

## บทที่ 5

### ผลที่ได้จากการศึกษาวิจัย

จากผลการศึกษาลักษณะการไหลของน้ำผ่านฝายสันวงกลม จากแบบจำลองฝายสันวง - กลมจำนวน 7 แบบ และ ฝายโอก็จำนวน 1 แบบ ที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64 - 8.83 ลิตร/วินาที ได้แบ่งผลที่ได้จากการศึกษาวิจัยเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

1. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม และ การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำผ่านฝาย ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของฝายสันวงกลม คือ รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) , มุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) , ความสูงฝาย ( $P$ ) และ การเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล ( $Q$ ) ที่มีผลกระทบต่อค่า  $C_d$

2. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม ได้แก่การเปลี่ยนแปลงค่า รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) , มุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) , ความสูงฝาย ( $P$ ) ที่มีผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงลักษณะการกระจายความเร็วการไหลของน้ำ

3. ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม ได้แก่การเปลี่ยนแปลงค่า รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) , มุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) , ความสูงฝาย ( $P$ ) และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล ( $Q$ ) ที่มีผลกระทบต่อค่าความดันและแรงดันน้ำ ที่กระทำต่อตัวฝาย

4. การเปรียบเทียบคุณสมบัติทางชลศาสตร์ ระหว่างฝายสันวงกลม และ ฝายโอก็

5. การเสนอแนะในการออกแบบพารามิเตอร์คุณลักษณะทางกายภาพของฝายสันวงกลม

สำหรับผลการศึกษาวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้คือ

### 5.1 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม และการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหลของน้ำผ่านฝาย ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ )

ได้ทำการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลม จำนวน 7 แบบ และแบบจำลองฝายโอเก้ จำนวน 1 แบบ โดยเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหล ( $Q$ ) อยู่ระหว่าง 0.64 ลิตร /วินาที ถึง 8.83 ลิตร/วินาที จำนวน 19 ค่า ผลการทดลองและผลการคำนวณทั้งหมดได้รวบรวมไว้ที่ ภาคผนวก ก สำหรับผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้ คือ

#### 5.1.1 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่ารัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ )

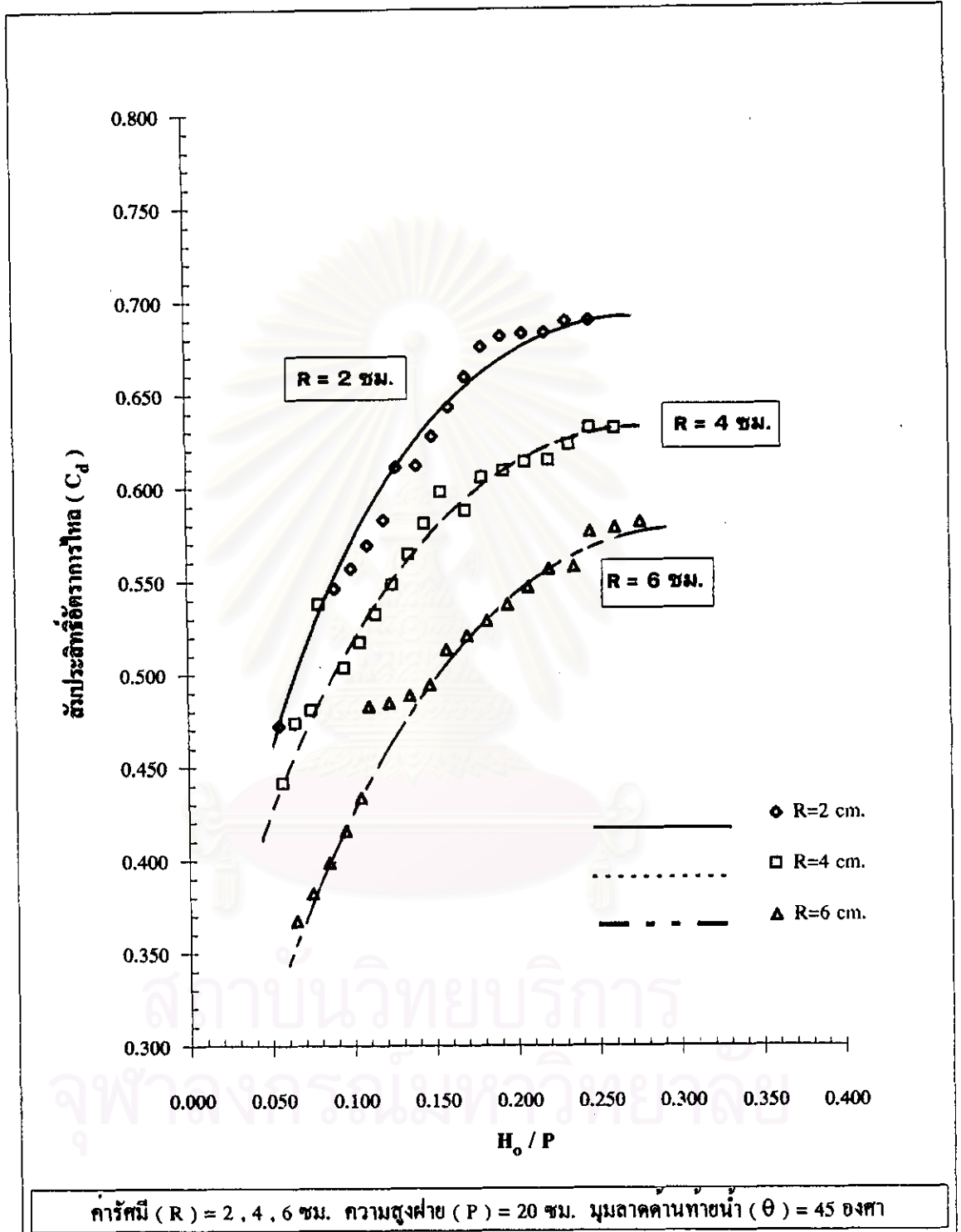
จากการทดลองแบบจำลองฝายสันวงกลมจำนวน 3 แบบดังนี้

No.	ความสูง ฝาย (P) ( ซม.)	ลาดค้ำท้าย น้ำ ( $\theta$ ) ( องศา)	รัศมีวงกลม (R) ( ซม.)	หมายเหตุ
1	20	45	2	ดูรูป 5 - 1 ประกอบ
2	20	45	4	
3	20	45	6	

ตาราง 5 - 1 แสดงมิติแบบจำลองฝายสันวงกลมที่เปลี่ยนแปลงค่ารัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ )

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $H_0 / P$  กับ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) (ดูรูป 5 - 1 ประกอบ) โดยมีค่า  $H_0 / P$  อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.30 พบว่า

แบบจำลองฝายสันวงกลมที่มีค่ารัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) = 2 ซม. มีค่า  $C_d$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า  $R = 4$  ซม. และฝายสันวงกลมที่มีค่า  $R = 4$  ซม. มีค่า  $C_d$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า  $R$  เท่ากับ 6 ซม. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่ารัศมีวงกลมสันฝายมีผลต่อค่า  $C_d$  ค่ารัศมีที่เพิ่มขึ้นทำให้ผิวสัมผัสระหว่างน้ำ และผิวสันฝายเพิ่มขึ้น เกิดแรงต้านทานการไหลสูงขึ้นทำให้ค่า  $C_d$  น้อยลง



รูป 5 - 1 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราไหล ( $C_d$ ) ของฝ้ายต้นวงกลม กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออกแบบ ต่อ ความสูงฝ้าย ( $H_o / P$ ) โดยเปลี่ยนแปลงค่ารัศมีวงกลมต้นฝ้าย ( $R$ )

5.1.2 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ ( $C_d$ )

จากผลการทดลองแบบจำลองฝายสันวงกลม จำนวน 3 แบบ ดังนี้คือ

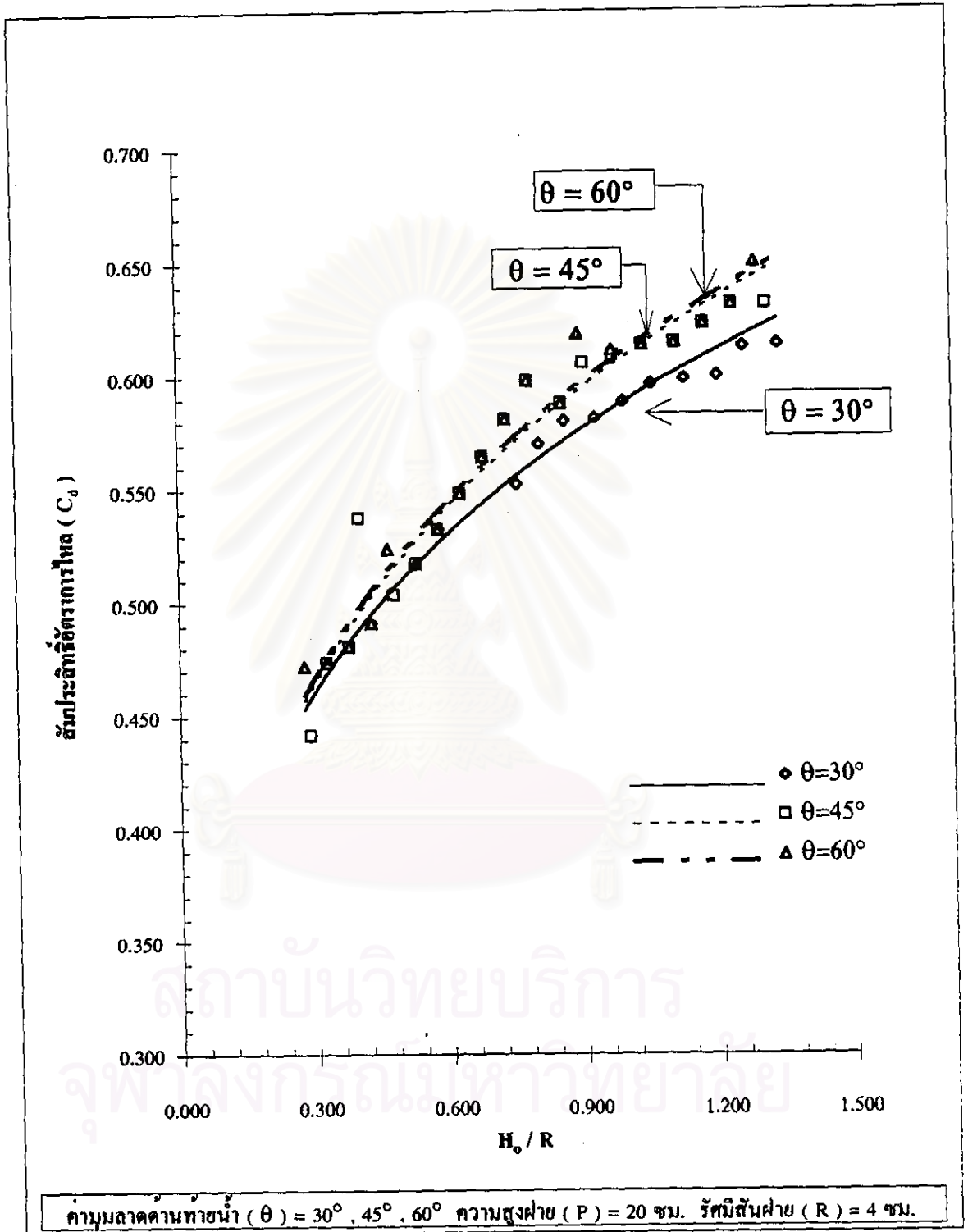
No.	ความสูง ฝาย (P) ( ซม.)	รัศมีวงกลม (R) ( ซม.)	มุมลาดด้านท้าย น้ำ ( $\theta$ ) ( องศา)	หมายเหตุ
1	20	4	30	รูป 5 - 2 ประกอบ
2	20	4	45	
3	20	4	60	

ตาราง 5 - 2 มิติแบบจำลองฝายสันวงกลมที่เปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ )

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $H_0 / R$  กับ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ ( $C_d$ ) (รูป 5 - 2 ประกอบ) โดยมีค่า  $H_0 / R$  อยู่ระหว่าง 0.275 ถึง 1.335 พบว่า

ที่ค่า  $H_0 / R$  ระหว่าง 0.275-0.75 ฝายสันวงกลมที่มีค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) เท่ากับ  $60^\circ$  มีค่า  $C_d$  ใกล้เคียงกันกับ ค่า  $C_d$  ของฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 45^\circ$  และ  $\theta = 30^\circ$  ตามลำดับ และฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 45^\circ$  มีค่า  $C_d$  ใกล้เคียงกับค่า  $C_d$  ของฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 30^\circ$  แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำมีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ ( $C_d$ ) น้อยมาก

ที่ค่า  $H_0 / R$  ระหว่าง 0.75-1.335 ฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 60^\circ$  ยังคงมีค่า  $C_d$  ใกล้เคียงกับฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 45^\circ$  ฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 60^\circ$  มีค่า  $C_d$  สูงกว่าค่า  $C_d$  ของฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 30^\circ$  และฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 45^\circ$  มีค่า  $C_d$  สูงกว่าค่า  $C_d$  ของฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 30^\circ$  แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) จากค่าความลาดชันมาก ( $\theta = 60^\circ$ ) และค่าความลาดชันปานกลาง ( $\theta = 45^\circ$ ) ลดลงเป็นค่าความลาดชันน้อย ( $\theta = 30^\circ$ ) มีผลทำให้ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ ( $C_d$ ) ลดลง และการเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ จากค่าความลาดชันปานกลาง ( $\theta = 45^\circ$ ) เพิ่มขึ้นเป็นค่าความลาดชันมาก ( $\theta = 60^\circ$ ) มีผลกระทบต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ ( $C_d$ ) น้อยมาก



รูป 5 - 2 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ของฝ้ายด้านวงกลม กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออกแบบ ต่อ รัศมีสันฝ้าย (  $H_o/R$  ) โดยเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท่ายน้ำ (  $\theta$  )

### 5.1.3 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ค่าความสูงฝาย ( P ) ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ )

จากการทดลองแบบจำลองฝายสันวงกลมจำนวน 3 แบบดังนี้

No.	ความสูง ฝาย ( P ) ( ซม. )	ลาดด้านท้าย น้ำ ( $\theta$ ) ( องศา )	รัศมีวงกลม ( R ) ( ซม. )	หมายเหตุ
1	15	45	4	ดูรูป 3 - 3 ประกอบ
2	20	45	4	
3	25	45	4	

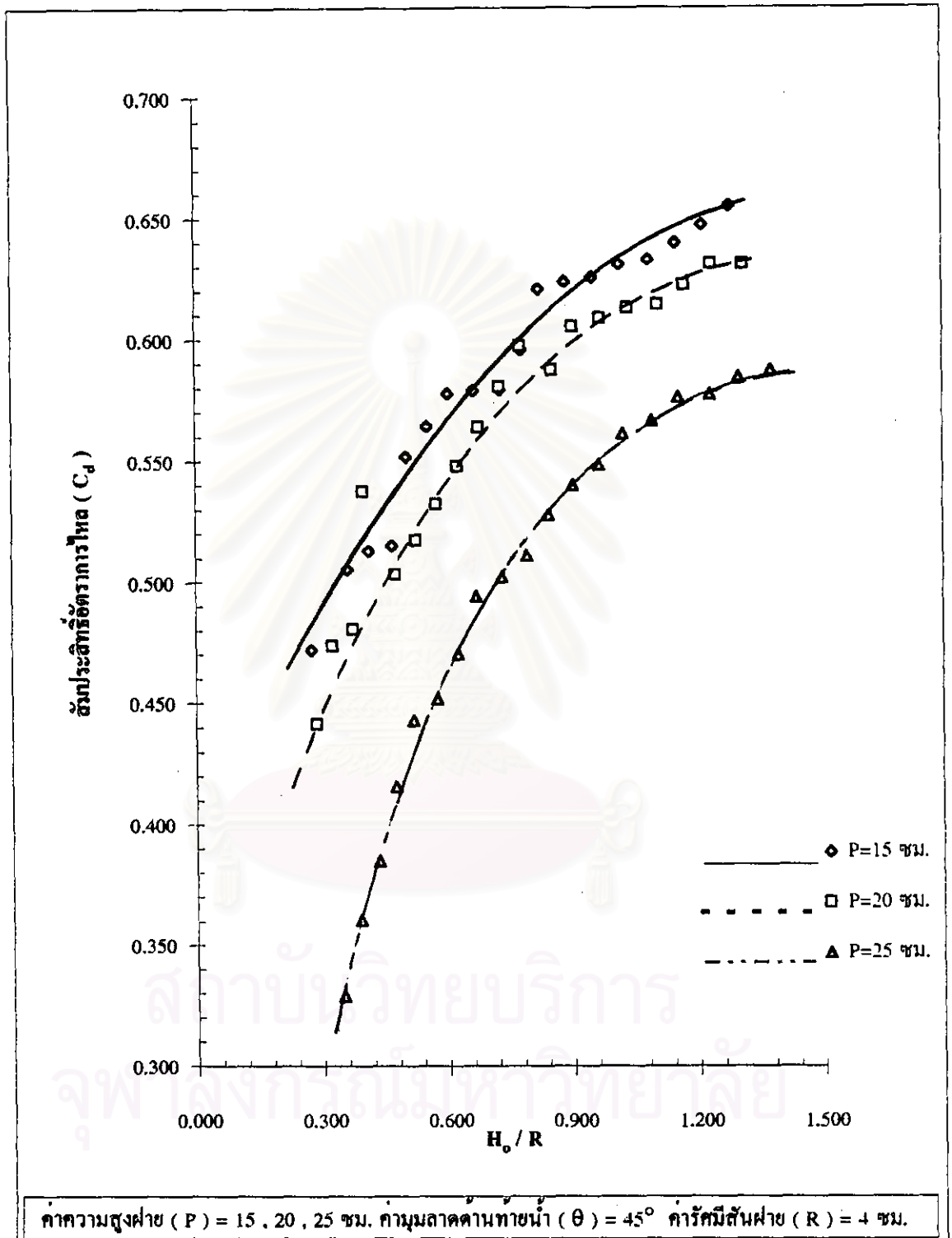
ตาราง 5 - 3 มิติแบบจำลองฝายสันวงกลมที่เปลี่ยนแปลงค่าความสูงฝาย ( P )

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $H_0 / R$  กับ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (  $C_d$  ) ( ดูรูป 5 - 3 ประกอบ ) โดยมีค่า  $H_0 / R$  อยู่ระหว่าง 0.30 ถึง 1.275 พบว่า

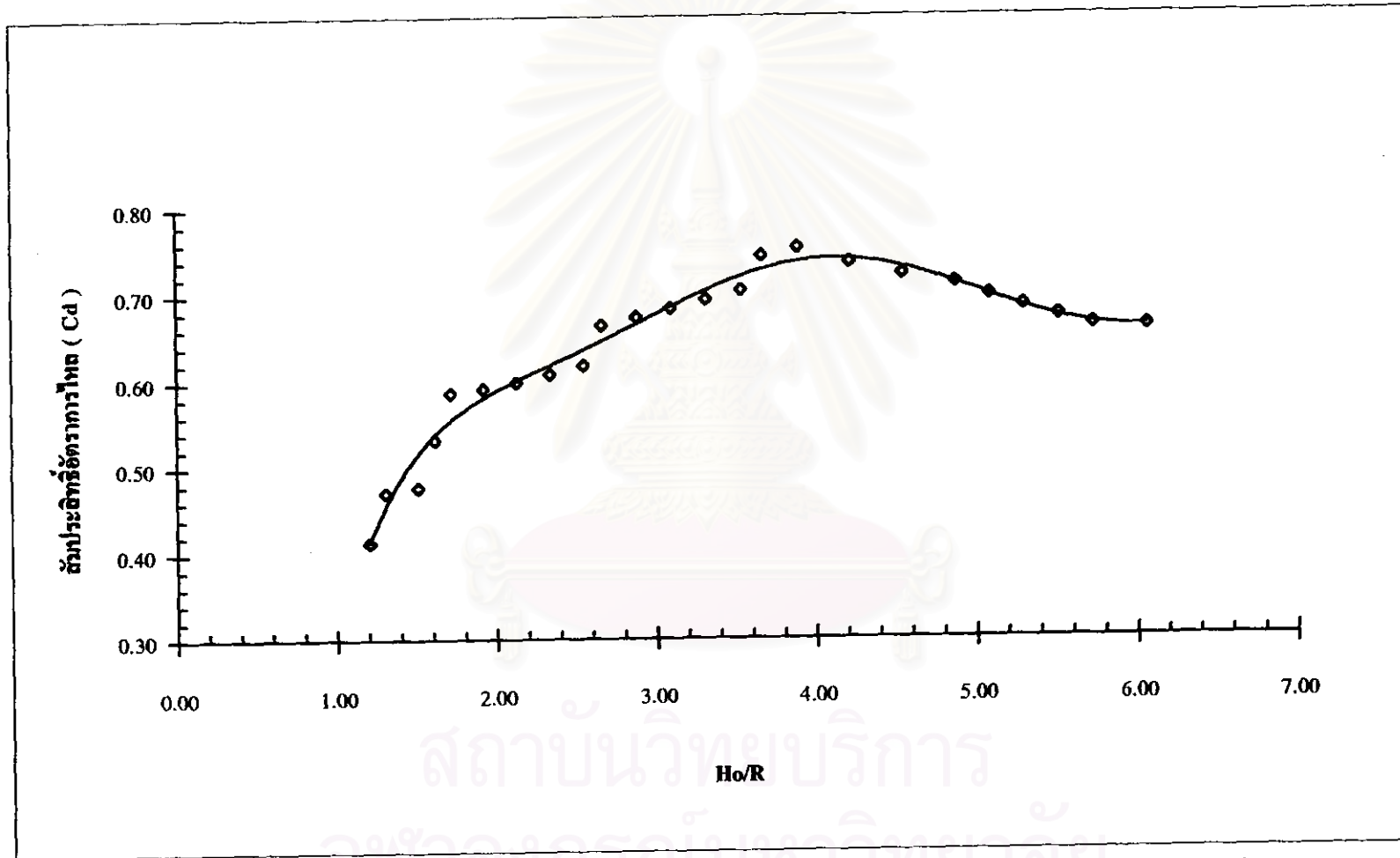
แบบจำลองฝายสันวงกลมที่มีค่าความสูงฝาย ( P ) = 15 ซม. มีค่า  $C_d$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า P = 20 ซม. และฝายสันวงกลมที่มีค่า P = 20 ซม. มีค่า  $C_d$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า P = 25 ซม. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงความสูงฝาย มีผลต่อค่า  $C_d$  ความสูงฝายที่เพิ่มขึ้นจะทำให้การไหลของน้ำผ่านฝายมีการสูญเสียพลังงานเพิ่มขึ้นทำให้ค่า  $C_d$  น้อยลง

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงค่า  $C_d$  เมื่อค่า  $H_0 / R$  อยู่ในช่วงกว้างมากขึ้น โดยใช้แบบจำลองฝายสันวงกลมที่มีค่า P = 5 ซม. , R = 1 ซม. ,  $\theta = 45^\circ$  ที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64 - 11.34 ลิตร/วินาที จากผลการศึกษาพบว่าค่า  $H_0 / R$  มีค่าระหว่าง 1.20 - 6.00 และจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $C_d$  กับค่า  $H_0 / R$  ( ดูรูป 5- 4 ประกอบ ) เห็นได้ว่า

1. ค่า  $H_0 / R$  มีค่าระหว่าง 1.20 - 3.80 พบว่าเมื่อ ค่า  $H_0 / R$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $C_d$  มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งพฤติกรรมแบบนี้จะเป็นลักษณะการไหลของน้ำผ่านฝายสันวงกลมโดยทั่วไป ซึ่งจะเห็นได้ว่า มีความสอดคล้องกับผลการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลมที่กล่าวไว้ในขั้นต้น



รูปที่ 5 - 3 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ของฝ้ายต้นวงกลม กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออกแบบ ต่อ รัศมีต้นฝ้าย ( $H_o/R$ ) โดยเปลี่ยนแปลงค่าความสูงฝ้าย ( P )



รูป 5. 4 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราไหล ( $C_d$ ) กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออก แบบ ตอร์ควิ่งกลมสันฝ้าย ( $H_o/R$ ) ของฝ้ายสันวงกลมที่มีค่า  $P = 5$  ซม.,  $R = 1$  ซม.,  $\theta = 45^\circ$



2. ค่า  $H_0/R$  มีค่าระหว่าง 3.80 - 6.00 พบว่าเมื่อ ค่า  $H_0/R$  มีค่าเพิ่มขึ้น ค่า  $C_d$  มีแนวโน้มลดลงและมีลักษณะที่เข้าใกล้ค่าคงที่ ซึ่งพฤติกรรมการไหลแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกับการไหลแบบฝายสันคม

5.1.4 ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลง ค่าอัตราการไหล ( $Q$ ) ที่มีต่อค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ )

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $C_d$  กับ ค่าอัตราการไหล ( $Q$ ) (ดูรูป 5 - 5 ประกอบ) ของฝายสันวงกลมทั้ง 7 แบบ พบว่าที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64-8.83 ลิตร/วินาที ค่า  $C_d$  มีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่ออัตราการไหล ( $Q$ ) เพิ่มขึ้น นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าค่า  $C_d$  แบ่งออกเป็นสองส่วน คือ

1. ส่วนที่มีค่ามากกว่าค่า  $C_d$  เฉลี่ย เป็นส่วนที่อยู่เหนือเส้น  $C_d$  เฉลี่ย ได้แก่ฝายสันวงกลมดังนี้

$$P = 20 \text{ ซม.}, \theta = 45^\circ, R = 2 \text{ ซม.}$$

$$P = 20 \text{ ซม.}, \theta = 45^\circ, R = 4 \text{ ซม.}$$

$$P = 20 \text{ ซม.}, \theta = 60^\circ, R = 4 \text{ ซม.}$$

$$P = 15 \text{ ซม.}, \theta = 45^\circ, R = 4 \text{ ซม.}$$

2. ส่วนที่มีค่าน้อยกว่าค่า  $C_d$  เฉลี่ย เป็นส่วนที่อยู่ใต้เส้น  $C_d$  เฉลี่ย ได้แก่ฝายสันวงกลมดังนี้

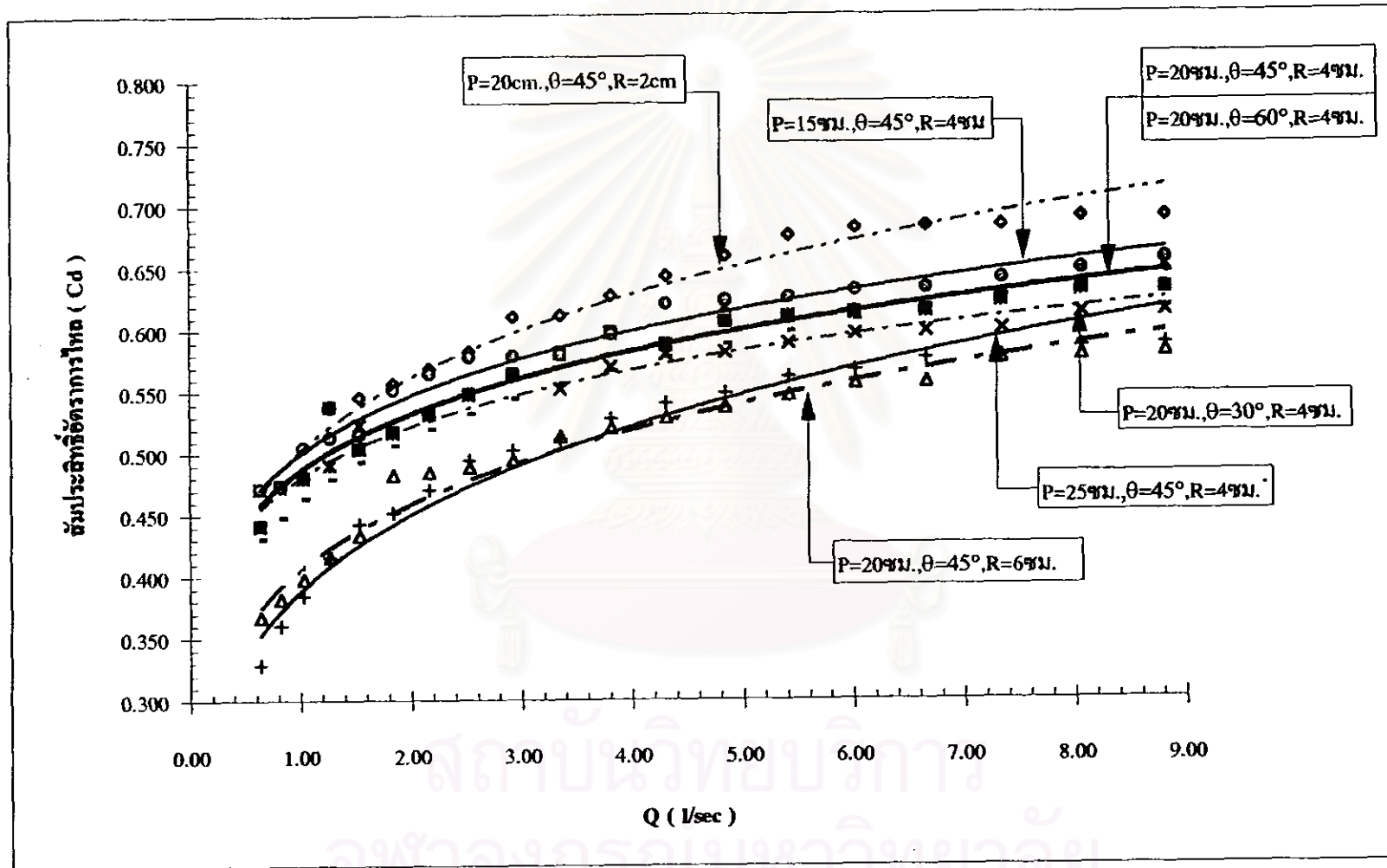
$$P = 20 \text{ ซม.}, \theta = 45^\circ, R = 6 \text{ ซม.}$$

$$P = 20 \text{ ซม.}, \theta = 30^\circ, R = 4 \text{ ซม.}$$

$$P = 25 \text{ ซม.}, \theta = 45^\circ, R = 4 \text{ ซม.}$$

จะเห็นได้ว่า เมื่อค่า  $R$  มีค่าน้อย และ ค่า  $\theta$  มีค่ามาก ค่า  $C_d$  จะมีค่ามากกว่าค่า  $C_d$  เฉลี่ย เนื่องจาก ตัวฝายด้านท้ายน้ำมีลักษณะที่กีดขวางทางน้ำน้อยลงจึงทำให้ค่า  $C_d$  มีค่ามากขึ้น และในทางกลับกันเมื่อค่า  $R$  มีค่ามาก และ ค่า  $\theta$  มีค่าน้อย ค่า  $C_d$  จะมีค่าน้อยกว่าค่า  $C_d$  เฉลี่ย เนื่องจากตัวฝายด้านท้ายน้ำมีลักษณะที่กีดขวางทางน้ำมากขึ้นทำให้ค่า  $C_d$  มีค่าน้อยลง

จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่า  $C_d$  ขึ้นอยู่กับ ค่าอัตราการไหล ( $Q$ ) , ความลึกการไหลเหนือสันฝายด้านเหนือหน้า ( $H$ ) , ลักษณะรูปร่างของฝาย ( $R, \theta, P$ ) เป็นสำคัญ



รูปที่ 5 - 5 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ของสายเส้นวงกลม กับ ค่าอัตราการไหล ( $Q$ )

5.1.5 สมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) กับคุณลักษณะทางกายภาพของฝาย ได้แก่ ค่าความสูงฝาย (  $P$  ) , รัศมีวงกลมสันฝาย (  $R$  ) , มุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) , และอัตราการใช้ (  $Q$  ) โดยกำหนดให้อยู่ในรูป หัวพลังงานออกแบบ (  $H_o$  )

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) กับ ลักษณะทางกายภาพของฝายสันวงกลม รวม 7 แบบ โดยการวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์ ( Regression and Correlation Analysis ) ได้เสนอสมการความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) กับ คุณลักษณะทางกายภาพ ของฝายสันวงกลม (ดูตาราง 5 - 4 ประกอบ) จำนวน 6 สมการ และได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องของสมการทั้ง 6 สมการ โดยการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการแต่ละสมการ กับค่า  $C_d$  ที่ได้จากผลการทดลอง ( ดูรูป 5 - 6 ถึง 5 - 11 ประกอบ ) โดยใช้เส้นตรงทำมุม 45 องศา ตามมาตราส่วนแกน X และ แกน Y ถ้าหากค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน ค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการจะมีการกระจายเข้าใกล้เส้นตรง 45° ดังกล่าวมากที่สุด พร้อมกันนี้ได้ทำการตรวจสอบโดยวิธี " Chi - Square Test " ของแต่ละสมการเพื่อหาว่าสมการใดมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้คำนวณค่า  $C_d$  อีกด้วย ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้คือ

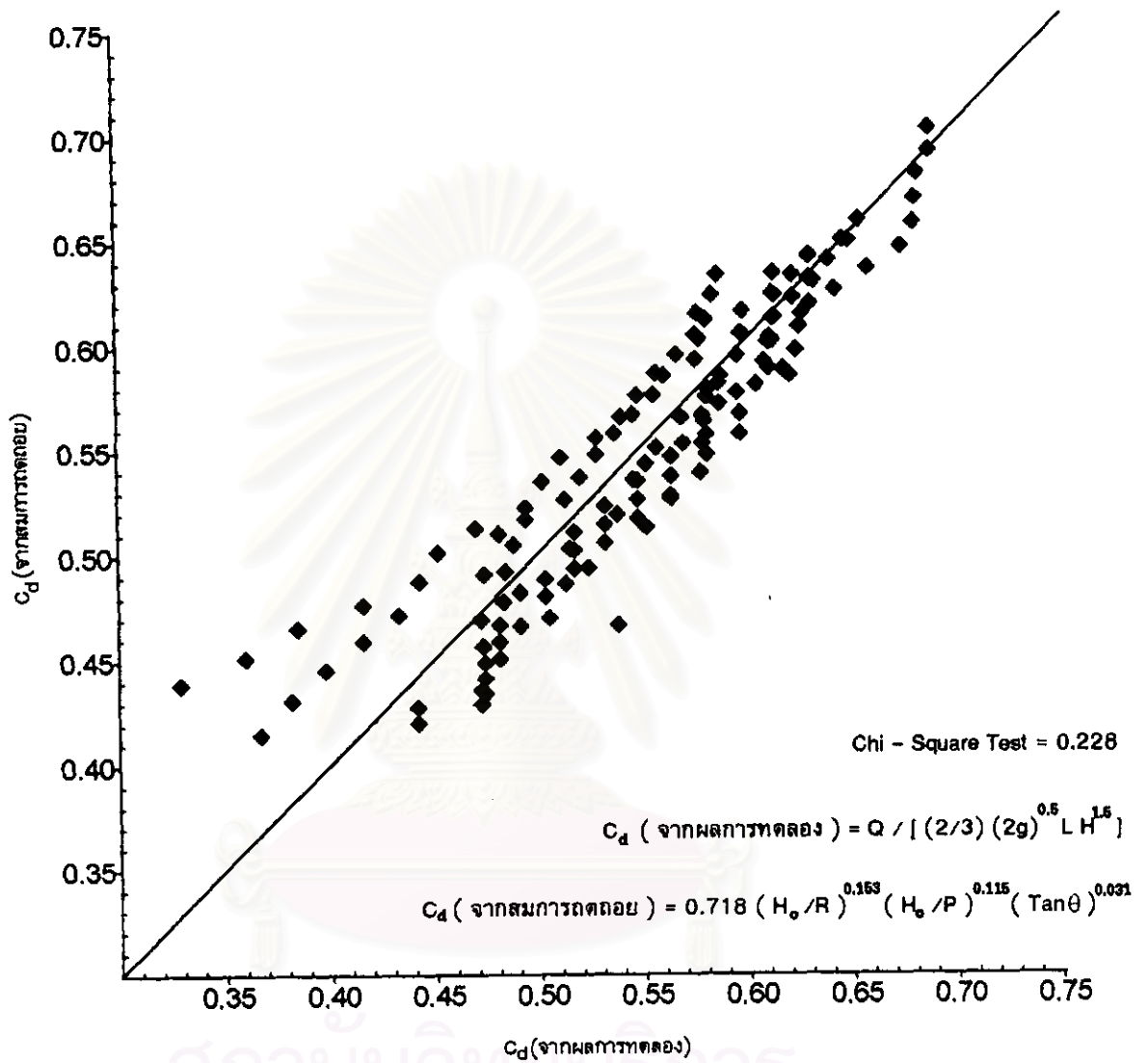
1. สมการที่ 1 ที่พิจารณาผลของ  $H_o/R$  ,  $H_o/P$  ,  $\theta$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5-6 ) เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากผลการทดลอง พบว่าค่า  $C_d$  มีการกระจายเข้าใกล้เส้นตรง 45° มากที่สุด โดยมีค่า Chi - Square = 0.228

2. สมการที่ 2 ที่พิจารณาผลของ  $H_o/R$  ,  $H_o/P$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5-7) เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีจะเข้าใกล้เส้น 45° มากซึ่งใกล้เคียงกับค่า  $C_d$  ที่คำนวณจากสมการที่ 1 โดยมีค่า Chi - Square = 0.23 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า  $C_d$  จากสมการที่ 1 แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงค่า  $\theta$  มีผลต่อค่า  $C_d$  น้อยมาก

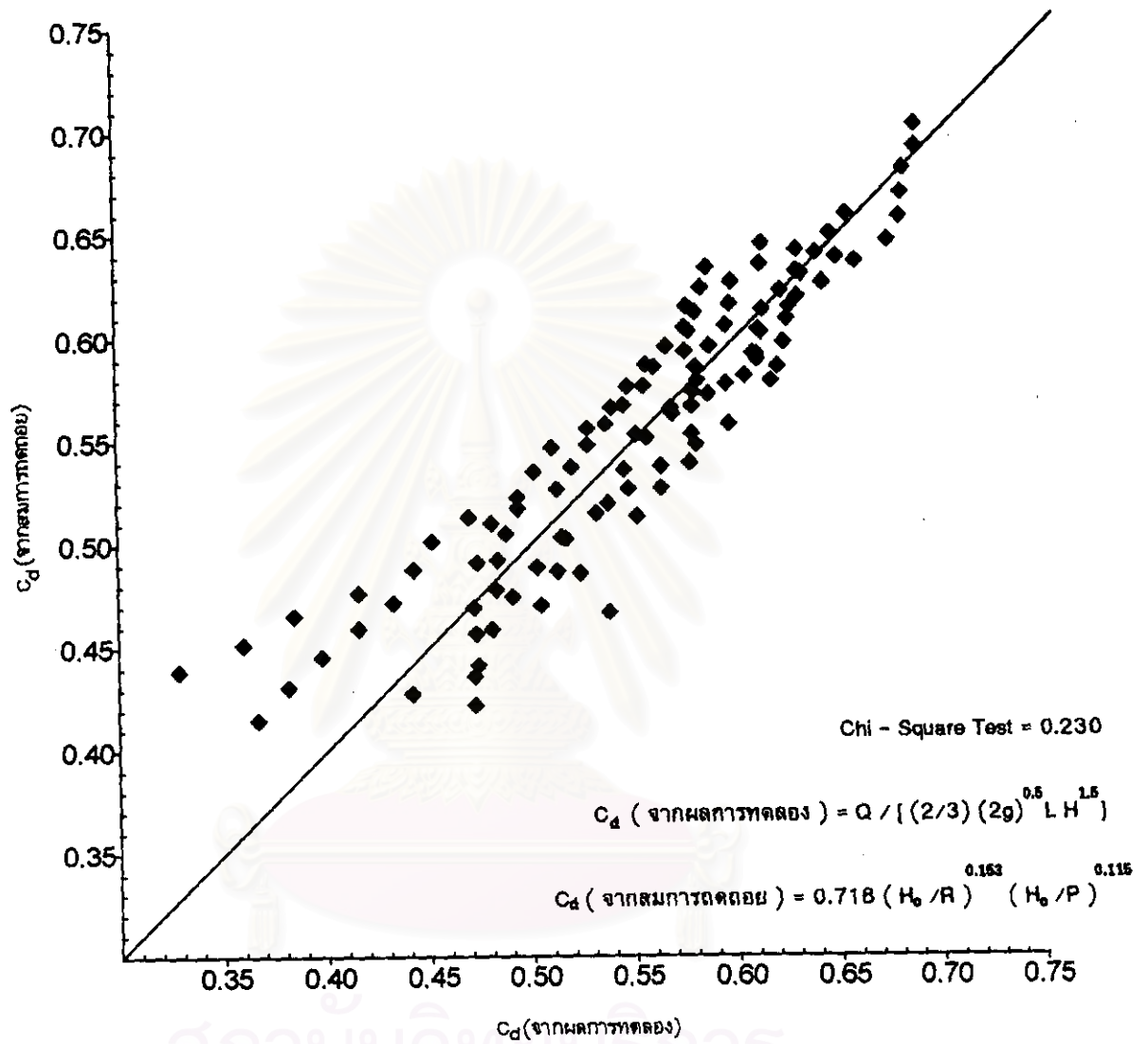
3. สมการที่ 3 ที่พิจารณาเฉพาะผลของ  $H_o/R$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5 -8) เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลอง

ตาราง 5 - 4 สมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) กับลักษณะทางกายภาพของฝายสันวงกลม

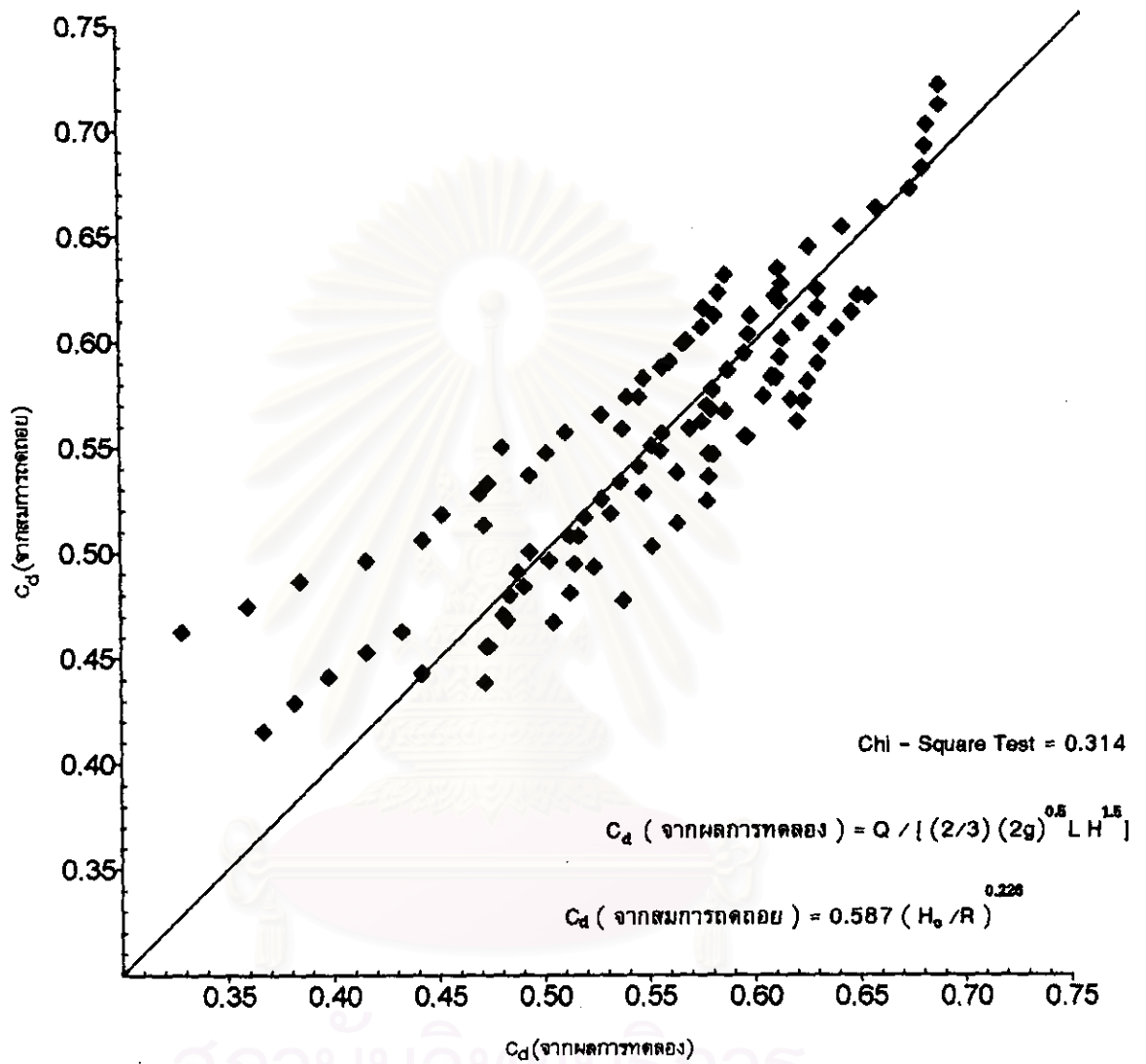
No.	สมการ	รูปแบบความสัมพันธ์
1	$C_d = 0.718 (H_o/R)^{0.153} (H_o/P)^{0.115} (\text{Tan}(\theta^\circ))^{0.031}$	$C_d = f(H_o/R, H_o/P, \theta)$
2	$C_d = 0.718 (H_o/R)^{0.153} (H_o/P)^{0.115}$	$C_d = f(H_o/R, H_o/P)$
3	$C_d = 0.587 (H_o/R)^{0.226}$	$C_d = f(H_o/R)$
4	$C_d = 0.3666 + 0.2965 (H_o/R) - 0.0708 (H_o/R)^2$	$C_d = f(H_o/R)$
5	$C_d = 0.885 (H_o/P)^{0.246}$	$C_d = f(H_o/P)$
6	$C_d = 0.3166 + 2.2342 (H_o/P) - 3.9743 (H_o/P)^2$	$C_d = f(H_o/P)$



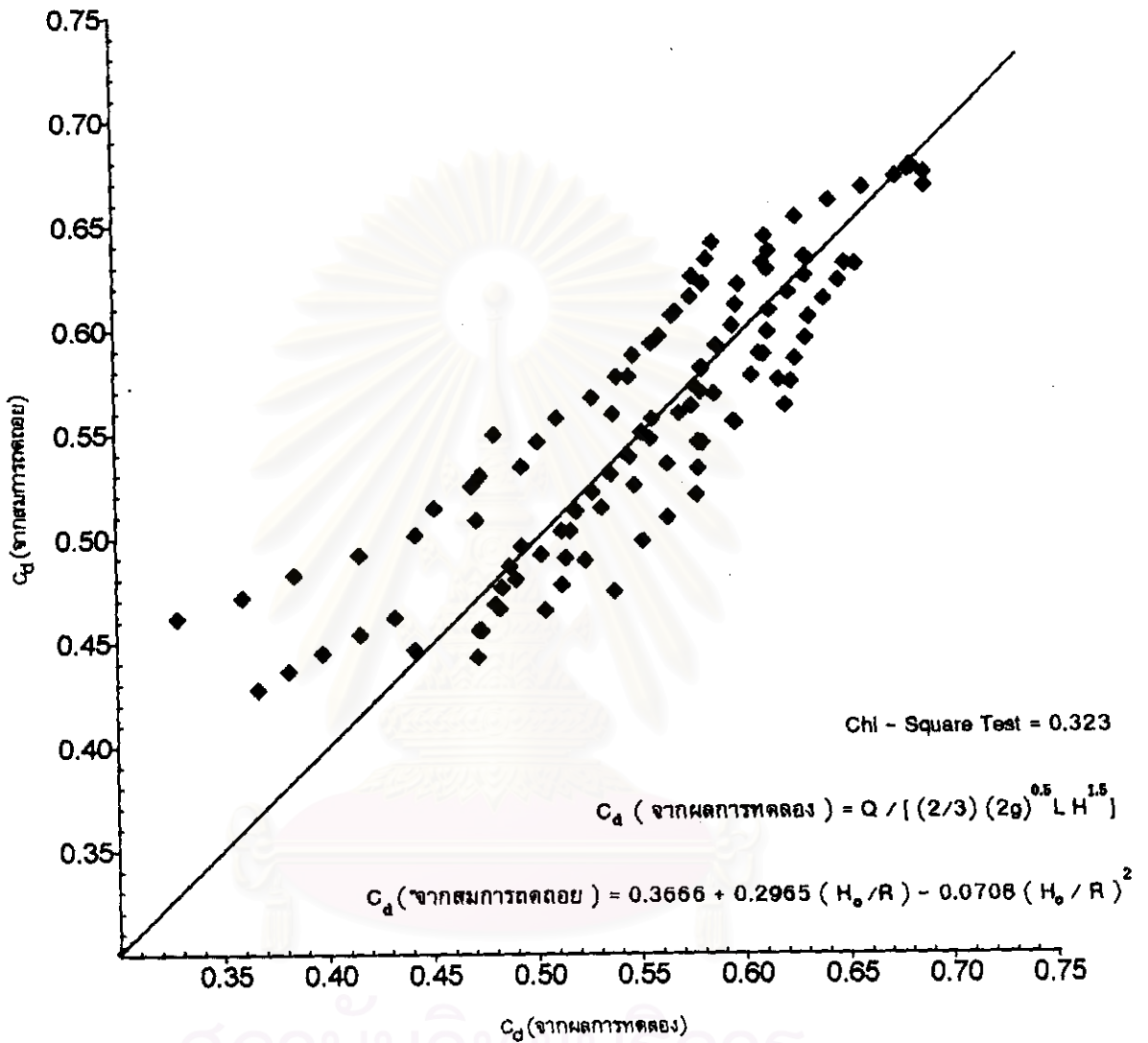
รูป 5 - 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่ได้จากการทดลองของฝายสันวงกลม 7 แบบ (จากสมการทดลองที่ 1)



รูป 5 -7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่ได้จากการทดลองของฝายสันวงกลม 7 แบบ (จากสมการทดลองที่ 2)

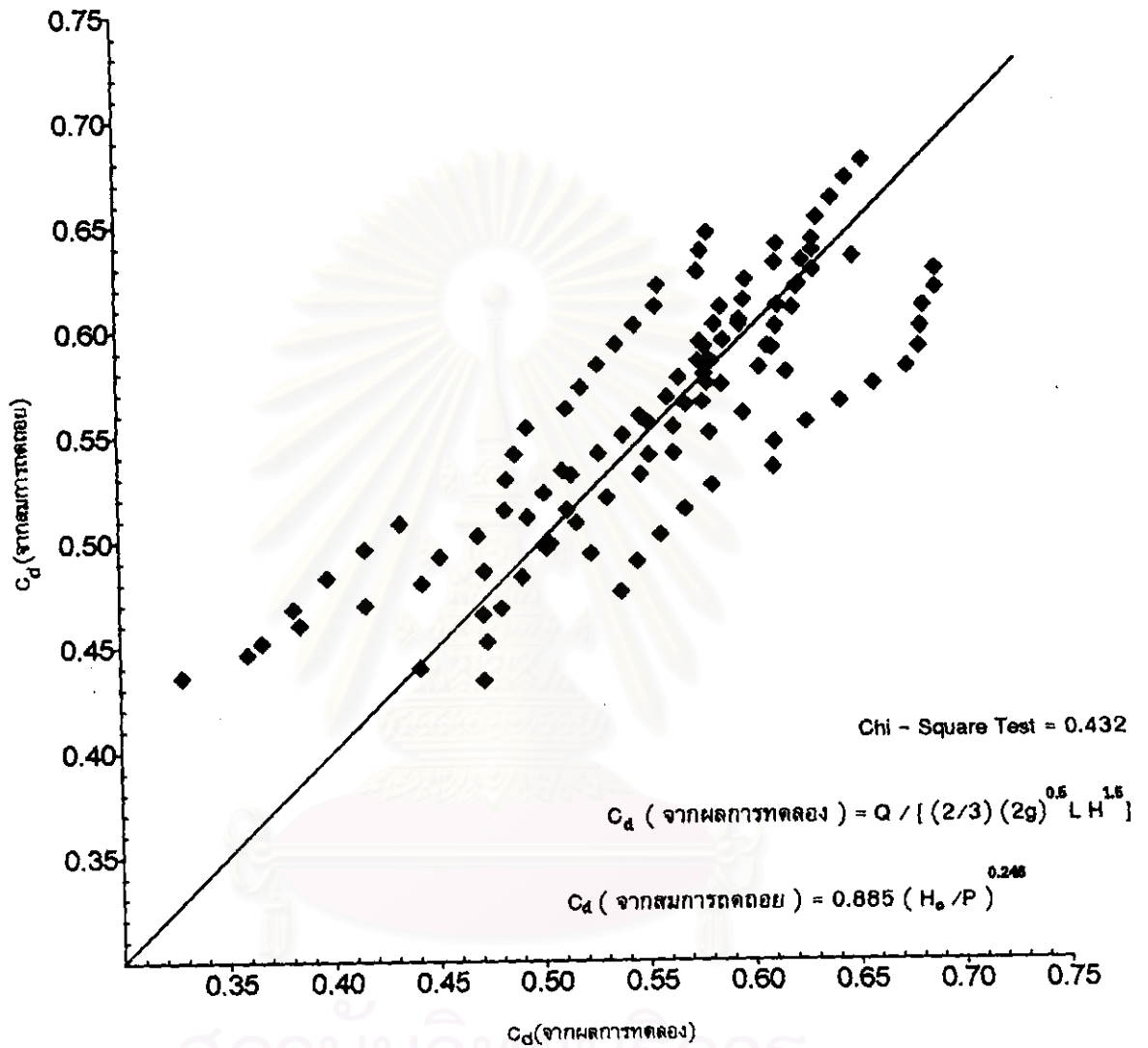


รูป 5 - 8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้พลังงาน (  $C_d$  ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง  
กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้พลังงาน (  $C_d$  ) ที่ได้จากการทดลองของฝ่ายสิ่งแวดล้อม 7 แบบ  
( จากสมการทดลองที่ 3 )

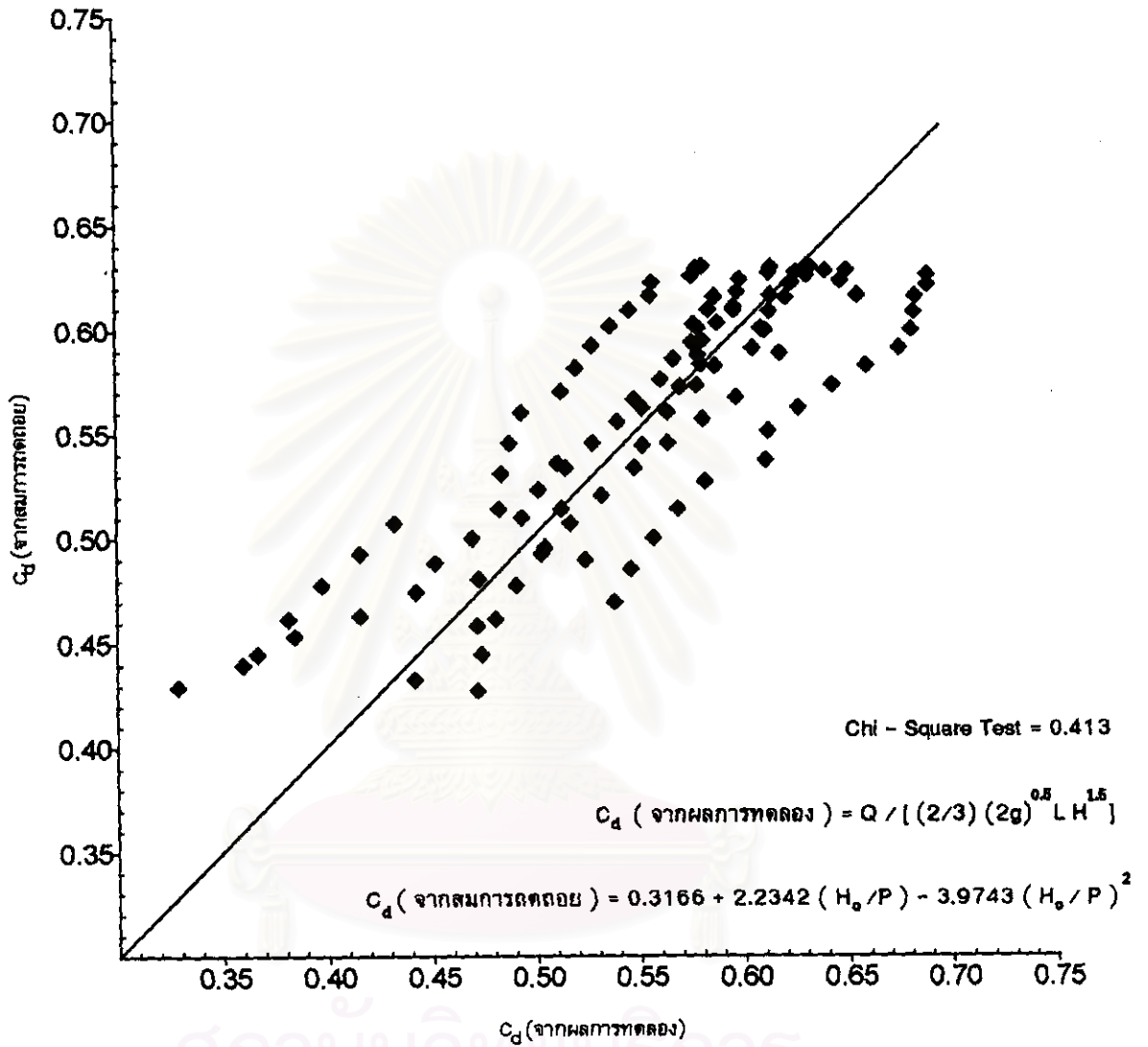


รูป 5 - 9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง  
กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ที่ได้จากผลการทดลองของฝายต้นวงกลม 7 แบบ  
(จากสมการทดลองที่ 4)





รูป 5 - 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง  
กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ที่ได้จากการทดลองของฝายต้นวงกลม 7 แบบ  
( จากสมการทดลองที่ 5 )



รูป 5 -11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ที่คำนวณได้จากสมการทดลอง  
กับค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ที่ได้จากการทดลองของฝายสันวงกลม 7 แบบ  
( จากสมการทดลองที่ 6 )

ลองเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีจะเข้าใกล้เส้นตรง  $45^\circ$  น้อยกว่ากรณีของค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 โดยสมการที่ 3 มีค่า Chi - Square = 0.314

4. สมการที่ 4 ที่พิจารณาเฉพาะผลของ  $H_o/R$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5-9) เช่นเดียวกับสมการที่ 3 แต่สมการที่ 4 แสดงอยู่ในรูปสมการแบบ nonlinear เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลอง จะเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีจะเข้าใกล้เส้นตรง  $45^\circ$  มีค่าน้อยกว่ากรณีของค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 โดยใกล้เคียงกับ กรณีสมการที่ 3 และมีค่า Chi-square เท่ากับ 0.323 จะเห็นได้ว่า สมการที่ 4 ในรูปของสมการ nonlinear ให้ผลการคำนวณเข้าใกล้ค่า  $C_d$  จากการทดลองน้อยกว่าสมการที่ 3 ในรูปของสมการ Regression

5. สมการที่ 5 ที่พิจารณาเฉพาะผลของ  $H_o/P$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5-10) เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลองเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีจะเข้าใกล้เส้นตรง  $45^\circ$  น้อยกว่ากรณีสมการที่ 1 ถึง สมการที่ 4 ค่อนข้างมาก โดยมีค่า Chi-Square = 0.432 ที่มากกว่ากรณีสมการที่ 1 ถึง สมการที่ 4 ค่อนข้างมากเช่นกัน แสดงให้เห็นว่า ผลของ  $H_o/R$  มีผลต่อค่า  $C_d$  อย่างมาก

6. สมการที่ 6 ที่พิจารณาเฉพาะผลของ  $H_o/P$  ที่มีผลต่อค่า  $C_d$  (ดูรูป 5-11) เช่นเดียวกับสมการที่ 5 แต่สมการที่ 6 แสดงอยู่ในรูปของสมการ nonlinear เมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายของการเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการ และค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลองเห็นได้ว่า ลักษณะการกระจายเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ทั้งสองวิธีจะเข้าใกล้เส้นตรง  $45^\circ$  ใกล้เคียงกับกรณีสมการที่ 5 และมีค่า Chi - Square = 0.413 ซึ่งน้อยกว่ากรณีสมการที่ 5 เพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า ในกรณีนี้ สมการที่ 6 ซึ่งแสดงอยู่ในรูปของสมการ nonlinear ให้ผลการคำนวณค่า  $C_d$  เข้าใกล้ผลการทดลองมากกว่ากรณีสมการที่ 5 ในรูปสมการ Regression

โดยสรุปเมื่อพิจารณาจาก สมการที่ 1 ถึง สมการที่ 6 จะเห็นได้ว่าค่า  $H_o/R$  มีผลต่อค่า  $C_d$  อย่างมาก ในขณะที่ค่า  $H_o/P$  มีผลต่อค่า  $C_d$  พอสมควร ส่วนค่า  $\theta$  มีผลต่อค่า  $C_d$  ไม่มากนัก ซึ่งดูได้จากกรณีของสมการที่ 1 และ สมการที่ 2 ที่ให้ผลการคำนวณค่า  $C_d$  ใกล้เคียงกันอย่างมาก จึงกล่าวได้ว่า สมการที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้คำนวณค่า  $C_d$  ได้แก่ สมการที่ 2 คือ

$$C_d = 0.718 (H_o/R)^{0.153} (H_o/P)^{0.115}$$

โดยที่ ค่า  $H_o/R$  มีค่าอยู่ระหว่าง 0.218 - 2.471

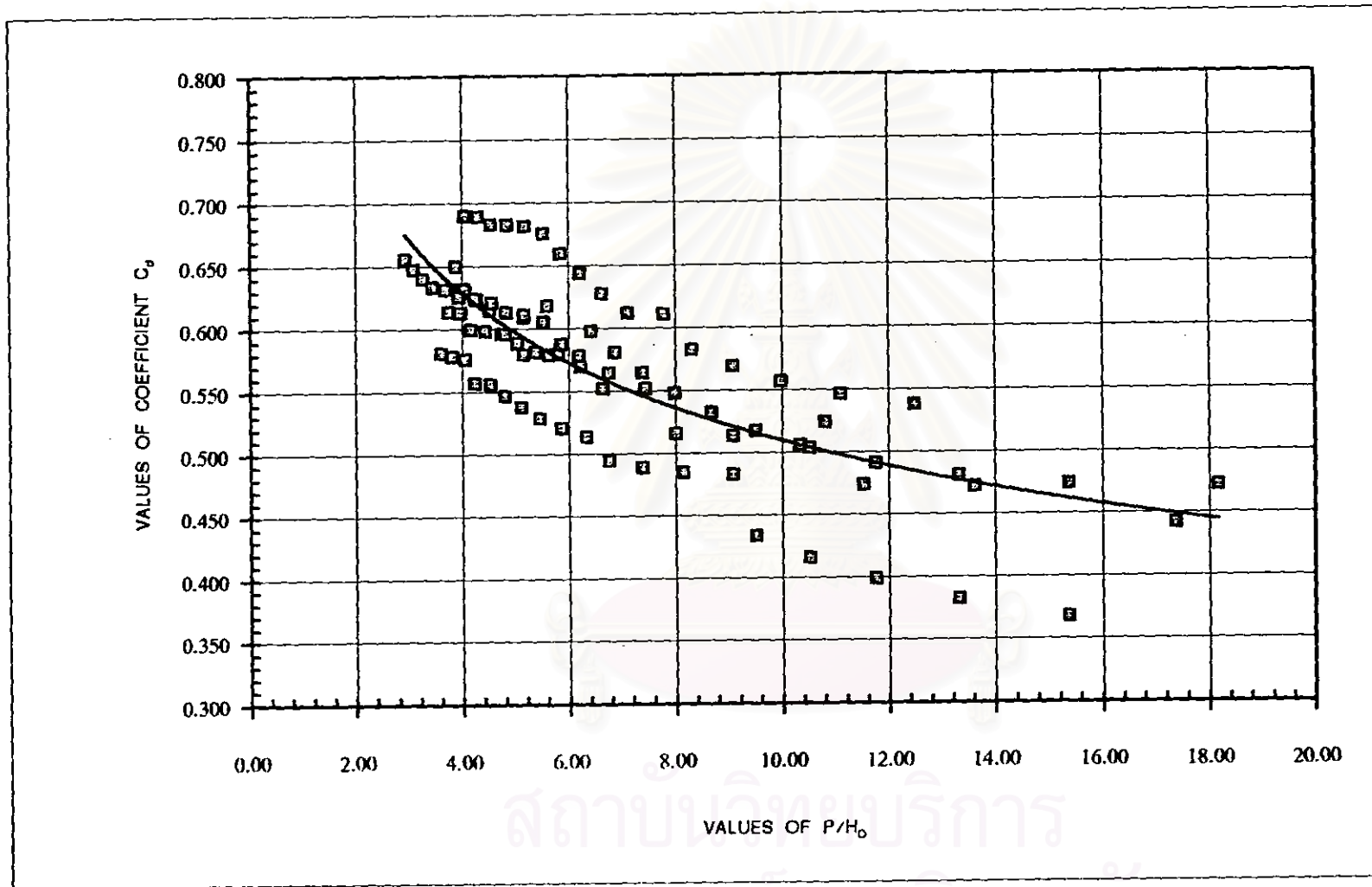
สำหรับตัวอย่างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $C_d$  ที่คำนวณได้จากสมการต่างๆ ทั้ง 6 สมการ กับค่า  $C_d$  ที่ได้จากการทดลอง ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ใน ภาคผนวก ก

5.1.6 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ของฝายสันวงกลม กับ อัตราส่วนของความสูงฝาย ต่อ หัวพลังงานออกแบบ ( $P/H_o$ )

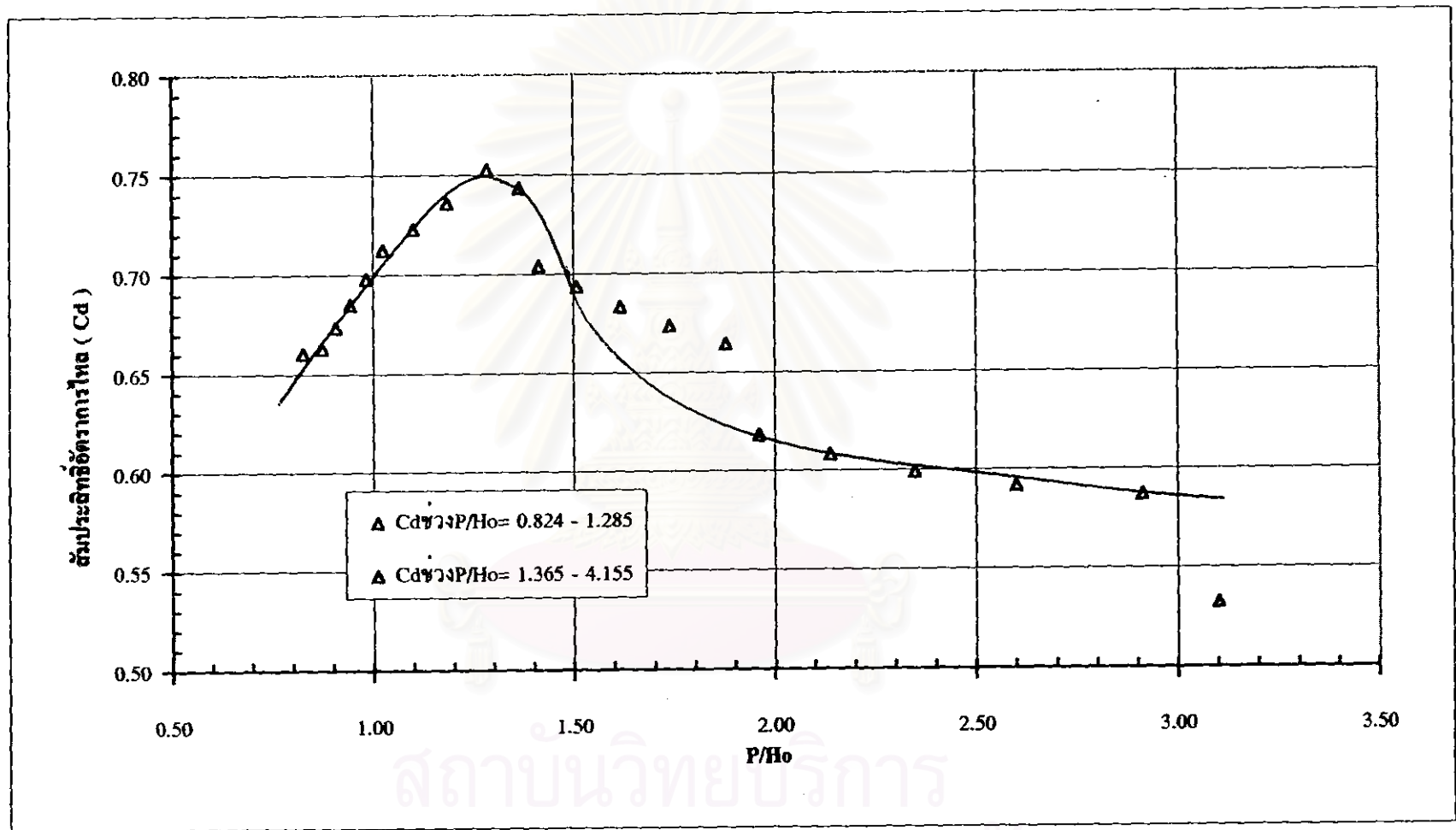
ได้ทำการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลม จำนวน 7 แบบ (ดังรูป 4-4 ถึง 4-10) ที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64 - 8.83 ลิตร/วินาที ( รูป 5 - 12 ประกอบ ) ผลการศึกษารูปได้ว่า ค่า  $P/H_o$  มีค่าอยู่ระหว่าง 3.00 - 18.00 เห็นได้ว่า ค่า  $P/H_o$  ที่มีค่าเพิ่มขึ้นค่า  $C_d$  จะมีค่าลดลง

นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อที่จะหาความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $C_d$  กับค่า  $P/H_o$  ที่มีค่าระหว่าง 0.00-3.00 ของฝายสันวงกลม โดยใช้แบบจำลองฝายสันวงกลม ที่มีค่า  $P = 5$  ซม.  $R = 1$  ซม. ,  $\theta = 45^\circ$  ที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64 - 11.34 ลิตร/วินาที แต่เนื่องด้วยมีข้อจำกัดเกี่ยวกับเครื่องมือการทดลองคือไม่สามารถทดลองที่อัตราการไหลสูงๆ หรือค่า  $H_o$  มีค่ามากได้ เพราะน้ำจะล้นรางน้ำ ( Flume ) ที่ใช้ทำการทดลอง จากผลการศึกษาที่กำหนดค่า  $P/H_o$  อยู่ระหว่าง 0.825 ถึง 4.155 โดยจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า  $C_d$  กับ  $P/H_o$  เป็น 2 ลักษณะคือ ( รูป 5-13 ประกอบ )

1. ค่า  $P/H_o$  มีค่าระหว่าง 0.825 - 1.285 พบว่าเมื่อค่า  $P/H_o$  เพิ่มขึ้นค่า  $C_d$  จะมีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากพฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านฝายในช่วงนี้จะให้ค่า  $H_o$  มีค่าใกล้เคียงกับค่า  $P$  ซึ่งพฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านฝายในช่วงนี้จะคล้ายคลึงกับการไหลของน้ำผ่านอาคารระบายน้ำล้น ( Spillway ) โดยทั่วไปซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหนังสือ Design of Small Dams ของ กรมชลประทานสหรัฐอเมริกา ( U.S.B.R )



รูปที่ 5-12 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ของฝายสันวงกลมทั้ง 7 แบบ กับอัตราส่วนของความสูงฝาย ต่อ หัวพลังงานออกแบบ (  $P/H_0$  )



รูป 5-13 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (  $C_d$  ) ของฝ้ายสังกะสีที่มีค่า  $P = 5$  ซม. ,  $R = 1$  ซม. ,  $\alpha = 45^\circ$  ของฝ้ายสังกะสี กับ อัตราส่วนของ ความสูงฝ้าย ต่อ หัวพลังงานออกแบบ (  $P / H_o$  )

2. ค่า  $P/H_0$  มีค่าระหว่าง 1.285 - 4.155 พบว่า เมื่อค่า  $P/H_0$  เพิ่มขึ้นค่า  $C_d$  ลดลง ซึ่งจะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับผลการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลม 7 แบบดังแสดงไว้ในขั้นตอน ซึ่งการไหลของน้ำผ่านฝายในช่วงนี้เป็นพฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านฝาย โดยทั่วไปที่มีค่า  $H_0$  น้อยกว่า  $P$  ค่อนข้างมาก

## 5.2 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม กับ การกระจายความเร็วการไหลของน้ำผ่านฝาย

ได้ทำการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลม จำนวน 7 แบบ และฝายโอเก้ จำนวน 1 แบบ โดยพิจารณาที่อัตราการไหลมากที่สุด ( $Q_{max.}$ ) = 8.83 ลิตร /วินาที ข้อมูลผลการทดลอง และการคำนวณที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมไว้ใน ภาคผนวก ข สำหรับผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

### 5.2.1 การกระจายความเร็วการไหลในรางน้ำด้านเหนือน้ำของฝาย สามารถแบ่งออกเป็น 2 ช่วงความลึก คือ

1. ช่วงความลึกการไหลตั้งแต่ พื้นท้องน้ำ ถึงระดับสันฝาย โดยพิจารณาช่วงระยะทางการไหลในแนวราบจากตัวฝายไปทางด้านเหนือน้ำ 50 ซม. ( ดูตาราง 5 - 5 , รูป 4 - 3 ประกอบ ) พบว่า การกระจายความเร็ว ขึ้นอยู่กับ ความสูงฝาย ( $P$ ) และความลึกการไหล ดังนี้คือ

สำหรับฝายสูง 15 ซม. ( ดู ตาราง 5-5 , รูป 5-14 และ 5-15 ประกอบ )

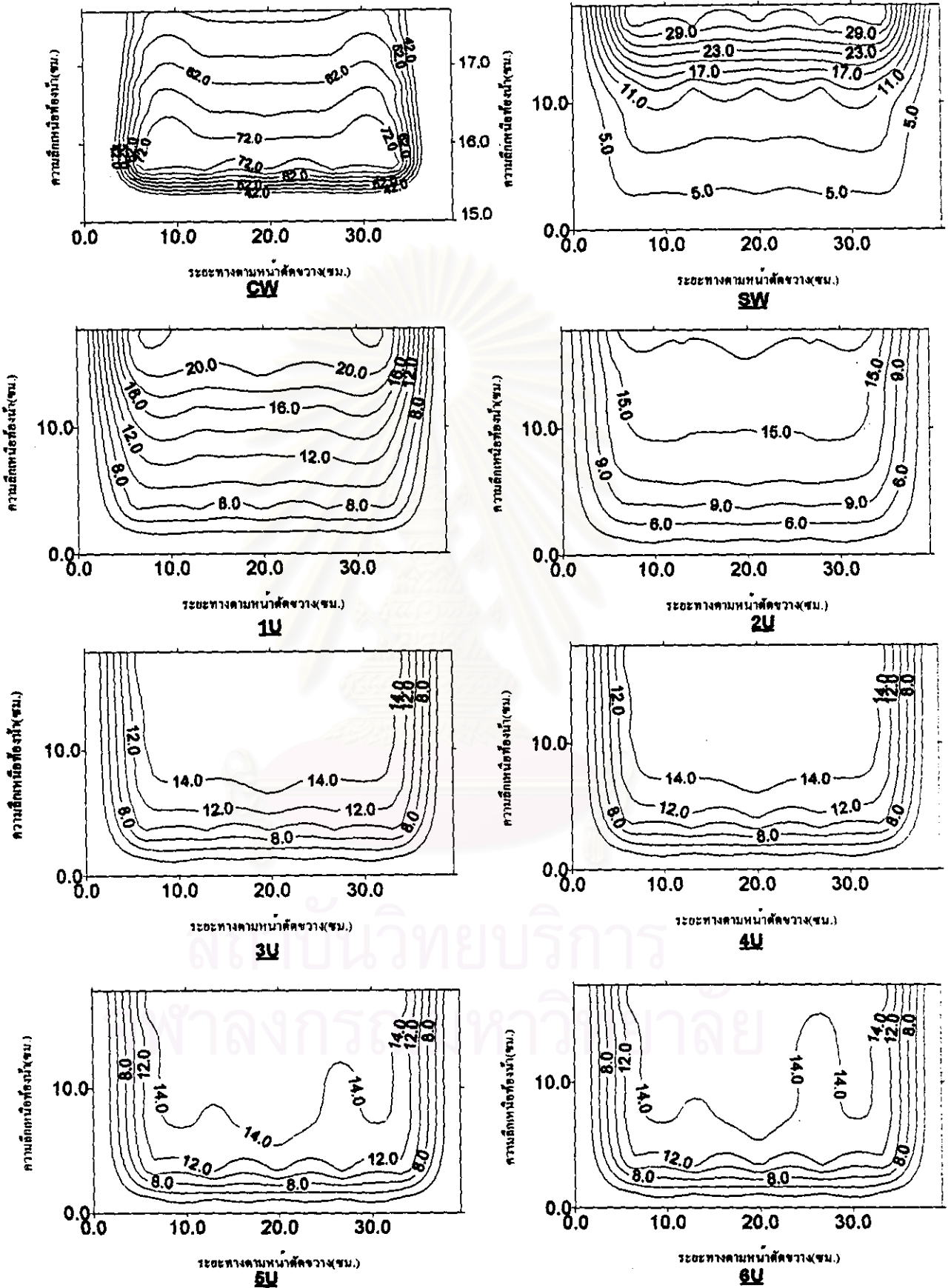
ความลึกการไหลในบริเวณที่ใกล้กับพื้นท้องน้ำ จากพื้นท้องน้ำ ถึง ระดับ 3.7 ซม. ค่าความเร็วการไหลมีค่าลดลง ตลอดเส้นทางไหลที่มุ่งสู่ตัวฝาย

ความลึกการไหลที่ระดับ 3.7 ซม. ถึง ระดับ 7.5 ซม. พบว่า ค่าความเร็วการไหล ช่วงระยะทางการไหลระหว่าง จุดวัด 6B - 3 B ( ระยะ 50 - 15 ซม. จากตัวฝาย ) ค่าความเร็วการไหลเปลี่ยนแปลงไม่มาก จนกระทั่งเมื่อการไหลเข้าสู่ระยะ 10 ซม. จากตัวฝาย ค่าความเร็วการไหลลดลง

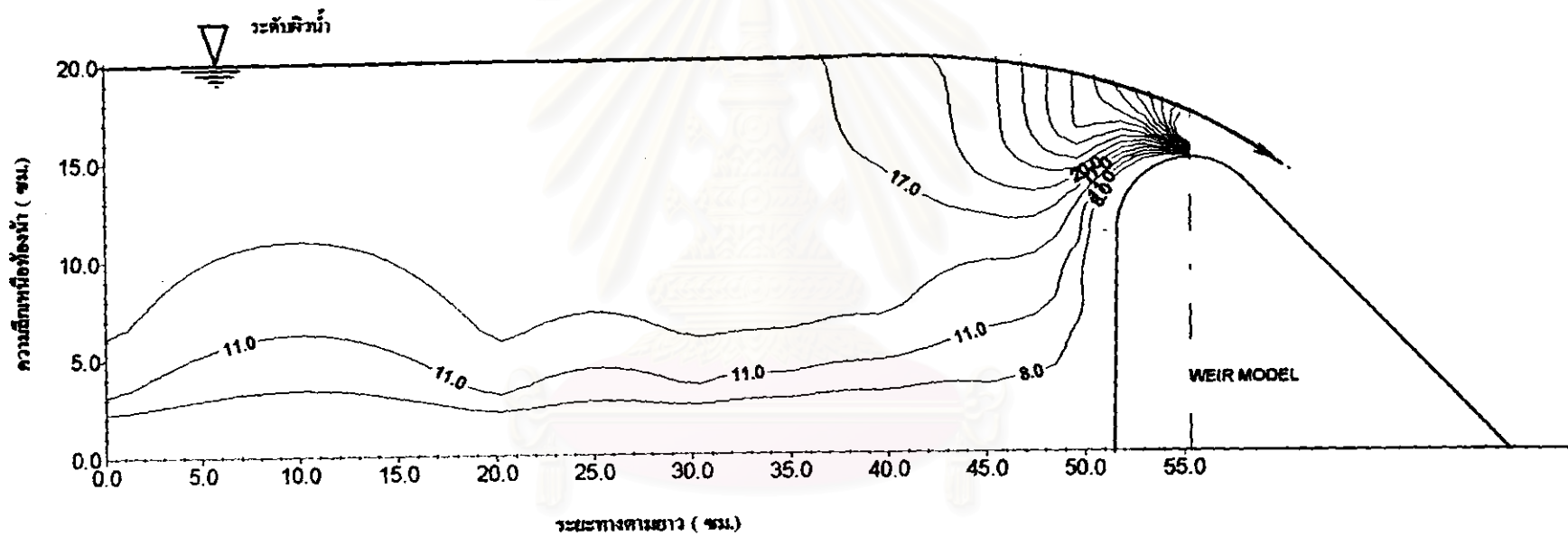
ตาราง 5 - 5 ค่าความเร็วการไหลบริเวณศูนย์กลางวางน้ำด้านเหนือน้ำฝายที่ระดับต่ำกว่าสันฝาย ที่  $Q = 8.83$  ลิตร/วินาที

ความตึกการ ไหลเหนือท้องน้ำ  ( ซม.)	จุดวัดความเร็วการไหล			ค่าความเร็วการไหล ( ซม. / วินาที )						
	Station			6U	5U	4U	3U	2U	1U	SW
	ระยะห่างจากตัว ฝายด้านเหนือน้ำ			50 ซม.	30 ซม.	20 ซม.	15 ซม.	10 ซม.	5 ซม.	บริเวณผิวฝาย
	ชนิดของฝาย									
P ( ซม.)	θ ( องศา )	R ( ซม.)								
5 ซม.	20	45	2	10.29	10.29	10.29	8.88	8.88	6.07	5.53
	20	45	4	10.29	9.44	9.30	8.88	8.46	7.48	5.53
	20	45	6	11.69	11.69	10.29	8.88	8.88	6.07	6.07
	20	30	4	10.29	10.29	10.29	9.44	9.30	8.18	8.32
	20	60	4	9.44	10.29	10.01	9.44	8.88	7.48	6.63
	25	45	4	7.20	7.20	6.92	6.35	6.35	5.90	5.53
3.7 ซม.	15	45	4	13.10	13.10	11.69	10.29	9.30	8.46	6.63
10 ซม.	20	45	2	10.29	10.29	10.29	8.88	9.44	8.88	8.32
	20	45	4	10.99	10.29	10.57	10.29	10.29	8.6	6.63
	20	45	6	11.69	11.69	10.29	11.69	10.29	8.88	7.48
	20	30	4	11.69	11.69	11.69	11.69	10.29	10.29	7.76
	20	60	4	9.72	10.29	10.29	10.29	9.44	8.88	6.07
	25	45	4	8.88	8.88	9.44	9.44	7.48	6.35	6.63
7.5 ซม.	15	45	4	14.5	14.5	15.06	15.06	14.5	11.69	8.88
15 ซม.	20	45	2	11.69	11.69	11.69	11.69	10.29	12.5	8.6
	20	45	4	11.69	11.69	11.69	11.69	13.1	14.5	7.48
	20	45	6	11.69	11.69	11.69	11.69	11.69	11.69	8.88
	20	30	4	12.81	12.81	12.81	12.81	13.8	13.8	8.88
	20	60	4	10.29	11.69	11.69	12.81	12.39	13.1	8.88
	25	45	4	10.29	10.29	10.29	10.29	8.88	8.46	8.88
11 ซม.	15	45	4	14.5	15.06	15.06	15.2	15.06	15.06	10.29
20 ซม.	20	45	2	13.10	11.69	13.10	13.10	14.50	20.12	25.74
	20	45	4	11.69	11.69	11.69	13.94	15.06	20.68	28.54
	20	45	6	11.69	11.69	11.69	11.69	14.50	17.31	25.74
	20	30	4	13.10	13.10	13.80	14.50	17.31	20.40	28.54
	20	60	4	10.29	11.69	11.69	13.10	14.50	20.12	33.00
	25	45	4	11.69	13.10	13.10	13.10	13.10	13.10	8.88
25 ซม.	25	45	4	13.10	13.94	13.94	14.50	15.06	20.12	24.33
15 ซม.	15	45	4	14.50	15.06	15.06	15.34	17.31	21.52	27.14





รูป 5 - 14 รูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวขวางของรางน้ำที่หน้าตัด CW ถึง 6U  
 ของฝายต้นวงกลม P = 15 ซม. , ลาดค้ำท้าย = 45 องศา , R = 4 ซม.



รูป 5 - 15 แสดงรูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวยาวของรางน้ำคั้นเหนือน้ำของฝายสันวงกลม

$P = 15$  ซม. , มุมลาดค้ำท้ายน้ำ = 45 องศา ,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล = 8.83 ลิตร/วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความลึกการไหลที่ระดับ 7.5 ซม. ถึง ระดับ 11 ซม. พบว่า ค่าความเร็วการไหล ช่วงระยะทางการไหลระหว่าง จุดวัด 6B - 3 U (ระยะ 50 - 15 ซม. จากตัวฝาย) ค่าความเร็วการไหลมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อการไหลเข้าสู่ระยะ 10 ซม.จากตัวฝาย ค่าความเร็วการไหลเริ่มจะลดลงอีกครั้งแต่ไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเร็วการไหลที่ผ่านมา

ความลึกการไหลที่ระดับ 11 ซม. ถึงระดับสันฝาย พบว่าความเร็วการไหลมีค่าสูงขึ้นตลอดระยะทางการไหลมุ่งเข้าสู่สันฝาย โดยค่าความเร็วการไหลสูงกว่าระดับความลึกที่ผ่านมา

สำหรับฝายสูง 20 ซม. ( ดูตาราง 5-5 , รูป 5-16 และ 5-17 ประกอบ )

ความลึกการไหลในบริเวณที่ใกล้กับพื้นที่องน้ำ จากพื้นที่องน้ำ ถึง ระดับ 5 ซม. ค่าความเร็วการไหลมีค่าลดลง ตลอดเส้นทางการไหลที่มุ่งสู่ตัวฝาย

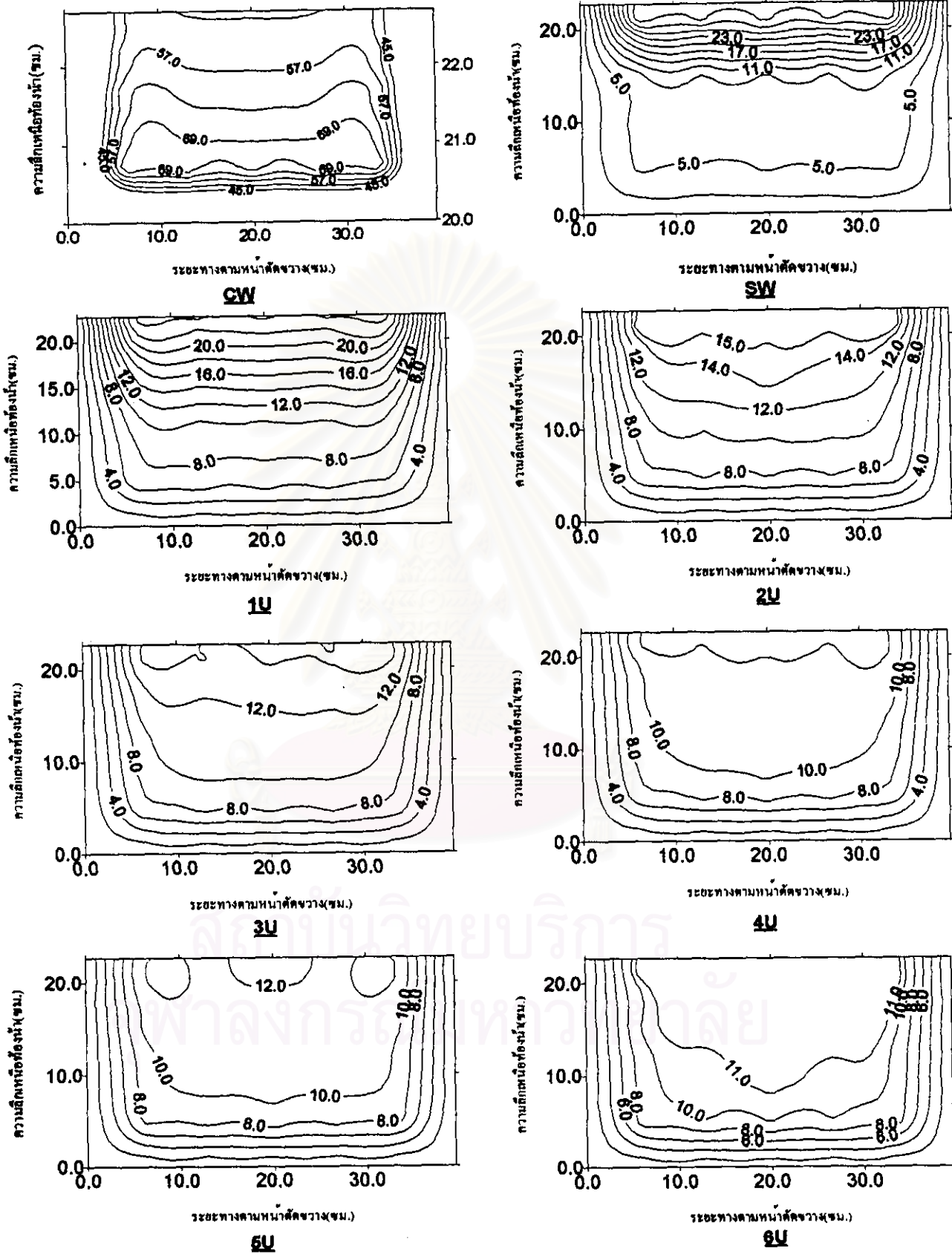
ความลึกการไหลที่ระดับ 5 ซม. ถึงระดับ 10 ซม. พบว่าความเร็วการไหลยังคงมีแนวโน้มลดลงเมื่อการไหลมุ่งเข้าสู่ตัวฝาย และค่าความเร็วการไหลมีค่าสูงกว่าความเร็วการไหลที่ระดับความลึก 5 ซม.

ความลึกการไหลที่ระดับ 10 ซม. ถึง ระดับ 15 ซม. พบว่าความเร็วการไหลจาก ระยะ 50 ถึง ระยะ 5 ซม. จากตัวฝาย ( ระหว่าง จุดวัด 6B - 1U ) มีแนวโน้มสูงขึ้นและมีการบีบตัวเข้าสู่สันฝายโดยค่าความเร็วการไหลมีค่าสูงกว่าความเร็วที่ระดับ 10 ซม.

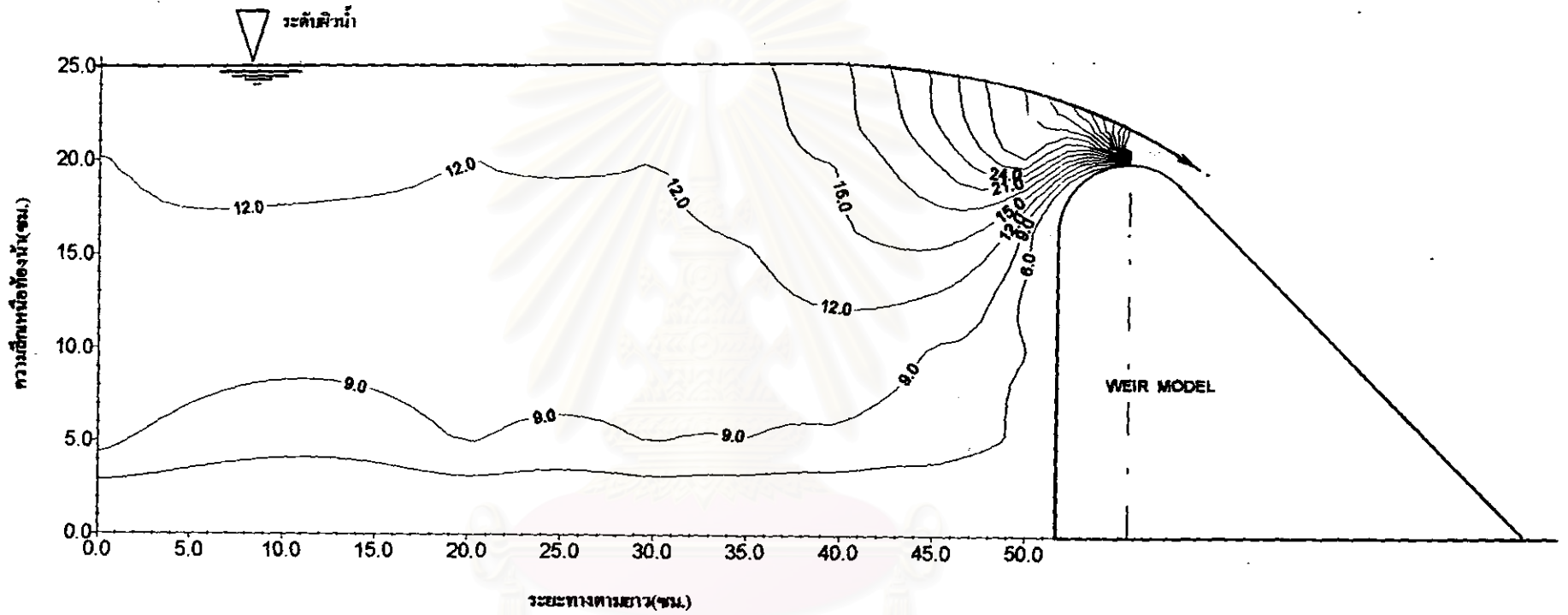
ความลึกการไหลที่ระดับ 15 ซม. ถึง ระดับสันฝาย พบว่าความเร็วการไหลมีค่าสูงขึ้นเมื่อการไหลมุ่งเข้าสู่สันฝาย โดยค่าความเร็วการไหลสูงกว่าระดับความลึก 15 ซม.

สำหรับฝายสูง 25 ซม. ( ดูตาราง 5-5 , รูป 5-18 และ 5-19 ประกอบ )

ความลึกการไหลในบริเวณที่ใกล้กับพื้นที่องน้ำ จากพื้นที่องน้ำ ถึง ระดับ 5 ซม. ค่าความเร็วการไหลมีค่าลดลง ตลอดเส้นทางการไหลที่มุ่งสู่ตัวฝาย

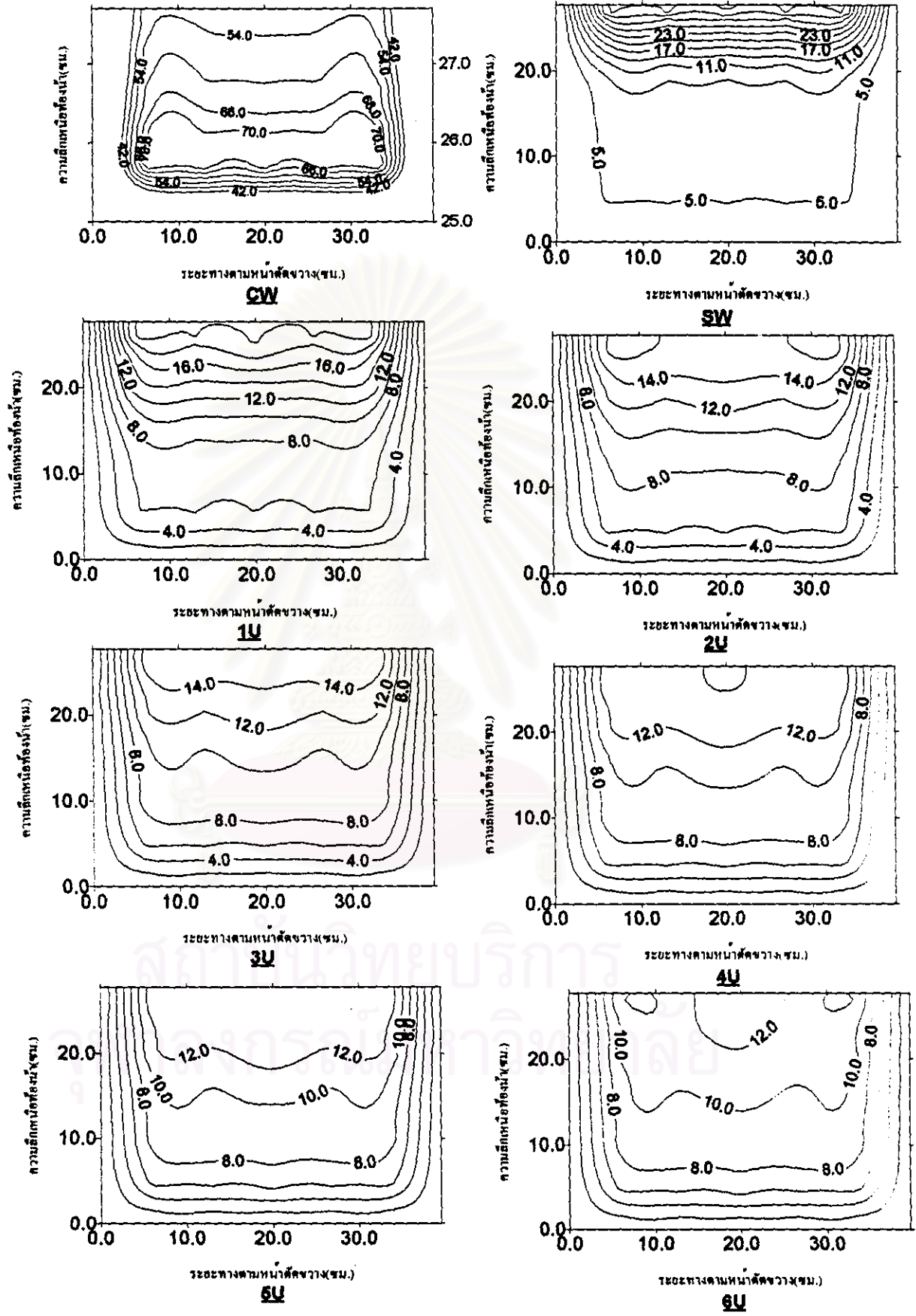


รูป 5 - 16 รูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวขวางของรางน้ำที่หน้าตัด CW ถึง 6U ของฝายต้นวังกลม P = 20 ซม., ลาดค้ำทับ = 45 องศา, R = 4 ซม.

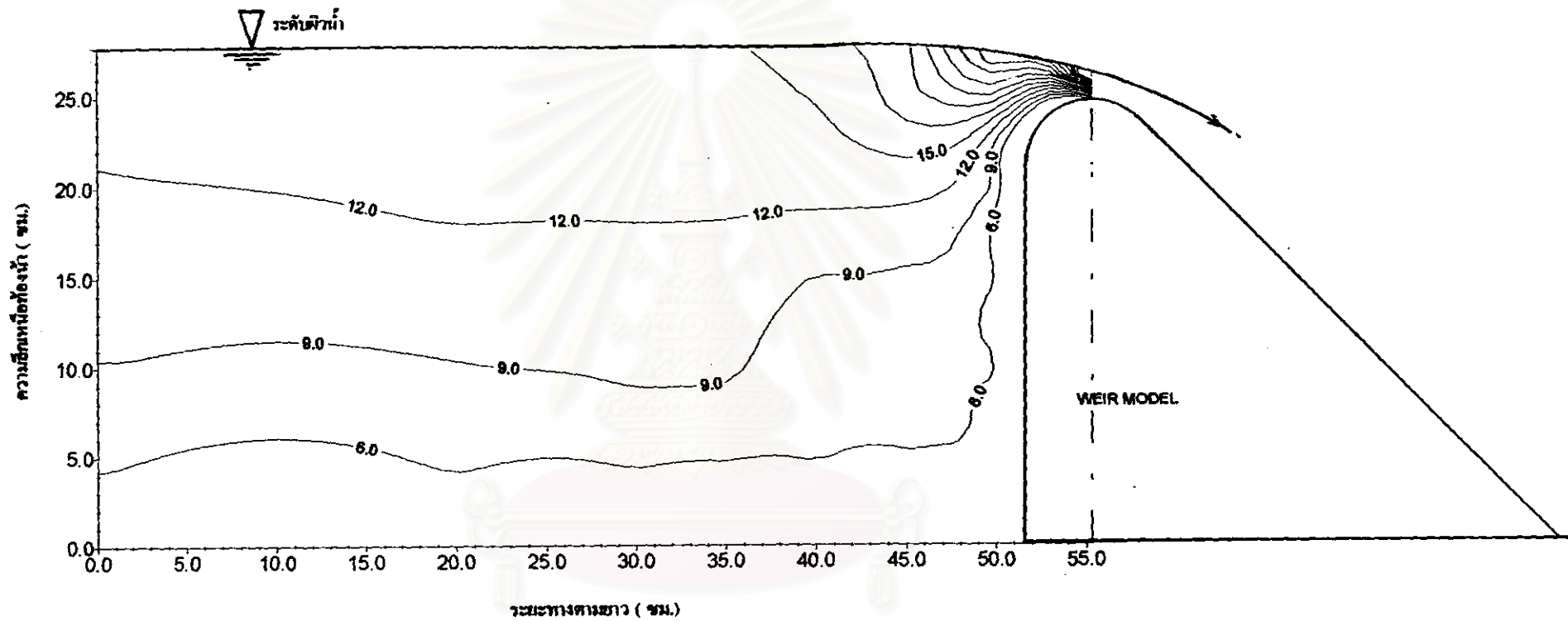


รูป 5 - 17 แสดงรูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวยาวของรางน้ำค้ำเหนือน้ำของฝายสันวงกลม  
 $P = 20$  ซม. , มุมลาดค้ำท้ายน้ำ = 45 องศา ,  $R = 4$  ซม. , ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) = 8.83 ลิตร/วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5 - 18 รูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวขวางของรางน้ำที่หน้าตัด CW ถึง 6U ของฝายต้นวงกลม P = 25 ซม., สาด้านท้าย = 45 องศา, R = 4 ซม.



รูป 5 - 19 แสดงรูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวยาวของรางน้ำด้านเหนือของฝายต้นวงกลม  
 $P = 25$  ซม. , มุมลาดค้ำท้ายน้ำ = 45 องศา ,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล = 8.83 ลิตร/วินาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความลึกการไหลที่ระดับ 5 ซม. ถึง ระดับ 10 ซม. พบว่าความเร็วการไหลยังคงมีแนวโน้มลดลงเมื่อการไหลมุ่งเข้าสู่ตัวฝาย และความเร็วการไหลมีค่าสูงกว่าความเร็วการไหลที่ระดับความลึก 5 ซม.

ความลึกการไหลที่ระดับ 10 ซม. ถึง ระดับ 15 ซม. พบว่าความเร็วการไหลจาก ระยะ 50 ถึง ระยะ 15 ซม. จากตัวฝาย ( ระหว่าง จุดวัด 6U - 3U ) ค่าความเร็วการไหลค่อนข้างสม่ำเสมอจนกระทั่งเมื่อเข้าสู่ระยะ 10 ซม. จากตัวฝาย ค่าความเร็วเริ่มลดลงอีกครั้งจนถึงตัวฝาย

ความลึกการไหลที่ระดับ 15 ซม. ถึง ระดับ 20 ซม. ค่าความเร็วการไหลมีค่าสูงขึ้นเมื่อการไหลมุ่งเข้าสู่สันฝาย จากจุดวัด 6U - 1U ( 50 - 5 ซม. จากตัวฝาย ) โดยค่าความเร็วการไหลสูงกว่าระดับความลึก 15 ซม. และจะลดลงอีกเมื่อยิ่งใกล้ตัวฝาย

ความลึกการไหลที่ระดับ 20 ซม. ถึง ระดับสันฝาย พบว่าความเร็วการไหลมีค่าสูงขึ้นตลอดระยะทางการไหลที่มุ่งเข้าสู่สันฝาย โดยค่าความเร็วการไหลสูงกว่าระดับความลึก 20 ซม.

2. ช่วงความลึกการไหลเหนือระดับสันฝาย โดยมีระยะทางในแนวราบจากตัวฝายไปทางด้านเหนือหน้า 50 ซม. ( ดูตาราง 5 - 6 ประกอบ ) เห็นได้ว่ารูปแบบการกระจายความเร็วของฝายที่ความสูงฝาย และ ความลึกการไหลต่างๆกันนั้น รูปแบบการกระจายความเร็วการไหลจะคล้ายกันดังนี้คือ ความเร็วการไหลจะมีค่าสูงขึ้นตลอดระยะทางการไหลที่มุ่งเข้าสู่สันฝาย โดยค่าความเร็วการไหลจะเริ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อเข้าสู่บริเวณการไหลของจุดวัดความเร็วการไหล 3U หรือระยะประมาณ 15 ซม. ก่อนเข้าสู่ตัวฝายเป็นต้นไป ( ดูรูป 5-14 ถึง 5-19 และ ข-1 ถึง ข-9 ประกอบ )

จะเห็นได้ว่า การเปลี่ยนแปลงลักษณะฝายสันวงกลม ได้แก่ รัศมีวงกลมสันฝาย ( R ) มุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) , ความสูงฝาย ( P ) มีผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงลักษณะการกระจายความเร็วการไหลด้านเหนือหน้าของฝาย ไม่มาก



ตาราง 5 - 6 ค่าความเร็วการไหลบริเวณศูนย์กลางรางน้ำค้ำน้ำเหนือหน้าตัวฝายที่ระดับเหนือสันฝายที่  $Q = 8.83$  ลิตร/วินาที

ความลึกการไหลเหนือสันฝาย ( ซม.)	จุดวัดความเร็วการไหล			ค่าความเร็วการไหล ( ซม. / วินาที )						
	Station			6U	5U	4U	3U	2U	1U	SW
	ระยะห่างจากตัวฝายค้ำน้ำเหนือหน้า			50 ซม.	30 ซม.	20 ซม.	15 ซม.	10 ซม.	5 ซม.	บริเวณผิวฝาย
	ชนิดของฝาย									
P ( ซม.)	θ ( องศา )	R ( ซม.)								
0.70 ซม.	20	45	2	11.69	11.69	13.10	13.94	15.90	22.93	33.00
	20	45	4	13.10	13.10	13.10	13.94	15.90	21.52	33.00
	20	45	6	11.69	10.29	11.69	11.69	14.50	20.12	26.30
	20	30	4	13.94	13.94	14.50	15.06	17.31	21.52	32.50
	20	60	4	11.69	11.69	13.10	13.10	15.90	21.52	33.00
	15	45	4	15.06	15.06	15.06	15.34	15.71	21.52	28.54
	25	45	4	13.10	13.94	14.50	14.50	15.90	20.12	28.54
1.2 ซม.	20	45	2	11.69	11.69	13.10	13.94	17.31	24.33	38.00
	20	45	4	13.10	13.10	13.10	14.50	17.31	22.93	33.00
	20	45	6	10.29	10.29	11.69	11.69	14.50	20.12	26.30
	20	30	4	14.50	14.50	14.50	15.06	20.12	22.93	33.00
	20	60	4	11.69	11.69	13.10	13.94	15.90	21.52	33.00
	15	45	4	15.02	15.34	15.06	15.90	18.43	21.52	33.00
	25	45	4	13.10	13.94	14.50	14.50	15.90	20.12	28.54
1.7 ซม.	20	45	2	11.69	11.69	13.10	13.94	15.90	24.33	38.50
	20	45	4	13.10	13.10	13.10	14.50	17.31	22.93	33.00
	20	45	6	10.29	9.44	11.69	11.69	14.50	20.12	26.30
	20	30	4	14.50	14.50	14.50	15.90	19.36	22.93	33.00
	20	60	4	11.69	10.29	12.81	13.94	15.90	21.52	35.50
	15	45	4	15.06	15.06	15.06	15.90	18.71	21.52	33.00
	25	45	4	13.10	13.94	14.50	14.50	15.90	20.12	35.50
2.2 ซม.	20	45	2	10.29	10.29	13.10	14.50	15.90	24.33	38.50
	20	45	4	13.10	13.10	13.10	14.50	17.30	24.33	33.00
	20	45	6	8.88	8.88	11.69	11.69	14.50	20.12	26.30
	20	30	4	14.50	14.50	14.50	15.90	18.43	22.93	33.00
	20	60	4	11.69	10.57	12.81	13.94	14.50	20.96	35.50
	15	45	4	15.06	15.06	15.06	15.90	18.71	21.52	33.00
	25	45	4	13.10	13.94	14.50	14.50	15.90	20.12	35.50
2.7 ซม.	20	45	2	10.29	10.29	13.10	13.94	15.90	25.74	38.50
	20	45	4	13.10	13.10	13.10	14.50	17.31	24.33	33.00
	20	45	6	8.88	8.88	11.69	11.69	14.50	20.12	26.30
	20	30	4	14.50	14.50	14.50	15.90	18.43	22.93	33.50
	20	60	4	11.69	10.57	12.81	14.50	15.06	21.52	35.50
	15	45	4	15.06	15.34	15.06	15.90	18.71	21.52	33.00
	25	45	4	13.10	13.94	14.50	14.50	15.90	20.12	35.50

5.2.2 การกระจายความเร็วการไหลบนสันฝาย ( ดูตาราง 5 - 7 ประกอบ ) พบว่าค่าความเร็วการไหลมีค่าลดลง เมื่อวัดที่ตำแหน่งสูงจากระดับสันฝายเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาค่าความเร็วการไหลสูงสุด ( $V_{max}$ ) ฝายสันวงกลมที่มีค่า  $P=20$  ซม. มุม  $\theta = 45^\circ$  และมีค่า  $R = 2, 4, 6$  ซม. พบว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า  $R = 2$  ซม. มีค่า  $V_{max}$  สูงกว่าฝายสันวงกลม  $R = 4$  ซม. ,  $6$  ซม. ตามลำดับ ฝายสันวงกลมที่มีค่า ( $P$ ) =  $20$  ซม. ค่า  $R = 4$  ซม. และมีค่า  $\theta = 30, 45, 60$  องศา พบว่า ฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 60^\circ$  มีค่า  $V_{max}$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า  $\theta = 45^\circ, 30^\circ$  ตามลำดับ และฝายสันวงกลมที่มีค่า  $R = 4$  ซม. ค่า  $\theta = 45^\circ$  ค่า  $P=15, 20, 25$  ซม. พบว่า ฝายสันวงกลม ที่มีค่า  $P=15$  ซม. มีค่า  $V_{max}$  สูงกว่าฝายสันวงกลมที่มีค่า  $P=20$  และ  $25$  ซม. ตามลำดับ (ดูรูปการกระจายความเร็วบนสันฝายที่หน้าตัด CW จากรูป 5-14 ถึง 5-19 และ รูป ข-1 ถึง ข-8 ประกอบ )

5.2.3 การทดสอบความถูกต้องของค่าความเร็วการไหลที่วัดได้ ดำเนินการโดยเปรียบเทียบค่าอัตราการไหลที่คำนวณจาก ค่าความเร็วการไหล กับ ค่าอัตราการไหลที่วัดโดยใช้ฝายวัดน้ำ  $90^\circ$  V-Notch Weir ( ดูรูป ข - 9 , ข - 10 , ตาราง ข - 16 ประกอบ )

จากผลการทดลองที่อัตราการไหล =  $8.83$  ลิตร / วินาที ได้มีการทดลองเก็บข้อมูลการกระจายความเร็วการไหลที่หน้าตัดการไหลห่างจากผิวฝายด้านเหนือน้ำ  $50$  ซม. ( จำนวน  $156$  จุด ) แล้วนำไปคำนวณหาอัตราการไหลจากข้อมูลการกระจายความเร็ว เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับอัตราการไหลที่ไหลเข้าสู่รางน้ำทดลองโดยผ่าน  $90^\circ$  V-Notch Weir จากผลการทดลอง และผลการคำนวณพบว่า อัตราการไหลที่คำนวณจากค่าการกระจายความเร็วการไหลมีความคลาดเคลื่อนจากอัตราการไหลจริงที่ได้จากการวัดปริมาณการไหลโดย  $90^\circ$  V-Notch Weir ประมาณ  $0.11\%$  โดยค่าที่คำนวณจากข้อมูลการกระจายความเร็วเท่ากับ  $8.839$  ลิตร / วินาที และค่าอัตราการไหลที่วัดได้จาก  $90^\circ$  V-Notch Weir เท่ากับ  $8.83$  ลิตร / วินาที แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดความเร็วกระแสน้ำนั้นมีความน่าเชื่อถือเพียงพอที่จะนำมาใช้ในการปฏิบัติงานได้

นอกจากนี้ได้คำนวณค่าสัมประสิทธิ์พลังงาน ( Energy Coefficient ,  $\alpha$  ) จากข้อมูลการกระจายความเร็วการไหลดังกล่าว พบว่ามีค่า  $\alpha = 1.21$  ( ดูตาราง ข - 17 ประกอบ )

ตาราง 5 - 7 ค่าความเร็วการไหลบริเวณศูนย์กลางบนสันฝาย  $Q = 8.83$  ลิตร/วินาที

ความเร็วการไหลบนสันฝาย (V) ( ซม. /วินาที )								
ชนิดฝาย	P = 20 ซม.	P = 20 ซม.	P = 20 ซม.	P = 20 ซม.	P = 20 ซม.	P = 15 ซม.	P = 25 ซม.	P = 20 ซม.
ความลึก	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 60^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 45^\circ$
เหนือสันฝาย	R = 2 ซม.	R = 4 ซม.	R = 6 ซม.	R = 4 ซม.	R = 4 ซม.	R = 4 ซม.	R = 4 ซม.	ogee
0.7 ซม.	80.50	71.75	68.00	68.00	73.00	75.50	70.50	68.00
1.2 ซม.	68.00	64.25	63.00	63.00	63.00	68.00	68.00	63.00
1.7 ซม.	60.50	60.50	58.00	60.50	60.50	63.00	60.50	58.00
2.2 ซม.	50.50	53.00	53.00	54.25	53.00	55.50	55.50	51.75
2.7 ซม.	48.00	50.50	48.00	51.75	48.00	50.50	50.50	48.00

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

### 5.3 ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง คุณลักษณะของฝายสันวงกลม กับ การกระจายความดัน และแรงดันน้ำที่มีต่อตัวฝาย

ได้ทำการศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลม จำนวน 7 แบบ และฝายโอก็ จำนวน 1 แบบ โดยพิจารณาที่อัตราการไหลระหว่าง 0.64 ถึง 8.83 ลิตร /วินาที ได้ทำการวัดความดันแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ฝายด้านเหนือหน้า , ฝายสันฝาย , และลาดด้านท้ายฝาย นอกจากนี้ได้นำค่าความดันฝายด้านเหนือหน้ามาคำนวณแรงดันรวมแนวราบ ( F ) สำหรับข้อมูล และผลการคำนวณที่เกี่ยวข้องได้รวบรวมไว้ใน ภาคผนวก ค สำหรับผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

#### 5.3.1 การกระจายความดัน และแรงดันน้ำ ที่กระทำกับฝายด้านเหนือหน้า

1. เมื่อพิจารณาความดันที่กระทำกับฝายด้านเหนือหน้า จะมีความดันเป็น บวก ( ความดันสูงกว่าความดันบรรยากาศ ) ทั้งหมด ค่าความดันมากที่สุดจะอยู่ที่ตำแหน่งติดกับพื้นท้องน้ำ และลดลงตามลำดับเมื่อตำแหน่งสูงขึ้นจากพื้นท้องน้ำจนถึงสันฝาย (ดูตาราง 5 - 8 , รูป 5-20 ถึง 5-22 และ ค-1 ถึง ค-4 ประกอบ )

2. เมื่อพิจารณาแรงดันรวมแนวราบที่กระทำต่อฝายด้านเหนือหน้า จากกราฟความสัมพันธ์ ระหว่าง แรงดันรวมแนวราบ ( F ) กับ ผลรวมของหัวพลังงานออกแบบ กับความสูงฝาย (  $H_0 + P$  ) ( ดูรูป 5 - 23 และตาราง 5 - 8 ประกอบ ) พบว่า แรงดันรวมมีค่ามากขึ้นตาม ผลรวมของหัวพลังงานออกแบบเหนือหน้าของฝาย กับค่าความสูงฝาย (  $H_0 + P$  ) กล่าวคือเมื่อค่า (  $H_0 + P$  ) มีค่ามาก ค่าแรงดันรวมแนวราบ ( F ) ก็จะมีค่ามาก ดังนี้

P ( ซม. )	$H_0 + P$ ( ซม. )	ค่าแรงดันรวม ( F ) KN / m.
15	16.10 0 - 20.163	0.123 - 0.175
20	21.10 0 - 25.539	0.210 - 0.286
25	26.400 - 30.497	0.330 - 0.424

ตาราง 5 - 8 ค่าความดันน้ำที่กระทำต่อตัวฝาย และ ค่าแรงดันรวมแนวราบที่กระทำต่อตัวฝายด้านเหนือน้ำ

ความสูงฝาย P (ซม.)	รัศมีวงกลม ตัวฝาย R (ซม.)	มุมลาดด้าน ท้ายน้ำ $\theta$ (องศา)	Qno.	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	$H_0$ (ซม.)	$H_0/R$	$H_0/P$	$H_0+P$ (ซม.)	$P_1$ (ซม.)	$P_2$ (ซม.)	$P_3$ (ซม.)	$P_4$ (ซม.)	$P_5$ (ซม.)	$P_6$ (ซม.)	$P_7$ (ซม.)	$P_8$ (ซม.)	$P_9$ (ซม.)	$P_{10}$ (ซม.)	แรงดันรวม ในแนวราบ ด้านเหนือน้ำ F, KN/m
20	2	45	Q1	8.83	4.941	2.471	0.247	24.941	20.70	16.00	10.90	-2.00	1.80	1.20	0.50	0.90	-0.30	0.30	0.271
			Q2	6.67	4.125	2.063	0.206	24.125	20.10	15.30	10.20	-1.00	1.50	0.90	0.30	0.70	-0.70	-0.40	0.265
			Q3	4.85	3.414	1.707	0.171	23.414	19.30	14.60	9.50	-0.40	1.10	0.50	0.00	0.50	-0.80	-0.50	0.253
			Q4	3.36	2.807	1.404	0.140	22.807	18.80	14.20	9.00	0.30	1.10	0.40	0.00	0.40	-0.90	-0.50	0.250
			Q5	2.17	2.203	1.102	0.110	22.203	18.20	13.50	8.40	0.30	0.90	0.30	-0.10	0.30	-0.90	-0.50	0.238
			Q6	1.27	1.601	0.801	0.080	21.601	17.60	13.00	7.80	0.40	0.70	0.20	-0.10	0.30	-0.90	-0.50	0.229
			Q7	0.82	1.400	0.700	0.070	21.400	17.30	12.50	7.40	0.40	0.60	0.20	-0.10	0.20	-0.90	-0.70	0.222
			Q8	0.64	1.100	0.550	0.055	21.100	17.10	12.40	7.30	0.40	0.60	0.20	-0.10	0.20	-0.90	-0.70	0.219
20	4	45	Q1	8.83	5.24	1.310	0.262	25.240	21.50	17.00	12.95	0.40	1.90	2.20	1.70	2.00	1.90	1.20	0.283
			Q2	6.67	4.424	1.106	0.221	24.424	20.75	16.30	12.30	0.60	1.60	1.90	1.40	1.60	1.60	1.10	0.267
			Q3	4.85	3.614	0.904	0.181	23.614	19.85	15.40	11.40	0.80	1.20	1.50	1.10	1.50	1.60	0.80	0.254
			Q4	3.36	2.907	0.727	0.145	22.907	19.25	14.80	10.80	0.80	1.20	1.40	1.00	1.50	1.50	0.70	0.241
			Q5	2.17	2.303	0.576	0.115	22.303	18.65	14.10	10.20	0.80	1.10	1.40	0.70	1.40	1.30	0.50	0.235
			Q6	1.27	1.601	0.400	0.080	21.601	17.75	13.40	9.40	0.80	0.70	0.90	0.70	0.80	0.90	0.40	0.217
			Q7	0.82	1.300	0.325	0.065	21.300	17.65	13.30	9.30	0.70	0.60	0.80	0.70	0.80	0.80	0.40	0.212
			Q8	0.64	1.150	0.288	0.058	21.150	17.55	13.00	9.10	0.60	0.60	0.80	0.70	0.80	0.70	0.30	0.211

ตาราง 5 - 8 (ต่อ)

ความสูงฝาย P (ซม.)	รัศมีวงกลม ด้านฝาย R (ซม.)	มุมลาดด้าน ท้ายน้ำ θ (องศา)	Qno.	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	H <sub>o</sub> (ซม.)	H <sub>o</sub> /R	H <sub>o</sub> /P	H <sub>o</sub> +P (ซม.)	P <sub>1</sub> (ซม.)	P <sub>2</sub> (ซม.)	P <sub>3</sub> (ซม.)	P <sub>4</sub> (ซม.)	P <sub>5</sub> (ซม.)	P <sub>6</sub> (ซม.)	P <sub>7</sub> (ซม.)	P <sub>8</sub> (ซม.)	P <sub>9</sub> (ซม.)	P <sub>10</sub> (ซม.)	แรงดันรวม ในแนวราบ ด้านเหนือหน้า F, KN./m
20	6	45	Q1	8.83	5.539	0.923	0.277	25.539	22.20	18.90	15.90	13.00	1.60	1.10	1.20	1.20	0.90	0.70	0.286
			Q2	6.67	4.724	0.787	0.236	24.724	21.60	18.40	15.30	12.30	1.60	1.10	1.10	1.20	0.80	0.60	0.274
			Q3	4.85	3.913	0.652	0.196	23.913	20.80	17.50	14.60	11.60	1.60	1.10	0.90	0.90	0.70	0.40	0.262
			Q4	3.36	3.107	0.518	0.155	23.107	20.20	17.00	14.00	11.10	1.50	0.90	0.70	0.80	0.60	0.30	0.248
			Q5	2.17	2.403	0.401	0.120	22.403	19.50	16.30	13.40	10.40	1.40	0.90	0.60	0.70	0.55	0.20	0.239
			Q6	1.27	1.901	0.317	0.095	21.901	18.80	15.60	12.70	9.60	1.00	0.80	0.40	0.55	0.50	0.20	0.225
			Q7	0.82	1.500	0.250	0.075	21.500	18.50	15.35	12.50	9.40	1.00	0.80	0.40	0.50	0.50	0.20	0.221
			Q8	0.64	1.300	0.217	0.065	21.300	18.30	15.15	12.20	9.20	0.85	0.70	0.35	0.50	0.50	0.20	0.213
20	4	30	Q1	8.83	5.34	1.335	0.267	25.340	22.10	18.00	14.00	1.20	1.90	1.80	1.40	1.30	1.30	1.20	0.278
			Q2	6.67	4.424	1.106	0.221	24.424	21.40	17.20	13.20	1.10	1.60	1.40	1.10	1.00	1.30	0.90	0.268
			Q3	4.85	3.714	0.929	0.186	23.714	20.60	16.50	12.50	1.10	1.20	1.00	0.80	0.80	0.70	0.70	0.256
			Q4	3.36	3.007	0.752	0.150	23.007	20.00	15.80	11.80	1.10	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40	0.50	0.242
			Q5	2.17	2.303	0.576	0.115	22.303	19.40	15.30	11.30	1.00	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.40	0.233
			Q6	1.27	1.701	0.425	0.085	21.701	18.60	14.50	10.50	0.80	0.30	0.30	0.20	0.30	0.10	0.20	0.220
			Q7	0.82	1.300	0.325	0.065	21.300	18.10	14.10	10.10	0.60	0.20	0.20	0.20	0.20	0.10	0.10	0.212
			Q8	0.64	1.150	0.288	0.058	21.150	18.10	14.00	10.00	0.50	0.20	0.20	0.10	0.20	0.00	0.00	0.210

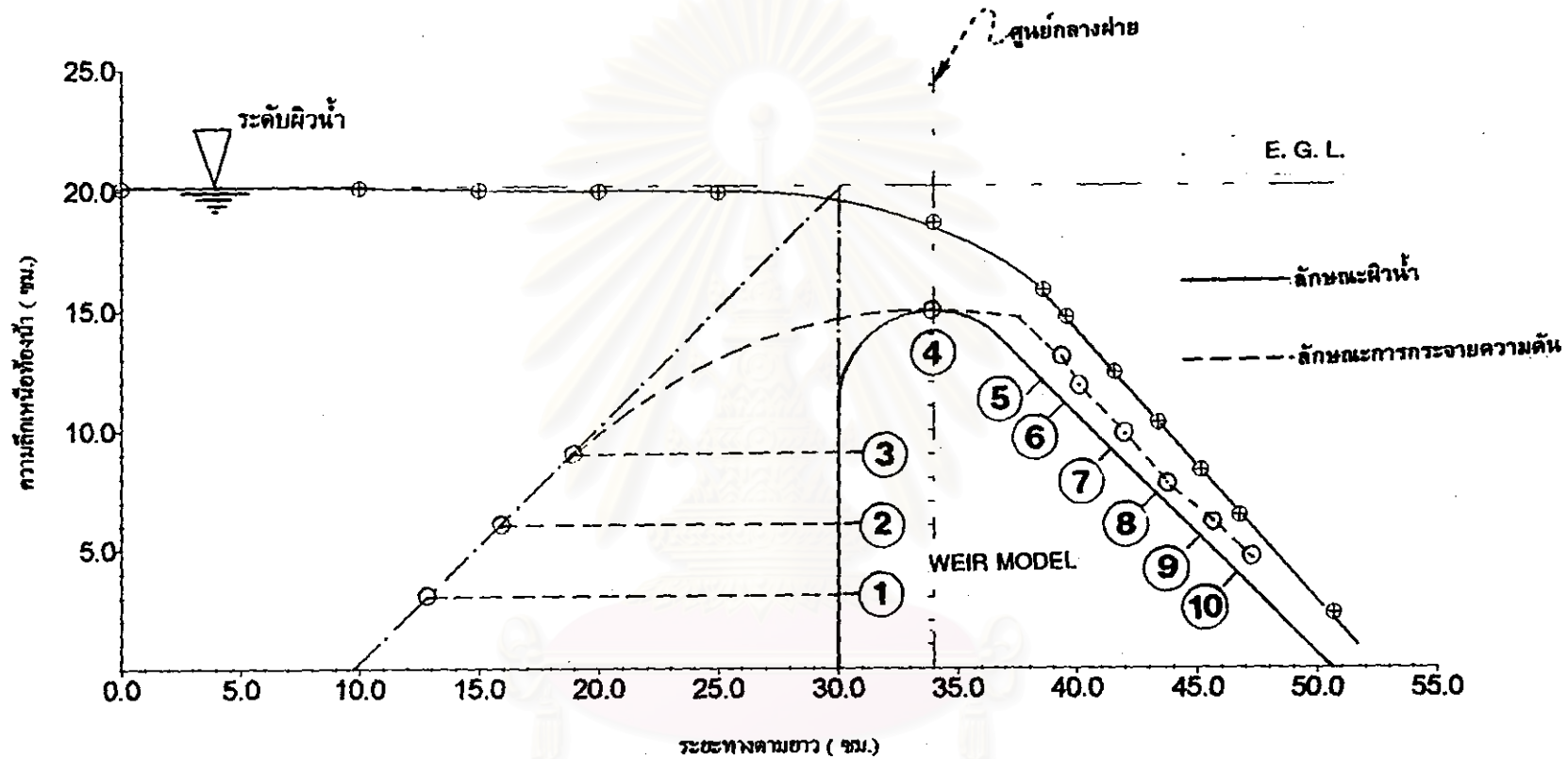
ตาราง 5 -8 (ต่อ)

ความสูงฝ่าย P (ซม.)	รัศมีวงกลม ด้านฝ่าย R (ซม.)	มุมลาดด้าน ท้ายน้ำ θ (องศา)	Qno.	อัตราการไหล (ลิตร/วินาที)	H <sub>o</sub> (ซม.)	H <sub>o</sub> /R	H <sub>o</sub> /P	H <sub>o</sub> +P (ซม.)	P <sub>1</sub> (ซม.)	P <sub>2</sub> (ซม.)	P <sub>3</sub> (ซม.)	P <sub>4</sub> (ซม.)	P <sub>5</sub> (ซม.)	P <sub>6</sub> (ซม.)	P <sub>7</sub> (ซม.)	P <sub>8</sub> (ซม.)	P <sub>9</sub> (ซม.)	P <sub>10</sub> (ซม.)	แรงดันรวม ในแนวราบ ด้านเหนือน้ำ F, KN./m
20	4	60	Q1	8.83	5.14	1.285	0.257	25.140	22.50	18.10	14.20	0.20	1.10	0.90	1.00	1.00	0.50	1.30	0.282
			Q2	6.67	4.424	1.106	0.221	24.424	21.80	17.50	13.50	0.40	0.80	0.70	0.70	0.70	0.20	0.90	0.273
			Q3	4.85	3.564	0.891	0.178	23.564	20.90	16.70	12.80	0.50	0.60	0.40	0.60	0.50	0.00	0.60	0.259
			Q4	3.36	2.907	0.727	0.145	22.907	20.30	16.10	12.10	0.50	0.40	0.30	0.50	0.40	-0.20	0.40	0.247
			Q5	2.17	2.303	0.576	0.115	22.303	19.60	15.50	11.50	0.50	0.30	0.20	0.40	0.40	-0.30	0.30	0.237
			Q6	1.27	1.701	0.425	0.085	21.701	19.00	14.90	10.90	0.50	0.30	0.20	0.40	0.40	-0.20	0.30	0.226
			Q7	0.82	1.300	0.325	0.065	21.300	18.60	14.40	10.50	0.40	0.20	0.20	0.40	0.30	-0.20	0.30	0.217
			Q8	0.64	1.100	0.275	0.055	21.100	18.50	14.40	10.40	0.40	0.20	0.20	0.40	0.30	-0.20	0.30	0.215
15	4	45	Q1	8.83	5.163	1.291	0.344	20.163	17.20	14.10	11.10	0.00	1.80	1.10	1.30	1.00	1.10	1.30	0.175
			Q2	6.67	4.339	1.085	0.289	19.339	16.50	13.40	10.30	0.50	1.60	0.90	1.00	0.80	1.10	1.00	0.169
			Q3	4.85	3.522	0.881	0.235	18.522	15.70	12.50	9.50	0.70	1.40	0.50	0.60	0.50	0.80	0.70	0.158
			Q4	3.36	2.911	0.728	0.194	17.911	15.10	11.90	9.00	0.80	1.20	0.20	0.40	0.30	0.50	0.50	0.151
			Q5	2.17	2.205	0.551	0.147	17.205	14.30	11.10	8.30	0.80	0.90	0.00	0.20	0.20	0.30	0.40	0.141
			Q6	1.27	1.652	0.413	0.110	16.652	13.70	10.60	7.70	0.70	0.70	-0.10	0.10	0.10	0.10	0.30	0.131
			Q7	0.82	1.351	0.338	0.090	16.351	13.40	10.30	7.30	0.60	0.70	-0.20	0.10	0.10	0.10	0.20	0.126
			Q8	0.64	1.100	0.275	0.073	16.100	13.20	10.10	7.10	0.50	0.60	-0.20	0.10	0.10	0.00	0.20	0.123

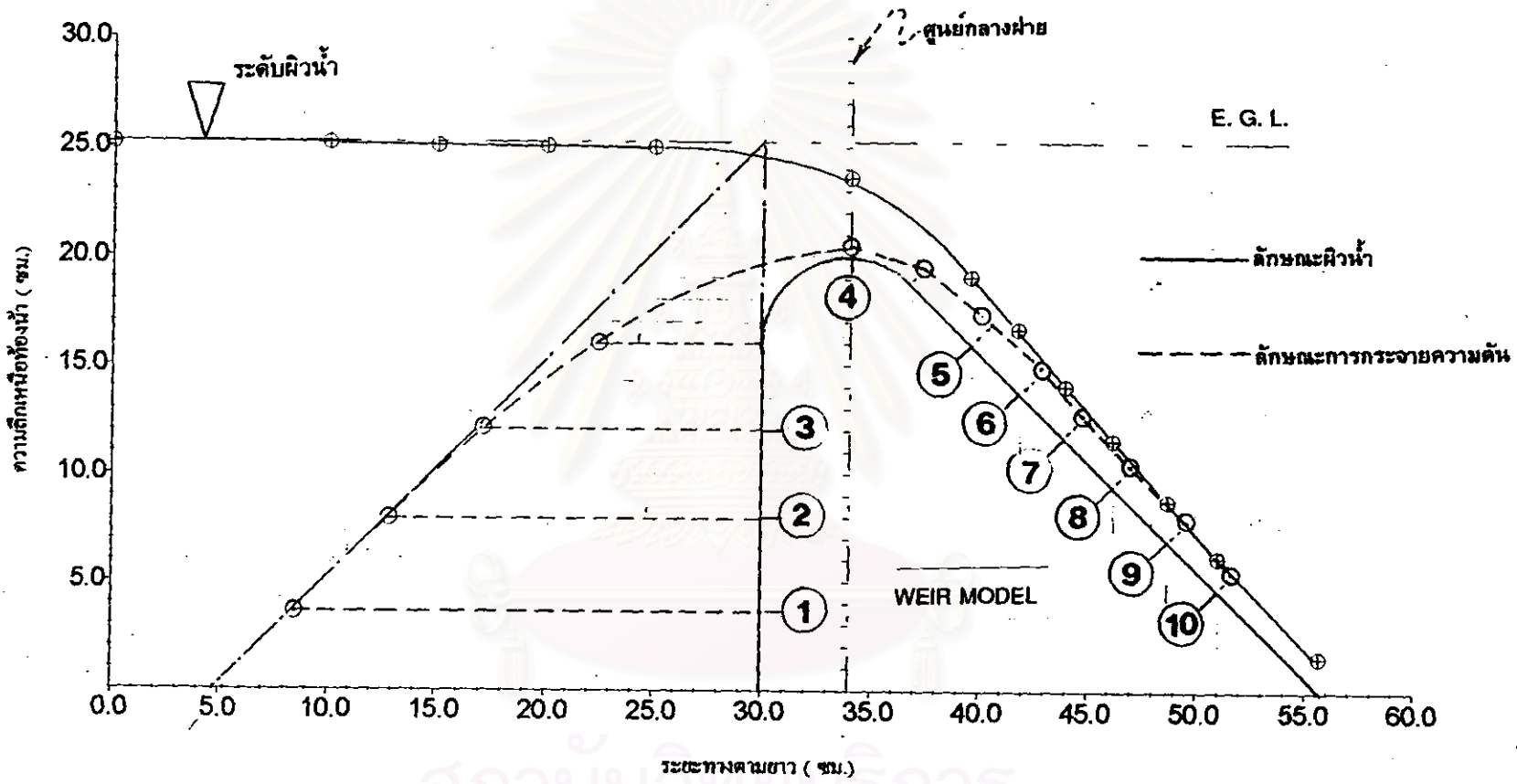
ตาราง 5 - 8 ( ต่อ )

ความสูงฝ่าย P ( ซม. )	รัศมีวงกลม R ( ซม. )	มุมลาดคาน θ ( องศา )	Qno.	อัตราความเร็ว ( ลิตร/วินาที )	H <sub>o</sub> ( ซม. )	H <sub>o</sub> /R	H <sub>o</sub> /P	H <sub>o</sub> +P ( ซม. )	P <sub>1</sub> ( ซม. )	P <sub>2</sub> ( ซม. )	P <sub>3</sub> ( ซม. )	P <sub>4</sub> ( ซม. )	P <sub>5</sub> ( ซม. )	P <sub>6</sub> ( ซม. )	P <sub>7</sub> ( ซม. )	P <sub>8</sub> ( ซม. )	P <sub>9</sub> ( ซม. )	P <sub>10</sub> ( ซม. )	แรงดันรวม ในแนวรวม คานเหนือหน้า F, KN./m	
25	4	45	Q1	8.83	5.497	1.374	0.220	30.497	24.40	18.20	12.20	0.50	1.20	1.10	1.00	0.70	0.30	0.80	0.423	
			Q2	6.67	4.616	1.154	0.185	29.616	23.60	17.60	11.60	0.90	1.00	0.90	0.70	0.50	0.30	0.60	0.402	
			Q3	4.85	3.859	0.965	0.154	28.859	22.90	16.70	10.80	1.00	0.80	0.70	0.50	0.30	0.00	0.40	0.387	
			Q4	3.36	3.165	0.791	0.127	28.165	22.20	16.20	10.20	1.20	0.70	0.50	0.40	0.10	-0.10	0.30	0.375	
			Q5	2.17	2.502	0.626	0.100	27.502	21.60	15.60	9.60	1.20	0.50	0.40	0.30	0.10	-0.20	0.20	0.358	
			Q6	1.27	1.900	0.475	0.076	26.900	20.90	15.00	9.00	1.00	0.30	0.20	0.20	0.00	-0.20	0.20	0.340	
			Q7	0.82	1.560	0.390	0.062	26.560	20.50	14.50	8.50	0.80	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.20	0.20	0.333	
			Q8	0.64	1.400	0.350	0.056	26.400	20.40	14.40	8.40	0.70	0.20	0.20	0.20	0.00	-0.20	0.20	0.330	
20	โถ้	45	Q1	8.83	5.140	-	0.257	25.140	22.00	17.50	13.40	0.40	1.00	1.40	1.20	1.10	0.90	1.20	0.285	
			Q2	6.67	4.424	-	0.221	24.424	21.20	16.70	12.60	0.80	0.90	1.10	1.00	1.00	0.80	1.10	0.273	
			Q3	4.85	3.613	-	0.181	23.613	20.40	15.90	11.80	1.10	0.80	0.80	0.80	0.70	0.50	0.80	0.260	
			Q4	3.36	2.907	-	0.145	22.907	19.80	15.30	11.20	1.10	0.70	0.70	0.60	0.50	0.40	0.70	0.250	
			Q5	2.17	2.303	-	0.115	22.303	19.10	14.70	10.60	1.10	0.50	0.50	0.40	0.40	0.30	0.50	0.239	
			Q6	1.27	1.701	-	0.085	21.701	18.50	14.10	10.00	1.00	0.50	0.30	0.20	0.30	0.30	0.30	0.40	0.228
			Q7	0.82	1.400	-	0.070	21.400	18.10	13.70	9.60	0.90	0.40	0.30	0.20	0.20	0.20	0.20	0.40	0.222
			Q8	0.64	1.200	-	0.060	21.200	17.90	13.50	9.40	0.80	0.30	0.20	0.10	0.20	0.10	0.30	0.217	

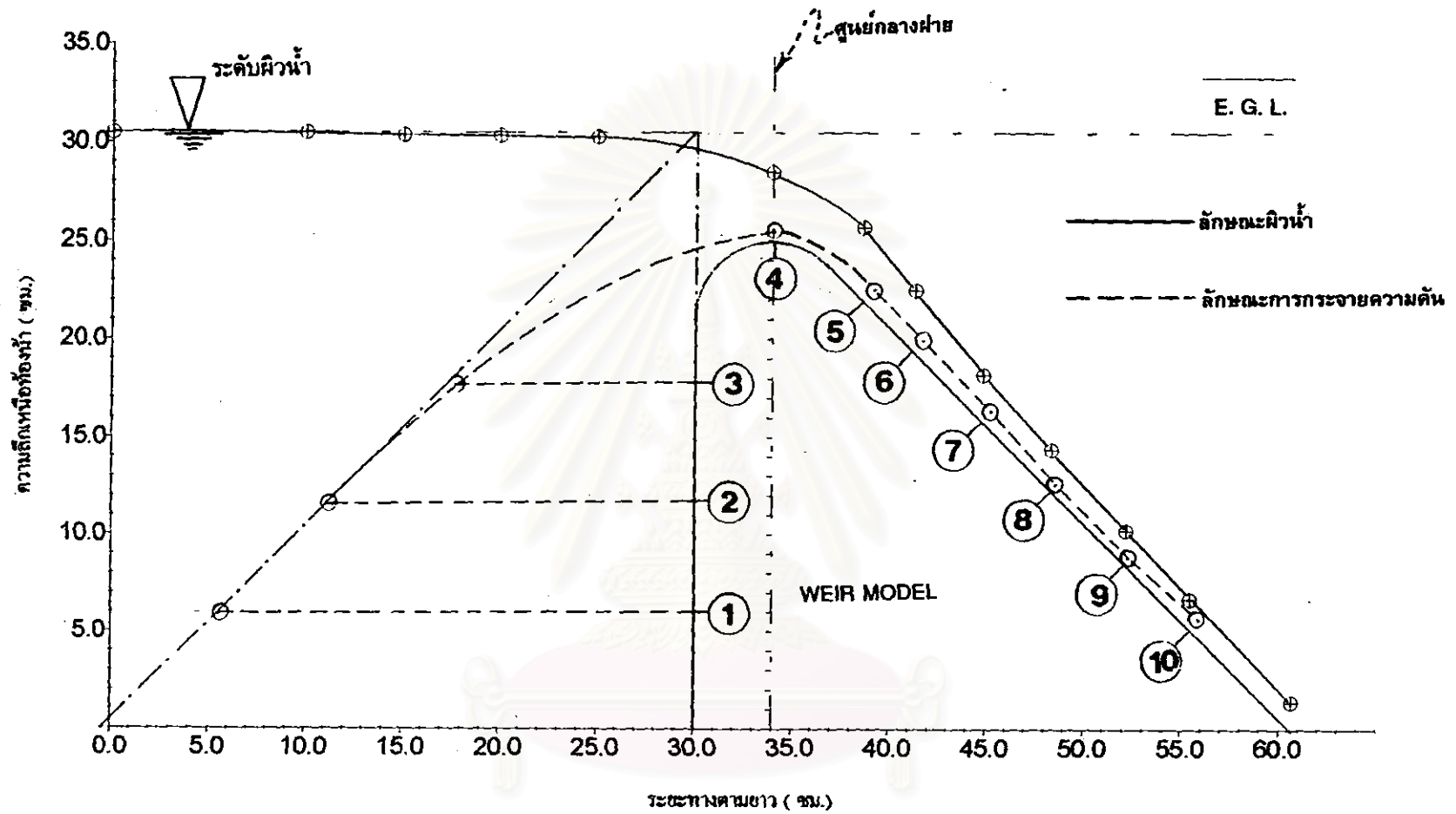




รูป 5 - 20 แสดงลักษณะผิวน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความดันที่ตั้งฉากกับผิวน้ำ ของการไหลของน้ำผ่านฝายต้นวงกลม  
 ของฝายต้นวงกลม  $P = 15$  ซม., มุมลาดค้ำหน้า  $\alpha = 45$  องศา,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล  $(Q) = 8.83$  ลิตร / วินาที



รูป 5 - 21 แสดงลักษณะผิวน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความดันที่ตั้งฉากกับผิวฝาย ของการไหลของน้ำผ่านฝายชันวงกลม ของฝายชันวงกลม P = 20 ซม., มุมลาดด้านท้ายน้ำ = 45 องศา, R = 4 ซม. ที่อัตราการไหล ( Q ) = 8.83 ลิตร / วินาที



รูป 5 - 22 แสดงลักษณะผิวน้ำ และการเปลี่ยนแปลงความดันที่ตั้งฉากกับผิวน้ำ ของการไหลของน้ำผ่านฝายชันวงกลม  
 ของฝายชันวงกลม  $P = 25$  ซม., มุมลาดคันท้ายน้ำ =  $45^\circ$  องศา,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) = 8.88 ลิตร / วินาที

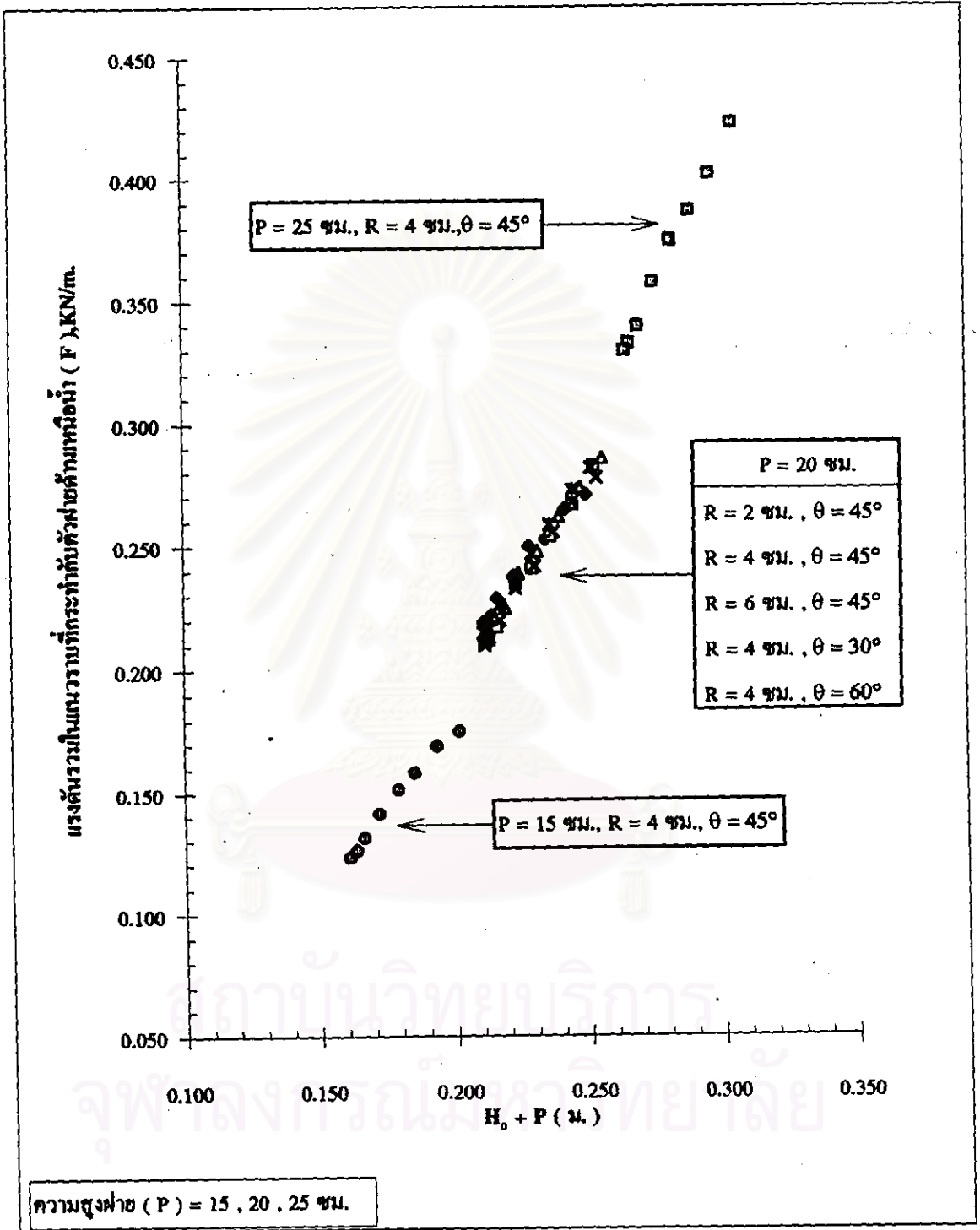
ในกรณีที่ ค่าหัวความเร็วการไหล ( Velocity Head ,  $V^2/2g$  ) มีค่าน้อยๆพบว่าค่า H มีค่าใกล้เคียงกับค่า  $H_0$  หรือ  $H \cong H_0$  นั่นคือ ค่า  $(H_0 + P) \cong (H + P)$  ซึ่ง ค่า  $(H + P)$  คือค่า ความลึกการไหล นั่นเอง

3. จากการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของฝาย ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่า ความสูงฝาย ( P ) และอัตราการไหลของน้ำ ( Q ) ที่มีผลกระทบบกับค่าแรงดันน้ำที่กระทำต่อตัว ฝายด้านเหนือน้ำ การกำหนดค่าอัตราการไหลจะให้อยู่ในรูปของ อัตราส่วนระหว่าง หัวพลังงาน ออกแบบ ต่อ ความสูงฝาย (  $H_0 / P$  ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.055 ถึง 0.344 เมื่อนำไปสร้างกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำกับตัวฝาย กับ ค่า (  $H_0 / P$  ) (ดูรูป 5-24 ประกอบ ) พบว่าการเปลี่ยนแปลง ความสูงฝาย ( P ) ต่อ ผลแรงดันรวมในแนวราบ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้คือ

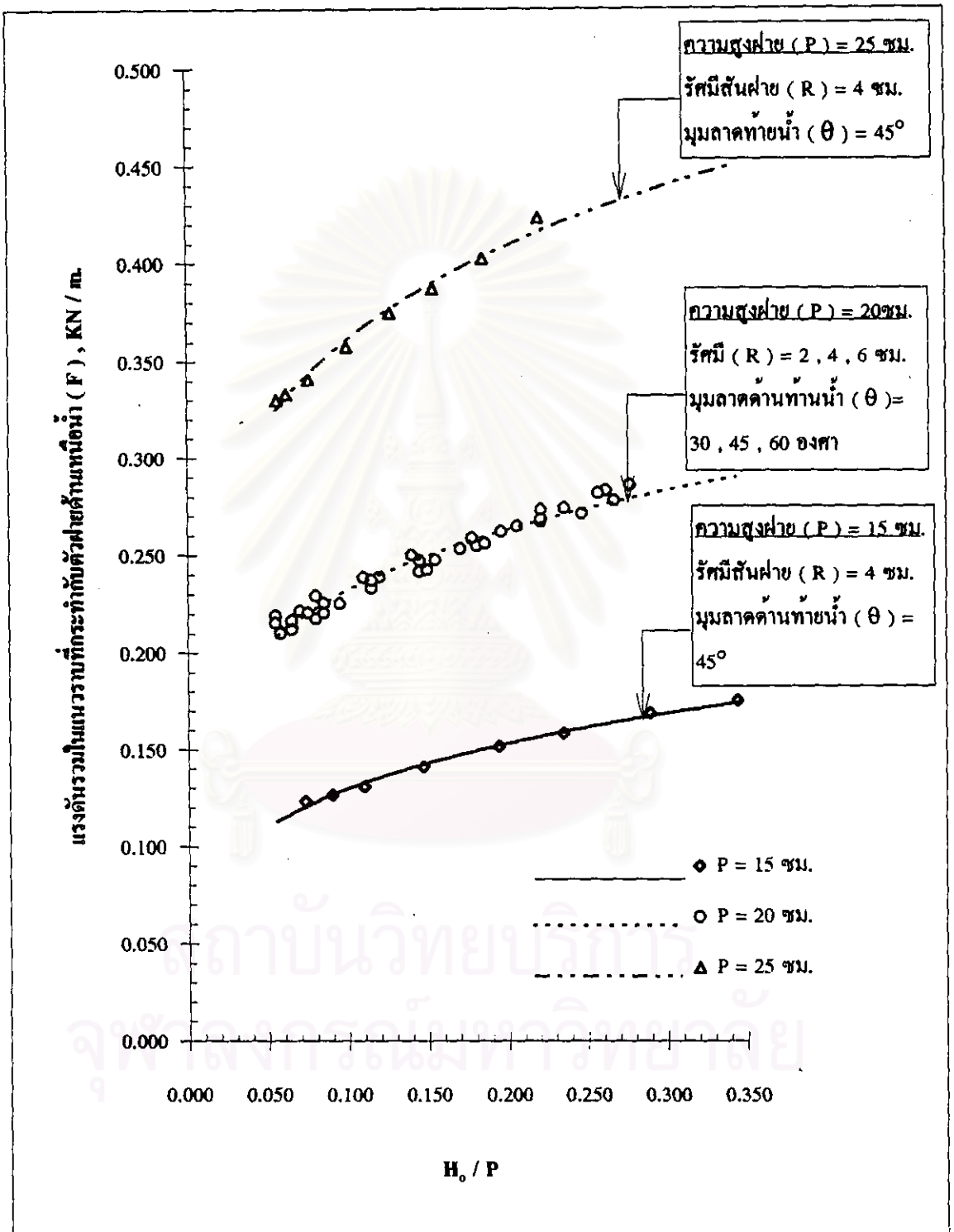
P ( ซม. )	$H_0 / P$	ค่าแรงดันรวม ( F ) KN / m.
15.00	0.073 - 0.344	0.123 - 0.175
20.00	0.058 - 0.262	0.210 - 0.286
25.00	0.056 - 0.220	0.330 - 0.424

พบว่า ความสูงฝาย ( P ) มีผลต่อค่า แรงดันที่กระทำต่อตัวฝาย ( F ) กล่าวคือ ที่ค่า  $H_0 / P$  เดียวกัน ฝายที่มีค่า P มาก ค่า F จะมีค่ามากตามด้วย

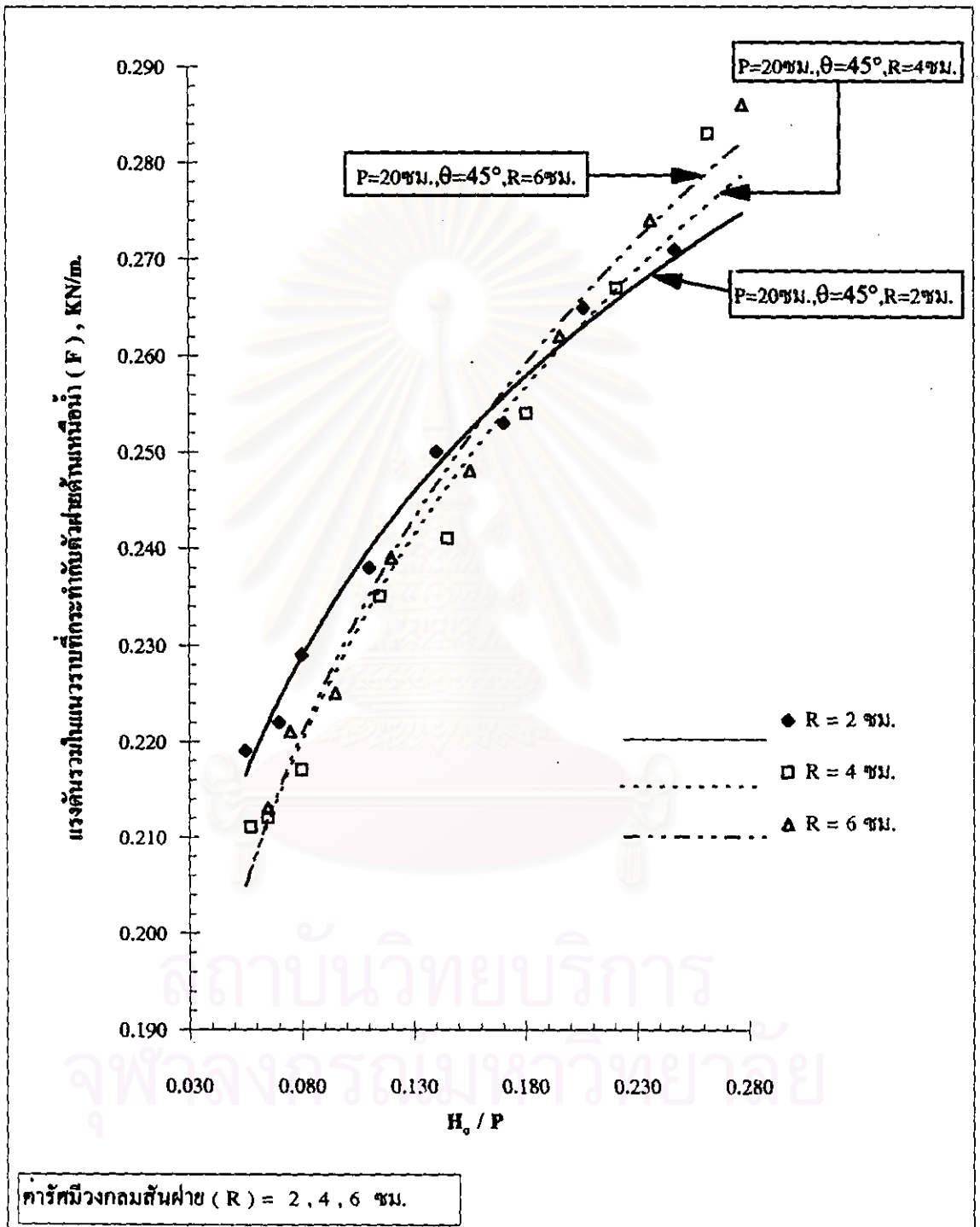
4. จากการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของฝาย ด้วยการเปลี่ยนแปลงรัศมี วงกลมสันฝาย ( R ) และอัตราการไหลของน้ำ ( Q ) ที่มีผลกระทบบกับแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำต่อตัวฝายด้านเหนือน้ำ การกำหนดค่าอัตราการไหลจะให้อยู่ในรูปของ อัตราส่วนระหว่าง หัวพลังงานออกแบบ ต่อความสูงฝาย (  $H_0 / P$  ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.055 ถึง 0.277 เมื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำกับตัวฝาย ( F ) กับ ค่า (  $H_0 / P$  ) ( ดูรูป 5-25 ประกอบ ) การเปลี่ยนแปลงรัศมีสันฝาย ( R ) ต่อผลแรงดันรวมในแนวราบ ดังนี้คือ



รูป 5 - 23 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำกับฝายอันวงกลม ด้านเหนือน้ำ ( F ) กับ ผลรวมของหัวพลังงานออกนอกบับ กับ ความสูงฝาย (  $H_0 + P$  )



รูป 5 - 24 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันรวมแนวราบที่กระทำกับตัวฝ้ายอันวงกลม ด้านเหนือน้ำ ( F ) กับ อัตราส่วนของหัวถึงงานออกแบบ คือ ความสูงฝ้าย (  $H_0 / P$  )



รูป 5 -26 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำกับฝ้ายชั้นวงกลม ด้านหมอน้ำ ( F ) กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออกแบบ ต่อ ความสูงฝ้าย (  $H_0 / P$  )

R ( ซม. )	$H_0 / P$	ค่าแรงดันรวม ( F ) KN / m.
2.00	0.055 - 0.247	0.219 - 0.271
4.00	0.058 - 0.262	0.211 - 0.283
6.00	0.065 - 0.277	0.213 - 0.286

พบว่า ค่า R มีผลกระทบต่อค่า F ไม่มาก

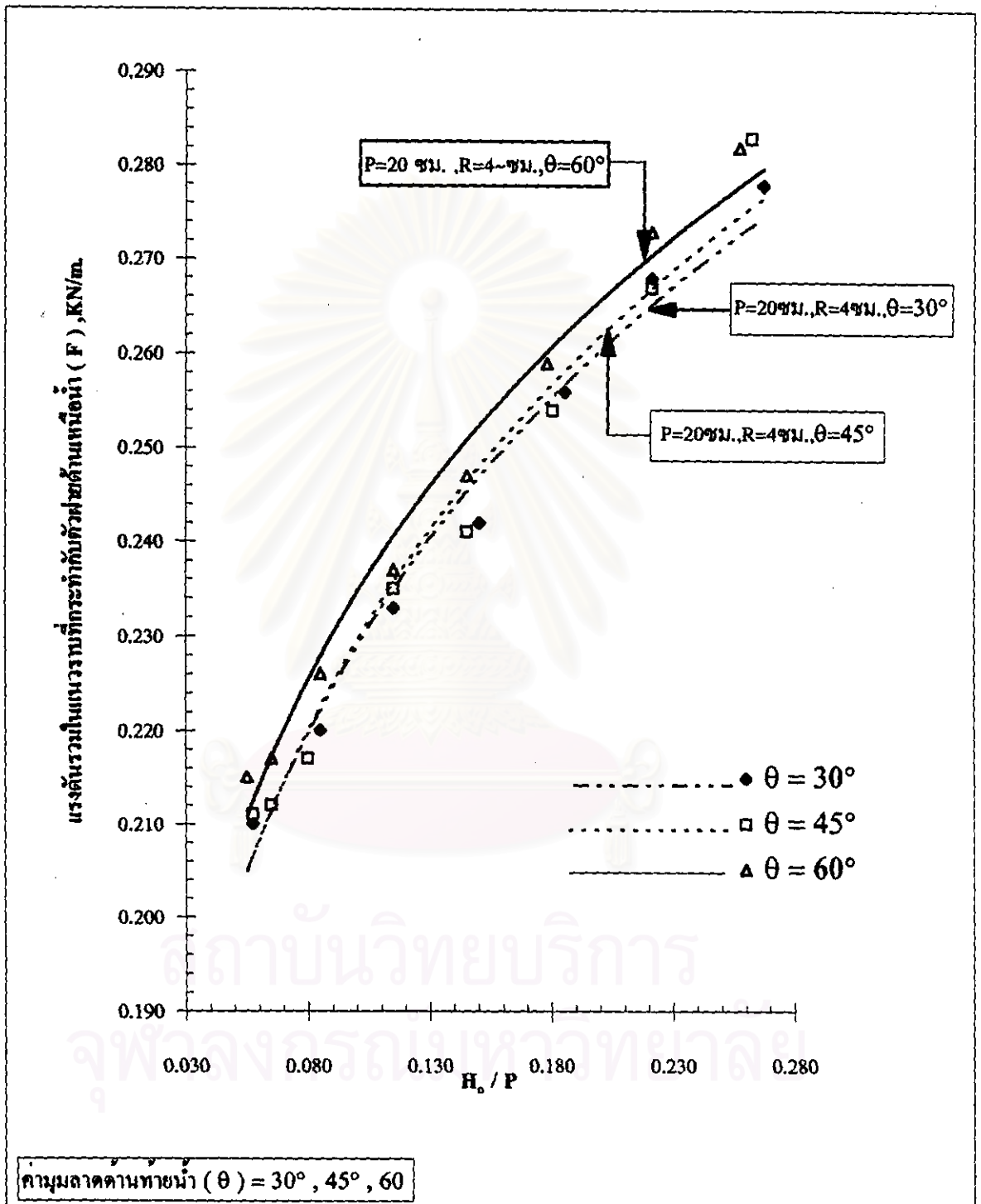
5. จากการศึกษาผลการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะของฝาย ด้วยการเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) และอัตราการไหลของน้ำ ( $Q$ ) ที่มีผลกระทบต่อค่าแรงดันรวมแนวราบ ( $F$ ) ที่กระทำต่อตัวฝายด้านเหนือน้ำ การกำหนดค่าอัตราการไหลจะให้อยู่ในรูปของ อัตราส่วนระหว่าง หัวพลังงานออกแบบ ต่อ ความสูงฝาย ( $H_0 / P$ ) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.055 ถึง 0.267 เมื่อนำไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าความดันรวมในแนวราบที่กระทำกับตัวฝาย ( $F$ ) กับ ค่า ( $H_0 / P$ ) ( ดูรูป 5-26 ประกอบ ) พบว่าการเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) ต่อ แรงดันรวมในแนวราบ ( $F$ ) ดังนี้คือ

$\theta$ ( องศา )	$H_0 / P$	ค่าแรงดันรวม ( F ) KN / m.
30.00	0.058 - 0.267	0.210 - 0.278
45.00	0.058 - 0.262	0.211 - 0.283
60.00	0.055 - 0.257	0.215 - 0.282

พบว่า ค่า  $\theta$  มีผลกระทบต่อค่า F ไม่มาก

5.3.2 ความดันที่กระทำกับผิวฝายบริเวณสันฝายวงกลม ( ดูตาราง 5 - 8 ประกอบ ) จากผลการศึกษาพบว่า ความดันที่สันฝายมีค่าเป็น บวก เกือบทั้งหมด ยกเว้น แบบจำลองฝายสันวงกลม ความสูงฝาย ( $P$ ) = 20 ซม. มุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) =  $45^\circ$  รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) เท่ากับ 2 ซม. ที่มีค่าความดันเป็น ลบ ( ความดัน ลบ คือ ความดันที่ต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ) ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) ระหว่าง 4.85 - 8.83 ลิตร / วินาที โดยมีค่าความดันอยู่ ระหว่าง -0.10





รูป 5 - 26 กราฟแสดงผลการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันรวมในแนวราบที่กระทำกับฝายด้านวงกลม ด้านหน้า (F) กับ อัตราส่วนของหัวตังงานออกนบต ต่อ ความสูงฝาย ( $H_0 / P$ )

ถึง  $-2.00$  ซม.ตามลำดับ การที่ความดันบนสันฝายมีค่าเป็น ลบ เป็นผลมาจากการบีบตัวของลำน้ำบนสันฝายทำให้มันน้ำยกตัวลอยสูงกว่าผิวสันฝาย

สำหรับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงลักษณะของฝายที่มีต่อความดันบนสันฝาย จากผลการศึกษาพบว่า

1. การเปลี่ยนแปลง ค่ารัศมีวงกลมสันฝาย ( R ) ( ดูตาราง 5 - 8 ประกอบ ) เมื่อความสูงฝาย ( P ) และ มุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) คงที่ ณ อัตราการไหลเดียวกัน ความดันบนสันฝายมีค่ามากขึ้นเมื่อรัศมีวงกลมสันฝาย ( R ) เพิ่มขึ้น
2. การเปลี่ยนแปลงค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) ( ดูตาราง 5 - 8 ประกอบ ) เมื่อความสูงฝาย ( P ) และ รัศมีวงกลมสันฝาย ( R ) คงที่ ณ อัตราการไหลเดียวกัน ความดันบนสันฝายลดลงเมื่อค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) เพิ่มขึ้น
3. การเปลี่ยนแปลง ค่าความสูงฝาย ( P ) ( ดูตาราง 5 - 8 ประกอบ ) เมื่อรัศมีวงกลมสันฝาย ( R ) และมุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) คงที่ ณ อัตราการไหลเดียวกัน ความดันบนสันฝายมีค่ามากขึ้นเมื่อความสูงฝาย ( P ) เพิ่มขึ้น

5.3.3 ความดันที่กระทำกับผิวฝายสันวงกลมที่ลาดด้านท้ายน้ำ ( ดูตาราง 5 - 8 ประกอบ ) พบว่า ความดันมีทั้งค่าความดันเป็น บวก และ ลบ โดยที่ค่าความดันเป็น ลบ จะเกิดกับฝายสันวงกลมดังนี้ คือ

1. ฝายสันวงกลม มีค่า  $P = 20$  ซม. ,  $\theta = 45^\circ$  ,  $R = 2$  ซม. ณ ตำแหน่งจุดวัดความดัน  $P_7$  ที่อัตราการไหล  $0.64 - 2.17$  ลิตร/วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.10$  ซม. จุดวัดความดัน  $P_9$  ที่อัตราการไหล  $0.64 - 8.83$  ลิตร/วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.90$  ถึง  $-0.30$  ซม. , จุดวัดความดัน  $P_{10}$  ที่อัตราการไหล  $0.64$  ลิตร/วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.70$  ถึง  $-0.40$  ซม. ( ดูรูป 4 - 4 ประกอบ )

2. ฝ่ายสันวงกลม มีค่า  $P = 20$  ซม.,  $\theta = 60^\circ$ ,  $R = 4$  ซม. ณ ตำแหน่งจุดวัดความดัน  $P_0$  ที่อัตราการไหล  $0.64 - 3.36$  ลิตร / วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.20$  ถึง  $-0.30$  ซม. ( รูป 4 - 8 ประกอบ )

3. ฝ่ายสันวงกลม มีค่า  $P = 15$  ซม.,  $\theta = 45^\circ$ ,  $R = 4$  ซม. ณ ตำแหน่งจุดวัดความดัน  $P_0$  ที่อัตราการไหล  $0.64 - 1.27$  ลิตร / วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.20$  ถึง  $-0.10$  ซม. ( รูป 4 - 9 ประกอบ )

4. ฝ่ายสันวงกลม มีค่า  $P = 25$  ซม.,  $\theta = 45^\circ$ ,  $R = 4$  ซม. ณ ตำแหน่งจุดวัดความดัน  $P_0$  ที่อัตราการไหล  $0.64 - 3.36$  ลิตร / วินาที ค่าความดัน ลบ เท่ากับ  $-0.20$  ถึง  $-0.10$  ซม. ( รูป 4 - 10 ประกอบ )

นอกเหนือจากที่กล่าวมาในส่วนที่เหลือมีค่าความดันเป็นบวก ทั้งหมด ( รูป 4-4 ถึง 4 - 10 และ ตาราง 5 - 8 ประกอบ ) จะเห็นได้ว่า รูปร่างของฝ่ายสันวงกลมในส่วนลาดด้านท้ายน้ำในรูปแบบของค่า  $K$  และค่า  $\theta$  เปรียบเทียบกับรูปร่างของม่านน้ำจะมีผล ต่อความดันผิวฝ่ายด้านท้ายน้ำ

จาก 1 และ 2 พบว่า ที่ความสูงฝ่าย ( $P$ ) = 20 ซม. เห็นได้ว่า ถ้าค่า  $\theta$  มีค่าปานกลาง และ ค่า  $K$  มีค่าน้อยๆ โอกาสที่ม่านน้ำจะลอยอยู่เหนือผิวฝ่ายจะมีมากส่งผลทำให้เกิดความดันลบ และในทางกลับกัน ถ้าค่า  $\theta$  มีค่ามากขึ้น ( ความชันมาก ) ค่า  $K$  น้อยๆ โอกาสที่ม่านน้ำจะลอยตัวจากผิวฝ่ายก็มากด้วยทำให้เกิดความดัน ลบ ดังนั้นเพื่อควบคุมไม่ให้ความดันเป็น ลบ ควรควบคุมไม่ให้ค่า  $\theta$  มากเกินไป และ ค่า  $K$  น้อยเกินไป

จาก 3 และ 4 พบว่า ค่า  $P$  ยิ่งต่ำค่าอัตราการไหล ( $Q$ ) มีค่ามากจะทำให้ค่าความดัน เป็นบวก และ ในทางกลับกัน ค่า  $P$  สูงๆ อัตราการไหล ( $Q$ ) น้อย จะทำให้ความดันเป็น ลบ ดังนั้นในกรณีที่ฝ่ายมีความสูงมาก ควรควบคุมไม่ให้ค่า  $Q$  น้อยเกินไป มีข้อสังเกตว่า ในกรณีที่มีความดันเป็น ลบ จะขึ้นอยู่กับค่า  $P$  และ  $Q$  หากมีการเปลี่ยนแปลงค่า  $P$  และ  $Q$  ก็จะส่งผลทำให้ตำแหน่งที่เกิดความดันเป็น ลบ เลื่อนไป

## 5.4 ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบ ระหว่างฝายสันวงกลม และฝายโอ๊ก

### 5.4.1 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ )

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ระหว่างฝายสันวงกลมและฝายโอ๊ก ได้ศึกษาจากแบบจำลองฝายสันวงกลมที่มี ค่าความสูงฝาย ( $P$ ) = 20 ซม. มุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) =  $45^\circ$  รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) = 2 , 4 และ 6 ซม. โดยเปรียบเทียบกับแบบจำลองฝายโอ๊ก ที่มีค่าความสูงฝาย ( $P$ ) = 20 ซม. มุมลาดด้านท้ายน้ำ =  $45^\circ$  ( รูป 4-11 ประกอบ ) ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) ระหว่าง 0.64 - 8.83 ลิตร/วินาที สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า  $H_o / P$  กับ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ( รูป 5 - 27 ประกอบ ) โดยมีค่า  $H_o / P$  อยู่ระหว่าง 0.05 ถึง 0.30 พบว่า

ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ของฝายโอ๊ก มีค่าใกล้เคียง กับ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ฝายสันวงกลมที่มีค่าความสูงฝาย ( $P$ ) = 20 ซม. รัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) เท่ากับ 4 ซม. ค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) =  $45^\circ$  มากที่สุด ( ดูตาราง 5 - 10 และรูป 5-28 ประกอบ ) สามารถเปรียบเทียบค่า  $C_d$  ได้ดังนี้

ตาราง 5-9 เปรียบเทียบค่า  $C_d$  ของฝายสันวงกลม และฝายโอ๊ก ที่ใกล้เคียงกัน

ฝาย	$C_d$ (max.)	$C_d$ (ave.)	$C_d$ (min.)
ฝายสันวงกลม $P = 20$ ซม. , $\theta = 45^\circ$ , $R = 4$ ซม.	0.631	0.563	0.443
ฝายโอ๊ก $P = 20$ ซม. , $\theta = 45^\circ$	0.650	0.556	0.414

### 5.4.2 ผลการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วการไหล

ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความเร็วการไหลจากแบบจำลองฝายโอ๊กที่มีค่า  $P = 20$  ซม. ,  $\theta = 45^\circ$  กับ แบบจำลองฝายสันวงกลม ที่มีค่า  $P = 20$  ซม.  $\theta = 45^\circ$  ,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) = 8.83 ลิตร / วินาที( รูป 5-16, 5-17 , 5-29 , 5-30) พบว่า จากลักษณะการกระจายความเร็วการไหลในรูปตัดตามขวาง และตามยาวของทางน้ำในส่วนด้านเหนือหน้าของตัวฝายและบริเวณสันฝายมีลักษณะการกระจายความเร็วการไหลที่ไม่แตกต่างกัน

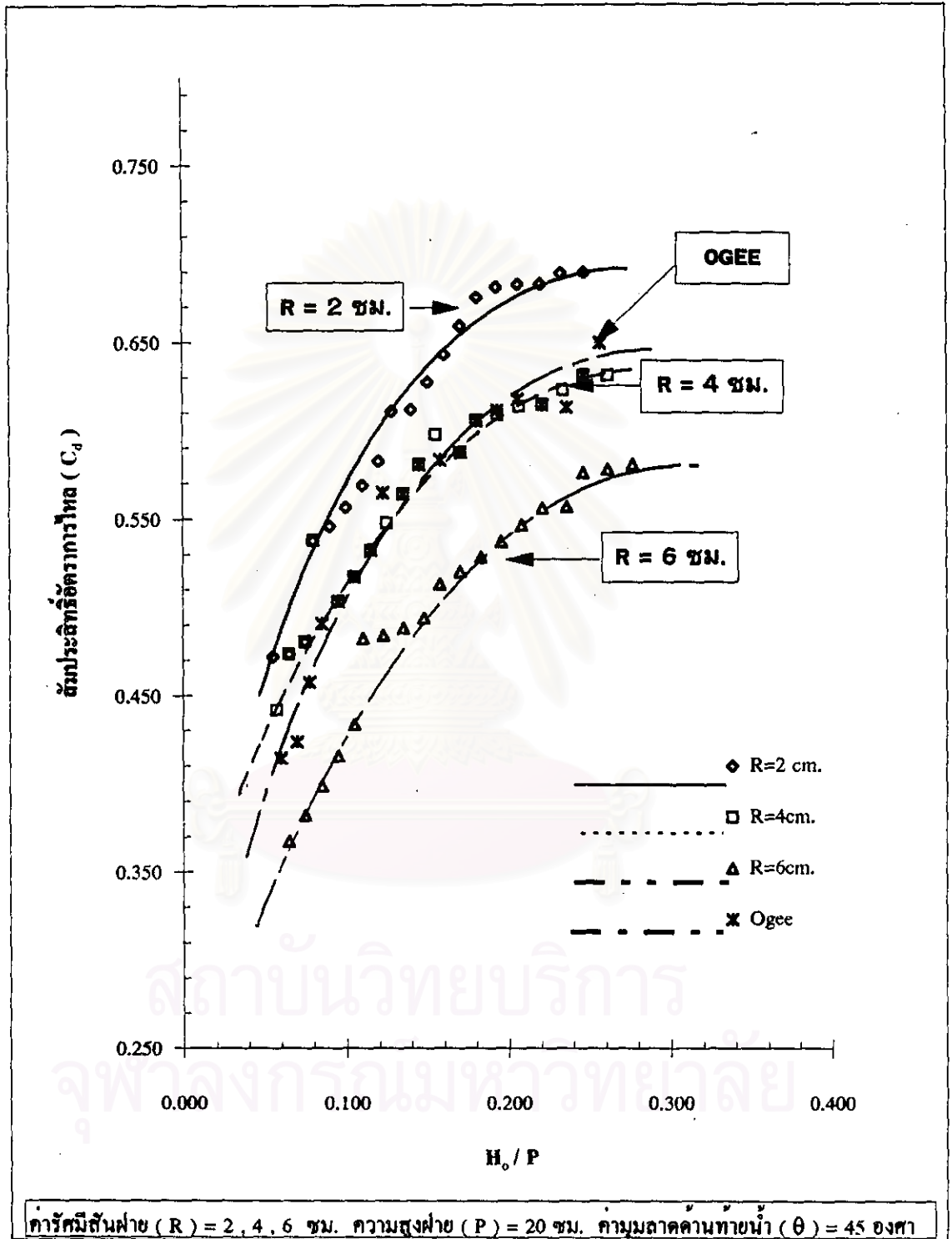
ตาราง 5 - 10 การเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล ( $C_d$ ) ระหว่างฝายต้นวงกลมและฝายโอที

No.	Flow Discharge	ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล, $C_d$ สำหรับความสูงฝาย (P) = 20 ซม.										
		Rect./วงกลม	R = 2 ซม. %แตกต่าง	R = 4 ซม. %แตกต่าง	R = 6 ซม. %แตกต่าง	$\theta = 30^\circ$ %แตกต่าง	$\theta = 60^\circ$ %แตกต่าง	ฝายโอที				
1	8.83	0.689	6.12	0.631	2.84	0.581	10.610	0.614	5.553	0.650	0.000	0.650
2	8.07	0.689	9.14	0.631	0.00	0.578	8.458	0.613	2.959	0.631	0.000	0.631
3	7.35	0.683	11.44	0.623	1.60	0.576	6.015	0.599	2.176	0.623	1.604	0.613
4	6.67	0.682	11.09	0.614	0.00	0.557	9.360	0.598	2.648	0.614	0.000	0.614
5	6.02	0.681	10.26	0.613	0.72	0.556	9.994	0.596	3.529	0.613	0.723	0.616
6	5.42	0.675	10.53	0.609	0.39	0.546	10.593	0.588	3.754	0.611	0.000	0.611
7	4.85	0.659	8.91	0.605	0.00	0.537	11.266	0.581	4.008	0.618	2.110	0.605
8	4.32	0.643	9.48	0.587	0.00	0.528	10.059	0.580	1.304	0.587	0.000	0.587
9	3.82	0.627	7.57	0.597	2.42	0.520	10.791	0.570	2.327	0.597	2.421	0.583
10	3.36	0.612	5.39	0.581	0.00	0.513	11.635	0.552	4.944	0.581	0.000	0.581
11	2.93	0.611	8.29	0.564	0.00	0.494	12.412	0.564	0.000	0.564	0.000	0.564
12	2.53	0.582	3.13	0.548	2.98	0.488	13.539	0.548	2.979	0.548	2.979	0.565
13	2.17	0.569	6.88	0.532	0.00	0.484	9.029	0.532	0.000	0.532	0.000	0.532
14	1.84	0.557	7.58	0.517	0.00	0.483	6.732	0.517	0.000	0.517	0.000	0.517
15	1.54	0.546	8.44	0.503	0.00	0.433	13.928	0.503	0.000	0.524	4.077	0.503
16	1.27	0.538	9.51	0.538	9.51	0.416	15.356	0.491	0.000	0.491	0.000	0.491
17	1.03	0.481	5.04	0.481	5.04	0.398	12.933	0.481	5.039	0.481	5.039	0.458
18	0.82	0.474	11.75	0.474	11.75	0.382	9.828	0.474	11.753	0.474	11.753	0.424
19	0.64	0.472	13.94	0.442	6.59	0.367	11.311	0.442	6.590	0.472	13.938	0.414
เฉลี่ย		0.604	<b>8.66</b>	0.563	<b>2.31</b>	0.497	<b>10.73</b>	0.550	<b>3.13</b>	0.565	<b>2.36</b>	0.556

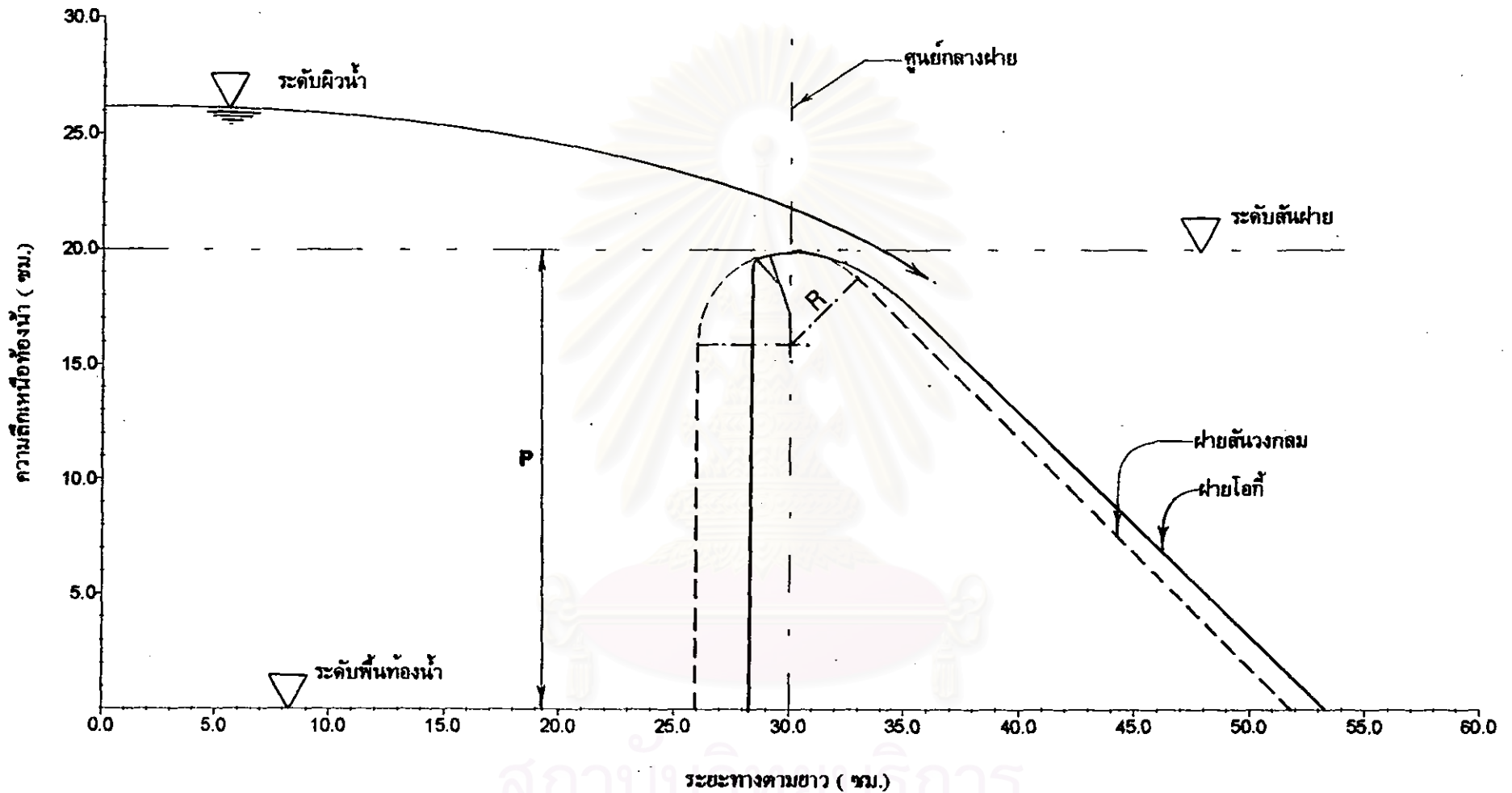
หมายเหตุ

% ความแตกต่าง เมื่อเปรียบเทียบกับฝายโอที

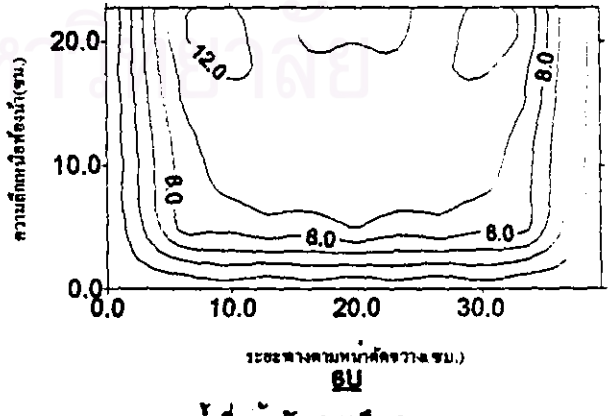
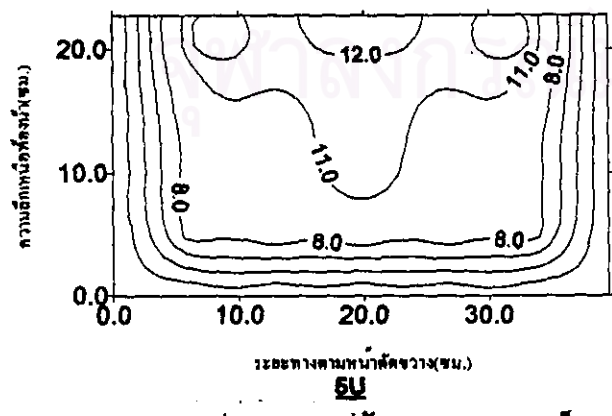
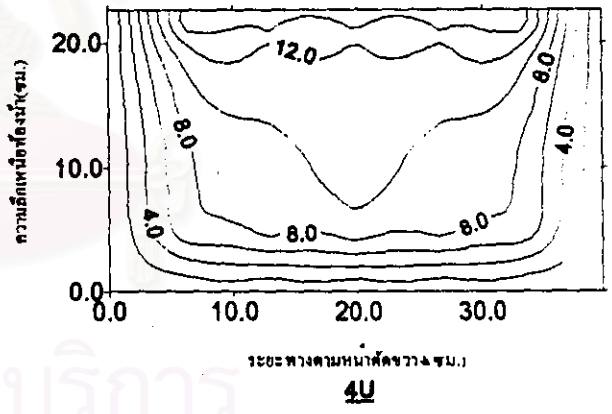
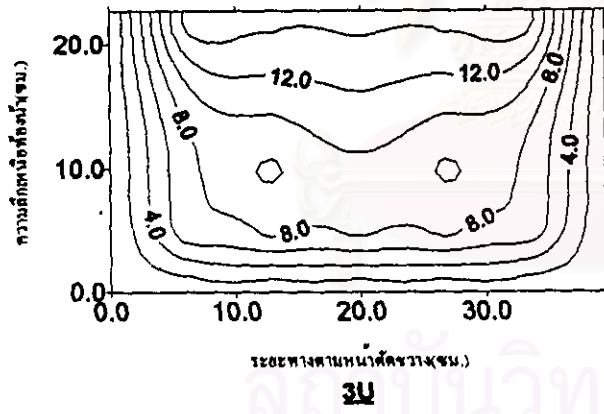
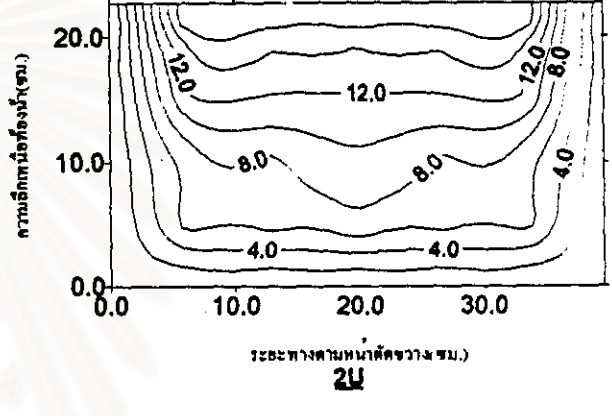
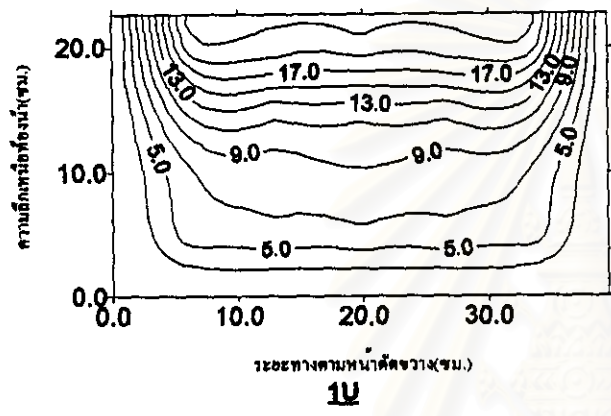
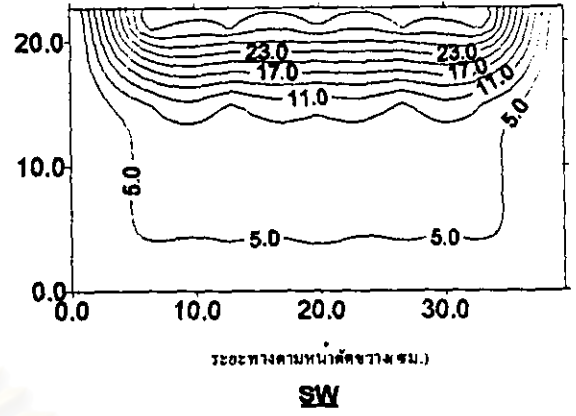
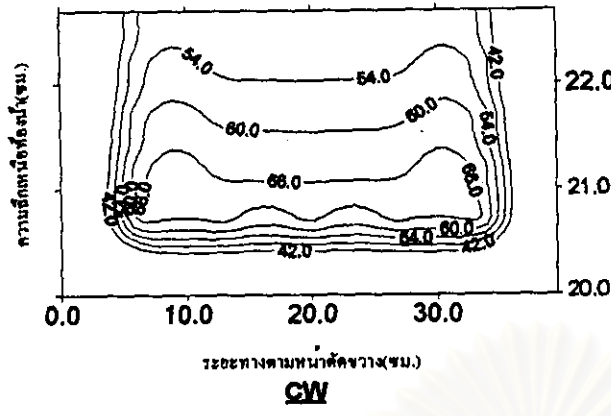
สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 5 - 27 กราฟแสดงผลการทดลองหาความต้านทานระหว่าง ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการใช้ (C<sub>d</sub>) ของฟ้ายันวงกลม กับ อัตราส่วนของหัวพลังงานออกแบบ ต่อ ความสูงฟ้าย (H<sub>0</sub> / P) โดยเปรียบเทียบระหว่างฟ้ายันวงกลม และ ฟ้ายแบบโอเก้

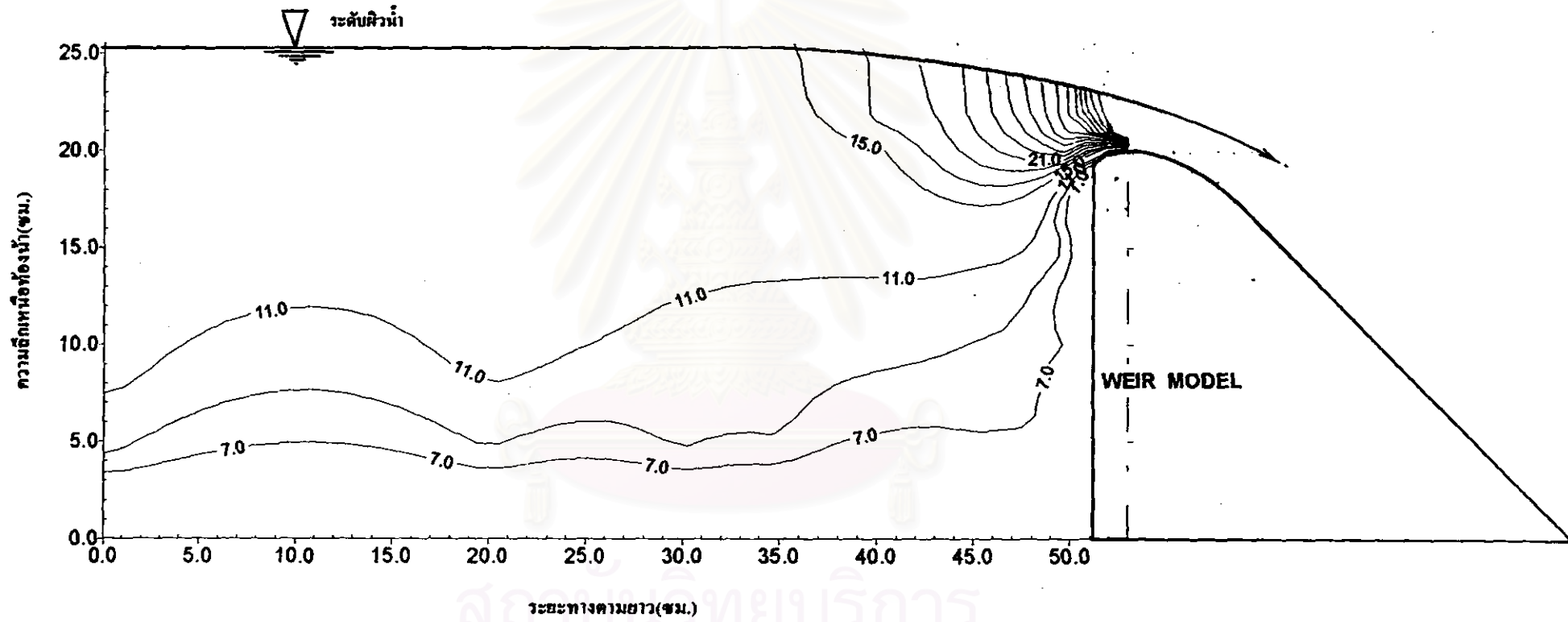


รูป 5-28 แสดงการเปรียบเทียบรูปร่างฝายโอ๊ก ความสูงฝาย (  $P$  ) = 20 ซม. มุมลาดด้านท้ายน้ำ = 45 องศา  
กับ ฝายสันวงกลม  $P$  = 20 ซม., มุมลาดด้านท้ายน้ำ = 45 องศา,  $R$  = 4 ซม.



รูป 5-29 รูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวขวางของร่องน้ำที่หน้าตัด CW ถึง 6U ของฝายโอ๊ก P = 20 ซม., ลาดต้นท้ายน้ำ = 45 องศา





รูป 5-30 รูปตัดการกระจายความเร็วการไหลตามแนวยาวของรางน้ำคั่นเหนือน้ำของฝายโอเก้

ความสูงฝาย ( P ) = 20 ซม. มุมลาดคานท้ายน้ำ = 45 องศา ที่อัตราการไหล ( Q ) = 8.83 ลิตร/วินาที

### 5.4.3 ผลการศึกษาเปรียบเทียบค่าความดันและแรงดันที่มีต่อตัวฝาย

ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายความดันและค่าแรงดัน จากแบบจำลองฝายโอ๊ก ที่มีค่า  $P = 20$  ซม. ,  $\theta = 45^\circ$  กับ แบบจำลองฝายสันวงกลม ที่มีค่า  $P = 20$  ซม.  $\theta = 45^\circ$  ,  $R = 4$  ซม. ที่อัตราการไหล ( $Q$ ) ระหว่าง 0.64 - 8.83 ลิตร /วินาที ( ดูตาราง 5-8 ) พบว่าลักษณะการกระจายความดันที่กระทำกับผิวฝายด้านเหนือน้ำมีความคล้ายคลึงและไม่แตกต่างกันมากนัก ขณะที่ผลรวมของแรงดันในแนวราบมีความใกล้เคียงกัน ในส่วนของ การกระจายความดันที่ลาดด้านท้ายน้ำของฝายทั้งสองรูปแบบมีค่าเป็นบวกทั้งหมด

### 5.4.4 ข้อดีและข้อเสียของฝายสันวงกลม เปรียบเทียบกับฝายโอ๊ก

#### ข้อดีของฝายสันวงกลม

1. เมื่อเปรียบเทียบกับฝายโอ๊กที่มีค่า  $C_d$  ใกล้เคียงกันมากที่สุด ฝายสันวงกลมจะมีขนาดโครงสร้างใหญ่กว่าฝายโอ๊ก ทำให้มีความมั่นคงและแข็งแรงกว่า
2. การก่อสร้างเพื่อให้ได้ลักษณะรูปแบบตามที่ออกแบบง่ายกว่าฝายโอ๊ก เนื่องจากมีรัศมีวงกลม ( $R$ ) ของสันฝายที่มีผลต่อค่า  $C_d$  ของฝายเพียงรัศมีเดียว
3. สามารถทดน้ำเพื่อให้ได้ระดับที่ต้องการโดยใช้ความสูงฝายที่น้อยกว่าได้

#### ข้อเสียของฝายสันวงกลม

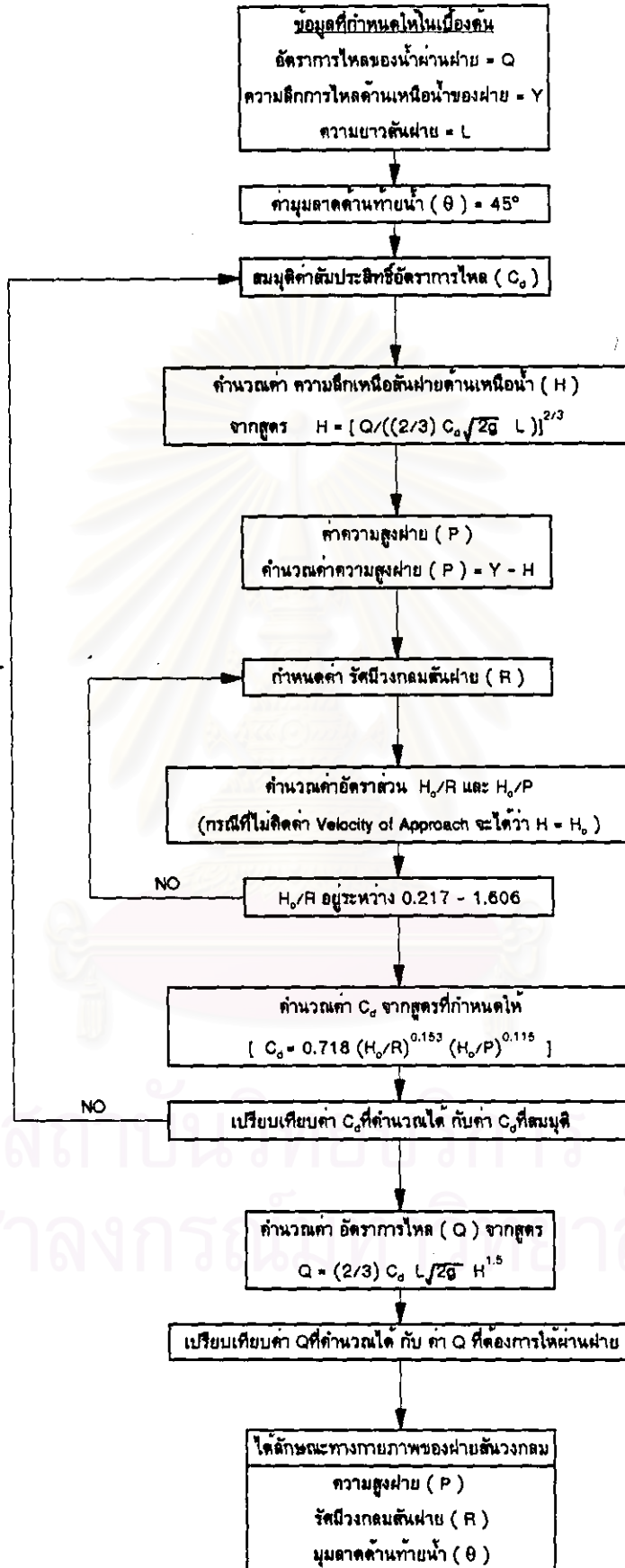
1. ใช้วัสดุในการก่อสร้างมากกว่าทำให้สิ้นเปลืองราคาค่าก่อสร้างสูง เนื่องจากค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำที่เหมาะสมสำหรับฝายสันวงกลม เท่ากับ 45 องศา ขณะที่ฝายโอ๊กสามารถใช้ค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำได้ลาดชันมากกว่า
2. ต้องควบคุมค่ารัศมีวงกลมสันฝาย ( $R$ ) และมุมลาดด้านท้ายน้ำ ( $\theta$ ) เพื่อให้ค่า  $C_d$  สูงๆ และไม่ให้เกิดค่าความดันเป็น ลบ กับตัวฝาย โดยเฉพาะบริเวณสันฝายและลาดด้านท้ายน้ำของตัวฝาย

5.5 ข้อเสนอแนะการออกแบบพารามิเตอร์ของคุณลักษณะทางกายภาพของฝ้ายสังวงกลม การออกแบบจะพิจารณาคคุณลักษณะของฝ้ายสังวงกลม ได้แก่ ความสูงฝ้าย ( P ), รัศมีวงกลมสันฝ้าย ( R ), มุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) เมื่อกำหนดอัตราการใช้ของน้ำผ่านฝ้าย ( Q ) และความลึกการไหลด้านเหนือหน้าของฝ้าย ( Y ) ( ดังรูป 5-31 และตัวอย่างแนวทางเบื้องต้นการออกแบบ )

5.5.1 การกำหนดค่าความสูงฝ้าย ( P ) กำหนดได้จากผลการคำนวณ จากค่าอัตราการไหล ( Q ) และค่าความลึกการไหลด้านเหนือหน้าของฝ้าย ( Y ) โดยใช้สมการ อัตราการใช้ของน้ำผ่านฝ้าย ( Q ) ( ดังแสดงไว้ในตัวอย่าง การคำนวณ )

5.5.2 การกำหนดค่ารัศมีวงกลมสันฝ้าย ( R ) จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า ถ้าต้องการให้ ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหล (  $C_d$  ) มีค่าสูงค่า R ควรมีค่าน้อยๆที่ประกอบกับค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) ที่มีความลาดชันมาก (  $\theta = 45^\circ - 60^\circ$  ) อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาค่าความดันที่จะเกิดขึ้นบริเวณสันฝ้ายด้วยที่ไม่ทำให้เกิดค่าความดันที่เป็น ลบ ( ค่าความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ) และจากผลการศึกษา ค่า R ที่เหมาะสมในการออกแบบเมื่อกำหนดให้อยู่ในรูปของ อัตราส่วนระหว่าง หัวพลังงานออกแบบ กับ ค่ารัศมีวงกลมสันฝ้าย (  $H_o / R$  ) ควรอยู่ระหว่าง 0.217-1.606 ซึ่งไม่เกิดความดัน ลบ ที่บริเวณสันฝ้าย

5.5.3 การกำหนดค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) จากผลการศึกษาเห็นได้ว่า ถ้าต้องการให้ค่าสัมประสิทธิ์อัตราการไหลมีค่าสูง ควรกำหนดให้ค่า  $\theta$  มีค่ามาก ( ความลาดชันสูง ) (  $\theta = 45 - 60$  องศา ) ที่มาประกอบกับค่า R น้อยๆ อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงความดันที่เกิดกับตัวฝ้ายรวมทั้งความมั่นคงของฝ้ายด้วย กล่าวคือ ต้องไม่เกิดความดัน ลบ ที่บริเวณสันฝ้าย ( ดังข้อ 5.5.2 ) และบริเวณลาดด้านท้ายน้ำของตัวฝ้าย จากผลการศึกษาพบว่าโอกาสที่จะเกิดค่าความดันลบ บริเวณลาดด้านท้ายน้ำของฝ้ายสังวงกลมที่มีค่ามุมลาดด้านท้ายน้ำ (  $\theta$  ) มีค่าความลาดชันสูงที่มาประกอบกับค่า R น้อยๆ ในเบื้องต้นค่า  $\theta$  ที่เหมาะสมในการออกแบบควรมีค่าไม่เกิน 45 องศา



**ตัวอย่างแนวทางเบื้องต้นในการออกแบบค่าพารามิเตอร์ของฝายสันวงกลม**

ให้หาขนาดฝายสันวงกลมเพื่อต้องการระบายน้ำผ่านฝายสูงสุด 8 ลิตร/วินาที ในทางน้ำเปิดที่เหลี่ยม  
 ฝายขนาด กว้าง 39.5 ซม. สูง 30 ซม. โดยที่รักษาระดับน้ำในทางน้ำที่ความลึก 25 ซม. (ในที่นี้ไม่ต้องนำค่า  
 Velocity of Approach มาพิจารณา )

( กำหนดให้ ค่า  $C_d = 0.718 (H_o/R)^{0.153} (H_o/P)^{0.115}$  )

วิธีทำ 1. จากสูตรอัตราการไหล ( Q ) =  $(2/3) C_d \sqrt{2g} L H^{1.5}$

	Q	=	0.008	ม. <sup>3</sup> /วินาที	
Ass. $C_d$	=	0.653	L	=	0.395 ม.
	Y	=	25	ซม.	
	H	=	$\{Q/(2/3) C_d \sqrt{2g} L\}^{2/3}$		
		=	0.048	ม.	
		=	4.796	ซม.	
	P	=	0.202	ม.	
Give $R_{DESIGN}$	=	3	ซม.		
	H/R	=	1.599		OK
	H/P	=	0.237		
แทนค่า	$C_d$	=	0.654		OK
	Q	=	0.008	ม. <sup>3</sup> /วินาที	
หรือ	Q	=	8.01	ลิตร/วินาที	OK

$R_{DESIGN}$ ( cm. )	$H_o/R$	$H_o/P$	$C_d$	Q ( l/sec. )
2	2.398	0.237	0.696	8.52
3	1.599	0.237	0.654	8.01
4	1.199	0.237	0.626	7.67

**สรุปลักษณะฝายสันวงกลม**

- |                                     |       |             |
|-------------------------------------|-------|-------------|
| 1. ความสูงฝาย ( P )                 | 20.20 | ซม.         |
| 2. รัศมีวงกลมสันฝาย ( R )           | 3.00  | ซม.         |
| 3. มุมลาดค้ำน้ำท้ายน้ำ ( $\theta$ ) | 45.00 | องศา        |
| 4. อัตราการไหล ( Q )                | 8.01  | ลิตร/วินาที |
| 5. ส.ป.ส.อัตราการไหล ( $C_d$ )      | 0.65  |             |