บทที่ 4

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดลอง

4.1. อุปกรณ์และ การติดตั้ง

อุปกรณ์สาหรับการทดลองมีลักษณะดังรูปที่ 4.1

ส่วนประกอบต่างๆ ในรูปที่ 4.1 มีดังต่อไปนี้

(1) ถังเก็บน้ำ เป็นถังน้ำขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร ใช้เป็นแหล่งน้ำสาหรับน้ำที่จ่ายเข้ารางน้ำและรับน้ำที่ไหลผ่านรางน้ำแล้ว

(2) เครื่องสูบน้ำ เป็นเครื่องสูบน้ำที่มีความสามารถสูบน้ำได้ 600 ลิตร/นาที ใช้สูบน้ำจากถัง(1) เข้าถังพักน้ำ(5)

(3) วาวล์ เป็นวาวล์ขนาด 2.5 นิ้ว ใช้ปรับอัตราการไหลของน้ำที่ไหลผ่านรางน้ำ

(4) ชุดวัดอัตราการไหลของน้ำ เป็นชุดวัดที่ประกอบด้วยแผ่น orifice และ มานอมิเตอร์ ใช้วัดอัตราการไหลของน้ำในท่อที่ไหลเข้าถังพักน้ำ

(5) ถังพักน้ำ เป็นถังน้ำขนาด 0.25 ลูกบาศก์เมตร เพื่อพักน้ำที่จะไหลเข้าสู่รางน้ำให้มีลักษณะการไหลที่เรียบขึ้น

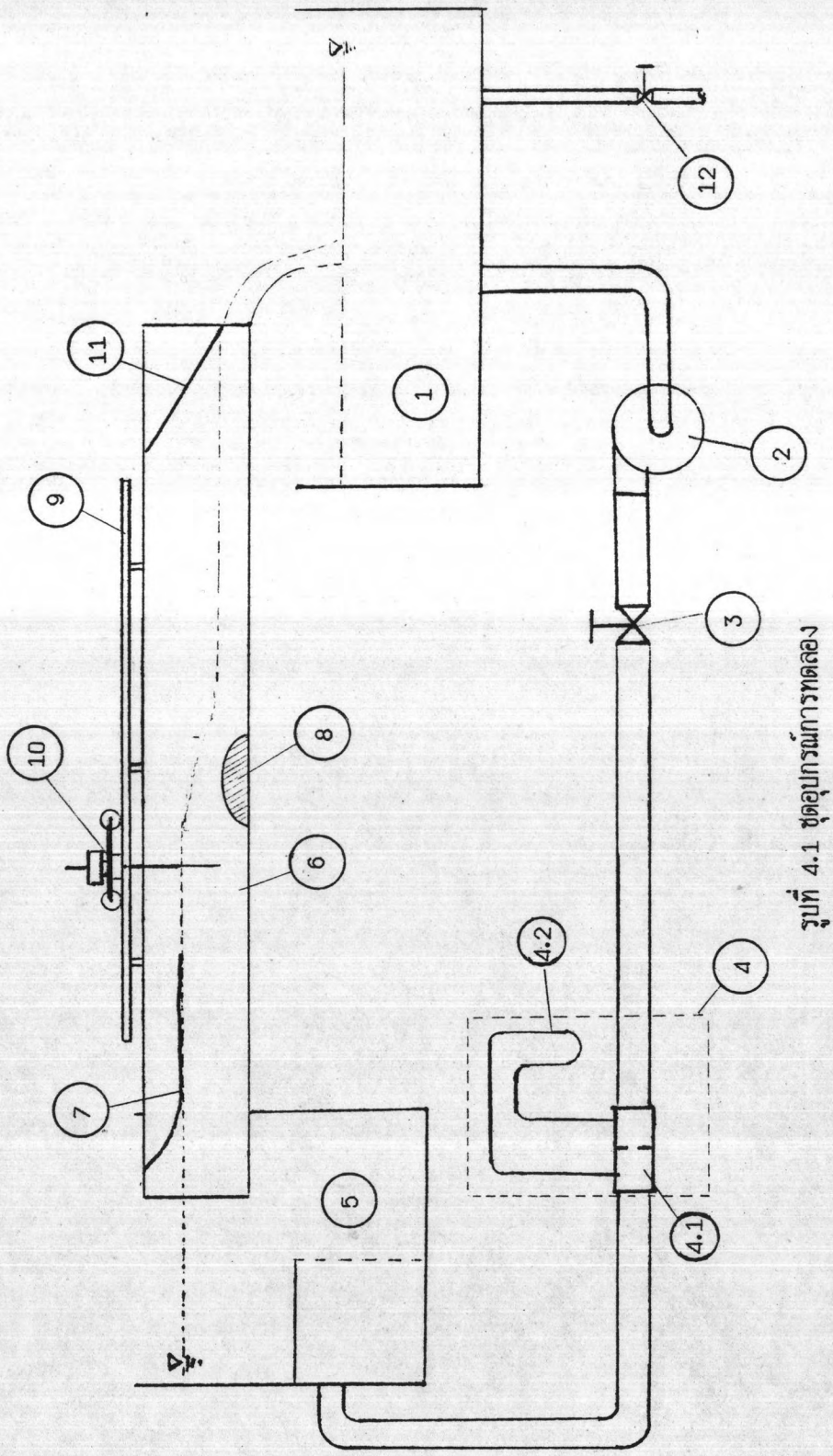
(6) รางน้ำ เป็นรางพลาสติกใสที่มีขนาดหน้าตัด 153 x 200 ตารางมิลลิเมตร ยาว 6 เมตร

(7) แผ่นลดการกระเพื่อม เป็นแผ่นพลาสติกบาง ขนาด 153 x 1500 ตารางมิลลิเมตร ใช้วางบนผิวน้ำที่ไหลผ่านราง เพื่อลดการกระเพื่อมของน้ำในรางน้ำ

(8) สิ่งกีดขวาง

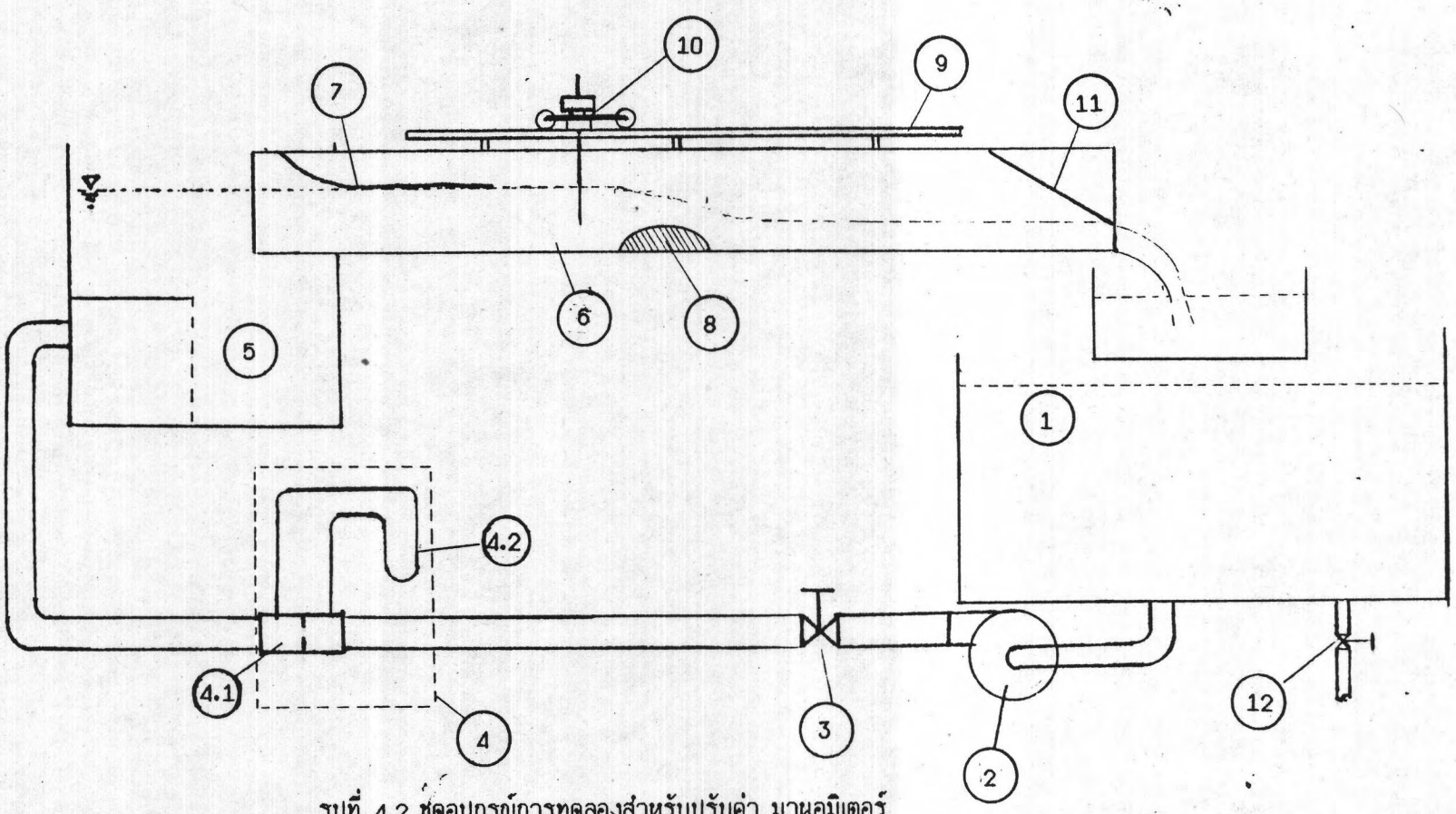
(9) ราง เป็นเพลากลม 2 เพลาวางขนานกัน เพื่อให้เครื่องวัดระดับน้ำ (10) เลื่อนไปมาได้

(10) เครื่องวัดระดับน้ำ เป็นเครื่องมือที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.3 ใช้วัดระดับผิวน้ำที่บริเวณด้านหน้า และด้านหลังสิ่งกีดขวาง โดยเครื่องนี้เลื่อนอยู่บนราง(9)

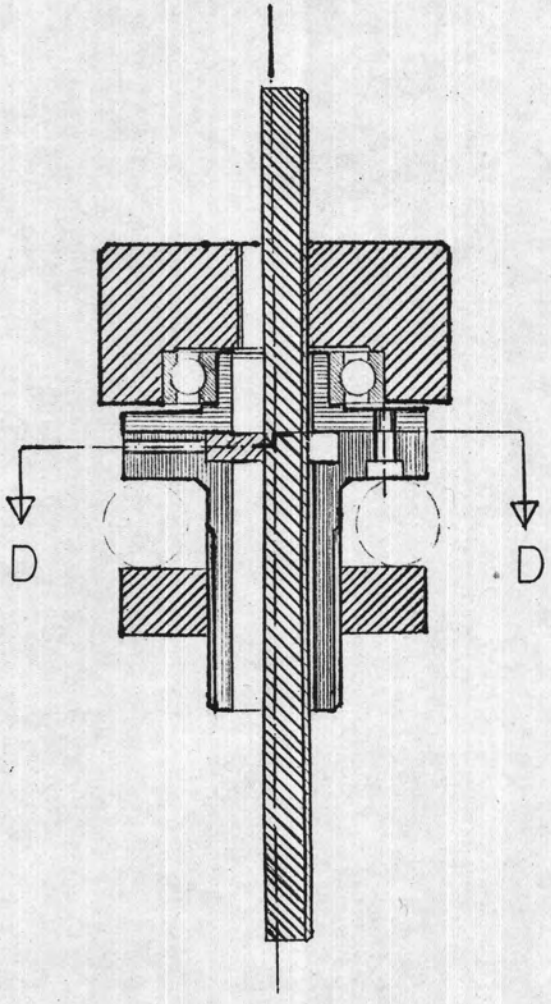


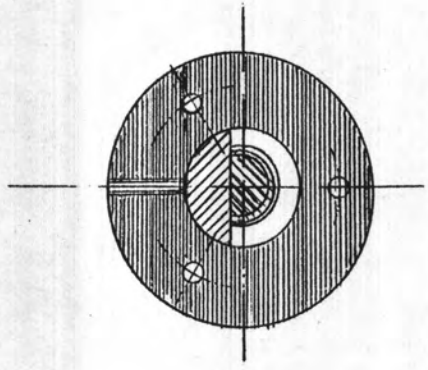
รูปที่ 4.1 ชุดอุปกรณ์การทดลอง

013815



รูปที่ 4.2 ชุดอุปกรณ์การทดลองสำหรับปรับค่า มาหอมิเตอร์





D–D

รูปที่ 4.3 เครื่องวัดระดับน้ำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(11) แผ่นขวางการไหลของน้ำ เป็นแผ่นเหล็กใช้ขวางการไหลของน้ำในรางน้ำ เพื่อปรับระดับน้ำด้านหลังสิ่งกีดขวาง ใช้สำหรับการศึกษาคลื่นบนผิวน้ำ

(12) วาวล์ เป็นวาวล์ขนาด 1.5 นิ้ว ใช้สำหรับปล่อยน้ำออกจากถังเก็บน้ำ (1)

ชุดวัดอัตราการไหลของน้ำ 4 ประกอบด้วยชุด Orifice (4.1) และชุดมานอมิเตอร์ (4.2) ซึ่งชุด Orifice ประกอบด้วยแผ่น Orifice ดังรูปที่ 4.4 ติดตั้งไว้ในท่อ และเจาะรูไว้ที่ด้านหน้าและ ด้านหลังของแผ่น Orifice ดังรูปที่ 4.5 รูทั้ง 2 จะต่อเข้ากับมานอมิเตอร์ เพื่อวัดความดันแตกต่างระหว่างด้านหน้าและด้านหลังของแผ่น Orifice เนื่องจากการทดลองครั้งนี้มีช่วงการปรับอัตราการไหลกว้างทำให้ความดันแตกต่างที่วัดได้มีค่าแปรเปลี่ยนเป็นช่วงกว้างจึงจำเป็นต้องใช้มานอมิเตอร์ 2 ชุดสำหรับวัดค่าความดันแตกต่าง โดยชุดที่ 1 ใช้วัดที่อัตราการไหลต่ำและ ชุดที่ 2 ใช้วัดที่อัตราการไหลสูง มานอมิเตอร์ ชุดที่ 1 มีลักษณะดังรูปที่ 4.6 และมานอมิเตอร์ ชุดที่ 2 มีลักษณะดังรูปที่ 4.7 เมื่อติดตั้งมานอมิเตอร์แล้ว ได้ทำการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าความดันแตกต่างกับค่าอัตราการไหลโดยวัดปริมาณน้ำที่ไหลผ่านท่อในช่วงเวลาหนึ่ง แล้วอ่านค่าความดันแตกต่างไว้ การวัดเช่นนี้ กระทำที่อัตราการไหลต่างๆกัน จากนั้นนำผลการทดลองไปวิเคราะห์โดยใช้วิธี Geometric Regression เพื่อให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างความดันแตกต่างและอัตราการไหลที่จะนำไปใช้ในการทดลองต่อไป

ผลการวิเคราะห์ของมานอมิเตอร์ชุดที่ 1 เราได้ความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำในท่อกับค่าความดันแตกต่างของมานอมิเตอร์ดังนี้

$$Q = 0.011\ X^{0.593} \qquad 4.1$$

เมื่อ Q เป็นอัตราการไหลของน้ำในท่อ

X เป็นความดันแตกต่างที่วัดได้จากมานอมิเตอร์ ชุดที่ 1

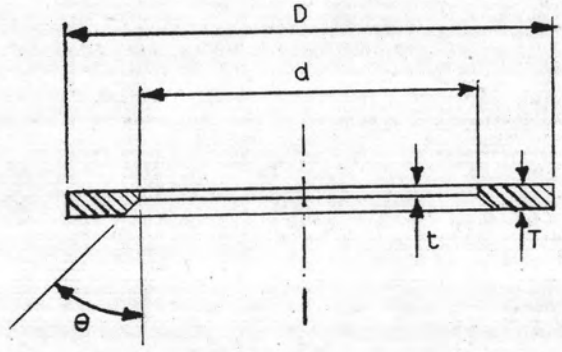
ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 1 และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการทดลองได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 1

ผลการวิเคราะห์ของมานอมิเตอร์ชุดที่ 2 มีผลดังนี้

$$Q = 0.063\ X^{0.461} \qquad 4.2$$

เมื่อ Q เป็นอัตราการไหลของน้ำในท่อ

X เป็นความดันแตกต่างที่วัดได้จากมานอมิเตอร์ ชุดที่ 2

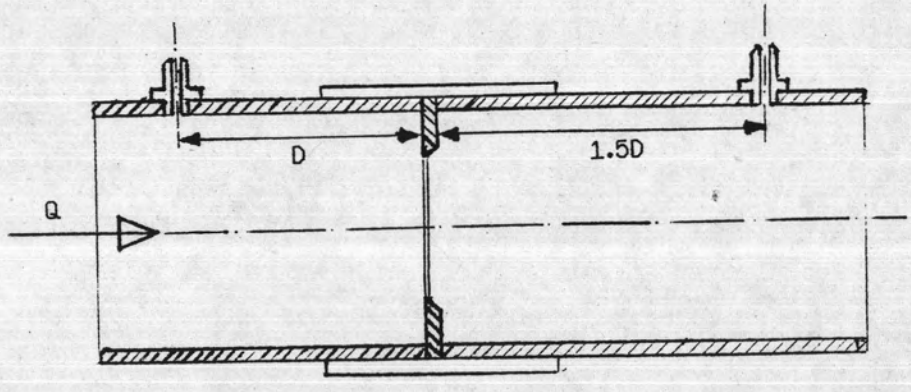


d = 53.2 mm. D = 76 mm.

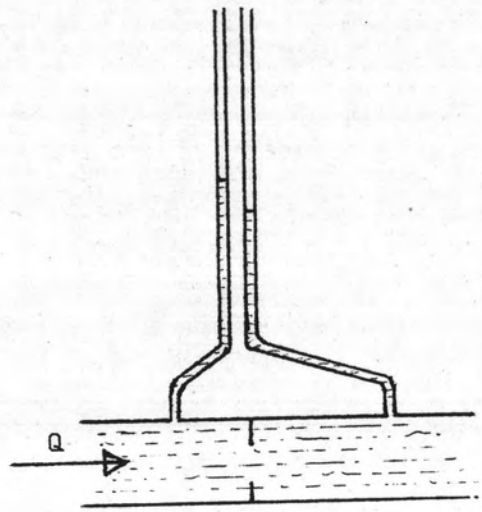
t = 1 mm. T = 3 mm.

θ = 30 deg

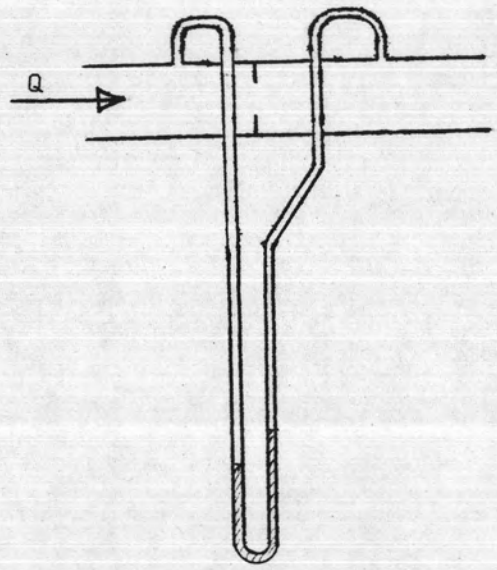
รูปที่ 4.4 แผ่น Orifice



รูปที่ 4.5 ตำแหน่งการติดตั้งแผ่น Orifice



รูปที่ 4.6 มาหอมิเตอร์ชุดที่ 1



รูปที่ 4.7 มาหอมิเตอร์ชุดที่ 2

ผลการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการทดลองได้แสดงไว้ในแผนภูมิที่ 2

สิ่งกีดขวางที่ใช้ในการทดลองมีรูปร่างหน้าตัดเป็นลักษณะใหญ่ๆ 3 ลักษณะดังนี้

1. รูปพาราโบลิค ซึ่งมีสมการผิวส่วนโค้งดังนี้

$$H = 1 - \alpha x^2$$

เมื่อ $\alpha = 0.04 ; -5<x<5$ เรียกสิ่งกีดขวางนี้ว่า P0404

$\alpha = 0.04 ; -5<x<0$ และ $\alpha = 0.16 ; 0<x<2.5$ " P0416

$\alpha = 0.16 ; -2.5<x<0$ และ $\alpha = 0.04 ; 0<x<5$ " P1604

$\alpha = 0.16 ; -2.5<x<2.5$ " P1616

$\alpha = 0.50 ; -1.414<x<1.414$ " P5050

$\alpha = 0.98 ; -1.010<x<1.010$ " P9898

และได้แสดงรูปหน้าตัดของรูปพาราโบลิคเหล่านี้ไว้ในแผนภูมิที่ 3

2. รูป Sinusoidal ซึ่งมีสมการผิวดังนี้

$$H = (1 + \cos(\pi x/2))/2 \quad ; \quad -1<x<1$$ เรียกสิ่งกีดขวางนี้ว่า SN001

และ

$$H = (1 - \cos(\pi x/2))/2 \quad ; \quad -2<x<2$$ เรียกสิ่งกีดขวางนี้ว่า SN002

และได้แสดงรูปหน้าตัดของรูป sinusidal เหล่านี้ไว้ในแผนภูมิที่ 4

3. รูปส่วนโค้งของวงกลม เกิดจากวงกลม 3 วงเรียงกันและ ใช้ส่วนโค้งที่ลากด้วยเส้นหนาดังรูปที่ 4.8

เมื่อ $D_1 = D_2 = 2d$ เรียกสิ่งกีดขวางนี้ว่า C0202

$D_1 = D_2 = 8d$ " C0808

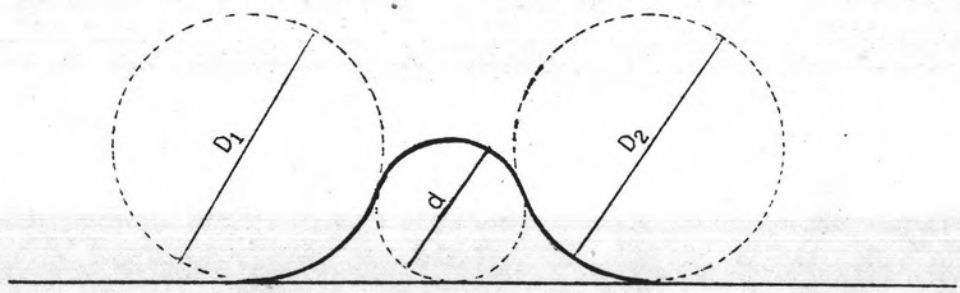
$D_1 = 8d ; D_2 = 32d$ " C0832

$D_1 = 32d ; D_2 = 8d$ " C3208

$D_1 = D_2 = 32d$ " C3232

และได้แสดงรูปหน้าตัดของรูป ส่วนโค้งของวงกลม เหล่านี้ไว้ในแผนภูมิที่ 5

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 ภาพหน้าตัดของรูปส่วนโค้งวงกลม

4.2 วิธีการทดลอง

การทดลองแบ่งเป็น 2 วิธีใหญ่ๆ คือการทดลองเพื่อศึกษาค่าความสูงวิกฤตของผิวน้ำบริเวณด้านหน้าและด้านหลังสิ่งกีดขวาง ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะของคลื่นที่เกิดบริเวณด้านหลังสิ่งกีดขวาง การทดลองมีรายละเอียดดังนี้

4.2.1. วิธีการทดลองเพื่อศึกษาถึงค่าความสูงวิกฤตของผิวน้ำบริเวณด้านหน้าและ ด้านหลังสิ่งกีดขวาง ทำได้ดังนี้

1. เปิดน้ำเข้าถัง(1)ให้เต็ม
2. นำมาโนมิเตอร์ชุดที่ 1 ติดตั้งเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของน้ำ
3. ติดตั้งสิ่งกีดขวาง
4. เปิดเครื่องสูบน้ำ(2)
5. ปรับวาวล์(3)ไป ประมาณ 1/6 รอบ
6. รอสักครู่จนการไหลของน้ำเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ
7. เลื่อนเครื่องวัดระดับผิวน้ำไปวัดความสูงผิวน้ำบริเวณด้านหน้าและ ด้านหลังสิ่งกีดขวางตามลำดับ และ บันทึกค่าความสูงของผิวน้ำไว้
8. อ่านค่าความดันแตกต่างจากมาโนมิเตอร์ บันทึกไว้
9. กลับไปทำข้อ 5 ถึงข้อ 8 ใหม่จนค่าที่อ่านจากมาโนมิเตอร์มีค่ามากกว่า 60 มม. จึงเปลี่ยนเอามาโนมิเตอร์ชุดที่ 2 ติดตั้งแทน
10. กลับไปทำข้อ 5 ถึงข้อ 8 ใหม่จนค่าที่อ่านจากมาโนมิเตอร์มีค่ามากกว่า 60 มม.
11. ปิดเครื่องสูบน้ำ และเปลี่ยนสิ่งกีดขวางอันใหม่
12. กลับไปทำข้อ 3 ถึงข้อ 11 ใหม่จนหมดสิ่งกีดขวางที่จะทดลอง

4.2.2. วิธีการทดลองเพื่อศึกษาลักษณะของคลื่นที่เกิดบริเวณด้านหลังสิ่งขวาง ซึ่งการทดลองสามารถทำได้ด้วยวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. เปิดน้ำเข้าถัง(1)ให้เต็ม
2. นำมาโนมิเตอร์ชุดที่ 1 ติดตั้งเข้ากับชุดวัดอัตราการไหลของน้ำ
3. ติดตั้งสิ่งกีดขวาง

4. เปิดเครื่องสูบน้ำ (2)

5. ปรับวาวล์ (3) ไป ประมาณ 1/3 รอบ

6. ปรับมุมของแผ่นขวางการไหลของน้ำ (12) เพื่อให้ระดับน้ำสูงขึ้นและ เกิดคลื่นบริเวณด้านหลังสิ่งกีดขวาง

7. รอสักครู่จนการไหลของน้ำเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอ

8. วัดความยาวคลื่นและ ความสูงของคลื่นที่เกิดขึ้น บันทึกไว้

9. อ่านค่าความดันแตกต่าง จากมานอมิเตอร์ บันทึกไว้

10. กลับไปทำข้อ 7 ถึงข้อ 9 ใหม่

11. กลับไปทำข้อ 5 ถึงข้อ 10 อีกครั้ง

12. ปิดเครื่องสูบน้ำ และเปลี่ยนสิ่งกีดขวางอันใหม่

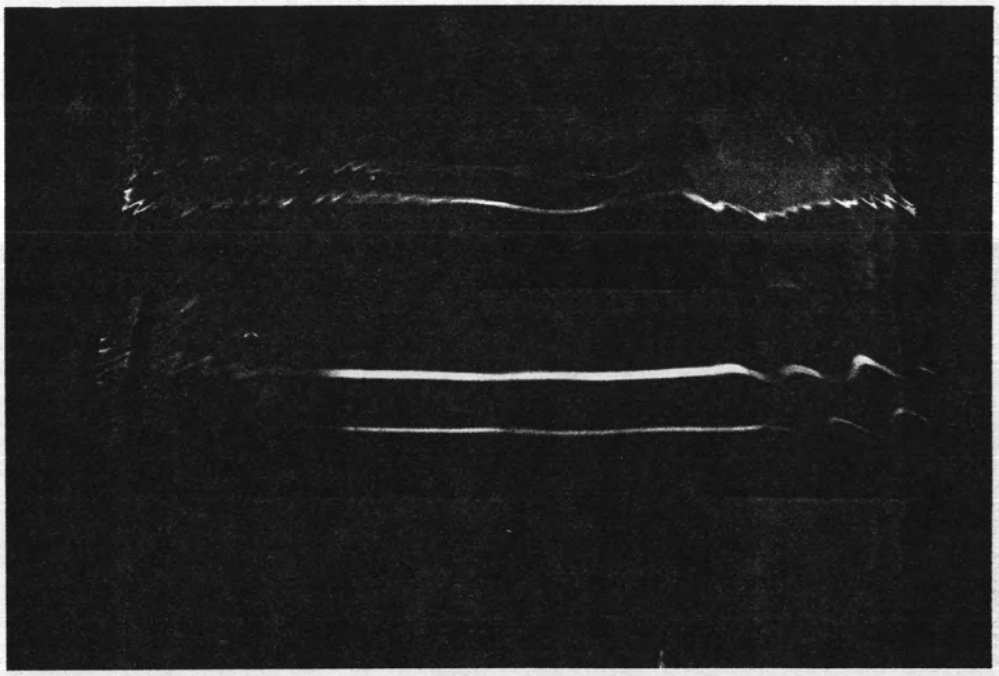
13. กลับไปทำข้อ 4 ถึงข้อ 12 ใหม่จนหมดสิ่งกีดขวางที่จะทดลอง

ในการทดลองปรากฏว่าการวัดความยาวคลื่นและความสูงของคลื่นทำได้ยากมากเนื่องจากคลื่นที่เกิดขึ้นไม่อยู่นิ่งแต่เลื่อนไปมาและความสูงก็เปลี่ยนไปมาอยู่ตลอดเวลา การถ่ายรูปก็ไม่สามารถจะให้รายละเอียดของที่จะวัดได้ ที่เป็นเช่นนี้คงจะเกิดเนื่องจากผลของความหนืดของน้ำ ซึ่งจากการสังเกตการทดลองจะเห็นว่าเมื่อน้ำไหลผ่านบริเวณสิ่งกีดขวาง บริเวณขอบรางน้ำจะเกิดคลื่นในลักษณะเฉียงออกมา(ดูรูปที่ 4.9) ทำให้มีการรบกวนกับคลื่นที่เราจะศึกษา นอกจากนี้อาจจะเป็นผลมาจากการที่เรายังไม่สามารถควบคุมอัตราการไหลของน้ำได้คงที่จริงๆ และรางน้ำที่ใช้ในการทดลองนี้อาจแคบเกินไป

อนึ่งจากการสังเกตุคร่าวๆแล้วจะสามารถสรุปได้ว่า ที่อัตราไหลคงที่ถ้าความสูงของผิวน้ำหน้าสิ่งกีดขวางมีค่าน้อย(นั่นคือ ค่า F^2 มีค่ามาก) จะเกิดคลื่นขนาดใหญ่กว่าคลื่นที่เกิดเมื่อความสูงของผิวน้ำหน้าสิ่งกีดขวางมีค่ามาก(นั่นคือ ค่า F^2 มีค่าน้อย) ซึ่งเป็นไปตามการคำนวณจากทฤษฎี

4.3 การคำนวณ

การคำนวณค่าความสูงวิกฤตนี้เป็นการคำนวณในลักษณะลองผิดลองถูกและการหาค่าคำตอบของสมการ(3.23) ซึ่งเป็นสมการอนุพันธ์อันดับ 2 นั่นได้ใช้วิธีการแบบ Rung-Kutta การหาค่าความสูงวิกฤตนี้จึงได้อาศัยเครื่องคอมพิวเตอร์ทำการหาคำตอบ โดยในการคำนวณสำหรับวิทยานิพนธ์ นี้ได้ใช้เครื่อง IBM PC/AT ซึ่งมี Math Co-processor 80287 ช่วยในการคำนวณ และโปรแกรมที่ใช้ นี้เขียน



รูปที่ 4.9 ภาพถ่ายริ้วคลื่นที่เกิดจากขอบรางน้ำ

ขึ้นด้วยภาษา Pascal ของ บริษัท Borland International ซึ่งมีชื่อเรียกว่า Turbo Pascal vertion 3.0

สำหรับสิ่งกีดขวางทุกๆรูปร่างในการคำนวณครั้งนี้เราได้คำนวณค่าความสูงวิกฤตของค่า F^2 จาก 0.3 ถึง 0.01 ซึ่งแต่ละรูปร่างก็ใช้เวลาในการคำนวณนานถึง 4-5 ชม. ถ้าสิ่งกีดขวางมีรูปร่างที่ซับซ้อนแล้วการคำนวณจะใช้เวลามากขึ้น เช่น รูปส่วนโค้งวงกลม จะใช้เวลานานถึง 7-8 ชม. รายละเอียดของโปรแกรมที่ใช้ได้บันทึกไว้ ใน ภาคผนวก A ส่วนขั้นตอนการคำนวณมีรายละเอียดดังนี้

1. กำหนดรูปร่างสิ่งกีดขวางโดยอ่านจาก File ชื่อ "obst.dat" ซึ่งค่าที่อ่านนี้อยู่ในลักษณะของระหัสเรียกชื่อที่ได้กำหนดไว้ในหัวข้อ 4.1 จากนั้น Procedure decd; จะทำหน้าที่หาค่าที่จำเป็นสำหรับคำนวณ จากระหัสชื่อที่ได้มา

2. หาค่า x_1 และ x_2 โดย Procedure xlimit;

3. กำหนดค่าการเพิ่มของ x (delx) เพื่อใช้สำหรับการ อินทิเกรต โดยวิธี Rung-Kutta

4. กำหนด $F^2 = 0.3$

5. กำหนดให้ค่าความสูงวิกฤต ($\hat{h}_0$) เท่ากับ 7

6. กำหนดค่า Far upstream (คือค่า h_0, $h_{0,x}$) ให้กับตัวแปร y[1], y[2] ซึ่งเป็นตัวแปรที่จะใช้ในการอินทิเกรตด้วยวิธี Rung-Kutta โดยให้ $y[1] = h_0$, $y[2] = h_{0,x} = 0$

7. หาค่า Initial conditions สำหรับการเริ่มอินทิเกรต โดยใช้ Procedure jump; และ Procedure los;

8. อินทิเกรต โดยใช้ Procedure derfun; และ Procedure rkfour; โดยที่ Procedure derfun; เป็น Procedure ที่เก็บ สมการ 3.23 ไว้ และ Procedure rkfour; เป็น Procedure ที่ทำการอินทิเกรต สมการใน Procedure derfun ด้วยวิธี Rung-Kutta fourth order จากค่า $x = x_1$ ถึง $x = x_2$ โดยระหว่างการอินทิเกรตจะทำการตรวจสอบค่าความหนาหรือความลึกของแผ่นน้ำ (y[1]) ถ้าค่านี้มีค่าเป็น 0 จะออกจากการอินทิเกรตและไปเริ่มทำการคำนวณตั้งแต่ข้อ 6 ใหม่พร้อมทั้งเพิ่มค่า h_0 ขึ้นอีก dho

9. เมื่ออินทิเกรตถึงค่า $x = x_2$ ก็หาค่า Initial conditions ของการอินทิเกรตในช่วงที่ III โดยใช้ Procedure jump; และ Procedure los; ซึ่งจะได้ค่า h และ h_x

10. ตรวจสอบค่า h_0 ที่ใช้ในการอินทิเกรตนั้นเป็นค่าความสูงวิกฤตของค่า F^2 ที่ใช้ในการคำนวณหรือไม่ โดย Procedure chks3; หาค่า S_3, S_3^+, S_3^- มาทำการเปรียบเทียบดังนี้

10.1 ถ้า $S_3 > S_3^-$ และ $(S_3 - S_3^-)/(S_3^+ - S_3^-) < 0.001*(S_3^+ - S_3^-)$ เป็นจริงแสดงว่าค่า h_0 เป็นค่าความสูงวิกฤตของค่า F^2 ที่ใช้ในการคำนวณ จะเก็บค่า F^2 และ h_0 ลง file ผลรับ แล้วลดค่า F^2 ลง 0.01 จากนั้นก็ไปเริ่มคำนวณจากข้อ 6 มาใหม่ จนค่า $F^2 = 0.01$ จึงสิ้นสุดการคำนวณ 1 รูปร่าง

10.2 ถ้า $S_3 > S_3^-$ และ $(S_3 - S_3^-)/(S_3^+ - S_3^-) > 0.001*(S_3^+ - S_3^-)$ เป็นจริงแสดงว่าค่า h_0 ไม่ใช่ค่าความสูงวิกฤต ดังนั้นให้ลดค่า h_0 ลง dho/2 แล้วเริ่มคำนวณจากข้อ 6 มาใหม่

10.3 ถ้า $S_3 < S_3^-$ เป็นจริงแสดงว่าค่า h_0 ไม่ใช่ค่าความสูงวิกฤต ดังนั้นให้เพิ่มค่า h_0 ขึ้น dho/2 แล้วเริ่มคำนวณจากข้อ 6 มาใหม่

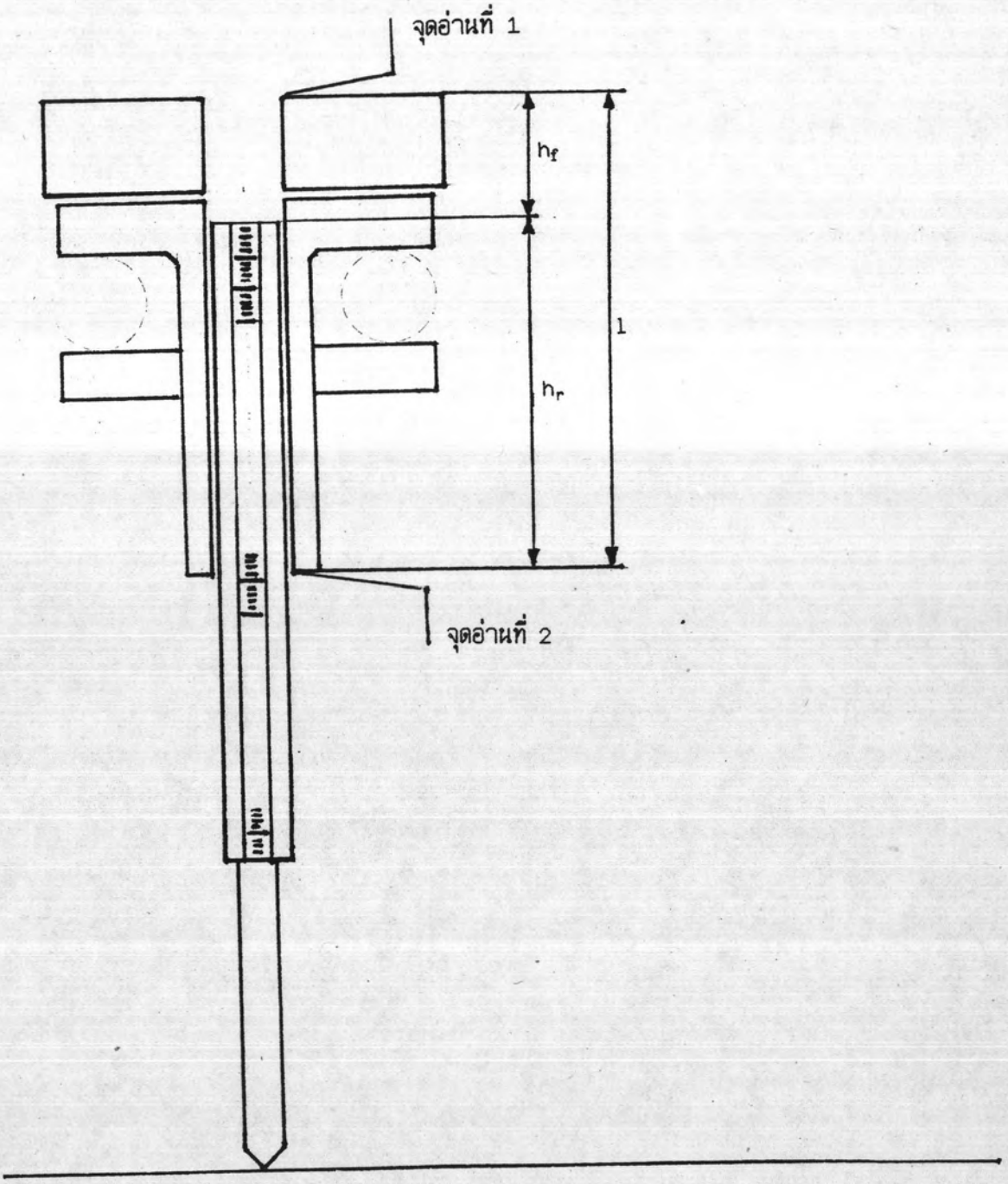
11. อ่านระหัสรูปร่างจาก File ชื่อ "obst.dat" แล้วเริ่มทำการคำนวณตั้งแต่ต้นใหม่

สำหรับผลการคำนวณของรูปร่างต่างๆได้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ถึง ตารางที่ 5

4.4 ผลการทดลอง

ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่แล้ว การทดลองประกอบด้วยการวัดความสูงของระดับน้ำในช่วงต่างๆของการไหลผ่านสิ่งกีดขวางที่อัตราไหลต่างๆกัน ก่อนที่จะแสดงผลการทดลองที่ได้ เรามีความจำเป็นต้องอธิบายเกี่ยวกับค่าที่วัดได้บางตัวอันสืบเนื่องมาจากลักษณะของเครื่องวัดระดับน้ำดังแสดงในรูป 4.10 การอ่านค่าบนสเกล(scale) ของเครื่องวัดซึ่งเริ่มต้นที่ค่าศูนย์ที่ปลายบนสามารถทำได้ที่จุด 2 จุด คือจุดที่ 1 และจุดที่ 2 แต่การทดลองพบว่าเมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่พื้นล่างพอดี จะอ่านค่าไม่ได้ ณ.จุดที่ 1 เนื่องจากปลายของสเกลอยู่ต่ำลงไปกว่าจุดที่ 1 ในขณะอื่นเมื่อพยายามวัดความสูงของระดับน้ำที่ค่อนข้างสูง สเกลจะอยู่พ้นระดับของจุดที่ 2 ทำให้ไม่สามารถอ่านค่าบนสเกลได้ ดังนั้นการอ่านค่าระดับน้ำบางครั้งต้องอ่านจากจุดที่ 1 และบางครั้งต้องอ่านจากจุดที่ 2 เนื่องจากค่าที่ต้องการรู้คือค่าความสูงผิวน้ำจากพื้นล่าง ทำให้จำเป็นต้องรู้ค่าความสูงของจุดที่ 1 จากปลายสเกลเมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่พื้นพอดี ค่าความสูงนี้เราเรียกว่า h_f ซึ่งสามารถหาได้จากการเอาค่าระยะห่างระหว่างจุดที่ 1 และจุดที่ 2 (1) ลบด้วยค่าที่อ่านได้จากจุดที่ 2 เมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่พื้นพอดี(h_r) หรือ $h_f = 1 - h_r$

ผลการทดลองเพื่อศึกษาค่าความสูงวิกฤตของผิวน้ำบริเวณด้านหน้าและด้านหลังสิ่งกีดขวางได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ถึง 18 ซึ่งรายละเอียดของการคำนวณค่า Q และ ค่า Nondimensional ต่างๆมี



รูปที่ 4.10 รายละเอียดค่าต่างๆเมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่พื้นราง

ดังต่อไปนี้

การหาค่า Q

สำหรับตารางที่ 6.1, 7.1, 8.1, ... 18.1 ค่า Q คำนวณได้โดยการแทนค่า d ในตาราง เหล่านี้ลงในสมการ(4.1)

สำหรับตารางที่ 6.2, 7.2, 8.2, ... 18.2 ค่า Q คำนวณได้โดยการแทนค่า d ในตาราง เหล่านี้ลงในสมการ 4.2

การหาค่า F^2

$$F^2 = u_0^2 / \{gh_0\}$$

เมื่อ $u_0 = (1000)^2 * Q / \{60 * 153 * h_0\}$ m/s

$h_0 = h_b + h_f$

h_b คือค่าที่อ่านได้จากสเกลที่จุดที่ 1 ในรูป 4.10 เมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่ผิวน้ำบริเวณต้นน้ำก่อนถึงสิ่งกีดขวาง

การหาค่า $\hat{h}_0$

$$\hat{h}_0 = h_0 / H_0$$

เมื่อ H_0 คือค่าความสูงที่จุดสูงสุดของสิ่งกีดขวาง

การหาค่า $\hat{h}_3$

$$\hat{h}_3 = h_3 / H_0$$

เมื่อ $h_3 = h_t - h_r$

h_t คือค่าที่อ่านได้จากสเกลที่จุดที่ 2 ในรูป 4.10 เมื่อปลายเครื่องวัดอยู่ที่ผิวน้ำบริเวณหลังสิ่งกีดขวาง

จากตารางที่ 6.1 และ 6.2 นำค่า F^2 & $\hat{h}_0$ และ F^2 & $\hat{h}_3$ ไปเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบกับผลการคำนวณในแผนภูมิที่ 6 ในทำนองเดียวกันสำหรับตารางที่ 7.1 และ 7.2, 8.1 และ 8.2, ... 18.1 และ 18.2 ก็ให้นำข้อมูลไปเขียนแผนภูมิเปรียบเทียบกับผลการคำนวณในแผนภูมิที่ 7, 8, ... 18