หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

การศึกษาวิจัยนี้ เป็นการวิจัยว่า ใบพัดซึ่งมีมุมใบพัดเท่าไรจึงจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าใบพัดแบบเดิมซึ่งใช้กันอยู่ในนากุ้ง โดยการนำแบบจำลองใบพัดซึ่งย่อมาตราส่วนมาจากใบพัดของจริงมาทำการทดลองสูบน้ำที่ค่าเฮดต่าง ๆ และวัดค่าเฮด ความเร็วการไหลของน้ำ และแรงบิดที่เพลา นำข้อมูลไปทำการวิเคราะห์แล้วทำการออกแบบมุมใบพัดใหม่อีก 3 แบบ ซึ่งใบพัดแบบหนึ่งจะใช้วัสดุ 2 ชนิด คือ อลูมิเนียม และทองเหลือง นำเอาใบพัดแต่ละตัวมาทำการสูบน้ำที่เฮดต่าง ๆ แล้วทำการวัดค่าเฮด ความเร็วการไหลของน้ำ และแรงบิดที่เพลา แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์

4.1 วิธีการวิเคราะห์

ประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

$$e = \frac{Q\gamma H}{74.839 \times 9.81\ P_{in}}$$

Q = อัตราการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ, ลบ.ม./วินาที

γ = น้ำหนักจำเพาะของน้ำ, นิวตัน/ลบ.ม.

H = เฮดของน้ำในรางส่งน้ำ, เมตร

P_{in} = กำลังงานที่เพลา, กำลังม้า

(1 กำลังม้า = 74.839 × 9.81 นิวตัน - เมตร/วินาที)

ค่าต่าง ๆ ในตารางข้อมูลและผลการคำนวณหาประสิทธิภาพของใบพัดแต่ละแบบ ในภาคผนวก ก.1 สามารถแยกอธิบายได้ดังนี้

ช่องที่ 1 เป็นค่าเฮดซึ่งได้จากการวัดระดับน้ำในเครื่องวัดแบบกระบอกแก้ว

ช่องที่ 2 เป็นอัตราการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ ซึ่งได้มาจากตารางในภาคผนวก ก.3

ช่องที่ 3 เป็นกำลังงานที่ได้จากเครื่องสูบน้ำ, กำลังม้า

$$P_{out} = \frac{Q\gamma H}{74.839 \times 9.81}$$

I 17025774

ช่องที่ 4 เป็นค่าแรงที่เบรคเพลา โดยวัดจากเครื่องชั่งสปริงซึ่งติดตั้งอยู่กับFriction brake

ช่องที่ 5 เป็นความยาวแขนของแรงซึ่งใช้เบรคเพลา โดยวัดระยะจากเครื่องชั่งสปริง ถึงจุดศูนย์กลางของเพลา

ช่องที่ 6 เป็นกำลังงานที่เพลา, กำลังม้า

คำนวณจาก $P_{in} = \frac{F.r.2\P N}{74.839 \times 9.81}$

ช่องที่ 7 เป็นประสิทธิภาพของเครื่องสูบน้ำ

คำนวณจาก $e = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$

ค่าต่าง ๆ ในตารางข้อมูลและผลการคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ ในภาคผนวก ก.2 สามารถแยกอธิบายได้ดังนี้

ช่องที่ 1 เป็นค่าเฮด ได้จากการวัดระดับน้ำในเครื่องวัดแบบกระบอกแก้ว

ช่องที่ 2 เป็นพื้นที่หน้าตัดการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ, ตารางเมตร

คำนวณจาก $A = BH$

โดย B = ความกว้างขวางของรางส่งน้ำ = 0.30 เมตร

ช่องที่ 3 เป็นความแตกต่างระหว่างความสูงของน้ำใน Pitot tube ซึ่งทำการวัดที่ตำแหน่ง L

ช่องที่ 4 เป็นความแตกต่างระหว่างความสูงของน้ำใน Pitot tube ซึ่งทำการวัดที่ตำแหน่ง C

ช่องที่ 5 เป็นความแตกต่างระหว่างความสูงของน้ำใน Pitot tube ซึ่งทำการวัดที่ตำแหน่ง R

ช่องที่ 6 เป็นค่าเฉลี่ยของความแตกต่างระหว่างความสูงของน้ำใน Pitot tube

คำนวณจาก $h_{ave} = \frac{h_L+h_C+h_R}{3}$

ช่องที่ 7 เป็นค่าความเร็วการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ, เมตร/วินาที

ช่องที่ 8 เป็นค่าอัตราการไหลของน้ำในรางส่งน้ำ, ลบ.ม./วินาที

4.2 ผลการทดลองซึ่งใช้ใบพัดแบบเดิม

ผลจากการทดลองซึ่งใช้แบบจำลองใบพัดซึ่งย่อส่วนมาจากแบบเดิม มีข้อมูลรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก.1 ผลที่ได้จากตารางภาคผนวก ก.1 สามารถนำมาลากเส้นโค้งได้ดังรูปที่ ก.13 ซึ่งจะเห็นได้ว่า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 13.55% เมื่อทำการสูบน้ำที่เฮด 0.120 เมตร

ที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 13.60% เมื่อทำการสูบน้ำที่เฮด 0.135 เมตร

ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที ได้ประสิทธิภาพสูงสุด 13.50% เมื่อทำการสูบน้ำที่เฮด 0.177 เมตร

เมื่อพิจารณาจากเส้น contour ของประสิทธิภาพ จะเห็นว่าค่าประสิทธิภาพสูงสุดของแต่ละความเร็วรอบ มีแนวโน้มว่าจะสูงขึ้น ถ้าใช้ความเร็วรอบต่ำกว่า 1,800 รอบ/นาที และสูบน้ำที่ค่าเฮดต่ำกว่า 0.120 เมตร

ดังนั้น จึงควรทำการออกแบบใบพัดใหม่ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นที่ค่าเฮดสูง ๆ

4.3 <u>การคำนวณออกแบบใบพัด</u>

โดยทั่วไปแล้วการสูบน้ำเข้านากุ้ง จะมีค่าเฮดไม่เกิน 1.00 เมตร ดังนั้นค่าเฮดที่จะนำมาคำนวณออกแบบมุมใบพัดใหม่ จึงใช้ค่าเฮดเฉลี่ยเท่ากับ 0.50 เมตร ดังนั้นแบบจำลองที่ใช้สูบน้ำจึงใช้ค่าเฮดเท่ากับ 0.15 เมตร (L_r = 10/3)

จากรูปที่ ก.5 ที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที ค่า H = 0.15 เมตร ใช้กำลังงานขับใบพัดแบบเดิมเท่ากับ 0.267 กำลังม้า

ถ้าต้องการให้ใบพัดที่ออกแบบใหม่มีประสิทธิภาพ 30% ที่ค่า H = 0.15 เมตร โดยใช้กำลังงานเท่าเดิม ควรได้อัตราการไหลจากสูตร

$$e = \frac{Q\rho H}{74.839\ P}$$

โดยที่ค่า ρ หาได้จากการนำเอาน้ำมาใส่กระบอกตวงปริมาตรแล้วนำเอามาชั่งหาน้ำหนักซึ่งคำนวณหาจาก

$$\rho = \frac{(\text{น.น.กระบอกตวง+น.น.น้ำ})-\text{น.น.กระบอกตวง}}{\text{ปริมาตรของน้ำในกระบอกตวง}}$$

$$= \frac{1225.2 - 327.3}{900} \quad \text{กรัม/ลบ.ซม.}$$

$$= 0.997667 \quad \text{กรัม/ลบ.ซม.}$$

$$= 997.667 \quad \text{กก./ลบ.ม.}$$

ดังนั้น $Q = \frac{74.839\ eP}{\rho H}$

$$= \frac{74.839 \times 0.30 \times 0.267}{997.667 \times 0.15}$$

$$= 0.040057 \quad \text{ลบ.ม./วินาที}$$

ความเร็วของน้ำตามแนวแกน, $Va = \frac{Q}{\P D^2/4}$

$$= \frac{0.040057}{\P(0.1524)^2/4}$$

$$= 2.19593$$

ที่ขอบในของใบพัด (D = 1 นิ้ว = 0.0254 เมตร)

ความเร็วรอบใบพัด, $u_1 = \frac{\P DN}{60}$

$$= \frac{\P \times 0.0254 \times 2,000}{60}$$

$$= 2.65988 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

มุมใบพัดด้านทางเข้า $\beta_1 = \tan^{-1}(\frac{V_a}{u_1})$

$$= \tan^{-1}(\frac{2.19593}{2.65988})$$

$$= 39.54^\circ$$

ถ้าให้ประสิทธิภาพเชิงชลศาสตร์ของใบพัด, e_h = 0.80

$$e_h = \frac{H.g}{U_2\ V_{u2}}$$

$$V_{u2} = \frac{H.g}{e_h\ U_2}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= \frac{0.15 \times 9.81}{0.80 \times 2.65988}$$

$$= 0.69153 \quad \text{เมตร/วินาที}$$

มุมใบพัดด้านทางออก, $\beta_2 = \tan^{-1}\left(\frac{V_a}{U_2 - V_{u2}}\right)$

$$= \tan^{-1}\left(\frac{2.19593}{2.65988 - 0.69153}\right)$$

$$= 48.13^\circ$$

โดยใช้หลักการคำนวณดังกล่าวเราก็สามารถหามุมใบพัดที่ตำแหน่ง D ค่าอื่นได้ดังนี้คือ

ที่ D = 2 นิ้ว = 0.0508 เมตร

ได้ β_1 = 22.43

β_2 = 23.82

ที่ D = 3 นิ้ว = 0.0762 เมตร

ได้ β_1 = 15.39

β_2 = 15.82

ที่ D = 5 นิ้ว = 0.127 เมตร

ได้ $\beta_1 = 9.38^\circ$

$\beta_2 = 7.87^\circ$

ซึ่งตารางแสดงการคำนวณออกแบบมุมใบพัดอยู่ในภาคผนวก ข

4.4 การทดลองซึ่งใช้ใบพัดที่ออกแบบขึ้นใหม่

ผลที่ได้จากการทดลอง มีข้อมูลรายละเอียดดังแสดงไว้ในตารางภาคผนวก ก.2 ซึ่งสามารถนำมาลากเส้นโค้งเปรียบเทียบกับมุมใบพัดแบบเดิม ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 จะเห็นได้ว่า

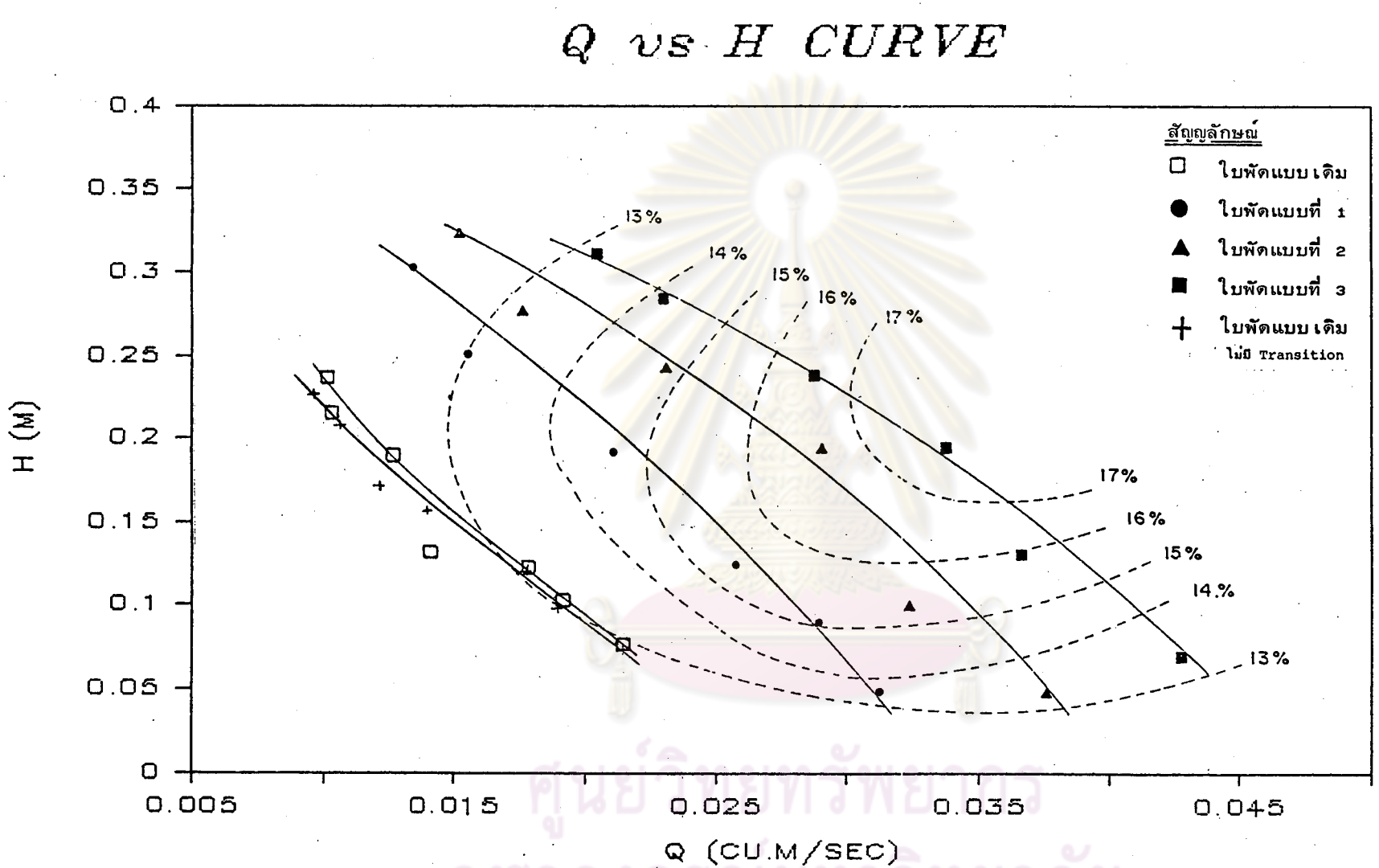
ที่ความเร็วรอบ 1,800 รอบ/นาที

ใบพัดแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงสุด 15.80% ที่ค่า H = 0.131 เมตร

ใบพัดแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงสุด 16.65% ที่ค่า H = 0.177 เมตร

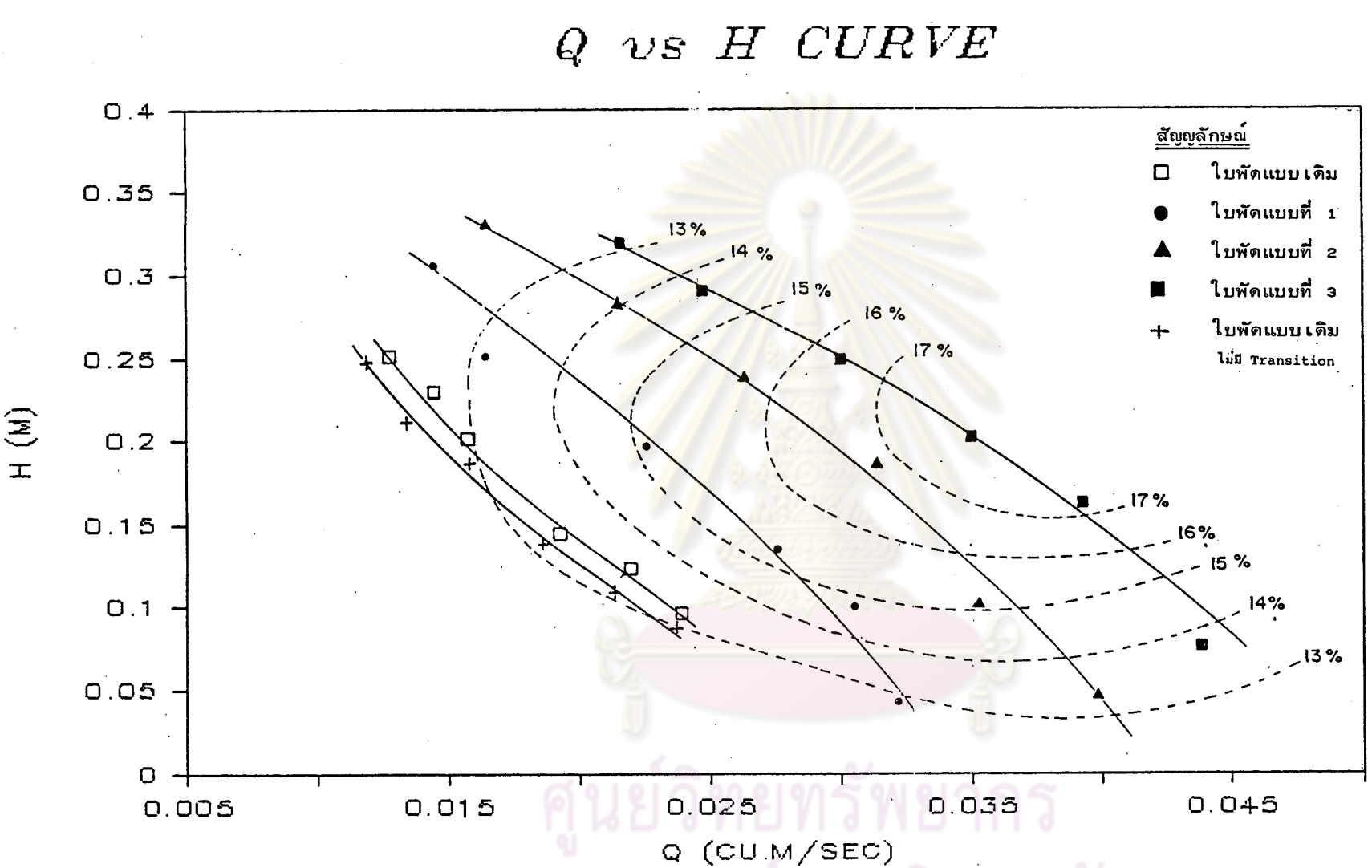
ใบพัดแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด 18.80% ที่ค่า H = 0.200 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



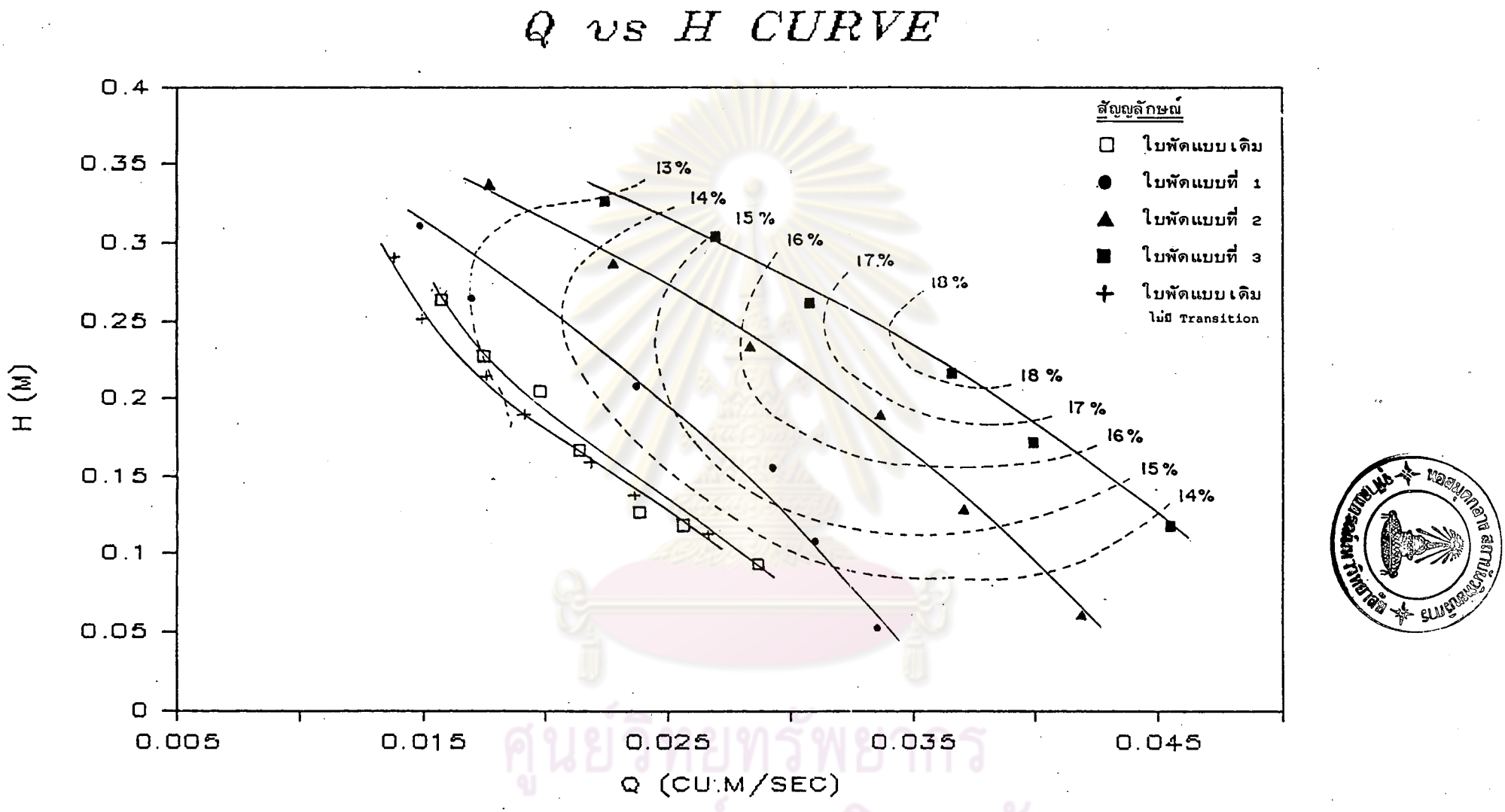
รูปที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเฮดของใบพัดแบบต่าง ๆ โดยมี

เส้น contour ของประสิทธิภาพร่วมอยู่ด้วย (ความเร็วรอบ 1800 รอบ/นาที)



รูปที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเฮดของใบพัดแบบต่าง ๆ โดยมี

เส้น contour ของประสิทธิภาพร่วมอยู่ด้วย (ความเร็วรอบ 2000 รอบ/นาที)



รูปที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับเฮดของใบพัดแบบต่าง ๆ โดยมีเส้น contour ของประสิทธิภาพร่วมอยู่ด้วย (ความเร็วรอบ 2200 รอบ/นาที)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ที่ความเร็วรอบ 2,000 รอบ/นาที

ใบพัดแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงสุด 15.7% ที่ค่า H = 0.146 เมตร

ใบพัดแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงสุด 16.75% ที่ค่า H = 0.180 เมตร

ใบพัดแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด 18.15% ที่ค่า H = 0.202 เมตร

ที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที

ใบพัดแบบที่ 1 มีประสิทธิภาพสูงสุด 15.40% ที่ค่า H = 0.157 เมตร

ใบพัดแบบที่ 2 มีประสิทธิภาพสูงสุด 16.60% ที่ค่า H = 0.193 เมตร

ใบพัดแบบที่ 3 มีประสิทธิภาพสูงสุด 18.35% ที่ค่า H = 0.217 เมตร

ซึ่งสามารถสรุปผลได้ว่า ใบพัดซึ่งมีค่ามุมใบพัด (Blade angle) มาก จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าเฮดสูง ใบพัดซึ่งมีค่ามุมใบพัด (Blade angle) น้อย จะให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าเฮดต่ำ

แต่ในการสูบน้ำเข้านากุ้ง เครื่องสูบน้ำตัวต้นแบบจะใช้งานที่ค่าเฮดไม่เกิน 1.00 เมตร ดังนั้นจึงควรใช้ใบพัดซึ่งให้ประสิทธิภาพสูงสุดที่ค่าเฮดระหว่าง 0 ถึง 1 ค่าเฮดในแบบจำลองจึงเป็น 0 ถึง 0.30 เมตร พิจารณาจากรูปที่ 4.1 ถึง 4.3 จะเห็นว่าใบพัดแบบที่ 3 ให้ประสิทธิภาพดีที่สุดที่ความเร็วรอบ 2,200 รอบ/นาที

4.5 <u>ผลการศึกษาเปรียบเทียบการใช้ใบพัดที่สร้างจากวัสดุแบบต่าง ๆ</u>

สำหรับการศึกษาเรื่องการเกิด Cavitation ขึ้นที่ใบพัดนั้น ได้ทำการนำเอาใบพัดแต่ละตัวมาชั่งน.น. เปรียบเทียบดูว่าก่อนและหลังการทดลอง ใบพัดแต่ละตัวสึกกร่อนไปมากน้อยแค่ไหน โดยใช้เวลาการทดลองตัวละประมาณ 20 ชม. ปรากฏว่าไม่สามารถวัดผลได้ว่าใบพัดแบบใดสึกกร่อนไปเนื่องจากเกิด Cavitation (ข้อมูลการชั่งน้ำหนักหาความสึกกร่อนเนื่องจากการเกิด Cavitation แสดงไว้ในภาคผนวก ค.)