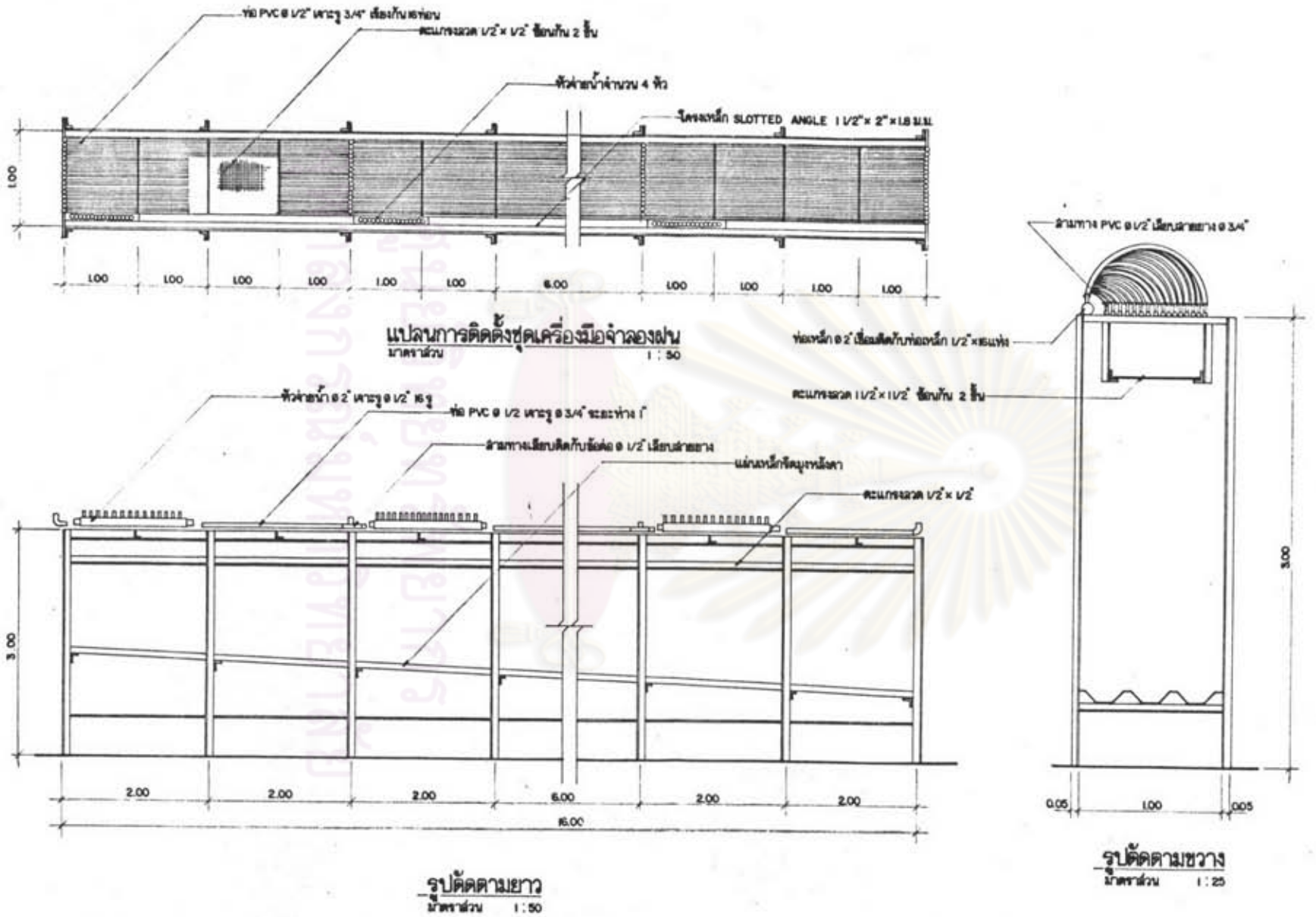
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 4
# อุปกรณ์และวิธีการดำเนินการทดลอง

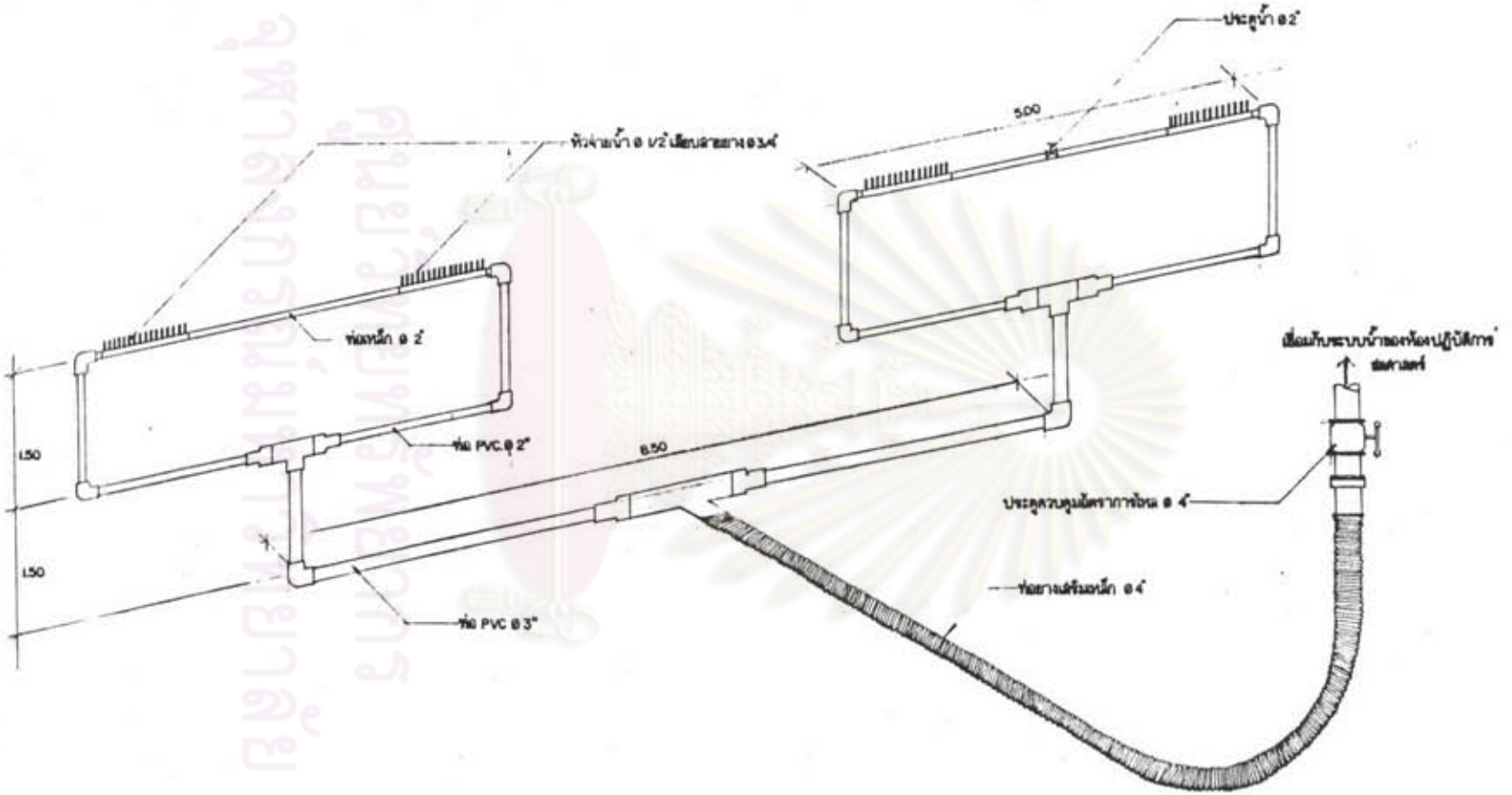
งานการทดลองทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่จะตรวจสอบพฤติกรรมการไหลที่เกิดขึ้นและเปรียบเปรียบเทียบผลกับการแก้ปัญหาตามทฤษฎีที่เสนอขึ้น การทดลองดำเนินการบนแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วยวัสดุจริงและขนาดเท่ากับของจริง ยกเว้นความยาวซึ่งมีขีดจำกัดเพราะดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ดังมีรายละเอียดดังนี้

## 4.1 เครื่องมือจำลองฝน (Rainfall simulator)

รูปที่ 4.1 แสดงแบบแปลนการติดตั้งเครื่องมือจำลองฝนสำหรับระบบการทดลองที่ใช้ในการศึกษา เครื่องมือประกอบด้วยปั๊มไฟฟ้าขนาด 5 แรงม้า สูบน้ำจากบ่อเก็บน้ำใต้ดิน ในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ไปเก็บไว้บนถังสูงแล้วรักษาระดับน้ำในถังสูงให้คงที่ โดยปล่อยน้ำที่เหลือจากการใช้กลับลงไปยังบ่อเก็บอีก เพื่อให้ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองสม่ำเสมอคงที่ตลอดเวลา น้ำจากถังสูงไหลเข้าสู่ระบบเครื่องมือทดลองทางท่อเหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 4" ที่ปลายท่อมีวาล์วปรับอัตราการไหล (Globe valve) ขนาด 4" ติดตั้งอยู่ เพื่อสำหรับปรับอัตราการไหลของน้ำที่จะเข้าเครื่องมือทดลองเพื่อให้ได้ความเข้มของฝนตามที่ต้องการ ในช่วงต่อจากวาล์วควบคุมการไหลใช้สายยางเสริมเหล็กขนาด 4" ทำหน้าที่เป็นยูเนียนประกบกันระหว่างชุดเครื่องมือและระบบจ่ายน้ำของห้องปฏิบัติการ อีกปลายหนึ่งของสายยางเชื่อมติดกับสามทางเหล็ก 4 " ซึ่งทำหน้าที่แยกทางเดินของน้ำออกเป็นสองทางพร้อมกับลดขนาดท่อเหลือ 3" เพื่อให้น้ำไหลแรงขึ้น ท่อ 3" แต่ละด้านนี้ยังแยกออกเป็น 2 ทางพร้อมกับลดขนาดอีกเหลือ 2" ชูขึ้นไปที่ระดับปล่อยน้ำแล้วประกอบติดกับหัวจ่ายน้ำ (Distribution Header) 2 ชุดตรงกับทางน้ำเข้าท่อโปรยฝนรวม 2 ด้านจะมีหัวจ่ายน้ำ 4 แห่ง ทำหน้าที่จ่ายน้ำให้ท่อโปรยฝนทุก ๆ ความยาว 4 เมตรรวม 4 แห่งก็จะได้ความยาวท่อโปรยฝน 16 เมตร ส่วนปลายท่อแต่ละด้านยังวกเข้าบรรจบกันเป็นวงปิด (Closed loop) เพื่อรักษาความดันภายในท่อให้ใกล้เคียงกัน น้ำที่ออกจากรูหัวจ่ายจะได้สม่ำเสมอดังในภาพไอโซเมตริกระบบการเดินท่อที่ 4.2 โดยจ่ายน้ำผ่านสายยางพลาสติกใสขนาด 3/4" ไปยังท่อพีวีซีขนาด 1/2"จำนวน 16 แถวเรียงกันครอบคลุมพื้นที่กว้าง 40 ซม.ยาว 16.00 ม.เมตร คิดเป็นพื้นที่ฝนตกประมาณ 6.4 ตารางเมตร,ท่อเอสลอน 1/2" ทั้ง 16 แถวเจาะรูขนาด 3/64 " ที่ระยะห่างกัน 2.5 ซม. เพื่อให้น้ำไหลออกมาเป็นฝนที่ระดับสูง 2.70 ม และที่ระดับ 2.40 ม.มีตะแกรงลวดขนาด1/2"x 1/2" ซ้อนกัน 2 ชั้น ทับด้วยมุ้งลวด สำหรับมุ้งลวดนี้จะใช้ในกรณีที่ต้องการฝนตกหนัก จึงจำเป็นต้องอัดน้ำเข้าท่อด้วยความดันมาก ดังนั้นน้ำที่ออกจากท่อ จะไม่เป็นหยดจึงให้ปะทะมุ้งลวดเพื่อให้สลายเสียก่อนแล้วรวมตัวกันเป็นหยดด้วยลวดตะแกรง




รูปที่ 4.1 แบบแปลนการติดตั้งเครื่องมือจำลองฝน




รูปที่ 4.2 ภาพ Isometic การเดินท่อจ่ายน้ำเข้าเครื่องมือจำลองฝน

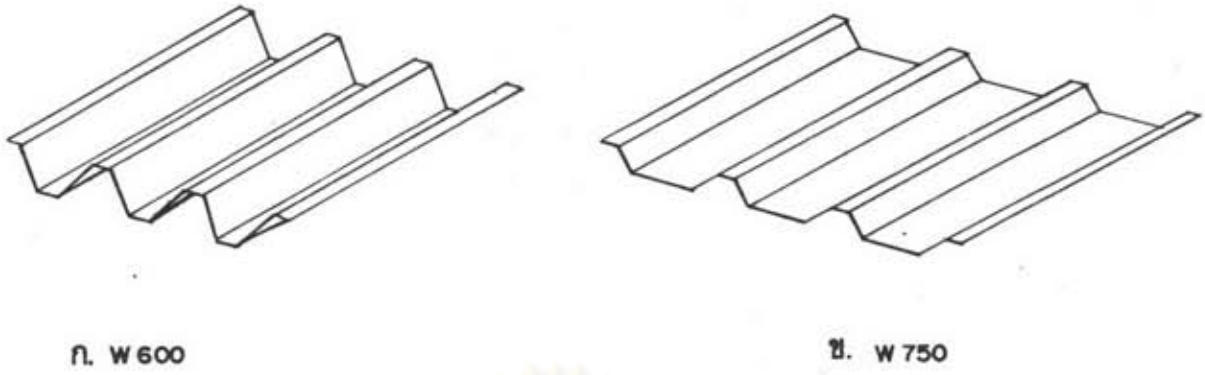
ส่วนแผ่นเหล็กลอนมุงหลังคา (Corrugated metal roof) ที่ใช้ในการศึกษาถึงแม้ว่าจะสามารถใช้ความยาวได้ 16 เมตรเป็นแผ่นเดียวลอนต่อเนื่องกัน แต่ไม่สามารถที่จะติดตั้งในห้องปฏิบัติการได้จึงจำเป็นต้องใช้แผ่นที่มีความยาว 4 เมตรจำนวน 4 แผ่นรวมความยาว 16 เมตรต่อชนกันและมีแผ่นสั้น 1 เมตรตามข้างล่าง แผ่นหลังคาแต่ละแผ่นจะมีลอนระบายน้ำ 3 ลอน ในการทดลองจะใช้งานเพียงลอนกลางลอนเดียวเป็นรางที่ใช้ในการศึกษา ที่ท้องลอนของแผ่นเหล็กมุงแต่ละท่อนเจาะรูสำหรับติดหัวเสียบสายยางใสขนาด 1/2" เพื่อทำหน้าที่เป็นไพโซมีเตอร์อ่านความลึกการไหลทุกระยะ 2 เมตร ที่ปลายล่างของแผ่นเหล็กมุง จะมีถังตวงรองรับน้ำที่ไหลผ่านลอนเพื่อทำหน้าที่วัดอัตราการไหลออกจากลอน เชื่อมกับท่อเพื่อส่งน้ำกลับไปยังบ่อเก็บน้ำ เครื่องมือจำลองฝนที่สร้างขึ้นนี้สามารถผลิตเม็ดฝนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1/8" มีระยะห่างกัน 1" ตกลงมาอย่างสม่ำเสมอ และบังคับอัตราการตกหรือความเข้ม (Intensity) ได้ตั้งแต่ 300 มม/ชม.ขึ้นไป ครอบคลุมพื้นที่การทำงาน 0.5 ม.x 16.0 ม.

## 4.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

รางน้ำที่ใช้ศึกษา (Studying channel) เป็นรางที่เกิดจากลอนของโลหะลูกฟูกที่ใช้ทำหลังคา โดยเฉพาะหลังคาโรงงานอุตสาหกรรม ที่ซึ่งลอนหลังคาทำหน้าที่เป็นรางระบายน้ำฝนออกจากหลังคา โดยมีน้ำฝนเป็นของไหลที่ใช้ในการศึกษา (Studying Fluid) แผ่นโลหะลูกฟูกที่ใช้ศึกษานี้ทำจากเหล็กกล้าฉาบด้วยสังกะสีแล้วใช้อีพอกซียึดติดกับสีทับหน้าแผ่นเหล็กมีความกว้างก่อนขึ้นรูป 85 ซม. ม้วนเป็นขด (Coil) เพื่อสะดวกในการขนส่งไปยังสถานที่ติดตั้ง และจะทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นหลังคาในสถานที่ก่อสร้าง โดยต้องนำเครื่องขึ้นรูปลอนไปติดตั้งชั่วคราวในสถานที่ก่อสร้าง ลักษณะทั่วไปของรางน้ำที่ทำการศึกษาคือเป็นรางน้ำประดิษฐ์มีผิวมันเรียบหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมคางหมู ความยาวที่ใช้ในการก่อสร้างไม่จำกัดซึ่งอาจยาวถึงด้วย 100 เมตร แต่สำหรับการทดลองใช้ความยาว 16.00 เมตร เนื่องจากทดลองในห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ การทดลองเลือกชนิดของแผ่นที่ผลิตขายในท้องตลาดมา 2 ชนิดคือ W600 และ W750 ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้ทั่วไปในหมู่บริษัทผู้ผลิต การเรียกชื่อนี้เรียกตามความกว้างของแผ่นโดยที่แผ่นหลังคาชนิด W600 บ่งถึงความกว้างของแผ่น 600 มม.และ W750 กว้าง 750 มม. ตามลำดับ ลักษณะของแผ่นหลังคาทั้งสองชนิดดังแสดงในรูปที่ 4.3 และรายละเอียดขนาดดังแสดงในตารางที่ 4.1

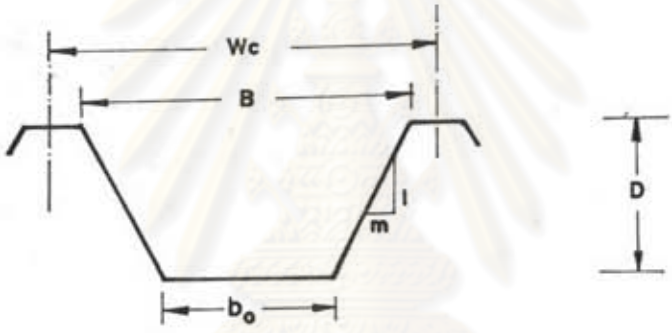
## 4.3 ตัวประกอบในการออกแบบการทดลอง (Design parameter on experiment run)

ในการออกแบบและดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการนั้น เนื่องจากความจำกัดในสถานที่ทำงาน ค่าตัวประกอบการทดลองจึงต้องกำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถทำงานได้ในสถานที่จำกัดและตามขีดความสามารถเครื่องมือเช่นนี้ ตัวประกอบเหล่านี้ได้แก่ มุมความชันของหลังคา, ความเข้มฝน



ก. W 600 ข. W 750

รูปที่ 4.3 วัสดุที่ใช้ทำรางน้ำในการศึกษา




| ชนิดหลังคา | $b_o$ มม. | B มม. | $W_c$ มม. | D มม. | m |
|---|---|---|---|---|---|
| W 600 | 35 | 165 | 200 | 88 | 0.74 |
| W 750 | 140 | 216 | 250 | 38 | 1.00 |

ตารางที่ 4.1 ขนาดวัสดุที่ใช้ทำรางน้ำในการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

และความยาวหลังคา ค่าของตัวประกอบทั้งสามนี้ต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมที่จะสามารถทำงานได้ ซึ่งค่าที่แท้จริงในทางปฏิบัติจะแตกต่างไปบ้างก็ตามดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2 ค่าตัวประกอบในการทดลองและในทางปฏิบัติจริง**

| ชื่อตัวประกอบ | ค่าในการทดลอง | ค่าปฏิบัติงานจริง | ข้อจำกัดการทดลอง | ข้อจำกัดเครื่องมือ |
|---|---|---|---|---|
| มุมความชัน, องศา | 0.5, 1, 1.5 | 3, 5, 7.5, 10 | ความลึกการไหล | ความต่างระดับ |
| ความยาว, เมตร | 16.00 | 30-100 | สถานที่จำกัด | การแปรผันมุม |
| ความเข้มฝน, มม/ชม. | 300-600 | 50-200 | ความลึกการไหล | ความสม่ำเสมอ |

มุมความชัน (Bed slope) กำหนดความลึกการไหล ความลึกการไหลในหลังคาแผ่นเหล็กรีดค่อนข้างน้อย การกำหนดมุมความลาดเอียงใกล้เคียงปฏิบัติจริง ความลึกการไหลน้อยจนไม่สามารถทำการทดลอง นอกจากนั้นความแตกต่างระดับระหว่างหัวและท้ายของแผ่นหลังคาจะมีค่ามาก ทำให้ปฏิบัติงานลำบาก ซึ่งในการทดลองครั้งนี้ความแตกต่างสูงสุดคือที่ 1.5 องศาเท่ากับ 42 ซม.

ความยาวหลังคา กำหนดความลึกการไหลเช่นกัน ความยาวของแผ่นหลังคาต้องมีความยาวพอสมควรที่ความลึกการไหลจะเริ่มสะสมขึ้นมาจากการไหลเพิ่มด้านข้าง และถ้าความยาวมากก็จะยุ่งยากในการเปลี่ยนแผ่นและมุมความชัน

ความเข้มฝนกำหนดความลึกการไหลเช่นกัน ความเข้มฝนที่ใกล้เคียงกับเกิดขึ้นจริงค่อนข้างน้อยทำให้ไม่สามารถวัดความลึกในการไหลได้ อีกทั้งจะเป็นอุปสรรคนความสม่ำเสมอของความเข้มฝนเนื่องจากฝนที่ใช้ในการทดลองกระทำในพื้นที่ทางยาวเป็นหลักคือความยาว 16.00 เมตร

## 4.4 ความลาดวิกฤต (Critical slope)

ในการดำเนินการทดลองจำเป็นจะต้องทราบความลาดวิกฤตซึ่งกำหนดย่านการไหล (Flow regime) สำหรับอัตราการไหลหนึ่ง ๆ ในการทดลองการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกจำเป็นจะต้องทราบล่วงหน้าโดยประมาณว่าความลาดวิกฤตมีค่าเท่าใด ในการคำนวณความลาดวิกฤตถ้ากำหนดค่า Q, n, $Y_n$ และหน้าตัดรางน้ำ ก็จะสามารถคำนวณหาความลาดเอียงได้โดยตรงจากสมการของแมนนิง

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} s^{1/2} \qquad .....(4.1)$$

ซึ่งความลาดเอียงที่ให้อัตราการไหลดังกล่าวเรียกว่า ความลาดเอียงปกติ (Normal slope) ถ้ามีการแปรผันความลาดเอียงของท้องรางในขณะที่อัตราการไหลและความหยาบคงที่ ดังนั้นจะมีความลาดเอียงอันหนึ่งที่การไหลปกติเกิดขึ้นในภาวะวิกฤตซึ่งการไหลจะมีความสูงจำเพาะน้อยที่สุด นั่นคือ ความลาดเอียงที่การไหลปกติเกิดขึ้นเมื่อ F = 1.0 ความลาดเอียงที่จุดนี้เรียกว่า ความลาดเอียงวิกฤต (Critical slope) และเป็นความลาดเอียงปกติด้วยเหมือนกัน เงื่อนไขการไหลวิกฤตจะเกิดเมื่อ

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{D}{2}$$

หรือ

$$\frac{Q^2}{2gA^2} = \frac{D}{2} \qquad .....(4.2)$$

ในเมื่อ D คือ ความลึกชลศาสตร์ (Hydraulic depth) = A/T

A คือ พื้นที่หน้าตัดการไหล (Flow area) = $(b_o+my)y$

T คือ ความกว้างของผิวน้ำ (Top width) = $b_o+2my$

ดังนั้นเมื่อแทนค่าต่าง ๆ เหล่านี้ลงในสมการที่ (4.2) จะได้

$$\frac{Q^2}{g[b_o+my)y]^2} = \frac{(b_o+my)y}{b_o+2my}$$

หรือ

$$Q^2 = \frac{g(b_o+my)^3 y^3}{b_o+2my}$$

ดังนั้น

$$Q = \frac{g^{1/2}(b_o+my)^{3/2} y^{3/2}}{(b_o+2my)^{1/2}} \qquad .....(4.3)$$

จากนั้นก็สามารถหาความลาดวิกฤตที่อัตราการไหลปกติด้วยสมการของแมนนิง นั่นคือ

$$s = \left(\frac{nQ}{AR^{2/3}}\right)^2$$

การคำนวณความลาดวิกฤตของทางน้ำเปิดที่เกิดจากลอนแผ่นหลังคาทั้งชนิด W600 และ W750 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 โดยแต่ละช่องมีรายละเอียดในการคำนวณดังต่อไปนี้

ช่อง (1) ความลึกการไหล

# ตารางที่ 4.3 การคำนวณความลาดวิกฤตของหลังคาโลหะลูกฟูก

## ก. หลังคาชนิด W 600

Determination of critical slope

Roof type : W600 Side slope = 0.74 :1

Bottom width : 3.5 cm Manning coefficient = 0.01 s./m^.33

| (1) y cm. | (2) Q cm^3/sec. | (3) A cm^2 | (4) B cm. | (5) P cm. | (6) R cm. | (7) s | (8) s-angle deg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 122.53 | 4.24 | 4.98 | 5.99 | 0.71 | 0.006 | 0.35 |
| 1.4 | 212.33 | 6.35 | 5.57 | 6.98 | 0.91 | 0.006 | 0.34 |
| 1.8 | 323.59 | 8.70 | 6.16 | 7.98 | 1.09 | 0.006 | 0.33 |
| 2.2 | 456.60 | 11.28 | 6.76 | 8.97 | 1.26 | 0.006 | 0.32 |
| 2.6 | 611.89 | 14.10 | 7.35 | 9.97 | 1.41 | 0.006 | 0.32 |
| 3.0 | 790.11 | 17.16 | 7.94 | 10.96 | 1.57 | 0.005 | 0.31 |
| 3.4 | 991.92 | 20.45 | 8.53 | 11.96 | 1.71 | 0.005 | 0.31 |
| 3.8 | 1218.02 | 23.99 | 9.12 | 12.95 | 1.85 | 0.005 | 0.30 |
| 4.2 | 1469.12 | 27.75 | 9.72 | 13.95 | 1.99 | 0.005 | 0.30 |
| 4.6 | 1745.91 | 31.76 | 10.31 | 14.95 | 2.13 | 0.005 | 0.30 |
| 5.0 | 2049.10 | 36.00 | 10.90 | 15.94 | 2.26 | 0.005 | 0.29 |
| 5.4 | 2379.35 | 40.48 | 11.49 | 16.94 | 2.39 | 0.005 | 0.29 |
| 5.8 | 2737.36 | 45.19 | 12.08 | 17.93 | 2.52 | 0.005 | 0.29 |
| 6.2 | 3123.78 | 50.15 | 12.68 | 18.93 | 2.65 | 0.005 | 0.28 |
| 6.6 | 3539.25 | 55.33 | 13.27 | 19.92 | 2.78 | 0.005 | 0.28 |
| 7.0 | 3984.44 | 60.76 | 13.86 | 20.92 | 2.90 | 0.005 | 0.28 |
| 7.4 | 4459.95 | 66.42 | 14.45 | 21.91 | 3.03 | 0.005 | 0.27 |
| 7.8 | 4966.40 | 72.32 | 15.04 | 22.91 | 3.16 | 0.005 | 0.27 |
| 8.2 | 5504.42 | 78.46 | 15.64 | 23.90 | 3.28 | 0.005 | 0.27 |
| 8.6 | 6074.58 | 84.83 | 16.23 | 24.90 | 3.41 | 0.005 | 0.27 |
| 9.0 | 6677.49 | 91.44 | 16.82 | 25.89 | 3.53 | 0.005 | 0.26 |

Remark. Maximum depth of W600 channel = 8.8 cm.

## ข. หลังคาชนิด W 750

Determination of critical slope

Roof type : W750 Side slope = 1:1

Bottom width : 14 cm Manning coefficient = 0.012 s./m^.33

| (1) y cm. | (2) Q cm^3/sec. | (3) A cm^2 | (4) B cm. | (5) P cm. | (6) R cm. | (7) s | (8) s-angle deg. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.0 | 454.88 | 15.00 | 16.00 | 16.83 | 0.89 | 0.007 | 0.41 |
| 1.2 | 602.47 | 18.24 | 16.40 | 17.39 | 1.05 | 0.007 | 0.39 |
| 1.4 | 764.96 | 21.56 | 16.80 | 17.96 | 1.20 | 0.007 | 0.38 |
| 1.6 | 941.73 | 24.96 | 17.20 | 18.53 | 1.35 | 0.006 | 0.37 |
| 1.8 | 1132.30 | 28.44 | 17.60 | 19.09 | 1.49 | 0.006 | 0.36 |
| 2.0 | 1336.32 | 32.00 | 18.00 | 19.66 | 1.63 | 0.006 | 0.35 |
| 2.2 | 1553.53 | 35.64 | 18.40 | 20.22 | 1.76 | 0.006 | 0.34 |
| 2.4 | 1783.71 | 39.36 | 18.80 | 20.79 | 1.89 | 0.006 | 0.34 |
| 2.6 | 2026.72 | 43.16 | 19.20 | 21.35 | 2.02 | 0.006 | 0.33 |
| 2.8 | 2282.42 | 47.04 | 19.60 | 21.92 | 2.15 | 0.006 | 0.33 |
| 3.0 | 2550.72 | 51.00 | 20.00 | 22.49 | 2.27 | 0.006 | 0.32 |
| 3.2 | 2831.55 | 55.04 | 20.40 | 23.05 | 2.39 | 0.006 | 0.32 |
| 3.4 | 3124.87 | 59.16 | 20.80 | 23.62 | 2.51 | 0.006 | 0.32 |
| 3.6 | 3430.65 | 63.36 | 21.20 | 24.18 | 2.62 | 0.005 | 0.31 |
| 3.8 | 3748.87 | 67.64 | 21.60 | 24.75 | 2.73 | 0.005 | 0.31 |
| 4.0 | 4079.52 | 72.00 | 22.00 | 25.31 | 2.84 | 0.005 | 0.31 |

Remark. Maximum depth of W750 channel = 3.8 cm.

" (2) อัตราการไหลวิกฤตที่คำนวณจากสมการที่ (4.3)

$$Q = \frac{g^{1/2}(b_o+my)^{3/2}y^{3/2}}{(b_o+2my)^{1/2}}$$

" (3) ความกว้างชลศาสตร์

$$T = (b_o+2my)$$

" (4) พื้นที่การไหล

$$A = (b_o+my)y$$

" (5) เส้นรอบรูปเปียก

$$P = b_o + 2\sqrt{(m^2+1)y}$$

" (6) รัศมีชลศาสตร์

$$R = A/P$$

" (7) ความลาดเอียงวิกฤต

$$s = \left(\frac{nQ}{AR^{2/3}}\right)^2$$

" (8) มุมความลาดวิกฤต

$$\theta = \tan^{-1}s$$

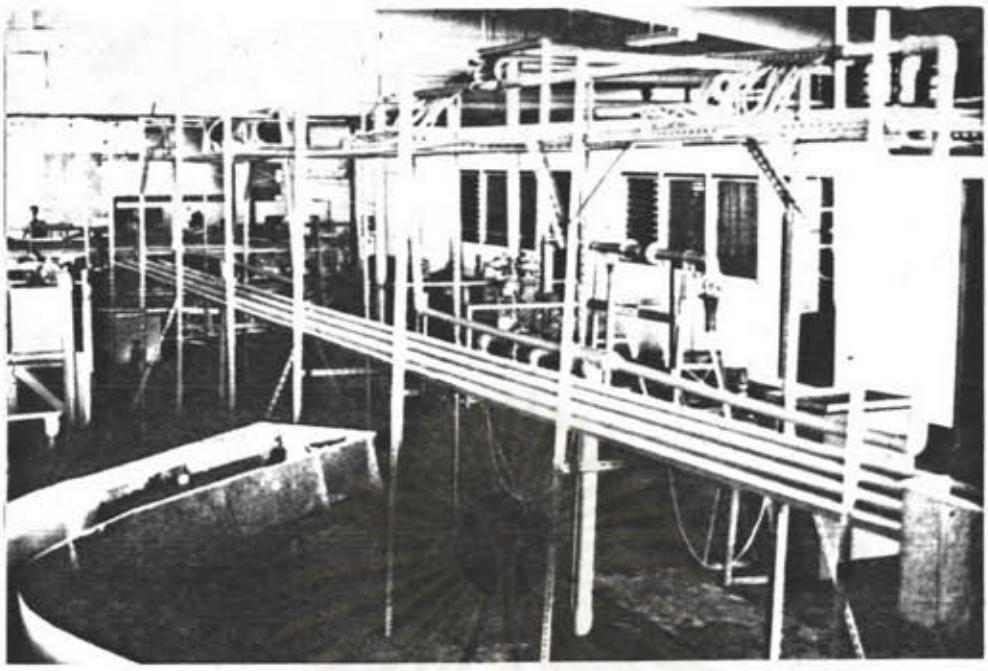
จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่ามุมหลังคาที่ใช้ในการทดลองหรือใช้งานจริงก่อให้เกิดลักษณะการไหลเหนือวิกฤตในลอนหลังคาเสมอ

## 4.5 การหาคุณสมบัติความต้านทานการไหล

การทดลองหาคุณสมบัติความต้านทานของแผ่นโลหะลูกฟูกหรือสัมประสิทธิ์แมนนิง (Manning coefficient),n กระทำโดยปล่อยน้ำที่มีความดันคงที่ซึ่งเก็บไว้ในถังของของห้องปฏิบัติการชลศาสตร์ ผ่านอุปกรณ์สลายความอลวน เอ่อเข้าสู่รางแผ่นโลหะลูกฟูกที่ทำการศึกษา โดยทำการแปรผันอัตราการไหลในช่วง 1.5-4.5 ลิตร/วินาที และมุมความลาดเอียง (Slope) 0.25, 0.50 องศา ตามลำดับ แล้วทำการบันทึกความลึกการไหล (Flow depth) ที่ระยะ 2,6,10,14 เมตร. โดยอ่านจาก pointgauge ควบคู่กับไพโซมีเตอร์ที่ติดไว้กับผนังลอนเพื่อป้องกันความผิดพลาด แล้วหาอัตราการไหลในการทดลองแต่ละครั้งโดยการชั่งน้ำหนักน้ำที่ไหลออกจากลอนหลังคาและเวลาที่ใช้ในการเก็บน้ำมาชั่ง วัดอุณหภูมิของน้ำเพื่อกำหนดความหนาแน่นของน้ำแล้วนำไปใช้คำนวณอัตราการไหล ความลาดเอียงของการทดลองแต่ละครั้งหาได้จากนำความแตกต่างระดับระหว่างหัวและท้ายหลังคาหารด้วยความยาวของแผ่นโลหะลูกฟูก 16.00 ม. การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์ n กระทำได้โดยวิธีการในอ้างอิง ค่า n ของแผ่นโลหะลูกฟูกจะได้จากการหาค่าเฉลี่ยของค่า n ในการทดลองแต่ละครั้ง

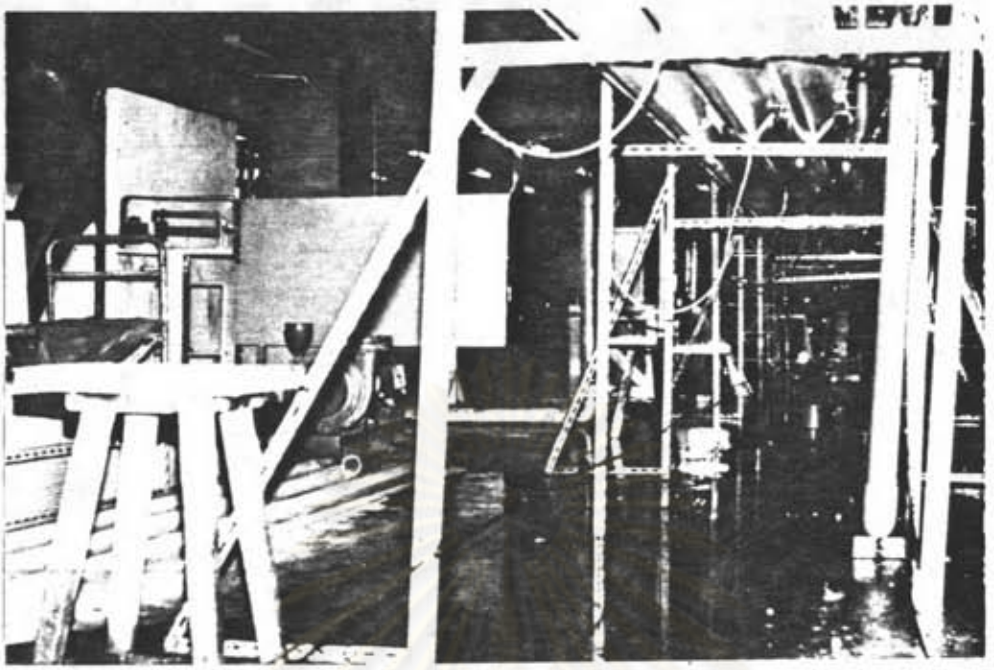
## 4.6 วิธีการทดลองการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูก

การทดลองการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูกประกอบด้วยการปรับขนาดความเข้มฝนให้ได้ตามความต้องการคือ 300, 400, 500, 600 มม/ชม.ตามลำดับซึ่งกระทำได้โดยการปรับวาล์วควบคุมการไหลของน้ำเข้าระบบ โดยทำการคำนวณล่วงหน้าก่อนว่าขนาดฝนที่ต้องการคือ 300, 400, 500 และ 600 มม/ชม. นั้น เมื่อตกลงบนหลังคาจะไหลออกจากหลังคาที่ปลายต่อหนึ่งลอนในอัตรา 272, 352, 448, 528 ซม$^3$/วินาทีสำหรับ W600 และ 336, 448, 560, 672 ซม$^3$/วินาทีสำหรับ W750 ดังในตารางที่ 3.1 ดังนั้นจึงต้องปรับวาล์วควบคุมการไหลจนกว่าจะได้อัตราการไหลออกที่อัตราดังกล่าว เนื่องจากการวัดความเข้มฝนโดยตรงจากฝนที่ตกลงมาอาจจะไม่แน่นอนเนื่องจากประสิทธิภาพเครื่องมือ แล้วจึงล็อควาล์วไว้กันเคลื่อนที่ เมื่อได้อัตราการไหลที่ให้ความเข้มที่ใกล้เคียงกับที่ต้องการที่สุดแล้วก็ดำเนินการวัดความลึกของการไหล (Flow depth) ที่ระยะ 1, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 เมตรตามลำดับ โดยใช้ระดับวางบนลอนหลังคาแล้วใช้เสกลปักทาบกับระดับแล้วอ่านระยะ Freeboard ส่วนความลึกการไหลจริงก็คือผลต่างของค่าที่อ่านได้กับความลึกของลอนคือ 8.8 ซม.สำหรับ W600 และ 3.8 ซม.สำหรับ W750 เนื่องจากผิวน้ำในรางถูกรบกวนโดยฝนที่ตกลงมา จึงต้องนำถาดมาบังฝนไว้ชั่วขณะตรงตำแหน่งที่ทำการอ่าน และเพื่อเป็นการตรวจสอบก็จะอ่านค่าความลึกการไหลโดยตรงจากไพโซมีเตอร์ด้วย โดยอ่านเทียบกับระดับท้องรางที่ถ่ายไว้กับเสาของโครง ต่อจากนั้นจึงทำการวัดความเข้มฝนโดยใช้ถาดขนาด 33x46x4 ซม. 3 ใบวางรองรับน้ำฝนไว้บนหลังคาที่หัว กลางและท้ายหรือที่ระยะ 5,10,15 เมตรตามลำดับ เพื่อตรวจสอบความเข้มฝนขณะทำการทดลองและประสิทธิภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้น ที่ความเข้มฝนหนึ่ง ๆ ที่ปรับได้จะล็อควาล์วไว้แล้วทำการทดลองความลึกการไหลที่ความลาดเอียงท้องราง (Bed slope) 0.5, 1.0, 1.5 องศาจนครบทั้งสามมุมเสียก่อนจึงจะเปลี่ยนความเข้มฝน โดยเริ่มทดลองจากความเข้มมากสุดก่อนคือ 600, 500, 400, 300 มม/ชม. ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการปรับให้ได้ความเข้มฝนที่ต้องการเร็วที่สุด การปรับมุมความลาดเอียงของท้องรางทำได้โดยคลายสลักเกลียวที่ยึดคานรองรับแผ่นหลังคาที่ใส่ไว้ทุก ๆ ระยะ 2 เมตรแล้วรูดลงมาให้อยู่ที่ระดับความต้องการตามที่ได้ถ่ายไว้กับเสาแต่ละต้นทั้งสองด้านคือระดับที่มุมความลาดเอียง 0.5, 1, 1.5 องศาตามลำดับ ในการปรับระดับถ้าปรับลงจะต้องปรับจากท้ายไปหัว แต่ถ้าปรับขึ้นจะต้องปรับจากหัวมาท้าย เพราะในขณะปรับมุม น้ำฝนจะได้ไหลออกได้สะดวก จากนั้นจึงวัดอัตราการไหลออกจริงอีกครั้งหนึ่ง โดยทำการวัดน้ำไหลออกจากลอนกลางเพียงลอนเดียว และต้องกันให้น้ำในอีกสองลอนด้านนอกกลับลงไปยังบ่อเก็บ การวัดอัตราการไหลนี้ทำอีกครั้งหนึ่งเพื่อตรวจสอบอัตราการไหลว่าอัตราการไหลขณะทำงานอัตราการไหลยังคงที่หรือเปล่า เมื่อทดลองจนครบความเข้มฝนและมุมความลาดเอียงแล้วก็ทำการเปลี่ยนชนิดแผ่นหลังคาจนครบทั้งสองชนิด รูปภาพแสดงรายละเอียดการปฏิบัติการทดลองการไหลของน้ำฝนบนหลังคาโลหะลูกฟูกดังแสดงในรูปที่ 4.4 ถึง 4.9

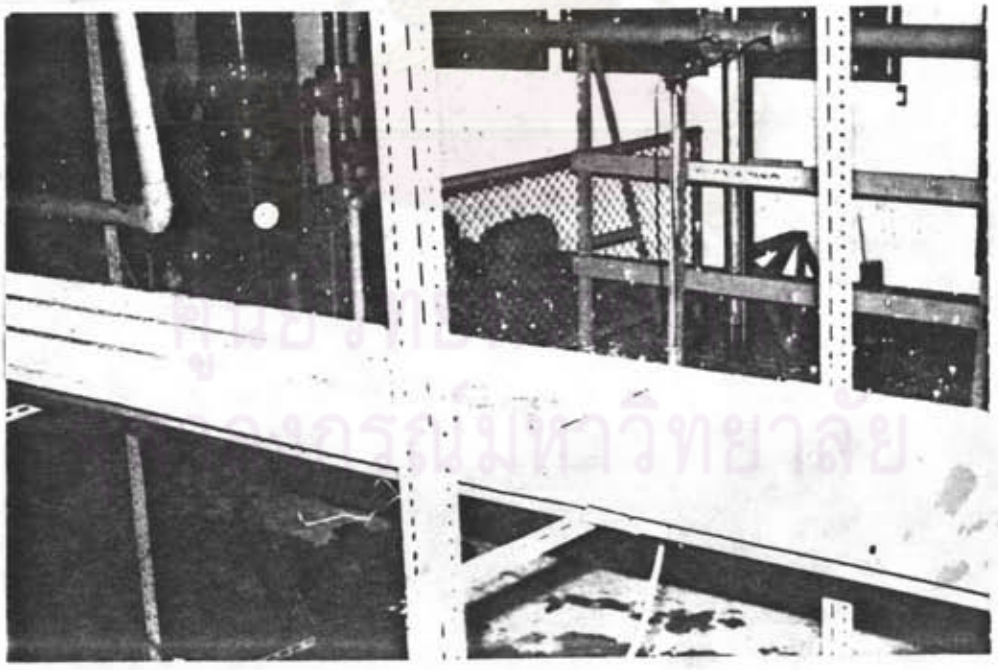


รูปที่ 4.4 รูปตามยาวการทดลองการไหล ของฝนจำลองบนหลังคาโลหะลูกฟูก

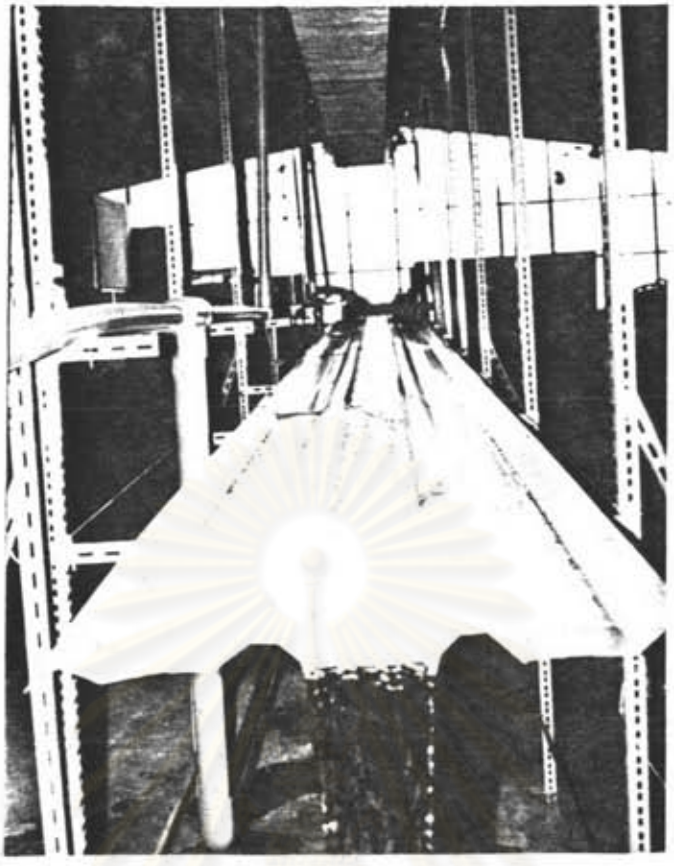
รูปที่ 4.5 รูปตามขวางการทดลองการไหล ของฝนจำลองบนหลังคาโลหะลูกฟูก



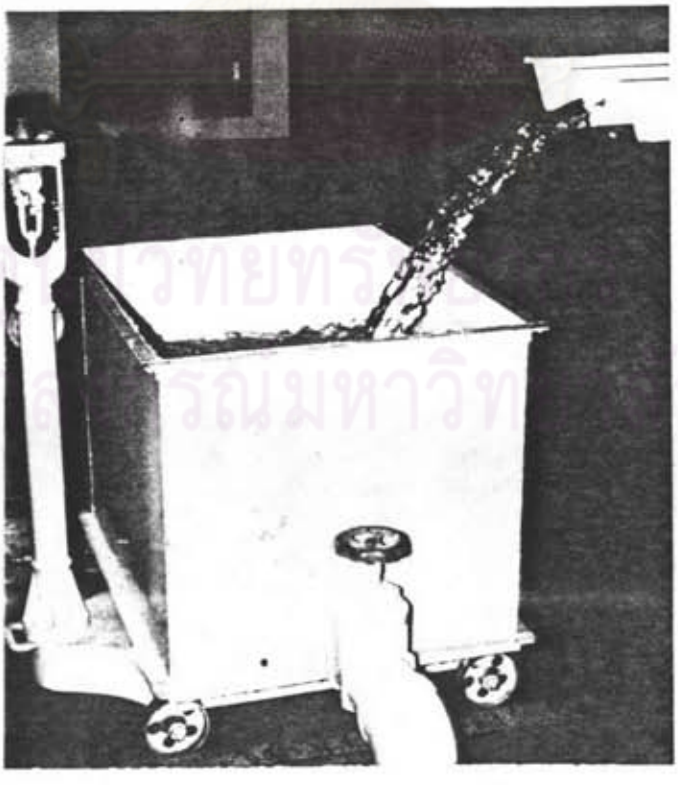
รูปที่ 4.6 การวัดความดึกการไหลด้วยไฟโซมิเตอร์



รูปที่ 4.7 การวัดความเข้มฝนด้วยถาด



รูปที่ 4.8 การทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิง



รูปที่ 4.9 ถังตวงหาอัตราการไหล