บทที่ 6

บทสรุป และข้อเสนอแนะ

การศึกษาการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการปรับปรุงระบบระบายน้ำในเมือง โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ SWMM พื้นที่ศึกษาได้ใช้พื้นที่บริเวณหอประชุมกลาง ซึ่งอยู่ภายในเขตการศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยโซนตะวันออก มีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 90,927 ตารางเมตร ในการศึกษาได้ใช้พื้นที่ศึกษาส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่ทดลอง ซึ่งมีพื้นที่ 46,638 ตารางเมตร และได้เก็บข้อมูลทางด้านอุทกวิทยาและชลศาสตร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติของพื้นที่ทางด้านอุทกวิทยา โดยใช้วิธีเรชั่นแนล และใช้สำหรับปรับเทียบแบบจำลองในการหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพื้นที่ เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์ของพื้นที่ ในการใช้ประเมินและปรับปรุงออกแบบระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา จากการศึกษาที่ได้ดำเนินการมาสามารถสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะได้ดังต่อไปนี้

6.1 ผลจากการเก็บข้อมูลภาคสนาม

ข้อมูลภาคสนามที่เก็บตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2531-พฤศจิกายน 2531 รวมเวลาประมาณ 6 เดือน โดยเก็บข้อมูลทางอุทกวิทยาและชลศาสตร์ คือ ข้อมูลฝน ข้อมูลค่าอัตราการซึม ข้อมูลค่าระดับน้ำและข้อมูลค่าอัตราการไหล จากข้อมูลเหตุการณ์ฝนทั้งหมด 19 เหตุการณ์ ได้พิจารณาถึงความสมบูรณ์และเหมาะสมของข้อมูล ทั้งข้อมูลฝนและอัตราการไหล ได้จำนวน 15 เหตุการณ์ ซึ่งนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางอุทกวิทยาของพื้นที่ ด้วยวิธีเรชั่นแนล สรุปได้ดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าจะมีลักษณะกราฟเป็นเส้นตรงที่เพิ่มขึ้น
2. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนและอัตราการไหลออกสูงสุดเป็นเส้นตรงที่เพิ่มขึ้น
3. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มฝนกับเวลาน้ำหลากสูงสุด มีลักษณะเส้นกราฟลดลงแบบเอกโปรเนนเชียล
4. ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลออกสูงสุด และค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า มีลักษณะกราฟเป็นเส้นตรงที่เพิ่มขึ้น
5. ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่ทดลองมีค่าตั้งแต่ 0.08-0.18 ที่ความเข้มฝนในช่วง 17.0-99.0 มม./ชม. (จาก envelop curve) ซึ่งทำให้เกิดน้ำหลากสูงสุดตั้งแต่ 17.6-230.9 ล./ว. และเวลาน้ำหลากสูงสุดเฉลี่ยประมาณ 24 นาที เมื่อเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่า ซึ่งเสนอโดย CDM (2511) และ NEDECO (2528) สำหรับสถานที่ราชการมีค่าในช่วง 0.2-0.4 ดังนั้น การนำค่าจากผลการศึกษาไปใช้จะทำให้ได้ระบบที่ประหยัดขึ้น สำหรับพื้นที่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา

6. จากผลการวิเคราะห์สูตรสำหรับหาค่าเวลาน้ำหลากสูงสุด ที่ให้ผลใกล้เคียงกับข้อมูล คือ สูตรของ Bransby-Williams (ไม่คิดความเข้มฝน) และสูตร Kinematic Wave (คิดความเข้มฝน) จะให้ผลที่ดีกว่าสูตรของ Izzard
7. เนื่องจากพื้นที่ทดลองมีพื้นที่ชิมน้ำประมาณ 40% ของพื้นที่ทดลองทั้งหมด ดังนั้น ค่าอัตราการซึมจึงมีผลมากต่อการช่วยลดปริมาณน้ำท่า

6.2 ผลการคำนวณปรับเทียบและประยุกต์ใช้แบบจำลอง

การคำนวณปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม สำหรับนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ศึกษา โดยได้เลือกเหตุการณ์ฝนที่เหมาะสมมาทั้งหมด 8 เหตุการณ์ และทำการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลลัพธ์ที่ได้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. ค่าเก็บกักตามผิวของพื้นที่ทึบน้ำ จะมีผลต่อปริมาณน้ำท่ามากที่สุด รองลงมาคือ ค่าเก็บกักตามผิวของพื้นที่ชิมน้ำ
2. ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ/รางระบายน้ำ จะมีผลมากที่สุดต่อระดับน้ำ ภายในระบบในระหว่างการปรับเทียบแบบจำลอง
3. ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ/รางระบายน้ำ และค่าความกว้างการไหลตามผิว จะมีอิทธิพลใกล้เคียงกันต่อการคำนวณหาระดับน้ำและอัตราการไหลออกสูงสุดที่ได้จากแบบจำลอง และค่าพารามิเตอร์ทั้งสองนี้มีอิทธิพลต่อการคำนวณมากกว่าค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ
4. ค่าพารามิเตอร์ทุกค่ามีผลกระทบต่อเวลาถึงจุดไหลออกสูงสุดค่อนข้างน้อย
5. ค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดในส่วนของ RUNOFF Block จะขึ้นกับลักษณะพื้นที่คือ เปอร์เซ็นต์พื้นที่ทึบน้ำ ซึ่งเมื่อค่านี้เปลี่ยนแปลงไป จะทำให้ผลกระทบเนื่องจากค่าพารามิเตอร์อื่น ๆ มีผลแตกต่างกันไปด้วย
6. ผลการศึกษาปรับเทียบแบบจำลอง สามารถหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของพื้นที่ทดลองได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 6-1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-1 สรุปผลค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการปรับเทียบแบบจำลอง

พารามิเตอร์	ค่าปรับเทียบเฉลี่ย	ค่ากำหนดในเครื่อง
ค่าเก็บกักตามผิว		
- พื้นที่ทึบน้ำ	34.0 มม.	1.58 มม.
- พื้นที่ซึมน้ำ	37.0 มม.	4.70 มม.
ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง		
- พื้นที่ทึบน้ำ	0.050	0.013
- พื้นที่ซึมน้ำ	0.300	0.250
ค่าสัมประสิทธิ์ความกว้างการไหลตามผิว	0.42	-
ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ/รางระบายน้ำ	0.038	0.015

ซึ่งจะเห็นว่าค่าที่ได้มีค่าค่อนข้างสูงกว่าค่าที่กำหนดโดยแบบจำลอง จากค่าที่สูงกว่านี้เนื่องจากสภาพพื้นที่ศึกษา มีลักษณะค่อนข้างราบมากและเป็นแอ่ง อีกทั้งมีขอบทางเท้าและถนน รวมทั้งวัสดุที่ใช้ปูลานจอดรถเป็นลักษณะกึ่งทึบน้ำ จึงทำให้ค่าเก็บกักตามผิวของพื้นที่ทึบน้ำมีค่าสูง สำหรับค่าเก็บกักตามผิวของพื้นที่รับน้ำก็เช่นกัน เนื่องจากมีสนามหญ้า และมีแอ่งเก็บกักน้ำอยู่ภายในพื้นที่อยู่หลายแห่ง และพื้นที่ซึมน้ำส่วนใหญ่มีระดับค่อนข้างต่ำ ในส่วนของค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของพื้นที่ส่วนน้ำหลากตามพื้นที่ ในการศึกษาครั้งนี้ไม่มีอิทธิพลต่อผลคำนวณมากนัก สำหรับค่าความกว้างการไหลตามผิวเป็นค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญตัวหนึ่งที่ควรพิจารณาศึกษาซึ่งค่านี้จะมีแฟคเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ รูปร่างของพื้นที่รับน้ำแปลงย่อย จุดที่กำหนดให้น้ำจากพื้นที่ระบายลง เป็นต้น ซึ่งเป็นค่าพารามิเตอร์ที่ควรจะมีการศึกษาต่อไป ค่าพารามิเตอร์อีกค่าหนึ่งคือ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ/รางระบายน้ำที่มีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจาก ระบบท่อภายในพื้นที่ศึกษา มีบ่อพักอยู่ค่อนข้างมาก อีกทั้งมีตะกอนสะสมอยู่ด้วย และบางแห่งรางระบายน้ำชำรุดทำให้หน้าตัดที่แท้จริงไม่ตรงกับที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง ซึ่งจากค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดที่กล่าวนี้ ค่าความกว้างการไหลตามผิวนับว่า เป็นค่าที่ค่อนข้างกำหนดเป็นเกณฑ์ขึ้นยาก เนื่องจากในการศึกษานี้ได้ทำการวัดข้อมูลระดับน้ำเพียงสองแห่ง ซึ่งยากต่อการกำหนดค่าให้แน่นอนได้

ค่าที่ได้จากการปรับเทียบจะมีแนวโน้มมากกว่าค่าที่กำหนดให้ในแบบจำลอง ดังนั้นการนำค่าจากผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ จึงควรพิจารณาคุณสมบัติของพื้นที่ที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาด้วย

6.3 ผลการประเมินระบบระบายน้ำปัจจุบันของพื้นที่ศึกษา

จากการนำแบบจำลอง SWMM มาใช้ในการประเมินระบบระบายน้ำปัจจุบัน โดยใช้ฝนออกแบบที่คาบการกลับ 2 ปี ช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง คิดลักษณะการไหลที่ขอบเขตแบบไหลตกอิสระ พบว่า ระบบระบายน้ำเดิมไม่มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อปริมาณฝนที่ตกลงมา โดยบริเวณที่เกิดน้ำท่วมส่วนใหญ่ จะเป็นบริเวณที่อยู่ทางด้านต้นน้ำของท่อ/รางระบายน้ำ คือบริเวณหน้าตึกจักรพงษ์, บริเวณหอประชุมกลาง และบริเวณสามแยกด้านทิศเหนือของหอประชุม ซึ่งเป็นสาเหตุเนื่องมาจากภายในระบบระบายน้ำเอง ซึ่งมีอยู่ 3 สาเหตุหลัก คือ ระบบระบายน้ำบางแห่งมีความลาดชันกลับ ขนาดการเชื่อมของท่อระบายน้ำไม่ถูกต้องตามทิศทางการไหล คือ ท่อใหญ่ไปเชื่อมต่อท่อเล็ก และขนาดของท่อระบายน้ำเล็กไม่พอต่อปริมาณการไหล และเมื่อคิดถึงผลกระทบของระดับน้ำขึ้นในอุโมงค์อังรีดูนังต์ ยิ่งทำให้ปริมาณน้ำท่วมเพิ่มขึ้น

6.4 ผลการปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษา

ในการศึกษาปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาได้ใช้ฝนออกแบบที่คาบการกลับ 2 ปี ช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง ในการปรับปรุงออกแบบและจะตรวจสอบผลการออกแบบด้วยฝนออกแบบที่คาบการกลับ 5 ปี ช่วงเวลาฝนตก 2 ชั่วโมง และการศึกษาได้กำหนดแนวทางของการปรับปรุงระบบระบายน้ำไว้ คือ การเพิ่มขนาดท่อระบายน้ำ การติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่จุดไหลออก การใช้สระเก็บกักน้ำภายในพื้นที่ จากการจำลองสภาพแต่ละแนวทางสรุปได้ดังนี้

1. การติดตั้งเครื่องสูบน้ำที่จุดไหลออก เพื่อการระบายน้ำออกจากพื้นที่ศึกษา จะช่วยการระบายน้ำได้ระดับหนึ่ง เนื่องจากอัตราการสูบ หรือกำลังของเครื่องสูบน้ำขึ้นกับขนาดและความลาดชันของท่อ/รางระบายน้ำที่นำน้ำระบายมา
2. ผลจากการเพิ่มขนาดท่อที่ขนาดต่าง ๆ สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการระบายน้ำได้ดีขึ้น ซึ่งการเพิ่มขนาดท่อนี้จะช่วยลดปริมาณน้ำท่วมได้ โดยจะทำให้อัตราการไหลออกสูงสุดเพิ่มขึ้น ส่วนในบริเวณที่ไม่เกิดน้ำท่วมการเปลี่ยนแปลงขนาดท่อจะทำให้ค่าอัตราการไหลออกสูงสุดไม่แตกต่างกันมากนัก
3. จากผลการใช้สระเก็บกักน้ำ ภายในพื้นที่เพื่อช่วยในการระบายน้ำ พบว่า สามารถแก้ปัญหาได้เฉพาะแห่ง แต่จะไปมีผลกระทบต่อการระบายน้ำที่บริเวณอื่น และการใช้สระเก็บกักน้ำภายในพื้นที่ศึกษาเพื่อให้มีประสิทธิภาพต้องควบคู่ไปกับการเชื่อมท่อ หรือทำการติดตั้งเครื่องสูบน้ำด้วย

จากแนวทางของกรณีศึกษาต่าง ๆ นี้ได้นำมาใช้พิจารณาร่วมกัน เพื่อออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำใหม่ โดยศึกษาไว้ 3 แนวทาง คือ

1. ปรับปรุงความลาดชันท่อ ใช้สระเก็บน้ำ โดยใช้ขนาดท่อระบายน้ำเดิม
2. ปรับปรุงความลาดชันท่อ ใช้สระเก็บน้ำ และเชื่อมโยงท่อ
3. ปรับปรุงความลาดชันท่อ ใช้สระเก็บน้ำ เชื่อมโยงท่อ พร้อมทั้งเพิ่มขนาดท่อที่เหมาะสม

ซึ่งทั้ง 3 แนวทาง สรุปผลของแต่ละแนวทางได้ดังนี้

แนวทางที่ 1 น้ำยังเกิดการท่วม เนื่องจากท่อที่จุดรับน้ำ แล้วไหลไปสู่ท้ายน้ำมีขนาดไม่เพียงพอ

แนวทางที่ 2 ทำให้ปริมาณน้ำท่วม และระยะเวลาการท่วมลดลง

แนวทางที่ 3 ทำให้ลดปริมาณน้ำท่วมได้ทั้งหมด

สำหรับแนวทางที่ 3 ซึ่งเป็นแนวทางที่เสนอ ได้มีการปรับปรุงระบบระบายน้ำ ดังนี้

1. ใช้สระเก็บน้ำบริเวณด้านทิศเหนือและใต้เป็นที่รับน้ำจากหอประชุมกลางโดยตรง
2. โดยเชื่อมท่อระบายน้ำจาก หอประชุมกลางไปยังสระด้วยท่อขนาด 0.40 เมตร และจากสระจะต่อท่อเชื่อมไปยังท่อระบายทางด้านเหนือของตึก 2 คณะอักษรศาสตร์
3. การเพิ่มขนาดท่อหน้าตึก 2 คณะอักษรศาสตร์ ด้วยท่อขนาด 0.60 เมตร ตลอดจนถึงจุดไหลออก พร้อมทั้งปรับความลาดชันของท่อด้วย
4. ติดตั้งประตูระบายน้ำพร้อมเครื่องสูบน้ำที่จุดไหลออกทั้งสองแห่ง ในกรณีการระบายด้วยแรงโน้มถ่วงไม่ได้

6.5 สรุปผลการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWMM

จากการศึกษาการจำลองสภาพระบบระบายน้ำ โดยนำแบบจำลอง SWMM มาประยุกต์เป็นเครื่องมือช่วยทางด้านเทคนิค พอจะสรุปผลจากการประยุกต์ใช้โดยการเปรียบเทียบกับวิธีเรชั่นแนล ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง ดังในตารางที่ 6-2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6-2 เปรียบเทียบวิธีเรชั่นแนลกับแบบจำลอง SWMM

รายการ	วิธีเรชั่นแนล	แบบจำลอง SWMM
ข้อมูลทางกายภาพ	ต้องการข้อมูลขนาดพื้นที่ ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไป ขนาดท่อ	ต้องการรายละเอียดของข้อมูลสูงเพื่อใช้กำหนดการแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย รวมทั้งคุณสมบัติต่าง ๆ ของพื้นที่แปลงย่อย คือ ความกว้างของการไหล ขนาดพื้นที่ที่ทึบน้ำ ซับน้ำ ความลาดชัน ค่าเก็บกักตามผิวและข้อมูลคุณสมบัติทางระบายน้ำ คือ ขนาด ความยาว ระดับก้นท่อระบายน้ำ
ข้อมูลอุทกวิทยา	ความเข้มฝนสูงสุดที่คาบการกลับที่ออกแบบ	ความเข้มฝนต่อเนื่องตามเวลาที่คาบการกลับที่ออกแบบค่าพารามิเตอร์อัตราการซึมลงดินตามสมการฮอร์ตัน
ค่าพารามิเตอร์	ค่าสัมประสิทธิ์น้ำท่าของพื้นที่ ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ	ค่าเก็บกักตามผิว ค่าเปอร์เซ็นต์ พื้นที่ทึบน้ำ ความกว้างการไหลตามผิว ความลาดชัน ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง และค่าอัตราการซึม ของแต่ละพื้นที่แปลงย่อย ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ
การคำนวณ	ใช้สูตรเรชั่นแนล หาอัตราการไหลของน้ำค่าสูงสุด และใช้สูตรแมนนิ่งหาอัตราการไหลในทางระบายน้ำ	ใช้สมการประมาณคลื่นจลนศาสตร์หาอัตราการไหลของน้ำท่า และใช้สมการการไหลแบบค่อยๆ เปลี่ยนแปรตามเวลา ร่วมกับสมการต่อเนื่องและสมการแมนนิ่ง หาอัตราการหลากในทางระบายน้ำ
วิธีคำนวณอาคารควบคุมการไหล	คำนวณอย่างง่ายด้วยมือ ไม่สามารถคิดได้	คำนวณโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือช่วย สามารถคิดได้ เช่น ฝายผันน้ำออริฟิส เครื่องสูบน้ำ สระเก็บกักน้ำ ประตูระบายน้ำ รวมทั้งคิดถึงผลกระทบเนื่องจากการเปลี่ยนแปรของระดับน้ำในแหล่งรับน้ำ
ผลลัพธ์	ค่าอัตราการไหลออกสูงสุด	ได้ชลภาพน้ำท่า, ค่าระดับน้ำ และชลภาพที่จุดใด ๆ ที่ต้องการได้

และจากผลการประยุกต์แบบจำลองใช้กับพื้นที่ศึกษาสามารถกำหนดเป็นประเด็นปัญหาข้อดีข้อเสีย ได้ดังนี้

ข้อดี

1. แบบจำลองสามารถใช้ในการประเมินและปรับปรุงระบบระบายน้ำของพื้นที่ศึกษาได้ โดยสามารถเสนอแนวทางเพื่อเลือกได้ตามที่ผู้ใช้ต้องการ เช่น การเชื่อมท่อระบายน้ำ การใช้สระเก็บกักน้ำ การเพิ่มขนาดท่อระบาย การติดตั้งเครื่องสูบน้ำ และยังสามารถเลือกแผนภูมิฝนออกแบบที่คาบการกลับต่าง ๆ โดยทุกกรณีสามารถกำหนดเป็นแนวทางเลือกได้เพื่อพิจารณาหาความเหมาะสมของแต่ละวิธีการ
2. ใช้ในการตรวจสอบประสิทธิภาพของระบบระบายน้ำใด ๆ ที่มีอยู่เพื่อการป้องกัน และเตรียมการแก้ไขปัญหาน้ำท่วม โดยไม่จำเป็นต้องให้เหตุการณ์นั้นเกิดขึ้นก่อน
3. การแสดงผลสามารถตรวจสอบเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้ทุกจุด คือ ค่าระดับน้ำในทางระบายน้ำ และอัตราการไหลตามเวลาที่ต้องการ
4. การคำนวณของแบบจำลอง EXTRAN สามารถคำนวณระบบที่เป็นโครงข่ายรูปบ่วงได้ และคิดถึงผลจากการไหลภายใต้ความดันด้วย ดังนั้น จึงทำให้สามารถออกแบบระบบที่ประหยัดขึ้นได้
5. แบบจำลองสามารถมาใช้ในการวางแผนระบบระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาของเมืองในอนาคต

ข้อเสีย

1. การนำแบบจำลองมาใช้ในพื้นที่ศึกษานี้จากการปรับเทียบเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ พบว่า ให้ค่าที่แตกต่างในทางสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง ดังนั้น จะเห็นว่าการนำแบบจำลองไปใช้โดยมิได้ทำการปรับเทียบแล้ว ทำให้ผลการคำนวณและผลลัพธ์ที่ได้แตกต่างไปจากความเป็นจริง
2. การเตรียมข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของแบบจำลองนี้ ต้องการความละเอียดค่อนข้างสูง ดังนั้น จึงทำให้ต้องเพิ่มงบประมาณค่าใช้จ่ายในส่วนการสำรวจเก็บรายละเอียดข้อมูลนี้ก่อน
3. เนื่องจากแบบจำลอง SWMM ที่ใช้ในการปรับเทียบ ได้ใช้รุ่นที่พัฒนาใช้ในเครื่อง Prime คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีโปรแกรมดิบ (source programme) อยู่ ดังนั้น จึงสามารถเปลี่ยนตัวโปรแกรมตามเงื่อนไขขอบเขต (boundary condition) ได้ คือการเพิ่มสูตรอัตราไหลของฝาย เพื่อการปรับเทียบแบบจำลอง แต่เนื่องจากการแสดงผลของแบบจำลองรุ่นนี้ไม่มีผลสรุปทางสถิติที่เกิดขึ้นในช่วงระหว่างการจำลองสภาพไว้ คือ ปริมาณน้ำท่วม ช่วงเวลาท่วม ตำแหน่งโนดที่เกิดการท่วม หรือเกิดการไหลภายใต้ความดัน ดังนั้น ในการประเมิน และปรับปรุงออกแบบระบบระบายน้ำ จึงใช้แบบจำลอง EXTRAN รุ่นที่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่สามารถแสดงผลทางสถิติดังกล่าว แต่จำเป็นต้องมี Math coprocessor ด้วย เพราะตัวซอฟแวร์ เป็น

โปรแกรมที่คอมพลายมาแล้ว จึงไม่สามารถที่จะไปปรับปรุงหรือกำหนดเงื่อนไขขอบเขต เพื่อให้เป็นไปตามสภาพที่แท้จริงของพื้นที่ศึกษาได้ เช่น การกำหนดการเปิดปิดของประตูน้ำที่จุดไหลออก ในกรณีระดับน้ำในอุโมงค์สูงขึ้นถึงระดับหนึ่ง และอีกประมาณหนึ่ง คือ การกำหนดระดับก้นโนดต้นเท่ากับระดับก้นท่อต่ำสุดที่มาเชื่อมที่โนดนั้น ดังนั้น ในการกำหนดระดับก้นของสระเก็บกักน้ำ จึงต้องกำหนดให้ระดับก้นท่ออยู่ที่ระดับก้นโนดตลอดเวลา ซึ่งไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่

4. ในการกำหนดโนด ซึ่งจะเป็นจุดที่มีท่อมาพบกันหรือท่อมีการเปลี่ยนขนาดหรือเปลี่ยนความลาดชัน ดังนั้น จึงทำให้จำนวนโนดมีมาก ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดความยุ่งยากในการเตรียมข้อมูลในการเปลี่ยนแนวทางศึกษาในกรณีต่าง ๆ และอาจจะเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่ทำให้คำนวณระบบใหญ่ ๆ ที่มีความสลับซับซ้อนเท่าที่ผู้ใช้ต้องการได้ และในทางกลับกันถ้าใช้ค่าเฉลี่ยเพื่อลดจำนวนโนดลงในการใช้คำนวณระบบใหญ่ก็อาจจะทำให้คุณสมบัติเฉลี่ยนั้นไม่ตรงกับระบบจริง ทำให้การแสดงผลลัพธ์ที่ได้เกิดความผิดพลาดได้

6.6 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการวิเคราะห์เกี่ยวกับการประเมินและออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำในเมืองด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้ศึกษามานี้ คาดว่าพอจะเป็นประโยชน์และแนวทาง และข้อคิดต่าง ๆ สำหรับผู้ที่จะศึกษาในด้านนี้ โดยมีข้อเสนอแนะบางประการสำหรับการศึกษาที่จะมีต่อไปดังนี้

1. ข้อมูลเกี่ยวกับระบบระบายน้ำโดยกำหนดพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งเป็นพื้นที่ศึกษา สำหรับใช้ประโยชน์ในการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือใช้ตรวจสอบแบบจำลองใด ๆ นั้น ในประเทศไทย เท่าที่ผู้ศึกษาทราบมา ยังไม่มีหน่วยงานใดเลยที่จะกำหนด หรือมีการเก็บเพื่อการศึกษาอย่างต่อเนื่อง ดังนั้น จึงควรมีการสนใจและศึกษา เพื่อพัฒนาศาสตร์ทางด้านนี้ให้ก้าวหน้าขึ้น
2. การนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ใด ๆ ไปใช้งานในด้านการออกแบบปรับปรุงระบบระบายน้ำ เพื่อให้เกิดความถูกต้อง ควรจะทำการปรับเทียบแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสอดคล้องกับพื้นที่ก่อน
3. จากการศึกษาในเรื่องการปรับเทียบแบบจำลอง พบว่า ค่าเก็บกักตามผิวมีผลมากที่สุดต่อการคำนวณปริมาณน้ำท่า ซึ่งจะใช้เป็นพารามิเตอร์หลักในการปรับเทียบใน RUNOFF Block ส่วนค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของพื้นที่ จะมีผลน้อยในช่วงการปรับเทียบในขั้นตอนนี้ และพบว่าค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่งของท่อ/รางระบายน้ำและค่าความกว้างการไหลตามผิว จะมีผลมากกว่าค่าพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ในการปรับเทียบเพื่อหาค่าระดับน้ำและอัตราการไหลออกใน EXTRAN Block โดยเฉพาะค่าความ

กว้างการไหลตามผิว เป็นค่าที่ยังเป็นปัญหาอยู่มากในการกำหนดค่าของการศึกษาครั้งนี้ ดังนั้นจึงเห็นว่าควรจะมีการศึกษาต่อไปเกี่ยวกับการกำหนดค่าความกว้างของการไหลตามผิวน้ำ

4. ในการปรับปรุงระบบระบายน้ำ จากกรณีศึกษา พบว่า การเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำจำเป็นต้องพิจารณาขนาดของท่อ/รางระบายน้ำ และความลาดชันของท่อ/รางระบายน้ำที่นำน้ำเข้ามาด้วยให้มีความสอดคล้องกัน
5. ค่าพารามิเตอร์ที่เสนอไว้จากการศึกษาในครั้งนี้ การจะนำไปใช้กับพื้นที่อื่นจำต้องพิจารณาลักษณะพื้นที่ด้วยว่ามีคุณสมบัติของพื้นที่คล้ายและใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษาเพียงใด
6. ในการกำหนดเพื่อแบ่งพื้นที่รับน้ำย่อย ตามคุณสมบัติของพื้นที่ และการกำหนดแบ่งระบบ link-node ของระบบระบายน้ำ จำเป็นที่ต้องเดินสำรวจในภาคสนามดูด้วยเพื่อให้เกิดความถูกต้องยิ่งขึ้น
7. การพิจารณาเลือกคาบการกลับของฝนออกแบบระบบระบายน้ำของพื้นที่ใด ๆ จะต้องพิจารณาถึงงบประมาณและค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นด้วย และที่สำคัญคือ ความสามารถในการรองรับปริมาณน้ำของแหล่งรับน้ำว่าได้ออกแบบไว้ที่คาบการกลับเท่าไร เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย