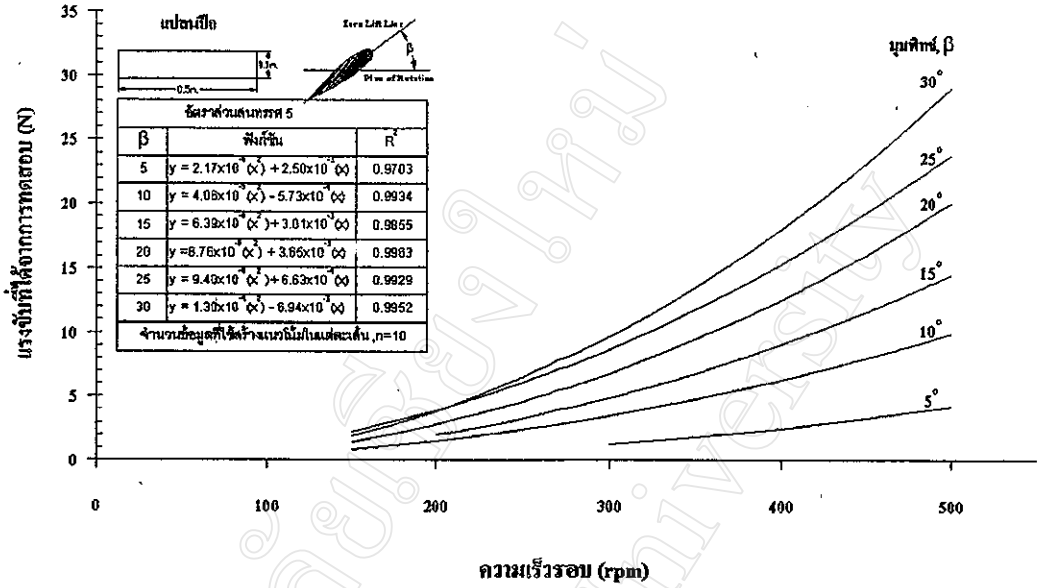
4.1 ผลการทดสอบแรงขับและแรงบิดของปีกหมุน

ผลของแรงขับและแรงบิดจากการทดสอบได้นำเสนอในลักษณะกราฟแนวโน้มในหน่วยนิวตัน และนิวตันxเมตร เทียบกับความเร็วรอบของปีกหมุนในหน่วยรอบต่อนาที ที่สร้างตามวิธีการที่กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.7.1 แยกเป็นรูปตามอัตราส่วนสนทรรศต่างๆแสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

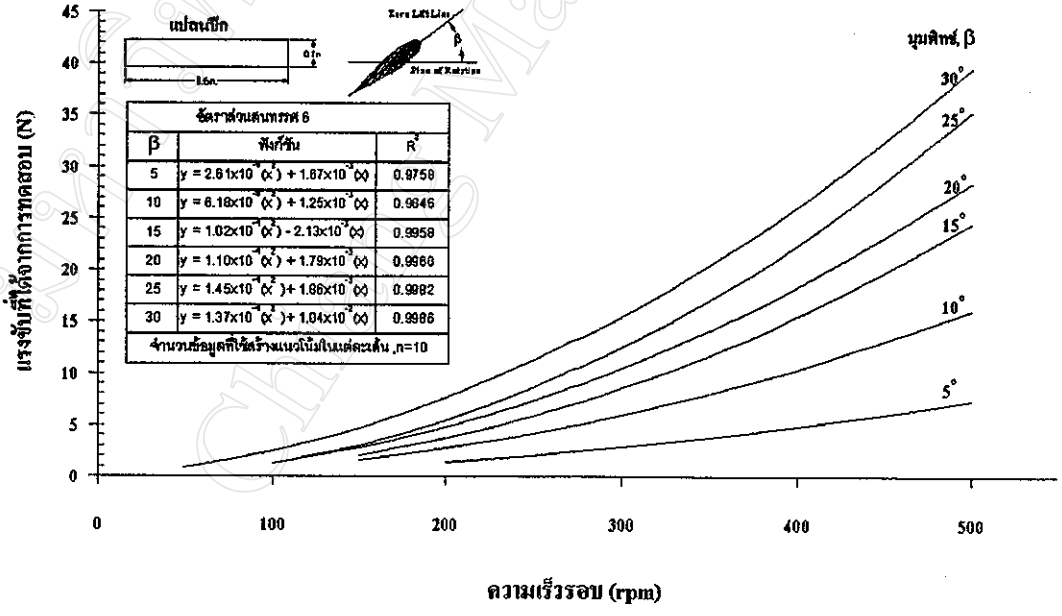


(ก)

รูปที่ 4.1 (ก) แสดงผลการทดสอบแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4

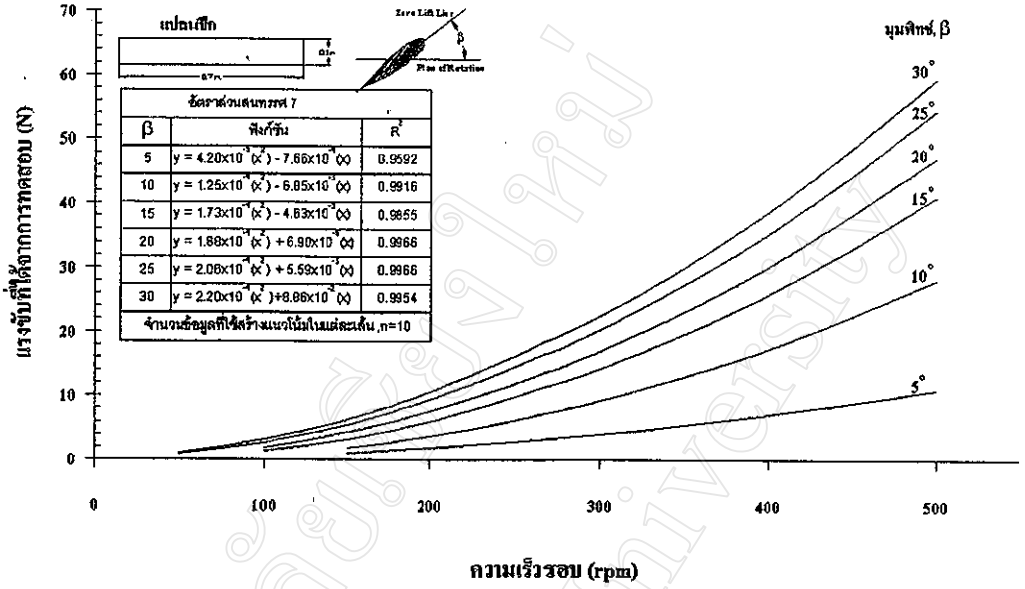


(ข)

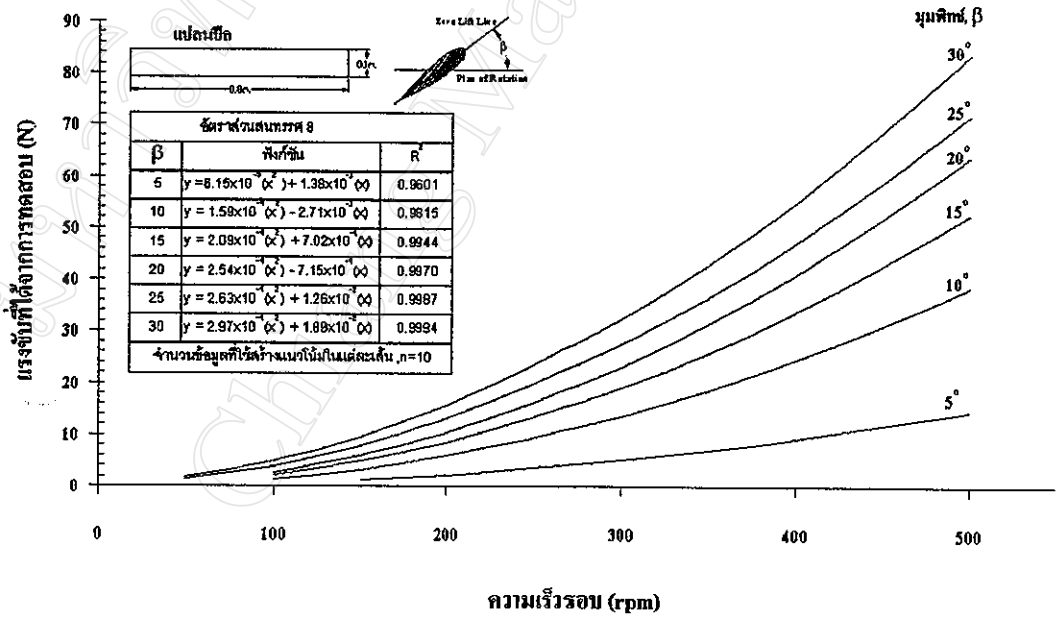


(ค)

รูปที่ 4.1 (ข)-(ค) แสดงผลการทดสอบแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 5 และ 6

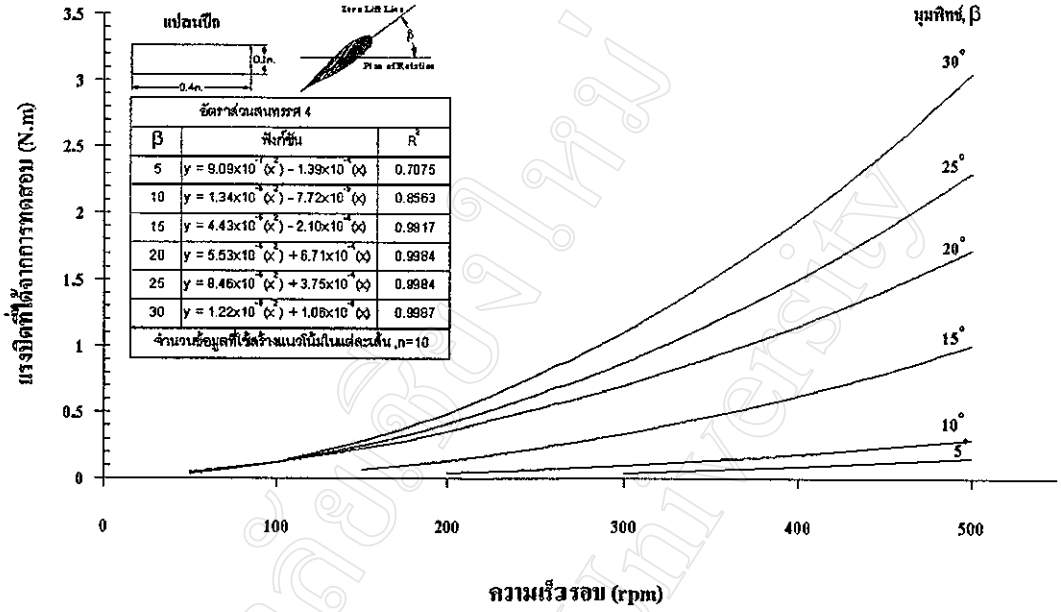


(ง)

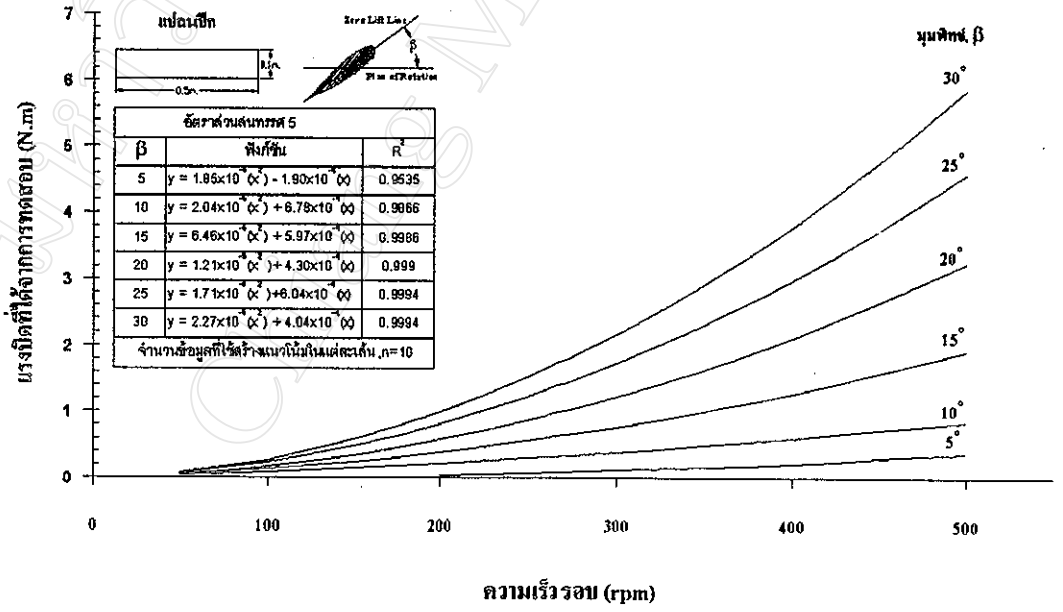


(จ)

รูปที่ 4.1 (ง)-(จ) แสดงผลการทดสอบแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 7 และ 8

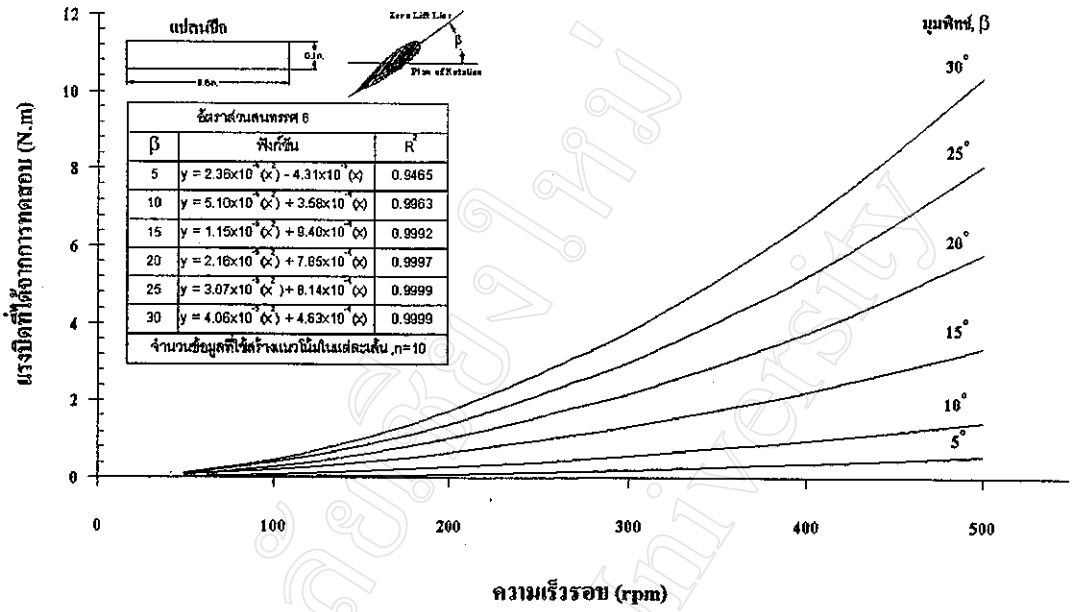


(ก)

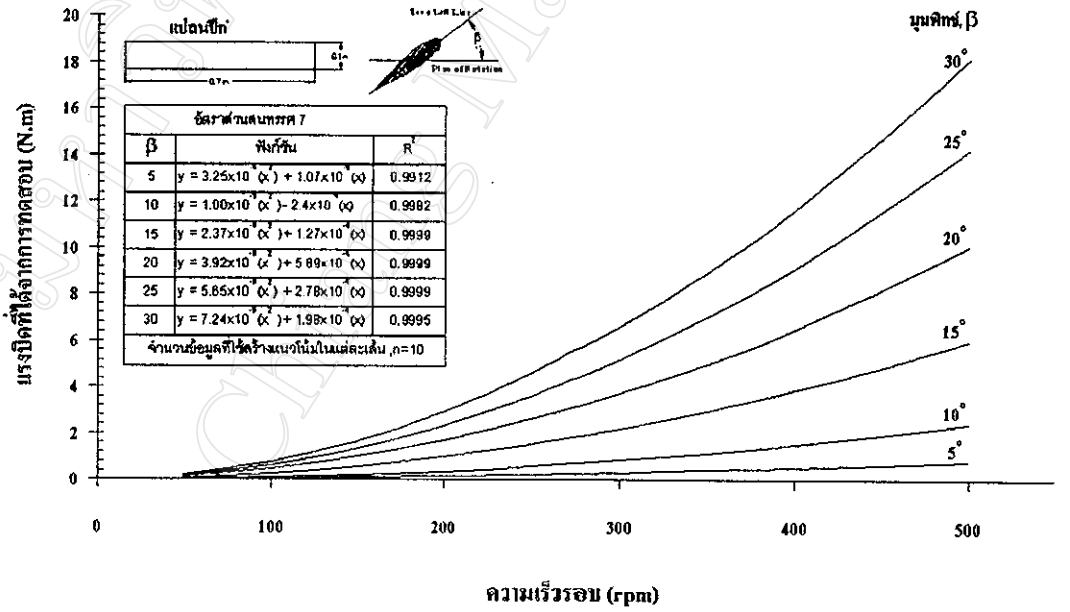


(ข)

รูปที่ 4.2 (ก)-(ข) แสดงผลการทดสอบแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4 และ 5

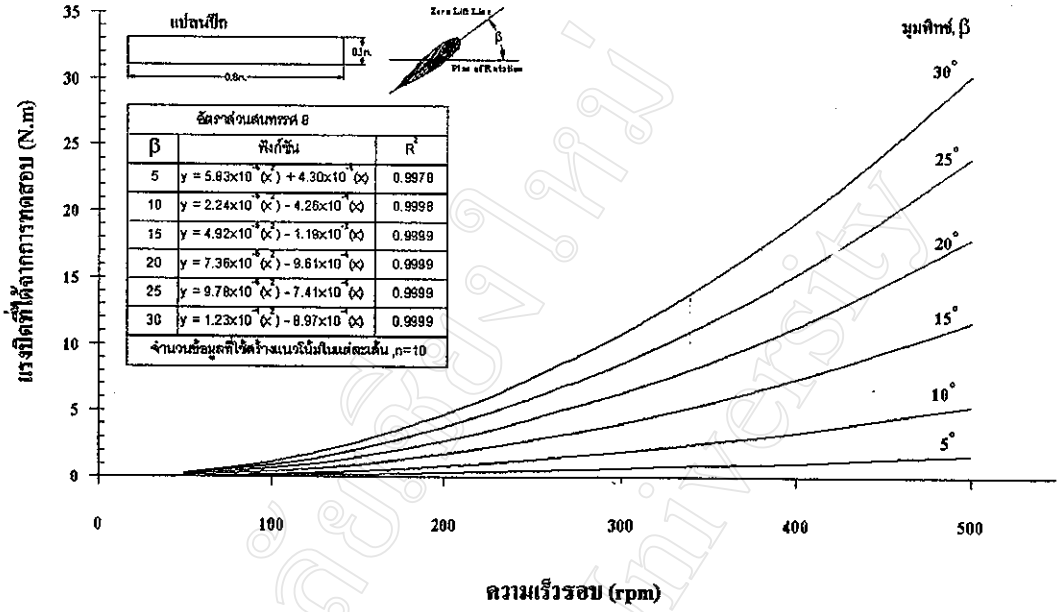


(ค)



(ง)

รูปที่ 4.2 (ค)-(ง) แสดงผลการทดสอบแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 6 และ 7



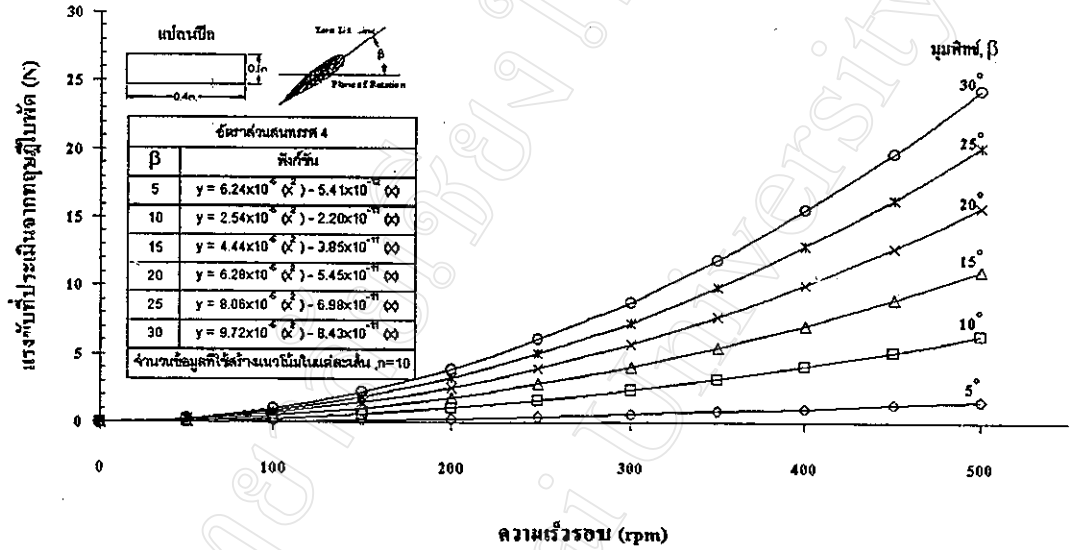
(จ)

รูปที่ 4.2 (จ) แสดงผลการทดสอบแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8

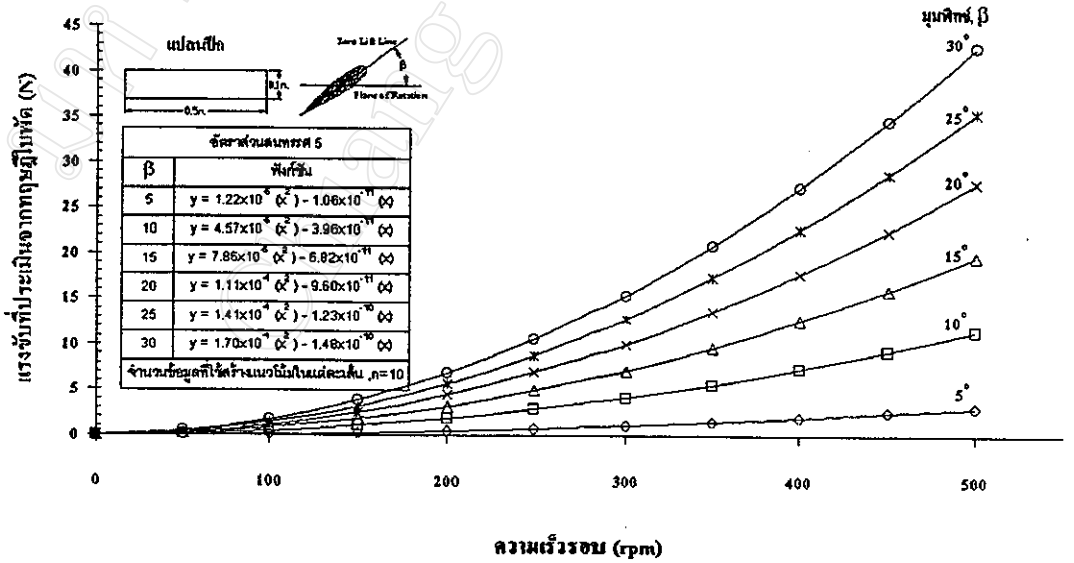
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

4.2 ผลการประเมินสมรรถนะด้วยการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

หัวข้อนี้จะนำเสนอเส้นแนวโน้มของผลการ ประเมินสมรรถนะด้วยทฤษฎีใบพัด และทฤษฎีวอร์เทค ซึ่งสร้างด้วยวิธีถดถอยแบบโพลิโนเมียลดีกรี 2 โดยแยกตามอัตราส่วนสนทรรศดังนี้

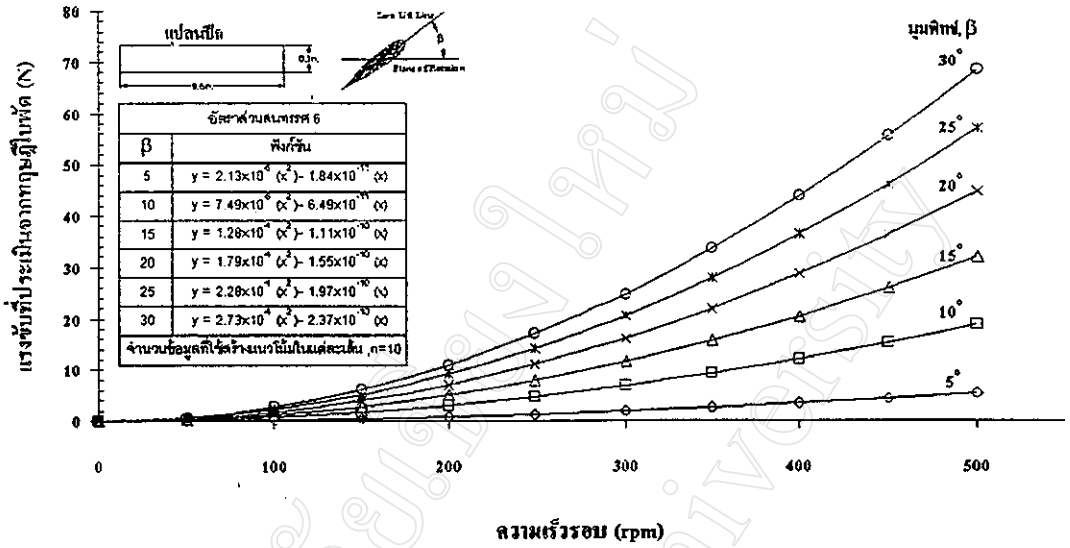


(ก)

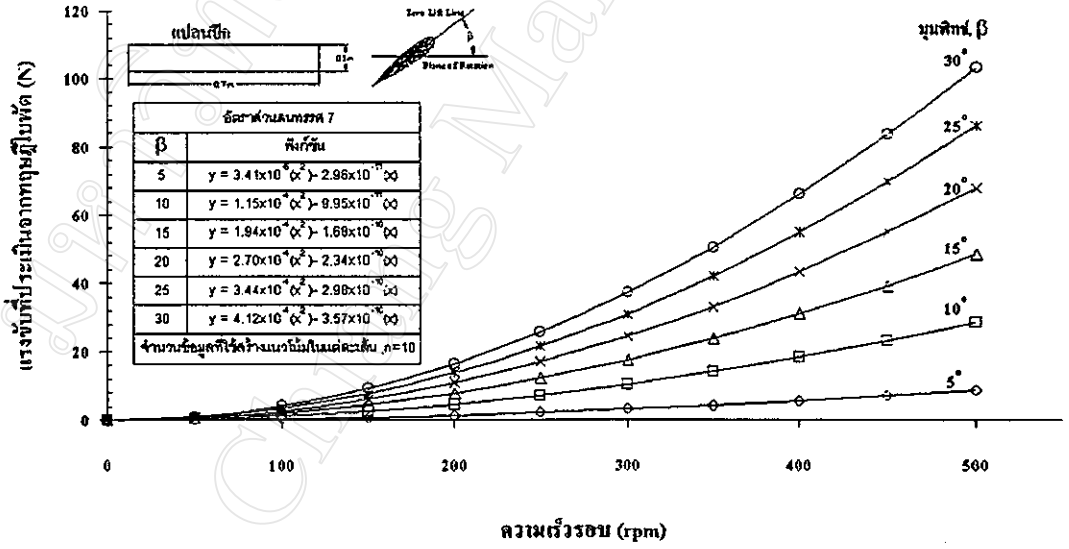


(ข)

รูปที่ 4.3 (ก)-(ข) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุน ที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4

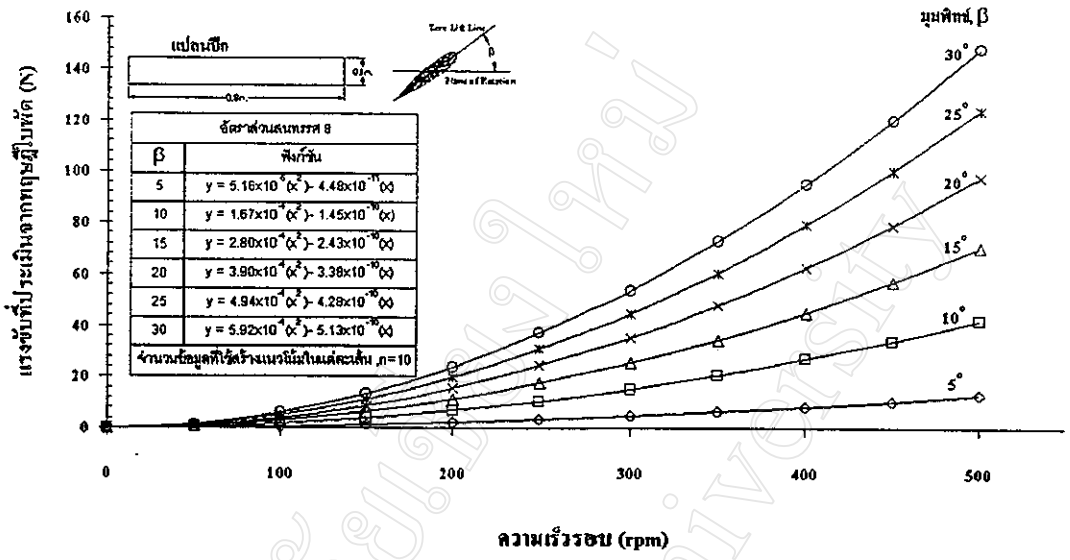


(ค)



(ง)

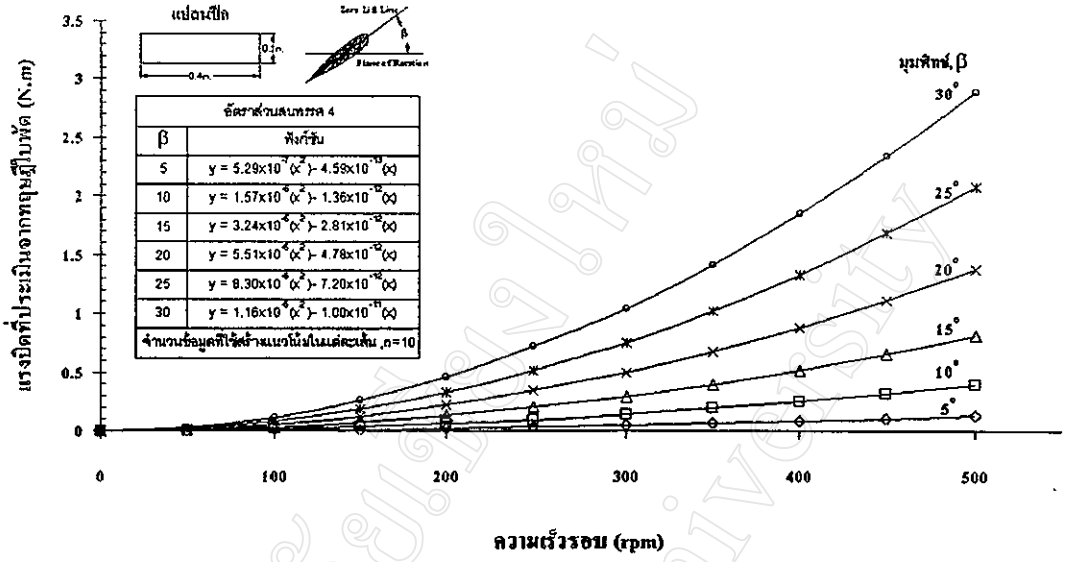
รูปที่ 4.3 (ค)-(ง) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุน ที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 5 และ 6



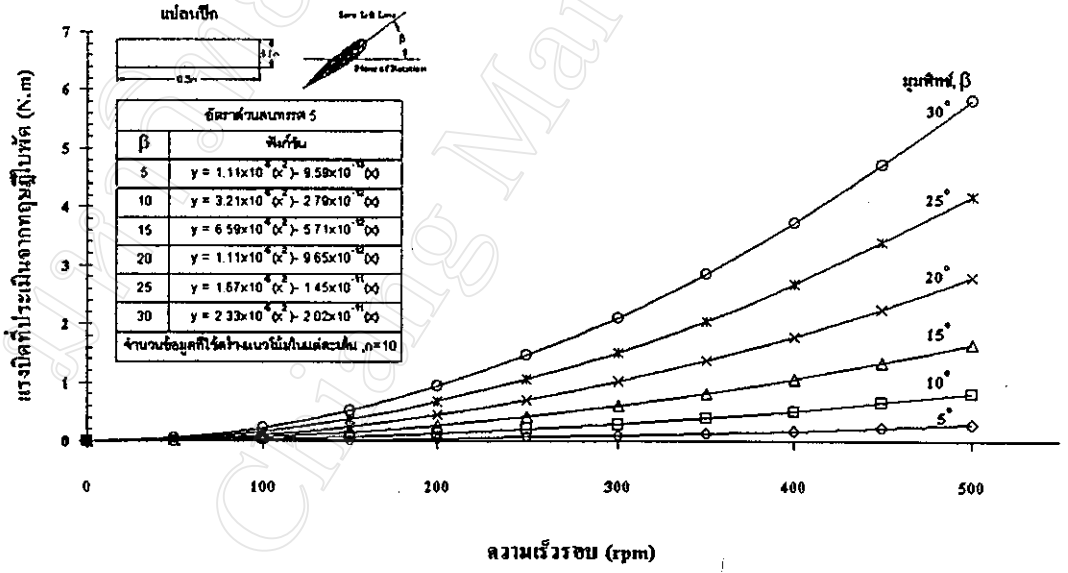
(ข)

รูปที่ 4.3 (ข) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุน

ที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 7 และ 8

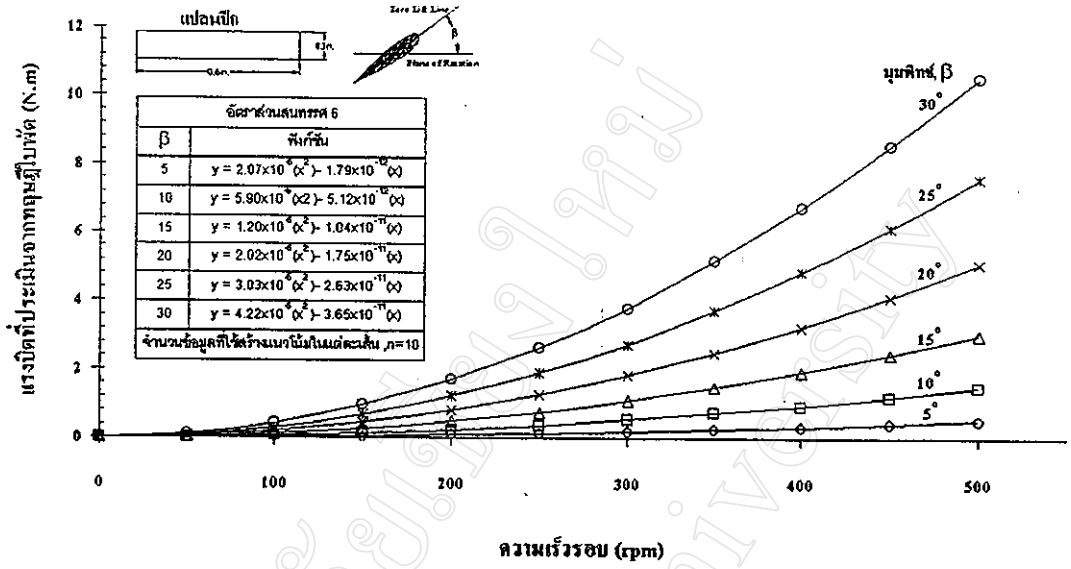


(ก)

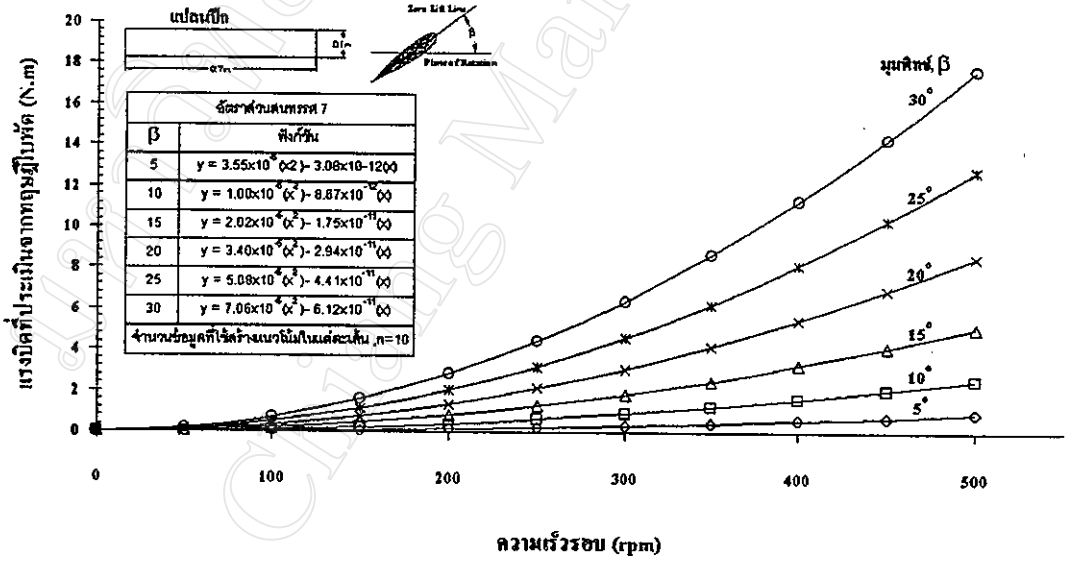


(ข)

รูปที่ 4.4 (ก)-(ข) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4 และ 5

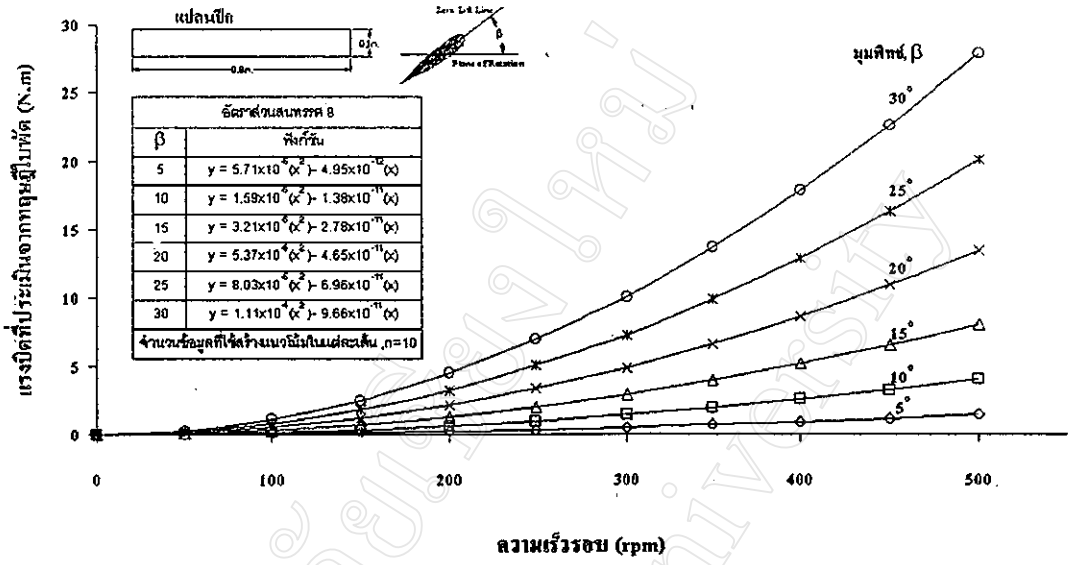


(ค)



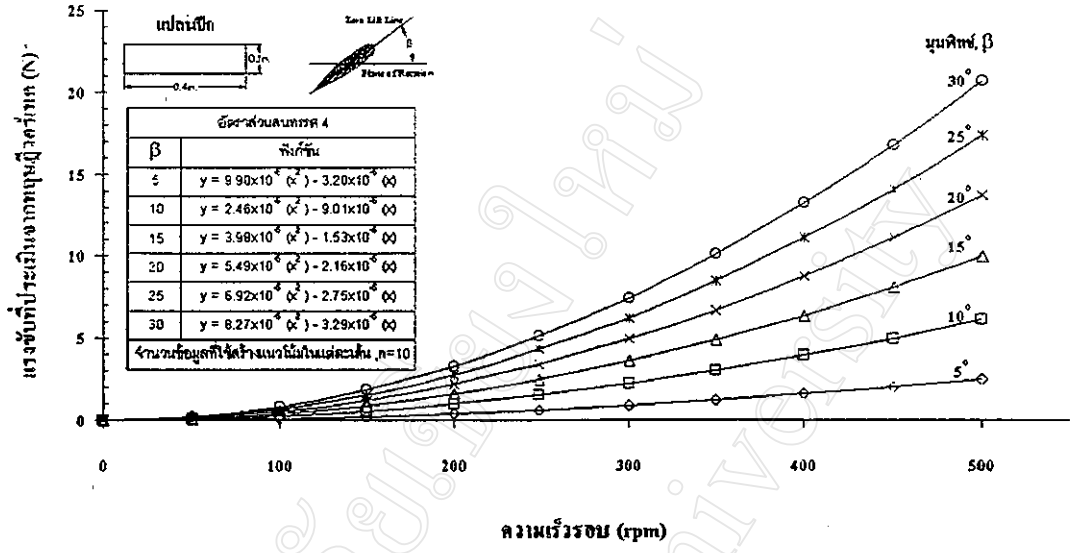
(ง)

รูปที่ 4.4 (ค)-(ง) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 6 และ 7

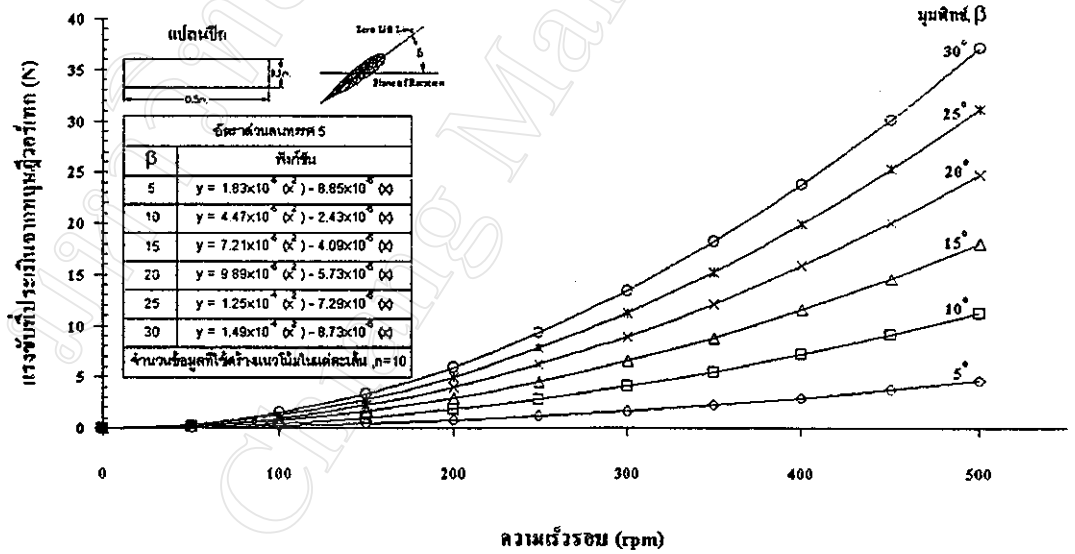


(จ)

รูปที่ 4.4 (จ) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีใบพัดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8

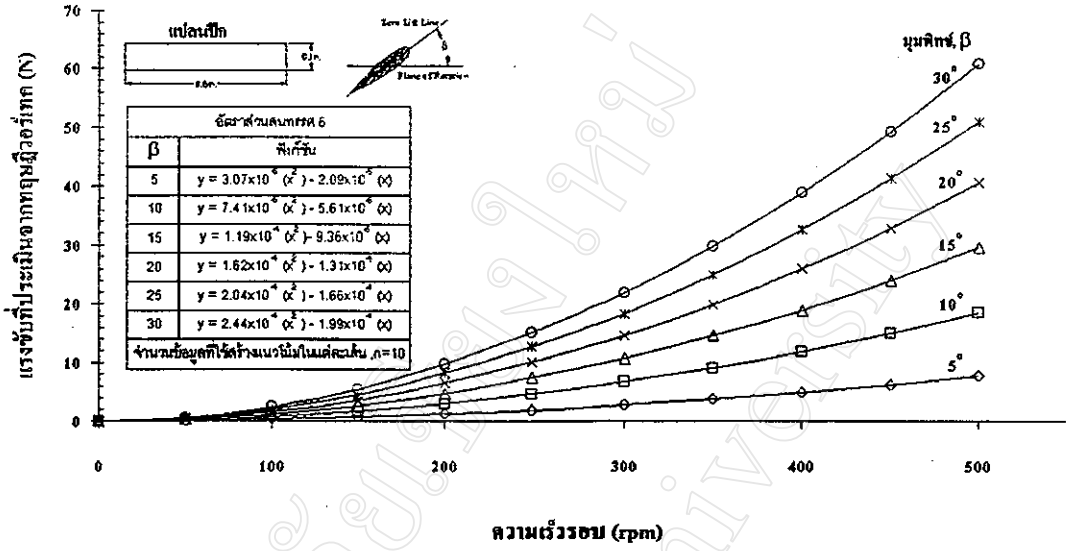


(ก)

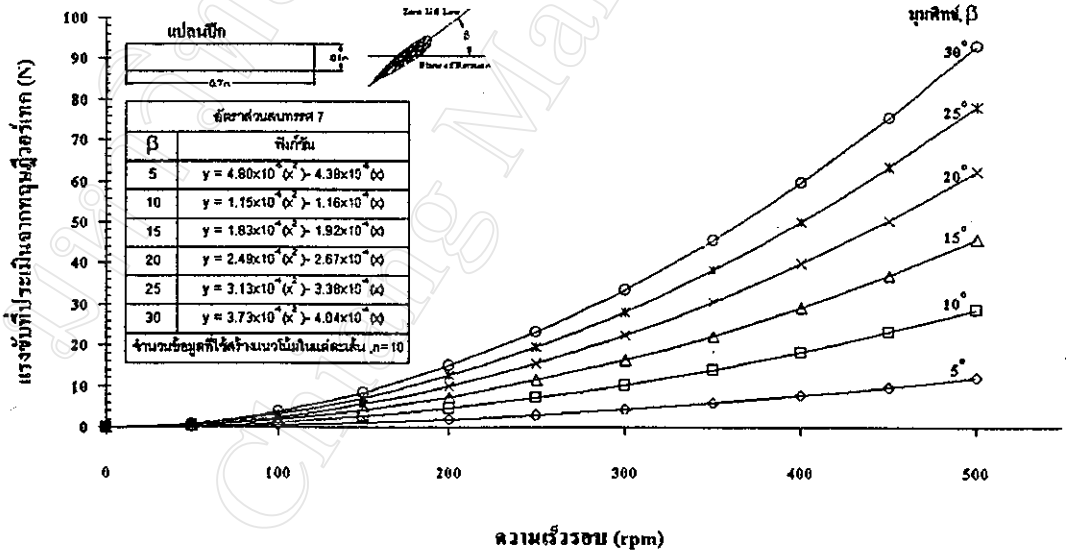


(ข)

รูปที่ 4.5 (ก)-(ข) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4 และ 5

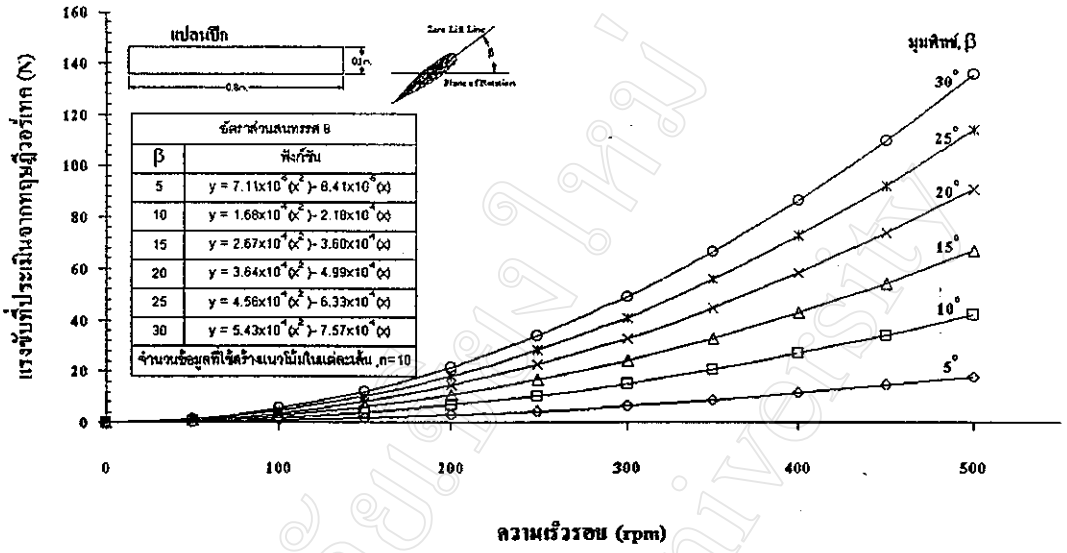


(ค)



(ง)

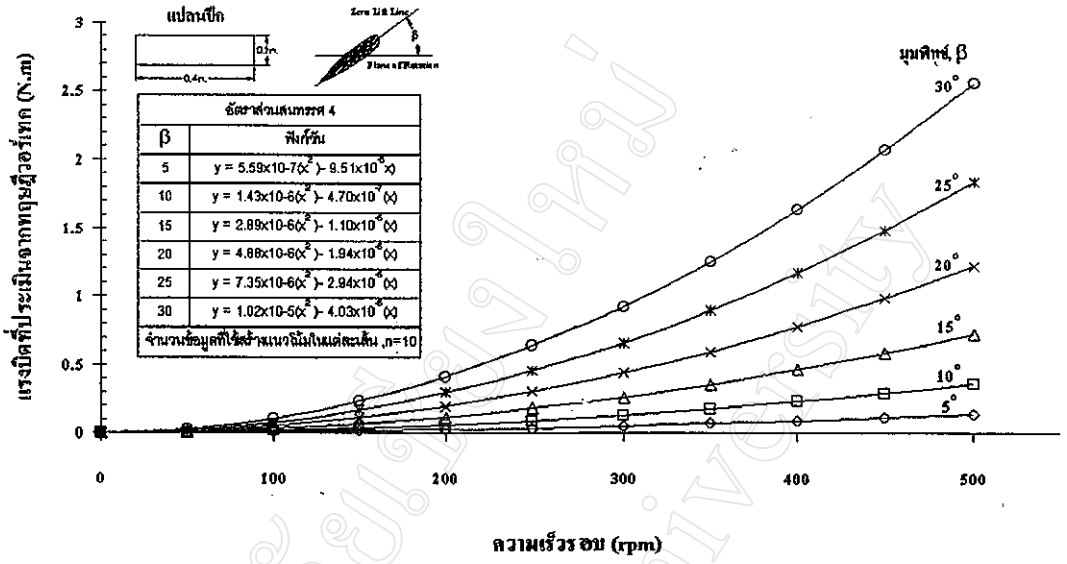
รูปที่ 4.5 (ค)-(ง) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 6 และ 7



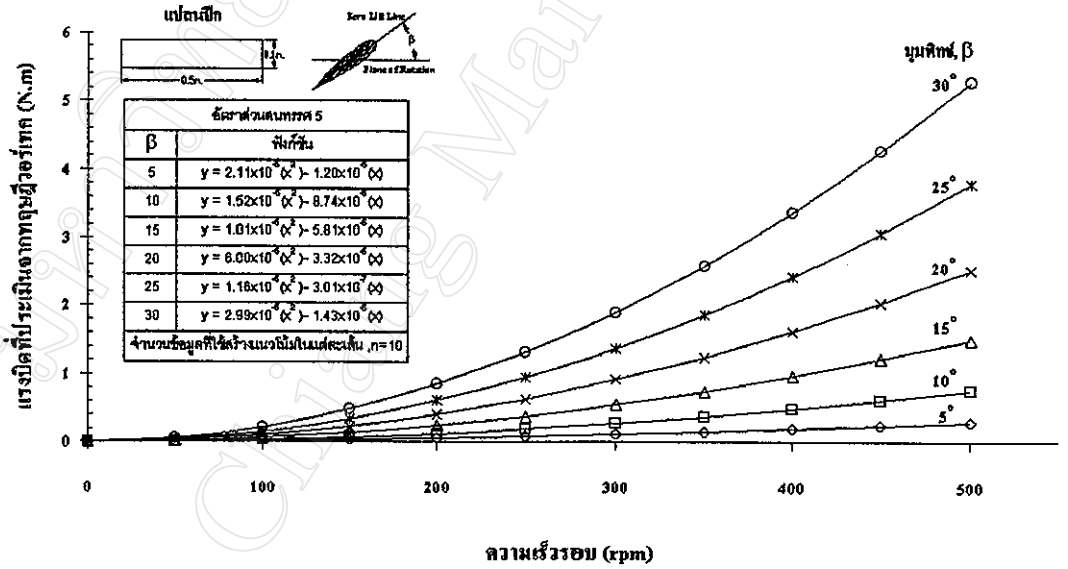
(จ)

รูปที่ 4.5 (จ) แสดงผลการประเมินแรงขับด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University

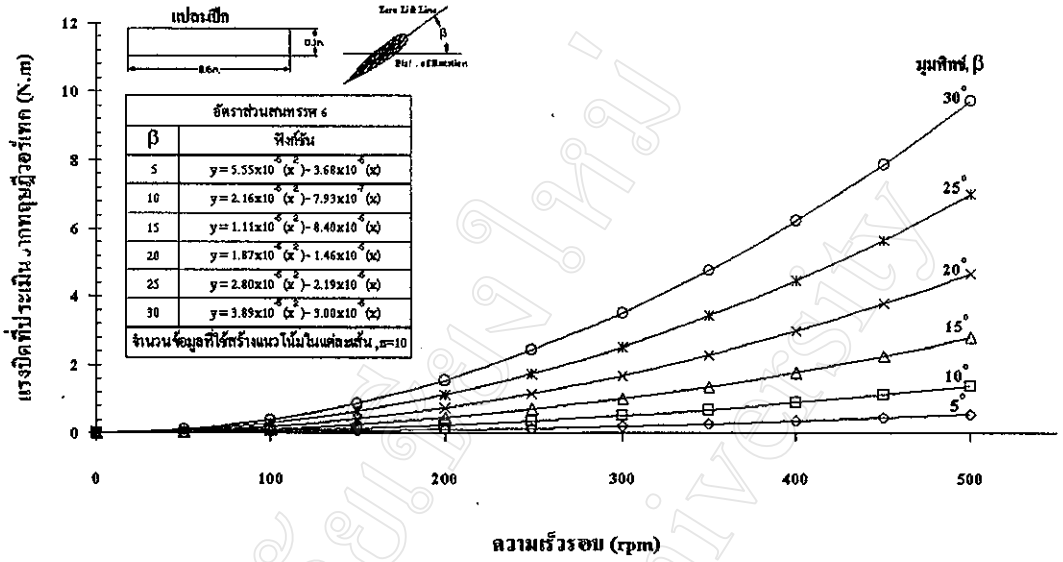


(ก)



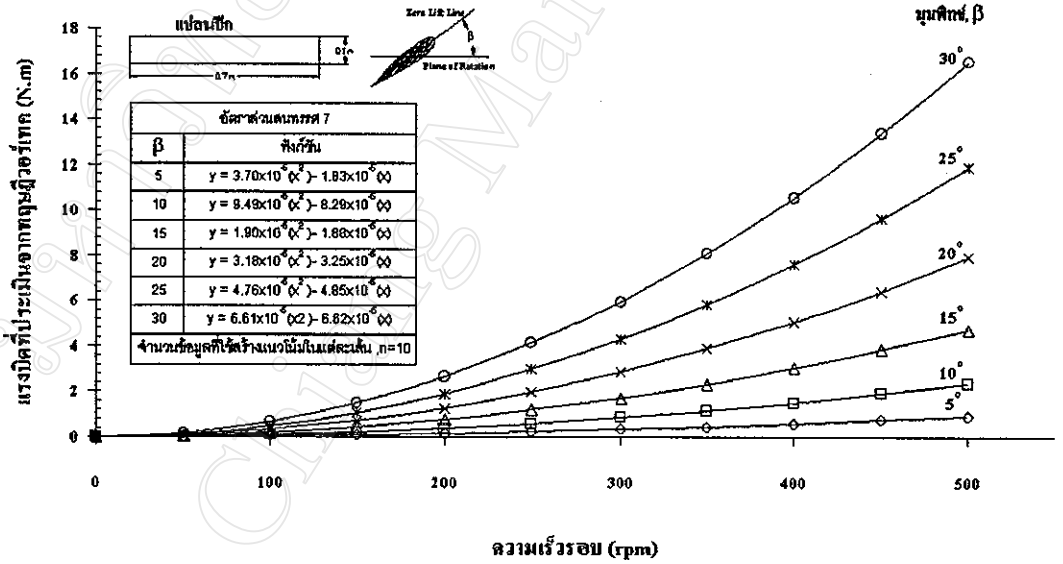
(ข)

รูปที่ 4.6 (ก)-(ข) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4 และ 5



อัตราส่วนสนทรรศ 6	
β	ฟังก์ชัน
5	$y = 5.55\times10^{-6}(x^2) - 3.68\times10^{-4}(x)$
10	$y = 2.16\times10^{-5}(x^2) - 7.93\times10^{-4}(x)$
15	$y = 1.11\times10^{-5}(x^2) - 8.40\times10^{-4}(x)$
20	$y = 1.87\times10^{-5}(x^2) - 1.46\times10^{-3}(x)$
25	$y = 2.80\times10^{-5}(x^2) - 2.19\times10^{-3}(x)$
30	$y = 3.89\times10^{-5}(x^2) - 3.00\times10^{-3}(x)$
จำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างแนวโน้มในแต่ละเส้น ,n=10	

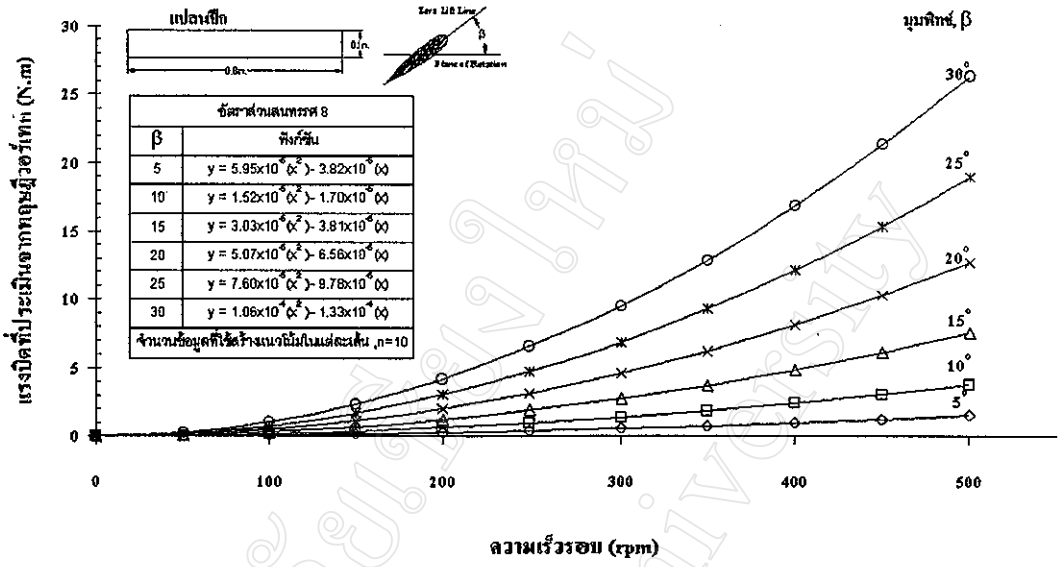
(ค)



อัตราส่วนสนทรรศ 7	
β	ฟังก์ชัน
5	$y = 3.70\times10^{-6}(x^2) - 1.83\times10^{-4}(x)$
10	$y = 8.49\times10^{-6}(x^2) - 8.29\times10^{-4}(x)$
15	$y = 1.90\times10^{-5}(x^2) - 1.88\times10^{-3}(x)$
20	$y = 3.18\times10^{-5}(x^2) - 3.25\times10^{-3}(x)$
25	$y = 4.76\times10^{-5}(x^2) - 4.85\times10^{-3}(x)$
30	$y = 6.61\times10^{-5}(x2) - 6.82\times10^{-3}(x)$
จำนวนข้อมูลที่ใช้สร้างแนวโน้มในแต่ละเส้น ,n=10	

(ง)

รูปที่ 4.6 (ค)-(ง) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 6 และ 7

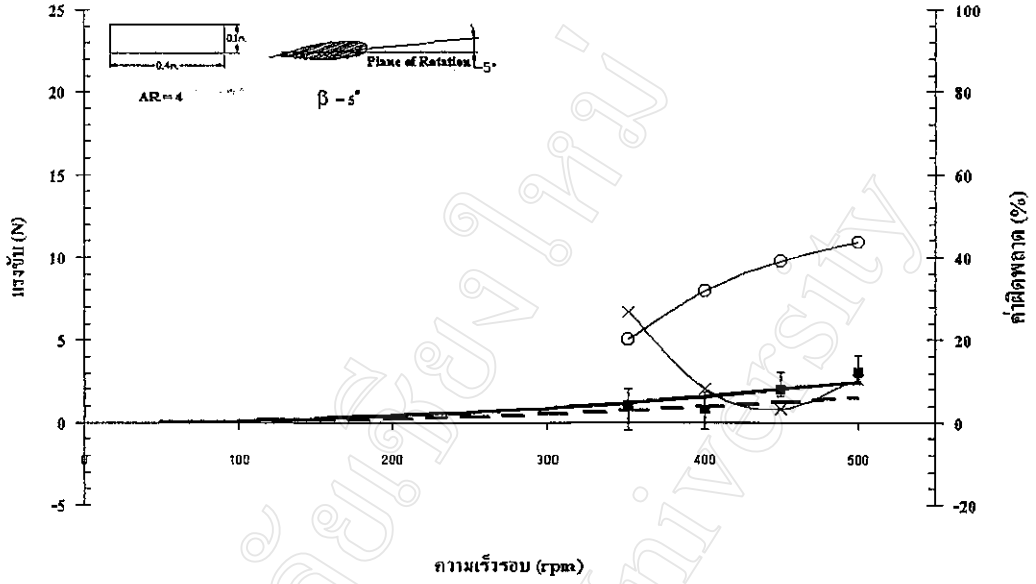


(จ)

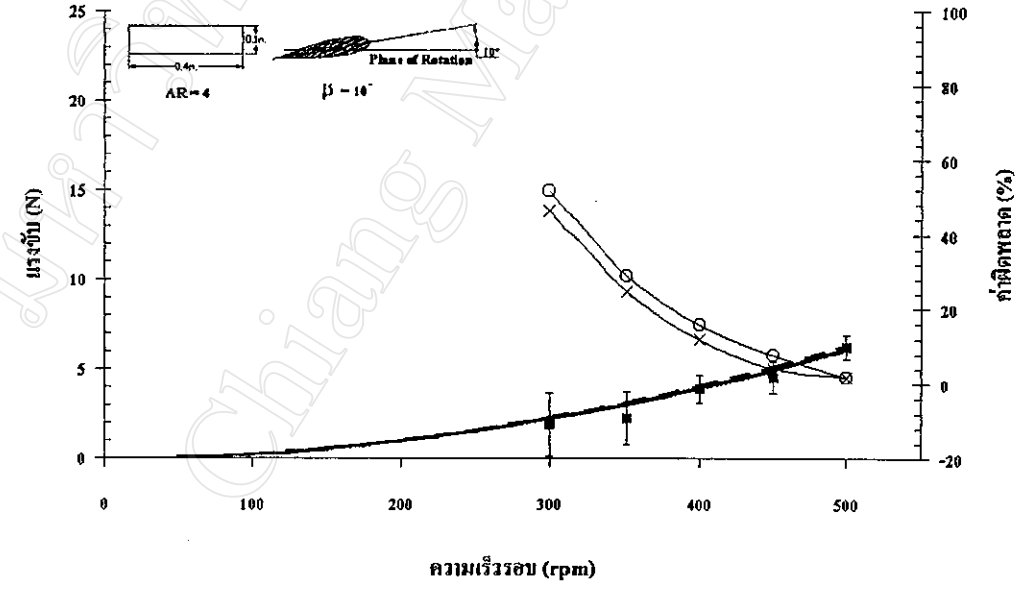
รูปที่ 4.6 (จ) แสดงผลการประเมินแรงบิดด้วยทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 ถึง 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8

4.3 การเปรียบเทียบผลการประเมินสมรรถนะตามทฤษฎีกับผลจากการทดสอบสมรรถนะของปีกหมุน

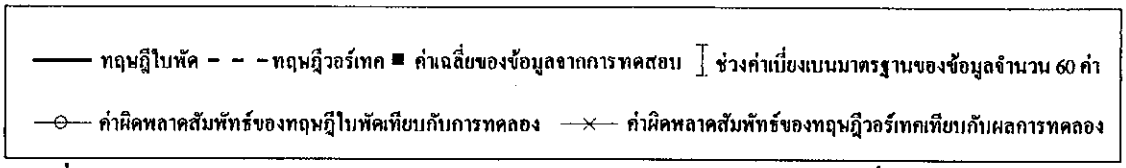
การเปรียบเทียบสมรรถนะของปีกหมุนที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีกับผลจากการทดสอบ โดยแสดงแนวโน้มของแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบและที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีทั้งสองและแสดงค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ อยู่ในรูปกราฟเดียวกัน ซึ่งได้นำเสนอแบ่งเป็นรูปตามสภาวะดังรูปที่ 4.7 ถึง 4.16



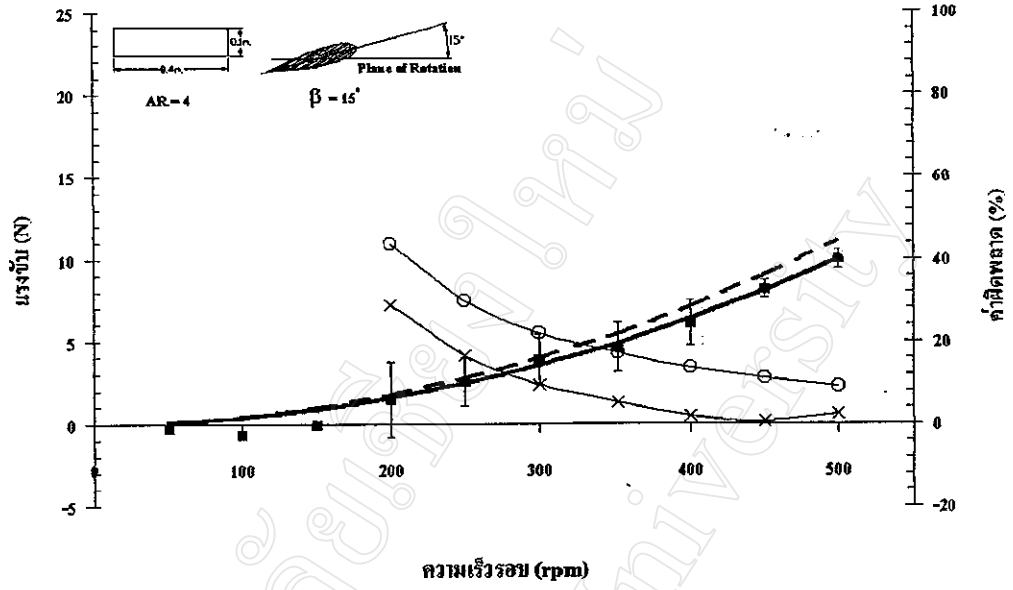
(ก)



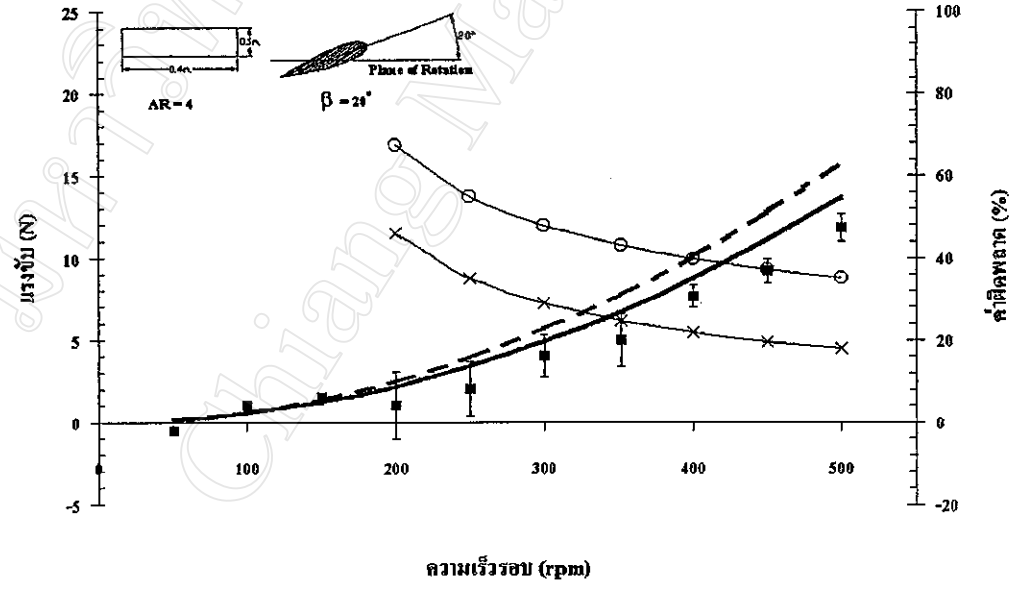
(ข)



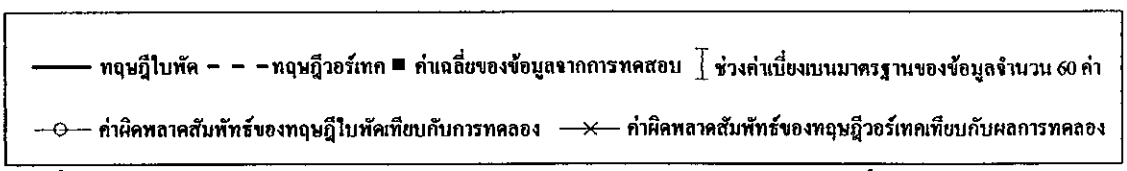
รูปที่ 4.7 (ก) - (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



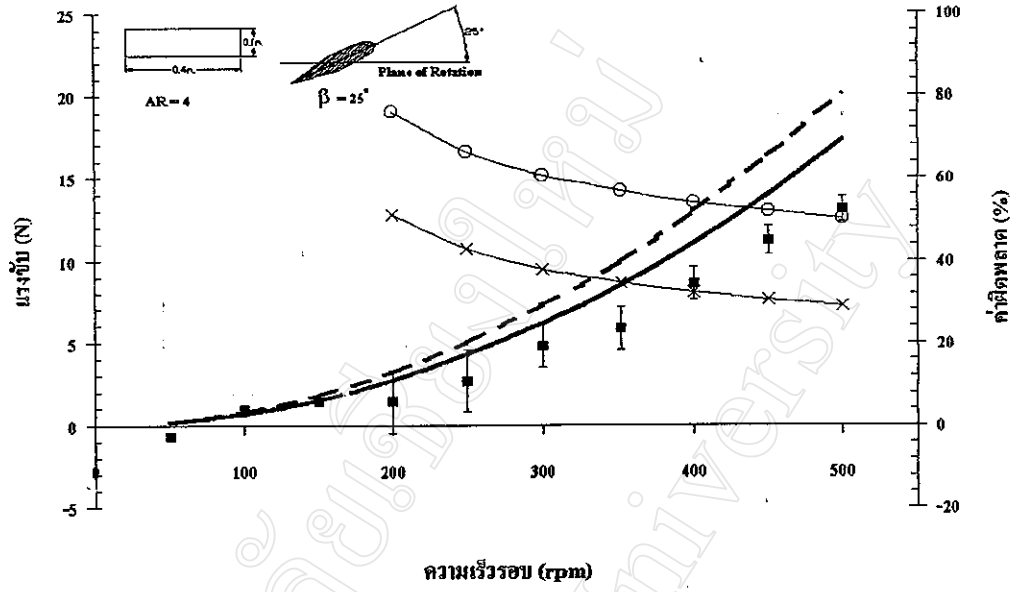
(ค)



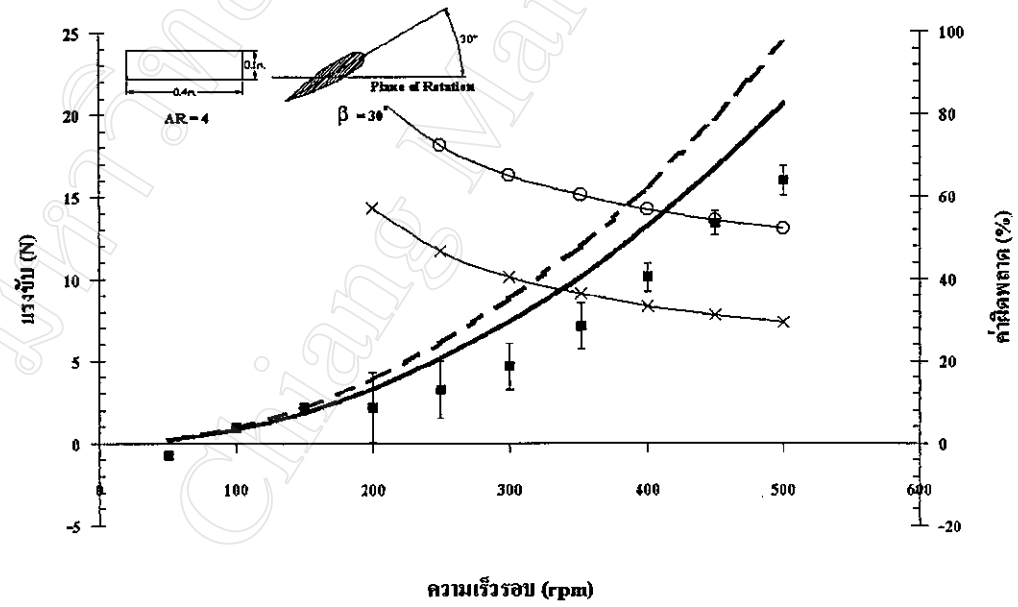
(ง)



รูปที่ 4.7 (ค) - (ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

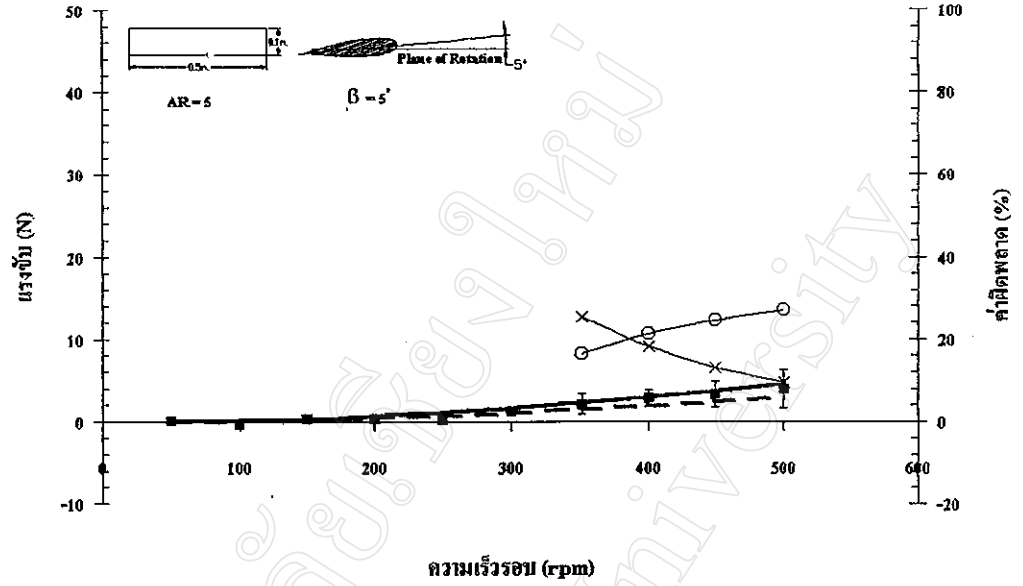


(ฉ)

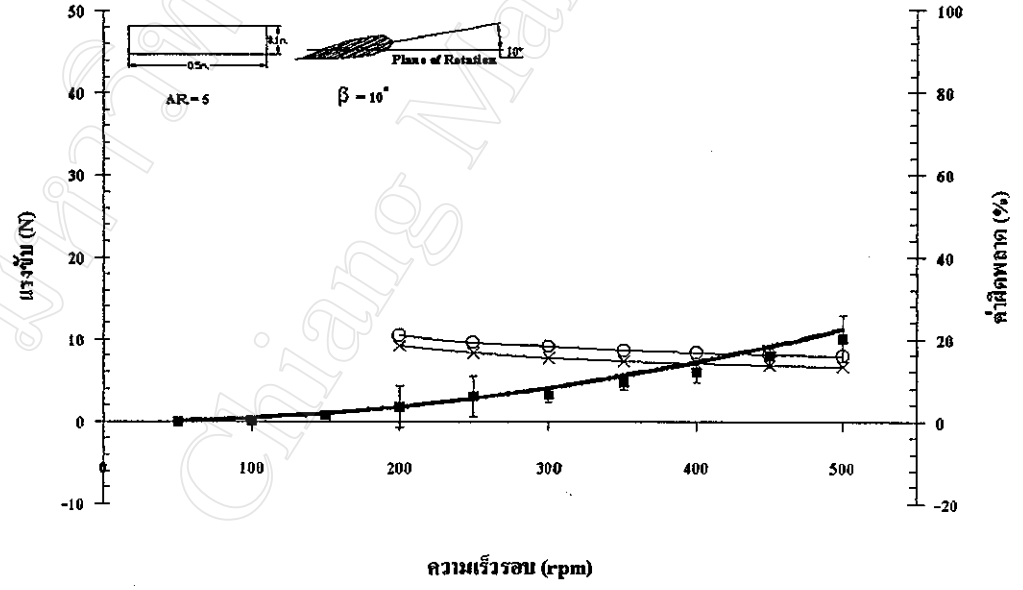
ทฤษฎีใบพัด – – – ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ I ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

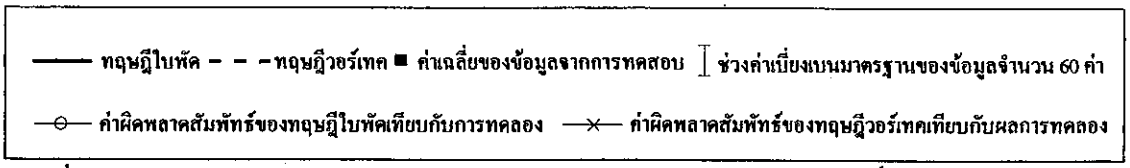
รูปที่ 4.7 (จ) - (ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(ก)

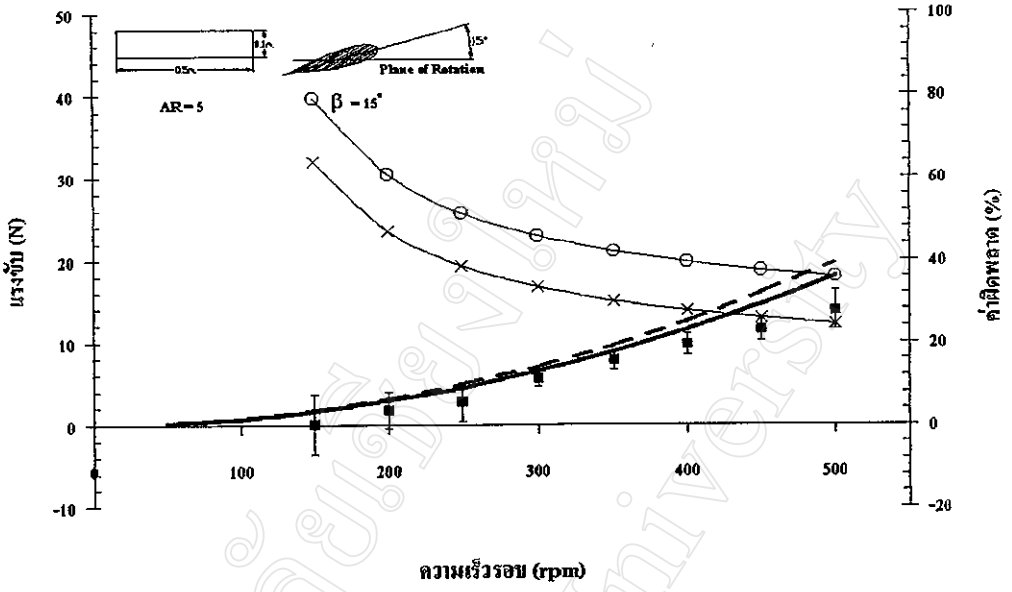


(ข)

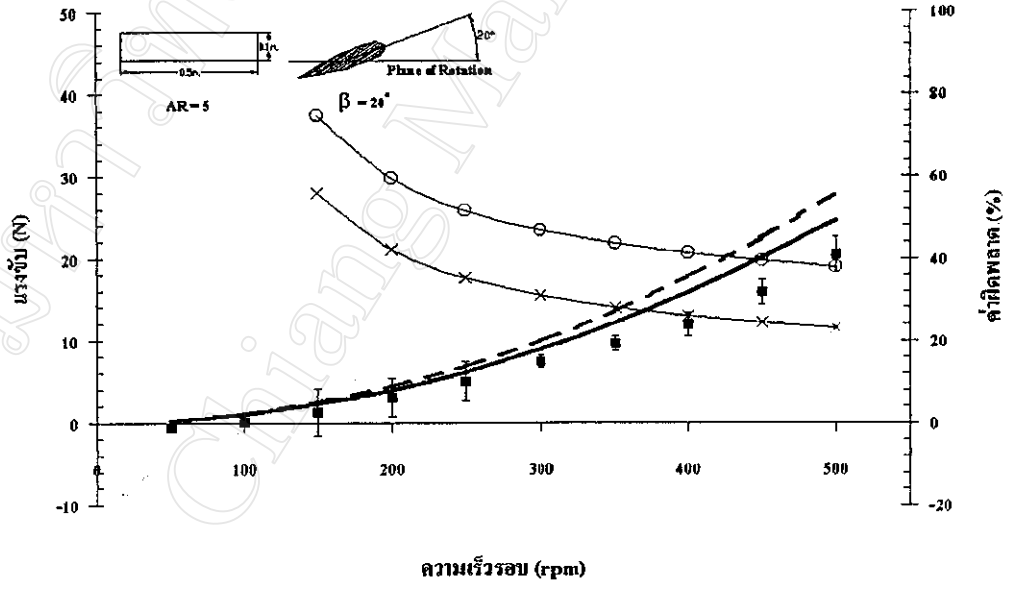


รูปที่ 4.8 (ก) - (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University



(ค)

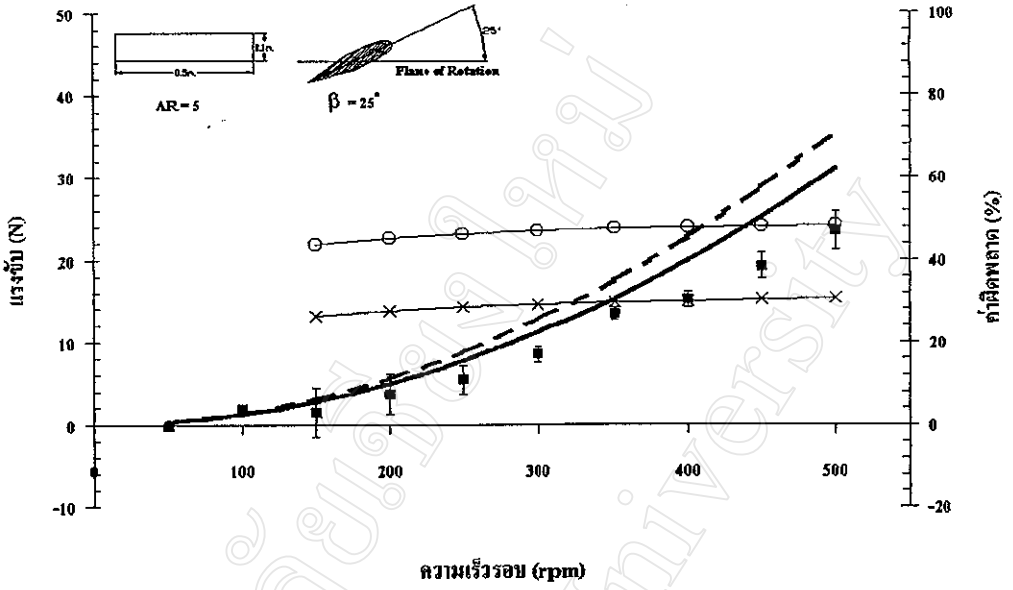


(ง)

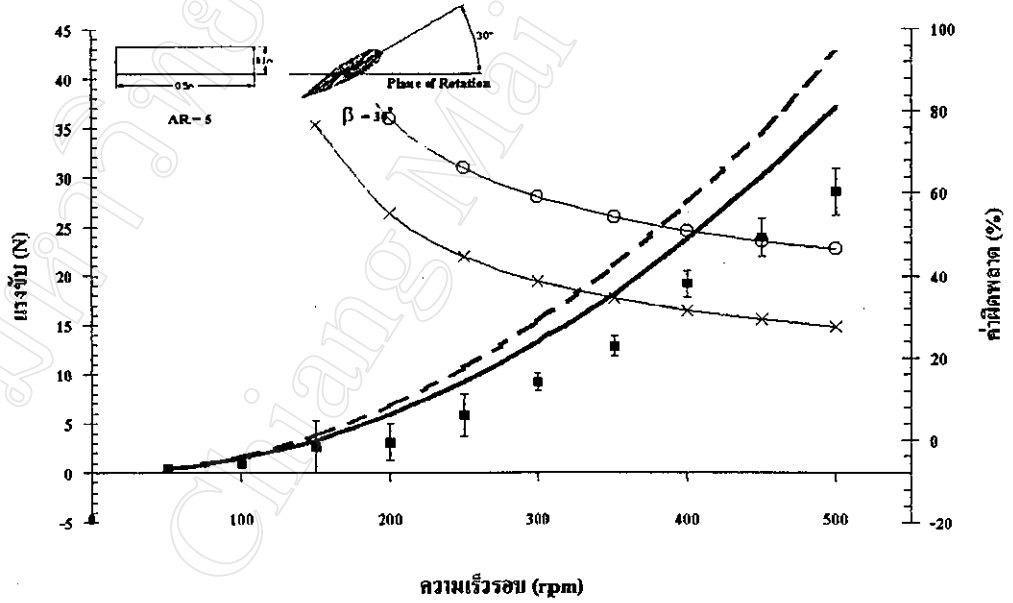
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

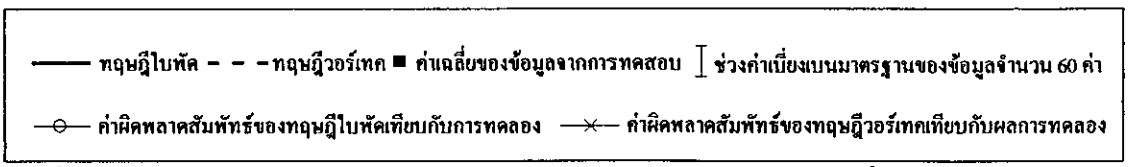
รูปที่ 4.8 (ค) - (ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



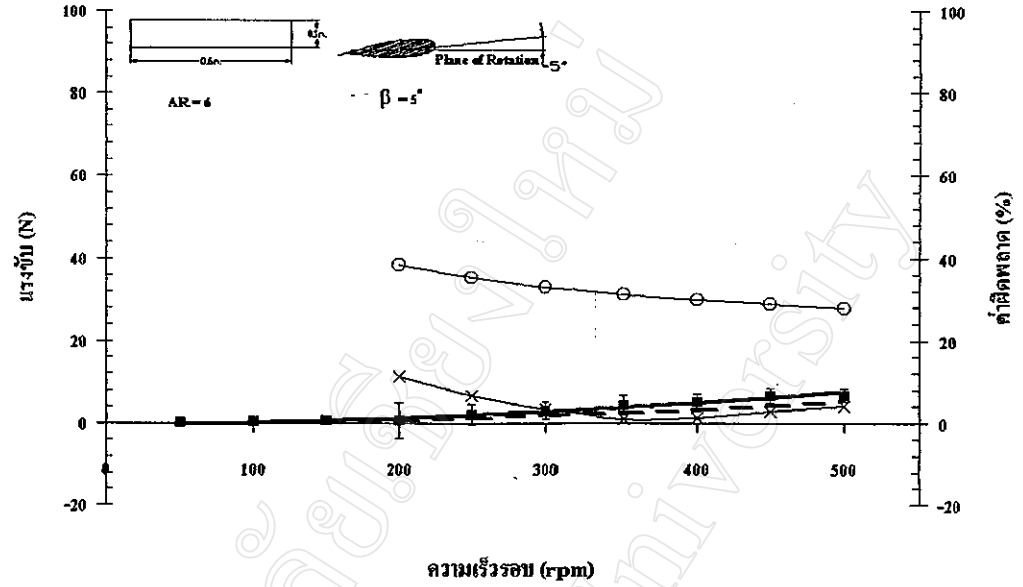
(จ)



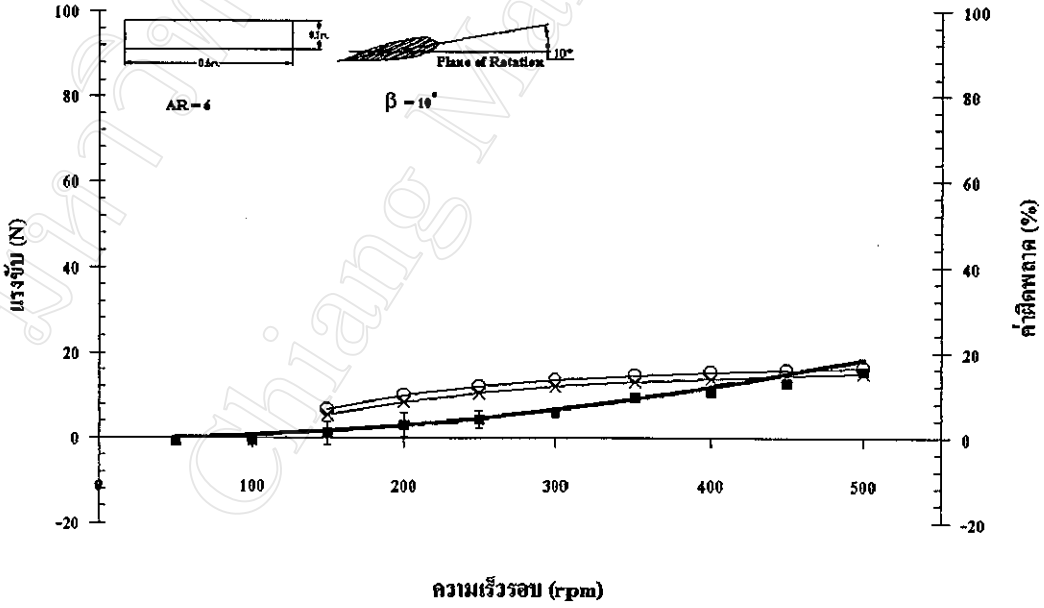
(ฉ)



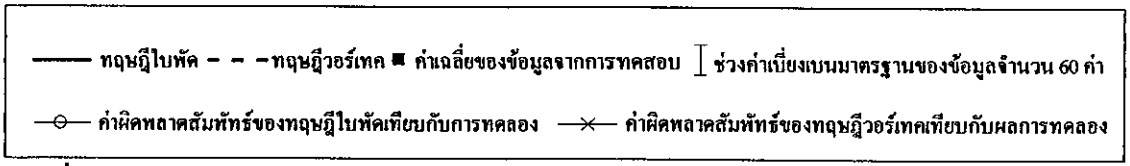
รูปที่ 4.8 (จ) - (ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



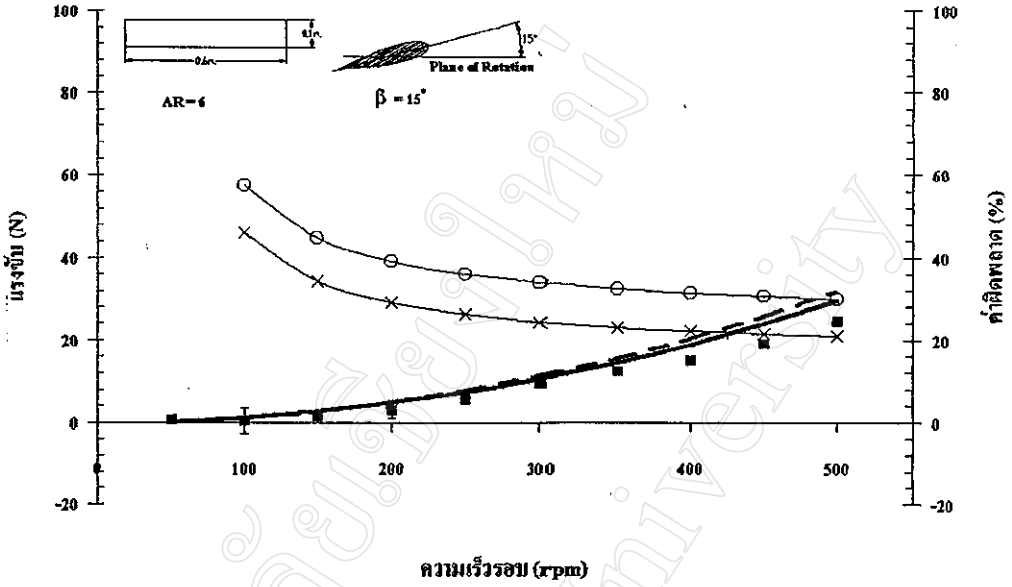
(ก)



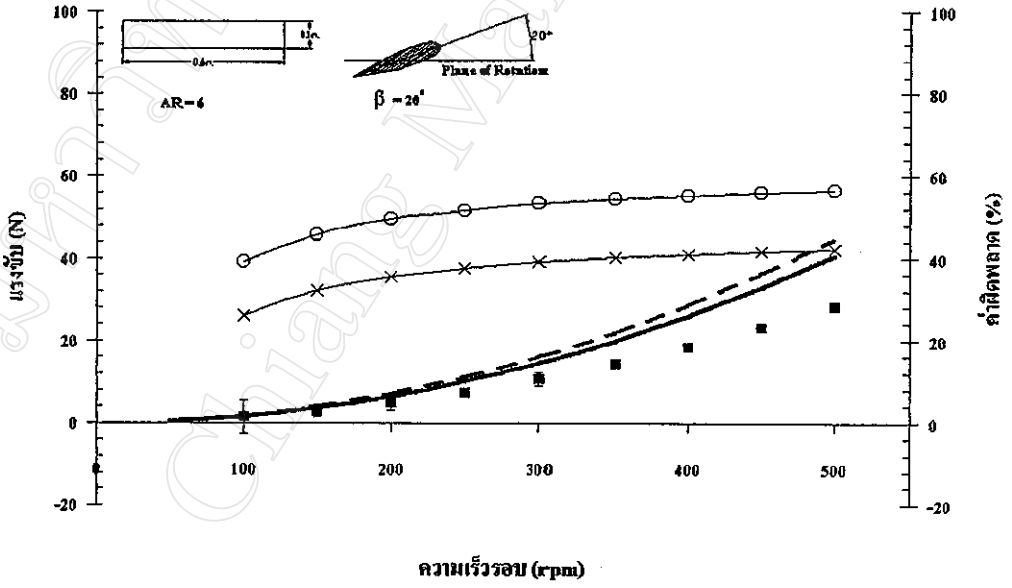
(ข)



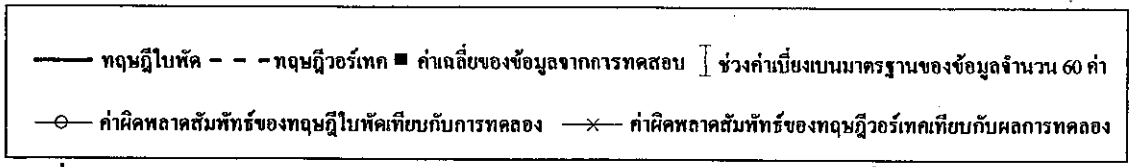
รูปที่ 4.9 (ก) - (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



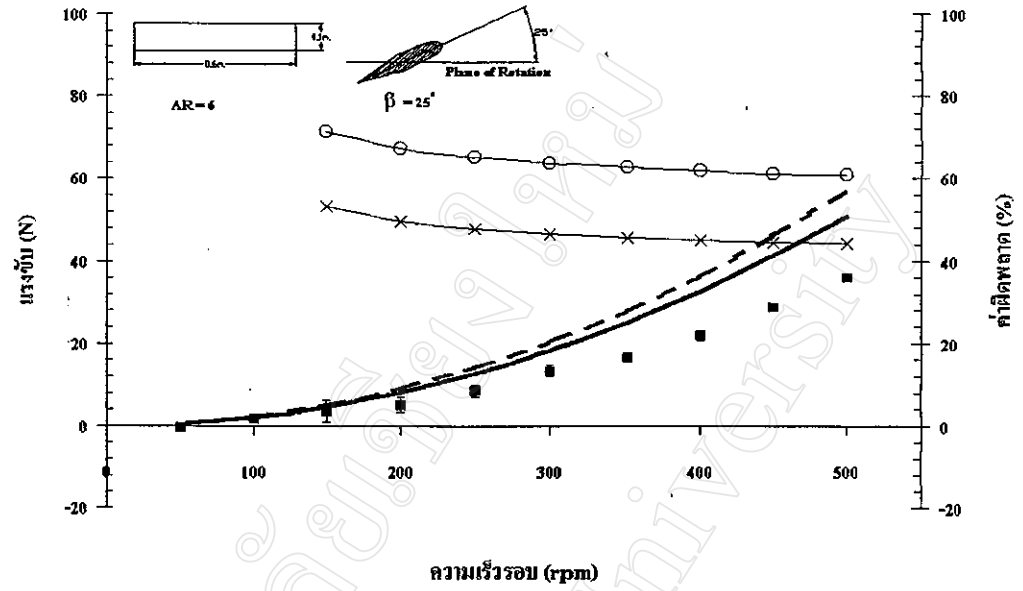
(ค)



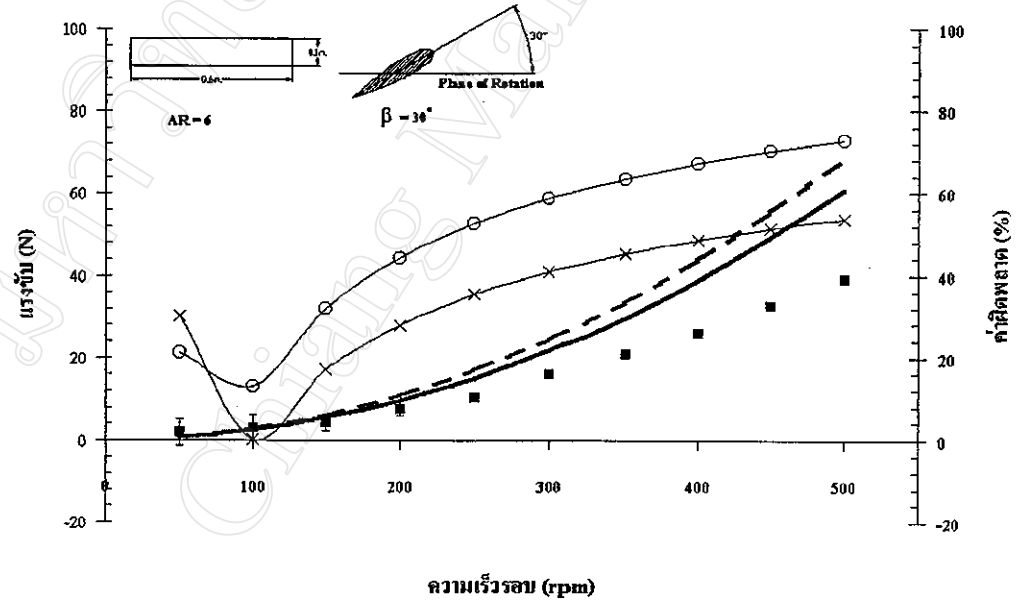
(ง)



รูปที่ 4.9 (ค) - (ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

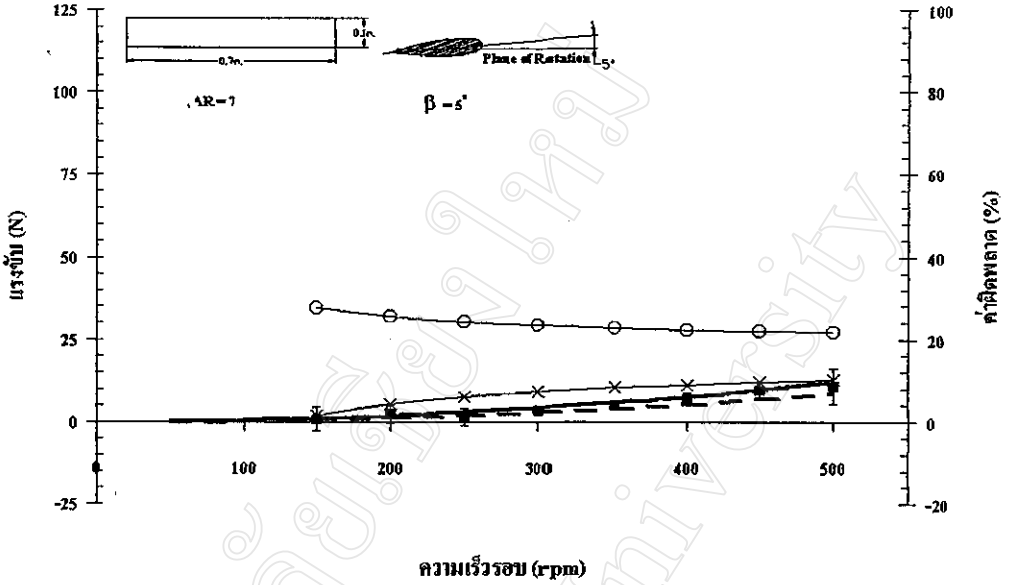


(ฉ)

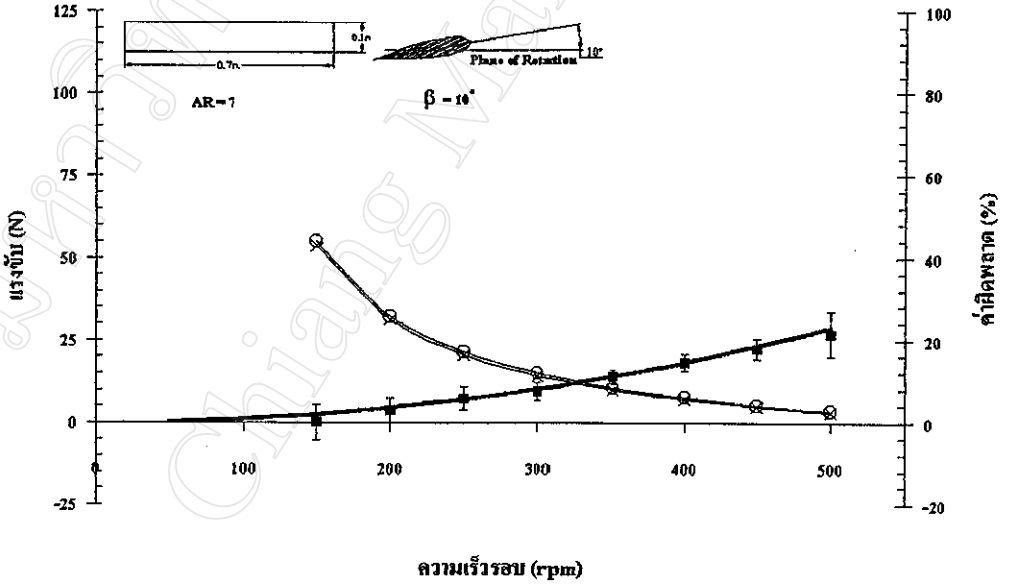
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

รูปที่ 4.9 (จ) - (ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(ก)

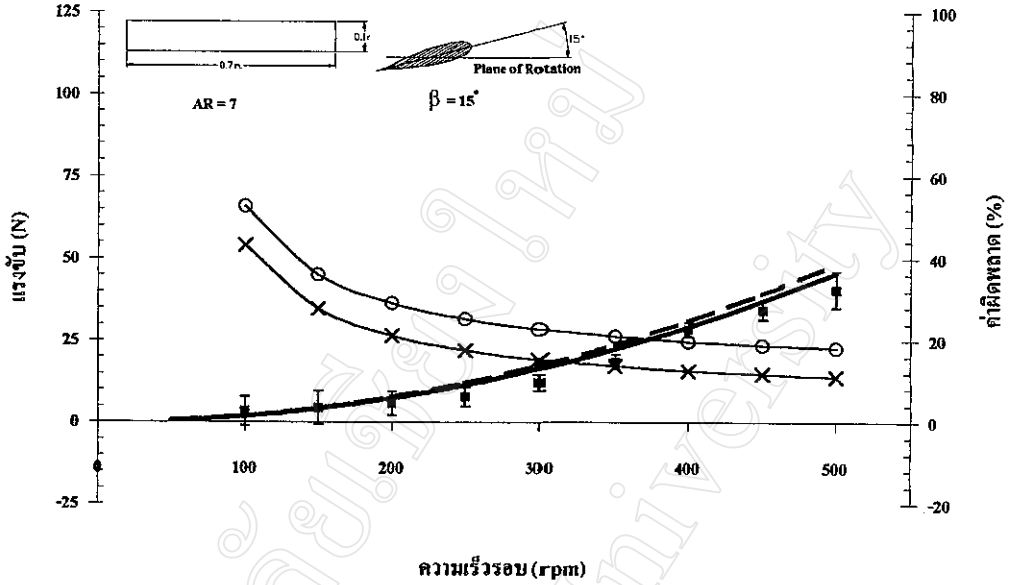


(ข)

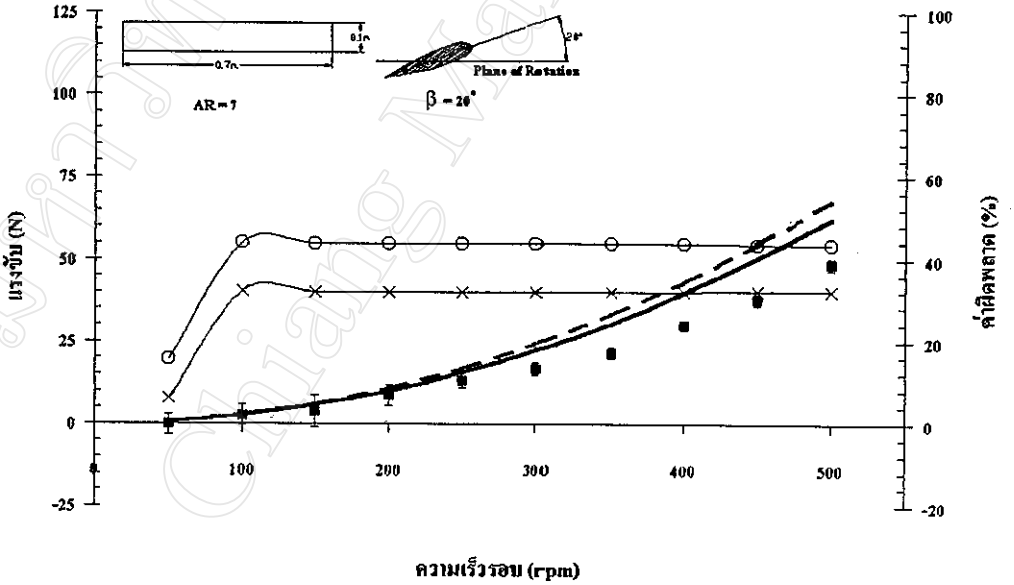
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—⊙— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

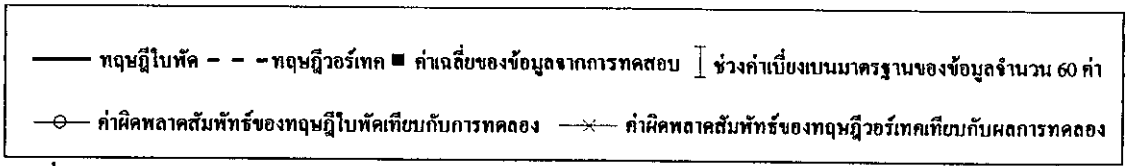
รูปที่ 4.10 (ก) - (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



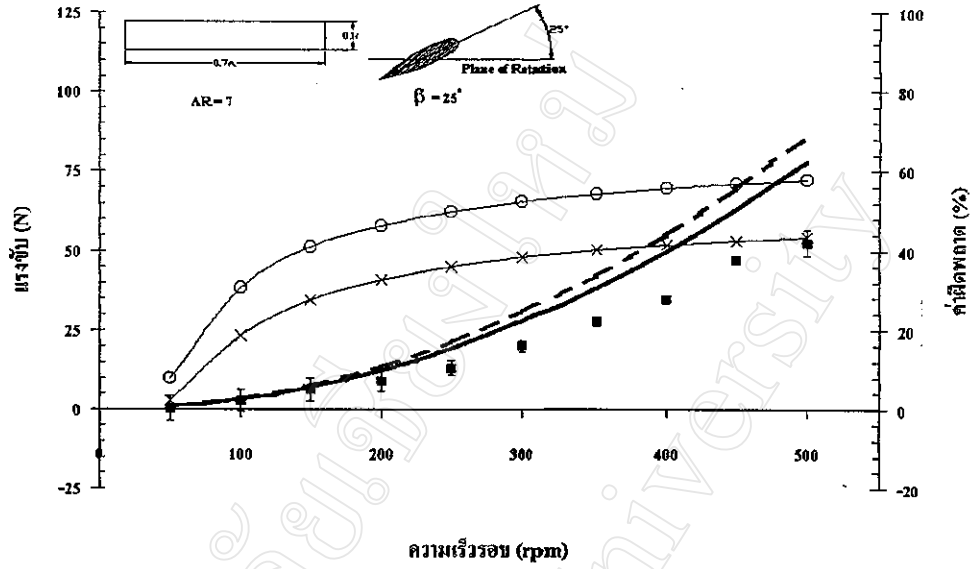
(ค)



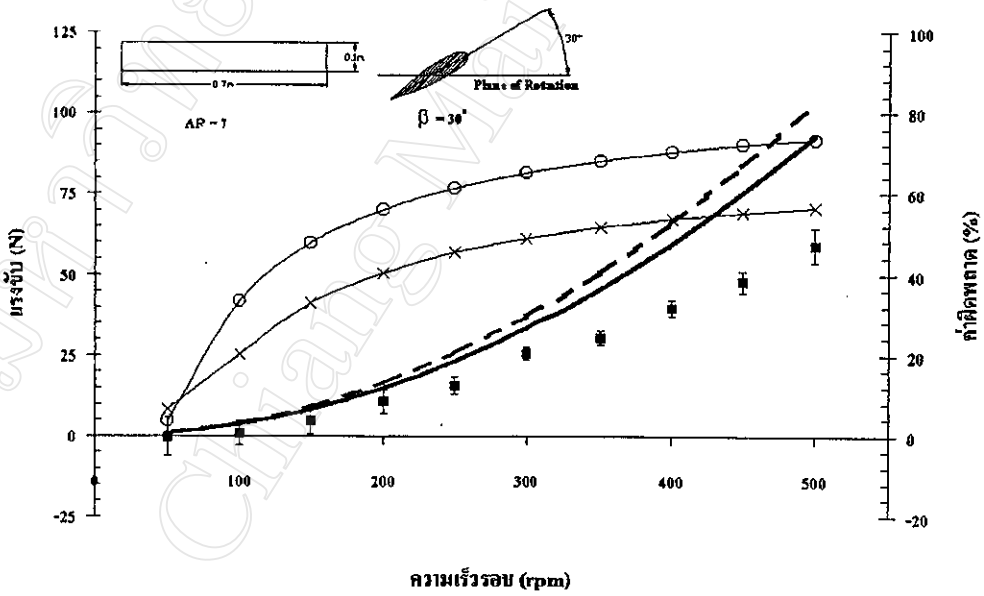
(ง)



รูปที่ 4.10 (ค) - (ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

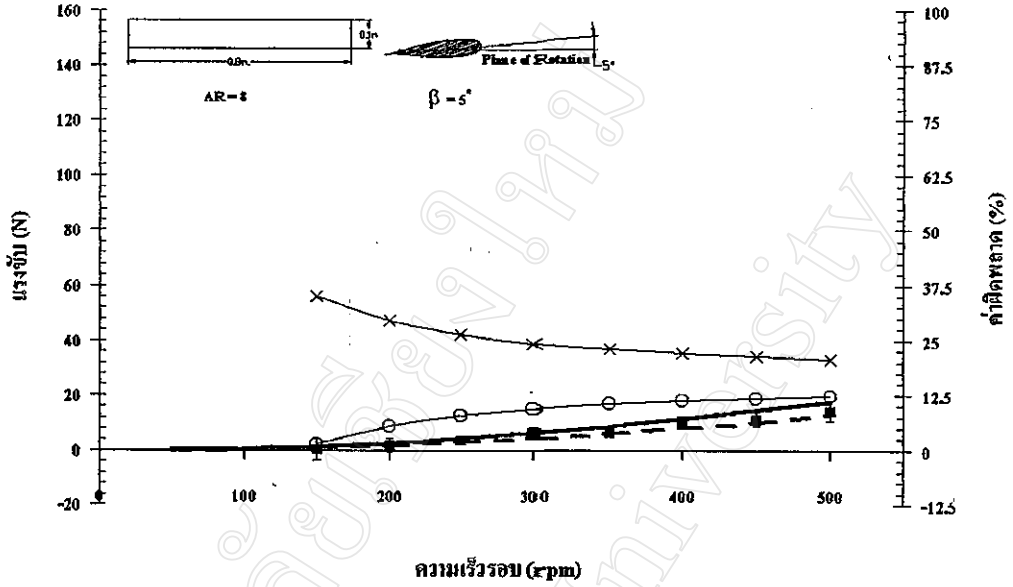


(ฉ)

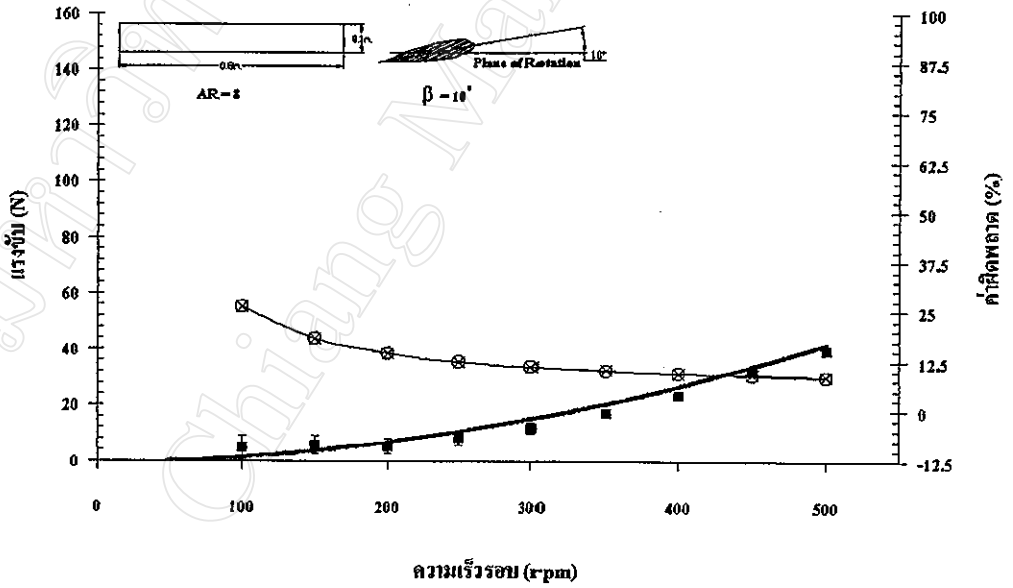
ทฤษฎีใบพัด – – – ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

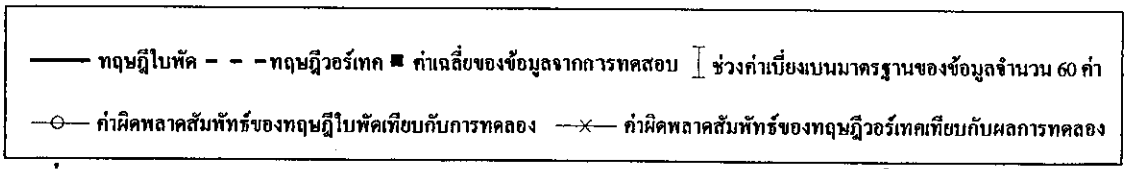
รูปที่ 4.10 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



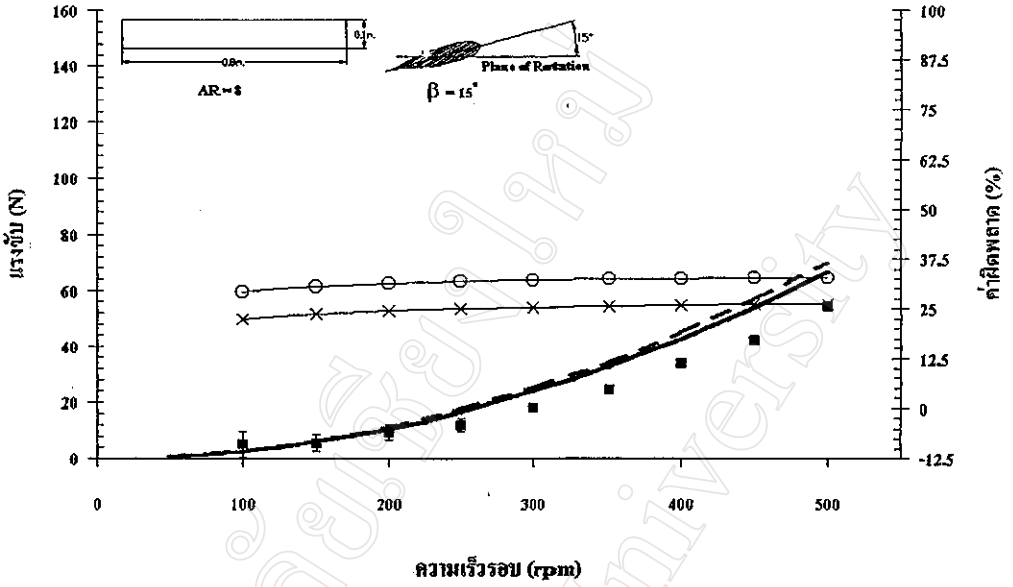
(ก)



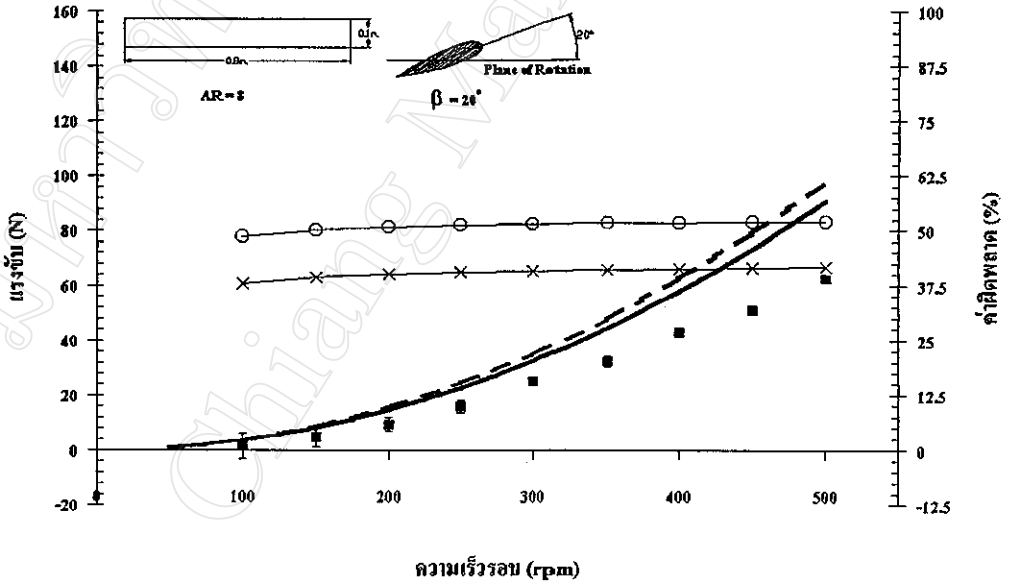
(ข)



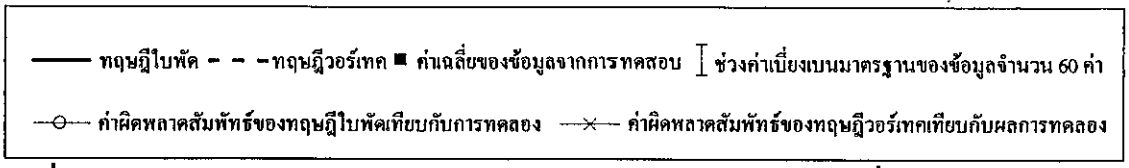
รูปที่ 4.11 (ก) - (ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



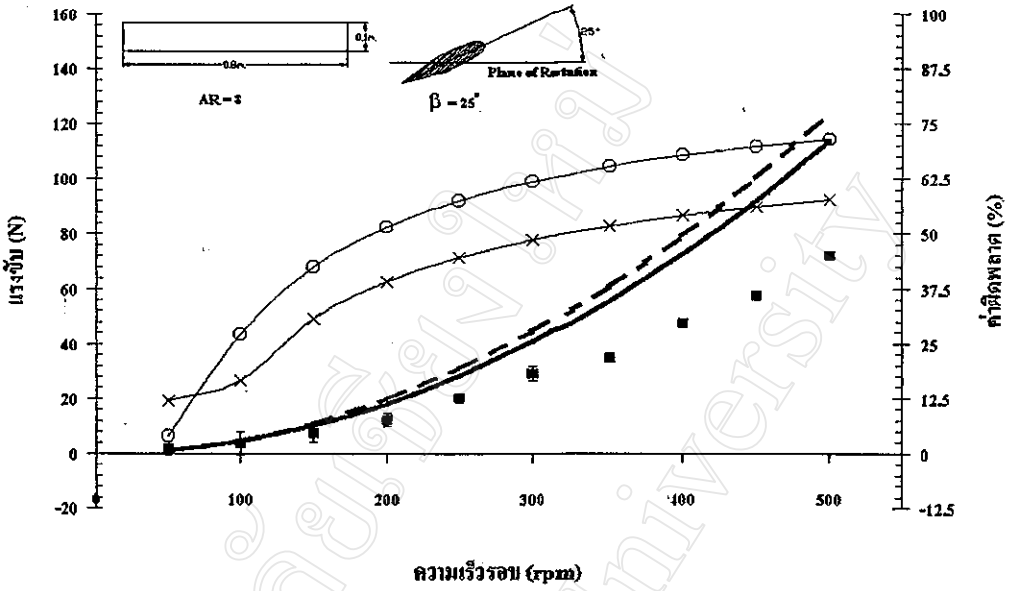
(ค)



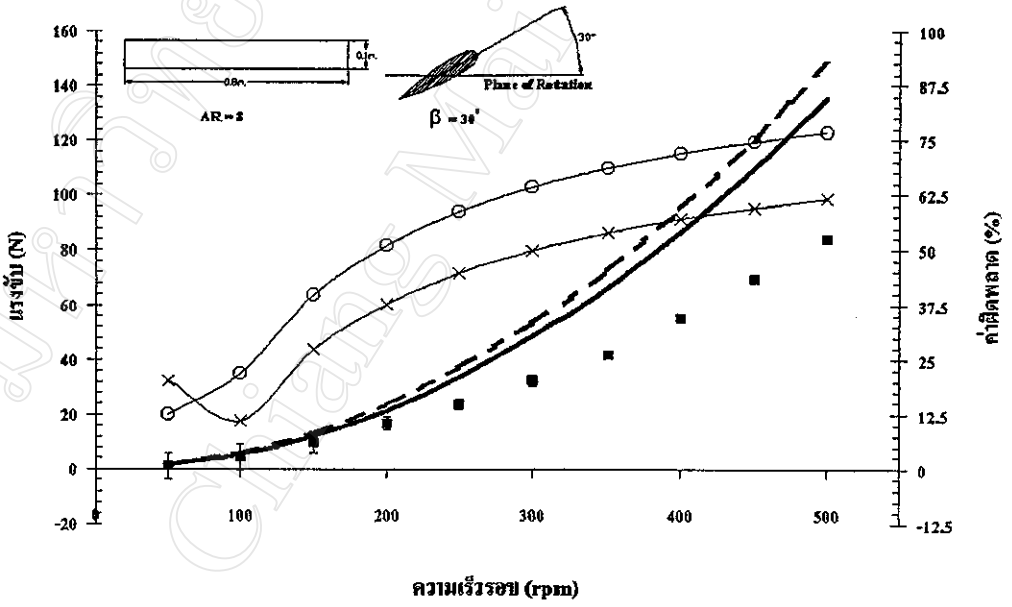
(ง)



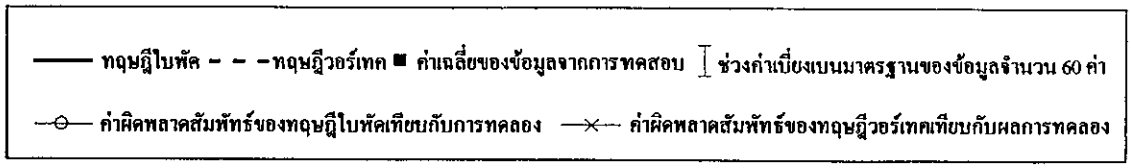
รูปที่ 4.11 (ค) - (ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



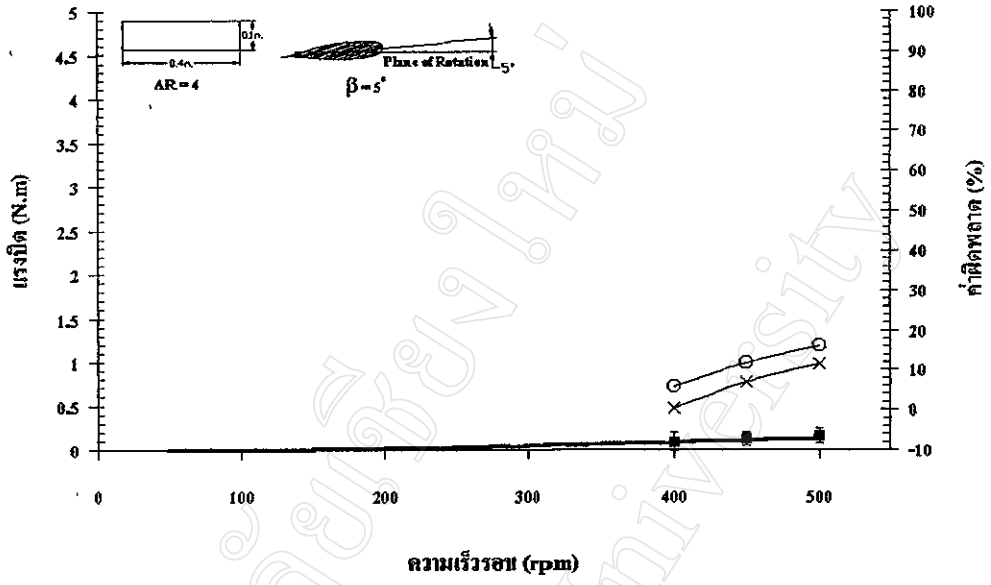
(จ)



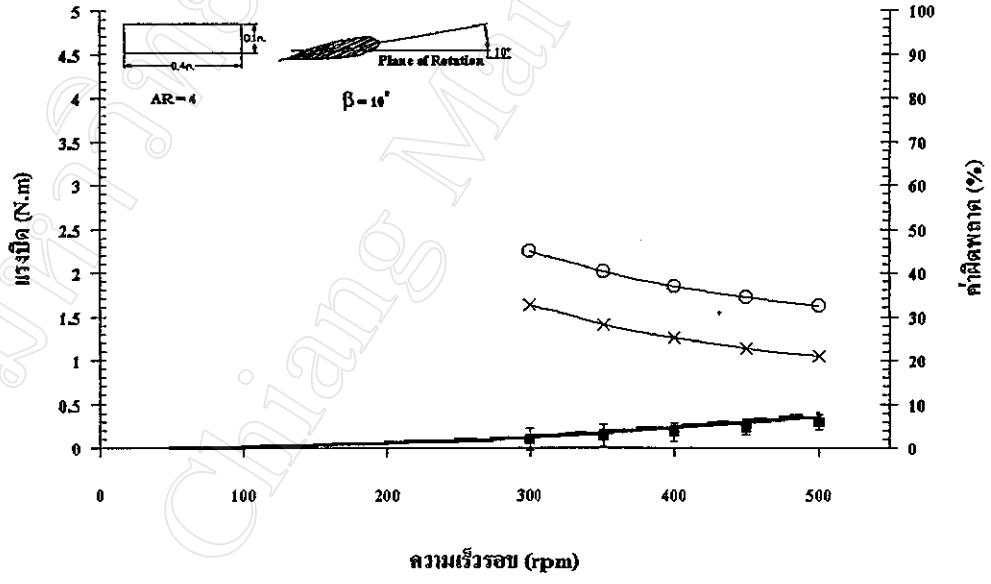
(ฉ)



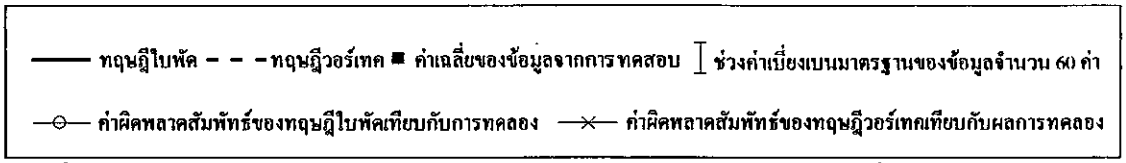
รูปที่ 4.11 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงขับของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



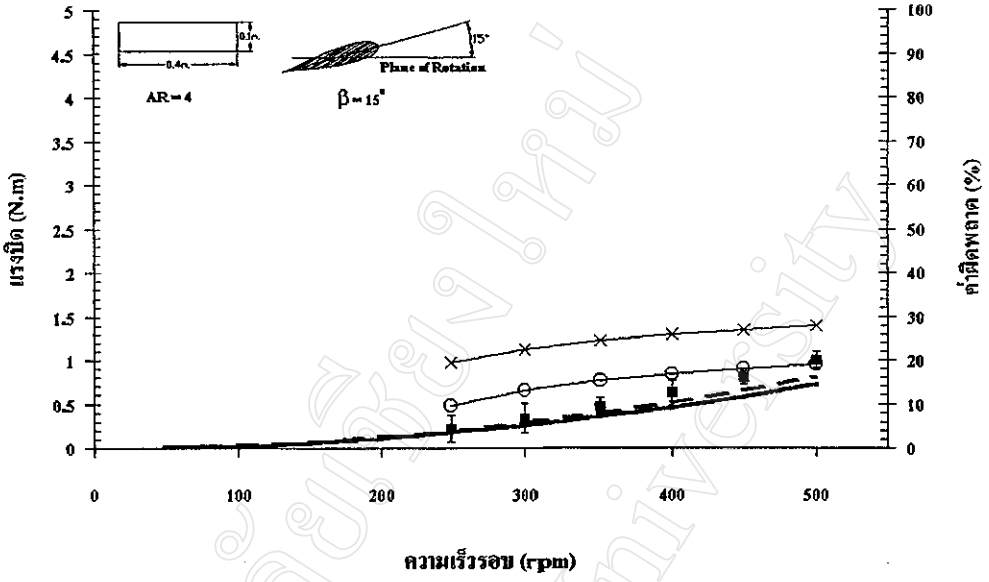
(ก)



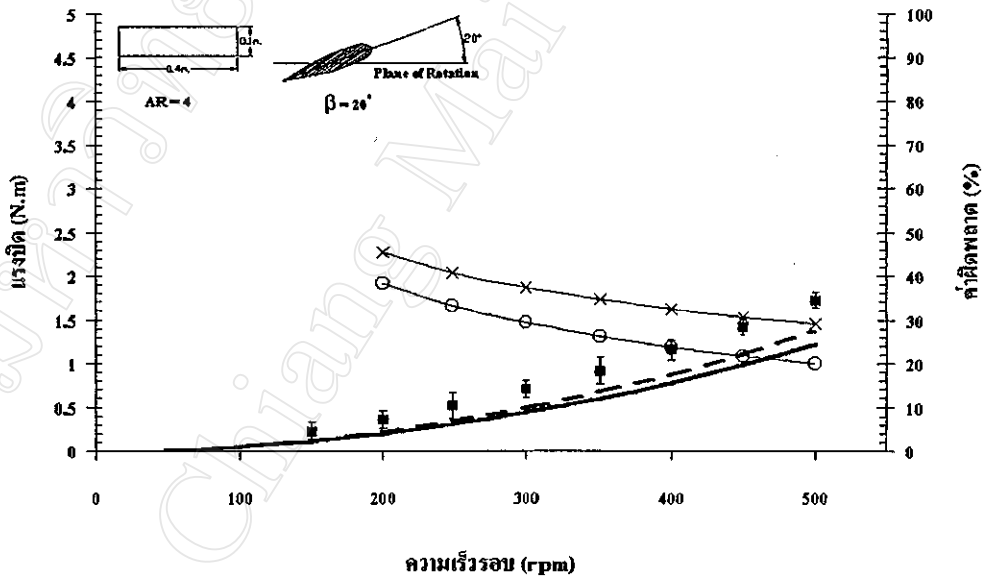
(ข)



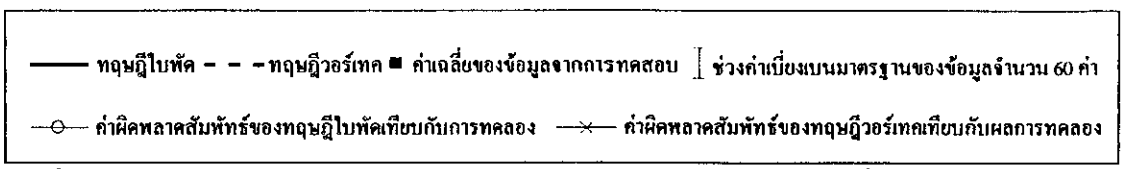
รูปที่ 4.12 (ก)-(ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



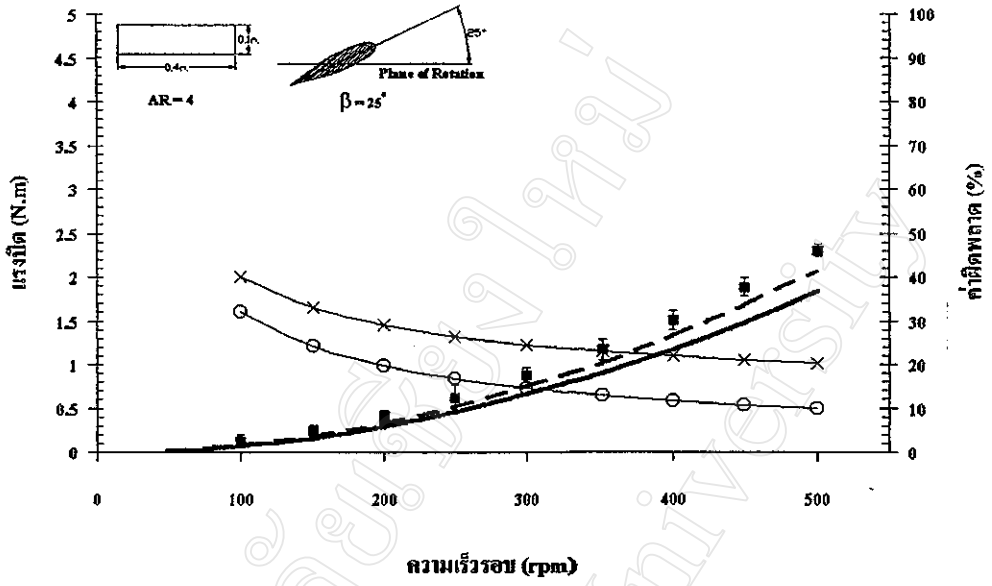
(ค)



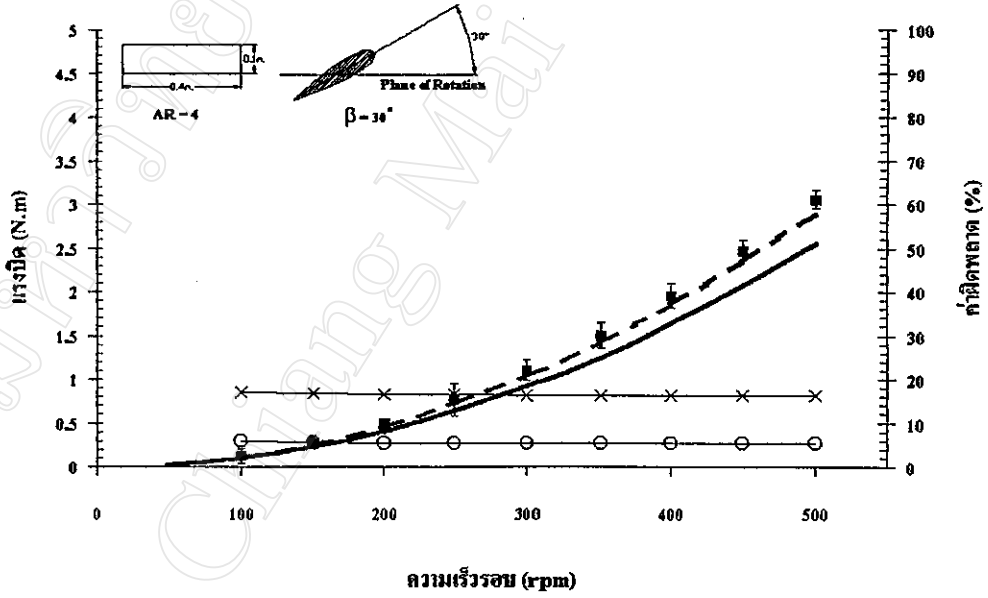
(ง)



รูปที่ 4.12 (ค)-(ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

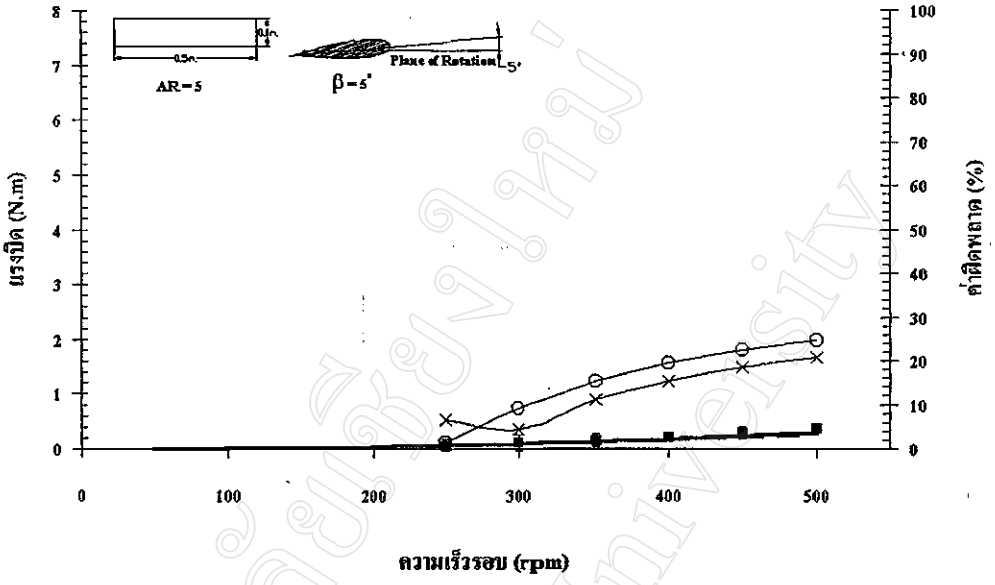


(ฉ)

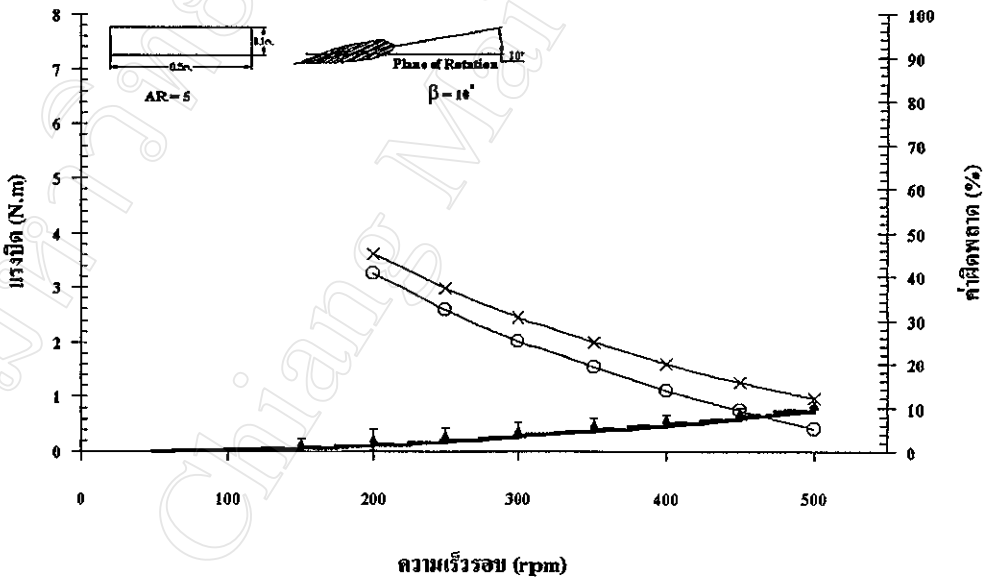
ทฤษฎีใบพัด – – – ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ I ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

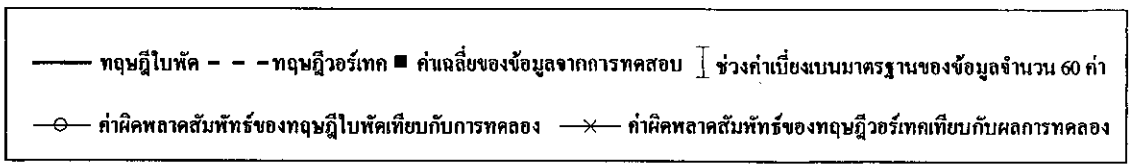
รูปที่ 4.12 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 4 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



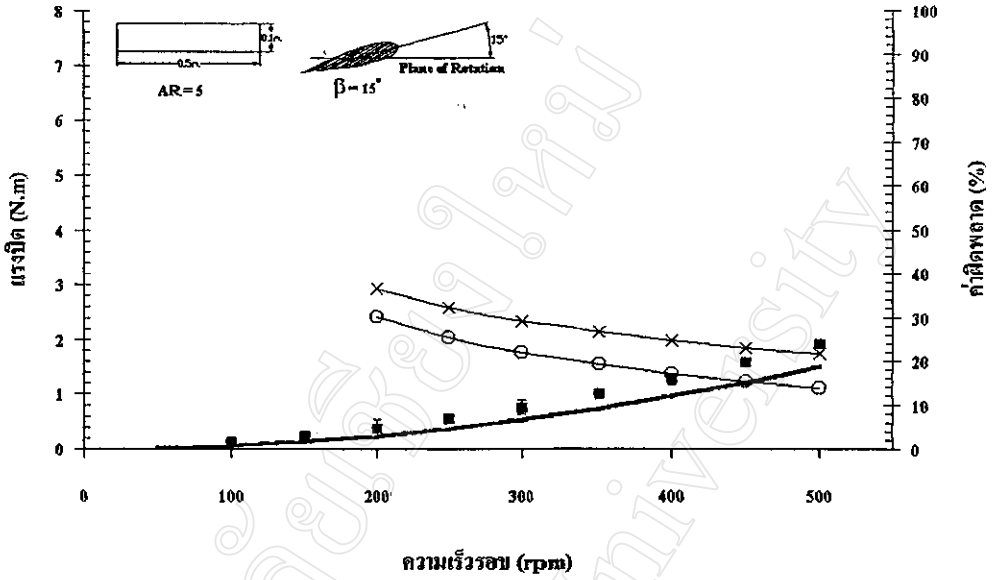
(ก)



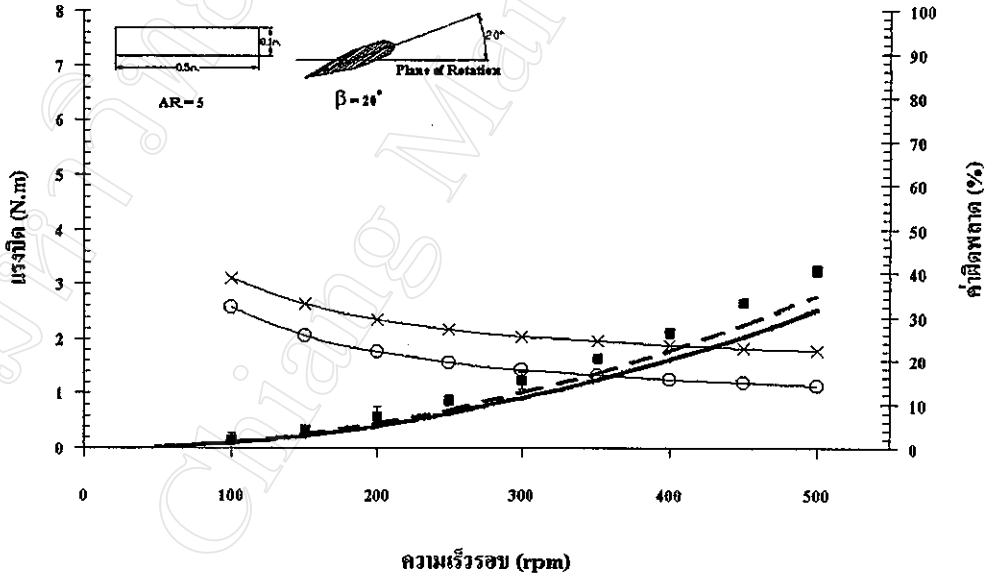
(ข)



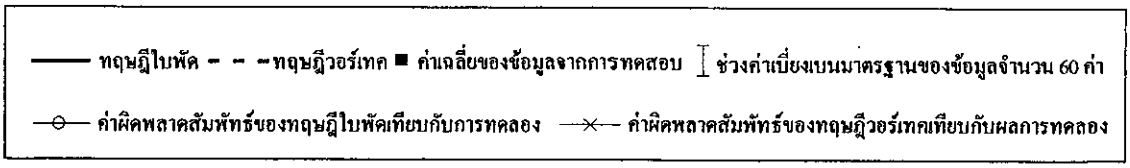
รูปที่ 4.13 (ก)-(ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



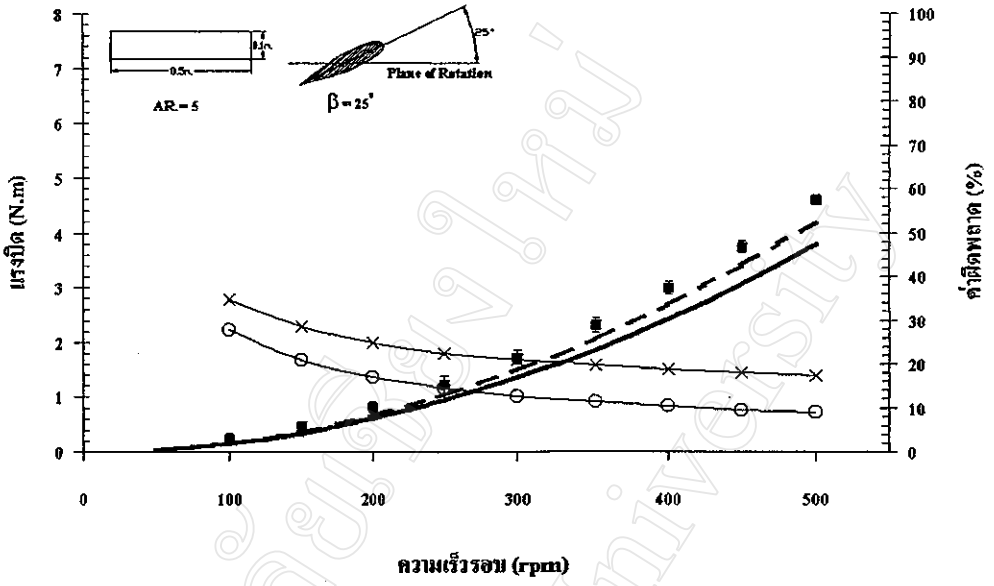
(ค)



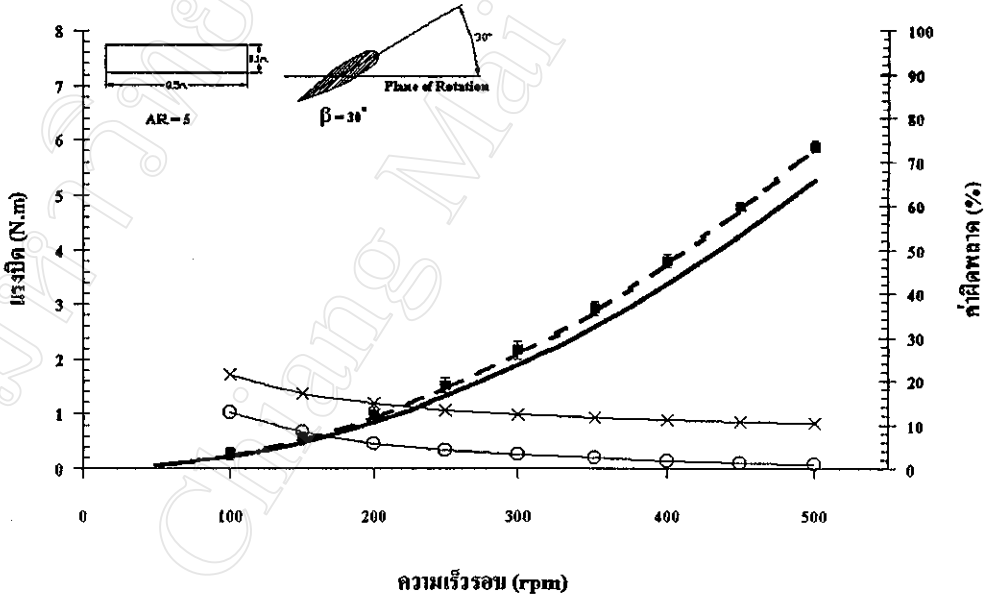
(ง)



รูปที่ 4.13 (ค)-(ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

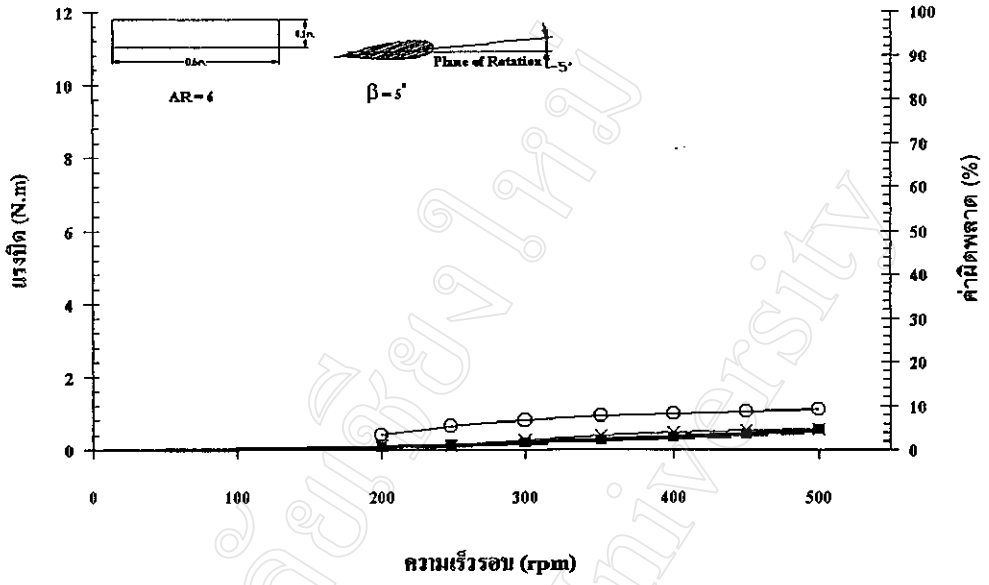


(ฉ)

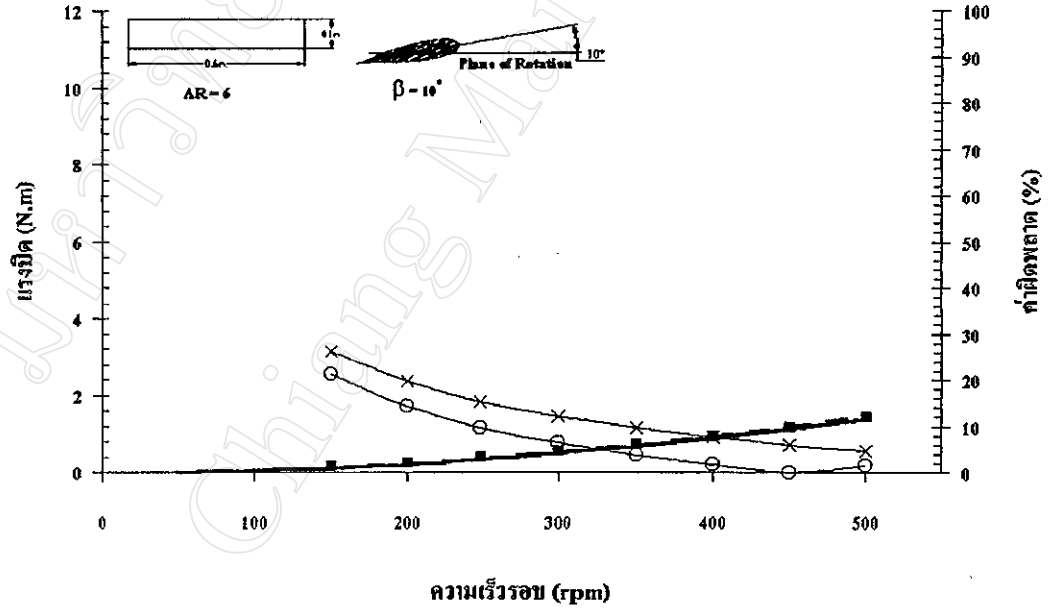
ทฤษฎีใบพัด – – – ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

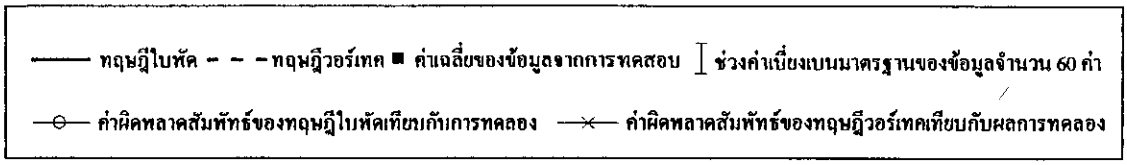
รูปที่ 4.13 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 5 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



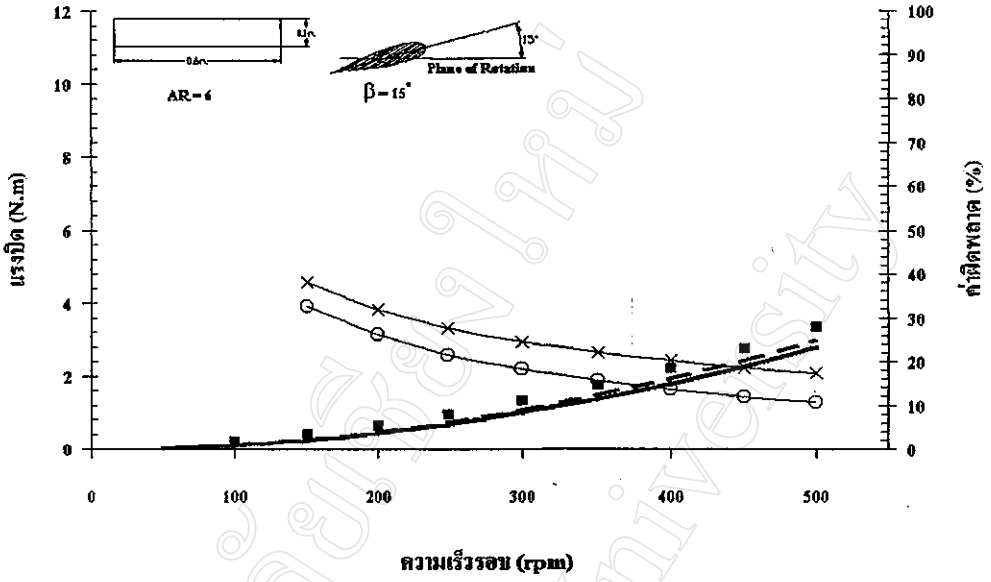
(ก)



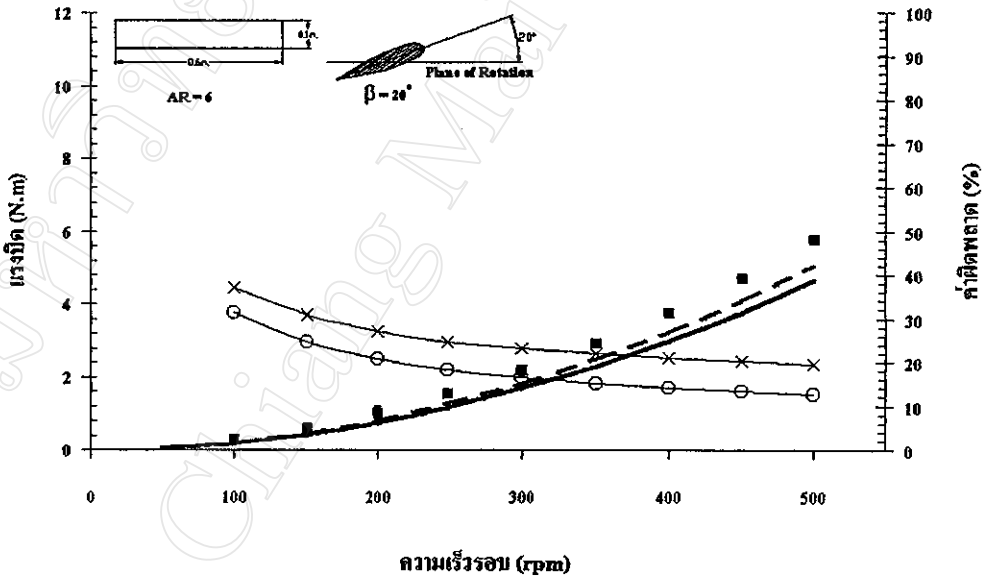
(ข)



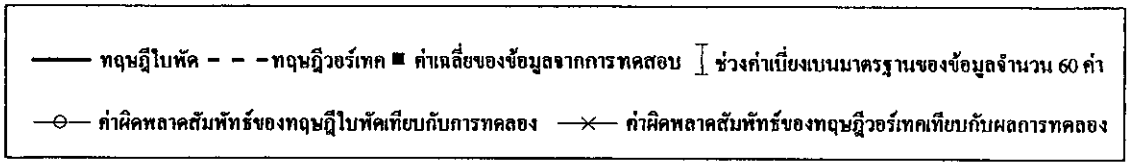
รูปที่ 4.14 (ก)-(ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



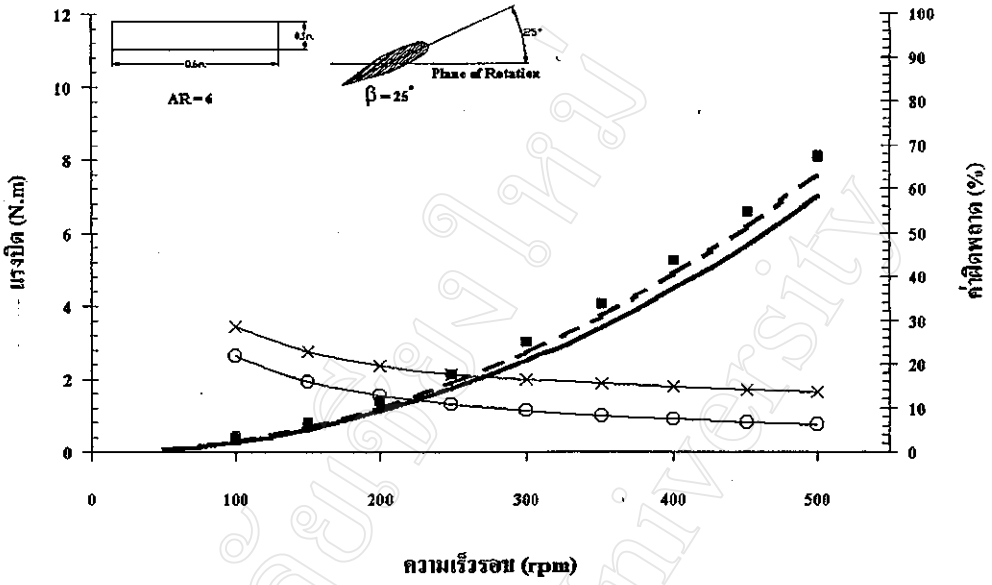
(ค)



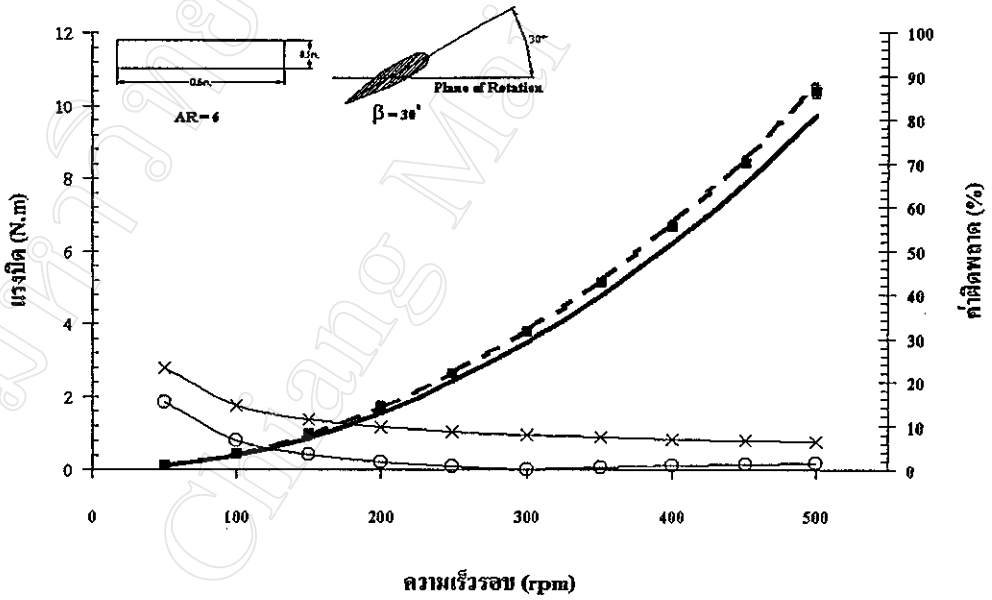
(ง)



รูปที่ 4.14 (ค)-(ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)

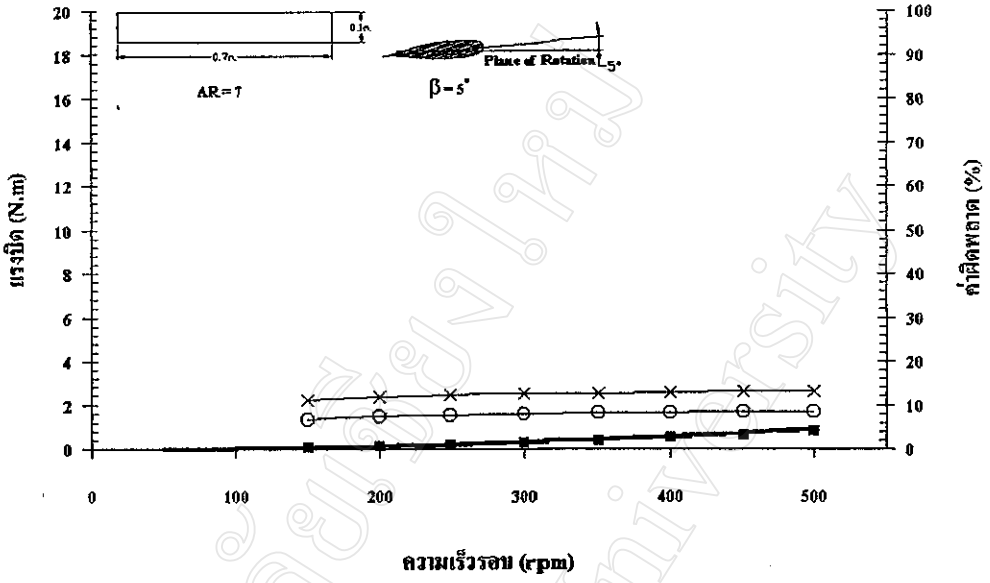


(ฉ)

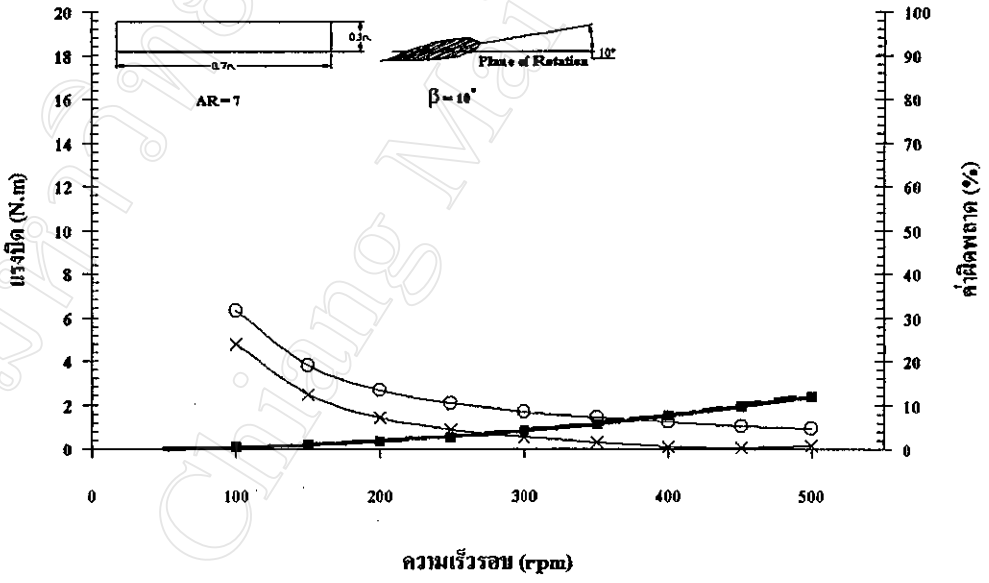
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

รูปที่ 4.14 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 6 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(ก)

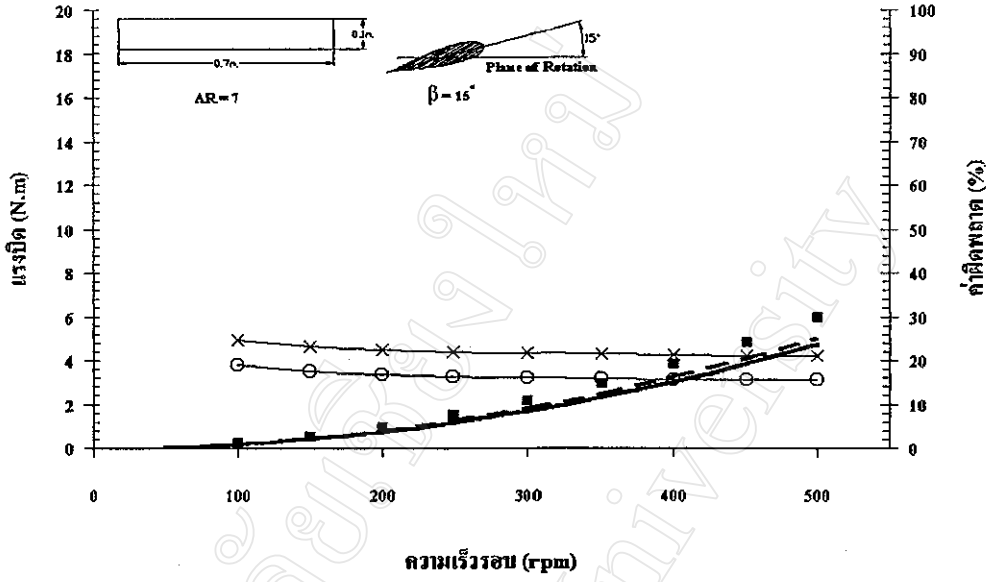


(ข)

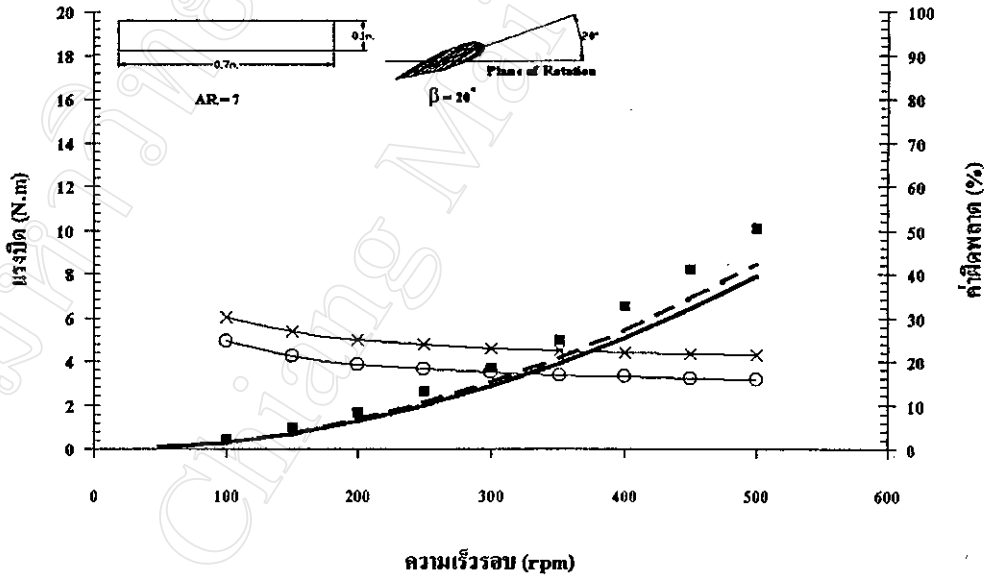
ทฤษฎีใบพัด - - - ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

—○— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง —×— ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

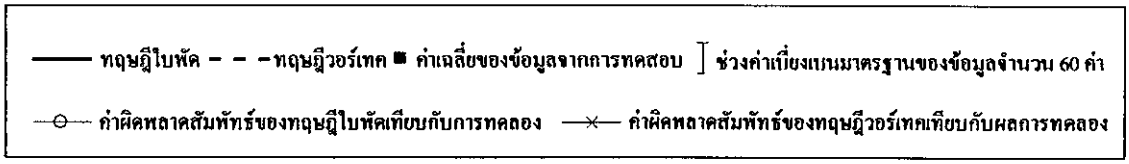
รูปที่ 4.15 (ก)-(ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



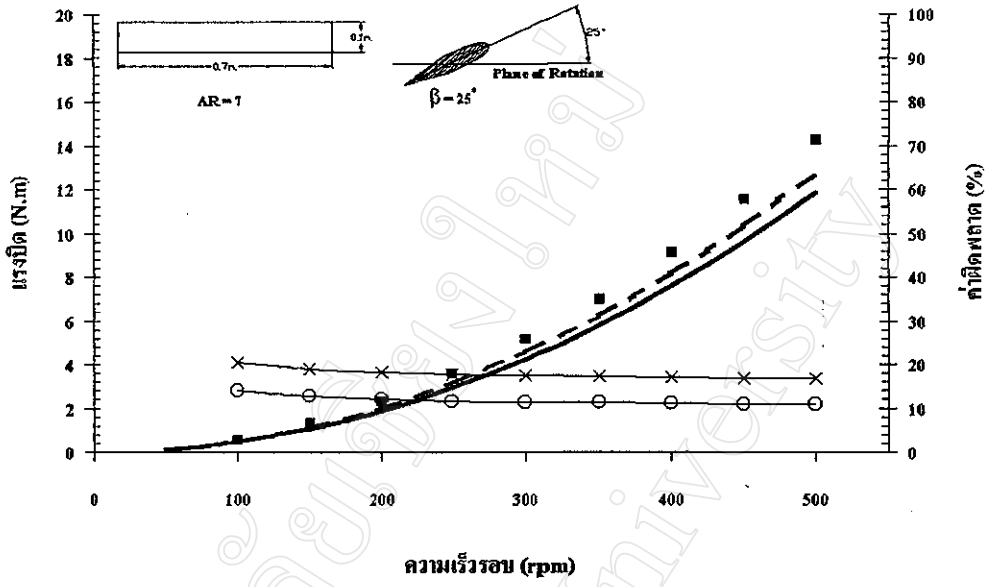
(ค)



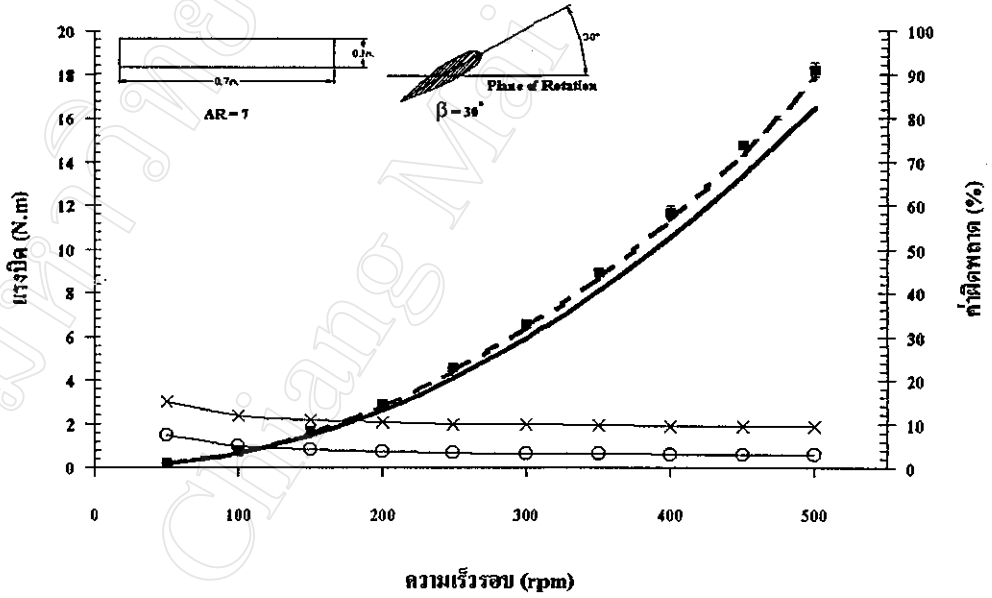
(ง)



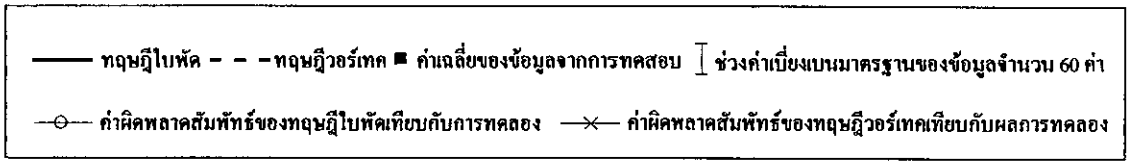
รูปที่ 4.15 (ค)-(ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



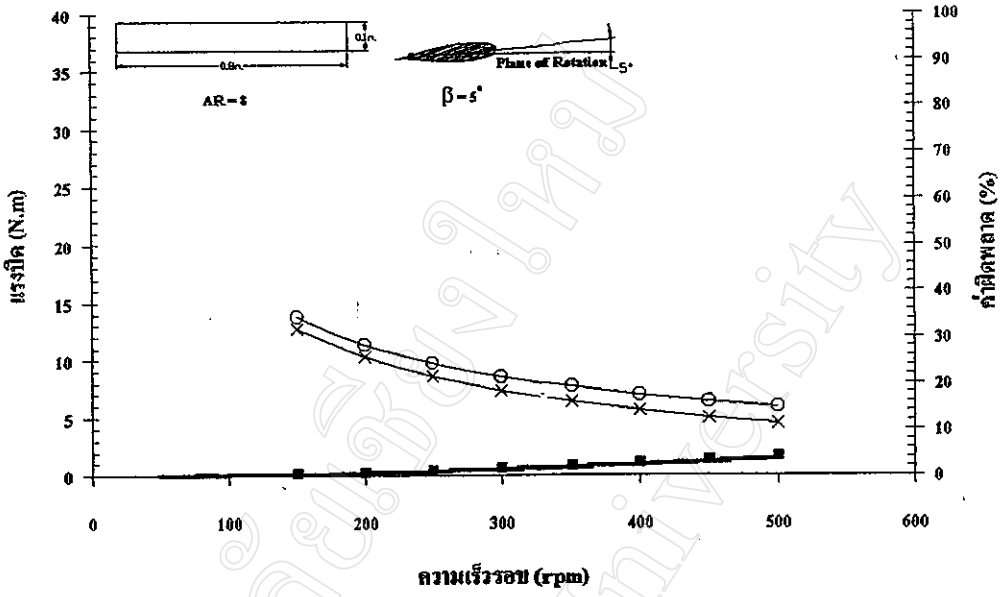
(จ)



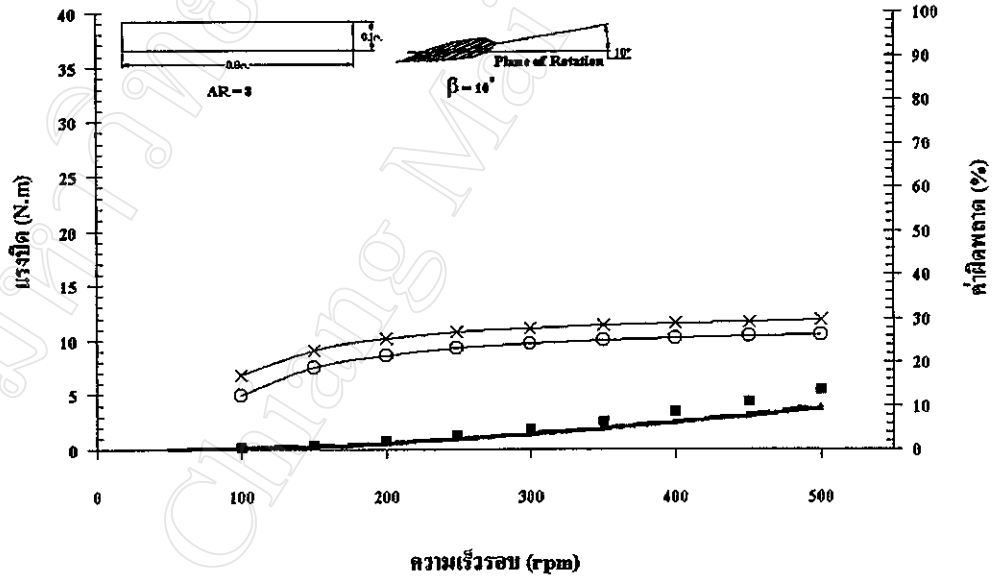
(ฉ)



รูปที่ 4.15 (จ)-(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 7 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(ก)

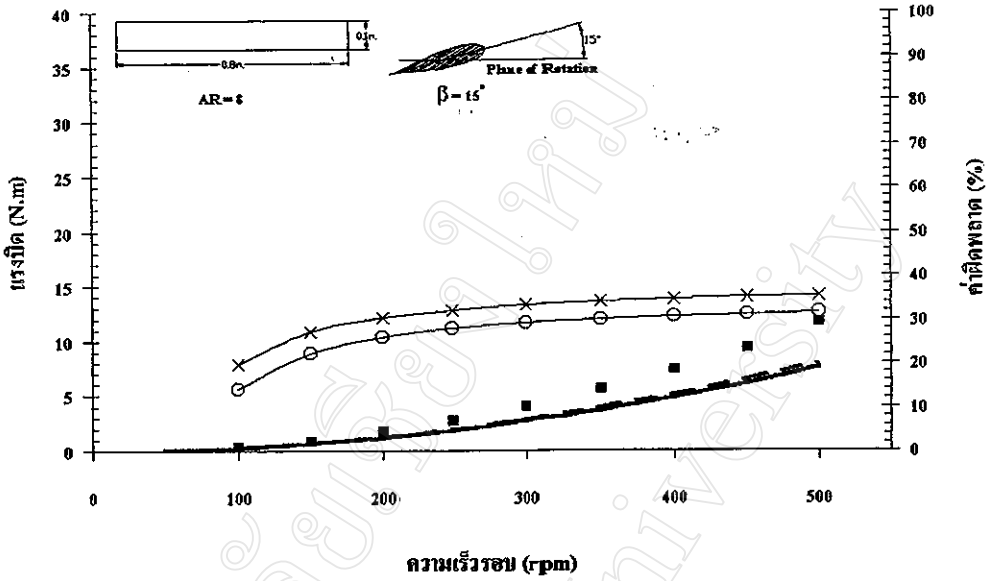


(ข)

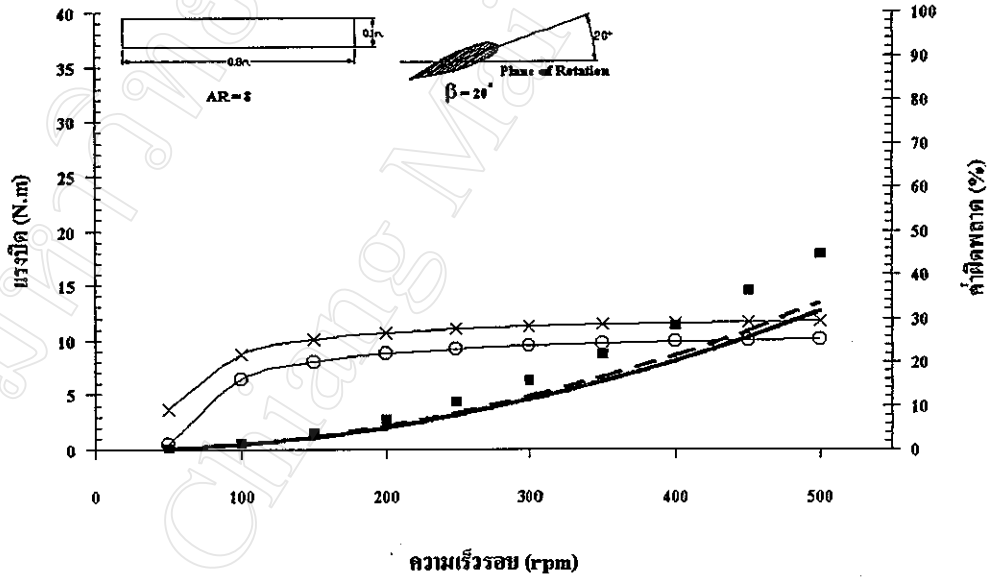
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ I ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

รูปที่ 4.16 (ก)-(ข) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(ค)

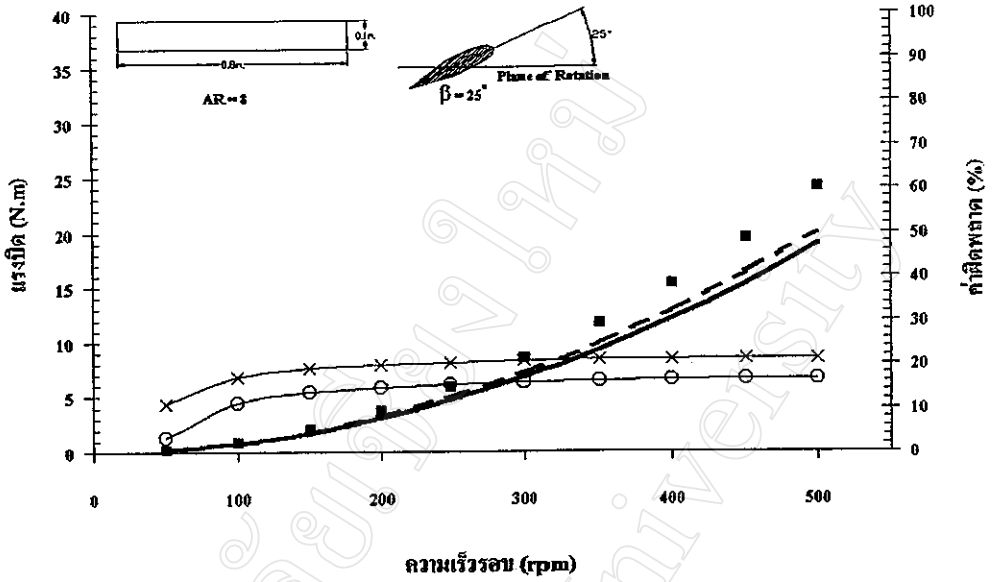


(ง)

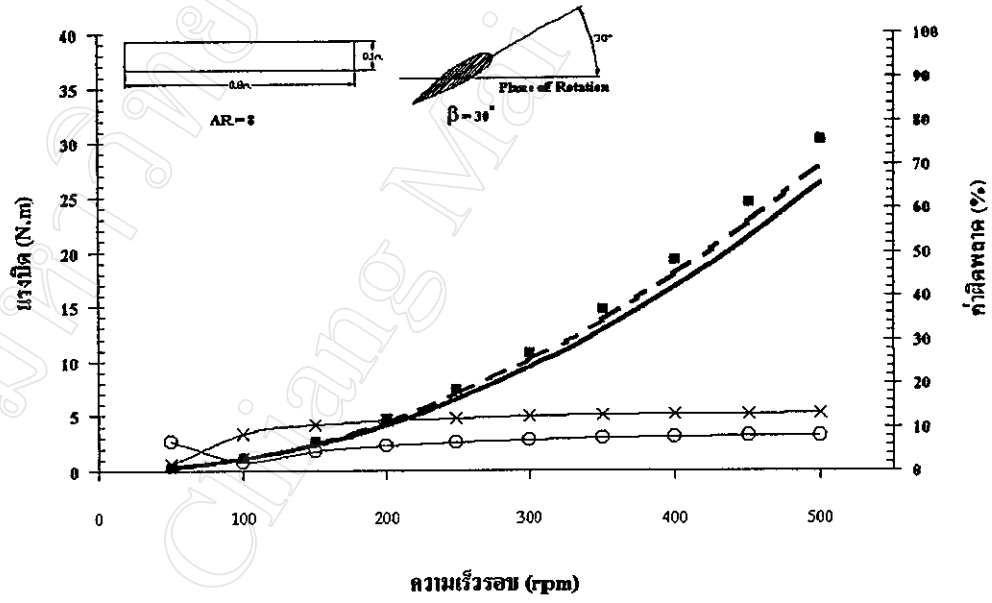
ทฤษฎีใบพัด – – –ทฤษฎีวอร์เทค ■ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลจากการทดสอบ ⌶ ช่วงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลจำนวน 60 ค่า

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดลอง ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับผลการทดลอง

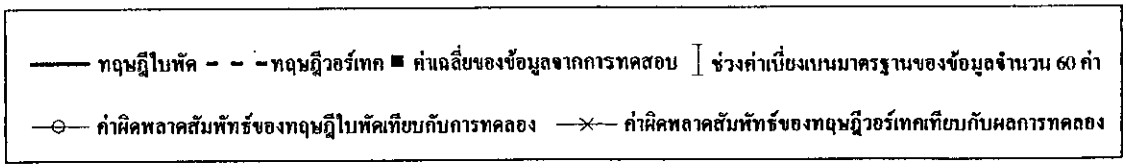
รูปที่ 4.16 (ค)-(ง) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ



(จ)



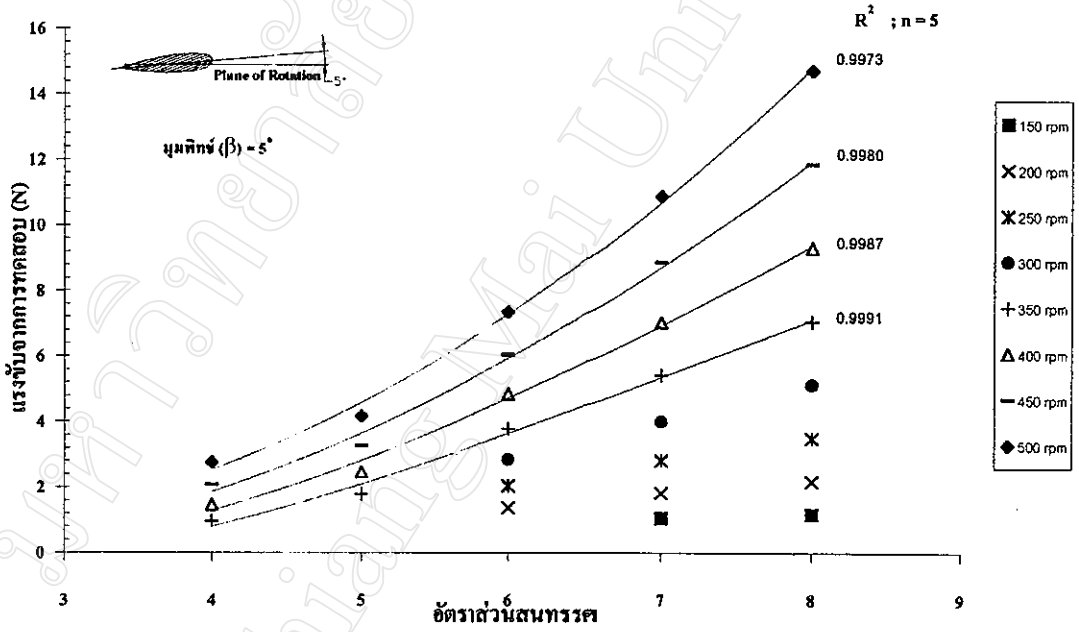
(ฉ)



รูปที่ 4.16 (จ) -(ฉ) แสดงการเปรียบเทียบผลการประเมินแรงบิดของปีกหมุนที่มีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา อัตราส่วนสนทรรศ 8 ด้วยทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค กับผลการทดสอบ

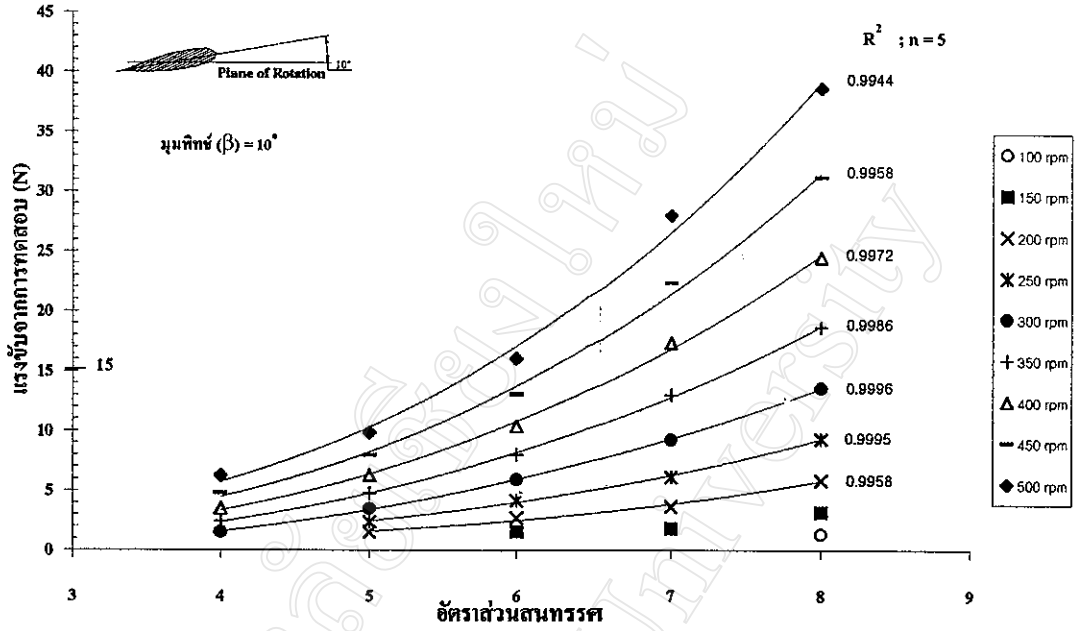
4.4 ผลของอัตราส่วนสนทรรศที่มีต่อสมรรถนะของปีกหมุน

การเปรียบเทียบสมรรถนะของปีกหมุนที่มีค่าอัตราส่วนสนทรรศของปีกต่างๆกันนั้นได้ศึกษาปีกที่มีค่าอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 4 5 6 7 และ 8 โดยมีคอร์ดยาว 0.1 เมตร รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร และความยาวของปีกเท่ากับ 0.4 0.5 0.6 0.7 และ 0.8 เมตร การพิจารณาเปรียบเทียบกราฟแนวโน้มผลของแรงขับและแรงบิดเทียบกับอัตราส่วนสนทรรศซึ่งได้ดำเนินการตามวิธีการในหัวข้อ 3.7.3 ได้นำเสนอแนวโน้มของแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบของปีกหมุนเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ ดังรูปที่ 4.17 และ 4.18 และแนวโน้มของแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการประเมินด้วยทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคนั้นแสดงดังรูป 4.19 ถึง 4.22

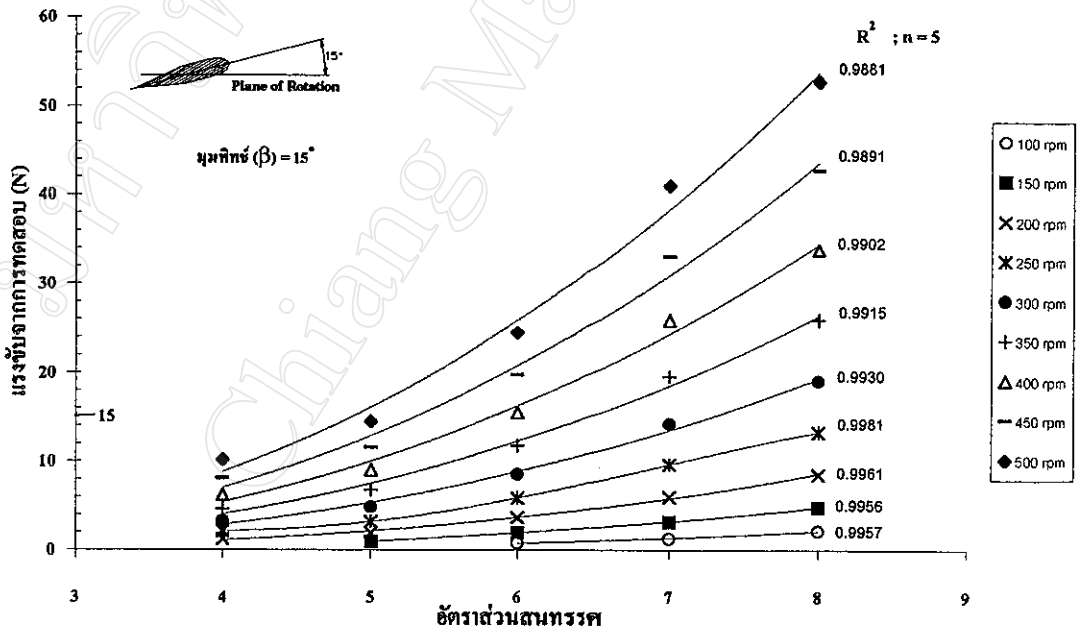


(ก)

รูปที่ 4.17 (ก) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 5 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

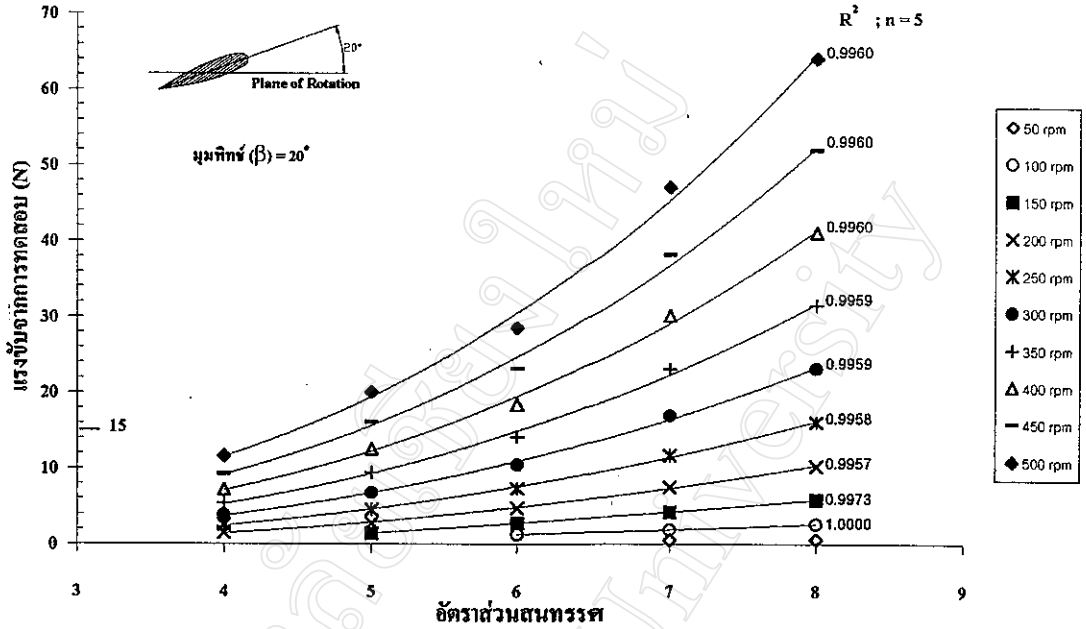


(ข)

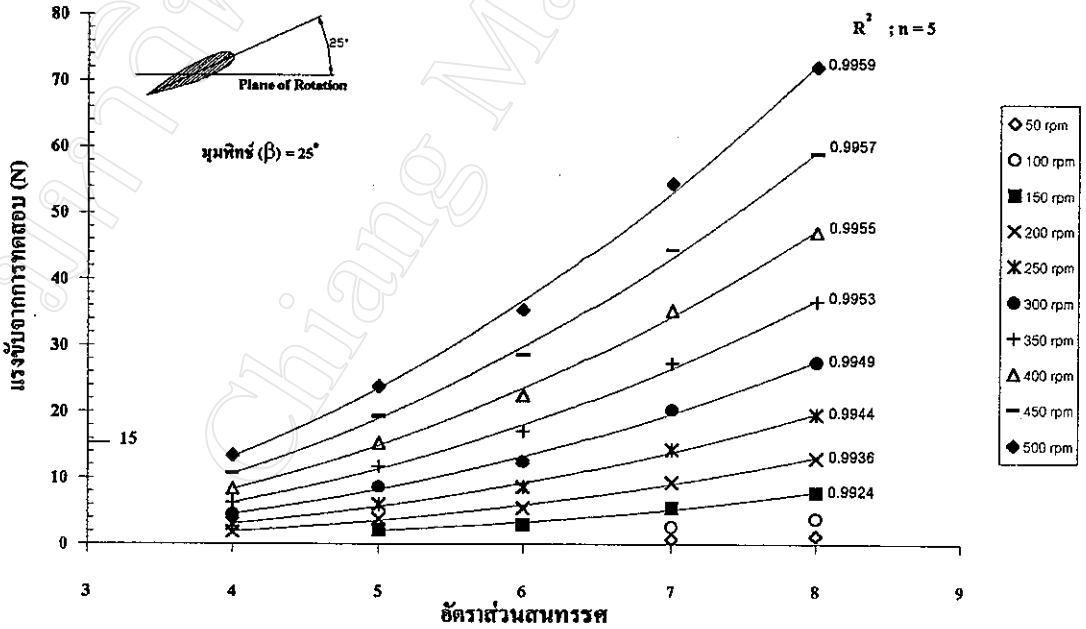


(ค)

รูปที่ 4.17 (ข)–(ค) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 10 และ 15 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

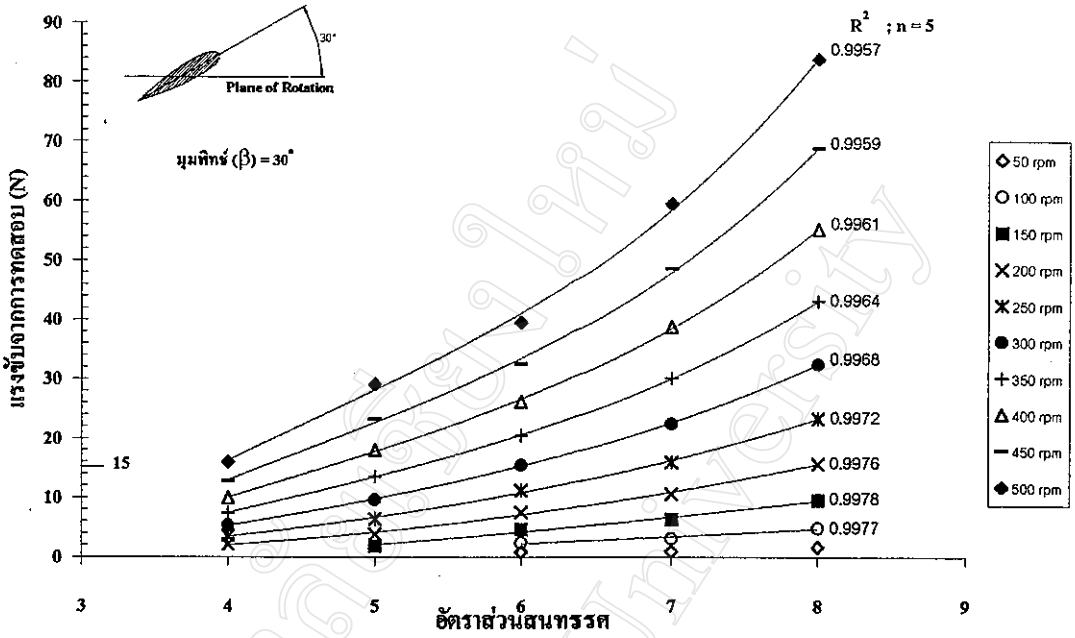


(ง)



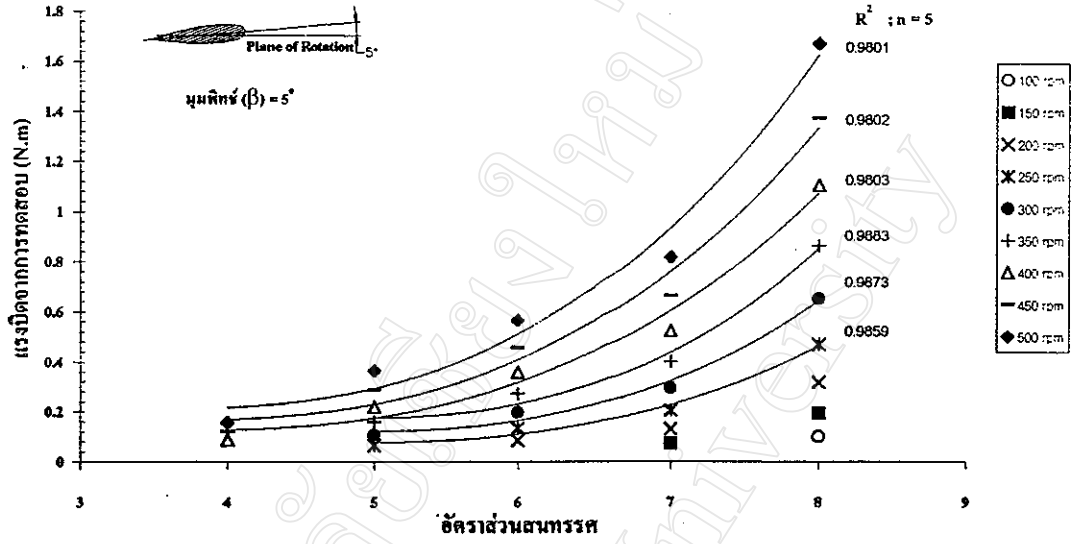
(จ)

รูปที่ 4.17 (ง)–(จ) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 20 และ 25 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

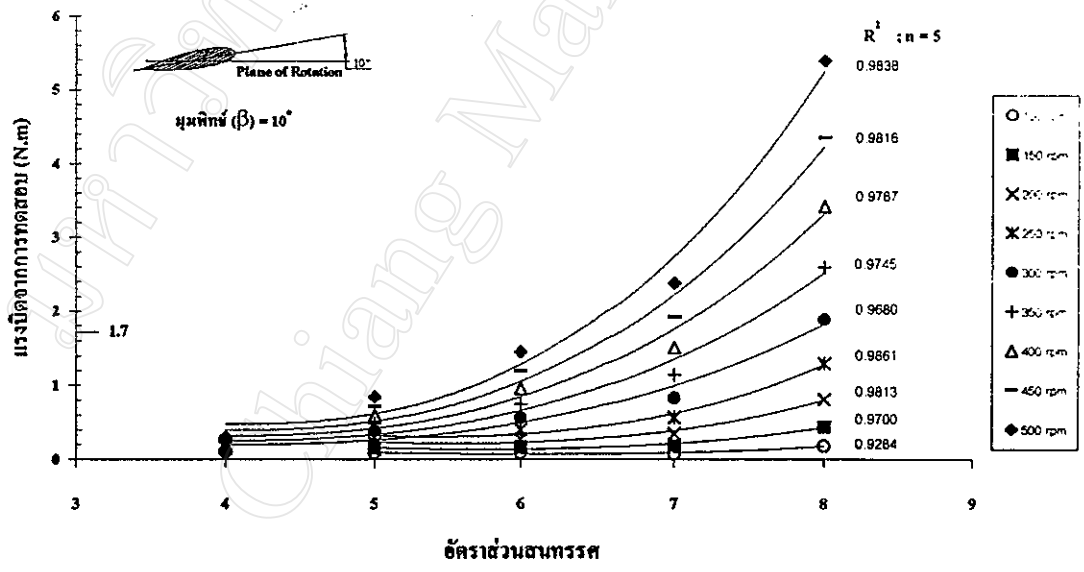


(ฉ)

รูปที่ 4.17 (ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 30 องศา รัศมีคุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

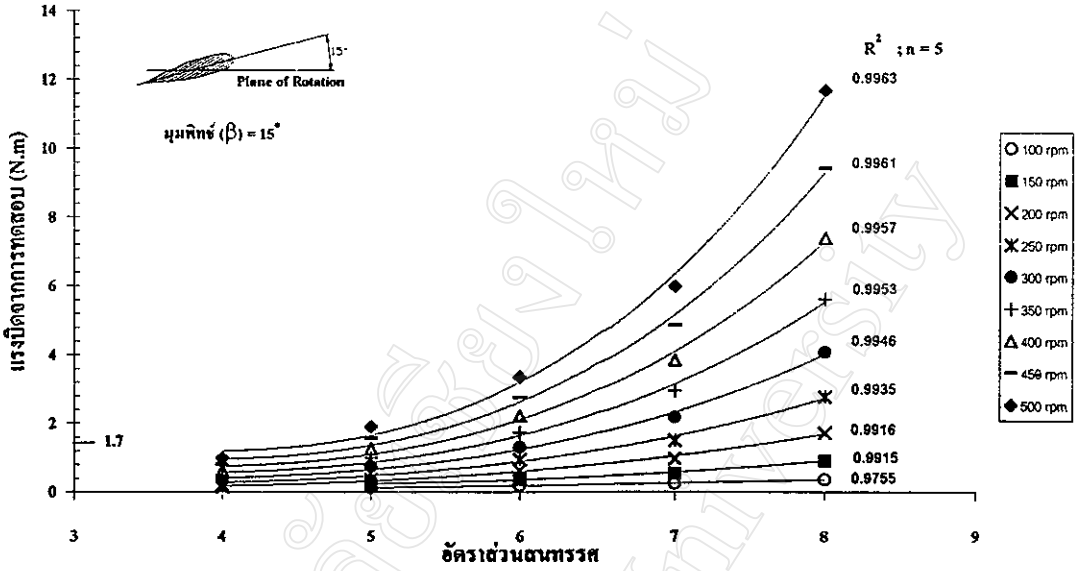


(ก)

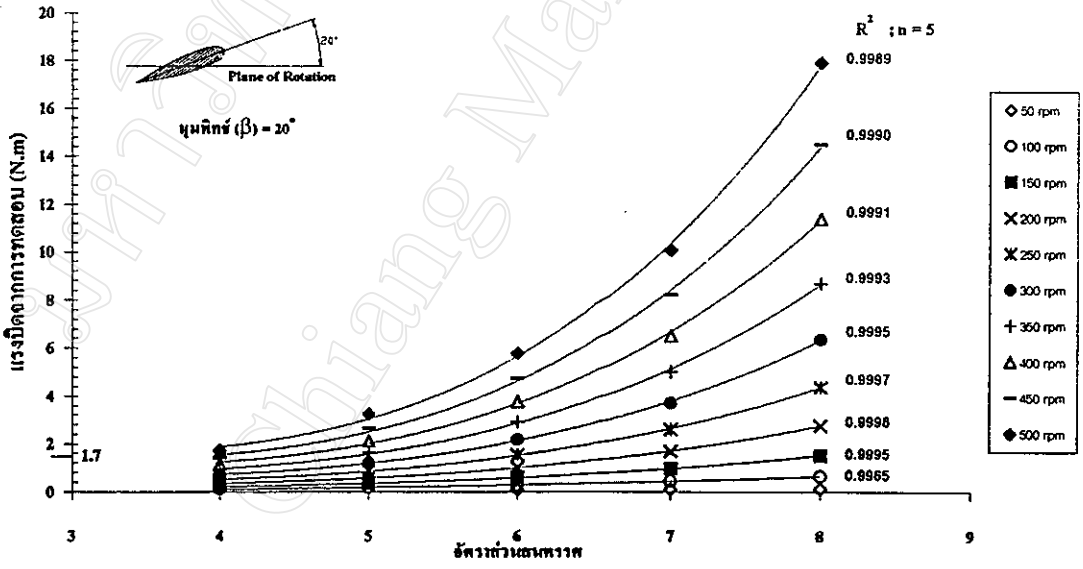


(ข)

รูปที่ 4.18 (ก)–(ข) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา รัศมีคุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

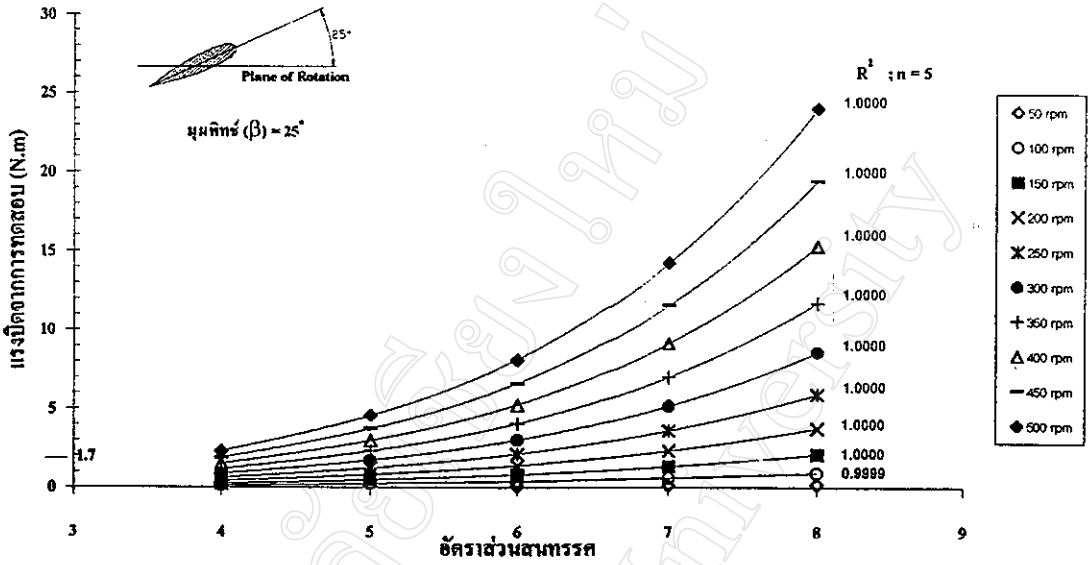


(ค)

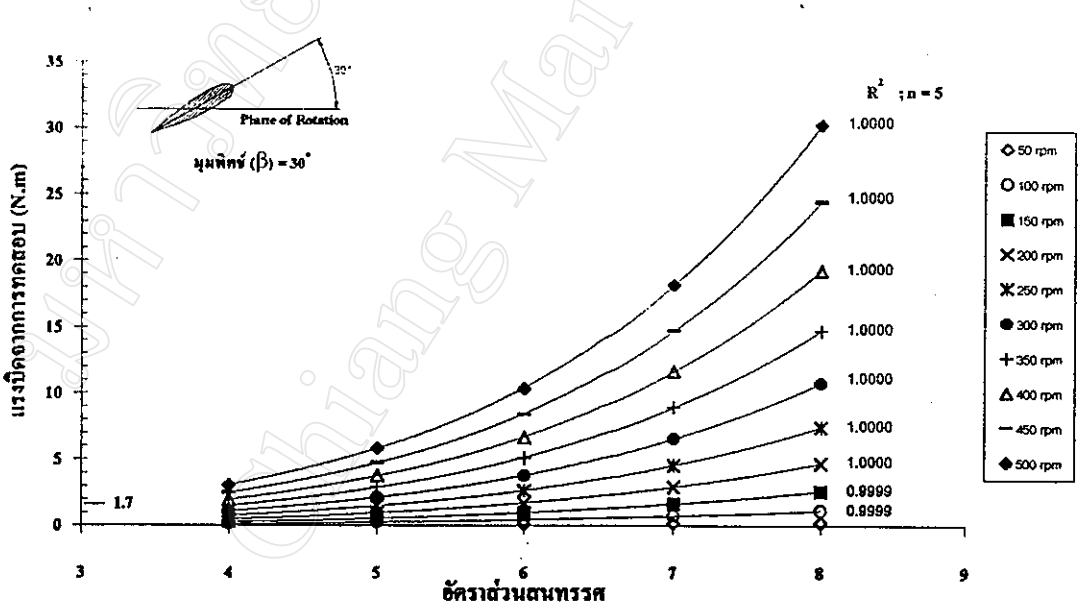


(ง)

รูปที่ 4.18 (ค)–(จ) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีคุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

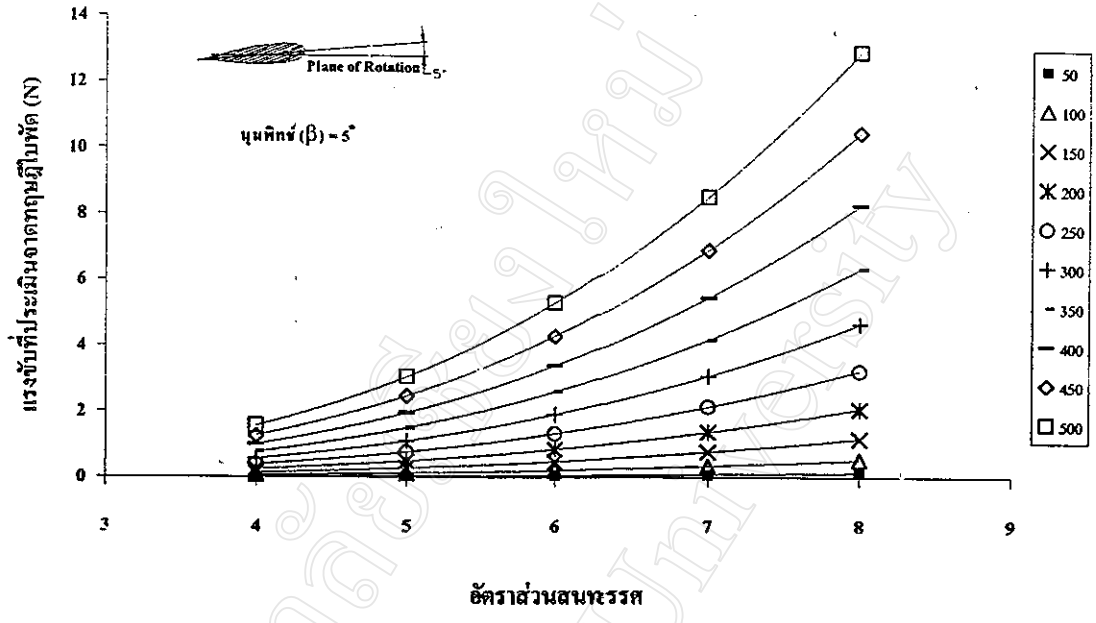


(จ)

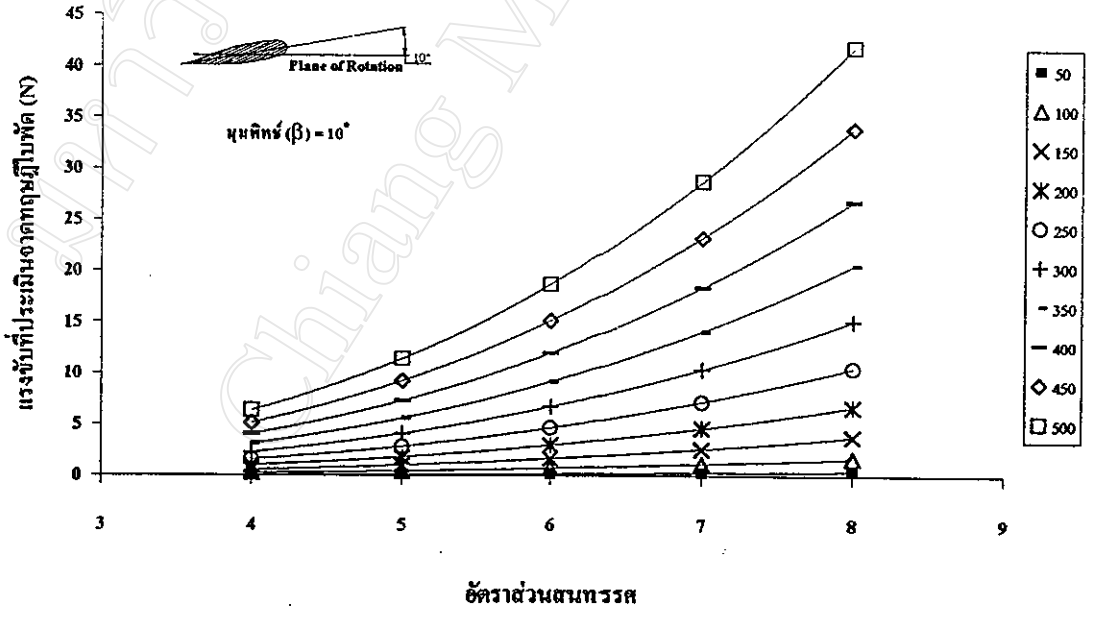


(ฉ)

รูปที่ 4.18 (จ)-(ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

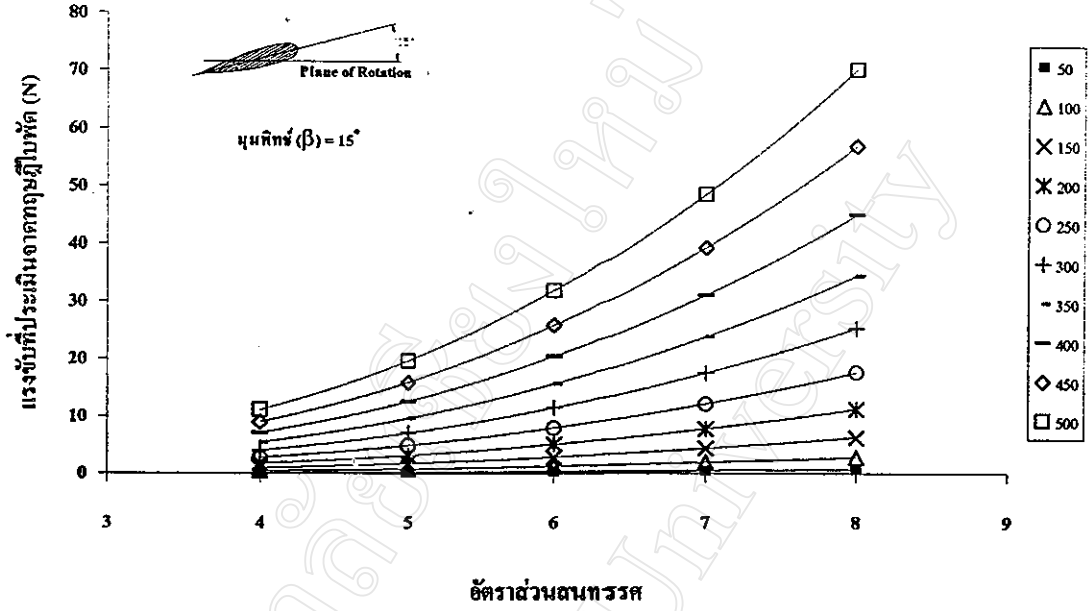


(ก)

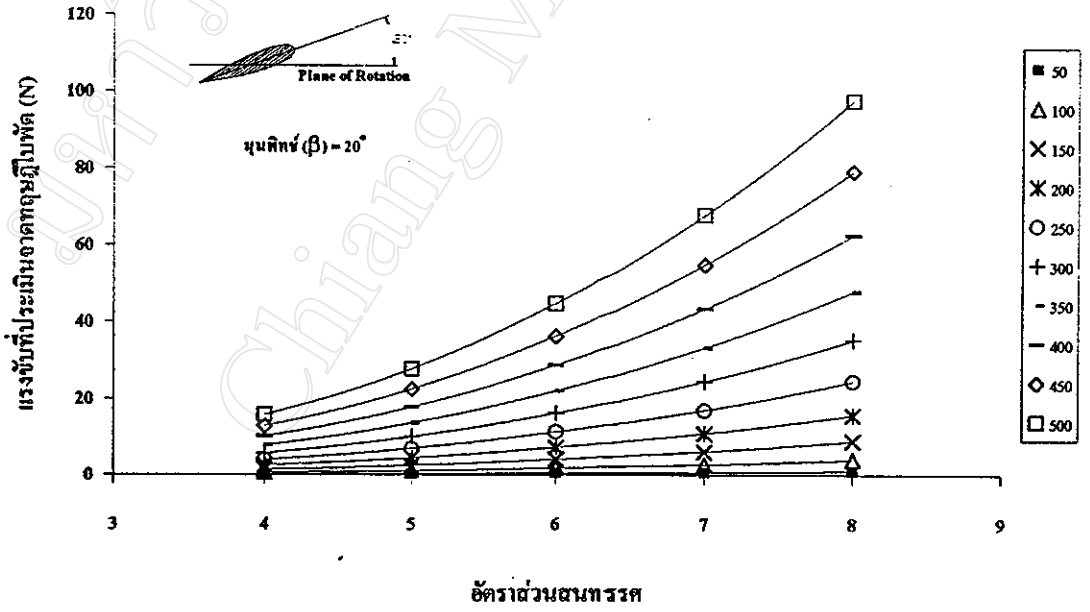


(ข)

รูปที่ 4.19 (ก)–(ข) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสมรรถ โดยมีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

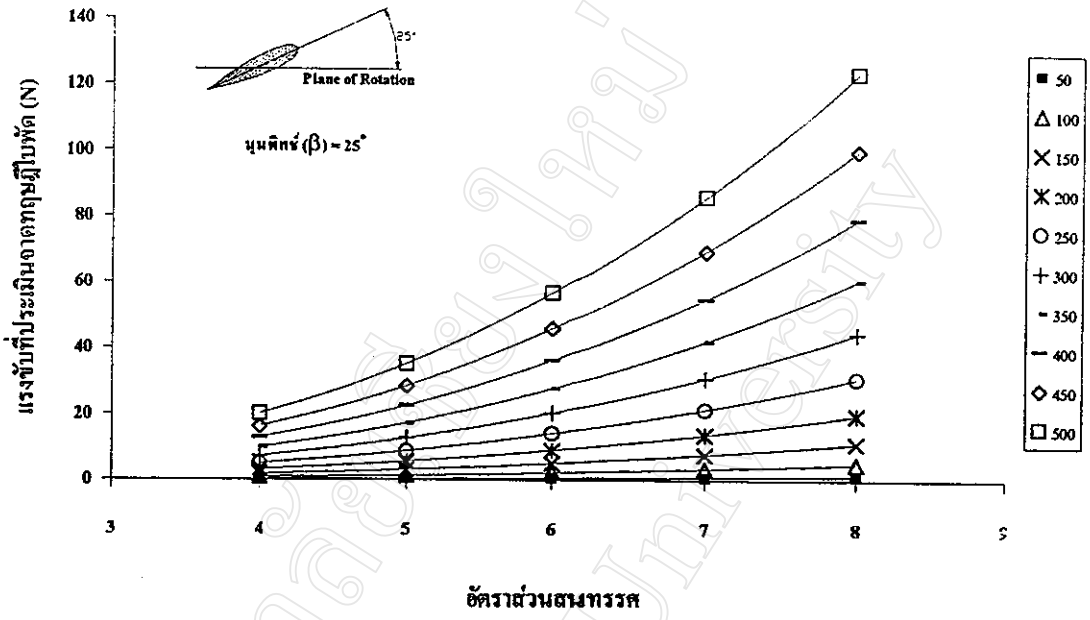


(ค)

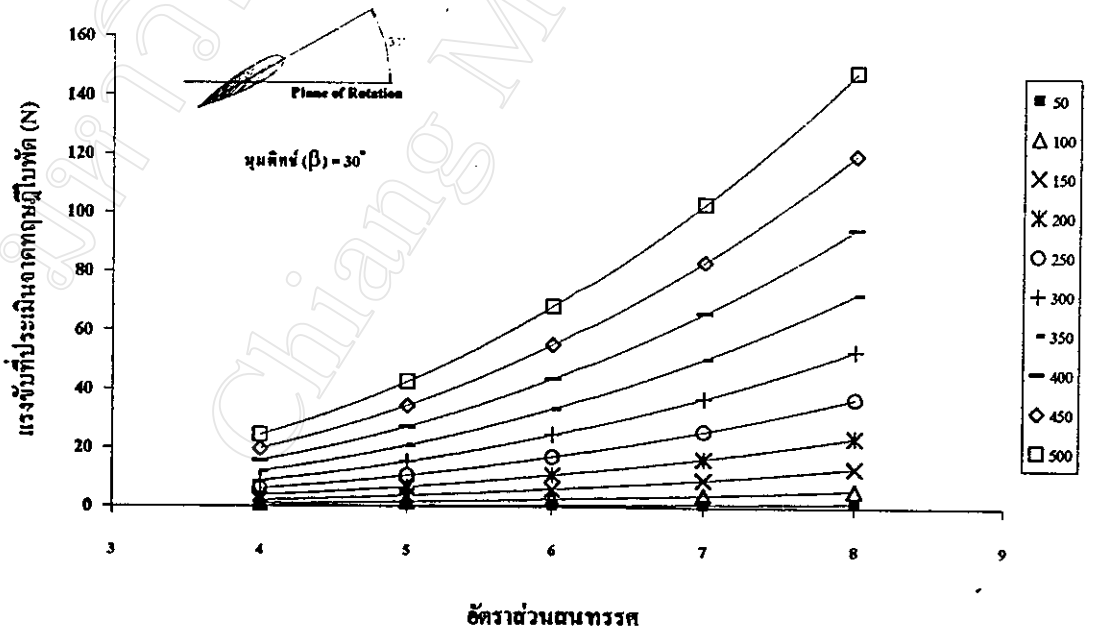


(ง)

รูปที่ 4.19 (ค)–(ง) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

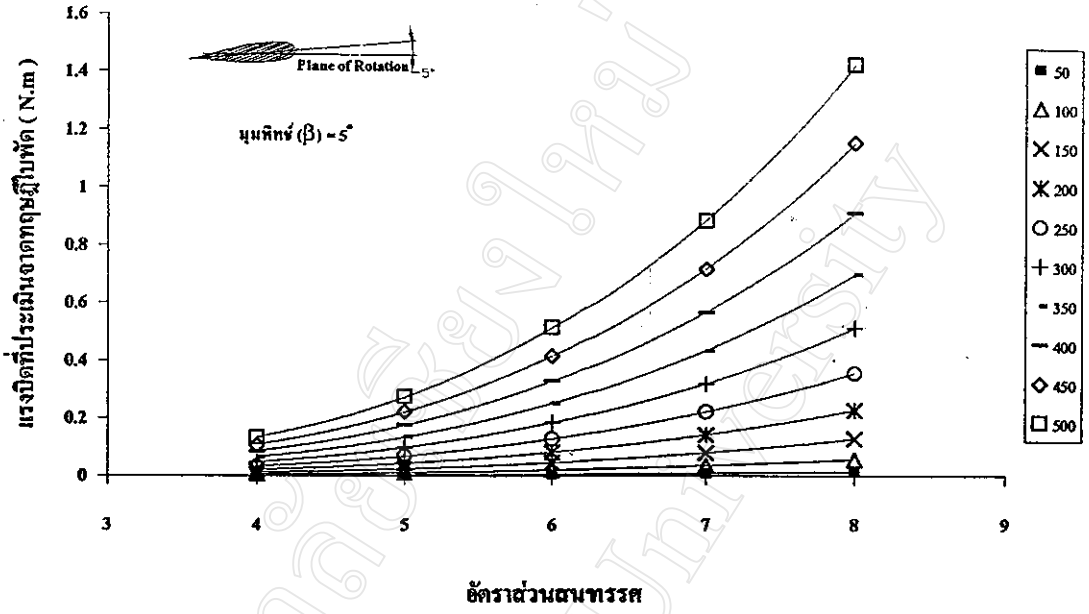


(จ)

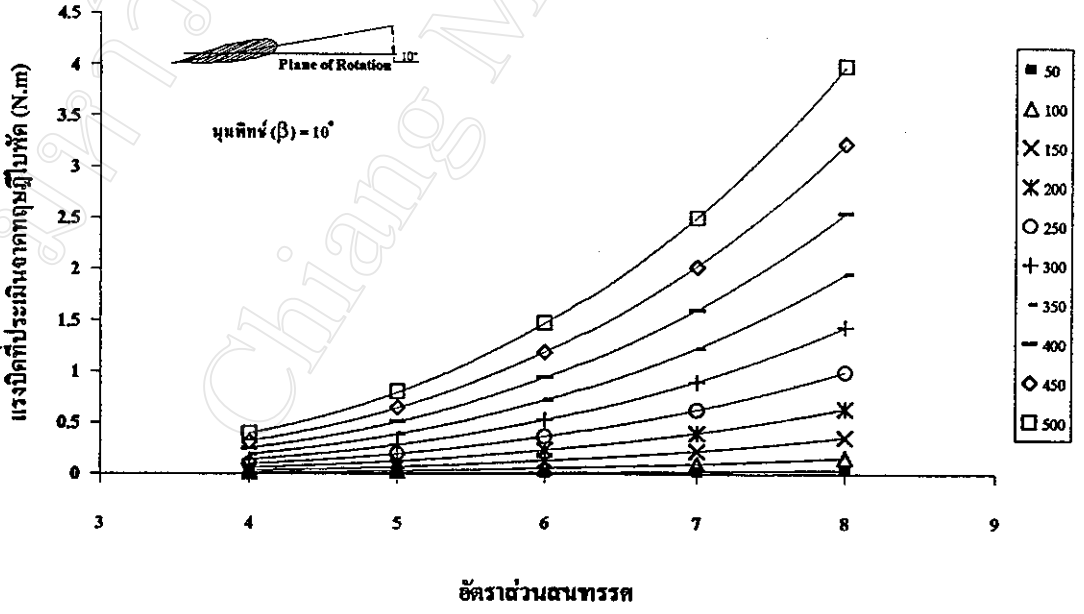


(ฉ)

รูปที่ 4.19 (จ)–(ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

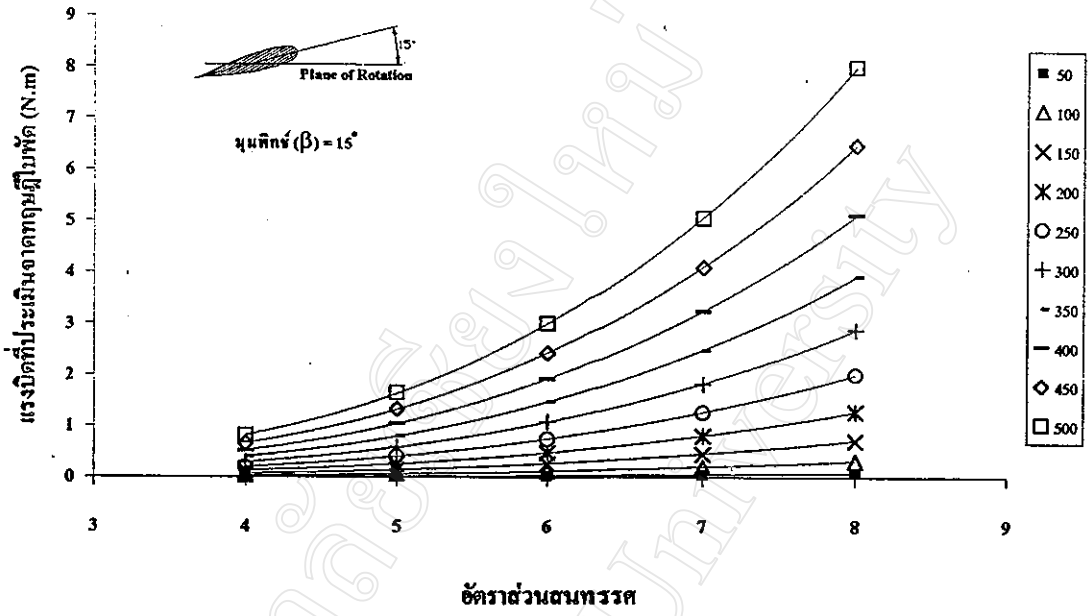


(ก)

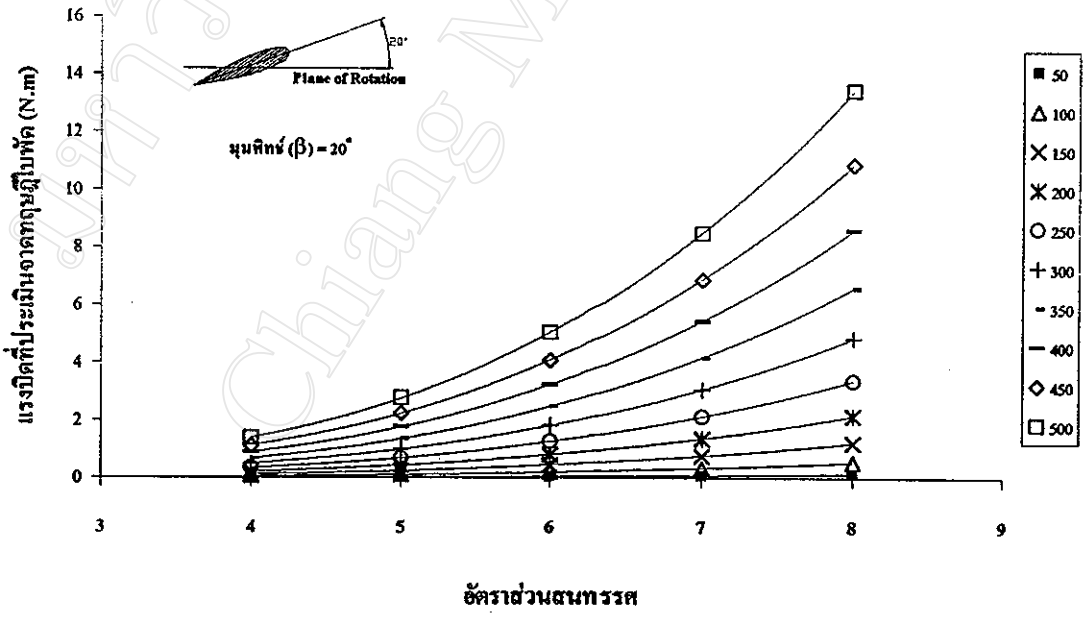


(ข)

รูปที่ 4.20 (ก)–(ข) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

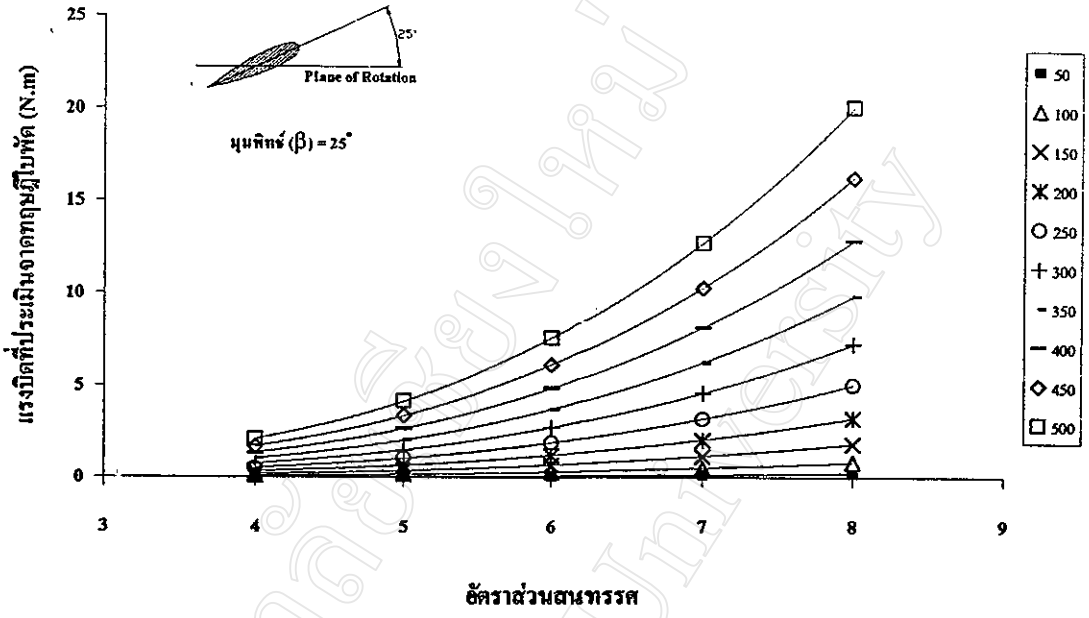


(ค)

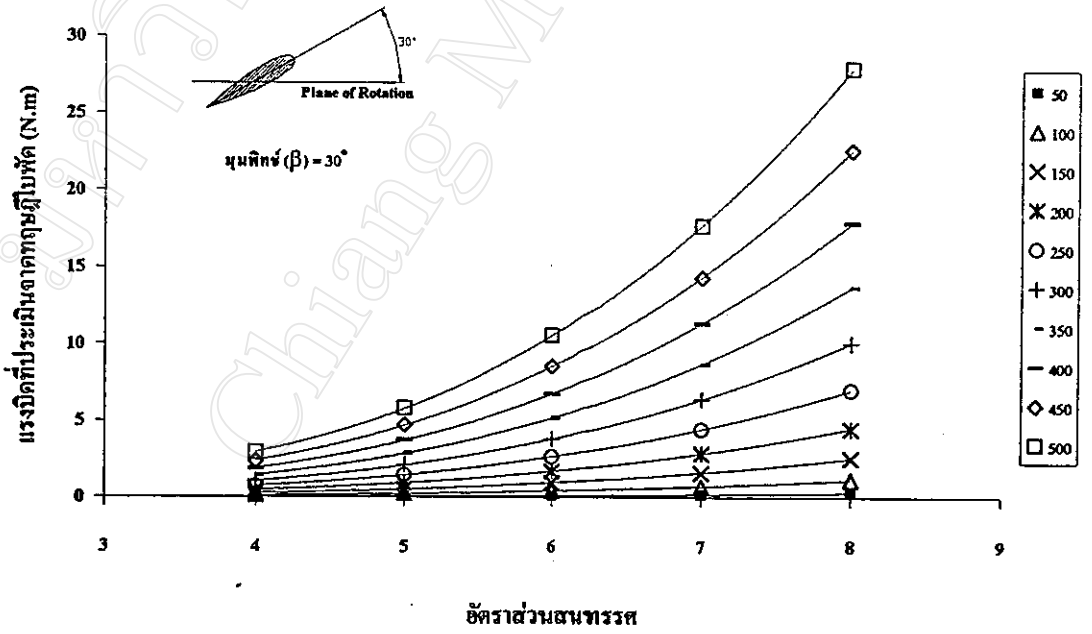


(ง)

รูปที่ 4.20 (ค)-(ง) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

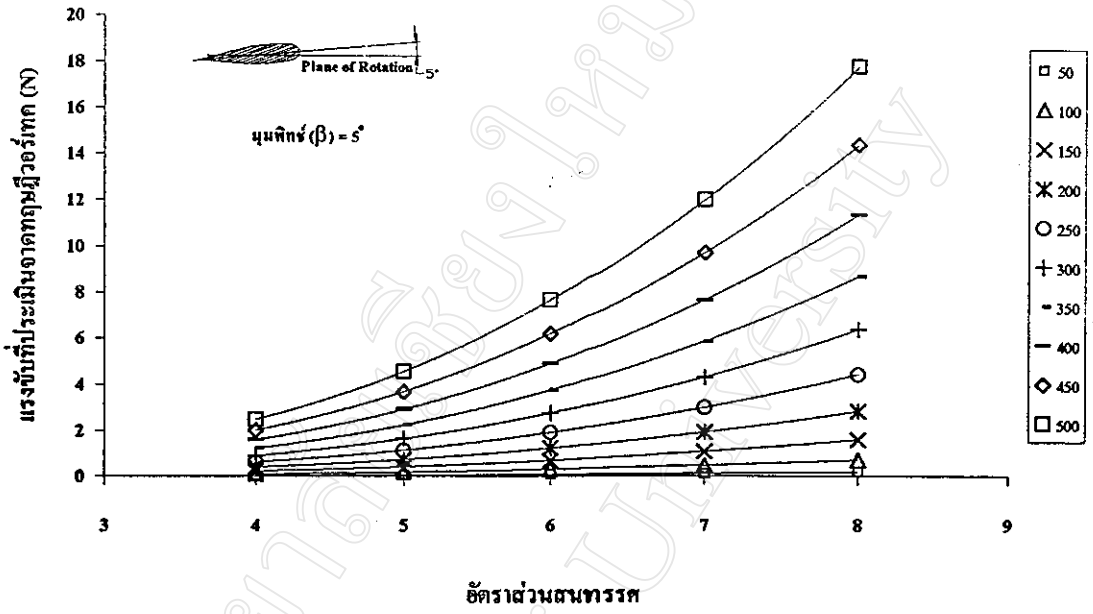


(ข)

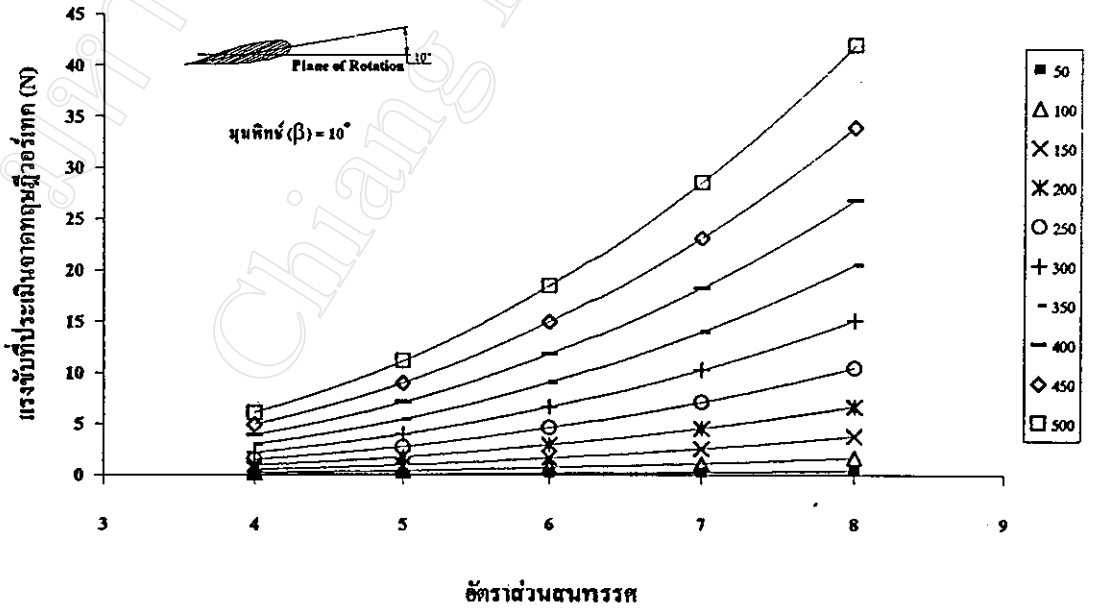


(ฉ)

รูปที่ 4.20 (ข)–(ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

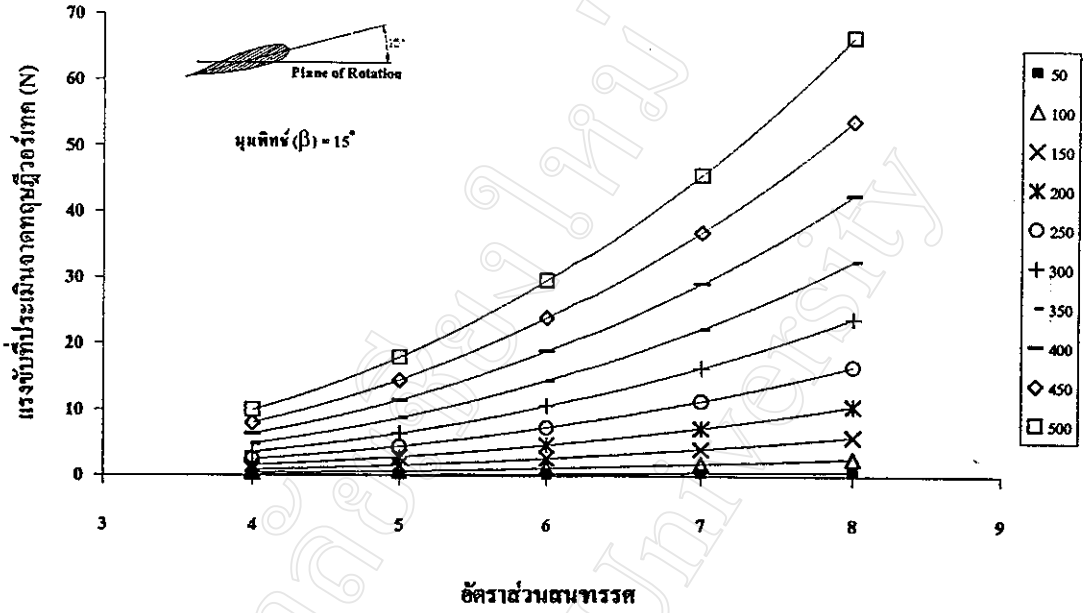


(ก)

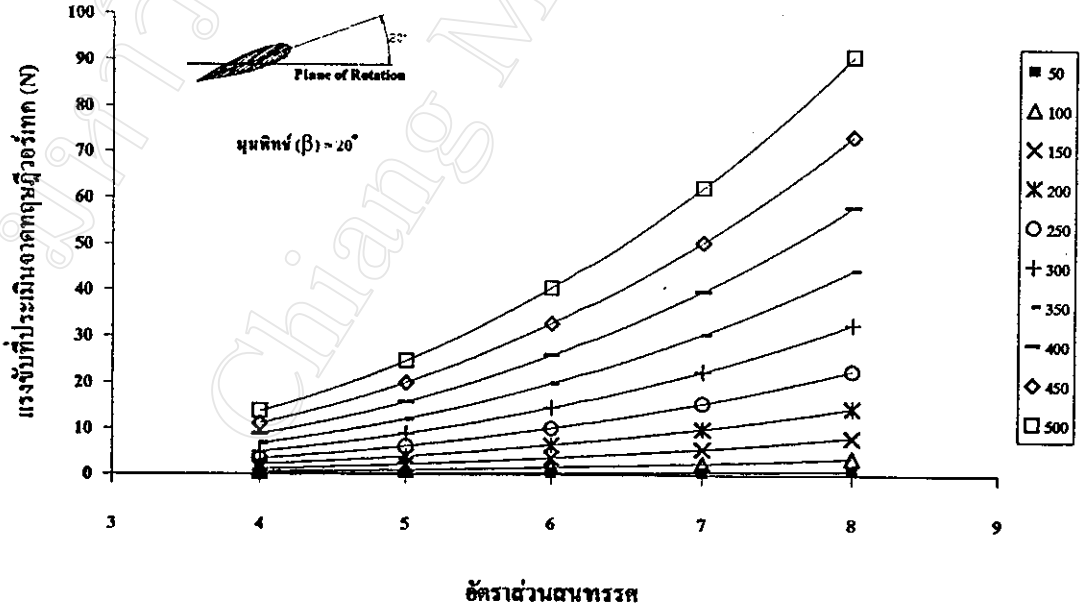


(ข)

รูปที่ 4.21 (ก)–(ข) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

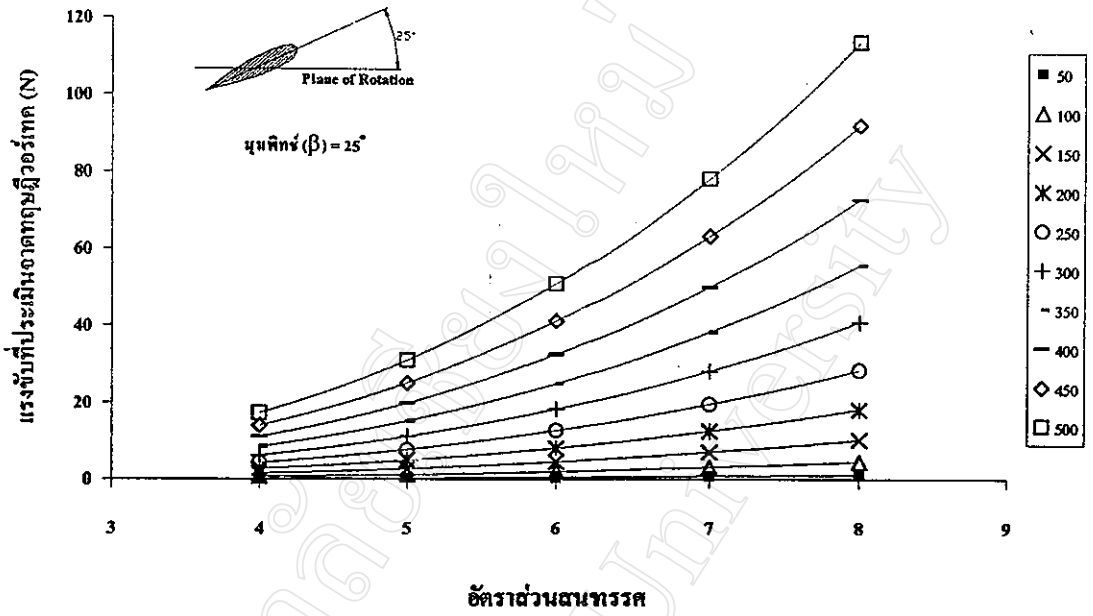


(ค)

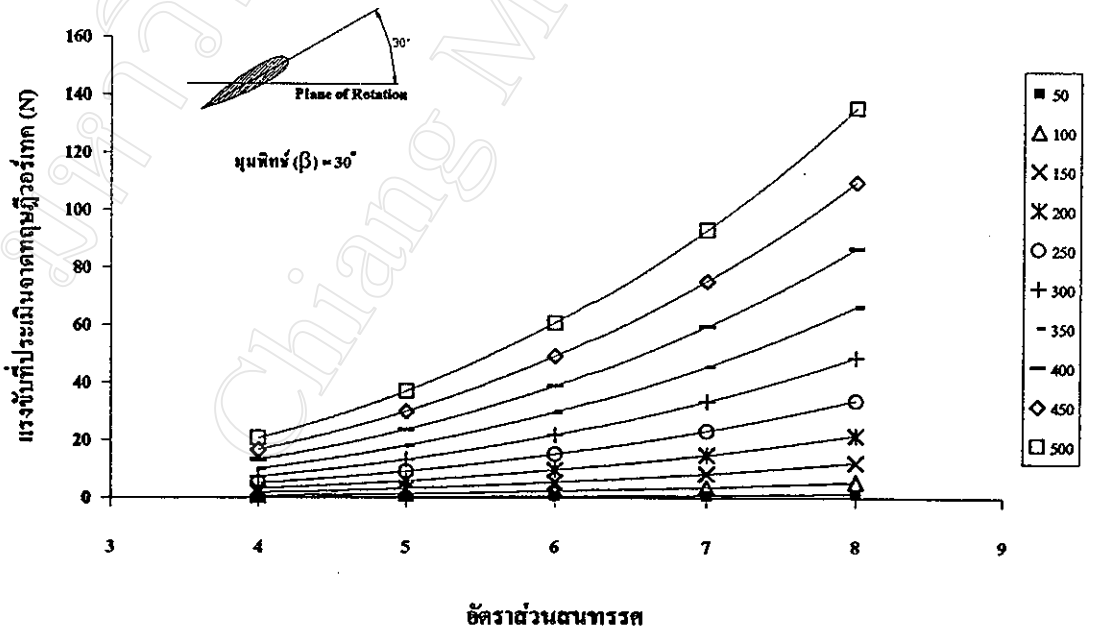


(ง)

รูปที่ 4.21 (ค)–(ง) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีคุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

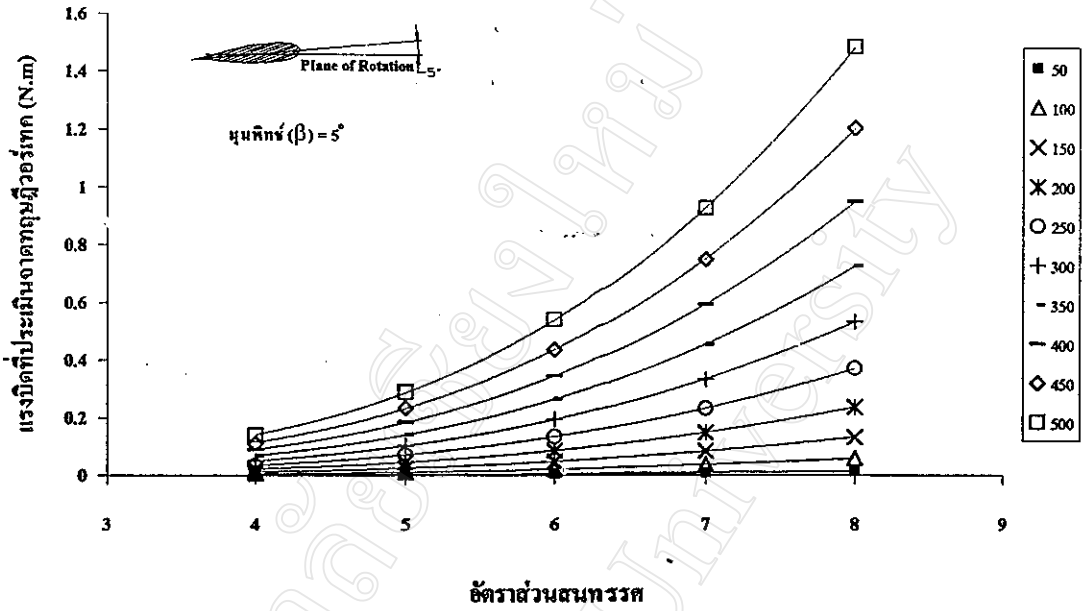


(ข)

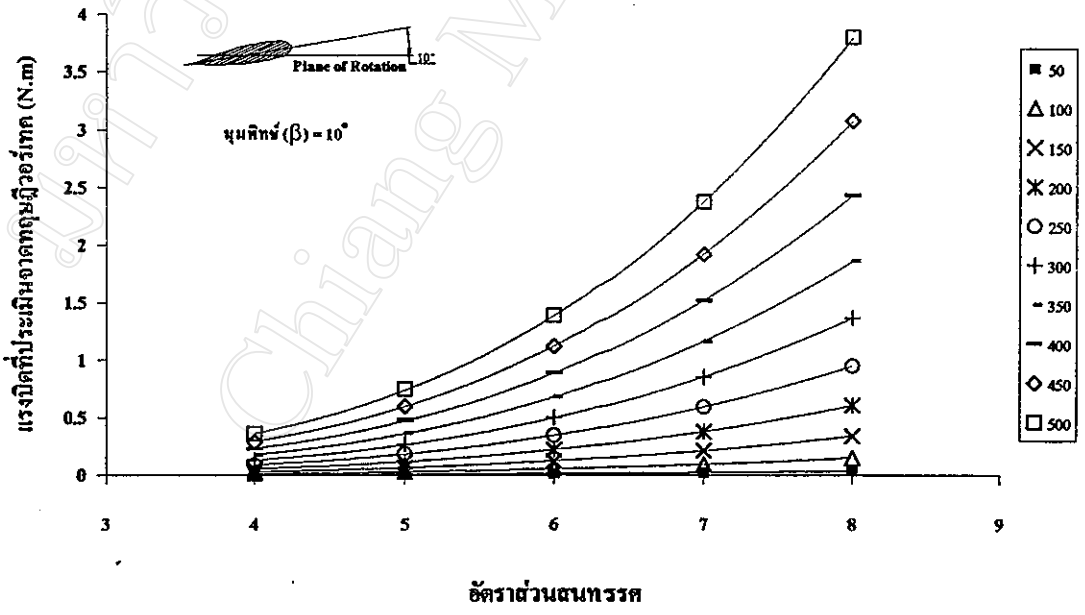


(ฉ)

รูปที่ 4.21 (ข)–(ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงขับของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา รัศมีคุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

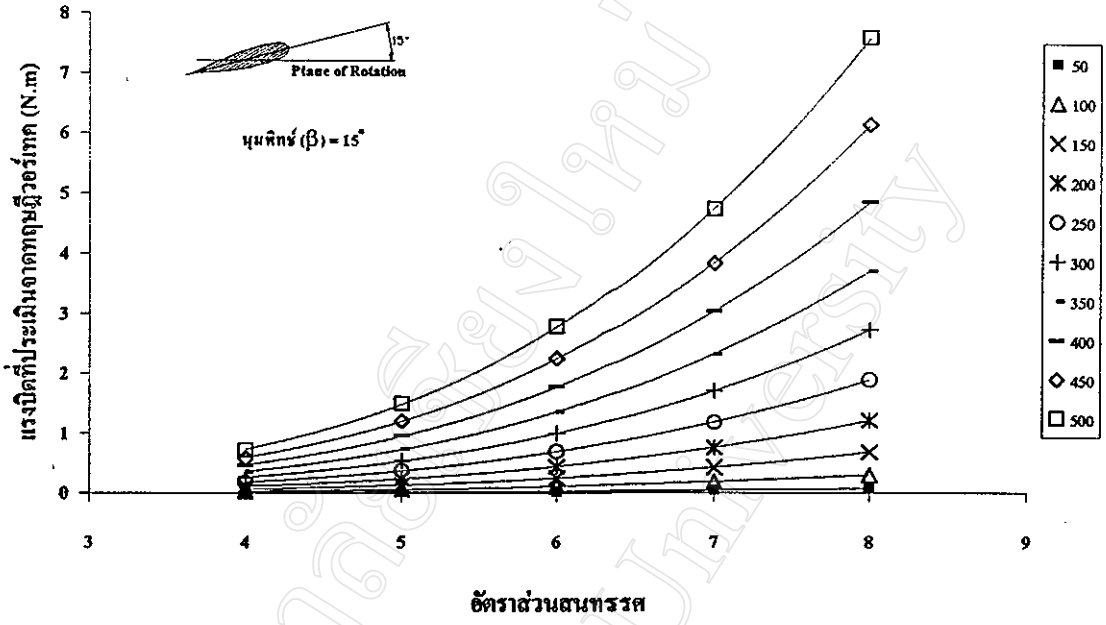


(ก)

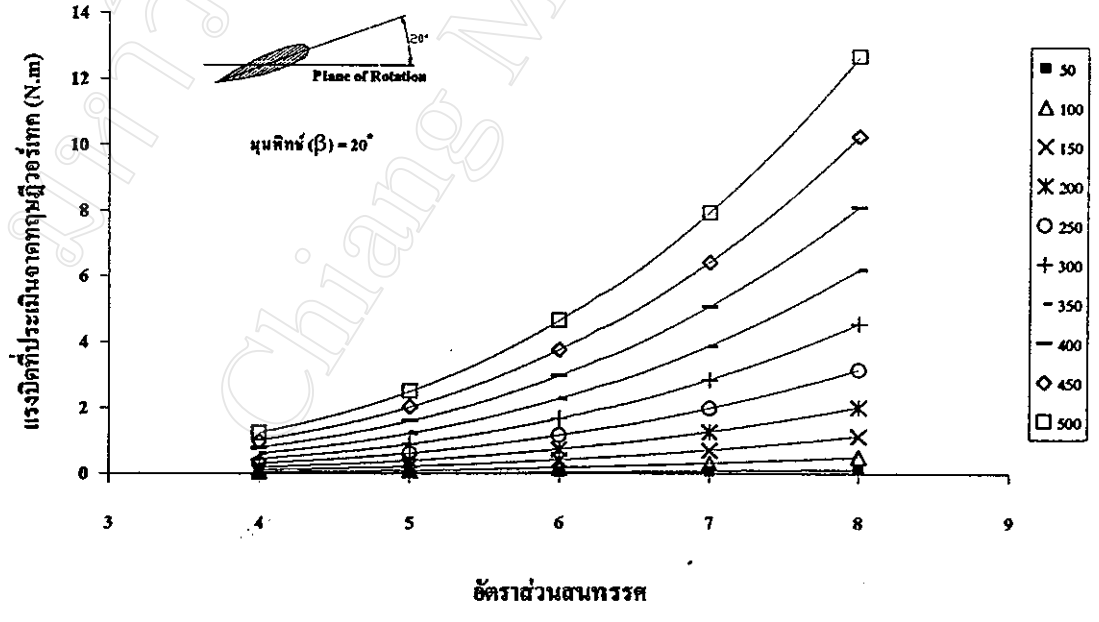


(ข)

รูปที่ 4.22 (ก)–(ข) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 5 และ 10 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

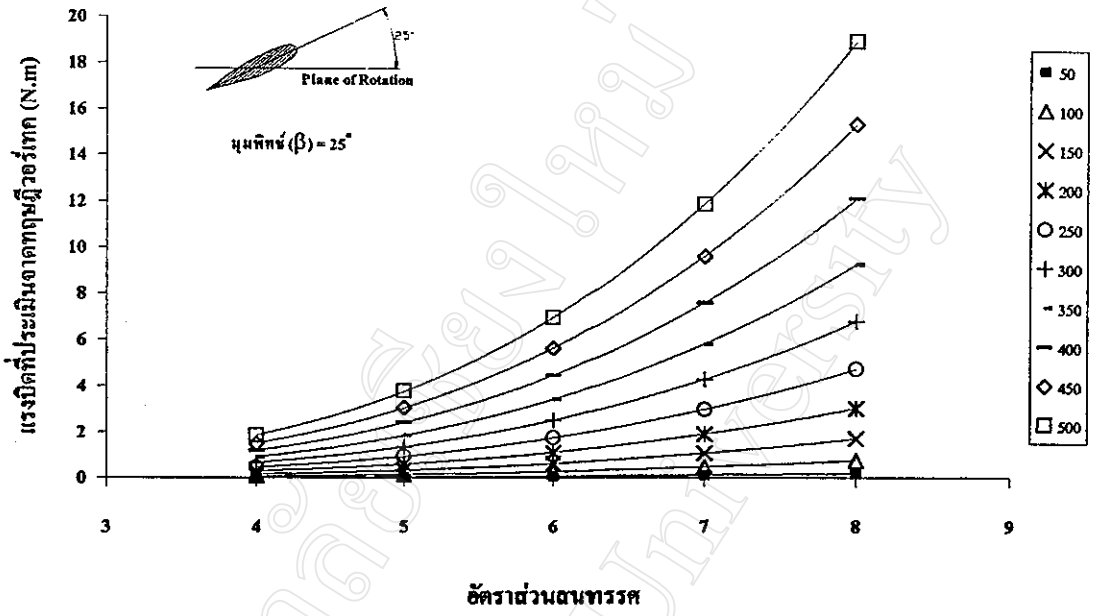


(ค)

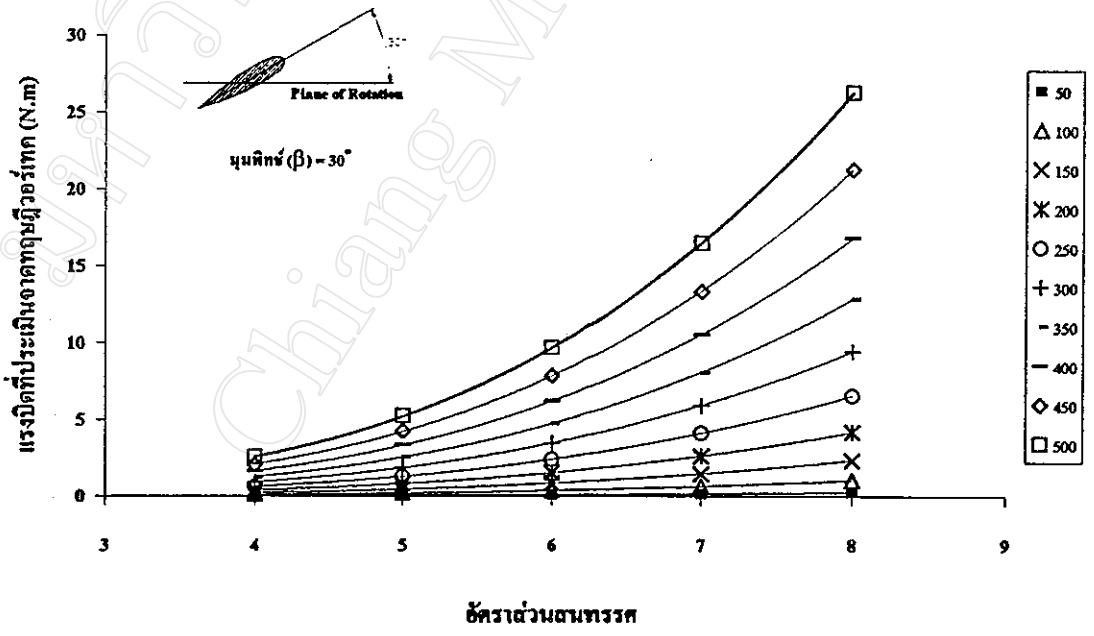


(ง)

รูปที่ 4.22 (ค)–(ง) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 15 และ 20 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร



(จ)



(ฉ)

รูปที่ 4.22 (จ)–(ฉ) แสดงแนวโน้มของแรงบิดของปีกหมุนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับค่าอัตราส่วนสนทรรศ โดยมีมุมพิทช์ 25 และ 30 องศา รัศมีดุมของปีกหมุน 0.1285 เมตร

4.5 วิจารณ์ผลการวิจัย

4.5.1 วิจารณ์ผลการทดสอบแรงขับและแรงบิดของปีกหมุน

ผลแรงขับของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของปีกหมุนและมุมพิทช์ที่เพิ่มขึ้น แต่อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงขับต่อการเปลี่ยนแปลงมุมพิทช์นั้นลดลงเมื่อมุมพิทช์เพิ่มขึ้น ส่วนแรงบิดของปีกหมุนที่ได้จากการทดสอบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของปีกหมุนและมุมพิทช์ที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับแรงขับ ส่วนอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงบิดต่อการเปลี่ยนแปลงมุมพิทช์เพิ่มขึ้นเมื่อมุมพิทช์เพิ่มขึ้น พิจารณาลักษณะการกระจายของกราฟผลแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบแบ่งได้ 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีค่ามุมพิทช์ 5 และ 10 องศา กับส่วนที่มีค่ามุมพิทช์ 15 ถึง 30 องศา ซึ่งส่วนที่มีค่ามุมพิทช์ 5 และ 10 องศา มีอัตราการเปลี่ยนแปลงแรงขับเทียบกับมุมพิทช์มากกว่าส่วนที่มีค่ามุมพิทช์ 15 ถึง 30 องศา สำหรับแรงขับ แต่น้อยกว่าสำหรับแรงบิด

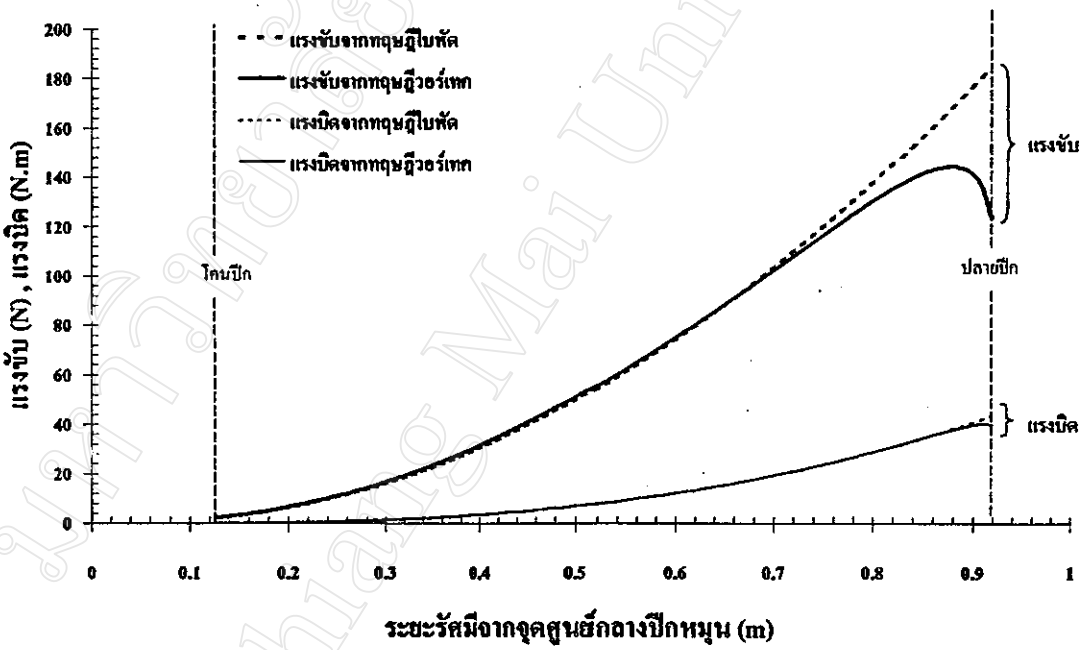
แนวโน้มของแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบเทียบกับความเร็วรอบการหมุนที่สร้างด้วยวิธีการถดถอยแบบโพลิโนเมียลดีกรี 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination, R^2) โดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.98 ถึง 0.99 มีบางผลทดลองส่วนน้อยเท่านั้นที่มีค่าน้อยกว่า 0.98 ค่าน้อยที่สุดมีค่า 0.855 สำหรับแรงขับ และ 0.707 สำหรับแรงบิด โดยจะเกิดขึ้นที่มุมพิทช์ 5 องศา ซึ่งเป็นผลมาจากค่าแรงขนาดเล็กเมื่อเทียบขนาดของการสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากการไม่ดุลยภาพการหมุนของมอเตอร์และชุดปีกหมุน จึงทำให้ข้อมูลที่ได้มีการกระจายมาก

4.5.2 วิจารณ์ผลการประเมินสมรรถนะด้วยการคำนวณทางทฤษฎีโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เมื่อพิจารณาผลการประเมินสมรรถนะด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้จากการดำเนินการตามวิธีการที่ได้กล่าวผ่านมาในหัวข้อ 3.61 พบว่าแรงขับที่ประเมินได้จากทฤษฎีใบพัดมีค่ามากกว่าที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทค ในช่วงของมุมพิทช์ 15-30 องศา แต่ใกล้เคียงกันที่มุมพิทช์ 5 และ 10 องศา แรงขับและแรงบิดที่ประเมินได้จากทฤษฎีทั้งสองมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือแรงขับและแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมพิทช์และความเร็วรอบของปีกหมุนที่เพิ่มขึ้น แนวโน้มที่ได้แสดงในรูปที่ 4.3 ถึง 4.6 ที่สร้างด้วยวิธีการถดถอยแบบโพลิโนเมียลดีกรี 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจแต่ละเส้นมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งลักษณะแนวโน้มแบบโพลิโนเมียลดีกรี 2 นั้นสอดคล้องกันกับผลที่ได้จากการทดสอบ

รายละเอียดของผลการคำนวณโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะนำเสนอเฉพาะตัวอย่างที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคของปีกหมุนมีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8 ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที เท่านั้นเนื่องจากข้อมูลดังกล่าวมีจำนวนมากและมีลักษณะคล้ายกันในทุกๆ

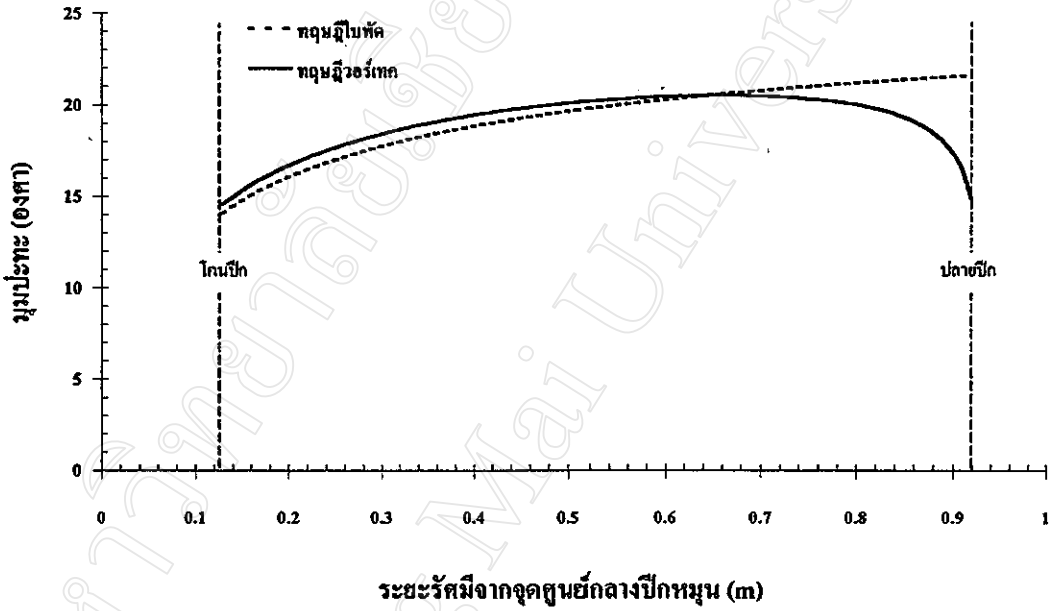
สภาวะ ซึ่งลักษณะกระจายของแรงขับและแรงบิดตามความยาวปีกแสดงดังรูปที่ 4.23 แรงขับเพิ่มขึ้นตามระยะรัศมีของปีกหมุนที่เพิ่มสำหรับที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัด ส่วนที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคนั้นเพิ่มขึ้นตามระยะรัศมีของปีกหมุนที่เพิ่มเช่นกันแต่จะลดลงตรงบริเวณปลายปีกเนื่องจากมีการใช้ปัจจัยการสูญเสียที่ปลายปีกของ Prandtl บริเวณส่วนนี้แรงขับที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคจะมีค่าต่ำกว่าที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัด ทำให้ผลแรงขับที่ประเมินด้วยทฤษฎีใบพัดมีค่าสูงกว่าที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทค การกระจายของแรงบิดมีลักษณะเหมือนกับแรงขับแต่ตำแหน่งสูงสุดนั้นอยู่ใกล้ปลายปีกมากกว่าแรงขับจึงทำให้แรงบิดที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคมีค่าน้อยกว่าที่ประเมินได้จากทฤษฎีใบพัดเล็กน้อย



รูปที่ 4.23 แสดงลักษณะการกระจายแรงขับและแรงบิดที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคตามระยะรัศมีของปีกหมุนที่มีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8 ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

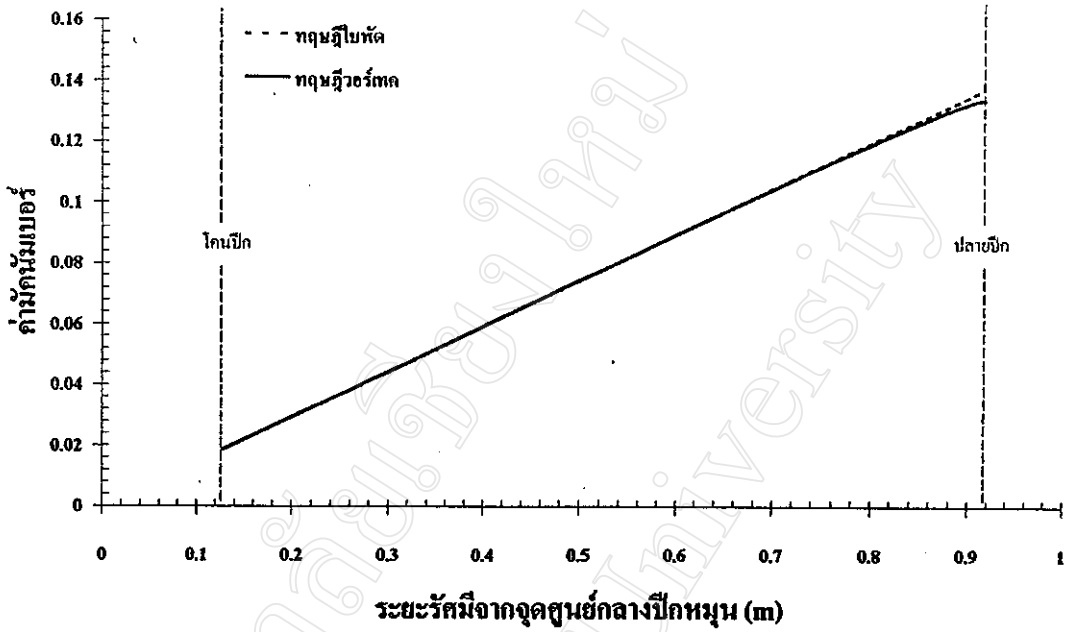
มุมปะทะที่ได้จากการประเมินสมรรถนะปีกหมุนด้วยทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคนั้นเป็นไปตามเงื่อนไขคือมีค่ามากกว่า 0 องศา และน้อยกว่ามุมพิทช์ โดยค่าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงที่ทำการประเมินมีค่าเท่ากับ 21.57 องศา และ 20.46 องศา สำหรับที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคตามลำดับ ซึ่งยังไม่ถึง 21.75 องศา ค่ามุมร่วงหล่นตามข้อมูลที่ใช้ประเมิน แนวโน้มของมุมปะทะที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดนั้นเพิ่มขึ้นตามระยะรัศมีของปีกหมุนและมีแนวโน้มที่เหมือนกับที่ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคแต่มีค่าน้อยกว่าในช่วงแรกจากโคนปีก ในส่วนปลายปีกมุมปะทะที่

ประเมินจากทฤษฎีวอร์เทคมีค่าลดลงเมื่อระยะรัศมีเพิ่มขึ้นและมีค่าน้อยกว่าที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัด ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยการสูญเสียที่ปลายปีกแต่ในส่วนโคนและกลางของปีกซึ่งไม่ได้รับผลจากปัจจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่ามุมปะทะที่ประเมินจาก 2 วิธีนั้นแตกต่างกันเล็กน้อยเท่านั้น ตัวอย่างการกระจายมุมปะทะตามความยาวปีกที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยมีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8 ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาทีแสดงดังรูปที่ 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงลักษณะการกระจายมุมปะทะที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคตามระยะรัศมีของปีกหมุนที่มีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8 ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

ค่ามัคนัมเบอร์ซึ่งได้มาจากนำความเร็วสัมพัทธ์ของอากาศไหลเข้าสู่ปีกที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคมาเทียบกับความเร็วเสียงในอากาศโดยพิจารณาอากาศเป็นก๊าซอุดมคติซึ่งความเร็วเสียงจะมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของอากาศดังสมการ (2.10) นั้นมีค่าใกล้เคียงกันมาก โดยแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะรัศมีของปีกหมุนในลักษณะเส้นตรงแต่ที่ประเมินได้จากทฤษฎีวอร์เทคมีลักษณะโค้งเล็กน้อยตรงบริเวณปลายปีก และค่าสูงสุดที่ประเมินได้ในช่วงที่ทำการศึกษามีค่าเท่ากับ 0.136 ซึ่งน้อยกว่า 0.75 จึงเป็นการทำงานในช่วงต่ำกว่าเสียง (Subsonic) ค่ามัคนัมเบอร์ที่ประเมินได้นี้ถือว่ามีค่าน้อยทำให้ผลจากการยุบตัวได้ของอากาศมีผลน้อยมากต่อสมรรถนะของปีกหมุนในช่วงที่ทำการศึกษานี้ ถ้าต้องการลดความยุ่งยากในการคำนวณก็สามารถที่จะละเว้นปัจจัยนี้ไม่นำมาคิดได้ ตัวอย่างการกระจายของค่ามัคนัมเบอร์ตามความยาวของปีกของปีกหมุนแสดงดังรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะการกระจายของค่ามัคนัมเบอร์ที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคตามระยะรัศมีของปีกหมุนที่มีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8 ความเร็วรอบ 500 รอบต่อนาที

จากแนวโน้มของตัวแปรต่างๆที่ได้จากการประเมินสมรรถนะปีกหมุนด้วยทฤษฎีใบพัดและวอร์เทคตามสภาวะที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ นั้นแสดงให้เห็นว่าให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกันมากบริเวณโคนและส่วนกลางของปีกทั้งขนาดและแนวโน้ม โดยผลที่แตกต่างกันที่บริเวณปลายปีกเนื่องมาจากทฤษฎีใบพัดที่ใช้วิเคราะห์ในครั้งนี้ไม่ได้นำปัจจัยการสูญเสียที่ปลายปีกมาคิดแต่ทฤษฎีวอร์เทคนำปัจจัยนี้มาคิดด้วย

4.5.3 การวิจารณ์ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะของปีกหมุนที่ประเมินโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับที่ได้จากการทดสอบ

จากผลการเปรียบเทียบสมรรถนะปีกหมุนที่มีหน้าตัดแอร์ฟอยล์แบบ N.A.C.A. 0012-B ที่ได้จากการประเมินสมรรถนะทางทฤษฎีกับการทดสอบ โดยใช้ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์เป็นค่าบอกขนาดความแตกต่าง ซึ่งได้นำเสนอมาในหัวข้อ 4.3 พบว่าค่าผิดพลาดสัมพัทธ์มีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงให้เห็นอย่างชัดเจนเมื่อค่ามุมพิทช์ของปีกหมุนเปลี่ยนไปโดยมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับความเร็วรอบของปีกหมุนที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่มุมพิทช์ต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่มุมพิทช์ต่างๆในการเปรียบเทียบสมรรถนะปีกหมุนที่ประเมินจากการคำนวณทางทฤษฎีกับที่ได้จากการทดสอบ

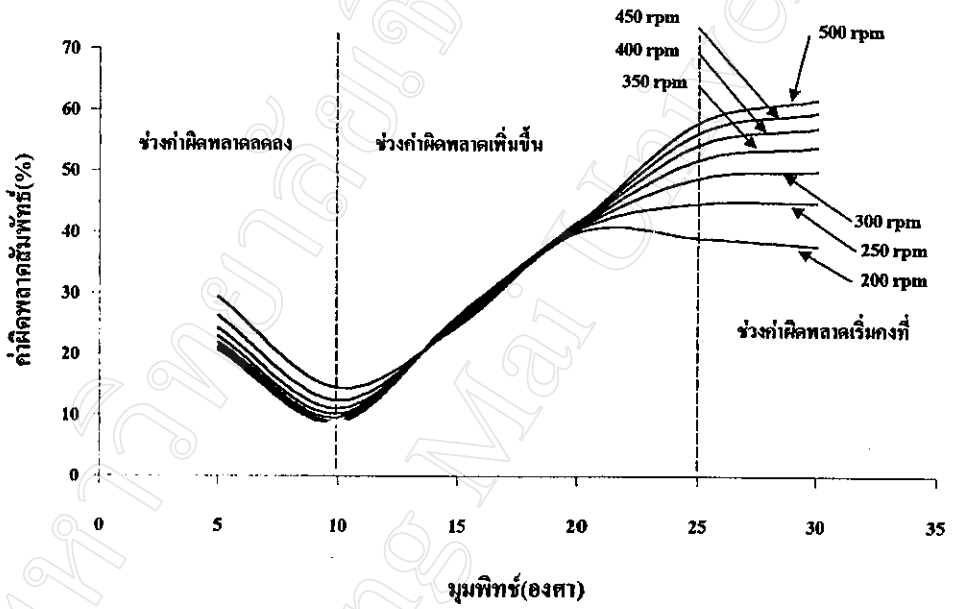
มุมพิทช์	ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับจาก		ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดจาก	
	ทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดสอบ (%)	ทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับการทดสอบ(%)	ทฤษฎีใบพัดเทียบกับการทดสอบ (%)	ทฤษฎีวอร์เทค เทียบกับการทดสอบ(%)
5	20.327	13.029	12.685	10.653
10	13.988	14.447	20.774	20.147
15	29.653	23.481	21.074	27.488
20	42.741	33.455	21.381	27.927
25	47.774	37.276	13.709	20.932
30	51.273	39.995	4.708	12.328

การใช้ทฤษฎีวอร์เทคประเมินแรงขับของปีกหมุนได้ผลใกล้เคียงกับการทดสอบมากกว่าที่ใช้ทฤษฎีใบพัดและสภาวะที่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินแรงขับได้สอดคล้องกับการทดสอบมากที่สุดคือ มุมพิทช์ 10 องศา ซึ่งเป็นสภาวะที่ผลการประเมินทั้งทฤษฎีใบพัด ทฤษฎีวอร์เทค และผลการทดสอบมีค่าใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยมีค่าผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0-20% แต่สำหรับแรงบิดทฤษฎีใบพัดประเมินได้ใกล้เคียงกับการทดสอบกว่าทฤษฎีวอร์เทคและสภาวะที่โปรแกรมประเมินแรงบิดได้ใกล้เคียงมากที่สุด คือที่มุมพิทช์ 30 องศาโดยค่าผิดพลาดสัมพัทธ์อยู่ในช่วง 0-15 % ผลดังกล่าวสามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากการที่ทฤษฎีวอร์เทคนำปัจจัยการสูญเสียที่ปลายปีกมาคิดทำให้ทั้งผลการประเมินแรงขับและแรงบิดได้ค่าน้อยกว่าที่ประเมินจากทฤษฎีใบพัด แต่แรงขับที่ได้จากการทดสอบนั้นมีค่าน้อยกว่าที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีทั้งสองและค่าแรงบิดที่ได้จากการทดสอบมีค่ามากกว่าที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีทั้งสอง

จากผลการเปรียบเทียบแสดงเห็นว่าในการประเมินสมรรถนะปีกหมุนจึงควรที่จะใช้ทฤษฎีวอร์เทคในการวิเคราะห์เพราะทฤษฎีวอร์เทคประเมินแรงขับของปีกหมุนได้ใกล้เคียงกับการทดสอบมากกว่าทฤษฎีใบพัดถึงแม้ว่าทฤษฎีใบพัดประเมินแรงบิดได้ใกล้เคียงกับการทดสอบมากกว่าทฤษฎีวอร์เทคแต่ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดมีค่าน้อยลงในส่วนที่แรงบิดมีค่ามาก อย่างไรก็ตามการประเมินโดยวิเคราะห์ด้วยวิธีทั้งสองยังมีค่าผิดพลาดอยู่มากเมื่อเทียบกับผลการทดสอบ ซึ่งสามารถวิเคราะห์แยกเป็นข้อดังนี้

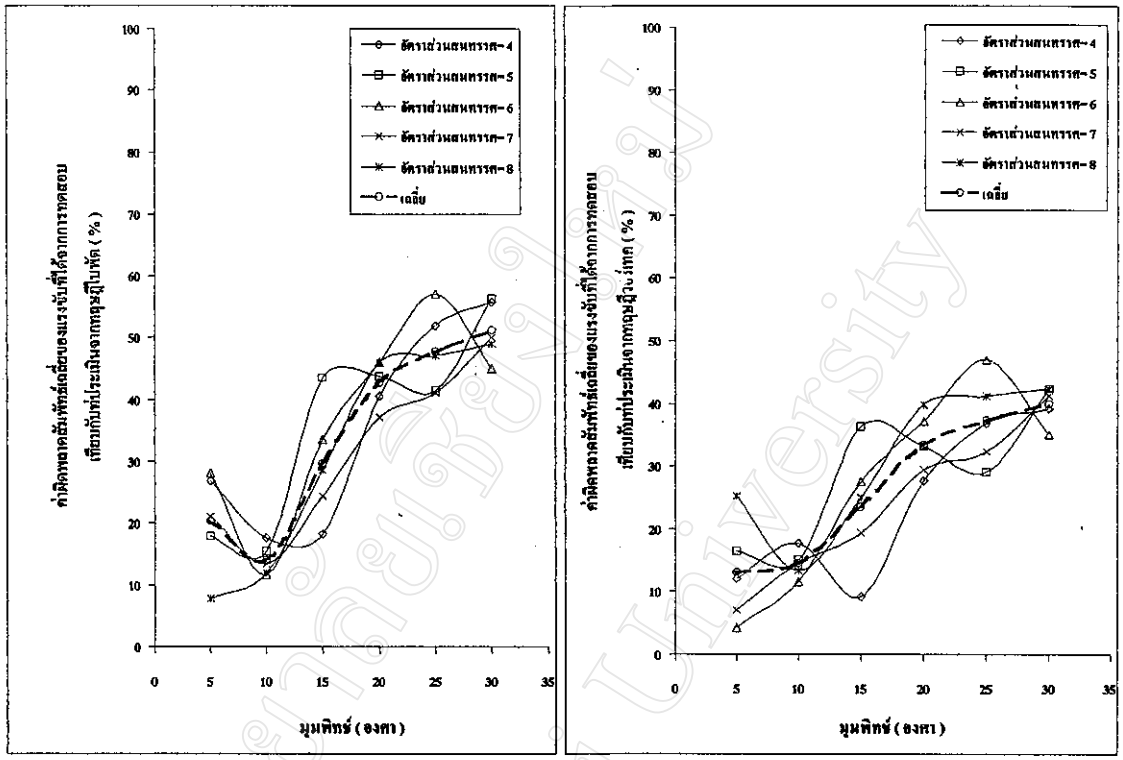
4.5.3.1 ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับ

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับเทียบกับมุมพิทช์ของปีกมีแนวโน้มที่แปรผันไปตามมุมพิทช์เป็นลักษณะเดียวกันทั้งหมด ทั้งที่ได้จากการเปรียบเทียบผลการทดสอบกับผลการประเมินสมรรถนะที่วิเคราะห์ด้วยทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทค จึงพิจารณาโดยรวมสามารถแบ่งเป็น 3 ช่วงด้วยกันคือ ช่วงมุมพิทช์ 5 ถึง 10 องศา ช่วงมุมพิทช์ 10 ถึง 20 องศา และ ช่วงมุมพิทช์ 20 ถึง 30 องศา ตัวอย่างกราฟแนวโน้มค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับแสดงดังรูปที่ 4.26



รูปที่ 4.26 กราฟแนวโน้มค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับที่ประเมินด้วยทฤษฎีวอร์เทคเทียบกับที่ได้จากการทดสอบของปีกหมุนที่มีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8

ช่วงมุมพิทช์ 5 ถึง 10 องศา ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับมีแนวโน้มลดลง เริ่มจากมีค่าสูงที่สภาวะมุมพิทช์ 5 องศา และลดลงในตำแหน่งมุมพิทช์เป็น 10 องศา ช่วงมุมพิทช์ 10 ถึง 20 องศา ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับเพิ่มขึ้นจากที่ตำแหน่ง 10 องศาไปจนกระทั่งมุมพิทช์เป็น 20 องศา และช่วงมุมพิทช์ 20 ถึง 30 องศา มีแนวโน้มเริ่มคงที่ รูปที่ 4.27 แสดงแนวโน้มของค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตามมุมพิทช์ โดยค่าเฉลี่ยได้จากการนำค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงขับที่สภาวะความเร็วรอบและอัตราส่วนสนทรรศต่างๆมาเฉลี่ยกัน

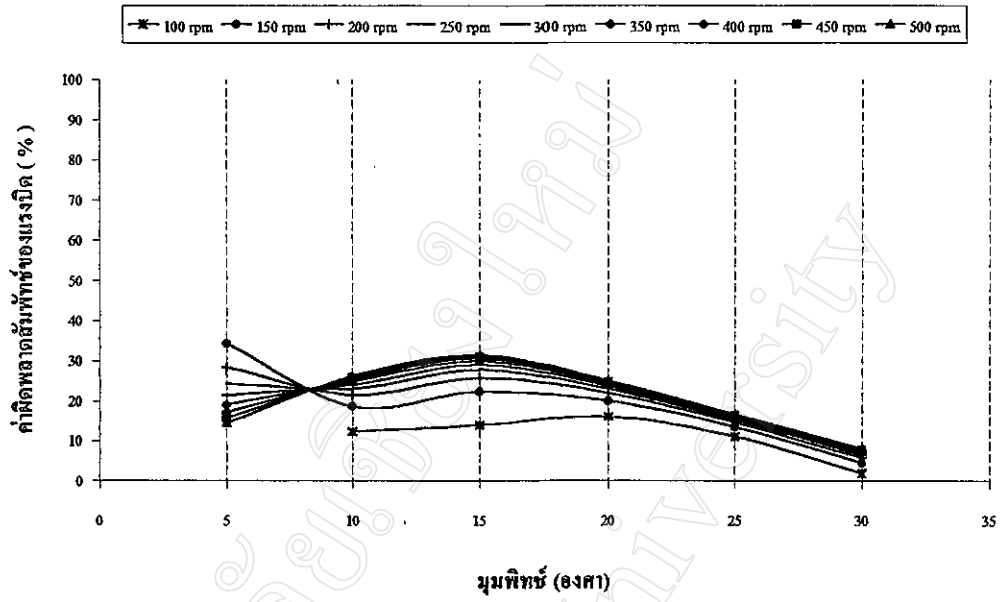


(ก) (ข)

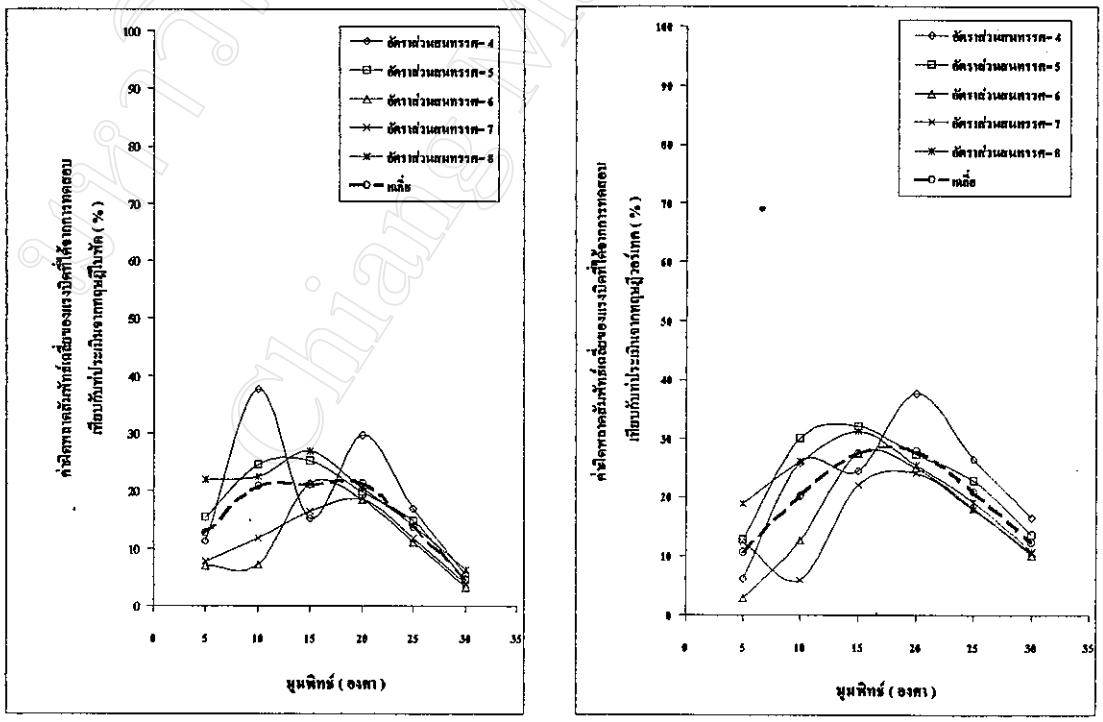
รูปที่ 4.27 แสดงแนวโน้มของค่าผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตามมุมพิทช์ของแรงขับที่ได้จากการทดสอบเทียบกับที่ได้จากการประเมินด้วย (ก) ทฤษฎีใบพัด (ข) ทฤษฎีวอร์เทค

4.5.3.2 ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิด

ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดเทียบกับมุมพิทช์ของปีกหมุนมีแนวโน้มที่แปรผันไปตามมุมพิทช์ในลักษณะเดียวกันและพิจารณาแบ่งเป็น 3 ช่วงเหมือนกับแรงขับ ตัวอย่างกราฟแนวโน้มค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ แสดงดังรูปที่ 4.28 ช่วงมุมพิทช์ 5 ถึง 15 องศา ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดจะเพิ่มขึ้นจากที่ตำแหน่ง 5 องศาไปจนกระทั่งถึงมุมพิทช์ 15 องศา และลดลงเมื่อมุมพิทช์มากกว่า 20 องศา รูปที่ 4.29 แสดงแนวโน้มของค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดเฉลี่ยที่เปลี่ยนแปลงไปตามมุมพิทช์ โดยค่าเฉลี่ยได้จากการนำค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดที่สภาวะความเร็วรอบและอัตราส่วนสนทรรศต่างๆมาเฉลี่ยกัน



รูปที่ 4.28 กราฟแนวโน้มค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของแรงบิดที่ประเมินด้วยทฤษฎีใบพัดเทียบกับที่ได้จากการทดสอบของปีกหมุนที่มีอัตราส่วนสนทรรศเท่ากับ 8



(ก) (ข)

รูปที่ 4.29 แสดงแนวโน้มของค่าผิดพลาดสัมพัทธ์เฉลี่ยเทียบกับมุมพิทช์ของแรงบิดที่ได้จากการทดสอบเทียบกับที่ได้จากการประเมินด้วย (ก) ทฤษฎีใบพัด (ข) ทฤษฎีวอร์เทค

4.5.3.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ของผลการประเมินทางทฤษฎีจากผลการทดสอบ

ความแตกต่างของผลการประเมินสมรรถนะทางทฤษฎีคลาดเคลื่อนไปจากผลการทดสอบนั้นเมื่อพิจารณาผลการประเมินและแนวโน้มของค่าผิดพลาดสัมพัทธ์พอจะอธิบายได้จากปัจจัยต่างๆ ดังนี้

ก. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ที่เกิดจากแรงที่ทำการวัดมีขนาดเล็ก

ก.1 ผลจากเครื่องมือวัดแรง

เครื่องมือวัดแรงที่ใช้มีค่าความละเอียด 0.58 นิวตัน ดังนั้นค่าแรงขับและแรงบิดที่ทำการวัดมีขนาดเล็กเมื่อเทียบกับค่าความละเอียดของเครื่องมือวัดแรง เช่นที่ตำแหน่งมุมพิทช์ 5 องศา จะได้รับผลกระทบอย่างมากจากความละเอียดของเครื่องมือวัดแรง ทำให้ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ที่มุมพิทช์ 5 องศา มีค่าผิดพลาดสัมพัทธ์สูงกว่าที่มุมพิทช์อื่น

ก.2 ผลจากการสั่นสะเทือนของชุดทดสอบ

การสั่นสะเทือนของชุดทดสอบเกิดจากความไม่ดุลยภาพการหมุนของชุดทดสอบ แรงขับที่ตำแหน่งมุมพิทช์ 5 องศา จะได้รับผลกระทบอย่างมากจากการสั่นสะเทือนของชุดทดสอบซึ่งพิจารณาได้จากการกระจายของข้อมูลที่ตำแหน่งนี้สูงมากทำให้ข้อมูลที่ใช้เป็นค่ากลางมาเปรียบเทียบกับการประเมินทางทฤษฎีมีความน่าเชื่อถือน้อย และเมื่อรวมกับผลจากความละเอียดของเครื่องมือวัดแล้ว ทำให้ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์มีค่าสูงกว่าที่ตำแหน่งอื่น

ข. ปัจจัยที่มีผลต่อค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ที่เปลี่ยนแปลงตามค่ามุมพิทช์

จากแนวโน้มค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ที่เกิดขึ้นซึ่งแปรผันตามค่ามุมพิทช์ที่เปลี่ยนไปนั้นปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดค่าผิดพลาดสัมพัทธ์และเปลี่ยนแปลงไปตามค่ามุมพิทช์ที่เปลี่ยนไปจะกล่าวแยกเป็นข้อดังนี้

ข.1 ผลจากความหยาบของผิวปีก

จาก Abbott และ von Doenhoff[10] ได้รายงานเกี่ยวกับความหยาบของผิวปีกว่าเป็นผลกระทบหลักที่มีต่อผลคุณสมบัติแอร์ฟอยล์ โดยคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของแอร์ฟอยล์ที่ใช้กันทั่วไปและที่ใช้ประเมินในการศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลของแอร์ฟอยล์ที่มีผิวเรียบ แต่ปีกที่ทำการสร้างขึ้นเพื่อทำการทดสอบนั้นผิวมีความหยาบอยู่ระดับหนึ่งจากการสังเกตุด้วยสายตา ค่าคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของแอร์ฟอยล์ของปีกที่สร้างขึ้นจึงเปลี่ยนไปจากข้อมูลที่ใช้ในการประเมิน

ด้วยเหตุนี้จึงเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดค่าผิดพลาด และค่าผิดพลาดที่เกิดจากปัจจัยนี้ยังแปรผันกับค่ามุมพิทช์เพราะคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของแอร์ฟอยล์ที่เปลี่ยนแปลงไปจะต้องเปลี่ยนไปตามค่ามุมปะทะดังนั้นเมื่อมุมปะทะแปรเปลี่ยนไปตามมุมพิทช์แล้วจึงเป็นผลให้ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไปตามมุมพิทช์

ข.2 ผลจากคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ที่เป็น 2 มิติ

คุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของปีกที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะครั้งนี้เป็นคุณสมบัติที่ได้จากการทดลองที่การไหลของอากาศผ่านปีกเป็นแนวเส้นตรง (Transtation Flow) ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคนั้นได้พิจารณาส่วนเล็กๆของปีกแบบ 2 มิติ ซึ่งเป็นสมมติฐานของทฤษฎีเบลดอิลิเมนท์ แต่สำหรับการทำงานของปีกหมุนนั้นแพนอากาศที่เคลื่อนที่ในลักษณะหมุนรอบแกนเพลาซึ่งการไหลของอากาศผ่านปีกในลักษณะ Rotation Flow สัมพัทธ์กับปีกและไม่เป็น 2 มิติ ดังนั้นคุณสมบัติทางอากาศพลศาสตร์ของแอร์ฟอยล์ใช้ในการประเมินสมรรถนะของปีกหมุนจึงไม่ตรงกับการทำงานจริงของปีกด้วยเหตุผลดังกล่างจึงมีส่วนทำให้การประเมินสมรรถนะผิดพลาด

ค. ผลจากทฤษฎีโมเมนตัม

ทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคนั้นได้มาจากการพิจารณาแรงที่เกิดขึ้นบนแพนอากาศเล็กๆของปีกหมุนและใช้ทฤษฎีโมเมนตัมมาช่วยในการพิจารณา ดังนั้นทฤษฎีโมเมนตัมจึงเป็นส่วนหนึ่งของทฤษฎีทั้งสอง และด้วยเหตุที่ทฤษฎีโมเมนตัมมีสมมุติฐานหลายข้อเป็นอุดมคติไม่เกิดขึ้นในการทำงานจริงของปีกหมุนได้แก่

ค.1 ความเร็วของอากาศที่ผ่านใบพัดเท่ากันทั่วทั้งจานขับ

ค.2 ความดันแตกต่างของอากาศคร่อมจานขับมีค่าเท่ากันทั่วทั้งพื้นที่จานขับ

ค.3 การไหลผ่านใบพัดกระแสจะแยกจากอากาศรอบข้างโดยขอบเขตการไหลจินตภาพซึ่งมีลักษณะเป็นท่อ

ค.4 ของไหลเป็นแบบยุบตัวไม่ได้

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงมีส่วนที่ส่งผลให้เกิดค่าผิดพลาดขึ้นได้

4.5.4 วิจารณ์ผลของอัตราส่วนสนทรรศต่อค่าสมรรถนะของปีกหมุน

ปีกหมุนที่ทำการศึกษาเพื่อประเมินสมรรถนะครั้งนี้มีปีกที่มีอัตราส่วนสนทรรศ 4 5 6 7 และ 8 โดยเป็นการเปลี่ยนแปลงความยาวของปีกและให้ความยาวคอร์ดคงที่ไว้ ทำให้แรงขับและแรงบิดของปีกหมุนจะเพิ่มขึ้นตามค่าอัตราส่วนสนทรรศของปีกที่เพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อค่าอัตราส่วนสนทรรศของปีกที่ลดลง ซึ่งผลของแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบและที่ได้จากการประเมินทางทฤษฎีที่วิเคราะห์ทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคนั้นสามารถสร้างความสัมพันธ์กับค่าอัตราส่วนสนทรรศของปีกด้วยฟังก์ชันโพลิโนเมียลดีกรี 3 ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าแรงขับและแรงบิดของปีกหมุนที่ได้จากการประเมินด้วยทฤษฎีใบพัดและทฤษฎีวอร์เทคมีแนวโน้มที่เปลี่ยนแปลงไปตามค่าอัตราส่วนสนทรรศที่เพิ่มขึ้นในลักษณะเดียวกันกับค่าแรงขับและแรงบิดที่ได้จากการทดสอบ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University