

โครงการวิศวกรรมชลประทาน(207499)

เรื่อง การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง

Study of Inclined Vane Floating Turbine

ดำเนินงานโดย

นายพณัฏฐ์ พัฒนันทพันธ์	รหัสனிสิต	51241487
นางสาวพรพิมล คำแก้ว	รหัสனிสิต	51243442

เสนอ

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสนนครปฐม 73140

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตบัณฑิต (วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน)

พุทธศักราช 2554

ใบรับรองโครงการวิศวกรรมชลประทาน

ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน

คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมโยธา-ชลประทาน

เรื่อง : การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง

(Study of Inclined Vane Floating Turbine)

นามผู้จัดทำโครงการ : นายพณภูมิ พัฒนันทพันธ์

นางสาวพรพิมล คำแก้ว

ได้รับความเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(อ.ฉัตร ออกละลา)

...../...../.....

กรรมการ

(ผศ.นิมิตร เติตฉันทพิพัฒน์)

...../...../.....

หัวหน้าภาค

(รศ.สันติ ทองพำนัก)

...../...../.....

Abstract

Title : **Study of Inclined Vane Floating Turbine**

By : Mr. Panat Patthanathapan

Miss. Pornpimon Kamkaew

Project Advisor :

(Mr.Thundorn Okwala)

...../...../.....

The purpose of this irrigation engineering project is for studying the power from the turbine of inclined vane which is received and also for guidance in this study and apply the using of Hydro energy to make it efficiency benefits.

The experiment done by install the turbine and float in the canal. Then measure the parameters of the turbine at vane angle of 90°, 60°, 45° and 30°.

From the experimental result. Can see that the powers also increase while the velocity of flow increased and the turbine can be transmits maximum power at vane angle of 60° and vane sinking of $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$. The experiment could create charts on relation of power, torque at maximum power and velocity of flow in term of the dimensionless. For can be used advantage.

คำนิยม

โครงการวิศวกรรมศาสตร์ (Irrigation Engineering Project: 207499) เรื่อง การศึกษากังหันน้ำแบบทุ่นลอย ชนิดใบเอียง (Study of Floating water Turbine of Inclined Vane) เป็นงานการศึกษาของนิสิตชั้นปีที่ 4 ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความสนับสนุน ชี้แนะ และให้คำปรึกษา อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินงานจาก อาจารย์ธัญดร ออกระลา และขอขอบพระคุณ อาจารย์ รวมถึงบุคลากรและเจ้าหน้าที่ ประจำภาควิชาวิศวกรรมชลประทานทุกท่าน ตลอดจนเพื่อนนิสิตที่อำนวยความสะดวก ในการจัดทำโครงการในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และสามารถจัดทำรูปเล่มได้เสร็จสมบูรณ์

ในนามของผู้ดำเนินโครงการจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ

7 เมษายน 2555

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
คำนิยาม	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญตัวแปร	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตการศึกษา	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	
2.1 Mini Turbine	2-3
2.2 ทอร์ค	3-4
2.3 งานและพลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน	4
2.4 การไหลในทางน้ำเปิด	5

2.5 การกระจายความเร็วในทางน้ำเปิด	5-6
2.6 การวิเคราะห์หิมิต	7-9
2.7 การวิเคราะห์หิมิตโดยวิธีปักกิ่ง แฮมพาย	10-12
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง	
3.1 อุปกรณ์	13-14
3.2 วิธีการทดลอง	15-18
บทที่ 4 ผลการทดลอง	19-28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	29
เอกสารอ้างอิง	30
ภาคผนวก ก ตารางผลการทดลอง	
ภาคผนวก ข กราฟความสัมพันธ์ จากผลการทดลอง	

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เส้นลาดพลังงาน	2
รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์เชิงเวกเตอร์ของทอร์ก $\tau = F \times r$	4
รูปที่ 2.3 การไหลแบบสม่ำเสมอ	5
รูปที่ 2.4 การกระจายความเร็วในทางน้ำเปิดต่างๆ	6
รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์วัดแรงบิด	13
รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์กักกันน้ำ	14
รูปที่ 3.3 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าโดยแม่เหล็กไฟฟ้า	14
รูปที่ 3.4 ตาชั่งสปริงขนาด 5 kg และ 1 kg	14
รูปที่ 3.5 นาฬิกาจับเวลา	14
รูปที่ 3.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์กักกัน	15
รูปที่ 3.7 การวัดความเร็วของกระแสน้ำ	15
รูปที่ 3.8 การปรับระดับการจมของใบพัด	16
รูปที่ 3.9 ปรับตาชั่งสปริงและอ่านค่าตาชั่งสปริง	16
รูปที่ 3.10 การวัดความเร็วรอบของกังหัน	17
รูปที่ 3.11 การปรับมุมของใบพัด	17
รูปที่ 3.12 การปรับระดับบานประตูเพื่อเปลี่ยนความเร็วของกระแสน้ำ	18

รูปที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็รรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. ($h=D/8$)	21
รูปที่ 4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็รรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. ($h=D/8$)	21
รูปที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็รรอบ ที่ระยะจมน้ำใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$, มุม 60° , ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s	23
รูปที่ 4.4	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็รรอบ ที่ระยะจมน้ำใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$, มุม 60° , ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s	23
รูปที่ 4.5	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็รรอบ ที่ระยะจมน้ำใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$, มุม 60° , ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s	23
รูปที่ 4.6	ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำ ที่มุม 60°	24
รูปที่ 4.7	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่ กำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำ ที่มุม 60°	24
รูปที่ 4.8	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\rho v^2 D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v \rho D}{\mu}$ ที่มุม 60°	27
รูปที่ 4.9	ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau \rho}{D \mu^2}$ กับ $\frac{v \rho D}{\mu}$ ที่มุม 60°	28

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมิติ และหน่วยของตัวแปรต่างๆ	9
ตารางที่ 4.1 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h=D/8) มุมใบพัด 90°	19
ตารางที่ 4.2 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h=D/8) มุมใบพัด 60°	19
ตารางที่ 4.3 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h=D/8) มุมใบพัด 45°	20
ตารางที่ 4.4 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h=D/8) มุมใบพัด 30°	20
ตารางที่ 4.5 แสดงค่ากำลังสูงสุด ความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังสูงสุด มุมเอียง 60°	22
ตารางที่ 4.6 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมเอียง 60°	26
ตารางที่ 4.7 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมเอียง 60°	26
ตารางที่ 4.8 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมเอียง 60°	26

สารบัญตัวแปร

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย(SI)	มิติ (MLT)
D	เส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน	m	L^{-1}
F	แรงดึง	N	MLT^{-2}
ΔF	ผลต่างแรงดึงของตาชั่ง	N	MLT^{-2}
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	m/s^2	L^1T^{-2}
h	ความลึกของใบพัดส่วนที่จมน้ำ	m	L^1
N	ความเร็วรอบ	1/s	T^{-1}
P	กำลังงาน	N·m/s	$M^1L^2T^{-3}$
V	ความเร็วของกระแส	m/s	L^1T^{-1}
ρ	ความหนาแน่นของของไหล	KN/m^3	M^1L^{-3}
τ	แรงบิด	N·m	$M^1L^2T^{-2}$
μ	ความหนืดของของไหล	N/m^2	$M^1L^{-1}T^{-1}$
ω	ความเร็วเชิงมุม	rad/s	T^{-1}
β	มุมใบพัด	degree	-

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มา

สัญญาณเตือนภัยทางธรรมชาติหลายอย่าง ลือกับเราเป็นนัยๆ ว่าสภาวะภูมิอากาศโลกเกิดความแปรปรวนอันเนื่องมาจากการใช้ทรัพยากร และพลังงานอย่างสิ้นเปลืองของมนุษย์ มีบุคคลหลายกลุ่มเริ่มต้นตัวกับสัญญาณเตือนภัยต่างๆ จึงได้เริ่มวิจัยและค้นคว้าเพื่อแสวงหาพลังงานทดแทน ซึ่งเป็นทางออกหนึ่งของปัญหาดังกล่าว กังหันน้ำเป็นตัวสร้างพลังงานทดแทนชนิดหนึ่ง ที่สามารถเปลี่ยนรูปพลังงานที่มีอยู่ในธรรมชาติมาใช้เป็นพลังงานทดแทน ซึ่งไม่ก่อให้เกิดมลภาวะกับสิ่งแวดล้อม ในการทำงานของเครื่องกังหันน้ำ พลังงานของน้ำที่แฝงมากับการไหลของน้ำ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานกล ทำให้เกิดกำลังงานที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

การศึกษาถึงมุมกระทบที่กระแสน้ำพุ่งกระทบใบพัดว่ามีความสัมพันธ์อย่างไรกับพลังงานกลไปสู่กังหันแล้วทำให้เกิดกำลังงานสูงสุดได้นั้น จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการปรับปรุงประสิทธิภาพของกังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง

2. วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการทำงานของกังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียง
2. ศึกษากำลังงานที่ได้รับจากกังหันแบบทุ่นลอย ที่มีมุมใบพัดแตกต่างกัน
3. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกังหันน้ำแบบทุ่นลอยชนิดใบเอียงในรูปของความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

3. ขอบเขตการศึกษา

ทำการสร้างกังหันน้ำชนิดใบเอียง (ใบพัดแบบปรับมุมได้) เพื่อนำไปทดลองในรางทดลอง พร้อมทั้งพิจารณาถึงผลของมุมที่ลำนน้ำกระทบกับใบพัดที่มีผลต่อกำลังงานของกังหัน และนำค่าตัวแปรต่างๆ ไปวิเคราะห์ความเหมาะสมแบบไร้มิติ

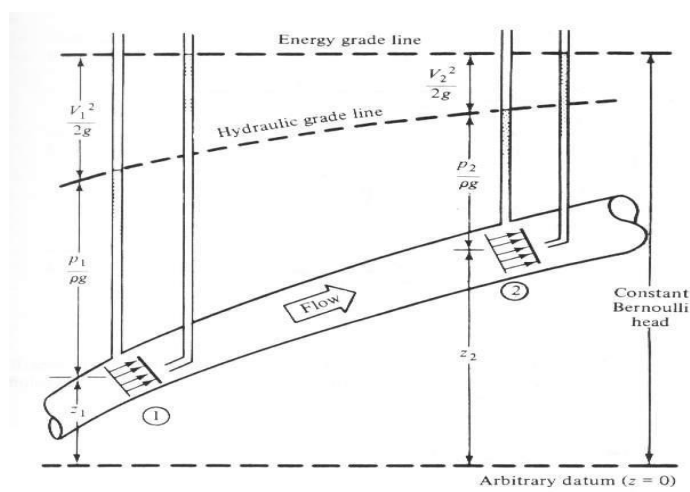
บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

2.1 Mini Turbine (นิมิต 2540)

ในการทำงานของเครื่องกังหันน้ำนั้น พลังงานของน้ำที่ มีอยู่จะถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานจลน์ และ พลังงานจลน์นี้ ก็จะถ่ายทอดจากน้ำไปหมุนใบกังหันทำให้เกิดเป็นพลังงานกล ฉะนั้นในการศึกษาเรื่องกังหัน น้ำจึงจำเป็นต้องทำความเข้าใจกับพลังงานของน้ำในรูปแบบต่างๆ

พลังงานของน้ำนี้ ขึ้นอยู่กับหัวน้ำหรือเฮดของน้ำ ซึ่งมีหลายลักษณะ ดังนี้



รูปที่ 2.1 เส้นลาดพลังงาน

เฮดความดัน (Pressure Head; H_p) ค่าความดันนอกจากจะบอกเป็นแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ เช่น นิวตันต่อตารางเมตร (N/m^2) หรือปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) หรือกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (kg/cm^2) แล้ว ถ้าเป็นความดันของของเหลวก็มักจะนิยมเขียนในรูป ความสูงของของเหลวเรียกว่า เฮดความดัน (Pressure Head)

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน P และเฮดความดัน H_p คือ

$$H_p = \frac{P}{\gamma} = \frac{P}{\rho g} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

ในเมื่อ γ คือ น้ำหนักจำเพาะ ρ คือ ความหนาแน่นของของเหลว และ g คืออัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

เฮดความเร็ว (Velocity Head; H_v) ของเหลวที่ไหลในท่อหรือทางน้ำเปิดด้วยความเร็วใดๆ นั้นมีพลังงานจลน์อยู่ เฮดความเร็วคือ พลังงานจลน์ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ

$$H_v = \frac{v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

ในเมื่อ V เป็นความเร็วของการไหล และ g เป็นอัตราเร่งเนื่องจากแรงดึงดูดของโลก

เฮดความเร็วอาจให้คำจำกัดได้ก็อีกอย่างหนึ่งว่า เป็นความสูงที่ของเหลวตกลงมาด้วยแรงดึงดูดของโลกจนได้ความเร็วเท่ากับความเร็วในการไหลของของเหลวนั้น

เฮดระดับ (Potential Head; H_s) น้ำนิ่งที่อยู่ในที่สูง จะมีพลังงานศักย์สะสมอยู่ ซึ่งเฮดระดับ คือ พลังงานศักย์ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนัก

$$H_s = Z = \text{ความสูงน้ำ} \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

เฮดรวม (Total Head; H_T) เฮดรวมของน้ำ ณ จุดหนึ่งจุดใดก็คือพลังงานทั้งหมดของน้ำที่บอกในรูปของเฮดของน้ำ ณ จุดนั้นๆ

เฮดรวม = เฮดความดัน + เฮดความเร็ว + เฮดระดับ

$$H_p + H_v + H_s = \frac{p}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

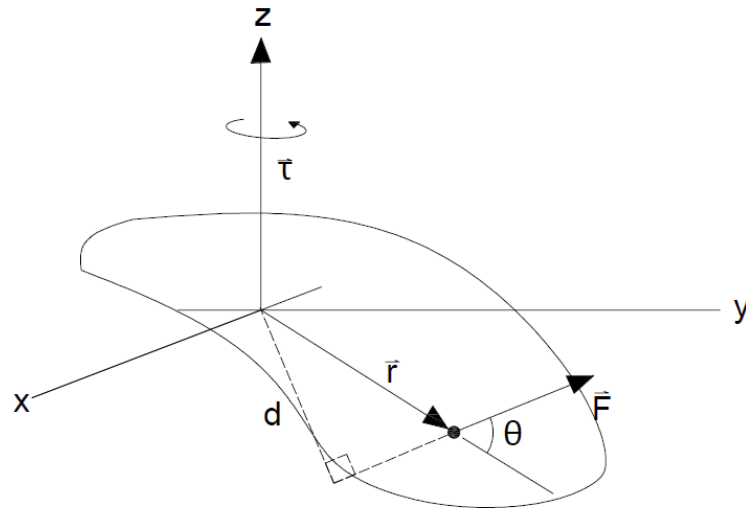
เฮดสถิตย์ = Z = แท่งความสูงของของเหลว

2.2 ทอร์ก (ปรเมซฐ์ 2552)

ทอร์ก (torque) หรือ โมเมนต์ของแรง (moment of a force) คือความพยายามของแรงที่จะหมุนวัตถุรอบแกนหรือจุดหมุน ทอร์กเป็นผลคูณทางเวกเตอร์ตำแหน่ง r กับแรง F ถ้าให้ r เป็นเวกเตอร์ตำแหน่งของแรง F ที่กระทำต่อวัตถุตามรูปที่ 2.2 จะได้ทอร์กรอบแกน z เป็น

$$\tau = F \times r \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

จากนิยามของทอร์กตามสมการ 2.5 จะได้ขนาดของทอร์ก $\tau = rF\sin\theta = F(r\sin\theta) = Fd$ เมื่อ d เป็นระยะจากแกนหมุนมาตั้งฉากกับแนวแรง ซึ่งเรียกระยะนี้ว่า แขนโมเมนต์ (moment arm)



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์เชิงเวกเตอร์ของทอร์ก $\tau = F \times r$

2.3 งานและพลังงานของการเคลื่อนที่แบบหมุน(ปรเมษฐ์ 2552)

การหมุนของระบบอนุภาค ไม่ว่าจะเป็นวัตถุแข็งเกร็งหรือไม่ก็ก็ตาม ย่อมมีพลังงานจลน์ของการหมุน ถ้าพลังงานจลน์ของระบบหมุนดังกล่าวเปลี่ยนไปจากเดิม ก็แสดงว่ามีการทำงานป้อนเข้าสู่ระบบนั้นๆ

เนื่องจากปริมาณ $r(F\sin\theta)$ เป็นขนาดทอร์กของแรง F รอบจุดตั้งแกน ดังนั้น งานของแรงในขณะทีวัตถุหมุนได้ขนาดของการกระจัดเชิงมุมเป็น $d\theta$ คือ

$$dW = F \cdot ds = \tau d\theta \quad \text{.....(2.6)}$$

เมื่อหาอนุพันธ์เทียบกับเวลาของสมการที่ 2.6 จะได้อัตราการทำงานของแรง F เป็น

$$\frac{dW}{dt} = \tau \frac{d\theta}{dt} \quad \text{.....(2.7)}$$

แต่เนื่องจากให้นิยามของปริมาณ $\frac{dW}{dt}$ ว่าเป็นกำลังขณะหนึ่ง และปริมาณ $\frac{d\theta}{dt} = \omega$ เป็นอัตราเร็วเชิงมุม ดังนั้น จึงเขียนสมการของกำลังขณะหนึ่งที่ป้อนแก่ระบบหมุนเป็น

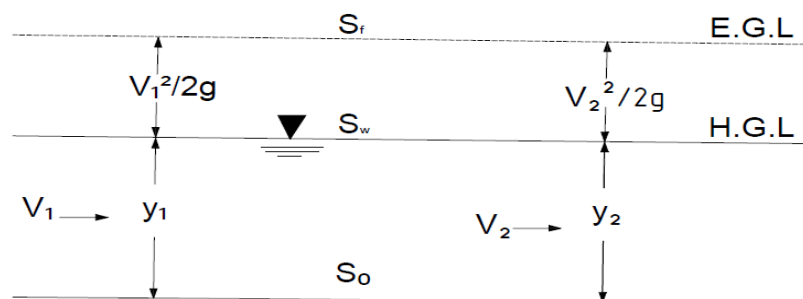
$$P = \frac{dW}{dt} = \tau\omega$$

2.4 การไหลในทางน้ำเปิด(กิริติ 2537)

พฤติกรรมของการไหลแบบสม่ำเสมอ

การไหลในทางน้ำเปิดเป็นการเคลื่อนที่ของของไหลภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก (gravity force) จากที่ที่มีพลังงานสูงไปสู่บริเวณที่มีพลังงานต่ำ ซึ่งขณะที่ของไหลเคลื่อนที่ จะเกิดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากมีแรงเสียดทานบริเวณของไหลที่สัมผัสกับทางน้ำเปิด แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นนี้มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการไหล ซึ่งการไหลแบบสม่ำเสมอจะเกิดขึ้นเมื่อแรงเสียดทานเท่ากับแรงเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก ในทิศทางการไหลดังรูปที่ 2.3 โดยที่การไหลแบบสม่ำเสมอนี้ บางครั้งก็เรียกว่า การไหลแบบปกติ (normal flow)

สำหรับทางน้ำเปิดคงรูป (prismatic channel) หรือทางน้ำเปิดที่มีหน้าตัดคงที่ตลอดแนวการไหล จะมีการไหลแบบสม่ำเสมอ เมื่อความลึกของการไหล y_1 เท่ากับ y_2 ทำให้ความลาดของระดับท้องของไหล (bottom slope: s_0) ขนานกับความลาดผิของไหล (surface slope: s_w) หรือความลาดของเส้นระดับชลศาสตร์ (hydraulic grade line) และจากการไหลอย่างต่อเนื่องด้วยอัตราการไหลเท่ากันทุกหน้าตัดการไหลตลอดความยาวของทางน้ำเปิด ทำให้ความเร็วของกระแสการไหล v_1 เท่ากับ v_2 เป็นผลให้ความลาดของระดับเส้นชลศาสตร์ขนานกับความลาดของเส้นระดับพลังงาน (energy grade line: S_f)

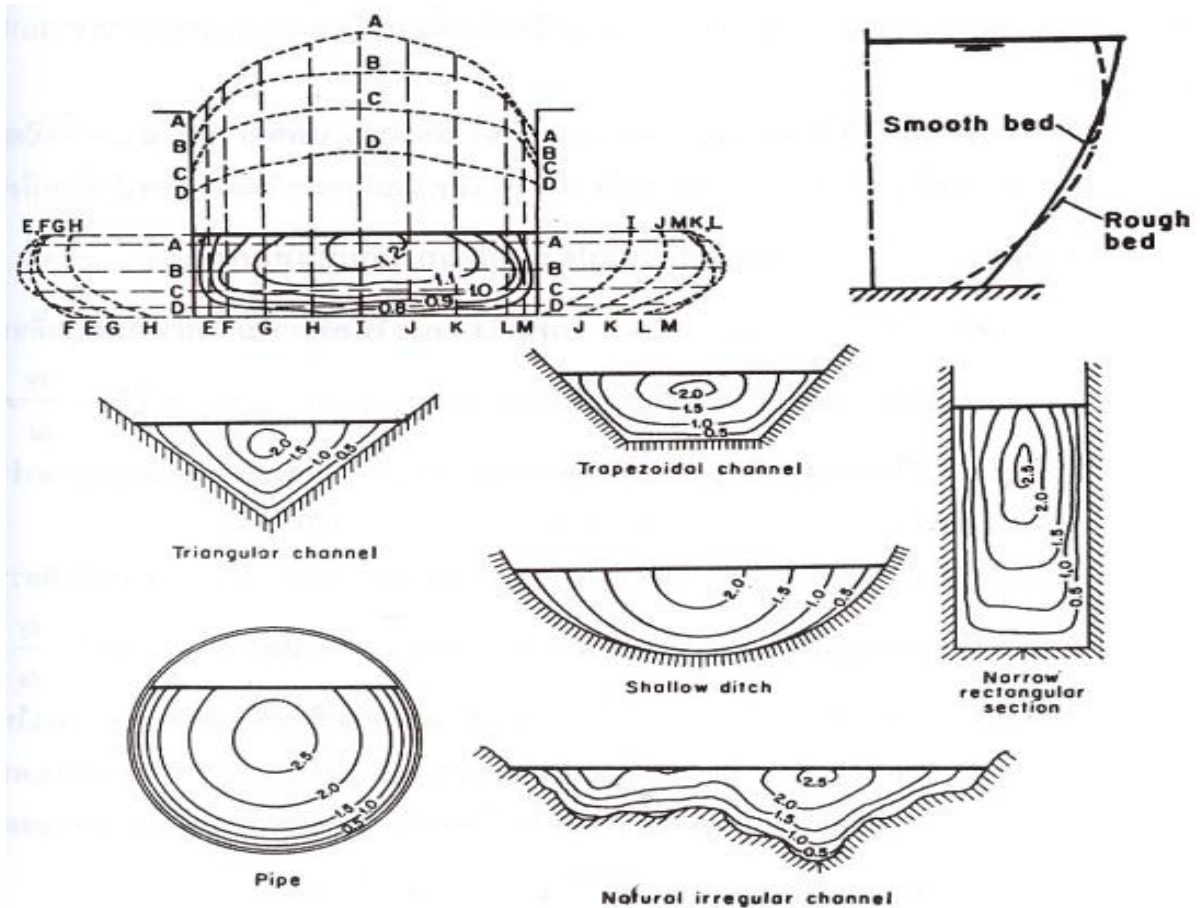


รูปที่ 2.3 การไหลแบบสม่ำเสมอ

2.5 การกระจายความเร็วในทางน้ำเปิด(สันติ 2534)

ในทางปฏิบัติพบว่า การกระจายความเร็วตลอดหน้าตัด(แนวราบ)เป็นไปอย่างไม่สม่ำเสมอ สาเหตุส่วนใหญ่มาจากแรงเสียดทานซึ่งขึ้นอยู่กับรูปร่างของพื้นที่หน้าตัด ดังรูปที่ 2.4 แสดงการกระจายความเร็วของหน้าตัดทางน้ำรูปต่างๆ ซึ่งความเร็วของกระแสน้ำจะมีค่ามากที่สุดบริเวณกึ่งกลางทางน้ำและค่อยๆ ลดลงอย่างสม่ำเสมอจนถึงริมตลิ่ง เป็นผลเนื่องจากแรงเสียดทานผิวสัมผัสของทางน้ำ จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของทางน้ำ

ถ้าพิจารณาความเร็วตามความลึกการไหล ความเร็วจะมีน้อยค่ามาก หรือเป็นศูนย์ที่พื้นทางน้ำ และจะค่อยๆเพิ่มขึ้นตามระยะทางจากพื้นน้ำ ตำแหน่งของความเร็วสูงสุดจะอยู่ที่ผิวหน้าอิสระ ระยะจากผิวหน้าอิสระถึงจุดที่มีความเร็วสูงสุดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความลึกการไหลและความกว้าง (y / B) ในทางน้ำที่มีความลึกเท่ากัน แต่ความกว้างไม่เท่ากัน ทางน้ำที่แคบจะมีจุดที่มีความเร็วสูงสุดลึกกว่าในทางน้ำที่กว้าง



รูปที่ 2.4 การกระจายความเร็วในทางน้ำเปิดต่างๆ (สกุล 2543)

2.6 การวิเคราะห์มิติ(ชัณดร 2553)

การวิเคราะห์มิติ เป็นเทคนิคทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ศึกษาเกี่ยวกับมิติ และหน่วย ของตัวแปรต่างๆ เพื่อใช้แก้ปัญหาทางด้านกลศาสตร์ของไหลซึ่งทฤษฎีการไหลอื่นๆ ไม่สามารถอธิบายได้ หรืออธิบายได้ยาก โดยจะช่วยให้เข้าใจถึงปรากฏการณ์ของการไหล และทำนายตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ในรูปของตัวแปรไร้มิติ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด หรือทำการทดลอง จะสามารถสรุปออกมาเป็นสูตรหรือสมการทั่วไปได้ นอกจากนี้ยังช่วยให้เราทราบถึงแนวทางในออกแบบการทดลอง หรือการทดสอบแบบจำลองของตัวต้นแบบทางชลศาสตร์อีกด้วย

มิติ และหน่วย(Dimension and Unit)

เพื่อให้เข้าใจในหลักการของการวิเคราะห์ จะขอกล่าวถึงความหมายของคำว่า มิติและหน่วยเสียก่อน

มิติ (Dimension)

มิติ หมายถึง คุณสมบัติทางกายภาพของสสาร ซึ่งสามารถระบุได้ในเชิงปริมาณ เช่น ความยาว น้ำหนัก มวล แรง ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

มิติปฐมภูมิ หรือ มิติพื้นฐาน (Primary Dimensions or Basic Dimensions) หมายถึง มิติของตัวแปรพื้นฐานที่ไม่สามารถแยกเป็นมิติอื่นได้อีก และไม่ขึ้นอยู่กับมิติอื่นๆ ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงปริมาณที่ที่สสารแสดงออกมาโดยตรง ในวิชากลศาสตร์ของของไหลจะใช้มิติพื้นฐาน 4 ตัว ดังนี้

มวล (Mass) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ M

ความยาว (Length) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ L

เวลา (Time) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ T

อุณหภูมิ (Temperature) สัญลักษณ์ที่ใช้คือ θ

มิติทุติยภูมิ (Secondary Dimensions) เป็นมิติที่เกิดจากการรวมกันของมิติปฐมภูมิ ซึ่งตัวแปรจะแสดงค่ามิติตามที่ถูกกำหนดขึ้นจาก นิยาม หรือทฤษฎี เช่น ปริมาตร เกิดจาก ความกว้าง (L) \times ความยาว (L) \times ความสูง (L) ดังนั้น ปริมาตร จึงมีมิติเป็น L^3 หรือ ความเร็ว คือ ระยะทางที่เปลี่ยนไป (L) ต่อหนึ่งหน่วยเวลา (T) ดังนั้น ความเร็ว จึงมีมิติเป็น L/T เป็นต้น

หน่วย (Unit)

หน่วย หมายถึง ลักษณะนามที่ใช้ระบุถึงปริมาณของมิติที่แสดงออกมา ซึ่งทั่วโลกได้มีการกำหนดระบบหน่วยในการวัดขึ้นมาหลายระบบ แต่ระบบหน่วยสากลที่นิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือ

- System International Unit หรือที่เรียกว่า “ระบบ SI” ตัวย่อ SI ซึ่งสำหรับมิติพื้นฐาน จะมีหน่วยดังนี้

มวล (Mass)	หน่วยคือ	กิโลกรัม (kg)
ความยาว (Length)	หน่วยคือ	เมตร (m)
เวลา (Time)	หน่วยคือ	วินาที (s)
อุณหภูมิ (Temperature)	หน่วยคือ	เคลวิน (K)

- British Gravitational System หรือที่เรียกว่า “ระบบอังกฤษ” ตัวย่อ BG ซึ่งสำหรับมิติพื้นฐาน จะมีหน่วยดังนี้

มวล (Mass)	หน่วยคือ	สลัก (Slug)
ความยาว (Length)	หน่วยคือ	ฟุต (ft)
เวลา (Time)	หน่วยคือ	วินาที (sec)
อุณหภูมิ (Temperature)	หน่วยคือ	แรนไคน์ (R)

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างมิติ และหน่วยของตัวแปรต่างๆ

Variable	Dimensions		Unit	
	M-L-T- θ	F-L-T- θ	SI	BG
Mass	M^1	M^1	kg : kilogram	slug : slug
Length	L^1	L^1	m : meter	ft : foot
Time	T^1	T^1	s : second	sec : second
Temperature	θ^1	θ^1	K : kelvin	R : rankine
Force	$M^1 L^1 T^{-2}$	F^1	kg / m s ² ; N : newton	slug / ft sec ² ; lb : pound
Angle	-	-	rad : radian	rad : radian
Area	L^2	L^2	m ²	ft ²
Volume	L^3	L^3	m ³	ft ³
Moment of inertia (area)	L^4	L^4	m ⁴	ft ⁴
Moment of inertia (mass)	$M^1 T^2$	$F^1 L^1 T^2$	kg m ²	slug ft ²
Velocity	$L^1 T^{-1}$	$L^1 T^{-1}$	m / s	ft / sec
Angular velocity	T^{-1}	T^{-1}	rad / s	rad / s
Acceleration	$L^1 T^{-2}$	$L^1 T^{-2}$	m / s ²	ft / sec ²
Angular acceleration	T^{-2}	T^{-2}	rad / s ²	rad / s ²
Volume flowrate	$L^3 T^{-1}$	$L^3 T^{-1}$	m ³ / s	ft ³ / sec
Frequency	T^{-1}	T^{-1}	cycle / s : hertz	cycle / sec
Density	$M^1 L^{-3}$	$F^1 L^{-3} T^2$	kg / m ³ ;	slug / ft ³
Specific weight	$M^1 L^{-2} T^{-2}$	$F^1 L^{-3}$	kg / (m s ²) ; N / m ³	slug / (ft ² sec ²) ; lb / ft ³
Dynamic Viscosity	$M^1 L^{-1} T^{-1}$	$F^1 L^{-2} T^1$	kg / (m s) ; (N s) / m ²	ft sec ; (lb sec) / ft ²
Kinematic viscosity	$L^2 T^{-1}$	$L^2 T^{-1}$	m ² / s	ft ² / sec
Surface tension	$M^1 T^{-2}$	$F^1 L^{-1}$	kg / s ² ; N / m	slug / sec ² ; lb / m
Bulk modulus	$M^1 L^{-1} T^{-2}$	$F^1 L^{-2}$	kg / (m s ²) ; N / m ²	slug / (ft sec ²) ; lb / ft ²
Modulus of elasticity	$M^1 L^{-1} T^{-2}$	$F^1 L^{-2}$	kg / (m s ²) ; N / m ²	slug / (ft sec ²) ; lb / ft ²
Moment of force , Torque	$M^1 L^2 T^{-2}$	$F^1 L^1$	kg m ² / s ² ; N m	slug ft ² / sec ² ; lb ft
Work , Energy	$M^1 L^2 T^{-2}$	$F^1 L^1$	(kg m ²) / s ² ; N m : Joule	(slug ft ²) / sec ² ; lb ft
Energy head	L^1	L^1	m	ft
Pressure	$M^1 L^{-1} T^{-2}$	$F^1 L^{-2}$	kg / (m s ²) ; N / m ² : Pascal	slug / (ft sec ²) ; lb / ft ²
Stress , Shear stress	$M^1 L^{-1} T^{-2}$	$F^1 L^{-2}$	kg / (m s ²) ; N / m ²	slug / (ft sec ²) ; lb / ft ²
Power	$M^1 L^2 T^{-3}$	$F^1 L^1 T^{-1}$	kg / (m ² s ³) ; (N m) / s : Watt	(slug ft ²) / sec ³ ; (lb ft) / sec

2.7 การวิเคราะห์มิติโดยวิธี บักกิงแฮมพาย(Dimension analysis by Buckingham Pi Theorem)

เป็นทฤษฎีที่ใช้วิเคราะห์พจน์ของตัวแปรไร้มิติ (Dimensionless terms) ซึ่งเป็นวิธีที่ นักฟิสิกส์ ชาวอเมริกันชื่อ Edgar Buckingham ได้เป็นผู้พัฒนาขึ้น โดยใช้สัญลักษณ์ π (Pi) แทนพจน์ของตัวแปรไร้มิติที่วิเคราะห์ขึ้นมาจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่พิจารณา โดยขั้นตอนในการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ดังนี้

- 1) รวบรวมตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาทั้งหมด (จำนวน k ตัว) โดยหลักในการพิจารณาจะจำแนกตัวแปรออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้
 - กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับขนาด และรูปร่าง เช่น เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ความสูง (h)
 - กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของของไหล เช่น ความหนาแน่น (ρ) ความหนืด (μ) น้ำหนักจำเพาะ (γ) เป็นต้น
 - กลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับอิทธิพลภายนอกที่เกี่ยวข้องกับการไหล เช่น ความเร็ว (V) แรงกระทำ (F) แรงบิด (T) ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (g) เป็นต้น

ทั้งนี้ตัวแปรที่รวบรวมได้จะต้องไม่ขึ้นอยู่กับตัวแปรอื่น เช่น น้ำหนักจำเพาะ (γ) เกิดจากผลคูณระหว่างความหนาแน่น (ρ) กับ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง (g) ดังนั้นในการคัดเลือกตัวแปรสามารถทำได้สองแบบคือ เลือก น้ำหนักจำเพาะ เพียงตัวเดียว หรือเลือก ความหนาแน่น และ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

- 2) วิเคราะห์มิติของตัวแปรโดยใช้ระบบ $FLT\theta$ หรือ $MLT\theta$ (เลือกแบบใดแบบหนึ่ง) และนับจำนวนมิติอ้างอิง (Reference dimension) ซึ่งก็คือมิติพื้นฐานที่ประกอบขึ้นเป็นตัวแปรทั้งหมด (จำนวน r ตัว)

ตัวอย่างเช่น ถ้าปัญหาประกอบด้วยตัวแปรดังต่อไปนี้ โดยใช้ระบบ $MLT\theta$

เส้นผ่าศูนย์กลาง (D)	มิติคือ	L^1
ความหนืด (μ)	มิติคือ	$M^1 L^{-1} T^{-1}$
ความหนาแน่น (ρ)	มิติคือ	$M^1 L^{-3}$
ความเร็ว (V)	มิติคือ	$L^1 T^{-1}$
ความดัน (P)	มิติคือ	$M^1 L^{-1} T^{-2}$

ดังนั้น จะเห็นได้ว่าตัวแปรทั้งหมดประกอบขึ้นจากมิติอ้างอิงคือ M L และ T ซึ่งเท่ากับ 3 ตัว ($r = 3$)

- 3) เลือกตัวแปรซ้ำ (Repeating variable) จากตัวแปรทั้งหมด ให้มีจำนวนเท่ากับจำนวนของมิติอ้างอิง โดยตัวแปรซ้ำที่เลือกมานั้น เมื่อนำมิติทั้งหมดมารวมกันจะต้องมีองค์ประกอบของมิติอ้างอิงครบทุกตัว (เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์ ตัวแปรซ้ำแต่ละตัวที่ทำการเลือกควรมีมิติที่น้อยที่สุด)

ตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาจากตัวอย่างก่อนหน้า มิติอ้างอิงประกอบด้วย M L และ T ดังนั้นจะต้องเลือกตัวแปรซ้ำ 3 ตัว ($r = 3$) ในที่นี้สามารถเลือก เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ความหนาแน่น (ρ) และความเร็ว (V) เพราะมิติของตัวแปรทั้งสามประกอบขึ้นจากมิติอ้างอิงครบทุกตัว หรืออาจจะเลือก ความหนืด (μ) ความดัน (P) และ เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ก็ได้

- 4) สร้างพจน์ของตัวแปรไร้มิติ หรือ พายเทอม (π -term) ด้วยการผสมตัวแปรซ้ำทุกตัวกับตัวแปรที่เหลืออยู่ทีละตัว แล้วทำการปรับเลขชี้กำลังของตัวแปรซ้ำจนกระทั่งพจน์ของตัวแปรนั้นไร้มิติ ซึ่งจะเห็นได้ว่าจำนวนของพจน์ไร้มิตินั้นจะเท่ากับ $k - r$ พจน์

ตัวอย่างเช่น เมื่อพิจารณาจากตัวอย่างก่อนหน้า มีตัวแปรทั้งหมด 5 ตัว ($k = 5$) ตัวแปรทั้งหมดประกอบด้วยมิติอ้างอิง 3 ตัว ($r = 3$) หากเลือก เส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ความหนาแน่น (ρ) และความเร็ว (V) เป็นตัวแปรซ้ำ ตัวแปรที่เหลืออยู่คือ ความหนืด (μ) และ ความดัน (P) ดังนั้นจะมีพจน์ของตัวแปรไร้มิติทั้งหมด 2 พจน์ ($n = k - r = 5 - 3$) โดยพจน์ของตัวแปรไร้มิติจะมีลักษณะดังนี้

$$\pi_1 = \mu \cdot D^a \rho^b V^c \quad ; \quad \pi_2 = P \cdot D^d \rho^e V^f$$

โดยค่าของ a b c d e และ f จะต้องทำให้มิติของ π -term เท่ากับ 1 หรือไม่มีมิติ ($\pi_i : M^0 L^0 T^0 = 1$)

- 5) หลังจากได้พจน์ของตัวแปรไร้มิติมาแล้ว เราสามารถผันรูปของตัวแปรให้เหมาะสมกับรูปแบบของการทดลอง การเก็บข้อมูล หรือรูปแบบของพจน์ตัวแปรที่เราคุ้นเคยได้ โดยกระบวนการผันรูปของพจน์ตัวแปรไร้มิตินั้น ต้องสามารถคงสถานะไร้มิติของพจน์ตัวแปรเอาไว้ได้ เช่น
- การยกกำลังหรือถอดราก การยกกำลังหรือถอดรากของพจน์ตัวแปรไร้มิติจะไม่มีผลต่อสถานะไร้มิติของพจน์ตัวแปรแต่อย่างใด
 - การคูณหรือหารด้วยค่าคงที่ ถ้านำค่าคงที่ซึ่งไม่มีมิติมาคูณหรือหารกับพจน์ตัวแปรไร้มิติจะไม่มีผลต่อสถานะไร้มิติของพจน์ตัวแปรแต่อย่างใด
 - การนำพจน์ไร้มิติสองพจน์มาคูณหรือหารกัน เนื่องจากพจน์ตัวแปรไร้มิติทั้งสองตัวไม่มีมิติ ดังนั้นการนำมาคูณหรือหารกัน จึงไม่มีผลต่อสถานะไร้มิติ

- 6) หาความสัมพันธ์ระหว่างพจน์ตัวแปรไร้มิติ

$$\phi(\pi_1, \pi_2, \pi_3, \dots, \pi_n) = 0$$

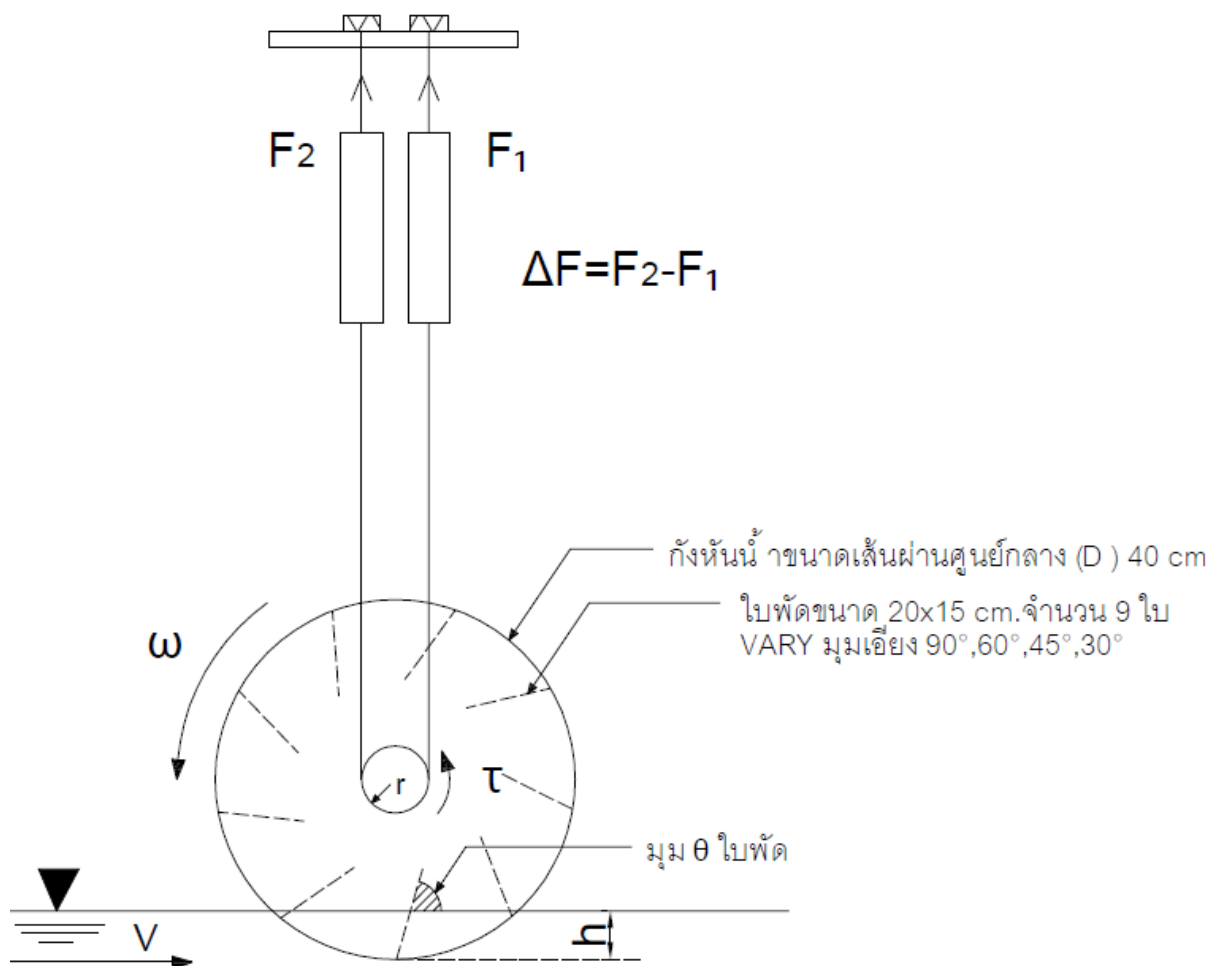
ความสัมพันธ์จะได้จากการเก็บข้อมูลจากการทดลอง

บทที่ 3

อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 ชุดอุปกรณ์กั้นน้ำ ประกอบด้วย กั้นน้ำอะลูมิเนียมเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 cm กว้าง 20 cm ขนาดของใบพัด 20 cm x 15 cm จำนวน 9 ใบพร้อมขาตั้ง และชุดอุปกรณ์วัดแรงบิด ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2



รูปที่ 3.1 ชุดอุปกรณ์วัดแรงบิด



รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์กักหน้ำ

3.1.2 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าโดยแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Current Meter)

3.1.3 ตาชั่งสปริง

3.1.4 นาฬิกาจับเวลา



รูปที่ 3.3 เครื่องวัดกระแสไฟฟ้าโดยแม่เหล็กไฟฟ้า



รูปที่ 3.4 ตาชั่งสปริงขนาด 5 kg และ 1 kg



รูปที่ 3.5 นาฬิกาจับเวลา

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 ติดตั้งชุดอุปกรณ์กักัน บริเวณกึ่งกลางคลอง ดังรูปที่ 3.6 โดยให้ใบพัดทำมุมกับผิวน้ำ 30°



รูปที่ 3.6 การติดตั้งชุดอุปกรณ์กักัน

3.2.2 วัดความเร็วของกระแสน้ำที่ใช้ทดลองกักันห่างจากจุดทดลองเป็นระยะ 30 , 100 และ 150

เซนติเมตร ทางด้านเหนือน้ำ ใช้เครื่องวัดความเร็วของกระแสน้ำ ทำการวัดที่ความลึก $\frac{h}{2}$ โดยวัดที่ระยะ 0.25, 0.5 และ 0.75 เท่าของความกว้างผิวน้ำ



รูปที่ 3.7 การวัดความเร็วของกระแสน้ำ

3.2.3 ทำการคำนวณค่าความเร็วเฉลี่ย (v)

3.2.4 ปรับระดับการจมใบพัดของกังหัน(h) ที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



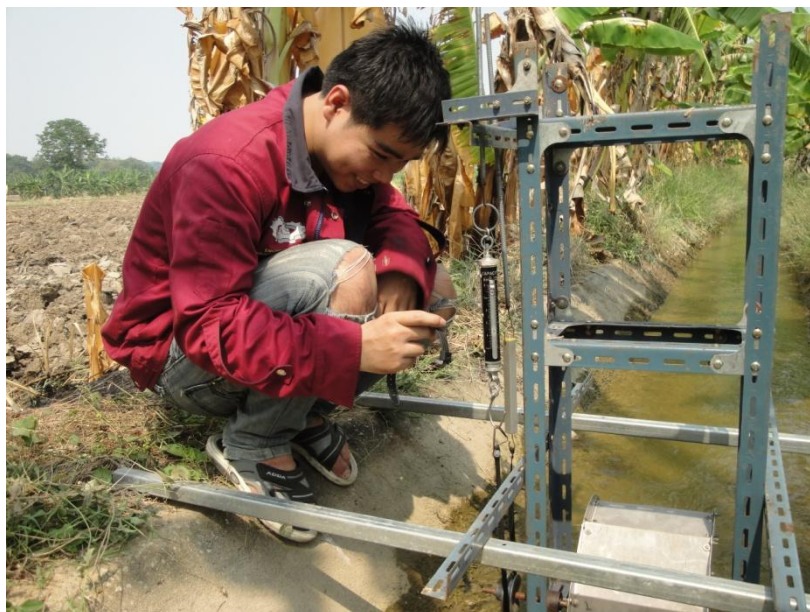
รูปที่ 3.8 การปรับระดับการจมของใบพัด

3.2.5 ปรับความตึงของตาข่ายสปริงและคำนวณค่าผลต่างของแรงจากตาข่ายสปริงทั้งสอง (ΔF) และนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าแรงบิด (τ)



รูปที่ 3.9 ปรับตาข่ายสปริงและอ่านค่าตาข่ายสปริง

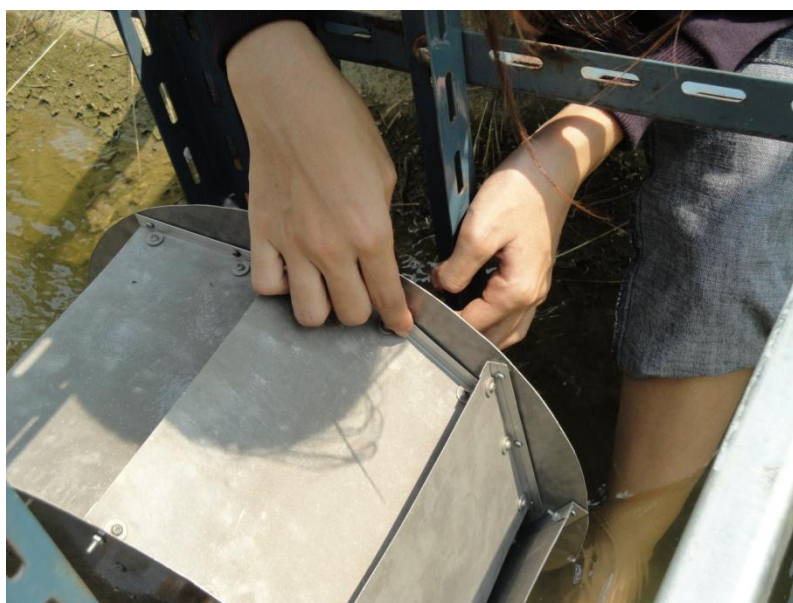
- 3.2.6 ทำการวัดความเร็วรอบของกังหัน (ω) ด้วยการนับจำนวนรอบและจับเวลา ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3.2.5-3.2.6 โดยเพิ่มความตึงของตาข่ายสปริง(อย่างน้อย 3 ครั้ง) จนกระทั่งใบพัดหยุดหมุน



รูปที่ 3.10 การวัดความเร็วรอบของกังหัน (ω)

- 3.2.7 ปรับระดับของกังหันให้ใบพัดจมน้ำที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ และ $\frac{3}{8}$ ตามลำดับ ทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 3.2.5-3.2.6

- 3.2.8 ทำการปรับมุมใบพัดของกังหันที่ 45° 60° 90° กับผิวน้ำตามลำดับและทำการทดลองซ้ำตามขั้นตอนที่ 3.2.4-3.2.7 โดยที่ระยะจมของใบต้องตั้งฉากกับผิวน้ำ



รูปที่ 3.11 การปรับมุมของใบพัด

3.2.9 ปรับบานประตูปากคลองเพื่อปรับความเร็วของกระแสน้ำที่ใช้ในการทดลอง จากนั้นทำการทดลอง
ซ้ำขั้นตอนที่ 3.2.3-3.2.8



รูปที่ 3.12 การปรับระดับบานประตู เพื่อเปลี่ยนความเร็วของกระแสน้ำ

บทที่ 4

ผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

จากการทดลองภาคสนามได้ทำการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของกังหัน (D) ความลึกส่วนจมของใบพัด (h) ความเร็วของกระแสน้ำ (V) ความเร็วรอบของกังหันน้ำ (n) และผลต่างของแรง (F) และนำมาคำนวณหาความเร็วเชิงมุม (ω) ของกังหัน จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าแรงบิด (T) และกำลังงาน (P)

จากการตรวจวัดข้อมูลข้างต้น ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 ถึง 4.4 ซึ่งเป็นตัวอย่างผลการทดลองที่ความเร็วน้ำ 0.353 m/s ส่วนผลการทดลองที่ความลึกของใบพัด และที่ความเร็วน้ำอื่นๆ ได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ ก.1 ถึง ก.60 ในภาคผนวก ก

ตารางที่ 4.1 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s^{-1})	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลังงาน (P) (N-m/s)
1	100	0	100	10	44.12	0.2267	1.4247	0.0270	0.0384
2	200	10	190	10	52.09	0.1920	1.2067	0.0513	0.0619
3	300	15	285	10	66.75	0.1498	0.9417	0.0769	0.0724
4	400	25	375	10	92.81	0.1077	0.6773	0.1012	0.0685
5	450	30	420	10	140.00	0.0714	0.4490	0.1133	0.0509

ตารางที่ 4.2 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s^{-1})	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลังงาน (P) (N-m/s)
1	200	0	200	10	48.03	0.2082	1.3087	0.0540	0.0706
2	300	10	290	10	60.00	0.1667	1.0476	0.0782	0.0820
3	400	10	390	10	69.47	0.1439	0.9048	0.1052	0.0952
4	500	20	480	10	105.75	0.0946	0.5944	0.1295	0.0770
5	550	30	520	10	186.80	0.0535	0.3365	0.1403	0.0472

ตารางที่ 4.3 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

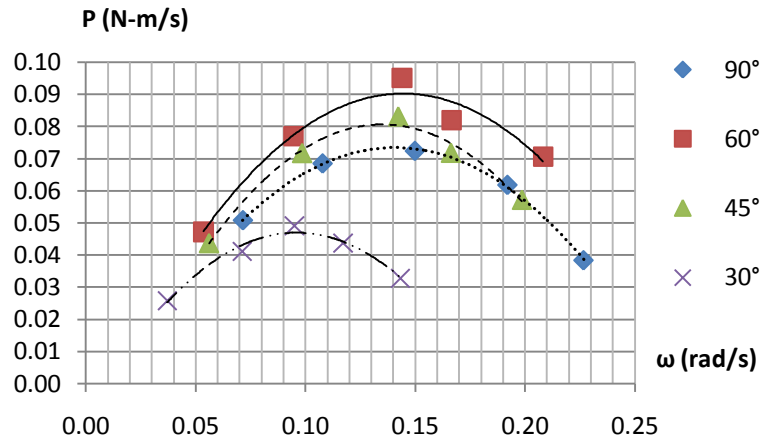
ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลังงาน (P) (N-m/s)
1	200	30	170	10	50.34	0.1986	1.2487	0.0459	0.0573
2	300	45	255	10	60.13	0.1663	1.0454	0.0688	0.0719
3	400	55	345	10	70.28	0.1423	0.8944	0.0931	0.0832
4	500	70	430	10	101.51	0.0985	0.6192	0.1160	0.0718
5	550	90	460	10	178.20	0.0561	0.3527	0.1241	0.0438

ตารางที่ 4.4 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลังงาน (P) (N-m/s)
1	150	15	135	10	69.81	0.1432	0.9004	0.0364	0.0328
2	250	30	220	10	85.37	0.1171	0.7363	0.0594	0.0437
3	350	45	305	10	105.31	0.0950	0.5969	0.0823	0.0491
4	400	60	340	10	140.34	0.0713	0.4479	0.0917	0.0411
5	500	90	410	10	270.00	0.0370	0.2328	0.1106	0.0257

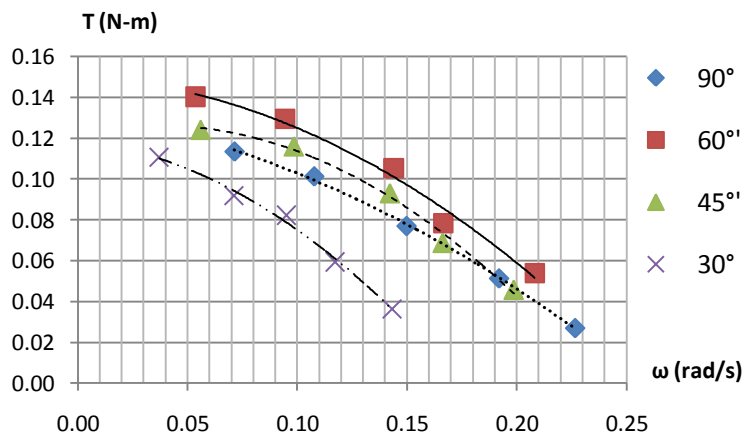
4.2 การพิจารณามุมใบพัดที่เหมาะสม

จากข้อมูลเบื้องต้น นำข้อมูลที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วนอก และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วนอก ดังรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานกับความเร็วนอก

ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



รูปที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วนอก

ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$

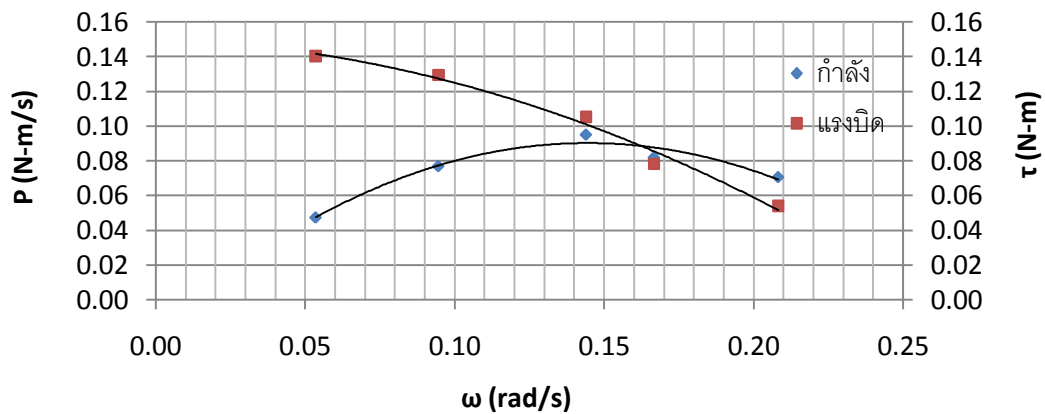
จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ ข.1 ถึง ข.15 ในภาคผนวก ข ที่ความเร็วใดๆ และที่ความลึกใบพัดใดๆ เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น พบว่ากำลังงานที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดๆหนึ่ง ซึ่งได้ค่ากำลังงานสูงสุด จากนั้นกำลังงานจะมีค่าลดลง และยังพบว่า ไม่ว่าจะที่ความลึกใบพัดใดๆ ที่ใบพัดทำมุม 60° สามารถสร้างกำลังงานได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับมุมใบพัดอื่นๆ

จากรูปที่ 4.2 และรูปที่ ข.16 ถึง ข.30 ในภาคผนวก ข ที่ความเร็วเดียวกัน เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น พบว่าแรงบิดกลับมีค่าลดลงเรื่อยๆ ทำให้ทราบได้ว่าแรงบิดแปรผกผันกับความเร็วรอบ และยังพบว่า ไม่ว่าจะที่ความลึกใบพัดใดๆ ที่ใบพัดทำมุม 60° สามารถสร้างแรงบิดได้มากที่สุด เมื่อเทียบกับมุมใบพัดอื่นๆ

จากข้อมูลข้างต้น จะเห็นได้ว่า กังหันที่ใบพัดทำมุม 60° สามารถสร้างกำลังงานได้มากที่สุด ดังนั้น ใน การศึกษาครั้งนี้ จะเน้นไปที่การศึกษาพฤติกรรมของกังหันที่ใบพัดทำมุม 60° เป็นหลัก

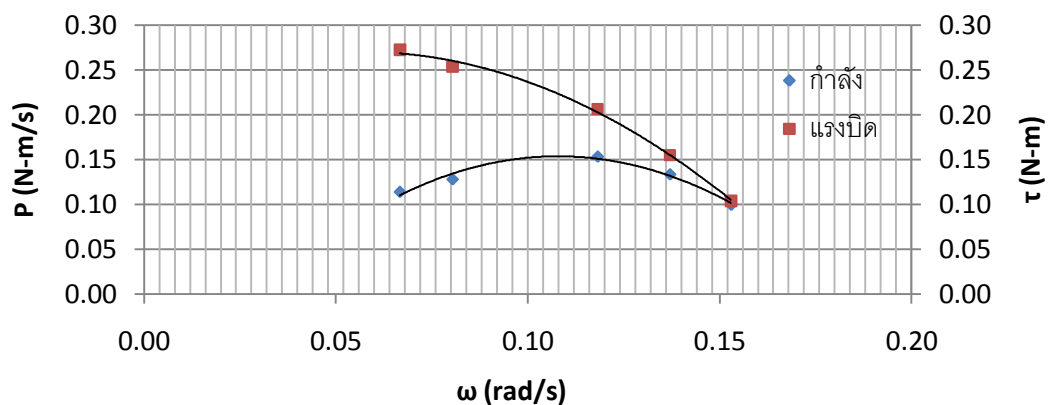
4.3 การหาค่ากำลังงานสูงสุด และแรงบิดที่ค่ากำลังงานสูงสุด

จากความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วเชิงมุม กับกำลังงาน และแรงบิด ของกังหันลมใบพัด 60° ความเร็วเชิงมุมเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ กำลังงานจะมีค่าเพิ่มขึ้น จนกระทั่งสูงสุดที่จุดๆหนึ่ง จากนั้นจะลดลง ในทางตรงกันข้าม แรงบิด จะลดลงเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4.3 ถึง 4.5 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จึงเลือกพิจารณา พฤติกรรม ณ จุดที่กำลังงานสูงสุด โดยจะพิจารณาข้อมูลเฉพาะ กำลังงานสูงสุด แรงบิดที่ค่ากำลังงานสูงสุด และความเร็วรอบที่กำลังงานสูงสุด ดังตารางที่ 4.5



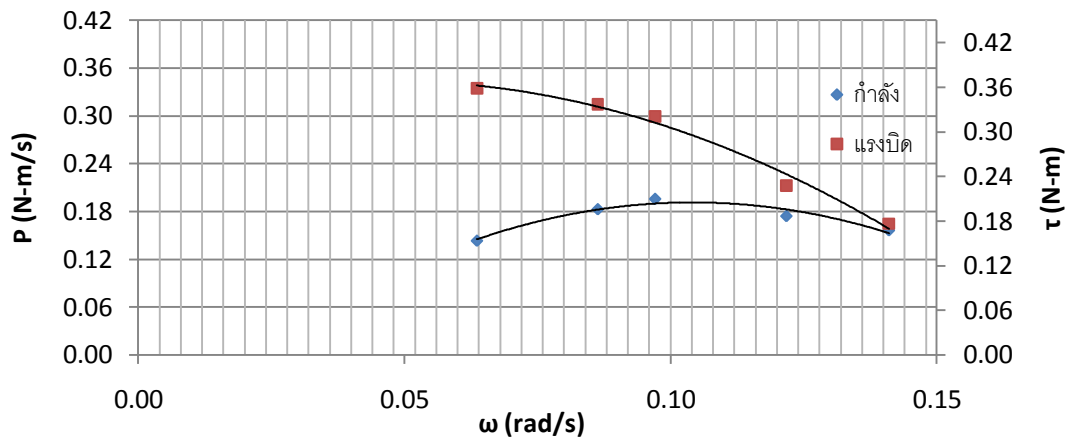
รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและแรงบิดกับความเร็วรอบ

ที่ระยะจุมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุม 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและแรงบิดกับความเร็วรอบ

ที่ระยะจุมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุม 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและแรงบิดกับความเร็วรอบ

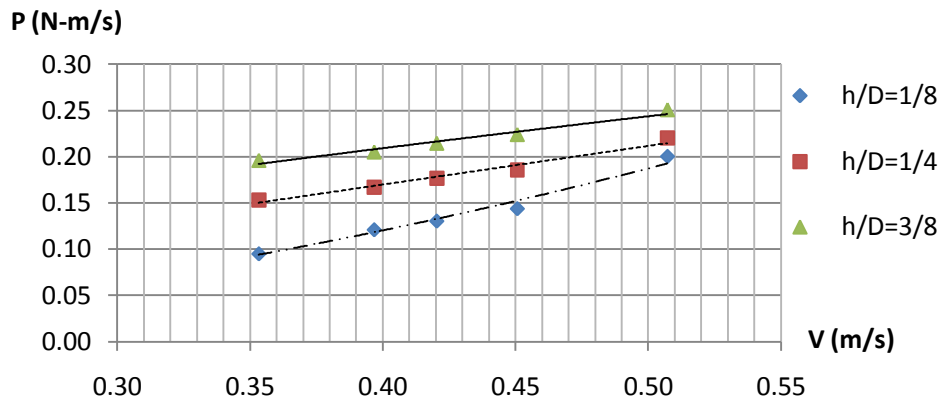
ที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุม 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s

ตารางที่ 4.5 แสดงค่ากำลังงานสูงสุด ความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังงานสูงสุด มุมเอียง 60°

0.05 m. (h/D=1/8)				0.10 m. (h/D=1/4)				0.15 m. (h/D=3/8)			
V	P _{max}	ω _{Pmax}	τ _{Pmax}	V	P _{max}	ω _{Pmax}	τ _{Pmax}	V	P _{max}	ω _{Pmax}	τ _{Pmax}
m/s	N-m/s	rad/s	N-m	m/s	N-m/s	rad/s	N-m	m/s	N-m/s	rad/s	N-m
0.3533	0.0952	0.1439	0.1052	0.3533	0.1534	0.1182	0.2064	0.3533	0.1960	0.1960	0.3210
0.3968	0.1212	0.1538	0.1254	0.3968	0.1671	0.1107	0.2401	0.3968	0.2051	0.2051	0.3251
0.4203	0.1306	0.1638	0.1268	0.4203	0.1768	0.1159	0.2428	0.4203	0.2145	0.2145	0.3264
0.4507	0.1440	0.1666	0.1376	0.4507	0.1859	0.1172	0.2522	0.4507	0.2239	0.2239	0.3372
0.5072	0.2006	0.1694	0.1511	0.5072	0.2204	0.1215	0.2887	0.5072	0.2508	0.2508	0.3736

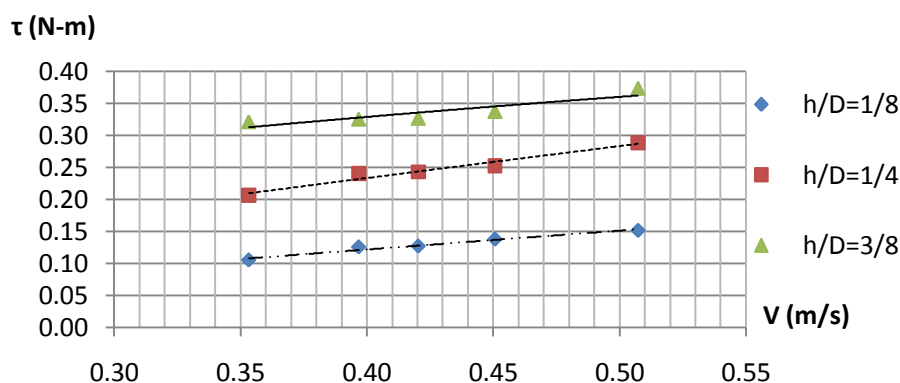
4.4 ความลึกที่เหมาะสมของใบพัด

พิจารณาความสัมพันธ์กำลังงานสูงสุด กับ ความเร็วของกระแสน้ำ ของกังหันที่ใบพัดทำมุม 60° พบว่าเมื่อความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มมากขึ้นทำให้กำลังงานสูงสุดมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าที่ ความลึกใบพัดต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ สามารถสร้างกำลังงานได้มากที่สุด



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำ ที่มุม 60°

พิจารณาความสัมพันธ์แรงบิดที่กำลังงานสูงสุด กับ ความเร็วของกระแสน้ำ ของกังหันที่ใบพัดทำมุม 60° พบว่าเมื่อความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มมากขึ้นทำให้แรงบิดที่กำลังงานสูงสุดมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยพบว่าที่ความลึกใบพัดต่อเส้นผ่านศูนย์กลาง $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ สามารถสร้างแรงบิดได้มากที่สุด



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่กำลังงานสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำ ที่มุม 60°

4.5 การวิเคราะห์มิติของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

พิจารณามิติของตัวแปรแต่ละตัวที่เกี่ยวข้อง

$$P = M^1 L^2 T^{-3} \quad \rho = M^1 L^{-3} \quad \mu = M^1 L^{-1} T^{-1} \quad v = L^1 T^{-1}$$

$$h = L^1 \quad D = L^1 \quad \tau = M^1 L^2 T^{-2}$$

เลือกตัวแปรซ้ำ ρ D μ

สร้างพจน์ตัวแปรไร้มิติ

$$\pi_1 = P \rho^a D^b \mu^c = [M^1 L^2 T^{-3}] [M^1 L^{-3}]^a [L^1]^b [M^1 L^{-1} T^{-1}]^c$$

$$M = 1 + a + c = 0; a = -1$$

$$L = 2 - 3a + b + c = 0; b = -1$$

$$T = -3 - c = 0; c = -3$$

$$\therefore \pi_1 = P \rho^{-1} D^{-1} \mu^{-3} = \frac{P \rho^2 D}{\mu^3}$$

จากการคำนวณ เช่นเดียวกันกับในข้างต้น จะได้กลุ่มตัวแปรไร้มิตินี้

$$\therefore \pi_2 = h \rho^0 D^{-1} \mu^0 = \frac{h}{D}$$

$$\therefore \pi_3 = v \rho^1 D^1 \mu^{-1} = \frac{v \rho D}{\mu}$$

$$\therefore \pi_4 = \tau \rho^1 D^{-1} \mu^{-2} = \frac{\tau \rho}{D \mu^2}$$

$$\text{ดังนั้น } \phi \{ \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4 \} = 0 ; \phi \left\{ \frac{P \rho^2 D}{\mu^3}, \frac{h}{D}, \frac{v \rho D}{\mu}, \frac{\tau \rho}{D \mu^2} \right\} = 0$$

4.6 ความสัมพันธ์ของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ

จากตารางที่ 4.5 นำมาสร้างกลุ่มตัวแปรไร้มิติ (π -term) ตามที่ได้วิเคราะห์ในข้างต้นได้แสดงดังในตารางที่ 4.6 ถึง 4.8

ตารางที่ 4.6 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังงานสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	τ_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{v\rho D}{\mu}$	$\frac{P_{max}\rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{\tau_{pmax}\rho}{D\mu^2}$
0.0952	0.3533	0.1052	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	3.70E+13	2.58E+08
0.1212	0.3968	0.1254	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	4.71E+13	3.07E+08
0.1306	0.4203	0.1268	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	5.07E+13	3.11E+08
0.1440	0.4507	0.1376	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	5.59E+13	3.37E+08
0.2006	0.5072	0.1511	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	7.79E+13	3.70E+08

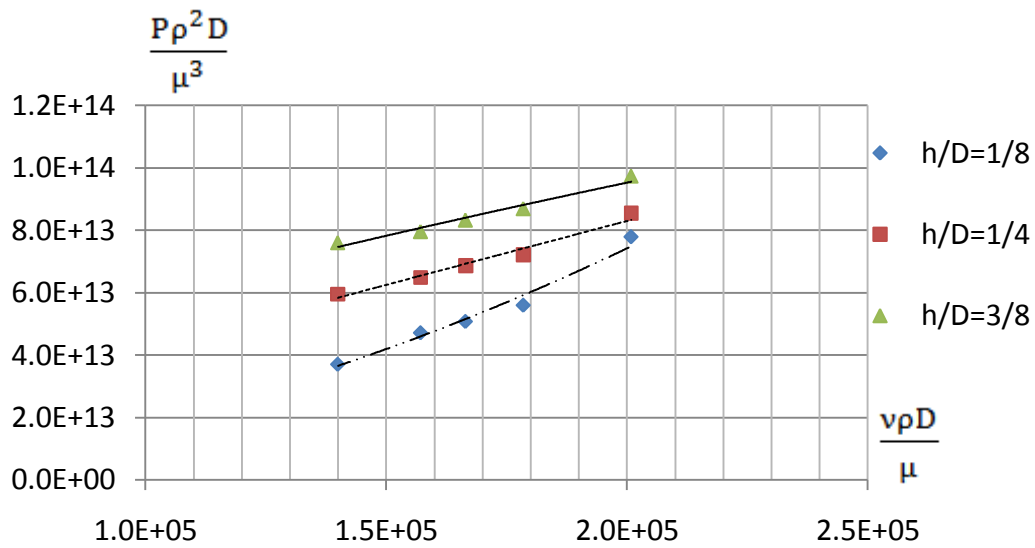
ตารางที่ 4.7 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังงานสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	τ_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{v\rho D}{\mu}$	$\frac{P_{max}\rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{\tau_{pmax}\rho}{D\mu^2}$
0.1534	0.3533	0.2064	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	5.95E+13	5.06E+08
0.1671	0.3968	0.2401	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	6.49E+13	5.88E+08
0.1768	0.4203	0.2428	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	6.86E+13	5.95E+08
0.1859	0.4507	0.2522	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	7.22E+13	6.18E+08
0.2204	0.5072	0.2887	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	8.56E+13	7.07E+08

ตารางที่ 4.8 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังงานสูงสุด และแรงบิดที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	τ_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{v\rho D}{\mu}$	$\frac{P_{max}\rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{\tau_{pmax}\rho}{D\mu^2}$
0.1960	0.353333	0.3210	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	7.61E+13	7.87E+08
0.2051	0.396778	0.3251	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	7.96E+13	7.97E+08
0.2145	0.420333	0.3264	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	8.33E+13	8.00E+08
0.2239	0.450667	0.3372	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	8.69E+13	8.26E+08
0.2508	0.507222	0.3736	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	9.74E+13	9.16E+08

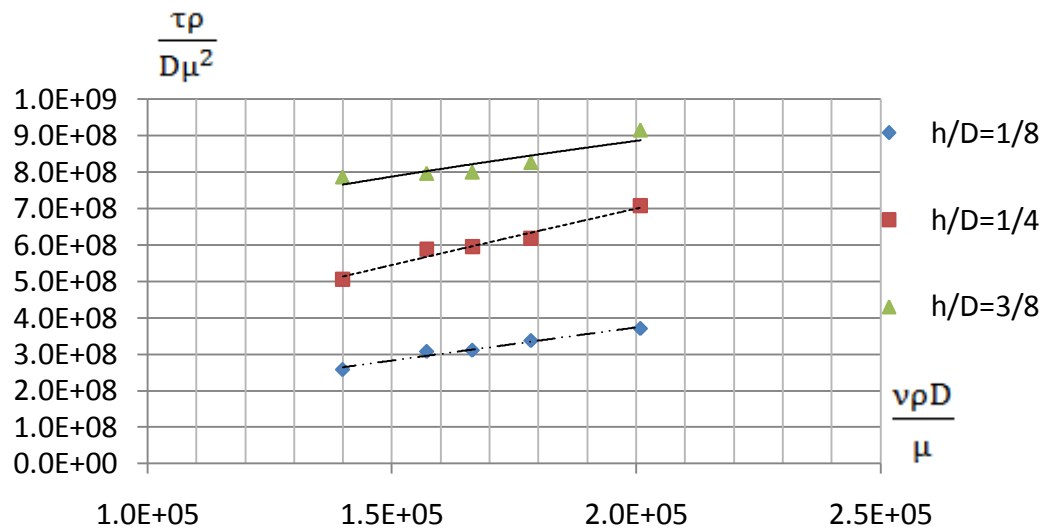
จากตารางที่ 4.6 ถึง 4.8 นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°

จากรูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ พบว่าเมื่อ $\frac{v\rho D}{\mu}$ เพิ่มมากขึ้น ค่า $\frac{P\rho^2D}{\mu^3}$ มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มีค่ามากที่สุด

จากตารางที่ 4.6 ถึง 4.8 นำมาสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°

จากรูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ พบว่าเมื่อ $\frac{v\rho D}{\mu}$ เพิ่มมากขึ้น ค่า $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มีค่ามากที่สุด

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วรอบที่ความเร็วกระแสน้ำใดๆ พบว่ากำลังงานจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น จนกระทั่งมีค่าสูงสุดที่จุดๆหนึ่ง หลังจากนั้นกำลังงานจะมีค่าลดลงเรื่อยๆขณะที่ความเร็วรอบนั้นเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่ากำลัง งานสูงสุดไม่ได้เกิดที่ความเร็วรอบ สูงสุด นอกจากนั้น ยังพบว่าที่ความเร็วกระแสน้ำเดียวกัน กังหันที่ใบพัดทำมุม 60° สามารถสร้างกำลังงานออกมาได้มากที่สุด

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วกระแสน้ำใดๆ พบว่าแรงบิดจะมีค่าลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ทำให้ทราบว่าแรงบิดแปรผกผันกับความเร็วรอบ นอกจากนั้นยังพบว่าที่ความเร็วกระแสน้ำเดียวกัน กังหันที่ใบพัดทำมุม 60° สามารถให้แรงบิดออกมาได้มากที่สุด

จากข้อสรุปข้างต้น จะได้ว่ากังหันที่ใบพัดทำมุม 60° ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุด

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำ ใดๆ ที่ใบพัดของกังหันทำมุม 60° พบว่า กำลัง งาน สูงสุด และแรงบิด ที่กำลังงานสูงสุด มีค่าเพิ่มมากขึ้น เมื่อ ความเร็วของกระแสน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่า ที่ความลึกส่วนจมของใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ ให้ค่ากำลังงานมากที่สุด และยังทำให้ทราบว่าความแรงของกระแสน้ำแปรผันตรงกับกำลังงาน กล่าวคือขณะที่กระแสน้ำแรงขึ้น กำลังงานที่ได้รับก็ยิ่งเพิ่มมากขึ้น

จากความสัมพันธ์ ของกลุ่มตัวแปรไร้มิติ ในรูปที่ 4.8 และ 4.9 หากสามารถทราบค่า $\frac{v_p D}{\mu}$ ก็จะสามารถประมาณกำลังงานสูงสุดที่จะได้รับ ในขณะเดียวกัน ก็จะสามารถประมาณแรงบิดที่กำลังสูงสุดได้

เอกสารอ้างอิง

กีรติ ลีวีจันกุล, “วิศวกรรมชลศาสตร์” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต 2537

นิมิตร เติตฉันทพิพัฒน์, “ปฏิบัติการกลศาสตร์ของของไหล” ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2540

ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก “ฟิสิกส์ 1” บริษัท เอส.อาร์.พรีนติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด 2552

ฉัตร ออวะลา, “กลศาสตร์ของไหล” ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2553

สกุล ท่อวินทยาน, “ชลศาสตร์” ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543

สันติ ทองพำนัก , “การไหลในทางน้ำเปิด ” ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2534

สุนันท์ ศรีนยนิทย์, “กลศาสตร์ของไหล” ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 2542

ภาคผนวก ก

ตารางผนวกที่ ก.1 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	100	0	100	10	44.12	0.2267	1.4247	0.0270	0.0384
2	200	10	190	10	52.09	0.1920	1.2067	0.0513	0.0619
3	300	15	285	10	66.75	0.1498	0.9417	0.0769	0.0724
4	400	25	375	10	92.81	0.1077	0.6773	0.1012	0.0685
5	450	30	420	10	140.00	0.0714	0.4490	0.1133	0.0509

ตารางผนวกที่ ก.2 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	52.87	0.1891	1.1889	0.0513	0.0609
2	400	20	380	10	60.57	0.1651	1.0378	0.1025	0.1064
3	600	30	570	10	71.22	0.1404	0.8826	0.1538	0.1357
4	700	45	655	10	100.40	0.0996	0.6261	0.1767	0.1106
5	750	45	705	10	144.00	0.0694	0.4365	0.1902	0.0830

ตารางผนวกที่ ก.3 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	500	35	465	10	75.44	0.1326	0.8332	0.1254	0.1045
2	800	70	730	10	97.15	0.1029	0.6470	0.1969	0.1274
3	1300	210	1090	10	121.85	0.0821	0.5159	0.2941	0.1517
4	1400	255	1145	10	136.12	0.0735	0.4618	0.3089	0.1426
5	1500	275	1225	10	145.00	0.0690	0.4335	0.3305	0.1433

ตารางผนวกที่ ก.4 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	0	200	10	48.03	0.2082	1.3087	0.0540	0.0706
2	300	10	290	10	60.00	0.1667	1.0476	0.0782	0.0820
3	400	10	390	10	69.47	0.1439	0.9048	0.1052	0.0952
4	500	20	480	10	105.75	0.0946	0.5944	0.1295	0.0770
5	550	30	520	10	186.80	0.0535	0.3365	0.1403	0.0472

ตารางผนวกที่ ก.5 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	15	385	10	65.37	0.1530	0.9616	0.1039	0.0999
2	600	25	575	10	72.96	0.1371	0.8615	0.1551	0.1336
3	800	35	765	10	84.59	0.1182	0.7431	0.2064	0.1534
4	1000	60	940	10	124.38	0.0804	0.5054	0.2536	0.1282
5	1100	90	1010	10	150.00	0.0667	0.4190	0.2725	0.1142

ตารางผนวกที่ ก.6 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	700	45	655	10	70.91	0.1410	0.8864	0.1767	0.1566
2	900	55	845	10	82.12	0.1218	0.7654	0.2280	0.1745
3	1300	110	1190	10	102.97	0.0971	0.6104	0.3210	0.1960
4	1400	150	1250	10	115.80	0.0864	0.5428	0.3372	0.1830
5	1500	170	1330	10	157.10	0.0637	0.4001	0.3588	0.1436

ตารางผนวกที่ ก.7 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	30	170	10	50.34	0.1986	1.2487	0.0459	0.0573
2	300	45	255	10	60.13	0.1663	1.0454	0.0688	0.0719
3	400	55	345	10	70.28	0.1423	0.8944	0.0931	0.0832
4	500	70	430	10	101.51	0.0985	0.6192	0.1160	0.0718
5	550	90	460	10	178.20	0.0561	0.3527	0.1241	0.0438

ตารางผนวกที่ ก.8 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	20	180	10	59.25	0.1688	1.0609	0.0486	0.0515
2	400	35	365	10	67.53	0.1481	0.9308	0.0985	0.0917
3	600	55	545	10	86.66	0.1154	0.7253	0.1470	0.1066
4	800	90	710	10	127.59	0.0784	0.4926	0.1915	0.0944
5	1000	130	870	10	191.40	0.0522	0.3284	0.2347	0.0771

ตารางผนวกที่ ก.9 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	700	110	590	10	60.34	0.1657	1.0417	0.1592	0.1658
2	900	150	750	10	73.34	0.1364	0.8571	0.2023	0.1734
3	1000	170	830	10	93.19	0.1073	0.6745	0.2239	0.1510
4	1100	200	900	10	104.07	0.0961	0.6040	0.2428	0.1466
5	1300	230	1070	10	119.19	0.0839	0.5274	0.2887	0.1522

ตารางผนวกที่ ก.10 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	150	15	135	10	69.81	0.1432	0.9004	0.0364	0.0328
2	250	30	220	10	85.37	0.1171	0.7363	0.0594	0.0437
3	350	45	305	10	105.31	0.0950	0.5969	0.0823	0.0491
4	400	60	340	10	140.34	0.0713	0.4479	0.0917	0.0411
5	500	90	410	10	270.00	0.0370	0.2328	0.1106	0.0257

ตารางผนวกที่ ก.11 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	20	180	10	58.00	0.1724	1.0837	0.0486	0.0526
2	250	20	230	10	69.00	0.1449	0.9110	0.0620	0.0565
3	400	30	370	10	88.13	0.1135	0.7132	0.0998	0.0712
4	450	45	405	10	167.20	0.0598	0.3759	0.1093	0.0411
5	500	50	450	10	240.30	0.0416	0.2616	0.1214	0.0318

ตารางผนวกที่ ก.12 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	63.22	0.1582	0.9943	0.0513	0.0510
2	300	10	290	10	78.87	0.1268	0.7970	0.0782	0.0624
3	400	25	375	10	95.22	0.1050	0.6601	0.1012	0.0668
4	500	55	445	10	152.54	0.0656	0.4121	0.1200	0.0495
5	600	60	540	10	274.00	0.0365	0.2294	0.1457	0.0334

ตารางผนวกที่ ก.13 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	30	170	10	44.50	0.2247	1.4125	0.0459	0.0648
2	400	60	340	10	58.34	0.1714	1.0774	0.0917	0.0988
3	500	70	430	10	70.04	0.1428	0.8974	0.1160	0.1041
4	600	120	480	10	86.03	0.1162	0.7306	0.1295	0.0946
5	650	150	500	10	102.80	0.0973	0.6115	0.1349	0.0825

ตารางผนวกที่ ก.14 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง1 (g)	ตาชั่ง2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด (T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	600	40	560	10	74.22	0.1347	0.8469	0.1511	0.1279
2	800	75	725	10	78.15	0.1280	0.8043	0.1956	0.1573
3	1000	120	880	10	93.31	0.1072	0.6736	0.2374	0.1599
4	1100	200	900	10	107.25	0.0932	0.5861	0.2428	0.1423
5	1200	215	985	10	120.97	0.0827	0.5196	0.2657	0.1381

ตารางผนวกที่ ก.15 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	1000	150	850	10	95.44	0.1048	0.6586	0.2293	0.1510
2	1100	160	940	10	99.80	0.1002	0.6298	0.2536	0.1597
3	1300	200	1100	10	110.76	0.0903	0.5675	0.2968	0.1684
4	1500	250	1250	10	130.32	0.0767	0.4823	0.3372	0.1627
5	1700	300	1400	10	158.80	0.0630	0.3958	0.3777	0.1495

ตารางผนวกที่ ก.16 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	300	20	280	10	40.50	0.2469	1.5520	0.0755	0.1172
2	400	20	380	10	53.34	0.1875	1.1784	0.1025	0.1208
3	500	35	465	10	65.04	0.1538	0.9664	0.1254	0.1212
4	600	40	560	10	81.03	0.1234	0.7757	0.1511	0.1172
5	700	45	655	10	97.80	0.1022	0.6427	0.1767	0.1136

ตารางผนวกที่ ก.17 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	650	45	605	10	68.22	0.1466	0.9214	0.1632	0.1504
2	800	70	730	10	75.15	0.1331	0.8364	0.1969	0.1647
3	1000	110	890	10	90.31	0.1107	0.6960	0.2401	0.1671
4	1100	190	910	10	104.25	0.0959	0.6029	0.2455	0.1480
5	1200	210	990	10	117.97	0.0848	0.5328	0.2671	0.1423

ตารางผนวกที่ ก.18 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	850	30	820	10	78.56	0.1273	0.8001	0.2212	0.1770
2	1000	35	965	10	87.15	0.1147	0.7213	0.2603	0.1878
3	1250	45	1205	10	99.65	0.1004	0.6308	0.3251	0.2051
4	1550	90	1460	10	161.35	0.0620	0.3896	0.3939	0.1534
5	1800	110	1690	10	240.00	0.0417	0.2619	0.4559	0.1194

ตารางผนวกที่ ก.19 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	47.69	0.2097	1.3180	0.0513	0.0676
2	300	20	280	10	50.00	0.2000	1.2571	0.0755	0.0950
3	400	30	370	10	61.03	0.1639	1.0299	0.0998	0.1028
4	500	60	440	10	73.75	0.1356	0.8523	0.1187	0.1012
5	600	65	535	10	91.97	0.1087	0.6835	0.1443	0.0986

ตารางผนวกที่ ก.20 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	57.50	0.1739	1.0932	0.0513	0.0560
2	400	20	380	10	62.56	0.1598	1.0047	0.1025	0.1030
3	600	40	560	10	82.25	0.1216	0.7642	0.1511	0.1155
4	700	65	635	10	100.97	0.0990	0.6225	0.1713	0.1066
5	800	75	725	10	123.16	0.0812	0.5104	0.1956	0.0998

ตารางผนวกที่ ก.21 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	700	110	590	10	66.08	0.1513	0.9512	0.1592	0.1514
2	900	145	755	10	76.94	0.1300	0.8170	0.2037	0.1664
3	1000	170	830	10	86.50	0.1156	0.7267	0.2239	0.1627
4	1100	200	900	10	93.88	0.1065	0.6695	0.2428	0.1626
5	1300	230	1070	10	114.25	0.0875	0.5502	0.2887	0.1588

ตารางผนวกที่ ก.22 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	150	15	135	10	62.80	0.1592	1.0009	0.0364	0.0365
2	250	30	220	10	74.80	0.1337	0.8403	0.0594	0.0499
3	350	40	310	10	94.18	0.1062	0.6674	0.0836	0.0558
4	400	60	340	10	127.12	0.0787	0.4945	0.0917	0.0454
5	500	90	410	10	159.40	0.0627	0.3943	0.1106	0.0436

ตารางผนวกที่ ก.23 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	52.75	0.1896	1.1916	0.0513	0.0611
2	400	25	375	10	75.00	0.1333	0.8381	0.1012	0.0848
3	450	30	420	10	89.09	0.1122	0.7055	0.1133	0.0799
4	500	35	465	10	107.96	0.0926	0.5822	0.1254	0.0730
5	550	40	510	10	140.00	0.0714	0.4490	0.1376	0.0618

ตารางผนวกที่ ก.24 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.397 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	55.75	0.1794	1.1275	0.0513	0.0578
2	400	20	380	10	77.97	0.1283	0.8062	0.1025	0.0826
3	500	30	470	10	88.19	0.1134	0.7127	0.1268	0.0904
4	600	40	560	10	122.13	0.0819	0.5147	0.1511	0.0778
5	700	70	630	10	157.50	0.0635	0.3991	0.1700	0.0678

ตารางผนวกที่ ก.25 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	25	175	10	40.50	0.2469	1.5520	0.0472	0.0733
2	400	50	350	10	54.34	0.1840	1.1567	0.0944	0.1092
3	500	60	440	10	66.04	0.1514	0.9518	0.1187	0.1130
4	600	120	480	10	82.03	0.1219	0.7663	0.1295	0.0992
5	650	145	505	10	98.80	0.1012	0.6362	0.1362	0.0867

ตารางผนวกที่ ก.26 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	600	35	565	10	70.22	0.1424	0.8951	0.1524	0.1364
2	800	65	735	10	74.15	0.1349	0.8477	0.1983	0.1681
3	1000	110	890	10	89.31	0.1120	0.7038	0.2401	0.1690
4	1100	195	905	10	103.25	0.0969	0.6088	0.2441	0.1486
5	1200	210	990	10	116.97	0.0855	0.5374	0.2671	0.1435

ตารางผนวกที่ ก.27 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	1000	145	855	10	91.44	0.1094	0.6874	0.2307	0.1586
2	1100	150	950	10	95.80	0.1044	0.6561	0.2563	0.1682
3	1300	190	1110	10	106.76	0.0937	0.5888	0.2995	0.1763
4	1500	240	1260	10	126.32	0.0792	0.4976	0.3399	0.1691
5	1700	295	1405	10	154.80	0.0646	0.4061	0.3790	0.1539

ตารางผนวกที่ ก.28 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	35.50	0.2817	1.7706	0.0513	0.0908
2	400	20	380	10	49.34	0.2027	1.2740	0.1025	0.1306
3	500	30	470	10	61.04	0.1638	1.0298	0.1268	0.1306
4	600	35	565	10	77.03	0.1298	0.8160	0.1524	0.1244
5	700	65	635	10	93.80	0.1066	0.6701	0.1713	0.1148

ตารางผนวกที่ ก.29 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	600	40	560	10	67.22	0.1488	0.9351	0.1511	0.1413
2	800	60	740	10	73.15	0.1367	0.8593	0.1996	0.1715
3	1000	100	900	10	86.31	0.1159	0.7283	0.2428	0.1768
4	1100	180	920	10	100.25	0.0998	0.6270	0.2482	0.1556
5	1200	205	995	10	113.97	0.0877	0.5515	0.2684	0.1480

ตารางผนวกที่ ก.30 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	800	20	780	10	75.56	0.1323	0.8319	0.2104	0.1750
2	1000	30	970	10	83.15	0.1203	0.7559	0.2617	0.1978
3	1250	40	1210	10	95.65	0.1045	0.6572	0.3264	0.2145
4	1500	80	1420	10	177.35	0.0564	0.3544	0.3831	0.1358
5	1850	125	1725	10	256.00	0.0391	0.2455	0.4654	0.1143

ตารางผนวกที่ ก.31 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	43.69	0.2289	1.4387	0.0513	0.0737
2	300	15	285	10	46.00	0.2174	1.3665	0.0769	0.1051
3	400	20	380	10	57.03	0.1753	1.1022	0.1025	0.1130
4	500	50	450	10	69.75	0.1434	0.9012	0.1214	0.1094
5	600	60	540	10	87.97	0.1137	0.7145	0.1457	0.1041

ตารางผนวกที่ ก.32 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	53.50	0.1869	1.1749	0.0513	0.0602
2	400	15	385	10	58.56	0.1708	1.0734	0.1039	0.1115
3	600	35	565	10	78.25	0.1278	0.8033	0.1524	0.1224
4	700	60	640	10	96.97	0.1031	0.6482	0.1727	0.1119
5	800	70	730	10	119.16	0.0839	0.5275	0.1969	0.1039

ตารางผนวกที่ ก.33 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	700	105	595	10	62.08	0.1611	1.0125	0.1605	0.1625
2	900	140	760	10	72.94	0.1371	0.8618	0.2050	0.1767
3	1000	160	840	10	82.50	0.1212	0.7619	0.2266	0.1727
4	1100	190	910	10	89.88	0.1113	0.6993	0.2455	0.1717
5	1300	225	1075	10	110.25	0.0907	0.5701	0.2900	0.1653

ตารางผนวกที่ ก.34 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	150	10	140	10	58.80	0.1701	1.0690	0.0378	0.0404
2	250	20	230	10	70.80	0.1412	0.8878	0.0620	0.0551
3	350	30	320	10	90.18	0.1109	0.6970	0.0863	0.0602
4	400	50	350	10	123.12	0.0812	0.5105	0.0944	0.0482
5	500	85	415	10	155.40	0.0644	0.4045	0.1120	0.0453

ตารางผนวกที่ ก.35 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	48.75	0.2051	1.2894	0.0513	0.0661
2	400	20	380	10	71.00	0.1408	0.8853	0.1025	0.0908
3	450	25	425	10	85.09	0.1175	0.7387	0.1147	0.0847
4	500	30	470	10	103.96	0.0962	0.6046	0.1268	0.0767
5	550	35	515	10	136.00	0.0735	0.4622	0.1389	0.0642

ตารางผนวกที่ ก.36 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.420 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	10	190	10	51.75	0.1932	1.2146	0.0513	0.0623
2	400	15	385	10	73.97	0.1352	0.8498	0.1039	0.0883
3	500	20	480	10	84.19	0.1188	0.7466	0.1295	0.0967
4	600	35	565	10	118.13	0.0847	0.5321	0.1524	0.0811
5	700	65	635	10	153.50	0.0651	0.4095	0.1713	0.0701

ตารางผนวกที่ ก.37 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	35	215	10	39.50	0.2532	1.5913	0.0580	0.0923
2	450	65	385	10	52.34	0.1911	1.2009	0.1039	0.1247
3	550	75	475	10	64.04	0.1562	0.9815	0.1281	0.1258
4	650	125	525	10	80.03	0.1250	0.7854	0.1416	0.1112
5	700	155	545	10	96.80	0.1033	0.6494	0.1470	0.0955

ตารางผนวกที่ ก.38 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	650	45	605	10	69.22	0.1445	0.9081	0.1632	0.1482
2	850	85	765	10	75.15	0.1331	0.8364	0.2064	0.1726
3	1050	125	925	10	88.31	0.1132	0.7118	0.2495	0.1776
4	1150	205	945	10	102.25	0.0978	0.6147	0.2549	0.1567
5	1250	220	1030	10	115.97	0.0862	0.5420	0.2779	0.1506

ตารางผนวกที่ ก.39 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	1050	155	895	10	90.44	0.1106	0.6950	0.2414	0.1678
2	1150	165	985	10	94.80	0.1055	0.6631	0.2657	0.1762
3	1350	205	1145	10	105.76	0.0946	0.5943	0.3089	0.1836
4	1550	255	1295	10	125.32	0.0798	0.5016	0.3494	0.1752
5	1750	305	1445	10	153.80	0.0650	0.4087	0.3898	0.1593

ตารางผนวกที่ ก.40 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	20	230	10	34.50	0.2899	1.8219	0.0620	0.1130
2	450	25	425	10	50.34	0.1986	1.2487	0.1147	0.1432
3	550	40	510	10	60.04	0.1666	1.0469	0.1376	0.1440
4	650	45	605	10	76.03	0.1315	0.8267	0.1632	0.1349
5	700	75	625	10	92.80	0.1078	0.6773	0.1686	0.1142

ตารางผนวกที่ ก.41 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	650	50	600	10	66.22	0.1510	0.9492	0.1619	0.1536
2	850	80	770	10	75.15	0.1331	0.8364	0.2077	0.1737
3	1050	115	935	10	85.31	0.1172	0.7368	0.2522	0.1859
4	1150	195	955	10	99.25	0.1008	0.6333	0.2576	0.1632
5	1250	215	1035	10	112.97	0.0885	0.5564	0.2792	0.1554

ตารางผนวกที่ ก.42 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	850	35	815	10	74.56	0.1341	0.8430	0.2199	0.1854
2	1050	40	1010	10	82.15	0.1217	0.7652	0.2725	0.2085
3	1300	50	1250	10	94.65	0.1057	0.6641	0.3372	0.2239
4	1550	90	1460	10	176.35	0.0567	0.3564	0.3939	0.1404
5	1900	135	1765	10	255.00	0.0392	0.2465	0.4762	0.1174

ตารางผนวกที่ ก.43 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	20	230	10	42.69	0.2342	1.4724	0.0620	0.0914
2	350	25	325	10	45.00	0.2222	1.3968	0.0877	0.1225
3	450	35	415	10	56.03	0.1785	1.1218	0.1120	0.1256
4	550	65	485	10	68.75	0.1455	0.9143	0.1308	0.1196
5	650	70	580	10	86.97	0.1150	0.7227	0.1565	0.1131

ตารางผนวกที่ ก.44 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	20	230	10	52.50	0.1905	1.1973	0.0620	0.0743
2	450	25	425	10	57.56	0.1737	1.0920	0.1147	0.1252
3	650	45	605	10	77.25	0.1294	0.8137	0.1632	0.1328
4	750	70	680	10	95.97	0.1042	0.6550	0.1834	0.1202
5	850	80	770	10	118.16	0.0846	0.5320	0.2077	0.1105

ตารางผนวกที่ ก.45 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	750	115	635	10	61.08	0.1637	1.0291	0.1713	0.1763
2	950	150	800	10	71.94	0.1390	0.8737	0.2158	0.1886
3	1050	175	875	10	81.50	0.1227	0.7713	0.2361	0.1821
4	1150	205	945	10	88.88	0.1125	0.7072	0.2549	0.1803
5	1350	235	1115	10	109.25	0.0915	0.5754	0.3008	0.1731

ตารางผนวกที่ ก.46 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	200	20	180	10	57.80	0.1730	1.0875	0.0486	0.0528
2	300	35	265	10	69.80	0.1433	0.9005	0.0715	0.0644
3	400	45	355	10	89.18	0.1121	0.7048	0.0958	0.0675
4	450	65	385	10	122.12	0.0819	0.5147	0.1039	0.0535
5	550	95	455	10	154.40	0.0648	0.4071	0.1227	0.0500

ตารางผนวกที่ ก.47 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	20	230	10	47.75	0.2094	1.3164	0.0620	0.0817
2	450	30	420	10	70.00	0.1429	0.8980	0.1133	0.1017
3	500	35	465	10	84.09	0.1189	0.7475	0.1254	0.0938
4	550	40	510	10	102.96	0.0971	0.6105	0.1376	0.0840
5	600	45	555	10	135.00	0.0741	0.4656	0.1497	0.0697

ตารางผนวกที่ ก.48 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.451 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	250	20	230	10	50.75	0.1970	1.2386	0.0620	0.0769
2	450	25	425	10	72.97	0.1370	0.8614	0.1147	0.0988
3	550	35	515	10	83.19	0.1202	0.7556	0.1389	0.1050
4	650	45	605	10	117.13	0.0854	0.5366	0.1632	0.0876
5	750	75	675	10	152.50	0.0656	0.4122	0.1821	0.0751

ตารางผนวกที่ ก.49 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	50	350	10	38.50	0.2597	1.6327	0.0944	0.1542
2	600	80	520	10	51.34	0.1948	1.2243	0.1403	0.1718
3	700	90	610	10	63.04	0.1586	0.9971	0.1646	0.1641
4	800	140	660	10	79.03	0.1265	0.7954	0.1781	0.1416
5	850	170	680	10	95.80	0.1044	0.6561	0.1834	0.1204

ตารางผนวกที่ ก.50 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	800	60	740	10	68.22	0.1466	0.9214	0.1996	0.1839
2	1000	100	900	10	75.15	0.1331	0.8364	0.2428	0.2031
3	1200	140	1060	10	87.31	0.1145	0.7199	0.2860	0.2059
4	1300	220	1080	10	101.25	0.0988	0.6208	0.2914	0.1809
5	1400	235	1165	10	114.97	0.0870	0.5467	0.3143	0.1718

ตารางผนวกที่ ก.51 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 90°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	1200	170	1030	10	89.44	0.1118	0.7028	0.2779	0.1953
2	1300	180	1120	10	93.80	0.1066	0.6701	0.3021	0.2025
3	1500	220	1280	10	104.76	0.0955	0.6000	0.3453	0.2072
4	1700	270	1430	10	124.32	0.0804	0.5056	0.3858	0.1951
5	1900	320	1580	10	152.80	0.0654	0.4114	0.4262	0.1753

ตารางผนวกที่ ก.52 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง (g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	35	365	10	33.50	0.2985	1.8763	0.0985	0.1848
2	600	40	560	10	47.34	0.2112	1.3278	0.1511	0.2006
3	700	55	645	10	59.04	0.1694	1.0647	0.1740	0.1853
4	800	60	740	10	75.03	0.1333	0.8378	0.1996	0.1672
5	850	90	760	10	91.80	0.1089	0.6847	0.2050	0.1404

ตารางผนวกที่ ก.53 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	800	65	735	10	65.22	0.1533	0.9638	0.1983	0.1911
2	1000	95	905	10	70.15	0.1426	0.8960	0.2441	0.2188
3	1200	130	1070	10	82.31	0.1215	0.7637	0.2887	0.2204
4	1300	210	1090	10	98.25	0.1018	0.6398	0.2941	0.1881
5	1400	230	1170	10	111.97	0.0893	0.5614	0.3156	0.1772

ตารางผนวกที่ ก.54 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 60°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	1000	50	950	10	73.56	0.1359	0.8545	0.2563	0.2190
2	1200	55	1145	10	81.15	0.1232	0.7746	0.3089	0.2393
3	1450	65	1385	10	93.65	0.1068	0.6712	0.3736	0.2508
4	1700	100	1600	10	175.35	0.0570	0.3585	0.4316	0.1547
5	1900	130	1770	10	254.00	0.0394	0.2475	0.4775	0.1182

ตารางผนวกที่ ก.55 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา (s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	35	365	10	41.69	0.2399	1.5077	0.0985	0.1485
2	500	45	455	10	50.30	0.1988	1.2496	0.1227	0.1534
3	600	50	550	10	57.03	0.1753	1.1022	0.1484	0.1635
4	700	80	620	10	67.75	0.1476	0.9278	0.1673	0.1552
5	800	85	715	10	85.97	0.1163	0.7312	0.1929	0.1410

ตารางผนวกที่ ก.56 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	25	375	10	51.50	0.1942	1.2205	0.1012	0.1235
2	600	30	570	10	57.56	0.1737	1.0920	0.1538	0.1679
3	800	35	765	10	76.25	0.1311	0.8244	0.2064	0.1701
4	900	85	815	10	94.97	0.1053	0.6619	0.2199	0.1455
5	1000	95	905	10	117.16	0.0854	0.5365	0.2441	0.1310

ตารางผนวกที่ ก.57 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 45°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	900	130	770	10	60.08	0.1664	1.0462	0.2077	0.2173
2	1100	165	935	10	70.94	0.1410	0.8861	0.2522	0.2235
3	1200	190	1010	10	80.50	0.1242	0.7808	0.2725	0.2128
4	1300	220	1080	10	87.88	0.1138	0.7153	0.2914	0.2084
5	1500	250	1250	10	108.25	0.0924	0.5807	0.3372	0.1958

ตารางผนวกที่ ก.58 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.05 m. (h/D=1/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	350	35	315	10	56.80	0.1761	1.1066	0.0850	0.0940
2	450	50	400	10	68.80	0.1453	0.9136	0.1079	0.0986
3	550	60	490	10	88.18	0.1134	0.7128	0.1322	0.0942
4	600	80	520	10	121.12	0.0826	0.5190	0.1403	0.0728
5	700	110	590	10	153.40	0.0652	0.4098	0.1592	0.0652

ตารางผนวกที่ ก.59 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.10 m. (h/D=1/4) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	35	365	10	46.75	0.2139	1.3445	0.0985	0.1324
2	600	45	555	10	69.00	0.1449	0.9110	0.1497	0.1364
3	650	50	600	10	83.09	0.1204	0.7565	0.1619	0.1225
4	700	55	645	10	101.96	0.0981	0.6165	0.1740	0.1073
5	750	60	690	10	134.00	0.0746	0.4691	0.1861	0.0873

ตารางผนวกที่ ก.60 ที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.507 m/s ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ 0.15 m. (h/D=3/8) มุมใบพัด 30°

ครั้งที่	ตาชั่ง 1 (g)	ตาชั่ง 2 (g)	ผลต่าง(g)	จำนวนรอบ	เวลา(s)	ความเร็วรอบ(N) (s ⁻¹)	ความเร็วเชิงมุม (ω) (rad/s)	แรงบิด(T) (N-m)	กำลัง (P) (N-m/s)
1	400	35	365	10	49.75	0.2010	1.2635	0.0985	0.1244
2	600	40	560	10	71.97	0.1389	0.8734	0.1511	0.1319
3	700	50	650	10	82.19	0.1217	0.7648	0.1754	0.1341
4	800	60	740	10	116.13	0.0861	0.5413	0.1996	0.1081
5	900	90	810	10	151.50	0.0660	0.4149	0.2185	0.0907

ตารางผนวกที่ ก.61 แสดงค่ากำลังสูงสุดความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังสูงสุด มุมเอียง 90°

0.05 m. (h/D=1/8)				0.10 m. (h/D=1/4)				0.15 m. (h/D=3/8)			
V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m
0.3533	0.0724	0.1498	0.0769	0.3533	0.1357	0.1404	0.1538	0.3533	0.1517	0.1517	0.2941
0.3968	0.1041	0.1428	0.1160	0.3968	0.1599	0.1072	0.2374	0.3968	0.1684	0.1684	0.2968
0.4203	0.1130	0.1514	0.1187	0.4203	0.1690	0.1120	0.2401	0.4203	0.1763	0.1763	0.2995
0.4507	0.1258	0.1562	0.1281	0.4507	0.1776	0.1132	0.2495	0.4507	0.1836	0.1836	0.3089
0.5072	0.1718	0.1586	0.1403	0.5072	0.2059	0.1145	0.2860	0.5072	0.2072	0.2072	0.3453

ตารางผนวกที่ ก.62 แสดงค่ากำลังสูงสุดความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังสูงสุด มุมเอียง 60°

0.05 m. (h/D=1/8)				0.10 m. (h/D=1/4)				0.15 m. (h/D=3/8)			
V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m
0.3533	0.0952	0.1439	0.1052	0.3533	0.1534	0.1182	0.2064	0.3533	0.1960	0.1960	0.3210
0.3968	0.1212	0.1538	0.1254	0.3968	0.1671	0.1107	0.2401	0.3968	0.2051	0.2051	0.3251
0.4203	0.1306	0.1638	0.1268	0.4203	0.1768	0.1159	0.2428	0.4203	0.2145	0.2145	0.3264
0.4507	0.1440	0.1666	0.1376	0.4507	0.1859	0.1172	0.2522	0.4507	0.2239	0.2239	0.3372
0.5072	0.2006	0.1694	0.1511	0.5072	0.2204	0.1215	0.2887	0.5072	0.2508	0.2508	0.3736

ตารางผนวกที่ ก.63 แสดงค่ากำลังสูงสุดความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังสูงสุด มุมเอียง 45°

0.05 m. (h/D=1/8)				0.10 m. (h/D=1/4)				0.15 m. (h/D=3/8)			
V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m	V m/s	P _{max} N-m/s	ω_{Pmax} rad/s	T _{Pmax} N-m
0.3533	0.0832	0.1423	0.0931	0.3533	0.1066	0.1154	0.1470	0.3533	0.1734	0.1734	0.2023
0.3968	0.1028	0.1639	0.0998	0.3968	0.1155	0.1216	0.1511	0.3968	0.1664	0.1664	0.2037
0.4203	0.1130	0.1753	0.1025	0.4203	0.1224	0.1278	0.1524	0.4203	0.1767	0.1767	0.2050
0.4507	0.1256	0.1785	0.1120	0.4507	0.1328	0.1294	0.1632	0.4507	0.1886	0.1886	0.2158
0.5072	0.1635	0.1753	0.1484	0.5072	0.1701	0.1311	0.2064	0.5072	0.2235	0.2235	0.2522

ตารางผนวกที่ ก.64 แสดงค่ากำลังสูงสุดความเร็วเชิงมุมและแรงบิดที่กำลังสูงสุด มุมเอียง 30°

0.05 m. (h/D=1/8)				0.10 m. (h/D=1/4)				0.15 m. (h/D=3/8)			
V	P _{max}	ω_{Pmax}	T _{Pmax}	V	P _{max}	ω_{Pmax}	T _{Pmax}	V	P _{max}	ω_{Pmax}	T _{Pmax}
m/s	N-m/s	rad/s	N-m	m/s	N-m/s	rad/s	N-m	m/s	N-m/s	rad/s	N-m
0.3533	0.0491	0.0950	0.0823	0.3533	0.0712	0.1135	0.0998	0.3533	0.0668	0.0668	0.1012
0.3968	0.0558	0.1062	0.0836	0.3968	0.0848	0.1333	0.1012	0.3968	0.0904	0.0904	0.1268
0.4203	0.0602	0.1109	0.0863	0.4203	0.0908	0.1408	0.1025	0.4203	0.0967	0.0967	0.1295
0.4507	0.0675	0.1121	0.0958	0.4507	0.1017	0.1429	0.1133	0.4507	0.1050	0.1050	0.1389
0.5072	0.0986	0.1453	0.1079	0.5072	0.1364	0.1449	0.1497	0.5072	0.1341	0.1341	0.1754

ตารางผนวกที่ ก.65 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมเอียง 90°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0724	0.3533	0.0769	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	2.81E+13	1.88E+08
0.1041	0.3968	0.1160	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	4.04E+13	2.84E+08
0.1130	0.4203	0.1187	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	4.39E+13	2.91E+08
0.1258	0.4507	0.1281	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	4.88E+13	3.14E+08
0.1718	0.5072	0.1403	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	6.67E+13	3.44E+08

ตารางผนวกที่ ก.66 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมเอียง 90°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m ²	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1357	0.3533	0.1538	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	5.27E+13	3.77E+08
0.1599	0.3968	0.2374	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	6.21E+13	5.82E+08
0.1690	0.4203	0.2401	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	6.56E+13	5.88E+08
0.1776	0.4507	0.2495	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	6.90E+13	6.12E+08
0.2059	0.5072	0.2860	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	7.99E+13	7.01E+08

ตารางผนวกที่ ก.67 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมเอียง 90°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1517	0.353333	0.2941	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	5.90E+13	7.21E+08
0.1684	0.396778	0.2968	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	6.54E+13	7.27E+08
0.1763	0.420333	0.2995	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	6.84E+13	7.34E+08
0.1836	0.450667	0.3089	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	7.13E+13	7.57E+08
0.2072	0.507222	0.3453	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	8.04E+13	8.46E+08

ตารางผนวกที่ ก.68 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมเอียง 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0952	0.3533	0.1052	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	3.70E+13	2.58E+08
0.1212	0.3968	0.1254	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	4.71E+13	3.07E+08
0.1306	0.4203	0.1268	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	5.07E+13	3.11E+08
0.1440	0.4507	0.1376	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	5.59E+13	3.37E+08
0.2006	0.5072	0.1511	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	7.79E+13	3.70E+08

ตารางผนวกที่ ก.69 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมเอียง 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1534	0.3533	0.2064	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	5.95E+13	5.06E+08
0.1671	0.3968	0.2401	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	6.49E+13	5.88E+08
0.1768	0.4203	0.2428	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	6.86E+13	5.95E+08
0.1859	0.4507	0.2522	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	7.22E+13	6.18E+08
0.2204	0.5072	0.2887	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	8.56E+13	7.07E+08

ตารางผนวกที่ ก.70 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมเอียง 60°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1960	0.353333	0.3210	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	7.61E+13	7.87E+08
0.2051	0.396778	0.3251	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	7.96E+13	7.97E+08
0.2145	0.420333	0.3264	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	8.33E+13	8.00E+08
0.2239	0.450667	0.3372	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	8.69E+13	8.26E+08
0.2508	0.507222	0.3736	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	9.74E+13	9.16E+08

ตารางผนวกที่ ก.71 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมเอียง 45°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0832	0.3533	0.0931	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	3.23E+13	2.28E+08
0.1028	0.3968	0.0998	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	3.99E+13	2.45E+08
0.1130	0.4203	0.1025	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	4.39E+13	2.51E+08
0.1256	0.4507	0.1120	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	4.88E+13	2.74E+08
0.1635	0.5072	0.1484	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	6.35E+13	3.64E+08

ตารางผนวกที่ ก.72 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมเอียง 45°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1066	0.3533	0.1470	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	4.14E+13	3.60E+08
0.1155	0.3968	0.1511	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	4.48E+13	3.70E+08
0.1224	0.4203	0.1524	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	4.75E+13	3.74E+08
0.1328	0.4507	0.1632	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	5.16E+13	4.00E+08
0.1701	0.5072	0.2064	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	6.61E+13	5.06E+08

ตารางผนวกที่ ก.73 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมเอียง 45°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.1734	0.353333	0.2023	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	6.73E+13	4.96E+08
0.1664	0.396778	0.2037	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	6.46E+13	4.99E+08
0.1767	0.420333	0.2050	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	6.86E+13	5.02E+08
0.1886	0.450667	0.2158	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	7.32E+13	5.29E+08
0.2235	0.507222	0.2522	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	8.68E+13	6.18E+08

ตารางผนวกที่ ก.74 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมเอียง 30°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0491	0.3533	0.0823	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	1.91E+13	2.02E+08
0.0558	0.3968	0.0836	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	2.17E+13	2.05E+08
0.0602	0.4203	0.0863	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	2.34E+13	2.12E+08
0.0675	0.4507	0.0958	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	2.62E+13	2.35E+08
0.0986	0.5072	0.1079	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	3.83E+13	2.64E+08

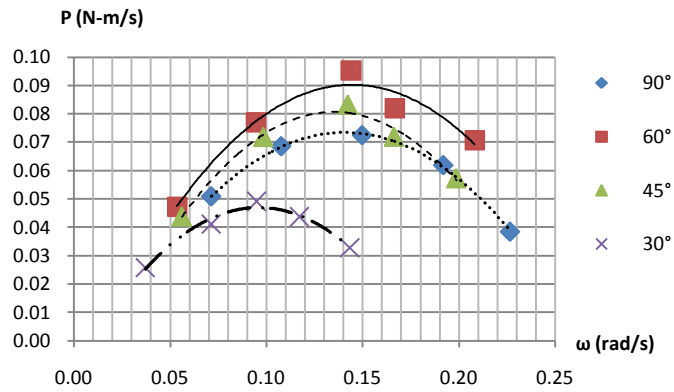
ตารางผนวกที่ ก.75 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมเอียง 30°

P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0712	0.3533	0.0998	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	2.76E+13	2.45E+08
0.0848	0.3968	0.1012	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	3.29E+13	2.48E+08
0.0908	0.4203	0.1025	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	3.52E+13	2.51E+08
0.1017	0.4507	0.1133	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	3.95E+13	2.78E+08
0.1364	0.5072	0.1497	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	5.30E+13	3.67E+08

ตารางผนวกที่ ก.76 แสดงค่ากลุ่มตัวแปรไร้มิติของกำลังสูงสุด และทอร์กที่กำลังสูงสุดที่ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมเอียง 30°

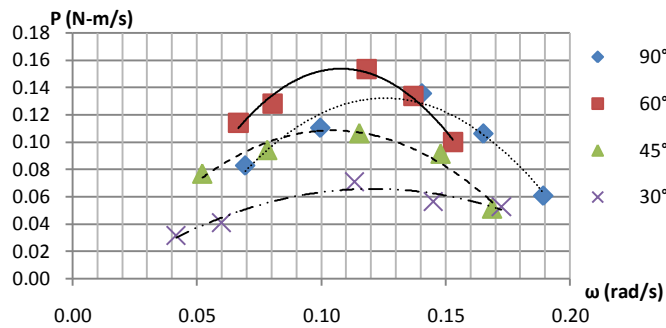
P_{max} N-m/s	V m/s	T_{max} N-m	ρ KN/m ³	D m	μ N/m-s	$\frac{\sqrt{\rho D}}{\mu}$	$\frac{P_{max} \rho^2 D}{\mu^3}$	$\frac{T_{pmax} \rho}{D \mu^2}$
0.0668	0.353333	0.1012	1000.0000	0.4000	0.0010	1.40E+05	2.59E+13	2.48E+08
0.0904	0.396778	0.1268	1000.0000	0.4000	0.0010	1.57E+05	3.51E+13	3.11E+08
0.0967	0.420333	0.1295	1000.0000	0.4000	0.0010	1.66E+05	3.75E+13	3.17E+08
0.1050	0.450667	0.1389	1000.0000	0.4000	0.0010	1.78E+05	4.08E+13	3.40E+08
0.1341	0.507222	0.1754	1000.0000	0.4000	0.0010	2.01E+05	5.21E+13	4.30E+08

ภาคผนวก ข



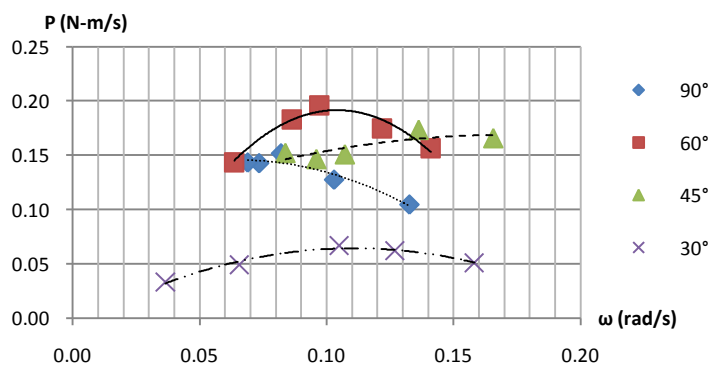
รูปที่ ข.1 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



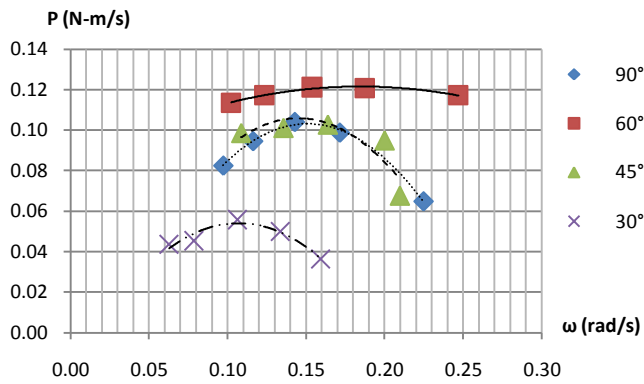
รูปที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$



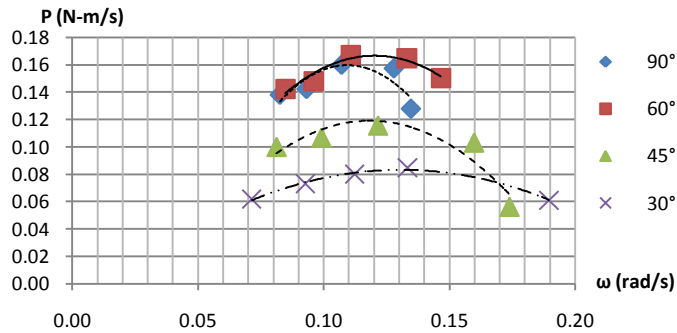
รูปที่ ข.3 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$



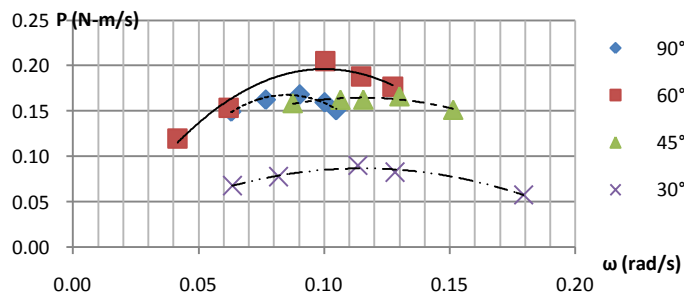
รูปที่ ข.4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



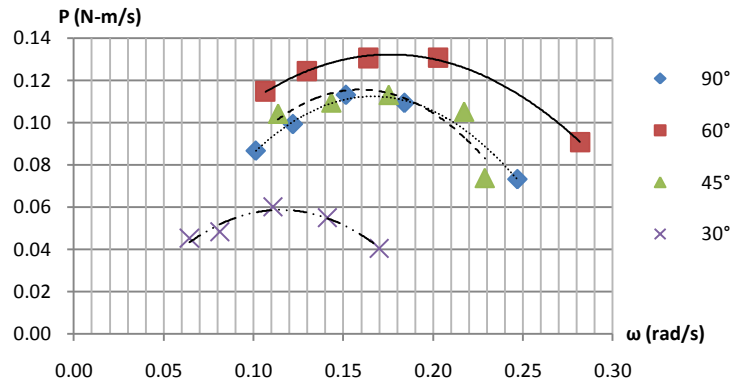
รูปที่ ข.5 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$



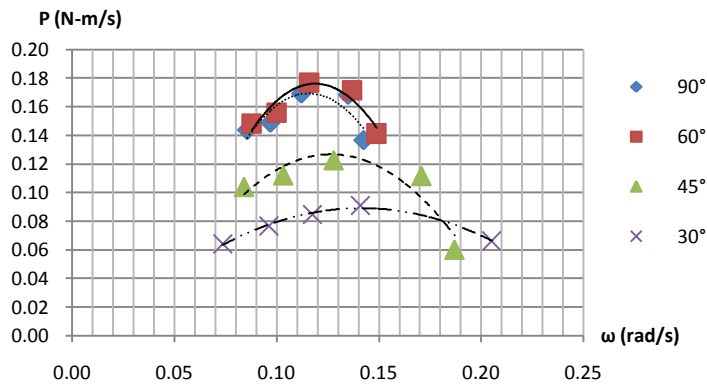
รูปที่ ข.6 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$



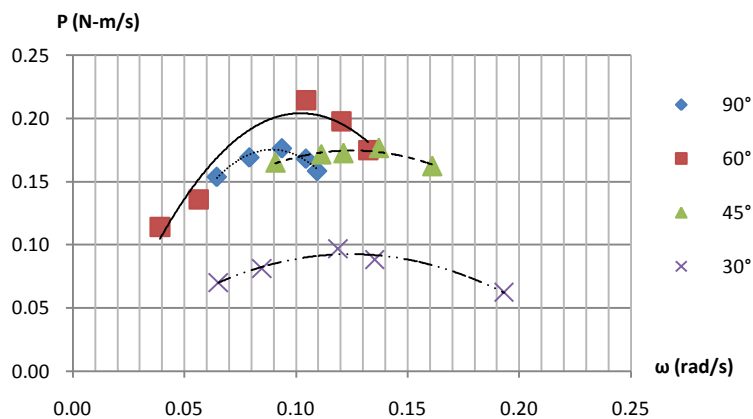
รูปที่ ข.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



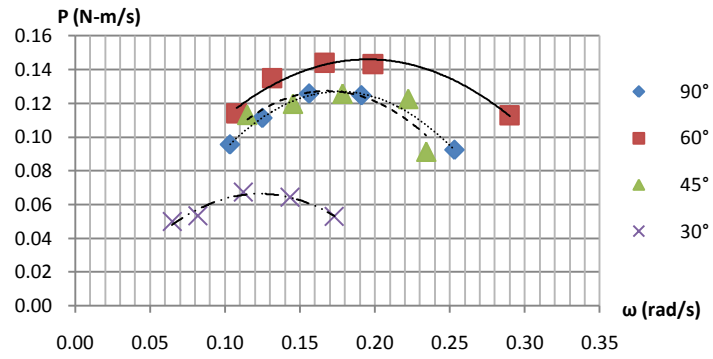
รูปที่ ข.8 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$



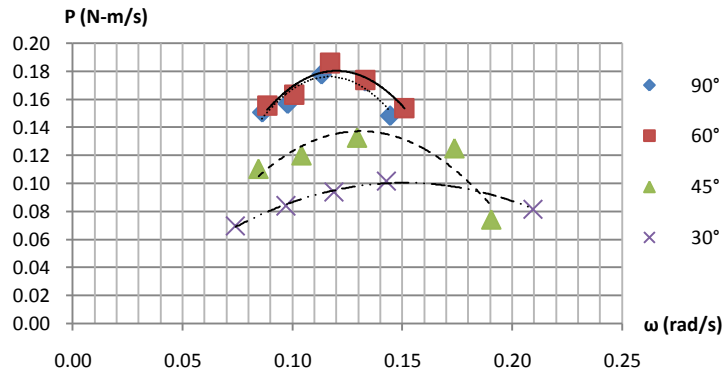
รูปที่ ข.9 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$



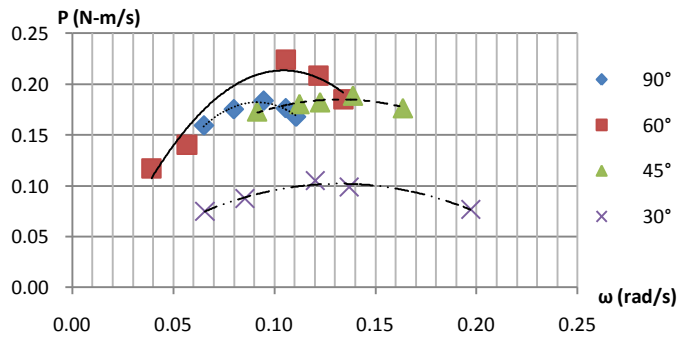
รูปที่ ข.10 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



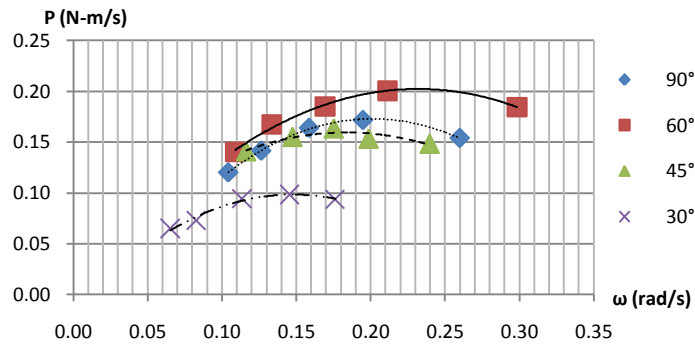
รูปที่ ข.11 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$



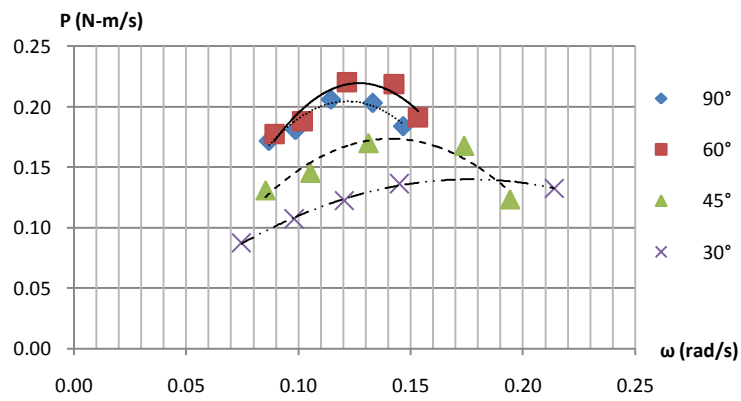
รูปที่ ข.12 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



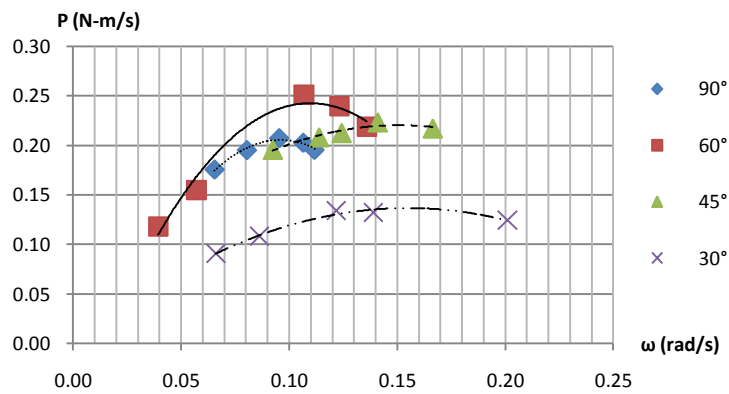
รูปที่ ข.13 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$



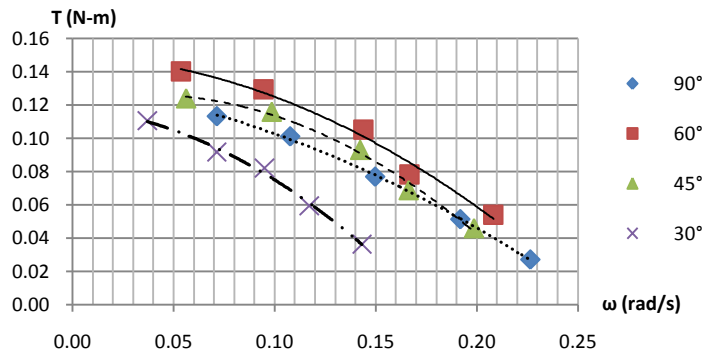
รูปที่ ข.14 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$



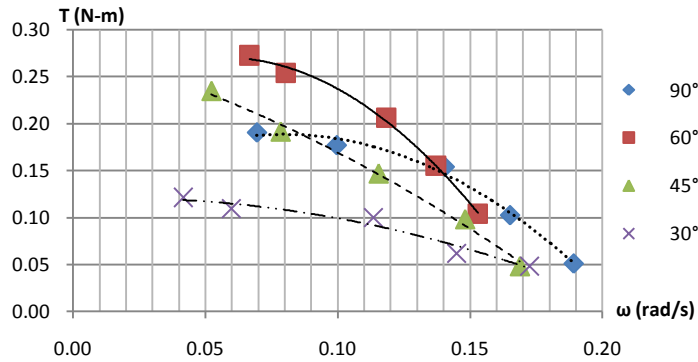
รูปที่ ข.15 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับความเร็วจนถึงความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$



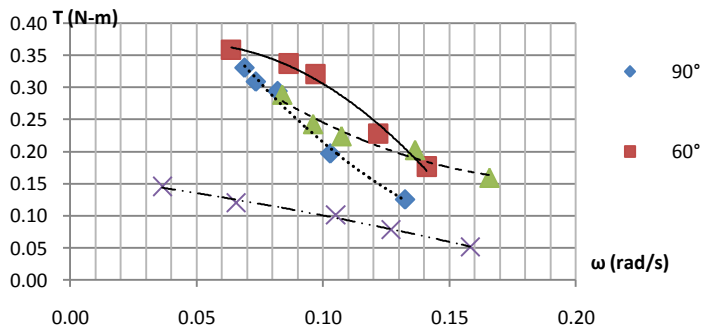
รูปที่ ข.16 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



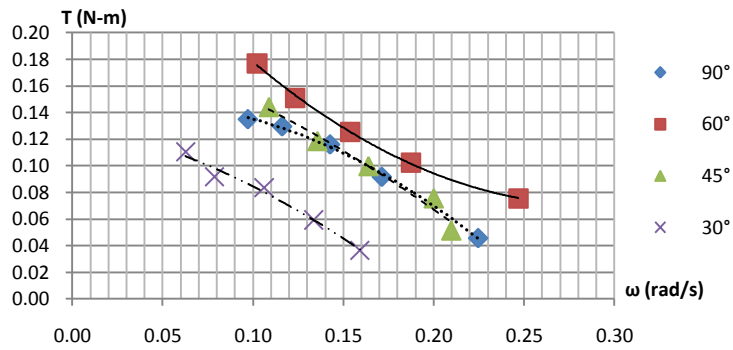
รูปที่ ข.17 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$



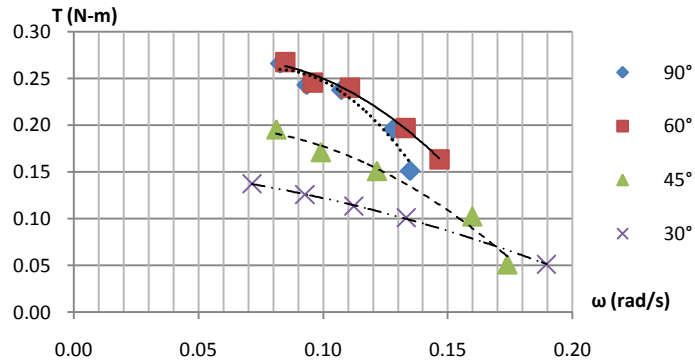
รูปที่ ข.18 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.353 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



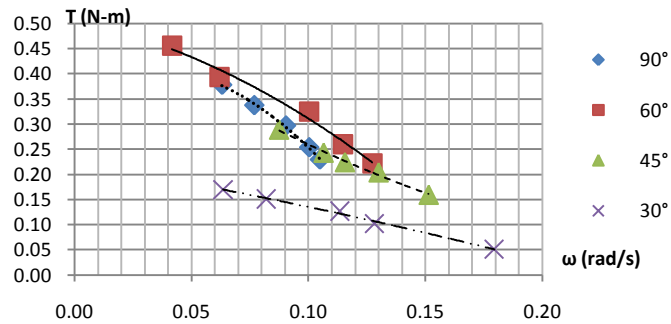
รูปที่ ข.19 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



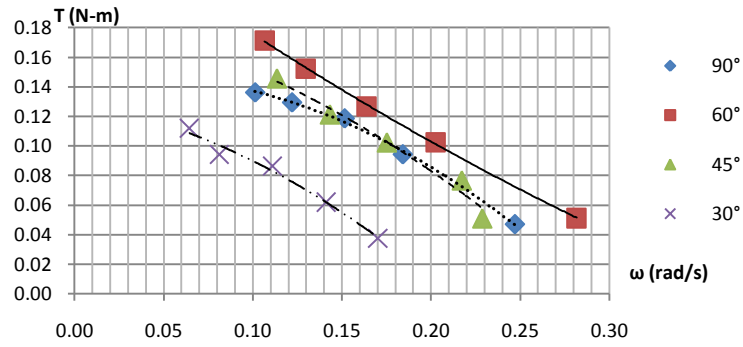
รูปที่ ข.20 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$



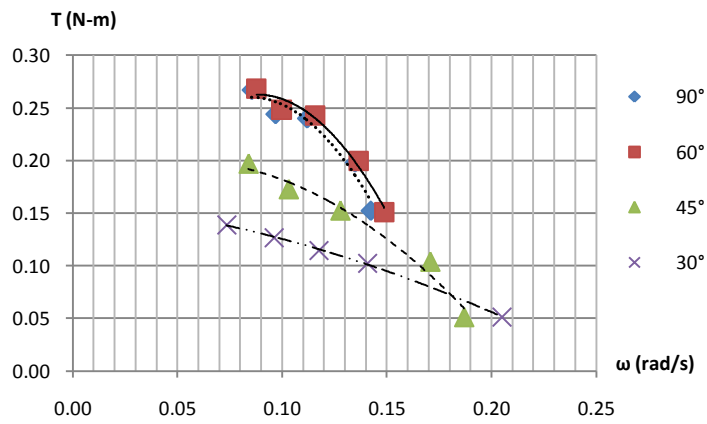
รูปที่ ข.21 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.3968 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



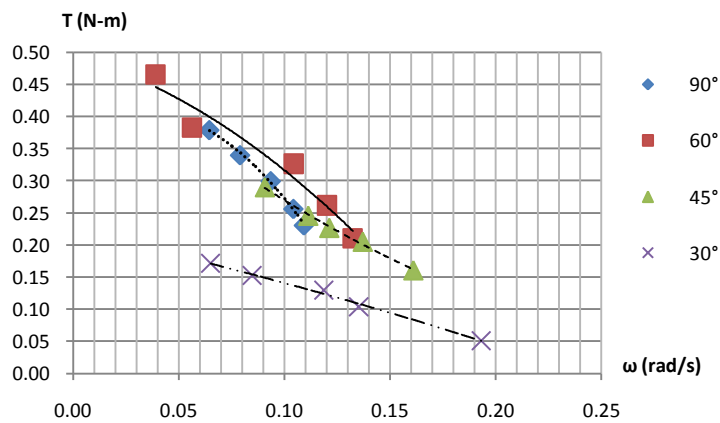
รูปที่ ข.22 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



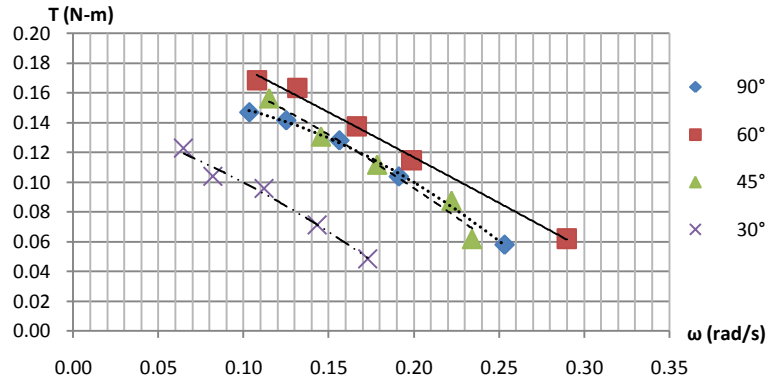
รูปที่ ข.23 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$



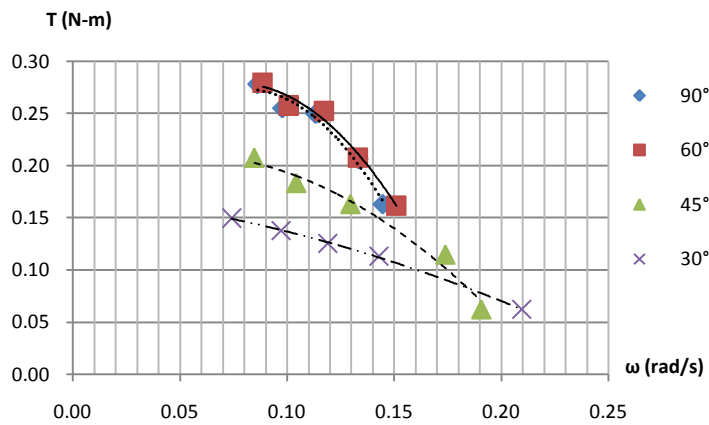
รูปที่ ข.24 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4203 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



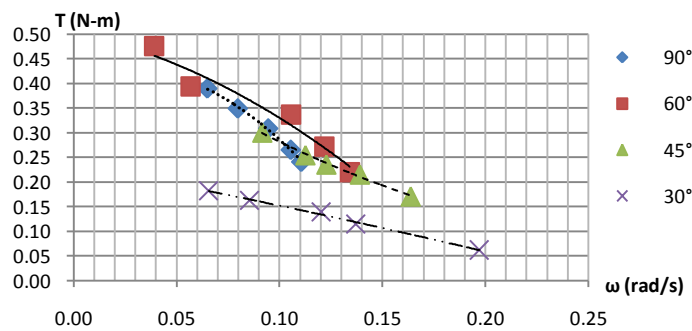
รูปที่ ข.25 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



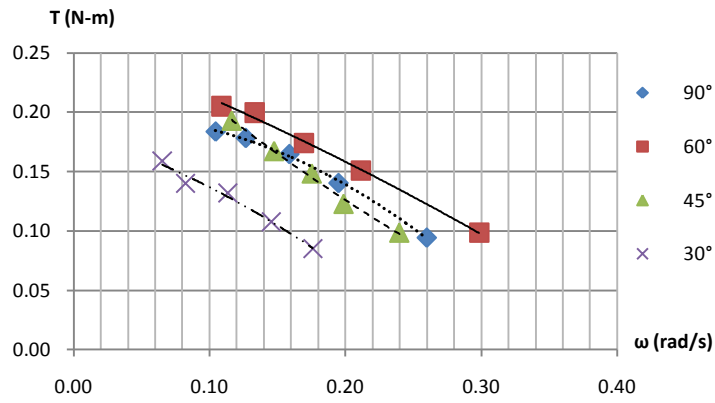
รูปที่ ข.26 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$



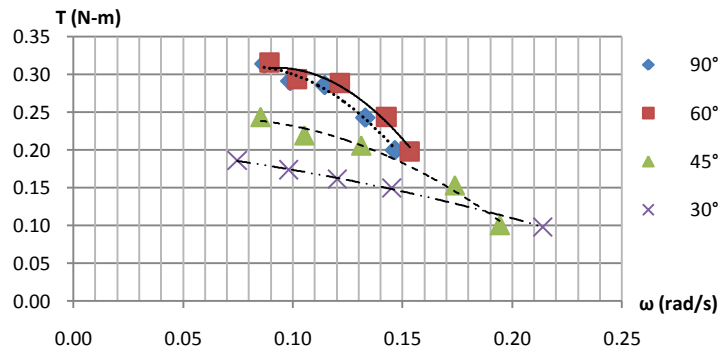
รูปที่ ข.27 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วจุดที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.4507 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



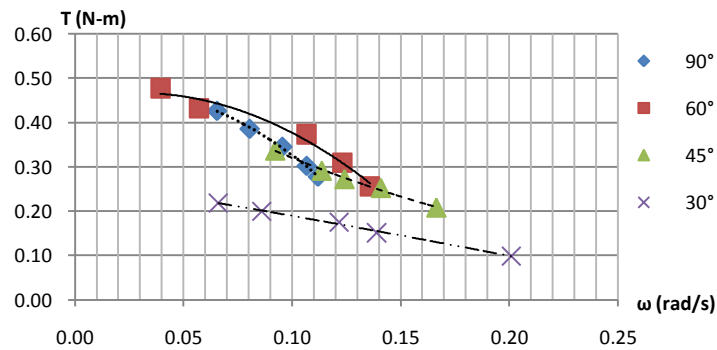
รูปที่ ข.28 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{8}$$



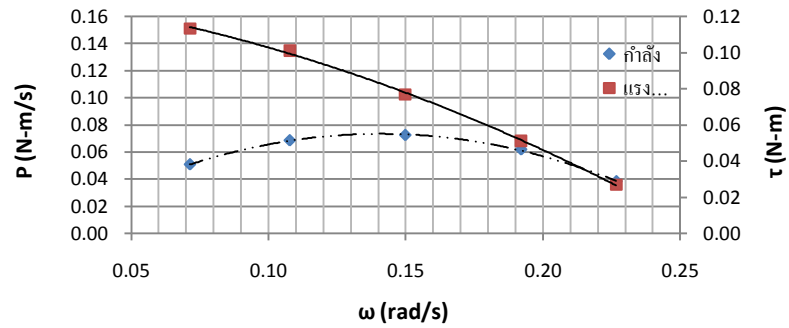
รูปที่ ข.29 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{1}{4}$$

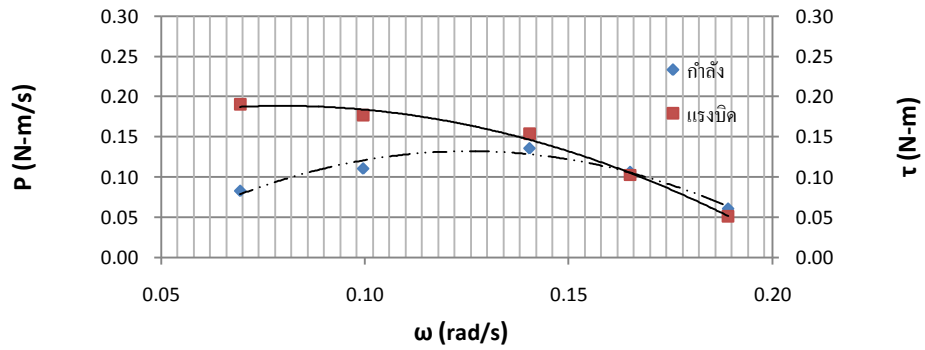


รูปที่ ข.30 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับความเร็วรอบที่ความเร็วของกระแสน้ำเฉลี่ย 0.5072 m/s

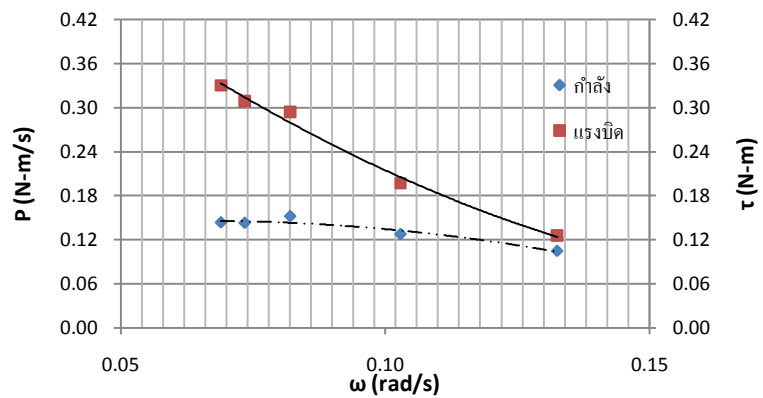
$$\text{ความลึกของใบพัดที่จมน้ำ} \frac{h}{D} = \frac{3}{8}$$



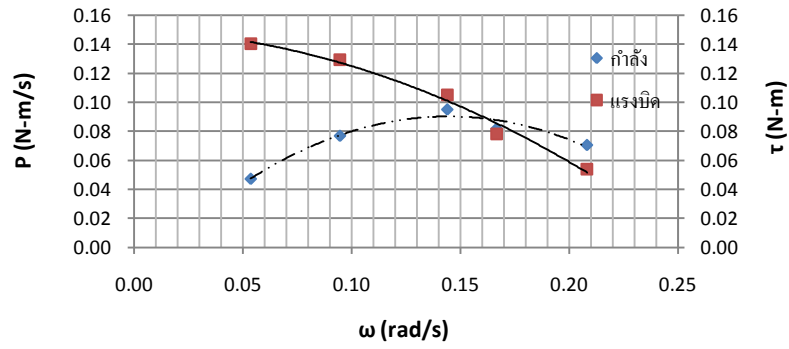
รูปที่ ข.31 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



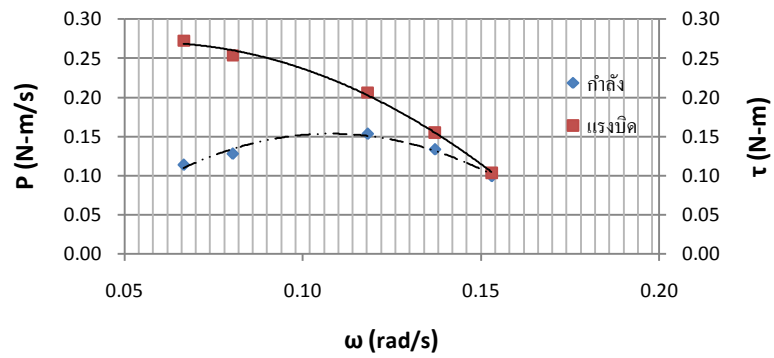
รูปที่ ข.32 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



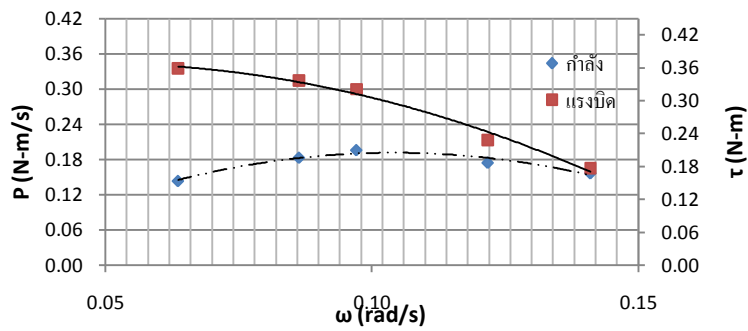
รูปที่ ข.33 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



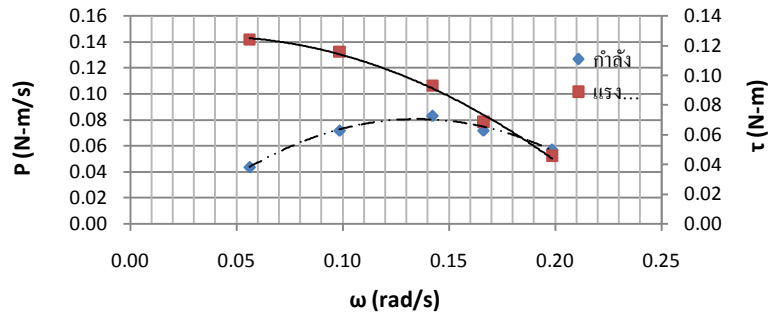
รูปที่ ข.34 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



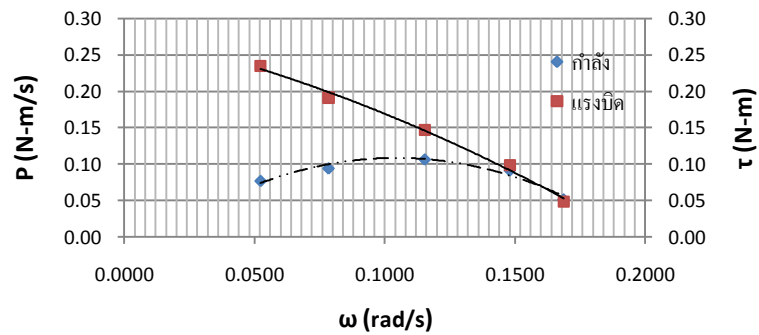
รูปที่ ข.35 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



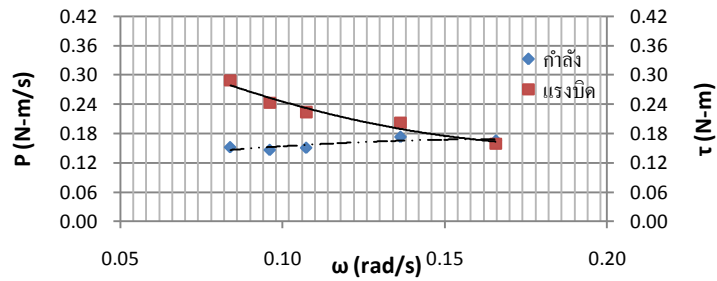
รูปที่ ข.36 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



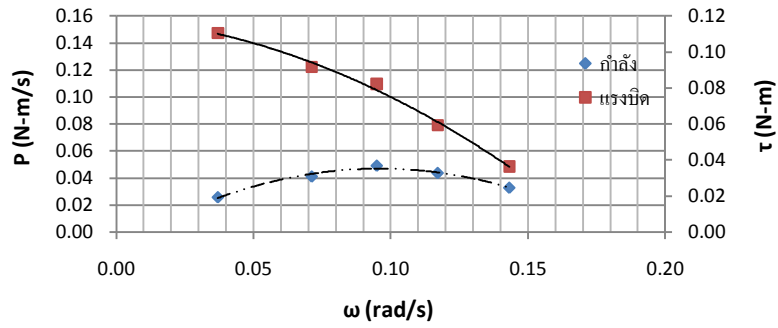
รูปที่ ข.37 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



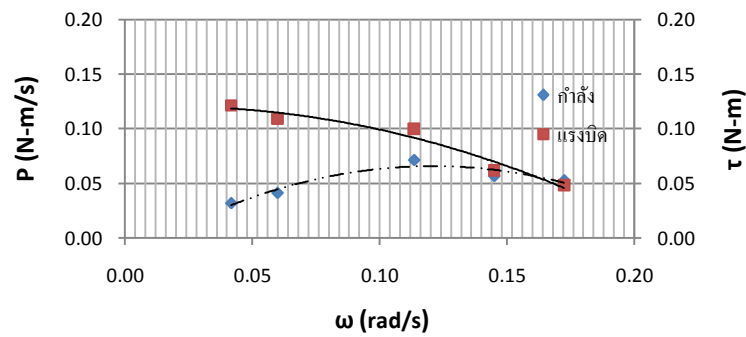
รูปที่ ข.38 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



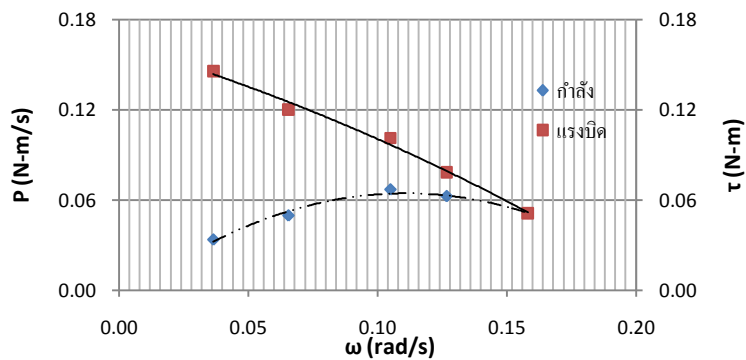
รูปที่ ข.39 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



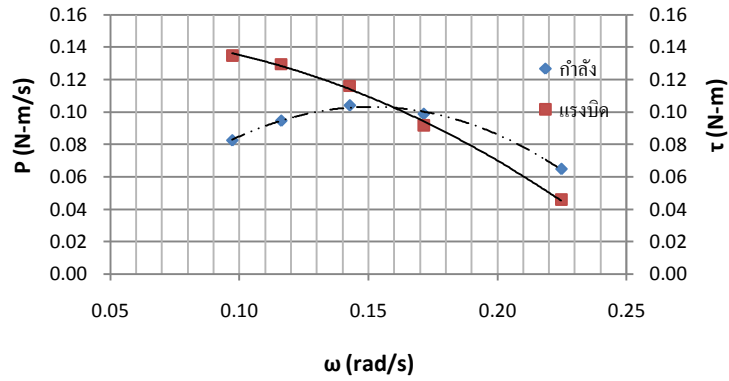
รูปที่ ข.40 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



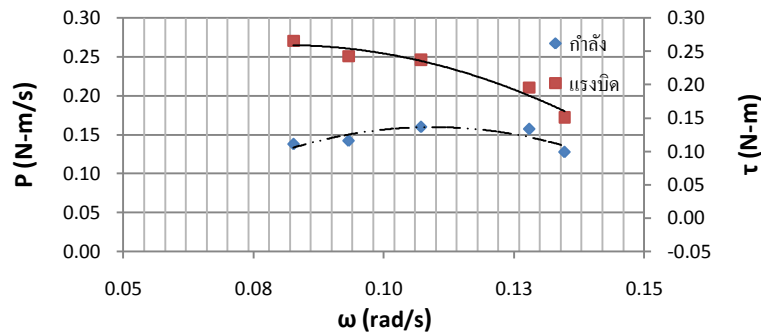
รูปที่ ข.41 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



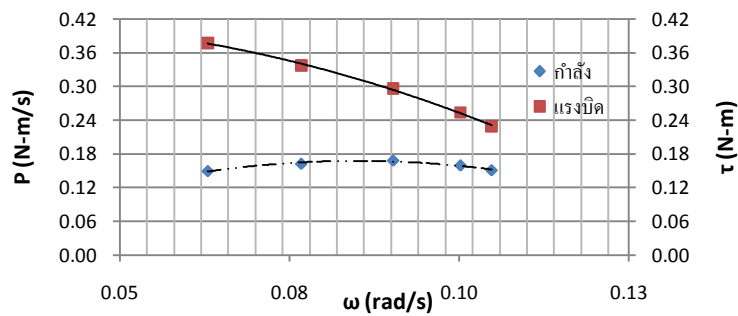
รูปที่ ข.42 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3533 m/s



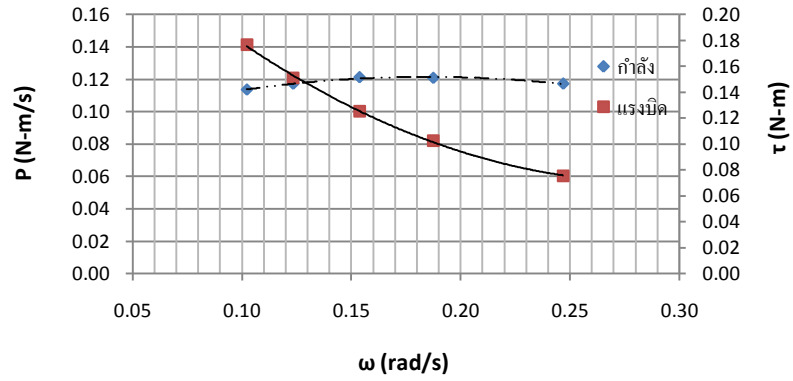
รูปที่ ข.43 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



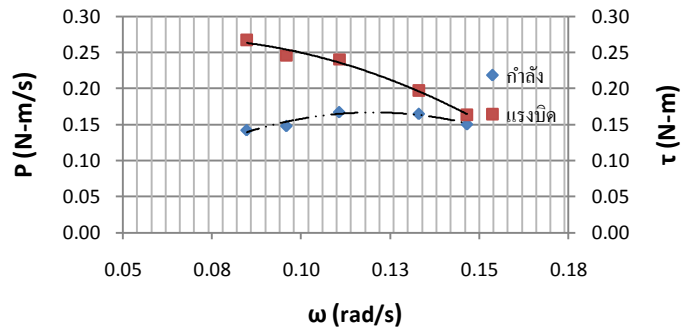
รูปที่ ข.44 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



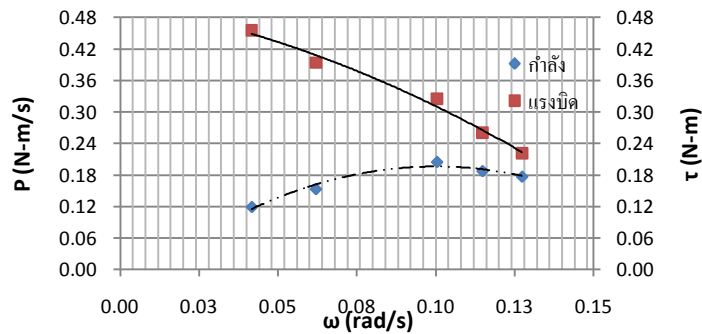
รูปที่ ข.45 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



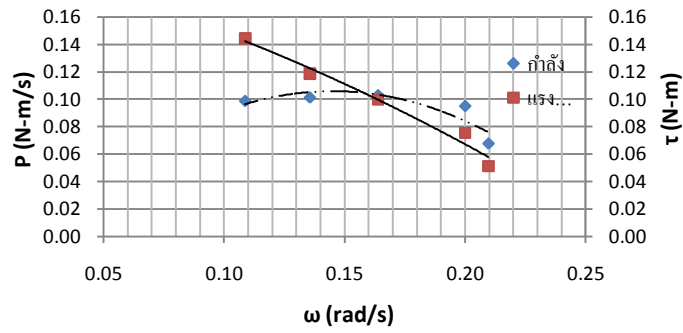
รูปที่ ข.46 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



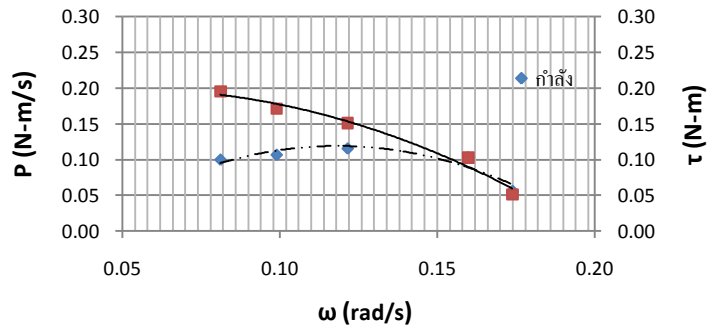
รูปที่ ข.47 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



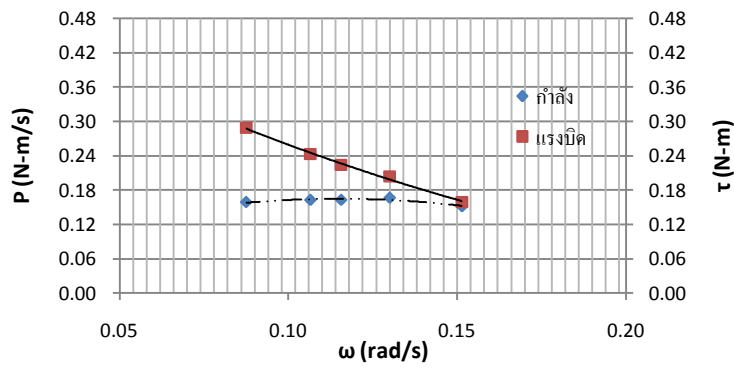
รูปที่ ข.48 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



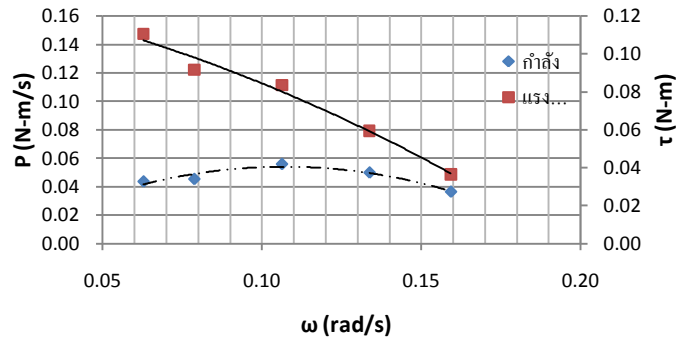
รูปที่ ข.49 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



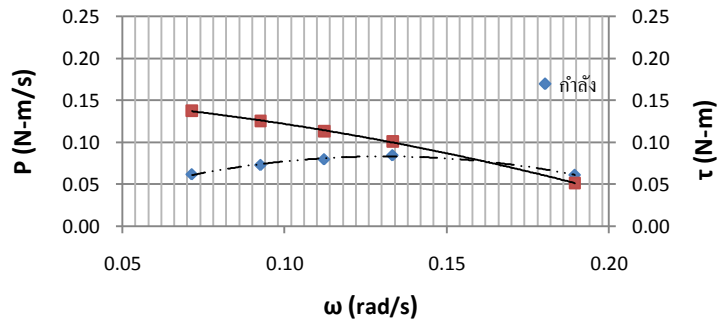
รูปที่ ข.50 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



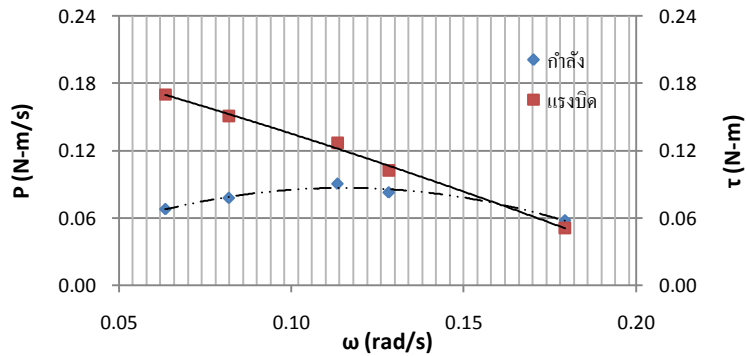
รูปที่ ข.51 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



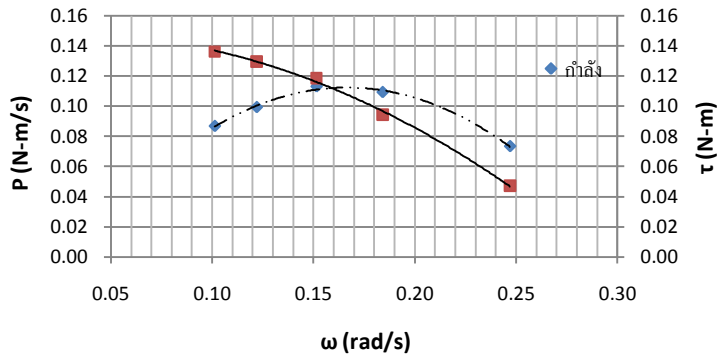
รูปที่ ข.52 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



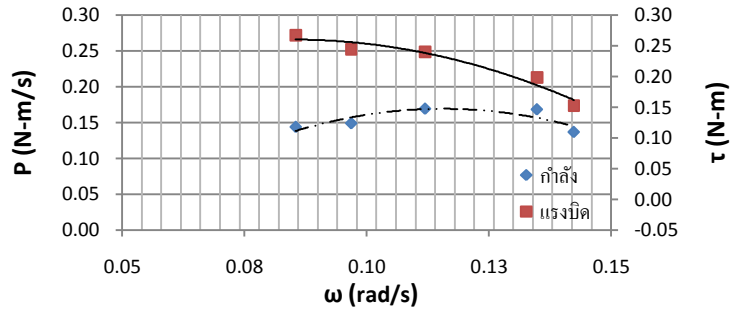
รูปที่ ข.53 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



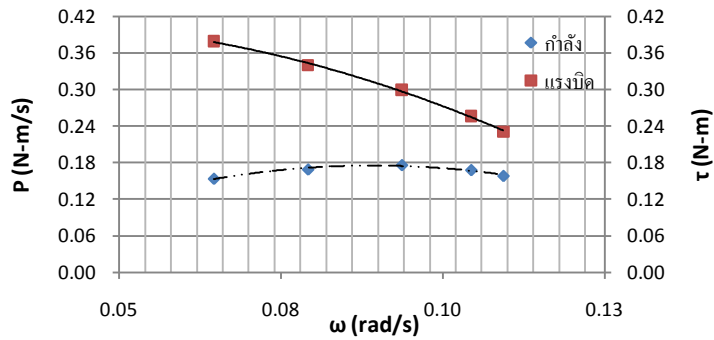
รูปที่ ข.54 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.3968 m/s



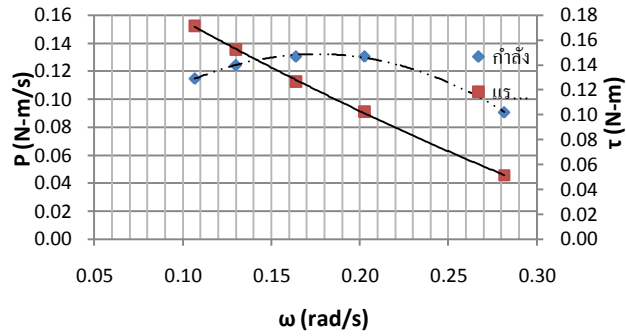
รูปที่ ข.55 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



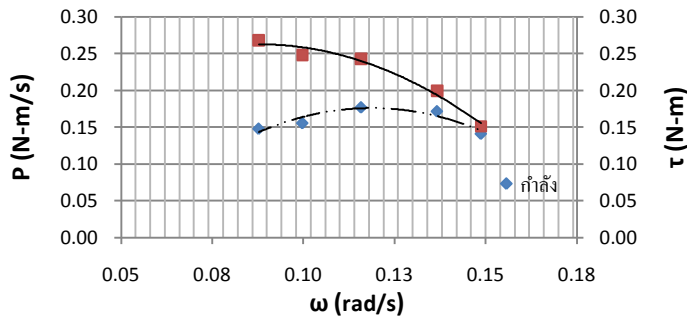
รูปที่ ข.56 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



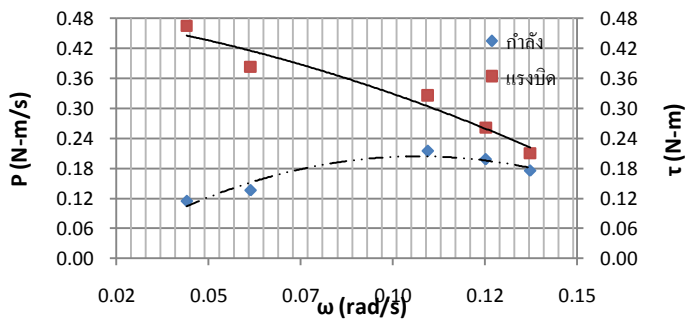
รูปที่ ข.57 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



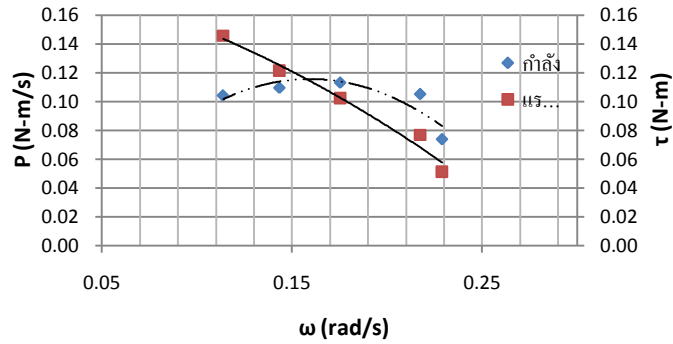
รูปที่ ข.58 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



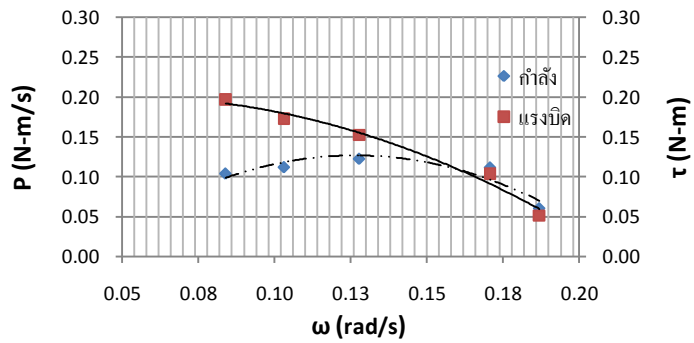
รูปที่ ข.59 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



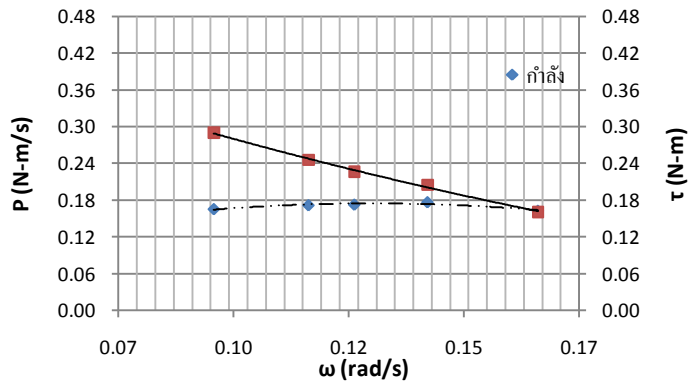
รูปที่ ข.60 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



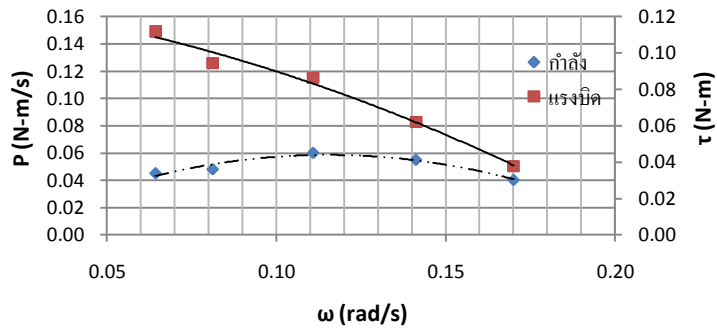
รูปที่ ข.61 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



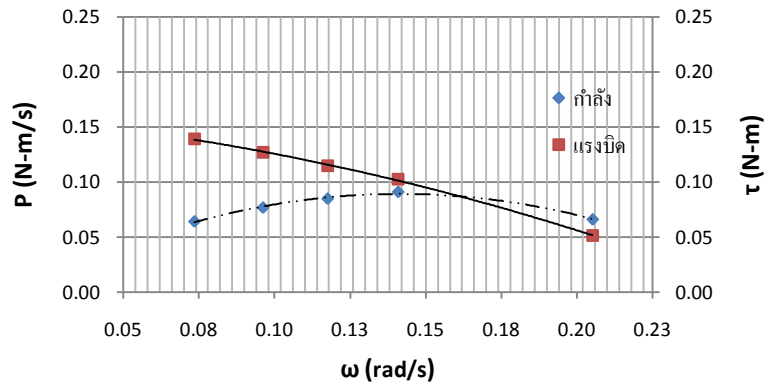
รูปที่ ข.62 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



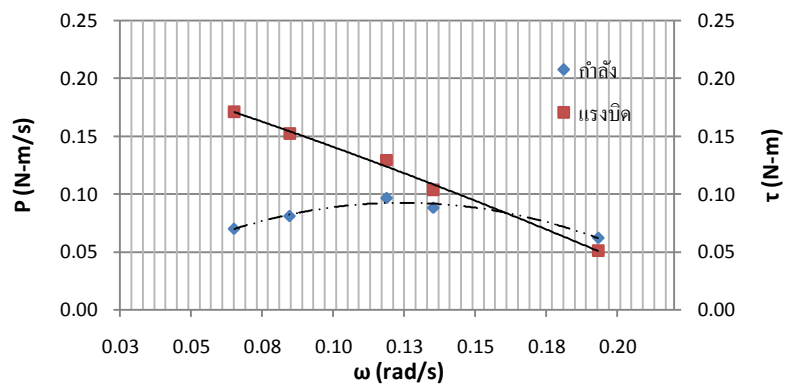
รูปที่ ข.63 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



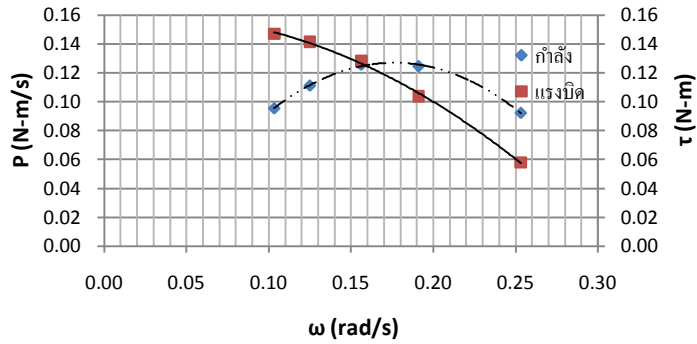
รูปที่ ข.64 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



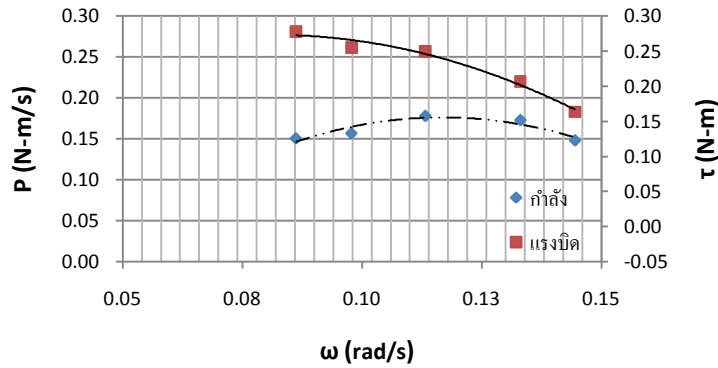
รูปที่ ข.65 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



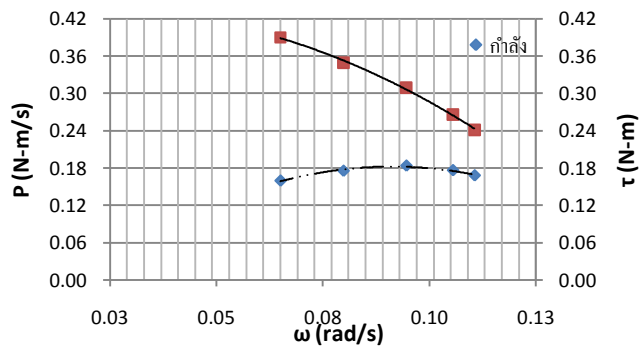
รูปที่ ข.66 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4203 m/s



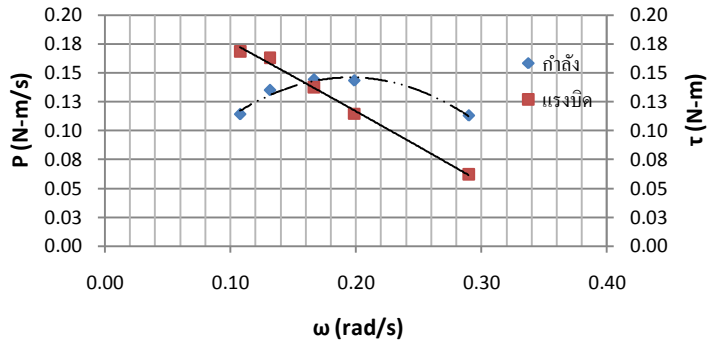
รูปที่ ข.67 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



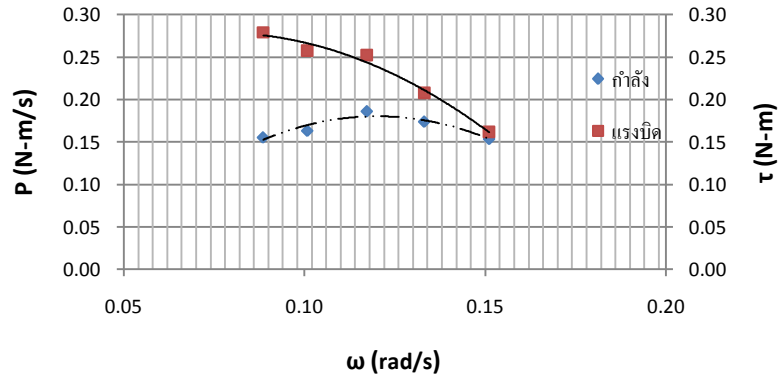
รูปที่ ข.68 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



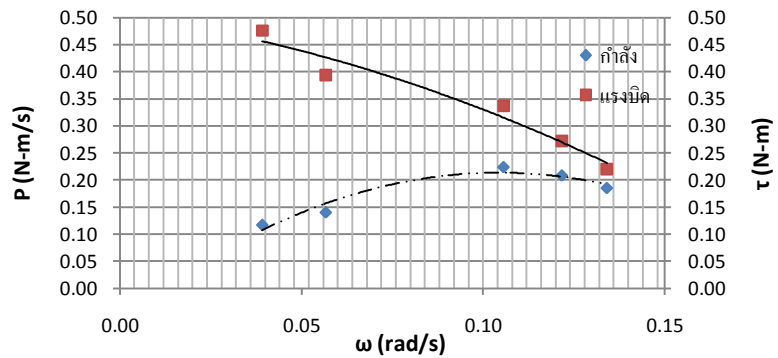
รูปที่ ข.69 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



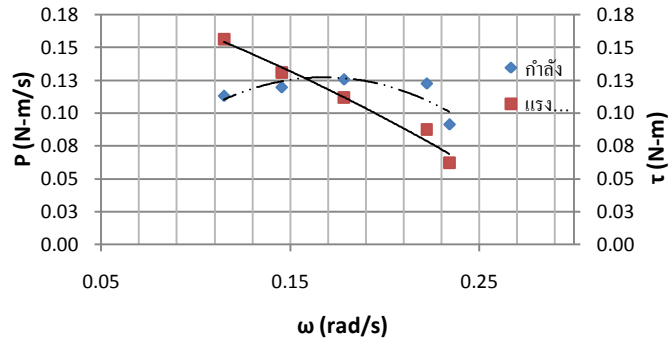
รูปที่ ข.70 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



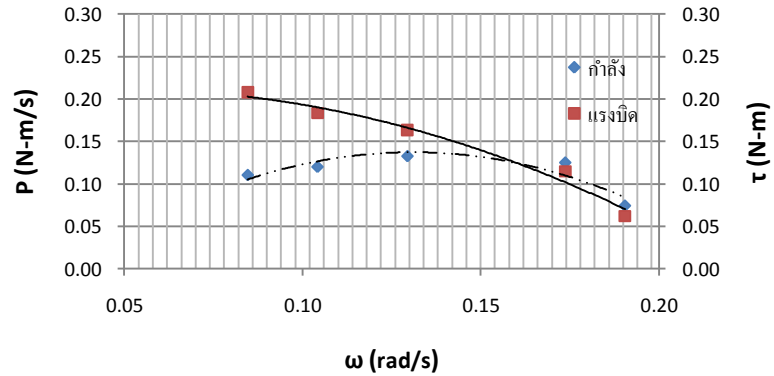
รูปที่ ข.71 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



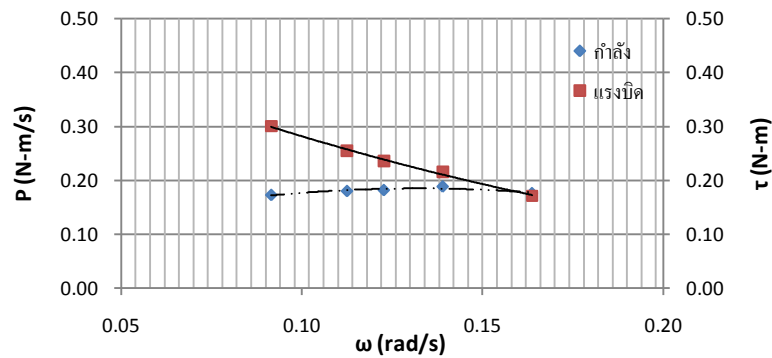
รูปที่ ข.72 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



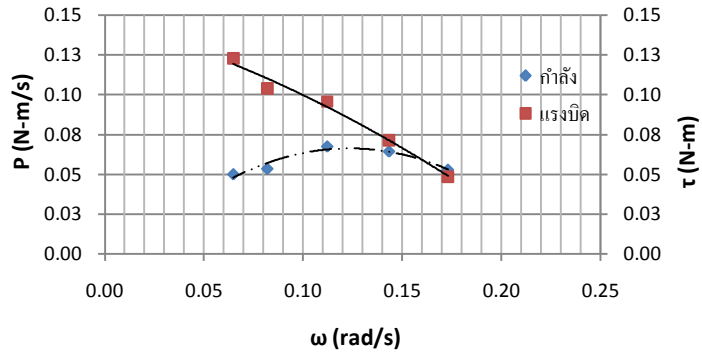
รูปที่ ข.73 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



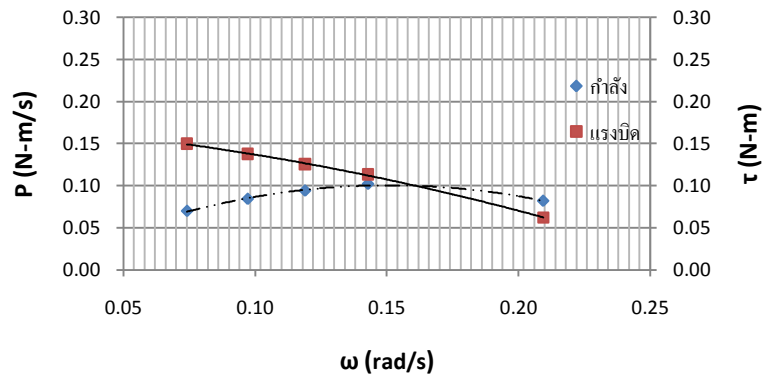
รูปที่ ข.74 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



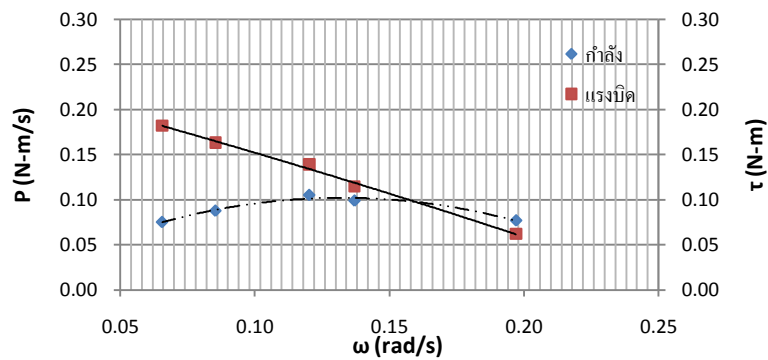
รูปที่ ข.75 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



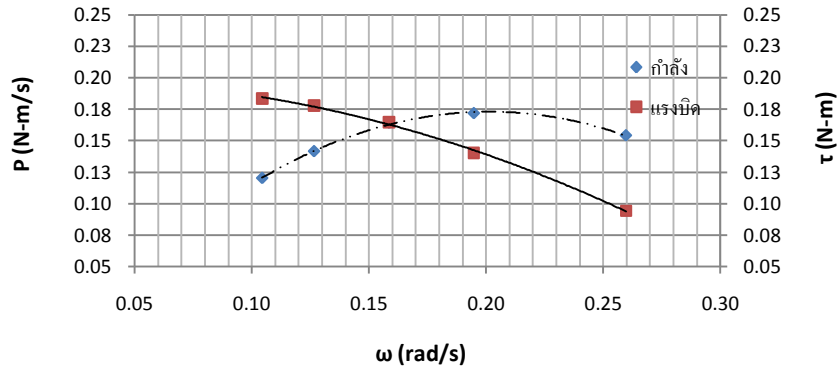
รูปที่ ข.76 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



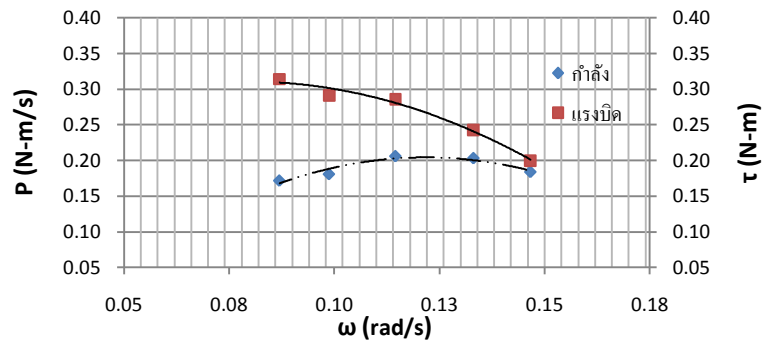
รูปที่ ข.77 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



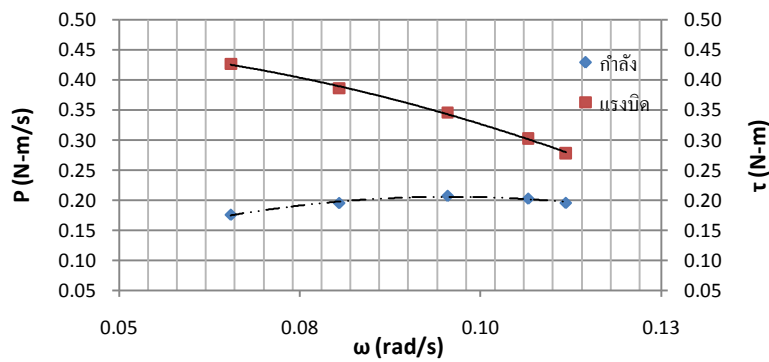
รูปที่ ข.78 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.4507 m/s



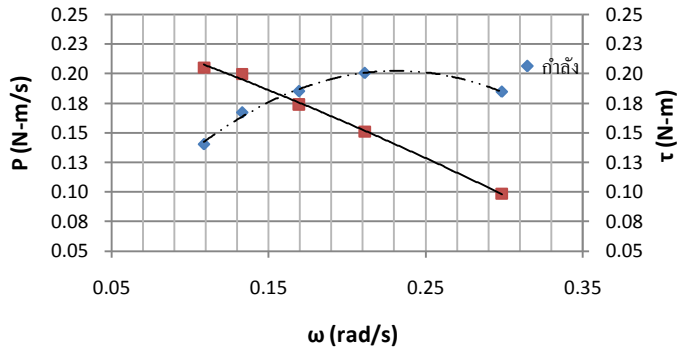
รูปที่ ข.79 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



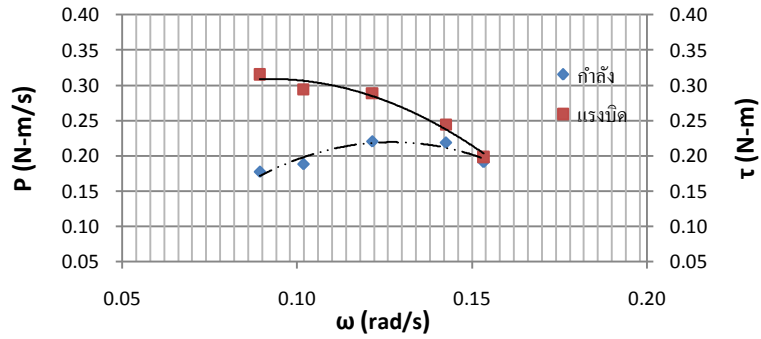
รูปที่ ข.80 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



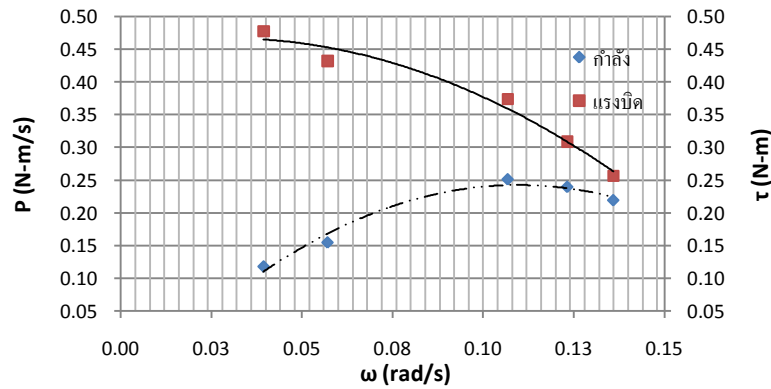
รูปที่ ข.81 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 90° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



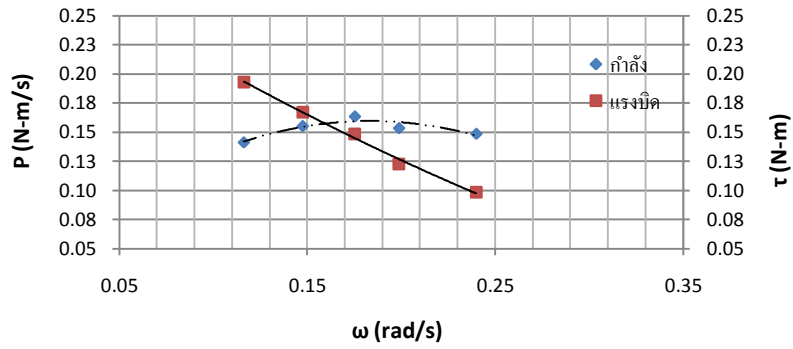
รูปที่ ข.82 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



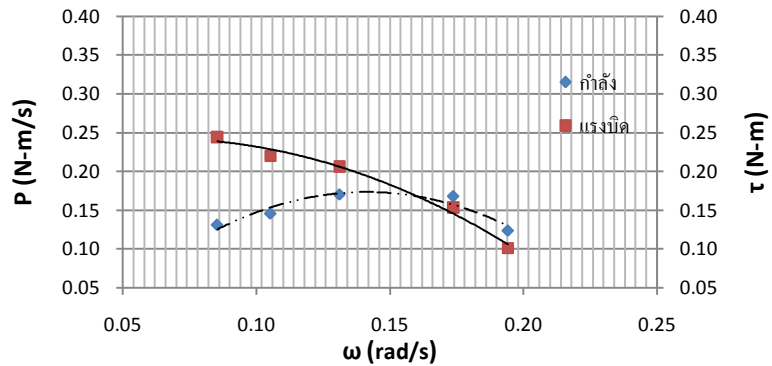
รูปที่ ข.83 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



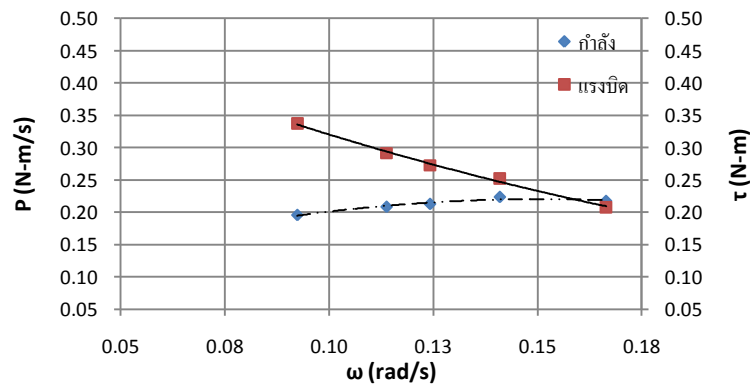
รูปที่ ข.84 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 60° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



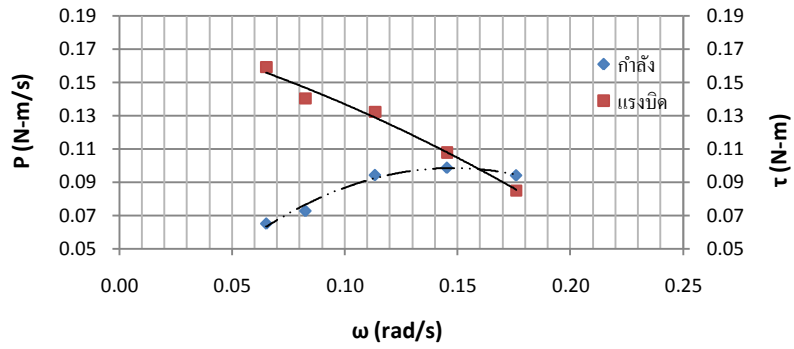
รูปที่ ข.85 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



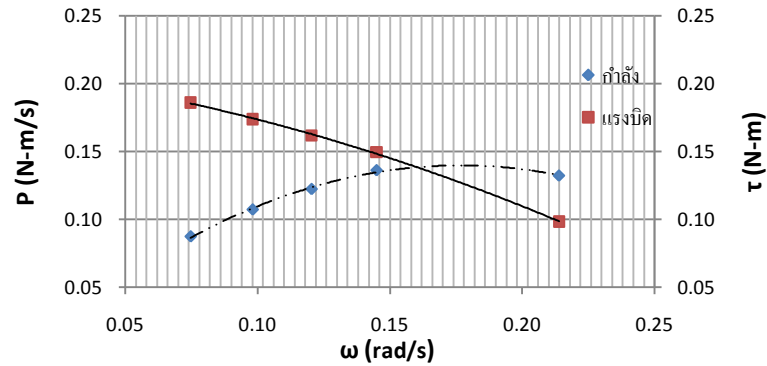
รูปที่ ข.86 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



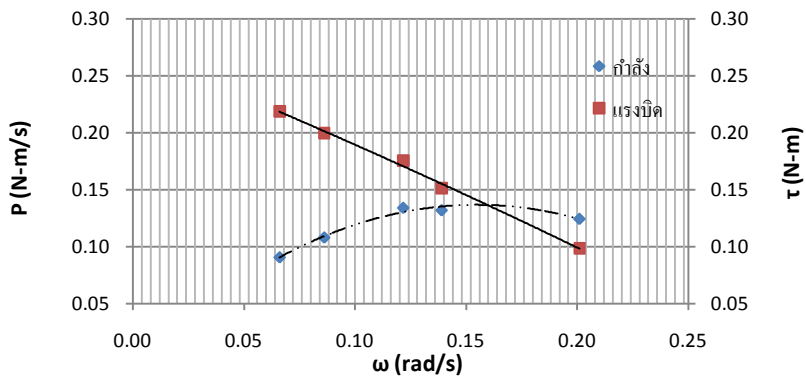
รูปที่ ข.87 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 45° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



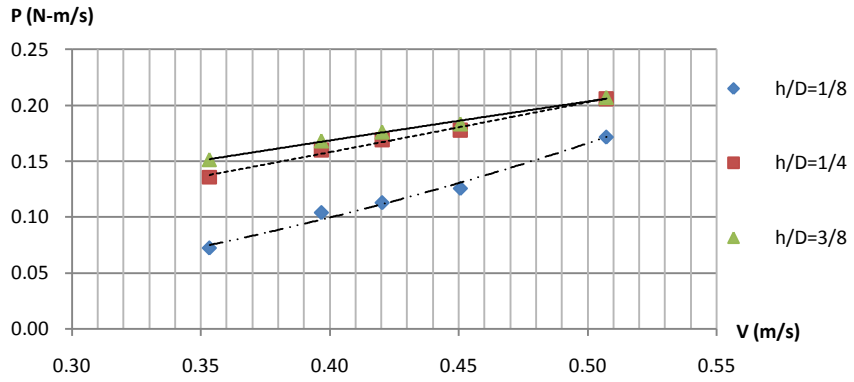
รูปที่ ข.88 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



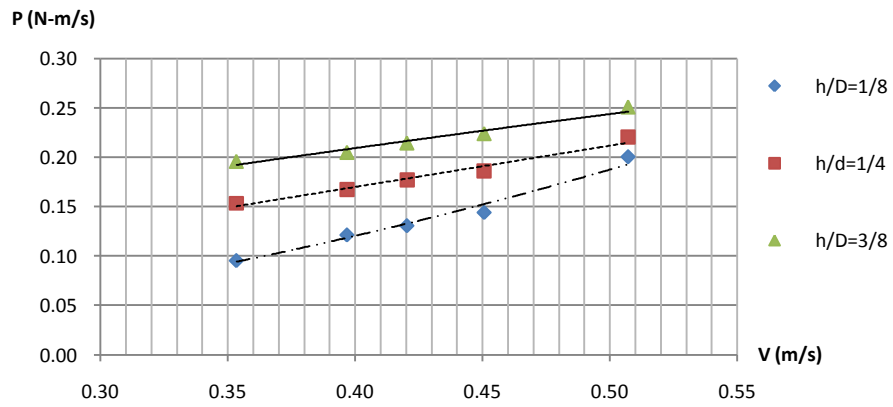
รูปที่ ข.89 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{1}{4}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



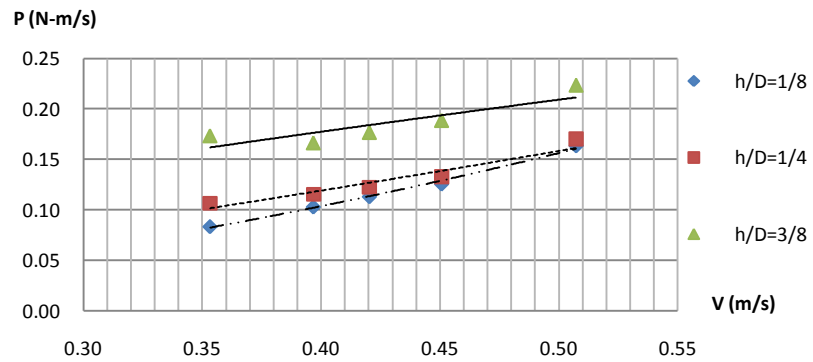
รูปที่ ข.90 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังและแรงบิดกับความเร็วรอบที่ระยะจมนใบพัด $\frac{h}{D} = \frac{3}{8}$ มุมใบพัด 30° ที่ความเร็วน้ำ 0.5072 m/s



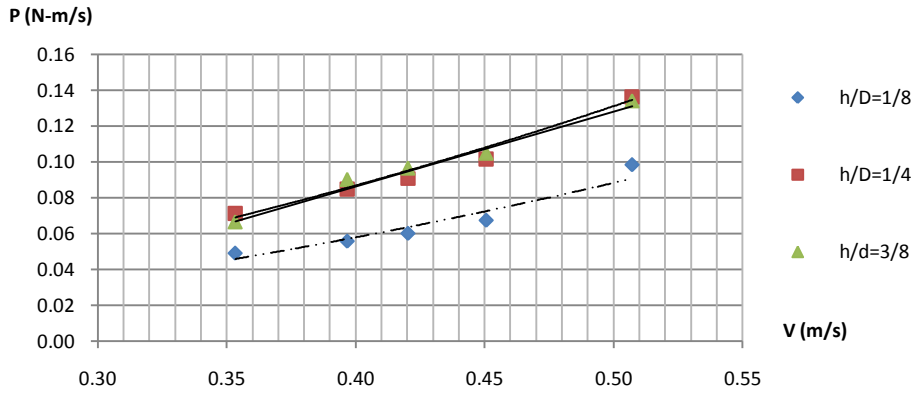
รูปที่ ข.91 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 90°



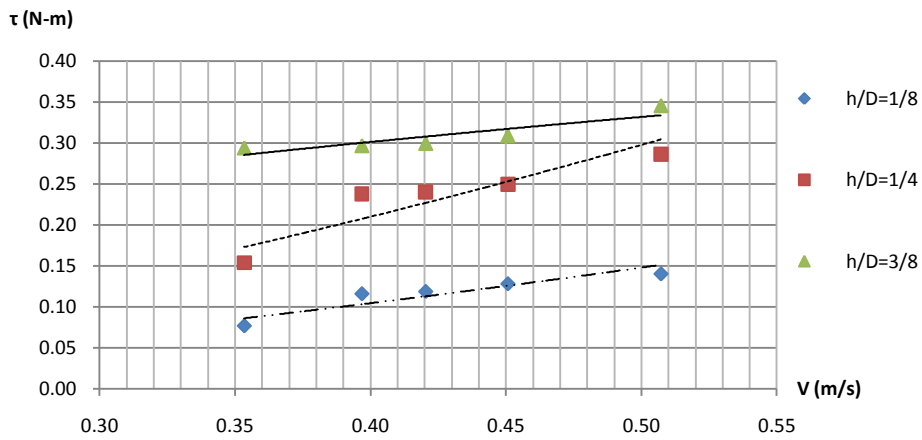
รูปที่ ข.92 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 60°



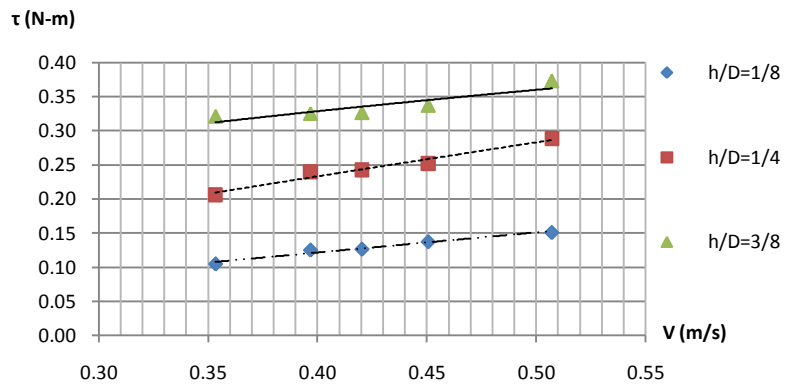
รูปที่ ข.93 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 45°



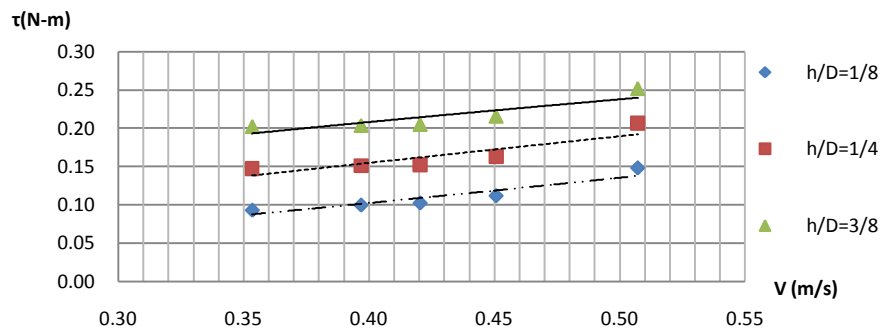
รูปที่ ๙.๙4 ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 30°



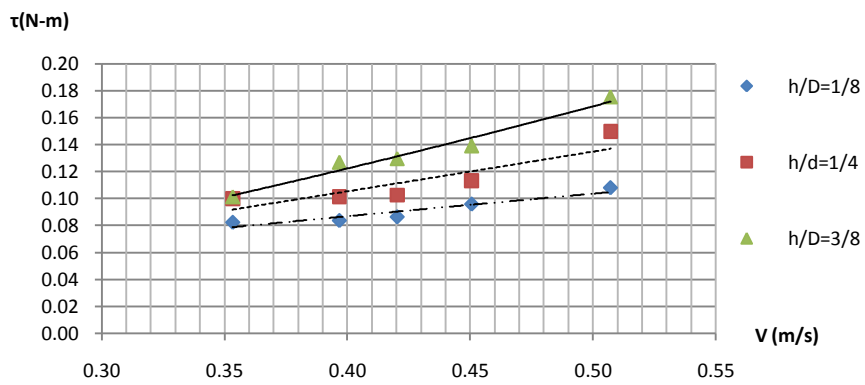
รูปที่ ๙.๙5 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่กำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 90°



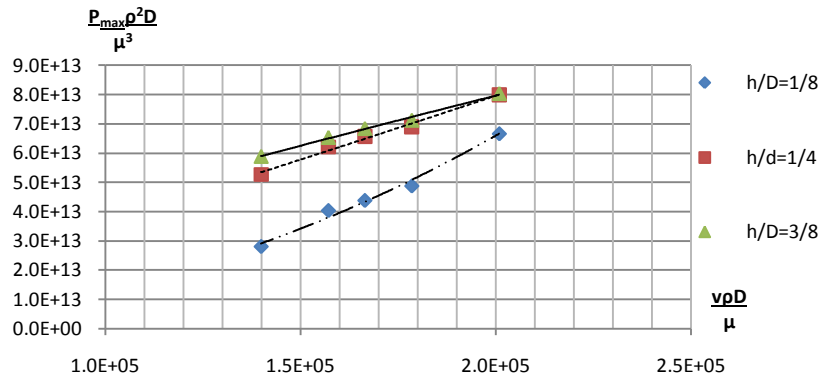
รูปที่ ๙.๙6 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่กำลังสูงสุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 60°



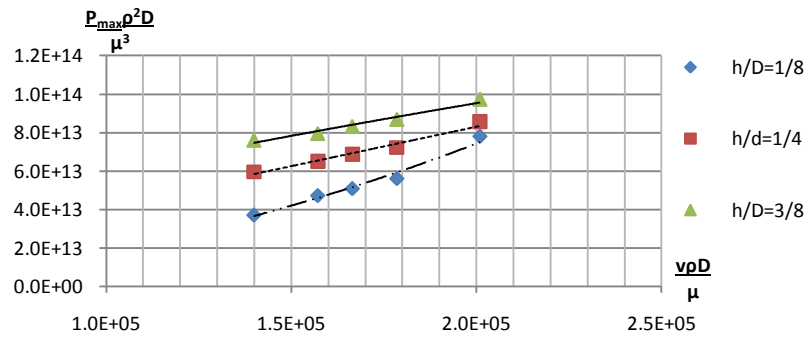
รูปที่ ๙.๙7 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่กำลังสูงที่สุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 45°



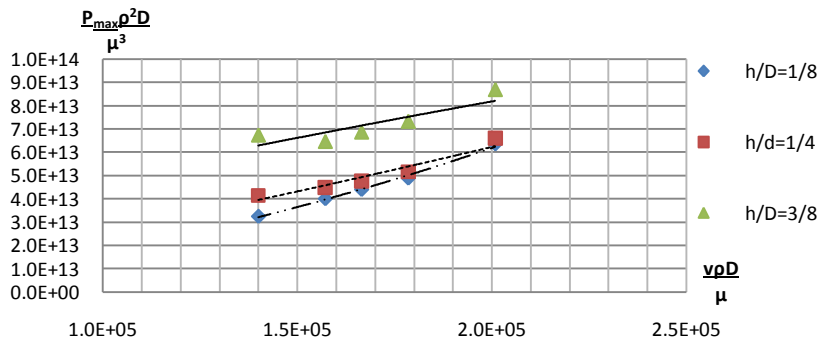
รูปที่ ๙.๙8 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดที่กำลังสูงที่สุดกับความเร็วของกระแสน้ำที่มุมใบพัด 30°



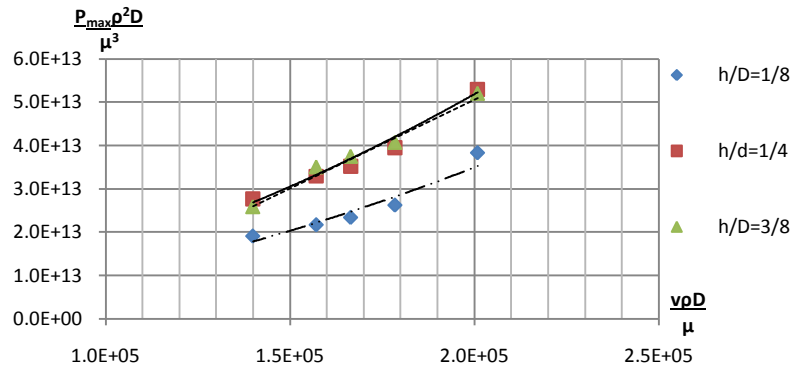
รูปที่ ข.99 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2 D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°



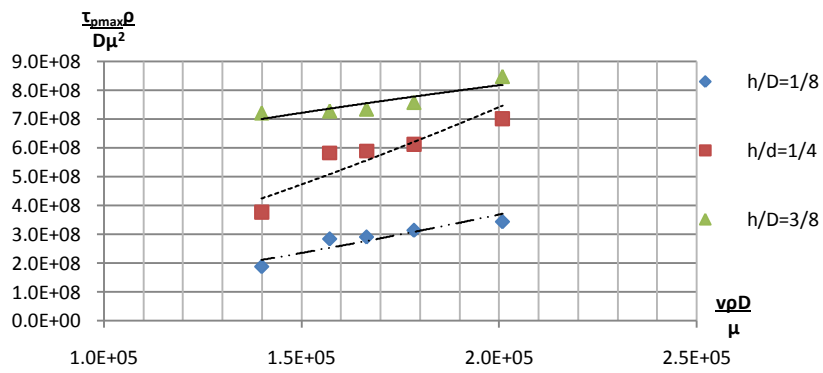
รูปที่ ข.100 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2 D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°



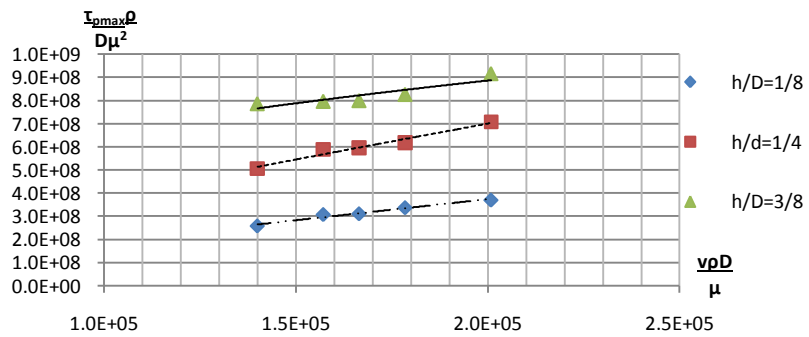
รูปที่ ข.101 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2 D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°



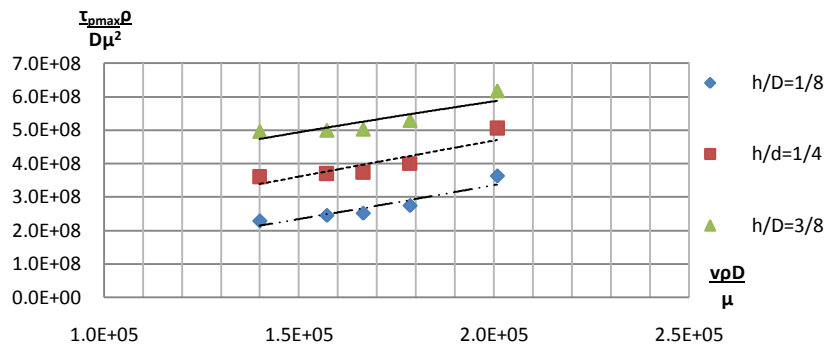
รูปที่ ข.102 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{P\rho^2 D}{\mu^3}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°



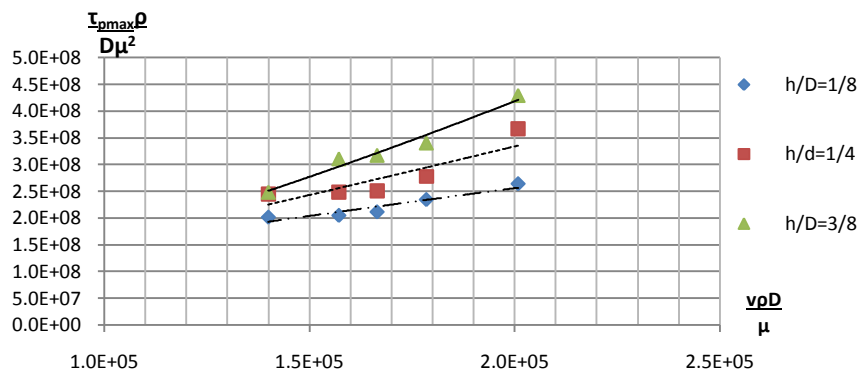
รูปที่ ข.103 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 90°



รูปที่ ข.104 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau\rho}{D\mu^2}$ กับ $\frac{v\rho D}{\mu}$ ที่มุมใบพัด 60°



รูปที่ ข.105 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau \rho}{D \mu^2}$ กับ $\frac{v \rho D}{\mu}$ ที่มุมไบพัด 45°



รูปที่ ข.106 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\frac{\tau \rho}{D \mu^2}$ กับ $\frac{v \rho D}{\mu}$ ที่มุมไบพัด 30°