บทที่ 7

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิเคราะห์

7.1.1 ลักษณะเฉพาะของฝนออกแบบในแต่ละวิธี

1. วิธี Composite Hyetograph

ในวิธีนี้ข้อมูลที่ใช้ได้จากกราฟ DDF โดยไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลรายละเอียดของการกระจายฝนที่ตกจริงในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ

ฝนออกแบบที่ได้ความเข้มฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ มีค่าแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและคาบการเกิดที่เลือกใช้ แต่รูปแบบที่ได้ในทุกช่วงเวลามีความคล้ายคลึงกันคือจะเกิดความเข้มฝนสูงสุดในช่วงแรกและลดลงตามลำดับ ความเข้มฝนมีค่าสูงสุดเท่ากันทุกช่วงเวลาที่คาบการเกิดเดียวกัน

2. วิธี Yen และ Chow

ในวิธีนี้ข้อมูลที่ใช้ความลึกฝนของช่วงเวลาที่คาบการเกิดต่าง ๆ ได้จากกราฟ DDF และข้อมูลฝนที่ได้จากกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติ สำหรับวิเคราะห์หาตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุด

ฝนออกแบบแสดงอยู่ในรูปแบบสามเหลี่ยม มีความเข้มฝนสูงสุดที่ตำแหน่งเวลาหนึ่ง ค่าความเข้มฝนสูงสุดหาได้จากสมการของรูปสามเหลี่ยม ค่าความเข้มฝนสูงสุดที่ได้ในแต่ละช่วงเวลาที่คาบการเกิดต่าง ๆ มีค่าไม่เท่ากัน โดยที่คาบการเกิดเดียวกัน ค่าความเข้มฝนสูงสุดแปรผกผันกับช่วงเวลาฝนตก เมื่อช่วงเวลาฝนตกเพิ่มขึ้น ค่าความเข้มฝนสูงสุดที่ได้มีค่าลดลง

3. วิธี Pilgrim และ Cordery

ในวิธีนี้ข้อมูลฝนที่ใช้คือข้อมูลความลึกฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละปีเพื่อใช้หากราฟ DDF และข้อมูลฝนจากกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติเพื่อหาการกระจายของฝนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ เพื่อหารูปแบบของฝนออกแบบ โดยใช้ลักษณะการตกของฝนจริงเป็นตัวกำหนดรูปแบบ

ฝนออกแบบที่ได้มาจากการวิเคราะห์การกระจายของความลึกฝนที่ตกจริงในพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้ในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ นำมาจัดเรียงลำดับตามปริมาณฝนในแต่ละช่วงเวลาแล้วหาค่าเฉลี่ยของเหตุการณ์ทั้งหมดและหาค่าร้อยละของความลึกฝนในแต่ละช่วงเพื่อนำไปหาค่าความเข้มฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ

รูปแบบและลักษณะการกระจายของฝนออกแบบมีความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงเวลา รูปแบบที่ได้เป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละช่วงเวลาเพราะเป็นการกระจายฝนที่ตกจริงในช่วงเวลานั้น

4. วิธี Huff

ข้อมูลฝนที่ใช้คือความลึกฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละปีเพื่อใช้หากราฟ DDF และข้อมูลฝนจากกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติเพื่อหาการกระจายของฝนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความลึกฝนสะสมและช่วงเวลาสะสมที่โอกาสความน่าจะเป็นต่าง ๆ โดยแบ่งช่วงเวลาตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดเป็น 2 ช่วง คือ 1/4 และ 2/4 ของช่วงเวลาทั้งหมดสำหรับฝนในกรุงเทพมหานคร จากการวิเคราะห์ความเข้มฝนสูงสุดทั้ง 2 ช่วงมีค่าใกล้เคียงกัน แต่ต่างกันตรงตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุด

รูปแบบของฝนออกแบบโดยวิธีนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกความน่าจะเป็น ที่ความน่าจะเป็นต่าง ๆ มีรูปแบบการกระจายของฝนแตกต่างกัน โอกาสความน่าจะเป็นคำนวณมาจากการกำหนดค่าความเสี่ยง (Risk) ที่ยอมรับได้ เนื่องจากฝนออกแบบที่วิเคราะห์ได้เป็นการเลียนแบบฝนจริง จึงมีโอกาสความน่าจะเป็นในการเกิดรูปแบบของฝนต่าง ๆ กัน เมื่อมีความน่าจะเป็นกำกับรูปแบบของฝนออกแบบทำให้ทราบถึงโอกาสที่จะเกิดรูปแบบการตกของฝนนั้น ๆ และความเข้มฝนที่วิเคราะห์ได้มีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและคาบการเกิด

5. วิธี Kiefer และ Chu

ข้อมูลฝนที่ใช้ได้แก่ความลึกฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละปีเพื่อหากราฟ IDF ซึ่งเป็นสมการพื้นฐานของการวิเคราะห์ฝนออกแบบในวิธีนี้ และข้อมูลฝนที่ได้จากการอ่านกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติ โดยใช้ความลึกฝนในช่วงเวลาย่อย ๆ เพื่อหาตำแหน่งของการเกิดค่าฝนสูงสุดที่คาบการเกิดเดียวกัน รูปแบบที่ได้มีความเหมือนกันแต่ต่างกันตรงตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุด และความเข้มฝนสูงสุดที่ได้มีความเท่ากันในทุกช่วงเวลาฝนตก เมื่อคาบการเกิดเพิ่มขึ้น ความเข้มฝนที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น วิธีการนี้ความเข้มฝนขึ้นอยู่กับคาบการเกิดที่เลือกใช้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.2 ผลการเปรียบเทียบฝนออกแบบทั้ง 5 วิธี

7.1.2.1 ข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ฝนออกแบบในแต่ละวิธี มีวิธีการและสมมุติฐานในการวิเคราะห์ที่แตกต่างกัน เช่น บางวิธีใช้ข้อมูลที่ไม่ซับซ้อนมาก แต่บางวิธีจำเป็นต้องใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์จำนวนมากและมีความซับซ้อน ซึ่งจากการเปรียบเทียบทั้ง 5 วิธีพบว่ามีข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งแบ่งประเด็นการพิจารณาเกี่ยวกับตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบเป็น 4 ลักษณะ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 7.1

7.1.2.2 ผลการเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดที่ได้ในแต่ละวิธี

ความเข้มฝนที่ได้มีช่วงของค่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาและที่คาบการเกิดต่าง ๆ และมีรูปแบบของฝนออกแบบและตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดมีความแตกต่างกัน แสดงการเปรียบเทียบค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบในแต่ละวิธีและฝนตกจริงทั้ง 4 สถานีในกรุงเทพมหานคร แสดงในตารางที่ 7.2

จากการเปรียบเทียบ ในช่วงเวลา 30 และ 60 นาที ความเข้มฝนสูงสุดในทุกวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน แต่สำหรับช่วงเวลา 120- 180- และ 240- นาที มีความแตกต่างกัน โดยวิธี Composite Hyetograph และวิธี Kiefer และ Chu มีค่าความเข้มฝนมากกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจาก ในแต่ละวิธีมีสมมุติฐานที่แตกต่างกัน

รูปแบบของฝนออกแบบที่ได้จากวิธี Yen และ Chow วิธี Pilgrim และ Cordery และวิธี Huff มีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน คือ เมื่อระยะเวลาสั้น ความเข้มฝนมีค่ามากกว่าความเข้มฝนที่มีช่วงระยะเวลานานขึ้น เนื่องจากเมื่อฝนตกนานขึ้น มีการกระจายของฝนตลอดช่วงเวลา แต่ในระยะเวลาสั้นความถี่ฝนในช่วงเวลาย่อย ๆ มีค่ามากทำให้ความเข้มฝนมีค่ามากตามไปด้วย

ตารางที่ 7.1 ข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการวิเคราะห์ฝนออกแบบ

ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบ				
	1. Composite Hyetograph	2. Yen และ Chow	3. Pilgrim และ Cordery	4. Huff	5. Kiefer และ Chu
1. ข้อมูล					
1.1 ข้อมูลจากกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติที่มีการบันทึกฝนต่อเนื่องตลอดช่วงเวลาฝนตก โดยมีรายละเอียดของข้อมูลในช่วงเวลาต่าง ๆ (นาทีหรือชั่วโมง)	/ ความลึกฝนสูงสุดในช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละปี	/ ความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ	/ ความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ	/ ค่าร้อยละสะสมของความลึกฝนและช่วงเวลา	/ ความลึกฝนในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆ
1.2 ความลึกฝนสูงสุดของช่วงเวลาต่าง ๆ ในแต่ละปี สำหรับใช้หาความสัมพันธ์ของความลึกฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิด	/	/	/	/	/
1.3 ความลึกฝนที่ช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ความลึกฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิด	/ ความลึกฝนในช่วงเวลาย่อย ๆ ตลอดช่วงเวลาฝนตกทั้งหมด	/	/	/	/
1.4 สมการความสัมพันธ์ของความเข้มฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง					/
2. ลักษณะของการกระจายของฝน					
2.1 การแจกแจงความน่าจะเป็นของความลึกฝนและช่วงเวลา โดยเลือกใช้ที่โอกาสความน่าจะเป็นต่าง ๆ				/	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 ข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการวิเคราะห์ฝนออกแบบ (ต่อ)

ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบ				
	1. Composite Hyetograph	2. Yen และ Chow	3. Pilgrim และ Cordery	4. Huff	5. Kiefer และ Chu
2.2 การวิเคราะห์ฝนแบ่งตามตำแหน่งของการเกิดความลึกฝนสูงสุดอยู่ในช่วงใดของเวลาทั้งหมด โดยแบ่งเป็น 1/4 หรือ 1/2 ของเวลาทั้งหมด				/	
2.3 อัตราส่วนระหว่างเวลาก่อนการเกิดความเข้มฝนสูงสุดต่อช่วงเวลาทั้งหมด		/			/
2.4 การกระจายของความลึกฝนที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละช่วงเวลาย่อย ๆเป็นตัวแทนของฝนเพื่อใช้ในการศึกษารูปแบบการตกของฝนในพื้นที่			/	/	
2.5 การกระจายของฝนได้จากความสัมพันธ์ของความลึกฝนในช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง ๆ	/				
3. รูปแบบของฝนออกแบบ					
3.1 รูปแบบแทนด้วยสมการต่อเนื่องมีความสัมพันธ์ตลอดช่วงเวลา		/			/
3.2 รูปแบบแสดงด้วยแผนภูมิแท่งความเข้มฝนในช่วงเวลาย่อย ๆ	/		/	/	
3.3 ความเข้มฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ เป็นลักษณะเฉพาะของ 30- 60- 120- 180- และ240- นาที ในแต่ละ			/		

ตารางที่ 7.1 ข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการวิเคราะห์ฝนออกแบบ (ต่อ)

ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบ				
	1. Composite Hyetograph	2. Yen และ Chow	3. Pilgrim และ Cordery	4. Huff	5. Kiefer และ Chu
ช่วงเวลารูปแบบที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน					
3.4 ความเข้มฝนในช่วงเวลาต่าง ๆ มีรูปแบบเหมือนกัน ของ 30- 60- 120- 180- และ240- นาที	/	/		/	/
3.5 รูปแบบของฝนออกแบบทำให้ทราบตำแหน่งของการเกิดค่าความเข้มฝนสูงสุดโดยใช้เหตุการณ์ของฝนจริง		/	/	/	/
3.6 ฝนออกแบบที่ได้ทราบค่าความเข้มฝนสูงสุดโดยไม่บ่งบอกตำแหน่งสูงสุดของการเกิดฝนจริง	/				
3.7 ค่าความเข้มฝนมีค่าเดียวกันตลอดทุกช่วงเวลาที่คาบการเกิดเดียวกัน					/
3.8 ค่าความเข้มฝนมีค่าแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาที่คาบการเกิดเดียวกัน	/	/	/	/	
* 3.9 รูปแบบของฝนออกแบบขึ้นอยู่กับการเลือกใช้โอกาสความน่าจะเป็นในช่วงร้อยละต่าง ๆ				/	
4. ลักษณะอื่น ๆ					
4.1 จำนวนข้อมูลของฝนในแต่ละวันเพื่อความน่าเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ฝนออกแบบ			/	/	
4.2 ลักษณะเฉพาะของฝนที่ตกในแต่ละพื้นที่	/	/	/	/	/

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.1 ข้อแตกต่างและข้อจำกัดในแต่ละวิธีในการวิเคราะห์ฝนออกแบบ (ต่อ)

ตัวแปรและพารามิเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบ	วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบ				
	1. Composite Hyetograph	2. Yen และ Chow	3. Pilgrim และ Cordery	4. Huff	5. Kiefer และ Chu
4.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมาก ๆ ใช้ข้อมูลความลึกฝนในช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง ๆ	/	/			
4.4 ขั้นตอนการวิเคราะห์มีความซับซ้อนโดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือสร้างสมการนำมาใช้วิเคราะห์			/	/	/

• โอกาสความน่าจะเป็น คำนวณมาจากการกำหนดค่าความเสี่ยง (Risk) ที่ยอมรับได้

จาก $R = 1-(1-p)^n$

เมื่อ R = ความเสี่ยงของเหตุการณ์

p = ความน่าจะเป็นที่จะเกิดเหตุการณ์ในทุก ๆ ปี

n = จำนวนปีที่ใช้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.2 การเปรียบเทียบความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบในแต่ละวิธีทั้ง 4 สถานีในกรุงเทพมหานคร

ช่วงเวลาฝนตก ที่คาบการเกิด 2 ปี	ช่วงความเข้มฝนสูงสุดในแต่ละวิธี (มม./ชม.)					
	Composite Hyetograph	Yen และ Chow	Pilgrim และ Cordery	Huff	Kiefer และ Chu	ฝนตกจริง
30 นาที	120-145	160-170	110-120	120-160	160-180	100-140
60 นาที	120-145	110-120	70- 85	70-110	160-180	100-120
120 นาที	120-145	65-75	60-75	60-100	160-180	60-110
180 นาที	120-145	40-50	60-70	45-80	160-180	50-80
240 นาที	120-145	40-45	40-55	40-60	160-180	50-60

ช่วงเวลาฝนตก ที่คาบการเกิด 5 ปี	ช่วงความเข้มฝนสูงสุดในแต่ละวิธี (มม./ชม.)					
	Composite Hyetograph	Yen และ Chow	Pilgrim และ Cordery	Huff	Kiefer และ Chu	ฝนตกจริง
30 นาที	145-170	200-220	130-145	150-180	180-210	120-150
60 นาที	145-170	130-150	90 -100	110-150	180-210	110-140
120 นาที	145-170	80-95	70-90	80-120	180-210	70-120
180 นาที	145-170	55-70	70-90	50-70	180-210	60-100
240 นาที	145-170	45-55	50-70	50-60	180-210	60-70

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7.1.3 การเปรียบเทียบฝนออกแบบทั้ง 5 วิธีกับรูปแบบของฝนตกจริง

จากการเปรียบเทียบรูปแบบของฝนออกแบบและความเข้มฝนที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีกับรูปแบบของฝนตกจริง โดยรูปแบบฝนตกจริงมีกระจายความเข้มฝนตลอดช่วงเวลา โดยมีค่าความเข้มฝนแปรผกผันกับช่วงเวลา คือ ที่คาบการเกิด 5 ปี เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ความเข้มฝนมีค่าน้อยลง โดยที่ช่วงเวลา 30 นาที มีค่าความเข้มฝนสูงสุด 150 มม./ชม. และที่ช่วงเวลา 240 นาที มีค่าความเข้มฝนสูงสุด 70 มม./ชม สำหรับตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดในแต่ละช่วงเวลาฝนตกเกิดขึ้นในเวลาต่าง ๆ โดยจะเกิด อยู่ในช่วงร้อยละ 20-50 ของเวลาฝนตกทั้งหมด (แสดงในข้อ 1 ตารางที่ 7.3) พบว่า ผลของแต่ละวิธีมีทั้งที่มีความแตกต่างและที่ใกล้เคียงกับฝนตกจริง ดังนี้

1. วิธี Composite Hyetograph

ฝนออกแบบที่วิเคราะห์ได้มีความเข้มฝนสูงสุดเท่ากันในทุกช่วงเวลา ที่คาบการเกิด 5 ปี มีค่าความเข้มฝนสูงสุด 170 มม./ชม.และรูปแบบมีลักษณะคล้ายกันโดยมีความเข้มฝนสูงสุดในช่วงแรกและลดลงตามลำดับ แต่จากการศึกษารูปแบบของฝนตกจริง พบว่าการกระจายความเข้มฝนตลอดช่วงเวลาและความเข้มฝนในแต่ละช่วงเวลานั้นมีความแตกต่างกัน ค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบตามวิธีนี้มีค่าใกล้เคียงความเข้มฝนของฝนตกจริงในเวลา 30- 60- และ 120- นาที โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 15 – 40 แต่เมื่อช่วงเวลานานขึ้น พบว่าค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบมีค่ามากกว่าความเข้มฝนของฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 70-140 โดยตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดฝนออกแบบวิธีนี้ไม่แสดงตำแหน่งจริงของการเกิดค่าสูงสุดเนื่องจากค่าความเข้มฝนสูงสุดเกิดขึ้นที่ตำแหน่งเวลา 10 นาทีในทุกช่วงเวลาฝนตก (แสดงในข้อ 2 ตารางที่ 7.3)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.3 การเปรียบเทียบฝนออกแบบโดยวิธีการต่าง ๆ กับฝนตกจริงโดยใช้ค่าความเข้มฝนสูงสุดของทั้ง 4 สถานี

ที่คาบการเกิด 5 ปี

ช่วงเวลาฝนตก (นาที)	30	60	120	180	240	30	60	120	180	240
รูปแบบของฝน	ความเข้มฝนสูงสุด (มม./ชม.)					ช่วงเวลาก่อนการเกิดค่าสูงสุด (นาที)				
1. ฝนตกจริง	**150**	**140**	**120**	**100**	**70**	**10**	**30**	**30**	**40**	**60**
ฝนออกแบบโดยวิธีการต่าง ๆ										
2. วิธี Composite Hyetograph	**170**	**170**	**170**	**170**	**170**	**10**	**10**	**10**	**10**	**10**
ร้อยละความแตกต่างจากฝนตกจริง	13	21	42	70	143	0	-67	-67	-75	-83
3. วิธี Yen และ Chow	**220**	**150**	**95**	**70**	**55**	**10**	**19**	**30**	**36**	**40**
ร้อยละความแตกต่างจากฝนตกจริง	47	7	-21	-30	-21	0	-37	0	-10	-33
4. วิธี Pilgrim และ Cordery	**145**	**100**	**90**	**90**	**70**	**10**	**30**	**40**	**40**	**40**
ร้อยละความแตกต่างจากฝนตกจริง	-3	-29	-25	-10	0	0	0	33	0	-33
5. วิธี Huff	**180**	**150**	**120**	**70**	**60**	**10**	**10**	**20**	**40**	**60**
ร้อยละความแตกต่างจากฝนตกจริง	20	7	0	-30	-14	0	-67	-33	0	0
6. วิธี Kiefer และ Chu	**210**	**210**	**210**	**210**	**210**	**10**	**19**	**30**	**36**	**40**
ร้อยละความแตกต่างจากฝนตกจริง	40	50	75	110	200	0	-37	0	-10	-33

2. วิธีของ Yen และ Chow

ฝนออกแบบที่ได้มีลักษณะเป็นรูปสามเหลี่ยมโดยที่คาบการเกิด 5 ปีมีค่าความเข้มฝนสูงสุด 220 มม./ชม ที่ช่วงเวลา 30 นาทีและมีค่าความเข้มฝนลดลงเมื่อช่วงเวลาเพิ่มขึ้น พบว่า ค่าความเข้มฝนสูงสุดที่ได้จากฝนออกแบบสำหรับในช่วงเวลา 30 และ 60 นาที มีค่ามากกว่าความเข้มฝนของฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 10-50 แต่สำหรับช่วงเวลา 120- 180- และ 240- นาที ค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบมีค่าน้อยกว่าความเข้มฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 20-30 สำหรับตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดมีความใกล้เคียงกับรูปแบบฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 0-35 (แสดงในข้อ 3 ตารางที่ 7.3)

3. วิธี Pilgrim และ Cordery

เนื่องจากการวิเคราะห์โดยวิธีนี้ใช้ข้อมูลการกระจายของฝนตกจริงในแต่ละช่วงเวลาย่อย โดยมีค่าความเข้มฝนสูงสุด 145 มม./ชม. ของช่วงเวลา 30 นาที ที่คาบการเกิด 5 ปี ฝนออกแบบที่ได้จึงมีรูปแบบและค่าความเข้มฝนใกล้เคียงกับรูปแบบของฝนตกจริง และมีตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดใกล้เคียงกับฝนตกจริงในทุกช่วงเวลา โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 0-30 (แสดงในข้อ 4 ตารางที่ 7.3)

4. วิธี Huff

ฝนออกแบบที่ได้ ใช้ความน่าจะเป็นสำหรับเป็นตัวกำหนดรูปแบบ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ความน่าจะเป็นที่ร้อยละ 50 รูปแบบฝนที่ได้สอดคล้องกับรูปแบบการกระจายของฝนตกจริงในทุกช่วงเวลาฝนตก โดยมีมีค่าความเข้มฝนสูงสุด 180 มม./ชม. ของช่วงเวลา 30 นาที ที่คาบการเกิด 5 ปี ซึ่งค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 0-30 ดังนั้นสรุปได้ว่าการเลือกใช้รูปแบบของฝนออกแบบที่ความน่าจะเป็นร้อยละ 50 มีความเหมาะสมสำหรับพื้นที่ในเขตกรุงเทพมหานคร (แสดงในข้อ 5 ตารางที่ 7.3)

5. วิธี Kiefer และ Chu

ฝนออกแบบที่ได้มีรูปแบบของฝนออกแบบเหมือนกันและค่าความเข้มฝนที่ได้เท่ากันในทุกช่วงเวลาแต่ต่างกันตรงตำแหน่งที่เกิดค่าสูงสุด โดยที่คาบการเกิด 5 ปี มีค่าความเข้มฝนสูงสุด 210 มม./ชม จากการเปรียบเทียบกับรูปแบบฝนตกจริง พบว่า ค่าความเข้มฝนสูงสุดของฝนออกแบบใกล้เคียงกับค่าความเข้มฝนของฝนตกจริงในช่วงเวลา 30 และ 60 นาที โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 40-50 แต่ในช่วงเวลา 120- 180- และ 240- นาที พบว่ามีความแตกต่างค่อนข้างมาก สำหรับตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุดที่ได้นั้นใกล้เคียงกับฝนตกจริง โดยมีความแตกต่างในช่วงร้อยละ 0-35 (แสดงในข้อ 6 ตารางที่ 7.3)

7.1.4 การเปรียบเทียบความเหมาะสมของฝนออกแบบในแต่ละวิธี

ความเหมาะสมของฝนออกแบบในแต่ละวิธีขึ้นอยู่กับประเด็นข้อพิจารณาประกอบกันหลายประการ ได้แก่ ข้อมูลฝนที่มีอยู่ สภาพการใช้พื้นที่ โอกาสการเกิดเหตุการณ์รูปแบบของฝน ซึ่งในแต่ละวิธีมีความเหมาะสมในสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกัน

1. วิธี Composite Hyetograph

เหมาะสำหรับพื้นที่ที่ไม่มีข้อมูลฝนตกจริง ฝนออกแบบสร้างขึ้นจากความสัมพันธ์ของความลึกฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง ๆ ซึ่งรูปแบบที่เกิดความเข้มฝนสูงสุดในช่วงแรก มีค่าความเข้มฝนค่อนข้างสูงและมีรูปแบบเดียวกันทุกช่วงเวลา ซึ่งมีผลต่อการเกิดปริมาณน้ำท่าและทำให้เกิดค่าสูงสุดในช่วงแรกทันที

2. วิธี Yen และ Chow

เหมาะสำหรับพื้นที่มีข้อมูลความลึกฝนที่ช่วงเวลาต่าง ๆ และตำแหน่งของการเกิดค่าสูงสุด ค่าความเข้มฝนที่ได้แปรผกผันตามช่วงเวลา เมื่อช่วงเวลามากขึ้นค่าความเข้มฝนลดลง โดยรูปแบบที่ได้แสดงในรูปสามเหลี่ยม

3. วิธี Pilgrim และ Cordery

เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อมูลฝนตกจริงจำนวนมากและมีความถูกต้องของข้อมูลฝน เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการเลียนแบบการเกิดของเหตุการณ์จริงทั้งรูปแบบและค่าความเข้มฝนที่เกิดขึ้น ดังนั้นฝนออกแบบที่ได้มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือขึ้นอยู่กับข้อมูลฝนที่ใช้ ฝนออกแบบที่ถูกต้องทำให้การออกแบบระบบระบายน้ำมีความเหมาะสมในพื้นที่ในด้านต่าง ๆ เช่น การลงทุน ขนาดของระบบระบายน้ำ

3. วิธี Huff

เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อมูลฝนตกจริงในทุกช่วงเวลาเพื่อหาความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์ ซึ่งการเลือกใช้ฝนออกแบบขึ้นอยู่กับการกำหนดความเสี่ยง (หรือความถี่สำหรับออกแบบ "Design Frequency" และความเข้มฝนที่ได้จะมีความเหมาะสมในพื้นที่ โดยพิจารณาจากสภาพพื้นที่และความต้องการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น

4. วิธี Kiefer และ Chu

เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีข้อมูลความสัมพันธ์ของความเข้มฝน ช่วงเวลาและคาบการเกิดต่าง ๆ ฝนออกแบบที่ได้มีค่าความเข้มฝนสูงมากและเท่ากันในทุกช่วงเวลา วิธีนี้เหมาะที่จะใช้ในพื้นที่ที่ไม่ต้องการให้เกิดความเสียหายหรือให้เกิดน้อยที่สุด จึงจำเป็นต้องใช้ค่าความเข้มฝนมากสำหรับการใช้ออกแบบระบบระบายน้ำแต่ในขณะเดียวกันมีผลกระทบต่องบประมาณการลงทุนซึ่งจะสูงกว่าวิธีอื่น ๆ

7.2 ข้อเสนอแนะ

7.2.1 การเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบขึ้นอยู่กับข้อมูลฝนที่มีอยู่ ลักษณะการกระจายของฝน ความเป็นลักษณะเฉพาะของวิธีการวิเคราะห์และพื้นที่ศึกษา จากที่ได้กล่าวมาแล้วทั้งหมดในตอนต้น เนื่องจากในแต่ละวิธีมีสมมติฐานที่แตกต่างกัน งานวิจัยและการวิเคราะห์ที่ได้ดำเนินการจึงมิได้มุ่งประเด็นที่จะเปรียบเทียบว่าวิธีการใดดีที่สุด แต่มุ่งเน้นการเปรียบเทียบความแตกต่างของความต้องการข้อมูลพื้นฐานและสมมุติฐานที่ใช้ รวมทั้งข้อจำกัดของแต่ละวิธีที่ได้เคยมีการศึกษาวิจัยและยอมรับใช้สำหรับประเมินค่าฝนเพื่อใช้ในการออกแบบในบริเวณกรุงเทพมหานคร เพื่อเป็นการปรับปรุงแนวทางและข้อพิจารณาในการเลือกใช้ฝนออกแบบสำหรับระบบการระบายน้ำในพื้นที่กรุงเทพมหานคร

การเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบในแต่ละวิธี จำเป็นต้องพิจารณาจากพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่และที่สามารถรวบรวมได้ว่ามีความเหมาะสมกับวิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบโดยวิธีใด ความละเอียดของขั้นตอนการวิเคราะห์และข้อกำหนดรูปแบบของฝนออกแบบ เช่น ตำแหน่งของการเกิดค่าความเข้มฝนสูงสุด โอกาสความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์และอื่น ๆ ซึ่งการพิจารณาควรเรียงลำดับตามขั้นตอนในการวิเคราะห์ในรูปที่ 5.1

7.2.2 การวิเคราะห์ฝนออกแบบโดยวิธีการต่าง ๆ จำเป็นต้องใช้ข้อมูลฝนจากกราฟบันทึกฝนอัตโนมัติจึงควรมีการเก็บรักษาข้อมูลของกระดาษกราฟให้อยู่ในสภาพดีหรือมีการบันทึกในลักษณะความลึกฝนในช่วงเวลาย่อย ๆ เช่น ทุก ๆ 5 นาทีหรือ 10 นาทีไว้ตลอดช่วงเวลาฝนตกเพื่อสามารถนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์สำหรับการวิเคราะห์ในงานออกแบบต่อไป

7.2.3 การเปรียบเทียบกราฟ IDF ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้โดยใช้ข้อมูลสถานีกรมอุตุนิยมวิทยา (ในช่วงปี พ.ศ. 2480-2534) กับกราฟ IDF ที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมาของ BFCD (2527) ซึ่งใช้อ้างอิงกันอยู่ (ช่วงปีข้อมูล พ.ศ. 2480-2525) พบว่า ค่าความเข้มฝนในช่วงเวลา 5 นาที – 3 ชั่วโมง มีค่าใกล้เคียงกันไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก แต่สำหรับในช่วงเวลา 6-24 ชั่วโมงมีค่าสูงขึ้น ประมาณร้อยละ 5-10 และจากการตรวจสอบข้อมูลลักษณะการตกของฝนในระยะหลังค่าฝนรอบ 24 ชั่วโมง พบว่า มีปริมาณฝนตกหนักขึ้น ลักษณะดังกล่าวสอดคล้อง

ทฤษฎีที่ว่า สภาพการเปลี่ยนแปลงของสภาพสิ่งแวดล้อมและการเจริญเติบโตของเมืองใหญ่ ทำให้มีความร้อนและฝุ่นละอองเพิ่มมากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดสภาพที่เพิ่มโอกาสของการเกิดฝนในลักษณะ Convective Storm ได้ง่ายและรวดเร็วขึ้น (Singh , 2535) ดังนั้นจึงควรปรับปรุงกราฟ IDF ที่นิยมใช้อ้างอิงกันอยู่เพิ่มข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากขึ้น

7.2.4 การศึกษาฝนออกแบบในแต่ละพื้นที่ ต้องใช้ข้อมูลฝนเฉพาะของพื้นที่นั้น ๆ เนื่องจากสภาพสิ่งแวดล้อมที่มีความแตกต่างกัน นอกจากนั้นจะต้องพิจารณาเลือกใช้ช่วงเวลาและคาบการเกิดที่เหมาะสมกับพื้นที่ รวมทั้งเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ฝนออกแบบให้เหมาะสมกับข้อมูลที่มีอยู่และลักษณะสภาพพื้นที่

7.2.5 เนื่องจากฝนออกแบบในแต่ละวิธีมีข้อสมมุติฐานในการวิเคราะห์แตกต่างกัน ในการพิจารณาเลือกใช้งานจึงอาจประยุกต์นำเอาข้อดีของแต่ละวิธีมาใช้ประกอบกันในการหารูปแบบของฝนออกแบบใหม่ เช่น ใช้ค่าความเข้มฝนจากวิธี Composite Hyetograph ซึ่งให้ค่าความเข้มฝนใกล้เคียงกับฝนตกจริงประกอบกับการใช้ตำแหน่งของการเกิดความเข้มฝนสูงสุดตามวิธี Kiefer และ Chu ซึ่งด้วยวิธีนี้จะได้ฝนออกแบบที่มีรูปแบบและค่าความเข้มฝนใกล้เคียงกับฝนตกจริงมากขึ้น

7.2.6 สำหรับการวิเคราะห์ฝนออกแบบ บางวิธีจำเป็นต้องมีการปรับปรุงข้อมูลเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ให้เป็นปัจจุบันมากขึ้น เช่น วิธี Pilgrim และ Cordery เนื่องจากจำเป็นต้องใช้ข้อมูลฝนในแต่ละวันจำนวนมากและมีความละเอียดของข้อมูล เพื่อความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของฝนออกแบบและเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละพื้นที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย