



บทที่ 5

ผลการทดลอง

5.1 ประสิทธิภาพของเครื่องมือจำลองฝน

ประสิทธิภาพของเครื่องมือจำลองฝนที่สร้างขึ้นประกอบการทดลองนั้น จะประเมินด้วยความสม่ำเสมอของเม็ดฝนที่ตกลงมาในพื้นที่ทำงานขนาดกว้าง 0.50 ม.ยาว 16.00 ม. ซึ่งกำหนดเป็นค่าความสม่ำเสมอของการกระจาย (Distribution uniformity) หรือสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ (Uniformity coefficient) ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายใช้ข้อมูลน้ำฝนที่เก็บจากภาชนะขนาด 33 x 46 ซม. ลึก 4 ซม. ใช้เวลาเก็บน้ำฝน 1 นาที จำนวน 18 ค่า ค่าความสม่ำเสมอของการกระจายหรือสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอสามารถคำนวณได้โดยสมการของ Christiansen ซึ่งนำเสนอโดย Michael (1978) ดังนี้คือ

$$DU = 100(1.00 - \Sigma Y/MN) \quad \dots\dots(5.1)$$

เมื่อ

DU = ความสม่ำเสมอการกระจายมีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

$\Sigma Y = \Sigma (ABS(y-M))$

y = ค่าความลึกฝนที่วัดได้แต่ละค่า

M = ค่าเฉลี่ยของค่าทั้งหมด

N = จำนวนค่าทั้งหมดที่นำมาทำการคำนวณ

ค่าความสม่ำเสมอของเครื่องมือจำลองฝนสัมพันธ์กับสถานที่และเวลาที่คำนวณโดยสมการ (5.1) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ความสม่ำเสมอการกระจายเม็ดฝนของเครื่องมือจำลองฝน

ความเข้มฝน, มม/ชม.	ความสม่ำเสมอการกระจาย, %
300	87
400	90
500	91
600	93

5.2 ความต้านทานการไหลของโลหะหลุมลุก

การทดลองหาความต้านทานการไหลของหลังกาโลหะหลุมลุกโดยทำการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งและสัมประสิทธิ์เคซี โดยมีการทดลองทั้งสิ้น 12 ครั้ง สำหรับหลังกาแผ่นเหล็กทั้งสองชนิดโดยแปรผันอัตราการไหลที่มุมความลาดเอียงตามเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้นปรากฏว่าการทดลองแต่ละเที่ยวมีทั้งอยู่ในภาวะใต้วิกฤตและเหนือวิกฤต โดยค่า n ที่ได้จากการไหลใต้วิกฤตเท่านั้นที่ใช้ได้ เนื่องจากหลังกามีความยาวมากจนไม่สามารถที่จะแปรผันความลาดเอียงได้บ่อยครั้ง ดังนั้นจึงต้องให้การแปรผันอัตราการไหลแทน ผลการทดลองปรากฏว่าที่มุมความลาดเอียง 0.25° การไหลเป็นใต้วิกฤตทั้งหมดสำหรับแผ่นหลังกา W600 แต่สำหรับ W750 มีเพียงการทดลองครั้งที่ 1,3 เป็นการไหลใต้วิกฤต ส่วนที่มุมความลาดเอียง 0.50° แผ่น W600 เป็นภาวะเหนือวิกฤตทั้งหมด แต่ค่า n ก็ยังไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเนื่องจากยังอยู่ใกล้ภาวะวิกฤตอยู่ ส่วน W750 เป็นภาวะใต้วิกฤตเฉพาะการทดลองครั้งที่ 3 เพียงครั้งเดียว คุณสมบัติต้านทานการไหลของหลังกาโลหะหลุมลุก คือสัมประสิทธิ์แมนนิ่งที่ได้จากการทดลองดังกล่าวได้สรุปไว้ในตารางที่ 5.2 ดังรายละเอียดการทดลองแสดงในตารางที่ 5.3 และ 5.4

ตารางที่ 5.2 ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของหลังกาโลหะหลุมลุกที่ได้จากการทดลอง

ชนิดหลังกา	สัมประสิทธิ์แมนนิ่ง, n ที่ทดลองได้	ค่า n เฉลี่ย
W600	0.0098 - 0.0103	0.010
W750	0.0116 - 0.0130	0.012

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิงของแผ่นหลังคา W 600

Calculation of Manning coefficient, n

Roof type : W600

Temperature = 28 C Water density = 996.21 kg/m³.

Channel Geometry :-

Length = 1600 m.
Bottom width = 3.5 cm.
Catchment width = 20 cm.
Side slope = 0.74:1

(1) Test no.	(2) Test no.	(3) Diff.W Kg.	(4) Time sec.	(5) Q Lps.	(6) Ave.Q Lps.	(7) d cm.	(8) L cm.	(9) A cm ²	(10) P cm.	(11) R cm.	(12) V m/s.	(13) V ² /2g m.	(14) E/L m.	(15) Energy grad.	(16) n	(17) C	(18) Fr
0.25	1	50	20.5	2.45	2.48	5.60	400	42.80	17.43	2.46	0.58	0.0171	0.0183	0.0044	0.0098	134	0.78
		100	40.0	2.51		5.65		43.39	17.56	2.47	0.57	0.0166	0.0183				
	2	50	11.2	4.48	4.38	7.60	400	69.34	22.41	3.09	0.63	0.0203	0.0241	0.0044	0.0103	131	0.73
		100	23.5	4.27		7.55		68.60	22.28	3.08	0.64	0.0207	0.0241				
	3	25	54.1	0.46	0.46	2.35	400	12.31	9.35	1.32	0.37	0.0072	0.0077	0.0043	0.0101	117	0.78
		50	109.4	0.46		2.40		12.66	9.47	1.34	0.36	0.0068	0.0077				
0.5	1	50	22.5	2.23	2.22	4.20	400	27.75	13.95	1.99	0.80	0.0330	0.0188	0.0085	0.0083	151	1.25
		100	45.3	2.22		4.10		26.78	13.70	1.96	0.83	0.0349	0.0190				
	2	50	15.3	3.28	3.27	5.15	800	37.65	16.31	2.31	0.87	0.0384	0.0112	0.0089	0.0092	141	1.22
		100	30.8	3.26		5.30		39.33	16.69	2.36	0.83	0.0351	0.0110				
	3	50	15.9	3.16	3.21	5.15	400	37.65	16.31	2.31	0.85	0.0370	0.0221	0.0082	0.0084	153	1.20
		100	30.8	3.26		5.00		36	15.94	2.26	0.89	0.0405	0.0226				

ตารางที่ 5.4 ผลการทดลองการหาค่าสัมประสิทธิ์แมนนิงของแผ่นหลังคา W 750

Calculation of Manning coefficient, n

Roof type : W750

Temperature = 28 C Water density = 996.21 kg/m³.

Channel Geometry :-

Length = 1600 m.
Bottom width = 14 cm.
Catchment width = 25 cm.
Side slope = 1:1

(1) Slope Deg.	(2) Test no.	(3) Diff.W Kg.	(4) Time sec.	(5) Q Lps.	(6) Ave.Q Lps.	(7) d cm.	(8) L cm.	(9) A cm ²	(10) P cm.	(11) R cm.	(12) V m/s.	(13) V ² /2g m.	(14) E/L m.	(15) slope	(16) n	(17) C	(18) Fr
0.25	1	25	47.5	0.53	0.52	1.3	400	19.89	17.68	1.13	0.26	0.0035	0.0041	0.0044	0.0123	93	0.74
		50	96.6	0.52		1.25		19.06	17.54	1.09	0.27	0.0039	0.0041				
	2	25	12.1	2.07	2.06	2.3	400	37.49	20.51	1.83	0.55	0.0153	0.0096	0.0045	0.0088	141	1.16
		50	24.6	2.04		2.4		39.36	20.79	1.89	0.52	0.0139	0.0095				
	3	25	22.8	1.10	1.11	1.95	400	31.10	19.52	1.59	0.36	0.0065	0.0065	0.0044	0.0116	104	0.81
		50	45.0	1.12		1.9		30.21	19.37	1.56	0.37	0.0069	0.0065				
0.5	1	25	16.3	1.54	1.54	1.75	400	27.73	18.95	1.46	0.55	0.0157	0.0083	0.0089	0.0108	112	1.34
		50	32.7	1.53		1.85		29.50	19.23	1.53	0.52	0.0138	0.0081				
	2	50	14.7	3.41	3.40	2.7	400	45.36	21.64	2.10	0.75	0.0286	0.0139	0.0085	0.0093	137	1.46
		100	29.7	3.38		2.65		44.38	21.50	2.06	0.77	0.0299	0.0141				
	3	25	81.1	0.31	0.31	0.8	400	11.84	16.26	0.73	0.26	0.0034	0.0029	0.0087	0.0130	82	0.92
		50	165.5	0.30		0.75		11.06	16.12	0.69	0.28	0.0039	0.0029				

5.3 ความลึกการไหลเนื่องจากฝนหลังคาโลหะลูกฟูก

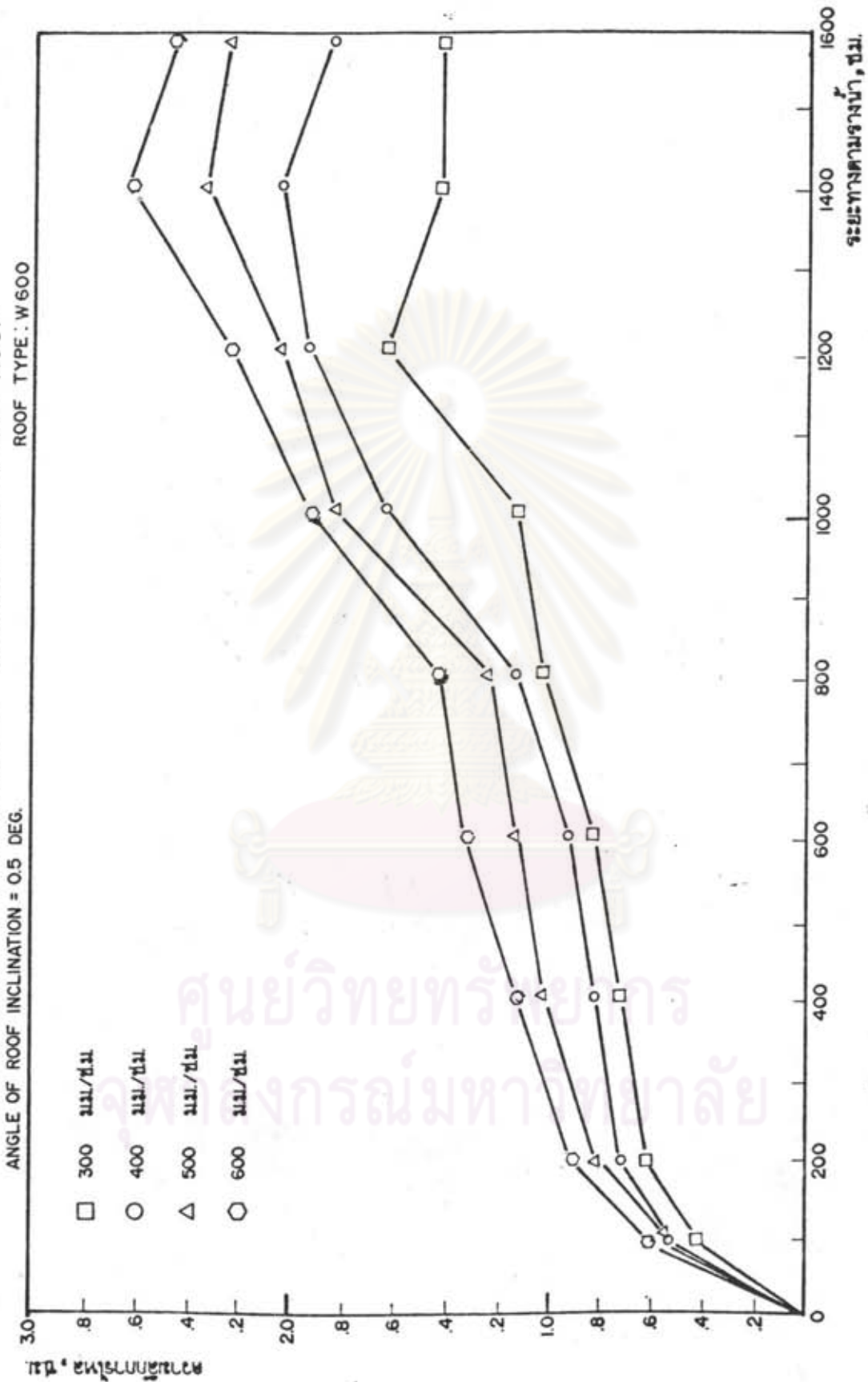
ผลการทดลองความลึกการไหลบนลอนหลังคาโลหะลูกฟูกทั้งสองชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 5.4, 5.5 และได้เขียนกราฟเพื่อความสะดวกในการพิจารณาแสดงในรูปที่ 5.1 โดยมีความเข้มฝน 4 ขนาดและมุมความลาดเอียง 3 ขนาด ความลึกการไหลที่วัดได้อยู่ในช่วง 0.1 - 2.4 ซม. ความลึกการไหลจากการทดลองของหลังคาทั้งสองประเภทโดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากความลึกที่เป็นศูนย์ที่ด้านต้นน้ำอย่างทันที และเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ จนกระทั่งไปถึงบริเวณกึ่งกลางความยาวของทางน้ำ ความลึกการไหลก็จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้ง นอกจากนั้นความลึกการไหลในการทดลองแต่ละครั้งยังมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไปอีกคือ หลังคา W600 ที่มีมุมความลาดเอียง 0.5 องศา เส้นกราฟแสดงความลึกการไหลที่เกิดจากฝนทั้ง 4 ขนาดแยกออกจากกันให้เห็นได้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูป 5.1(ก) และความลึกการไหลที่เพิ่มขึ้นอีกอย่างรวดเร็วในช่วงครึ่งหลังของทางน้ำได้ลดลงมาที่ปลายอิสระ ส่วนความลึกการไหลทั้งหมดที่ทดลองได้จากมุมความลาดเอียง 1 องศาจะมีค่าใกล้เคียงกันกันมากกว่าที่มุม 0.5 องศา และมีบางจุดพ้องกัน ความลึกการไหลที่เพิ่มขึ้นในช่วงครึ่งหลังของทางน้ำได้เลื่อนห่างออกไปอยู่ที่เกือบปลายของทางน้ำ ดังแสดงในรูป 5.1(ข) และเมื่อมุมความชันสูงสุดที่ได้ทำการทดลองคือ 1.5 องศาในช่วงความยาวทั้งหมดของทางน้ำคือ 16.00 เมตร ที่ได้ทำการทดลองความลึกการไหลจะเพิ่มขึ้นทีละน้อยตลอดความยาวทางน้ำและมีความลึกในช่วงแรกของความยาวทางน้ำพ้องกันหลายแห่งดังแสดงในรูป 5.1(ค)

ส่วนความลึกการไหลที่ทดลองได้จากหลังคา W750 ความลึกการไหลจะไม่ค่อยแยกออกจากกันเหมือนกับ W600 เนื่องจากรูปร่างหน้าตัดของทางน้ำกว้างกว่า ความลึกการไหลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วที่มีมุมความลาดเอียง 0.5 องศาจะไปเกิดที่เกือบปลายทางน้ำดังแสดงในรูปที่ 5.1(ง) ในขณะที่มุมความลาดเอียง 1.0 และ 1.5 องศา ความลึกการไหลค่อย ๆ เพิ่มขึ้นตลอดความยาวของทางน้ำ และมีค่าความลึกการไหลในช่วงครึ่งแรกของความยาวทางน้ำพ้องกันเป็นส่วนใหญ่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE: W600

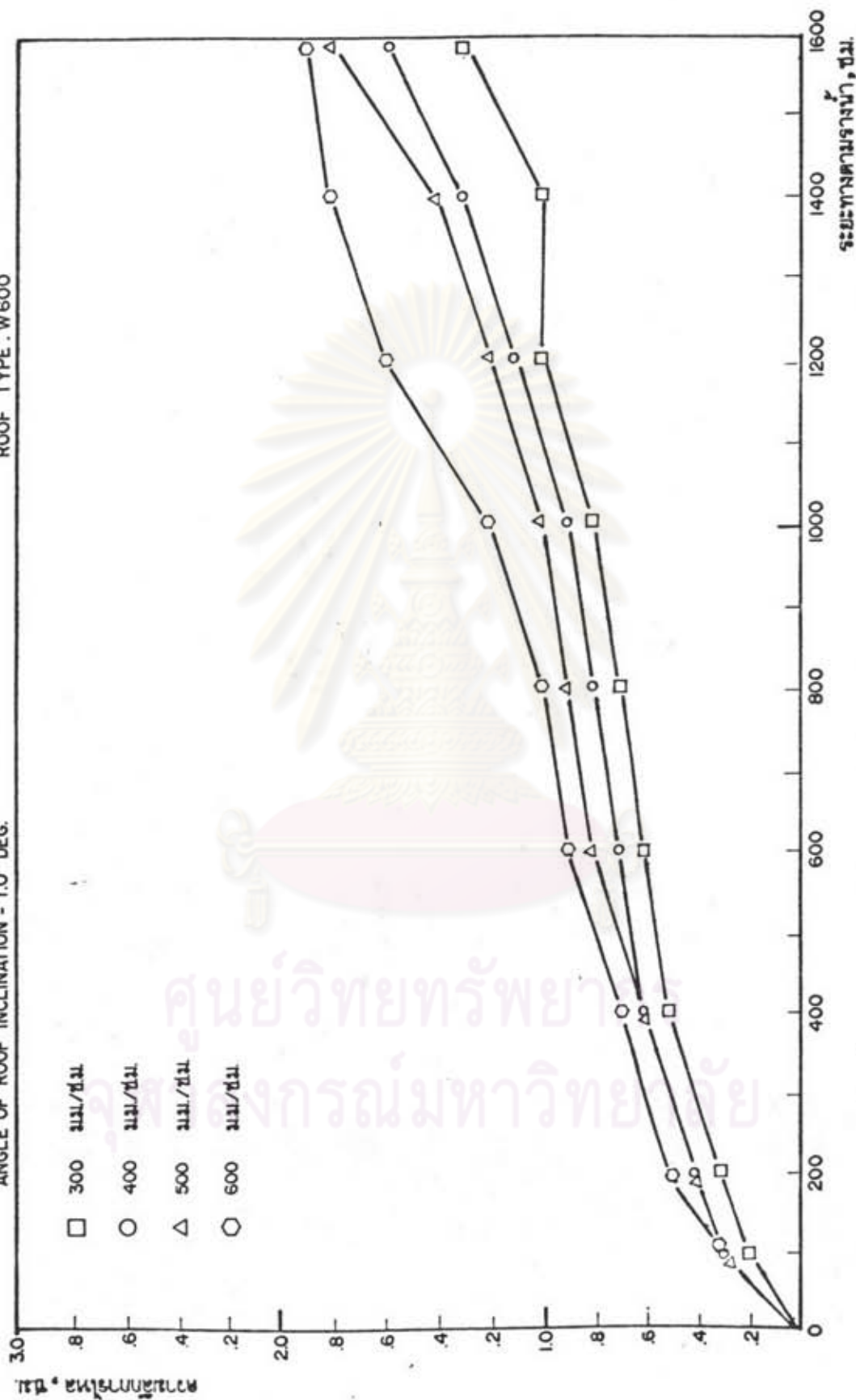


รูปที่ 5.1 (ก) ความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง W 650 มุมลาดเอียง 0.5°

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE : W600

ANGLE OF ROOF INCLINATION = 1.0 DEG.

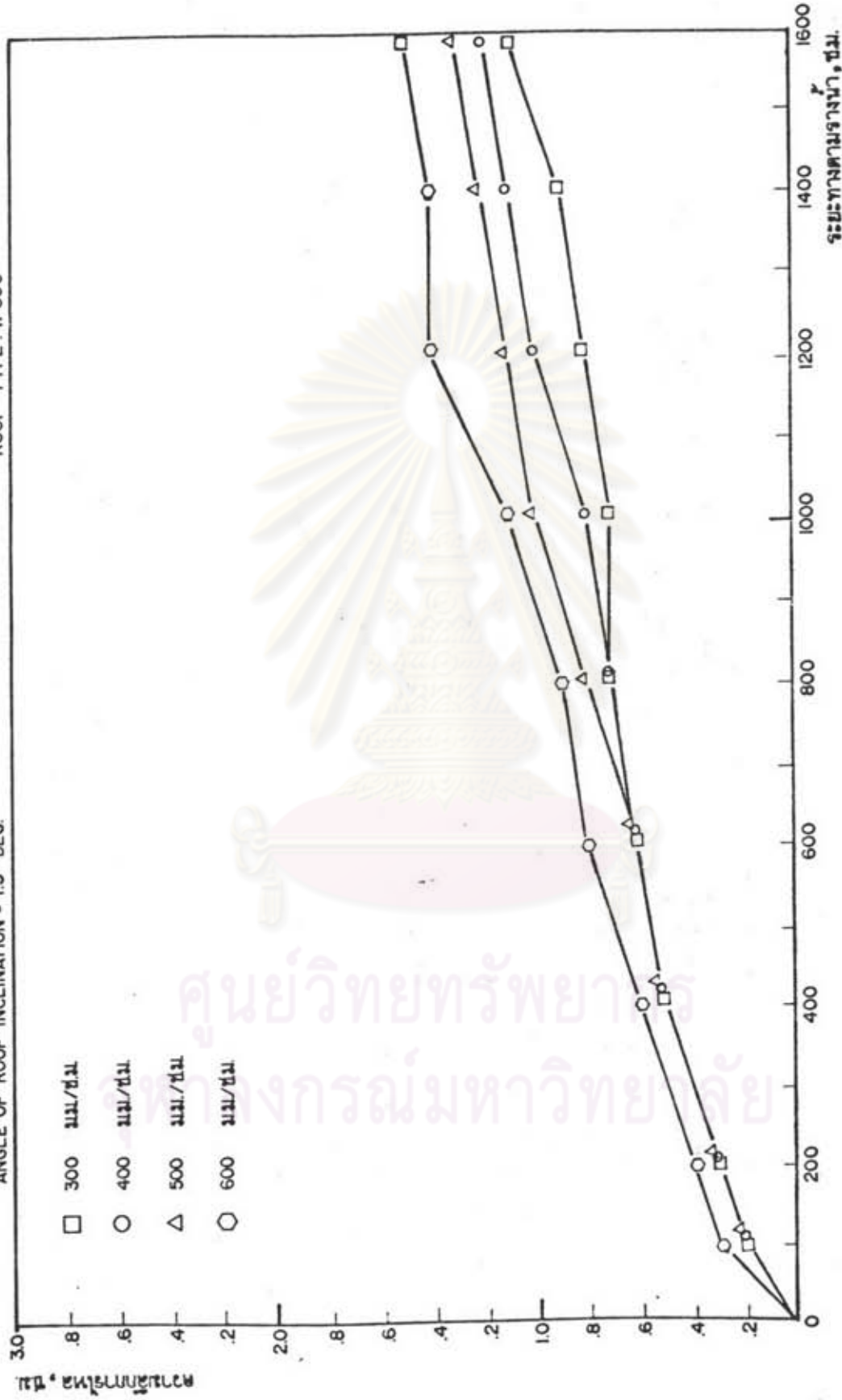


รูปที่ 5.1 (ข) ความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง w 600 มุมลาดเอียง 1.0°

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE : W 600

ANGLE OF ROOF INCLINATION = 1.5 DEG.

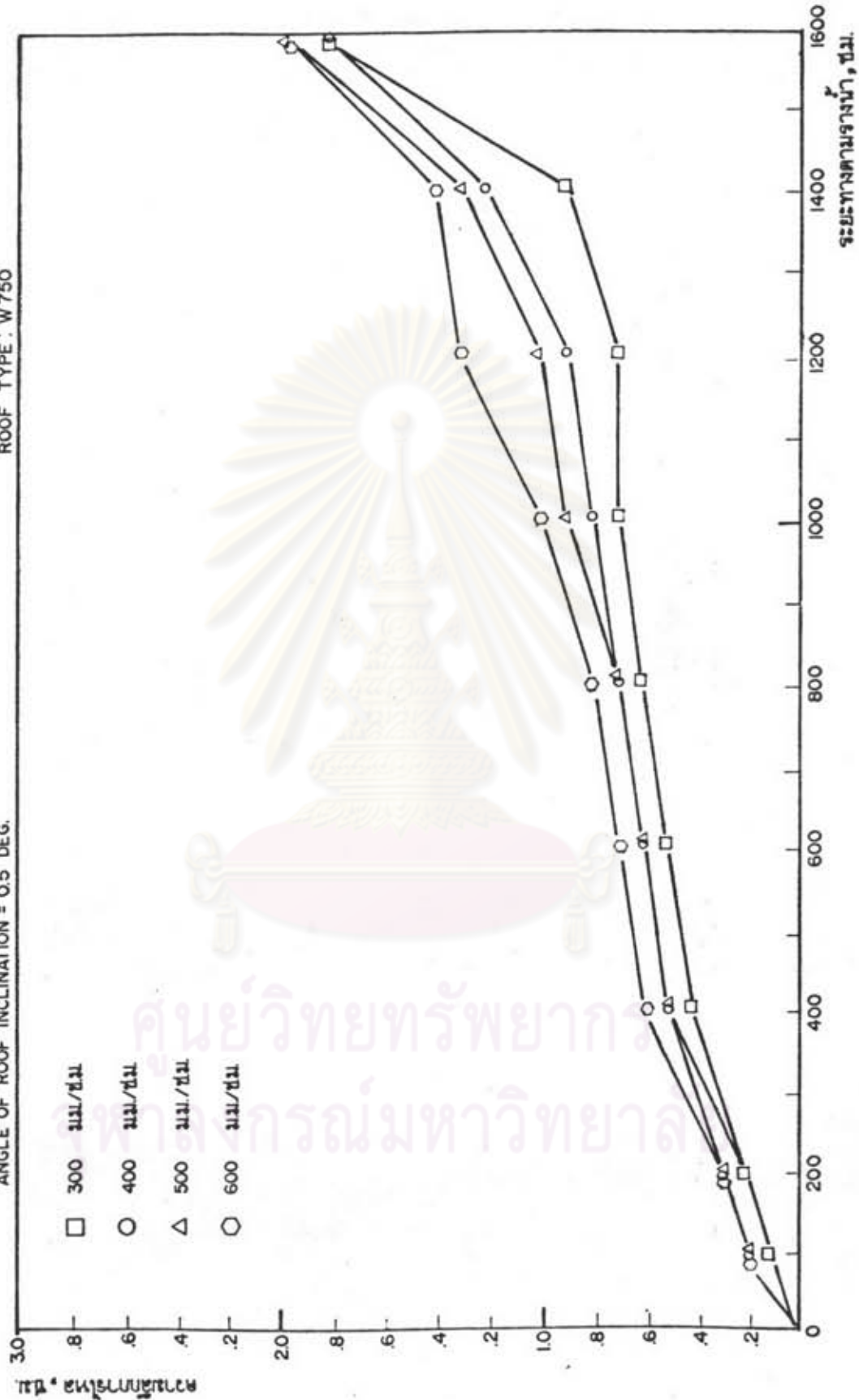


รูปที่ 5.1 (ค) ความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง W 650 มุมลาดเอียง 1.5°

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE : W750

ANGLE OF ROOF INCLINATION = 0.5 DEG.

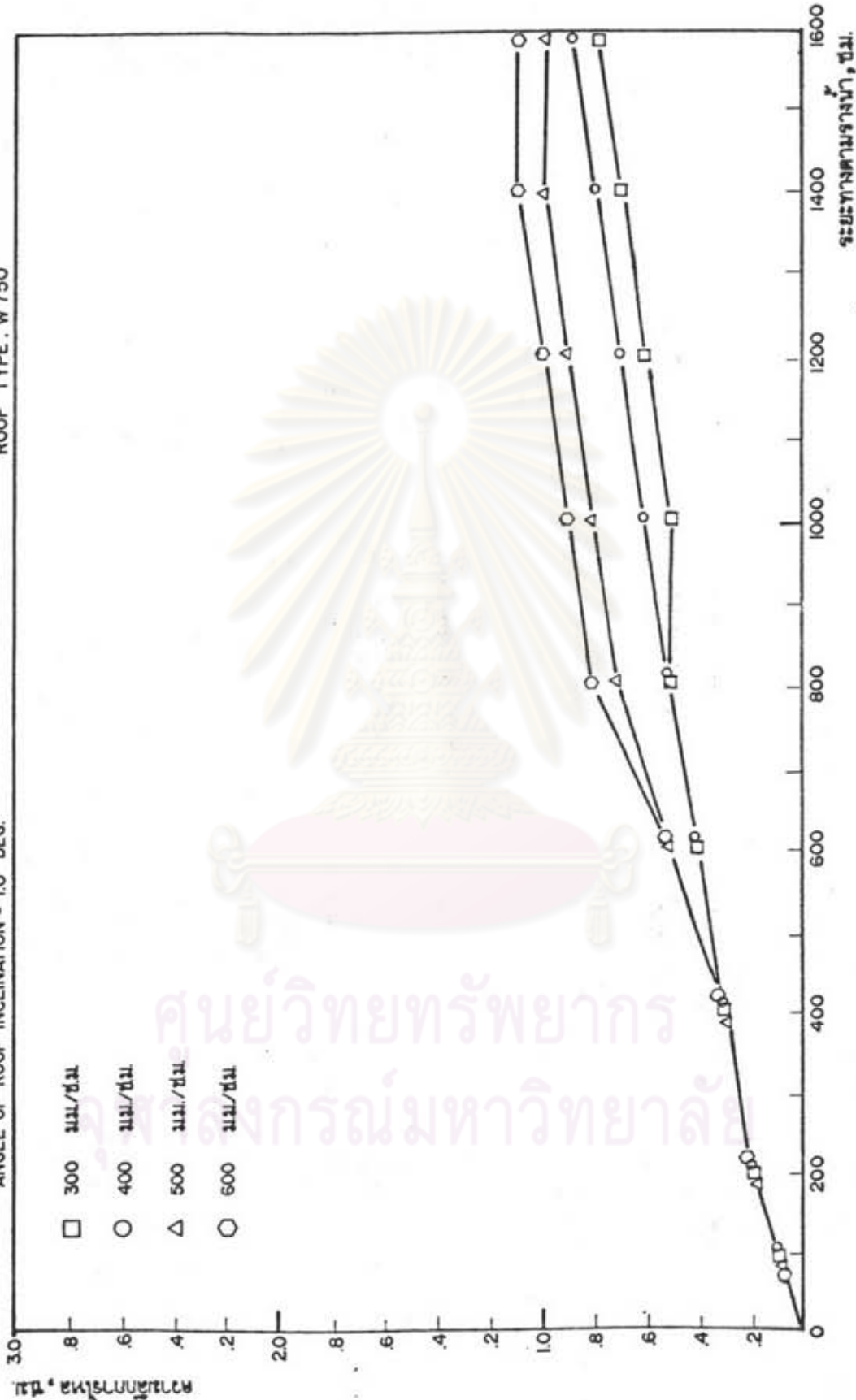


รูปที่ 5.1 (ง) ความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกจุกจากการทดลอง W 750 มุมลาดเอียง 0.5°

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE: W 750

ANGLE OF ROOF INCLINATION = 1.0 DEG.



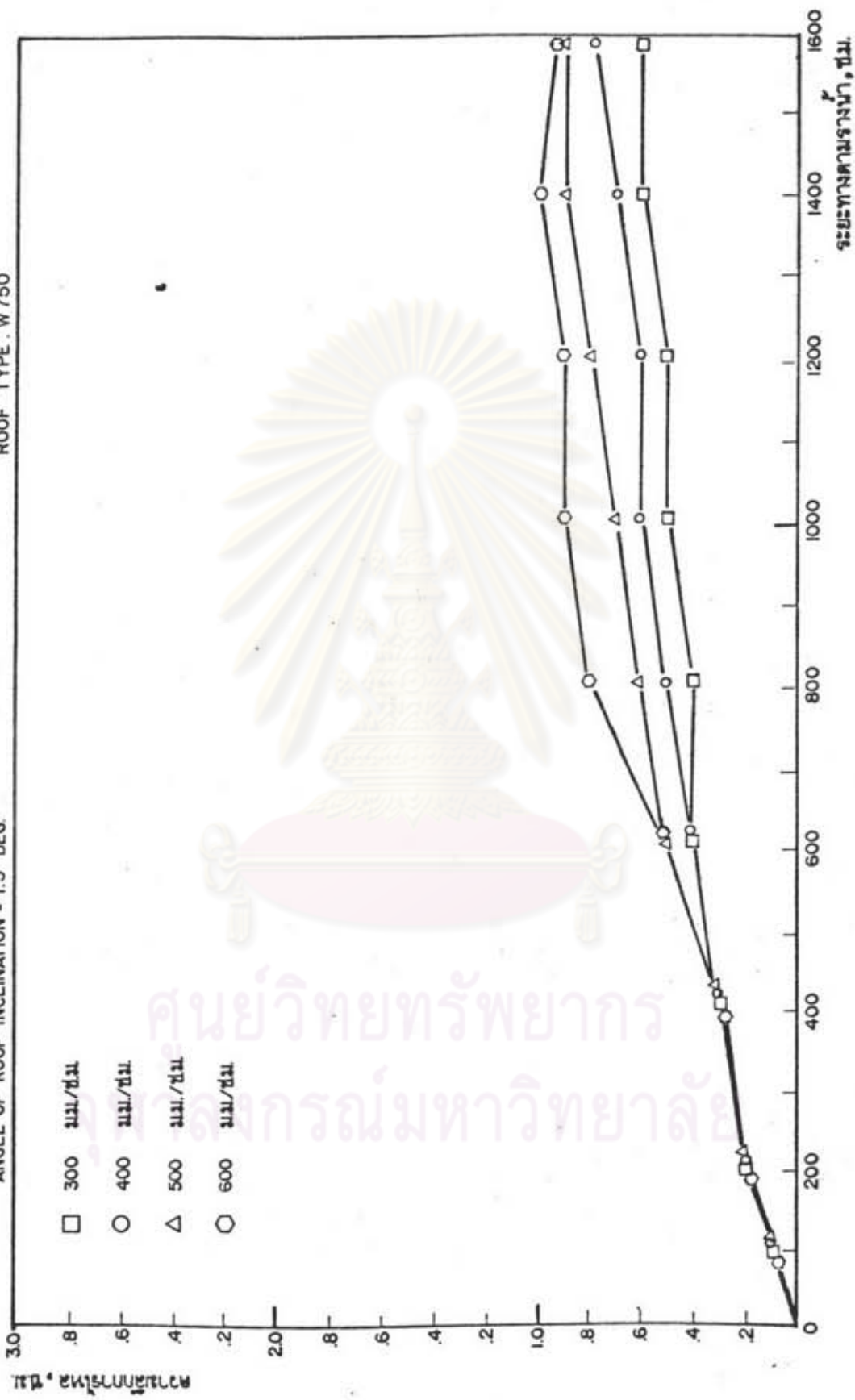
รูปที่ 5.1 (จ) ความลึกการไหลบนหลังคโลหะจากจากการทดลอง W 750 มุมลาดเอียง 1.0°

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW PROFILE IN CHANNEL OF CORRUGATED METAL ROOF

ROOF TYPE: W750

ANGLE OF ROOF INCLINATION = 1.5 DEG.



รูปที่ 5.1 (จ) ความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง W750 มุมลาดเอียง 1.5°

5.4 พฤติกรรมการไหลของน้ำผ่านหลังคาโลหะลูกฟูกจากการทดลอง

การไหลของน้ำผ่านหลังคาโลหะลูกฟูกจะเป็นการไหลที่อัตราการไหลเพิ่มเข้ามาตามระยะทางและอัตราการไหลเริ่มต้นเป็นศูนย์ (Spatially varied flow with increasing discharge and no initial discharge) และจะมีย่านการไหลที่เป็นภาวะใต้วิกฤต (Sub-critical flow regime) เป็นระยะสั้น ๆ ในช่วงเริ่มต้นของการไหล และระยะที่เหลือส่วนใหญ่จะเป็นการไหลเหนือวิกฤต (Supercritical flow) สำหรับหลังคา W600 มีความลึกการไหลที่เป็นไปได้ในช่วงตั้งแต่ 1 - 8 ซม. ซึ่งจะมีมุมความลาดเอียงวิกฤตอยู่ในช่วง 0.30-0.34 องศา และหลังคา W750 ซึ่งมีความลึกการไหลที่เป็นไปได้ตั้งแต่ 1 - 3.8 ซม. และมีมุมความลาดเอียงอยู่ในช่วง 0.31-0.41 องศา ที่ซึ่งความลึกการไหลน้อยค่ามุมความลาดเอียงวิกฤตจะมีค่ามากสำหรับในการปฏิบัติงานจริงมุมความชันที่ใช้มุงหลังคาจะมีค่ามากกว่าค่าที่กระทำการทดลอง คือตั้งแต่ 3 องศาขึ้นไป และความชันก็น้อยกว่าค่าที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าความลึกการไหลบนหลังคาโลหะลูกฟูกเป็นความลึกน้อย ๆ และเป็นการไหลแบบการไหลเหนือวิกฤตเกือบตลอดความยาวของหลังคา

นอกจากนี้ยังพบว่าผลของเม็ดฝนที่ตกลงกระแทกกับผิวน้ำโดยตรงและเม็ดฝนที่ตกมากกระแทกกับส่วนสันของแผ่นหลังคาเหล็กรีดแล้วกระจายเป็นเม็ดเล็กกระแทกกับผิวน้ำทำให้ผิวน้ำถูกรบกวนอย่างมาก จนทำให้ผิวน้ำปั่นป่วนและกระฉอกขึ้น ซึ่งยากที่จะกำหนดความลึกการไหลที่แน่นอน ในการนี้จึงใช้ความลึกการไหลที่ปราศจากการกระแทกของเม็ดฝน และความลึกเฉลี่ยจากไพโซมิเตอร์เป็นความลึกในการทดลอง ส่วนความลึกใช้งานของหลังคาโลหะลูกฟูกควรจะเป็นเพื่อระยะกระฉอกอีกเท่าหนึ่งของความลึกหรือครึ่งหนึ่งของความลึกลอน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย