แบบจำลองระบบจ่ายน้ำประปา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

MODELING OF WATER DISTRIBUTION SYSTEM OF SRINAKHARINWIROT UNIVERSITY ONGKHARAK

ชาญวิทย์ สายหยุดทอง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ มีโรงผลิตน้ำประปาและระบบจ่ายน้ำ (Water distribution system) เพื่อจ่ายน้ำให้กับคณะและตึกต่างๆ แต่สำหรับระบบจ่ายน้ำนั้นยังขาดข้อมูลที่สำคัญต่อการนำไปวิเคราะห์และการออกแบบทางวิศวกรรมหรือนำไปใช้ในการบริหารจัดการ ในการวิจัยนี้ได้ทำการสร้างแบบจำลองโครงข่ายท่อจ่ายน้ำประปาด้วยคอมพิวเตอร์จากข้อมูลภาคสนาม แล้วจึงทำการประมวลผลด้วยการเปรียบเทียบค่าความดัน พบว่ามีการสูญเสียน้ำเป็นจำนวนมากตลอดความยาวท่อ เนื่องจากค่าความดันจากการจำลองแตกต่างจากที่วัดจริงมาก และการสรุปนี้ยังสอดคล้องกับข้อมูลที่สำรวจได้จากโรงประปาที่จ่ายน้ำถึงวันละประมาณ 3,000 ลบ.ม. แต่ใช้จริงเพียง 1,000 ลบ.ม. ต่อวัน จึงมีน้ำสูญหายตลอดความยาวท่อประมาณ 2,000 ลบ.ม. ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 50

คำสำคัญ: ระบบจ่ายน้ำ, การสูญเสียน้ำ, โครงข่ายท่อ

Abstract

Srinakharinwirot University Ongkharak has both a water treatment plant and a water distribution system for supplying water to a number of buildings. But for the distribution system, important data had been absent for analysis in terms of engineering design or management. In this study, the water distribution system was modeled by computer programming from field data. After the model was simulated, the results in terms of pressure showed that there was a substantial difference to the observed data. This is because of a large number of the leakage in the distribution system that made the recorded pressure lower than those of the simulation. This was also supported by survey data that the plant supplied the water of 3,000 m^3/d, while only around 1,000 m^3 were sent to the buildings in each day. It indicated that 2,000 m^3/d were disappeared during the distribution, ie more than 50% lost.

Keywords: Water distribution system, Water leakage, Pipe network

บทนำ

ภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (มศว) องครักษ์ มีโรงผลิตน้ำประปา และระบบจ่ายน้ำ (water distribution system) เพื่อจ่ายน้ำให้กับคณะและตึกต่างๆ แต่สำหรับระบบจ่ายน้ำนั้นยังขาดข้อมูลที่สำคัญต่อการนำไปวิเคราะห์และการออกแบบทางวิศวกรรม เช่น แผนที่ระบบจ่ายน้ำประปาที่สมบูรณ์ ซึ่งจะแสดงตำแหน่งวาล์ว ชนิดท่อ ขนาดท่อและระดับของท่อ ขาดการวิเคราะห์ปริมาณการไหลของน้ำประปาในแต่ละเส้นท่อเมื่อสภาพของระบบเปลี่ยนไป ขาดการติดตามคุณภาพของน้ำหลังการผลิตอย่างมีระบบ ข้อมูลทางวิศวกรรมเหล่านี้มีความสำคัญต่อการวางแผน (planning) การออกแบบ (design) การจัดการ (management) สำหรับระบบจ่ายน้ำให้เพียงพอและมีคุณภาพตามความต้องการของผู้ใช้ทั้งในปัจจุบัน และอนาคต

การจำลอง (simulation) พฤติกรรมการไหลและคุณภาพน้ำภายในโครงข่ายท่อ (pipe network) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ EPANET ที่พัฒนาขึ้นโดย U.S.EPA (Environmental Protection Agency และอนุญาตให้ใช้ในการสาธารณะ (public domain) โครงข่ายท่อประกอบด้วย ท่อ ข้อต่อ (node หรือ pipe junction) ปั๊ม วาล์ว และถังเก็บน้ำ (storage tank) หรือ บ่อน้ำ (reservoir) EPANET สามารถคำนวณอัตราการไหลของน้ำในแต่ละเส้นท่อแรงดันของแต่ละข้อต่อ ความสูงของระดับน้ำในแต่ละถังเก็บน้ำ และความเข้มข้นของสารเคมีที่จุดต่างๆ ในโครงข่ายท่อ [1]

EPANET ยังถูกออกแบบให้เป็นเครื่องมือในการทำงานวิจัยเกี่ยวกับการไหลและความเสี่ยง (fate) ของระบบจ่ายน้ำประปามีการนำไปใช้เพื่อช่วยในการปรับปรุงระบบเช่นการออกแบบการเก็บตัวอย่าง (sampling program design) การปรับแก้ต้นแบบการไหล (hydraulic model calibration) การวิเคราะห์คลอรีนตกค้าง (chlorine residual) [2] นอกจากนี้ EPANET ยังใช้ประกอบการกำหนดยุทธศาสตร์การจัดการและปรับปรุงคุณภาพน้ำของระบบ เช่น วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของระบบเมื่อทำการเพิ่มแหล่งน้ำให้ระบบ การปรับเปลี่ยนตารางการทำงานของปั๊มหรือเพิ่มจำนวนปั๊ม การเพิ่มปริมาณคลอรีนให้กับระบบในบางจุด การทำตารางเพื่อทำความสะอาดท่อและปรับปรุงท่อ

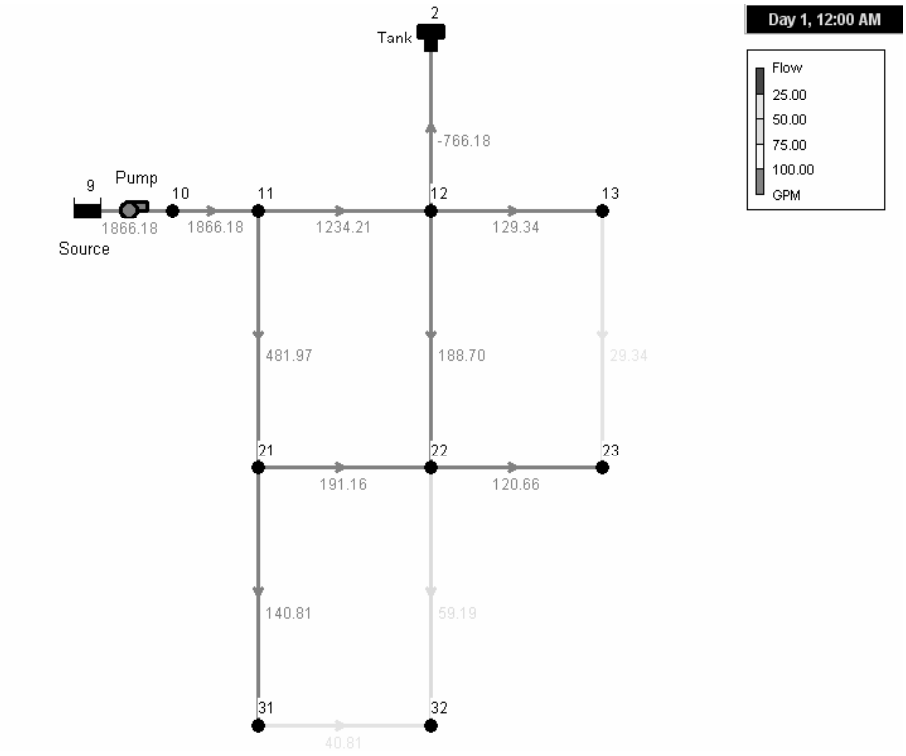
โปรแกรม EPANET ยังได้นำไปช่วยวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือ (reliability analysis program) [3] ประกอบการวัดปริมาณความน่าเชื่อถือ 3 ด้าน คือ 1) สัดส่วนของปริมาตรที่ระบบให้ (fraction of delivered volume) 2) สัดส่วนของความต้องการที่ระบบให้ (fraction of delivered demand) และ 3) สัดส่วนของคุณภาพที่ระบบให้ (fraction of delivered quality) การวัดปริมาณทั้ง 3 ด้าน ถูกนำมาใช้กับตัวอย่างของการจำลองระบบจ่ายน้ำ [4] ทั้งกับตัวอย่างที่ง่าย (example 1) และกับตัวอย่างที่ซับซ้อน (example 3) ดังได้แสดงแผนภาพของระบบจ่ายน้ำไว้ในภาพที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ผลที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมนี้ ได้มีการสรุปว่า [3] โปรแกรมสามารถให้ปริมาณความน่าเชื่อถือของระบบ และสามารถกำหนดขอบเขตของการวัดความน่าเชื่อถือได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

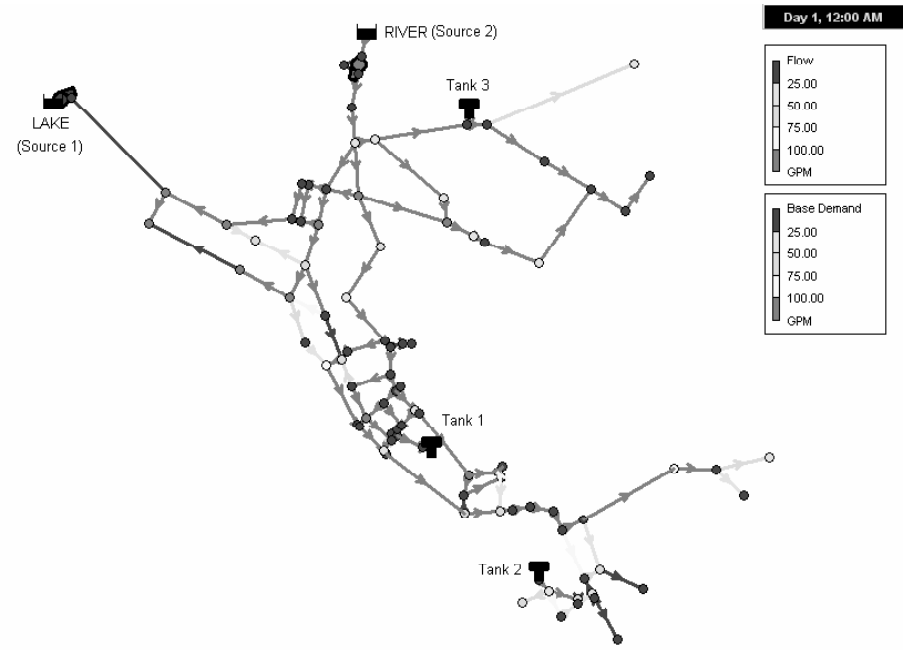
1) เพื่อสร้างฐานข้อมูลของระบบจ่ายน้ำประปา ใน มศว องครักษ์

2) เพื่อวิเคราะห์อัตราการไหลของระบบจ่ายน้ำประปาด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

3) เพื่อใช้เป็นกรณีศึกษาในการสอนนิสิตที่เรียนด้านวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม



ภาพที่ 1 ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วยท่อจำนวน 12 ท่อน [4]



ภาพที่ 2 ระบบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย ท่อจำนวน 117 ท่อน จ่ายน้ำ 97 จุด (node) ปั๊ม 2 ชุด (2 sources) ถังสูงจำนวน 3 ถัง [4]

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยจะเก็บข้อมูลของระบบจ่ายน้ำประปา (water distribution system) โดยรอบคณะวิศวกรรมศาสตร์และโรงอาหารที่ติดกับคณะฯ ภายในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (มศว) องครักษ์ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองของโครงข่ายท่อ (pipe network) ด้วยคอมพิวเตอร์ของภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

อุปกรณ์

1) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window XP Professional

2) แบบจำลองอุทกสถิตศาสตร์ (Hydrostatic Model) โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์ EPANET

3) แผนที่ตำแหน่งมิเตอร์น้ำของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

4) แผนที่ท่อส่งน้ำประปาของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์

5) คอมพิวเตอร์บุคคลหน่วยประมาณผล Intel Pentium 4 2.4 GHz

6) Pressure gauge พร้อมหัวติดตั้ง จำนวน 2 ชุด

ขั้นตอนการทำงาน

1) เก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลอง

- แผนที่ตั้งของโรงประปาและระบบจ่ายน้ำ
- ข้อมูลของระบบโครงข่ายท่อ เช่น ความยาวท่อ ขนาดท่อ ชนิดท่อ ตำแหน่งและขนาดของวาล์ว เป็นต้น
- ข้อมูลสถิติการใช้น้ำ

2) การจัดรูปแบบข้อมูล (format) เพื่อป้อนเข้าโปรแกรม EPANET2

3) จำลอง (simulation) ระบบจ่ายน้ำด้วย EPANET2

4) เปรียบเทียบผลของการจำลอง (simulated results) กับค่าที่วัดได้จากสนาม ซึ่งได้แก่ค่าอัตราการไหลและแรงดัน (velocity and pressure)

5) ทำการปรับแก้การจำลองระบบ (calibration)

ผลการวิจัย

การจำลองโครงข่ายท่อจ่ายน้ำ ของมศว องครักษ์ ด้วยโปรแกรม EPANET ที่ประกอบด้วยโหนด (node หรือ junction) และท่อ (pipe) เมื่อโหนดที่ 1 หมายถึงบ่อน้ำดิบ โหนดที่ 2 แทนถังน้ำสูง และโหนดที่ 93 คือจุดจ่ายน้ำสำหรับคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น ส่วนโหนดที่ 86 และ 87 เป็นโหนดสำหรับวัดค่าแรงดันในสนาม (Observed pressure) ด้วยเกจ์ 1 และ 2 (Gauge 1 and 2) ตามลำดับ

เมื่อแบบจำลองสร้างเสร็จจึงป้อนข้อมูลพื้นฐาน เช่น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ความยาว ความขรุขระสมการคำนวณการสูญเสียพลังงาน (head loss) ซึ่งในที่นี้ใช้สมการของ Hazen-William (H-W) และมีค่าสัมประสิทธิ์ (C) เท่ากับ 200 สำหรับท่อพลาสติกเก่า ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ความต้องการน้ำ (water demand) ของจุดจ่ายน้ำ ใน มศว องครักษ์ ซึ่งได้สรุปไว้ในตารางที่ 1 ที่เป็นข้อมูลความต้องการน้ำในวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2550

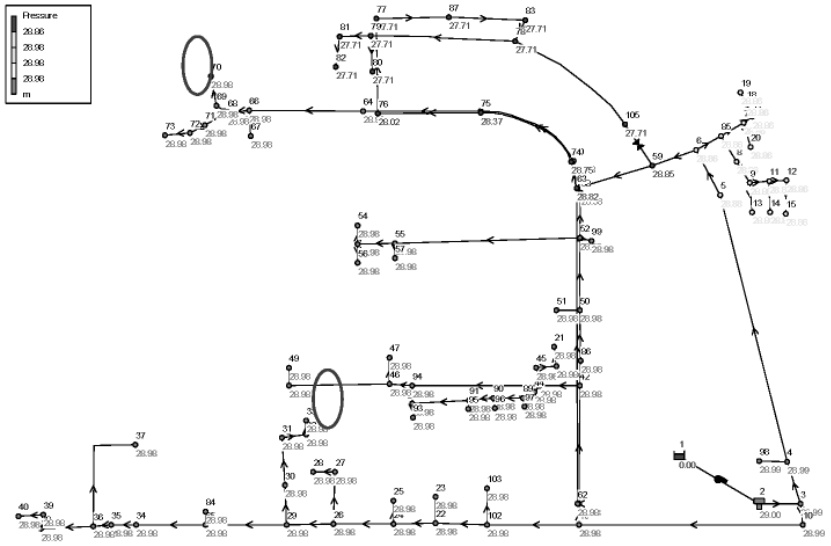
ตารางที่ 1 ความต้องการน้ำในวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2550

Node	Name	Demand (m^3/hr)
13	หอพักบุคลากร 1	0.46
14	หอพักบุคลากร 2	0.21
15	หอพักบุคลากร 3	0.42
19	หอพักอาจารย์	0.07
20	หอพักอาจารย์หลังใหม่	0.21
21	โรงอาหาร	0.63
25	อาคารซับเพรส (Sub press)	0.42
28	อาคารฝึกกีฬา 1	0.15
33	อาคารฝึกกีฬา 2	0.21
37	สนามซอฟท์บอล	0.42
39	สปริงเกอร์สนามฟุตบอล	0.83
40	สนามฟุตบอลหลัก	0.08
47	อาคารเรียนรวม	1.38
49	อาคารอำนวยการ	0.04
54	คณะสหเวชศาสตร์	0.42
56	หอสมุด	0.29
57	อาคารปฏิบัติการรวม	2.83
67	คณะเภสัชศาสตร์	1.96
69	คอนโดแพทย์	0.67
70	หอพักนิสิตแพทย์	0.54
73	คณะพยาบาลศาสตร์	0.71
77	หอพักนิสิต	31.04
80	หอพักพยาบาล B	1.67
82	หอพักพยาบาล A	2.13
84	สนามยิงธนู	0.04
93	คณะวิศวกรรมศาสตร์	0.33
95	ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า	0.04
96	ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล	0.13
97	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	0.17
98	สถานีไฟฟ้าย่อย	0.02
99	เตาเผาขยะ	0.17
103	ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ	0.17

หมายเหตุ: วันที่บันทึก ไม่มีการใช้น้ำที่ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

การจำลอง (simulation) ได้แบ่งเป็น 2 กรณี คือ 1) ระบบไม่มีการรั่วซึม และ 2) ระบบมีการรั่วซึม ในกรณีที่ 1 สมมุติให้ไม่มีการสูญเสียน้ำในระบบจ่าย และใช้ความต้องการน้ำตามตารางที่ 1 ส่วนในกรณีที่ 2 ได้สมมุติให้มีการรั่วที่โหนด 10, 16, 58 และ 76 เท่ากับ 15, 15, 10 และ 15 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ

ผลการจำลองสามารถแสดงได้ด้วยกราฟ ตาราง หรือภาพระบบจำลองที่มีโหนดและท่อเป็นองค์ประกอบหลักที่โหนดจะแสดงค่าของตัวแปรจำพวกค่าระดับ (elevation) ความต้องการน้ำ (demand) และ ความดัน (pressure) เป็นต้น ส่วนท่อจะให้ข้อมูลพวก ความยาว (length) เส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter) ความขรุขระ (roughness) ความเร็ว (velocity) และ อัตราการไหล (flow rate) โดยแสดงตัวอย่างค่าความดันที่จำลองได้ของแต่ละโหนดในระบบจ่ายน้ำประปาไว้ในภาพที่ 3



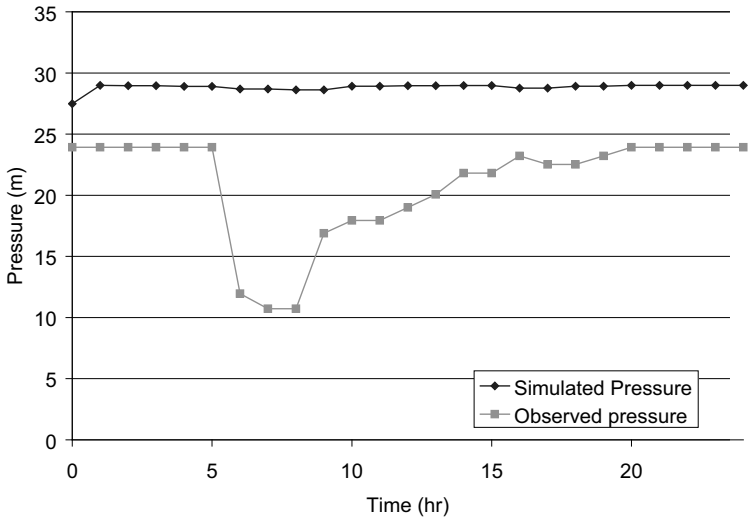
ภาพที่ 3 ตัวอย่างความดัน (pressure, m) ที่โหนดต่างๆ ในระบบจ่ายน้ำประปา มศว องครักษ์

ระบบไม่มีการรั่วซึม

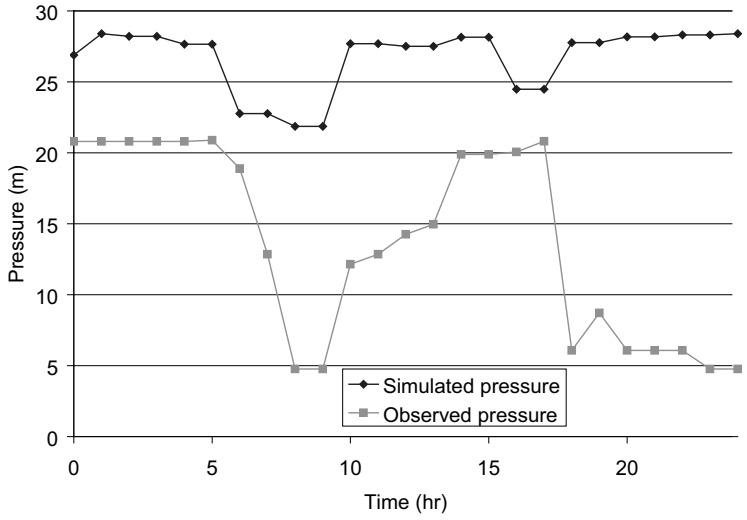
ด้วยการสมมุติให้ระบบจ่ายน้ำไม่มีการรั่วซึม แล้วจำลองระบบฯ ด้วย EPANET พบว่าที่ Gauge 1 มีความดันค่อนข้างคงที่ ที่ประมาณ 28.7 เมตร (ในเทอมความสูงของน้ำ) ตลอด 24 ชั่วโมง ในขณะที่ความดันที่บันทึก (observed) มีค่าต่ำกว่าค่าจำลอง คือ อยู่ที่ ประมาณ 23.9 เมตร จาก 0 ถึง 5 นาฬิกา จากนั้นจึงลดลงมาที่ประมาณ 10.7 เมตร ที่เวลา 6 ถึง 8 นาฬิกา หลังจากนั้นค่าความดันจึงค่อยๆ ขยับขึ้นไปอยู่ที่ 23.9 เมตร ที่เวลา 24 นาฬิกา ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาพที่ 4 (ก)

สำหรับภาพที่ 4(ข) เป็นกราฟของความดันที่เวลาต่างๆ ของโหนดที่ติดตั้ง Gauge 2 จะสังเกตได้ว่า ค่าความดันที่ได้จาก EPANET มีอยู่ 2 ระดับเป็นส่วนใหญ่ คือ ที่ประมาณ 28.2 เมตร และที่ 21.8 เมตร ส่วนค่าความดันที่วัดได้มีรูปแบบ (pattern) คล้ายกับที่จำลองได้ คือเริ่มที่ประมาณ 20.8 เมตร แล้วลดลงมาอยู่ที่ 4.8 เมตร ที่เวลา 8 ถึง 9 นาฬิกา จึงกลับขึ้นไปอยู่ที่ 20.1 เมตร จึงลดลงมาอีกครั้งที่เวลา 18 นาฬิกามีความดันประมาณ 6.1 เมตร

(ก)



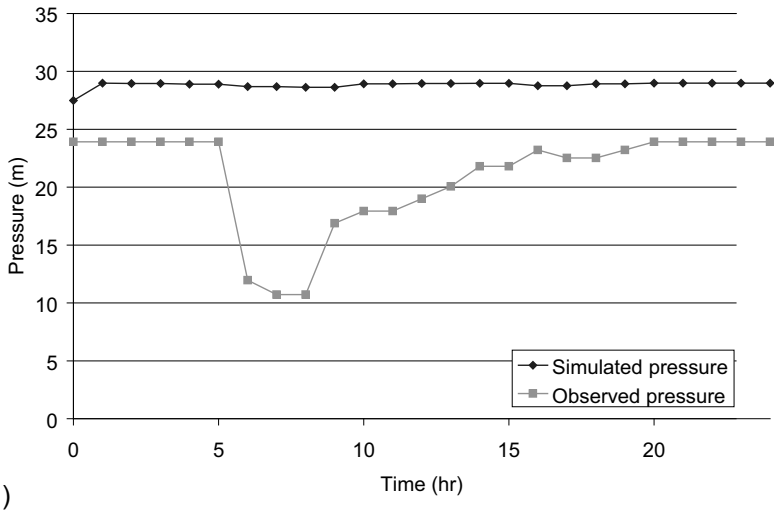
(ข)



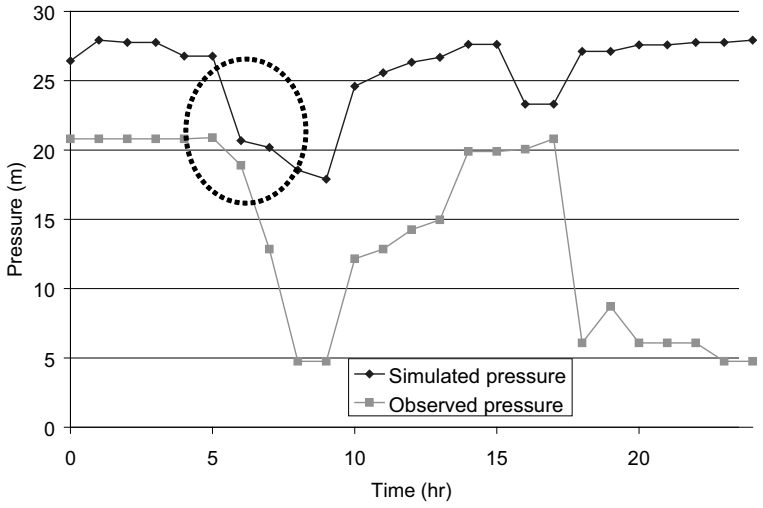
ภาพที่ 4 เปรียบเทียบความดันจากการจำลอง (simulated) และการบันทึก (observed) โดยสมมุติให้ไม่มีการสูญเสียน้ำ (ก) Gauge 1 และ (ข) Gauge 2

ระบบมีการรั่วซึม

ด้วยในระบบจ่ายน้ำประปาตามสภาพความเป็นจริงมีการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึม ในการทดลองครั้งนี้จึงสมมุติให้มีการรั่วเกิดขึ้นในการจำลอง ผลที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 5(ก) ที่มีค่าความดันจากการ คำนวณค่อนข้างคงที่ประมาณ 28.6 เมตร ที่โหนด 86 (Gauge 1) ส่วนความดันที่โหนด 87 (Gauge 2) จะให้ค่าต่ำกว่า 20 เมตร คือที่ประมาณ 17.9 เมตร ซึ่งมีรูปร่าง (pattern) ของการเปลี่ยนค่าความดันใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้ด้วยมาตรวัดความดันดังภาพที่ 5(ข) และที่น่าสังเกตอีกจุดคือกราฟทั้งสองจะใกล้กันมากกว่ากรณีที่ระบบไม่มีการรั่วซึมที่เวลาประมาณ 6 นาฬิกา



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 เปรียบเทียบความดันจากการจำลอง (simulated) และการบันทึก (observed) โดยสมมุติให้มีการสูญเสียน้ำจากการรั่วซึม (ก) Gauge 1 และ (ข) Gauge 2

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการจำลองระบบจ่ายน้ำประปา ในมศว องครักษ์ พบว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถใช้เป็นแผนที่แสดงตำแหน่ง ชนิด ความยาว และขนาดของท่อได้ดี และสามารถนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการในการปรับปรุงและบำรุงรักษาระบบได้อีกด้วย

ส่วนผลการจำลองด้านความดันน้ำของระบบ พบว่า น่าจะมีการสูญเสียน้ำ (leakage) เป็นจำนวนมากตลอดความยาวท่อดังแสดงค่าของความดันของ Gauge 1 และ 2 ที่พบว่าเมื่อสมมุติให้มีน้ำรั่วออกที่โหนด 10, 16, 58 และ 76 เท่ากับ 15, 15, 10 และ 15 ลบ.ม./ชม. ตามลำดับ จะทำให้ค่าความดันที่ได้จากโปรแกรมใกล้เคียงกับค่าที่บันทึกได้มากขึ้น และการสรุปนี้ยังสอดคล้องกับข้อมูลที่สำรวจได้จาก โรงประปาจ่ายน้ำถึงวันละประมาณ 3,000 ลบ.ม. แต่ใช้จริงเพียง 1,000 ลบ.ม. ต่อวัน จึงอาจมีน้ำสูญหายตลอดความยาวท่อประมาณ 2,000 ลบ.ม. ซึ่งเป็นปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 50

ผลการจำลองที่นำเสนอไว้เป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้นของความสามารถของโปรแกรมฟรีแวร์ EPANET โปรแกรมยังสามารถใช้ทำนายคุณภาพของน้ำประปาที่อยู่ห่างออกจากจุดผลิตน้ำ ตัวอย่างของพารามิเตอร์เกี่ยวกับคุณภาพน้ำ เช่น ปริมาณคลอรีนตกค้าง ค่าความขุ่น และอายุของน้ำที่อยู่ในระบบ เป็นต้น จึงน่าจะมีการสนับสนุน

ให้มีการนำไปใช้ในการประปาต่างๆ รวมถึงการให้ความรู้และจัดฝึกอบรมการใช้โปรแกรมนี้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์ ที่ได้กรุณาให้ทุนอุดหนุนการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ยังขอระลึกคุณของผู้กำหนดนโยบายสนับสนุนการวิจัย ของ มศว ทุกท่าน รวมถึงผู้ซึ่งอุทิศตนทำงานด้าน การวิจัยให้กับมหาวิทยาลัยแห่งนี้ และการวิจัยนี้คงไม่สำเร็จลงลุล่วง ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือจากหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณาจารย์ ช่างเทคนิค ตลอดจนนิสิต ในภาควิชาโยธา มศว องครักษ์ และ ผู้ดูแลโรงประปา มศว องครักษ์ ดังนั้น ผู้วิจัยขอขอบคุณท่านเหล่านี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Rossman, L.A. (2000). *EPANET2 user's manual EPA/600/R-00/057,* Water Supply and Water Resources Division, National Risk Management Research Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.

[2] Maier, S.H., Powell, R.S. and Woodward, C.A. (2000). Calibration and comparison of Chlorine Decay Models for a Test Water Distribution System Water Research., 34, 8, 2301-2309.

[3] Ostfeld, A., Kogan, D. and Shamir, U. (2002). Reliability Simulation of Water Distribution Systems-single and Multiquality. *Urban Water,* 4, 53-61.

[4] Rossman, L.A. (1994). *EPANET user's manual EPA-600/R-94/057,* Risk Reduction Engineering Laboratory, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.