หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

การออกแบบและกำหนดโครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลี

หลักเกณฑ์ในการออกแบบโครงข่ายการประปาโดยทั่วไป พอสรุปได้ดังนี้

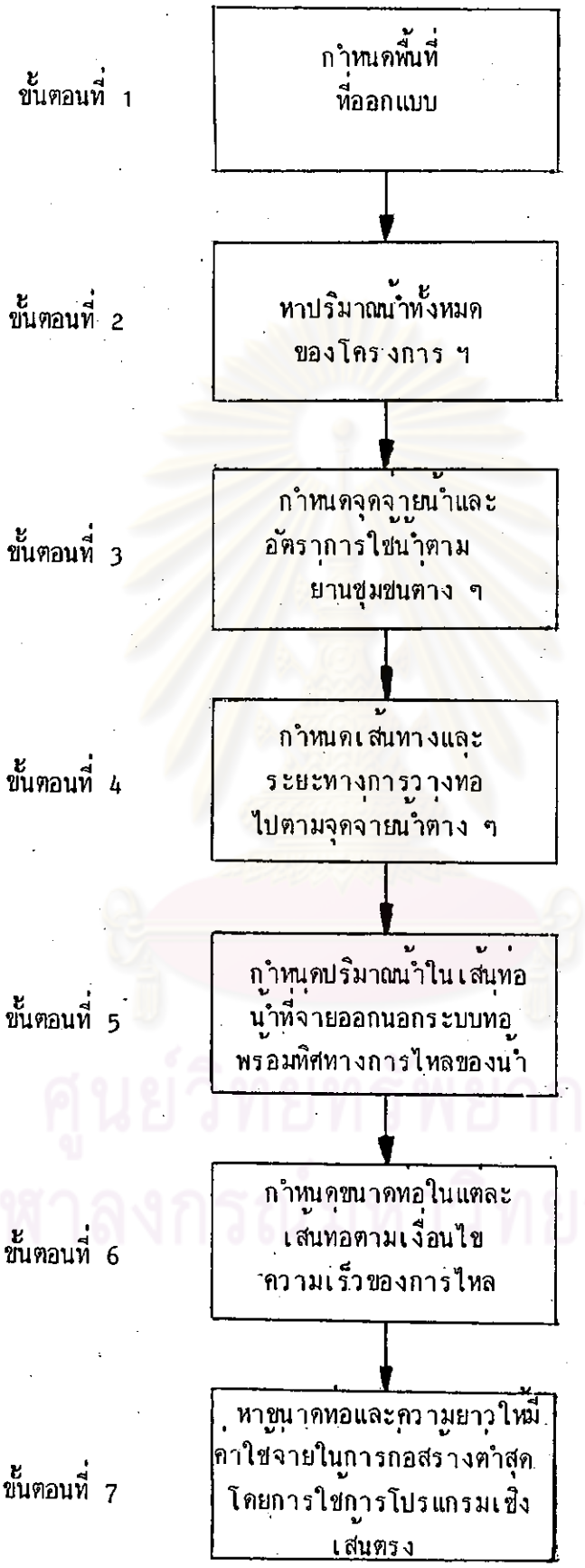
1. หลักเกณฑ์ในการออกแบบโครงข่ายการประปาต้องขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศและสถานที่ที่จะทำการออกแบบว่า สถานที่นั้นสมควรจะออกแบบโครงข่ายการประปาเป็นแบบใช้น้ำบนผิวดินดีหรือแบบใช้น้ำจากบ่อบาดาลดี ขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ถ้าสถานที่ที่ต้องการนำ (แหล่งชุมชน) อยู่ห่างไกลจากน้ำบนผิวดิน (น้ำในแม่น้ำลำคลอง) แบบนี้ก็ควรออกแบบโครงข่ายการประปาแบบใช้น้ำจากบ่อบาดาล แต่ถ้าอยู่ใกล้แหล่งน้ำจากผิวดินก็ควรออกแบบโครงข่ายการประปาแบบใช้น้ำจากผิวดิน

2. สำหรับการออกแบบโครงข่ายการประปาในเขตกรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ ควรออกแบบโดยใช้น้ำจากผิวดิน (น้ำจากแม่น้ำลำคลอง) ดีกว่า เพราะอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำจากผิวดิน และถ้าจะใช้น้ำจากบ่อบาดาลจะเป็นสาเหตุหนึ่งในการทรุดตัวของแผ่นดิน ซึ่งในปี ๆ หนึ่งมีอัตราการทรุดตัวปีละหลาย ๆ เซนติเมตร เนื่องจากมีการขุดใช้น้ำจากบ่อบาดาลกันมากเกินไป จึงเป็นสาเหตุให้แผ่นดินทรุดตัว อีกทั้งคุณภาพน้ำจากบ่อบาดาลในเขตนี้เริ่มจะมีคุณภาพที่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้ทั้งในด้านอุปโภคและบริโภค

3. ความสัมพันธ์กันระหว่างต้นทุนการก่อสร้างวางท่อกับต้นทุนของการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากต่อการออกแบบที่ดี ถ้าต้นทุนทั้งสองเกิดไม่สัมพันธ์กัน ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงข่ายที่ได้ก็จะไม่เป็นค่าที่ต่ำสุด ดังนั้น ความสัมพันธ์กันระหว่างต้นทุนค่าก่อสร้างวางท่อกับต้นทุนของสถานีสูบจ่ายน้ำต้องมีความสัมพันธ์กันที่จุด ๆ หนึ่ง ซึ่งเป็นจุดที่มีค่าต้นทุนค่าก่อสร้างทั้งหมดมีราคาที่ต่ำที่สุด

6.1 การออกแบบโครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลี

การออกแบบจะดำเนินการตามขั้นตอน ซึ่งสามารถแสดงเป็นลำดับขั้นตอนการออกแบบได้ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1 ขั้นตอนการออกแบบโครงข่ายการประปา

จากลำดับขั้นตอนการออกแบบ ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6 เราก็จะได้ระบบโครงข่ายการประปาในเมืองใหม่บางพลี (ดังในรูปที่ 6.2) มีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 พื้นที่โครงการเมืองใหม่บางพลี ระยะที่ 1 มีเนื้อที่ 1,665 ไร่ ลักษณะภูมิประเทศของโครงการเมืองใหม่เป็นที่ราบ อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 2.5 เมตร

6.1.2 ปริมาณน้ำทั้งหมดของโครงการเมืองใหม่ ซึ่งเป็นปริมาณความต้องการน้ำสูงสุดของเมืองใหม่บางพลี มีค่าเท่ากับ 66,094 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน หรือเท่ากับ 765 ลิตรต่อวินาที

6.1.3 จำนวนจุดจ่ายน้ำทั้งหมด (Nodes) ที่กำหนดอยู่ในพื้นที่ต่าง ๆ มีทั้งหมดถึง 40 จุด ดังในรูปที่ 6.3

ซึ่งอัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ หาได้จากจำนวนที่อยู่อาศัยและพื้นที่อุตสาหกรรมที่อยู่ในพื้นที่ย่อย ๆ นี้ เมื่อทราบจำนวนหน่วยของที่อยู่อาศัย (ครัวเรือน) ก็สามารถทราบจำนวนประชากรในพื้นที่ย่อยนี้ได้ โดยเฉลี่ยแล้วที่อยู่อาศัยหนึ่งหน่วย (ครัวเรือน) จะมีประชากรอยู่อาศัยเพียง 6 คน ดังสมการที่ 6.1

จำนวนประชากร = จำนวนที่อยู่อาศัย (ครัวเรือน) × 6 คน/ครัวเรือน .... (6.1)

ดังนั้นเราก็สามารถคำนวณหาอัตราการใช้น้ำสำหรับประชากรและสาธารณประโยชน์ได้ดังสมการที่ 6.2 โดยที่ปริมาณความต้องการน้ำสำหรับประชากรและสาธารณประโยชน์ =
(201 + 10) × 1.5 = 316.5 ลิตร/คน/วัน

อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำ ลิตรต่อวัน = จำนวนประชากร × อัตราความต้องการใช้น้ำสำหรับประชากรและสาธารณ-ประโยชน์ ..... (6.2)

และถ้าอัตราการใช้น้ำเป็นลิตรต่อวินาที = $\frac{\text{อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำ (ลิตรต่อวัน)}}{24 \times 60 \times 60}$

สำหรับอัตราการใช้น้ำในพื้นที่อุตสาหกรรมหาได้จากจำนวนพื้นที่อุตสาหกรรมคูณด้วยปริมาณความต้องการน้ำต่อเนื้อที่ 1 ไร่ต่อวัน

โดยที่ปริมาณความต้องการน้ำต่อเนื้อที่ 1 ไร่ มีค่าเท่ากับ 36.812 ลูกบาศก์เมตร/วัน (จากหัวข้อที่ 4.5.2) ดังนั้น อัตราการใช้น้ำในพื้นที่อุตสาหกรรมคำนวณได้จากสมการที่ 6.3

อัตราการใช้น้ำในพื้นที่อุตสาหกรรม = จำนวนพื้นที่อุตสาหกรรม (ไร่) × ปริมาณความต้องการน้ำต่อไร่ต่อวัน (36.812 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน) ..... (6.3)

รายละเอียดอัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6.1

6.1.4 จำนวนเส้นท่อที่วางไปตามจุดต่าง ๆ ในเมืองใหม่บางพลีมีทั้งหมด 47 เส้น เส้นท่อที่วางส่วนมากจะวางขนานกับถนนสายต่าง ๆ ในโครงการ ฯ ปรากฏว่า มีการวางเส้นท่อเป็นแบบวงรอบ (Loop) ถึง 8 วง เพื่อให้มีการไหลของน้ำได้ทั่วถึงกัน จากรูปการวางผังเมืองในเมืองใหม่บางพลี เราสามารถหาระยะของเส้นทางการวางท่อแต่ละเส้นได้ ดังมีรายละเอียดตามตารางที่ 6.2 และรูปที่ 6.4, รูปที่ 6.5

6.1.5 การกำหนดปริมาณอัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อต่าง ๆ คำนวณได้จากข้อมูลอัตราการใช้น้ำตามจุดต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 6.3 โดยใช้หลักเกณฑ์ของการอนุรักษ์การไหลของจุดต่าง ๆ เช่น จุดที่ 2 ปริมาณน้ำไหลเข้าตามเส้นท่อ 1 - 2 คือ 765 ลิตรต่อวินาที และจุด 3 มีอัตราความต้องการใช้น้ำ 24.28 ลิตรต่อวินาที ปริมาณน้ำที่ไหลผ่านตามเส้นท่อ 2 - 4 คือ 740.72 ลิตรต่อวินาที ผลการคำนวณในแต่ละเส้นท่อต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 6.2

6.1.6 การกำหนดขนาดท่อน้ำในแต่ละเส้นท่อที่จะวางไปตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ต้องสอดคล้องกับความเร็วการไหลของน้ำ โดยใช้สูตร $D = 2\sqrt{\frac{Q}{\pi V}}$ D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เลือก ต้องอยู่ระหว่าง 80 ถึง 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งมีประมาณ 14 ขนาด V คือ ความเร็วการไหลของน้ำต้องอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2.0 เมตรต่อวินาที และ Q คือ อัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อ ผลการคำนวณเลือกขนาดท่อที่จะใช้ได้ในช่วงอัตราการไหลของน้ำที่กำหนด แสดงในตารางที่ 6.3

6.1.7 การหาขนาดท่อและความยาวของท่อน้ำที่วางตามเส้นทางต่าง ๆ รวมทั้งความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำจะต้องผลิตจ่ายให้กับระบบประปา ให้มีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงข่ายการประปาต่ำที่สุด จะใช้การโปรแกรมเชิงเส้นตรงช่วยในการหาค่าใช้จ่ายต่ำสุด โดยมีขอบข่ายที่สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ทางชลศาสตร์

ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการวางท่อและค่าใช้จ่ายการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ มีดังต่อไปนี้

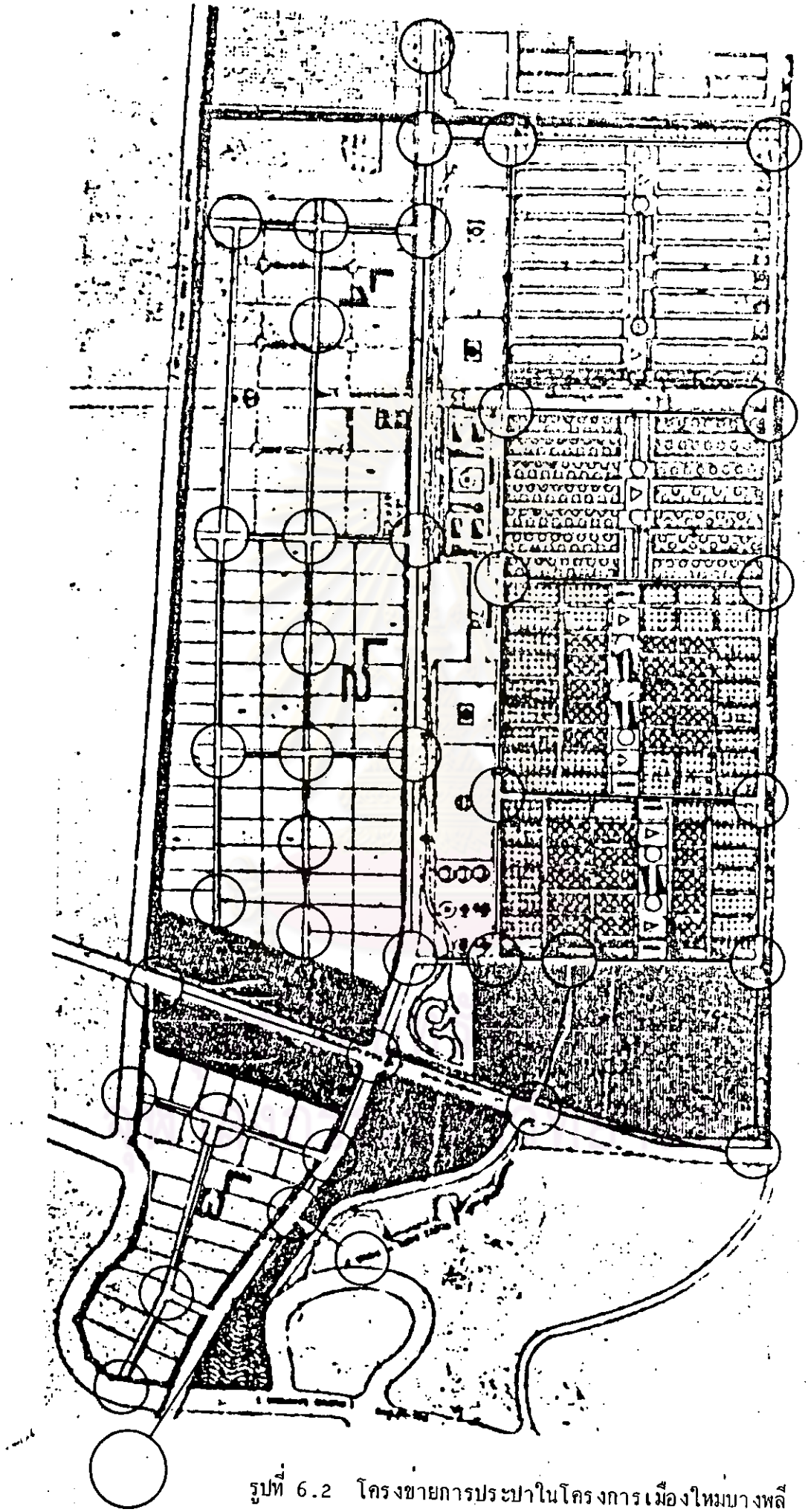
(ก) ค่าใช้จ่ายในการวางท่อขนาดต่าง ๆ จะคิดเป็นค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมดดังสมการต่อไปนี้

ต้นทุนการก่อสร้างวางท่อ/เมตร = ราคาท่อ/เมตร + ค่าอุปกรณ์ต่าง ๆ + ค่าแรงการวางท่อ/เมตร

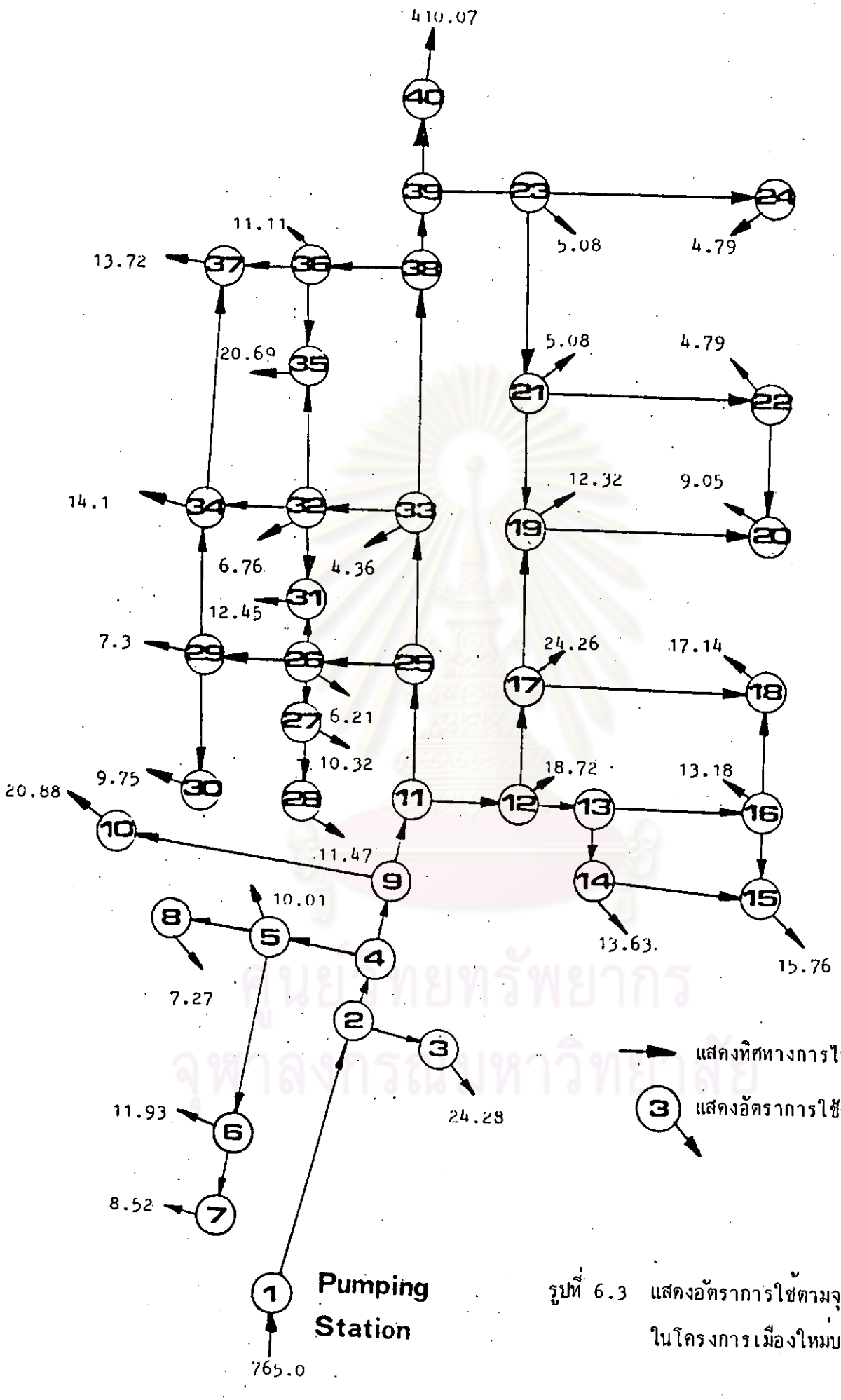
ต้นทุนการก่อสร้างวางท่อ/เมตรคำนวณได้ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6.4

(ข) ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ ประกอบด้วย ราคาเครื่องสูบน้ำ อุปกรณ์ท่อน้ำต่าง ๆ เช่น ประตูน้ำ มิเตอร์ต่าง ๆ อุปกรณ์ไฟฟ้า รวมทั้งอาคารสถานีสูบจ่ายน้ำ ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำจึงคิดออกมาเป็น บาทต่อกิโลวัตต์ ของมอเตอร์สูบน้ำหรือคิดเป็น บาทต่อความดันหัวน้ำเป็นเมตร แต่ในการหาเราจะหาออกมาเป็น บาทต่อความดันหัวน้ำ จากบริษัทที่ปรึกษา Nihon Suido ราคาค่าก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำจะมีค่าเท่ากับ 356,923 บาทต่อความดันหัวน้ำหนึ่งเมตร

ในการออกแบบระบบโครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลี จะทำการออกแบบโดยใช้น้ำจากผิวดิน เพราะว่าบริเวณที่ที่ทำการออกแบบอยู่ใกล้กับน้ำทะเลมาก ถ้าใช้น้ำจากบ่อบาดาลแล้ว อาจเกิดปัญหาน้ำทะเลเข้ามาได้ และป้องกันปัญหาการทรุดตัวของแผ่นดิน ดังนั้น จึงควรทำการออกแบบระบบประปาโดยใช้น้ำจากผิวดินดีกว่า



รูปที่ 6.2 โครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลี



รูปที่ 6.3 แสดงอัตราการใช้ตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ
ในโครงการเมืองใหม่บางพลี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ของโครงข่ายบางพลี

จุดเชื่อม (Node)	รายละเอียด	ผู้ใช้น้ำ		พื้นที่	อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ	
		ครัวเรือน	ประชากร (คน)	อุตสาหกรรม (ไร่)	ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ลิตรต่อวินาที
1	สถานีสูบจ่ายน้ำ	21,536	129,216	684.48	66,094	765
2	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
3	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	57.00	-2,098	-24.28
4	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
5	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	23.5	-865	-10.01
6	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	28.00	-1,031	-11.93
7	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	20.00	-736	-8.52
8	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	17.05	-628	-7.27
9	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
10	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	49.00	-1,804	-20.88
11	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
12	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	851	5,106	-	-1,617	-18.72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

จุดเชื่อม (Node)	รายละเอียด	ผู้ใช้น้ำ		พื้นที่อุตสาหกรรม (ไร่)	อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ	
		ครัวเรือน	ประชากร (คน)		ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ลิตรต่อวินาที
13	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
14	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	32.00	-1,178	-13.63
15	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	37.00	-1,362	-15.76
16	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	600	3,600	-	-1,139	-13.18
17	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	1,104	6,624	-	-2,096	-24.26
18	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	780	4,680	-	-1,418	-17.14
19	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	560	3,360	-	-1,064	-12.32
20	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	412	2,472	-	-782	-9.05
21	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	231	1,386	-	-439	-5.08

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

จุดเชื่อม (Node)	รายละเอียด	ผู้ใช้น้ำ		พื้นที่อุตสาหกรรม (ไร่)	อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ	
		ครัวเรือน	ประชากร (คน)		ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ลิตรต่อวินาที
22	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	218	1,308	-	-414	-4.79
23	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	231	1,386	-	-439	-5.08
24	จ่ายน้ำให้กับประชากรและสาธารณประโยชน์	218	1,308	-	-414	-4.79
25	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
26	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	14.55	-536	-6.21
27	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	24.22	-892	-10.32
28	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	26.92	-991	-11.47
29	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	17.13	-631	-7.30
30	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	22.88	-842	-9.75
31	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	29.24	-1,076	-12.45
32	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	15.87	-584	-6.76

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

จุดเชื่อม (Node)	รายละเอียด	ผู้ใช้น้ำ		พื้นที่อุตสาหกรรม (ไร่)	อัตราการใช้น้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ	
		ครัวเรือน	ประชากร (คน)		ลูกบาศก์เมตรต่อวัน	ลิตรต่อวินาที
33	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	10.25	-377	-4.36
34	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	33.09	-1,218	-14.10
35	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	48.55	-1,788	-20.69
36	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	26.03	-959	-11.11
37	จ่ายน้ำให้กับพื้นที่อุตสาหกรรม	-	-	32.2	-1,185	-13.72
38	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
39	ไม่ใช่จุดจ่ายน้ำออก	-	-	-	0	0
40	จ่ายน้ำให้กับประชากรสาธารณ- ประโยชน์และพื้นที่อุตสาหกรรม ในโครงการเมืองใหม่บางพลี ระยะที่ 2 และ 3	16,331	97,986	120	-35,428	-410.07
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หมายเหตุ : 1. อัตราความต้องการใช้น้ำสำหรับประชากรและสาธารณประโยชน์ = 316.5 ลิตรต่อคนต่อวัน (จากตารางที่ 4.3)

2. อัตราความต้องการใช้น้ำสำหรับพื้นที่อุตสาหกรรม = 36.812 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ต่อวัน (จากหัวข้อที่ 4.5.2)

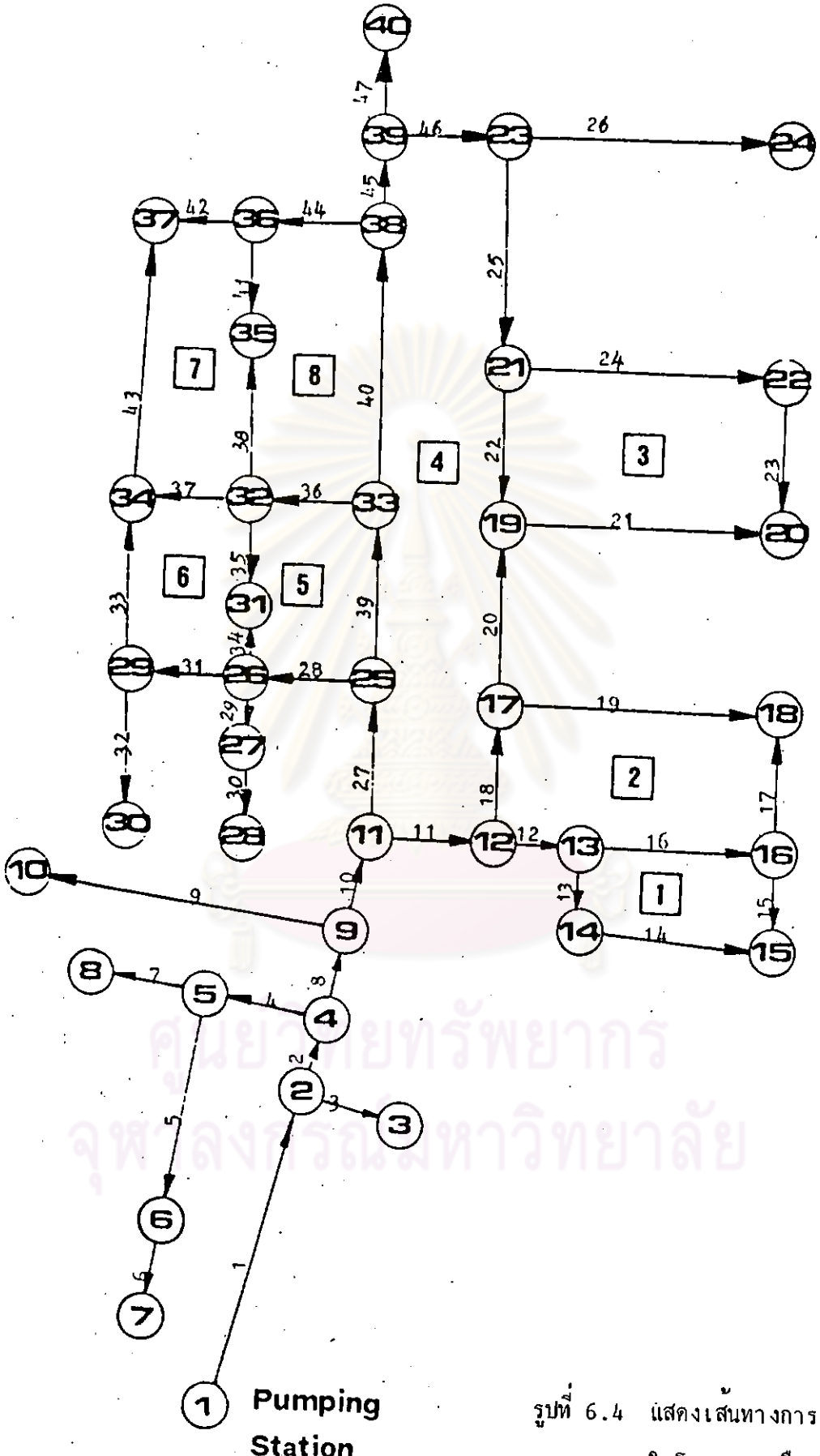
แถวตอน (1)(3) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเคหะแห่งชาติ

แถวตอน (2) = แถวตอน (1) × 6 คน

แถวตอน (4) = (แถวตอน (2) × 316.5) + (แถวตอน (3) × 36.812)

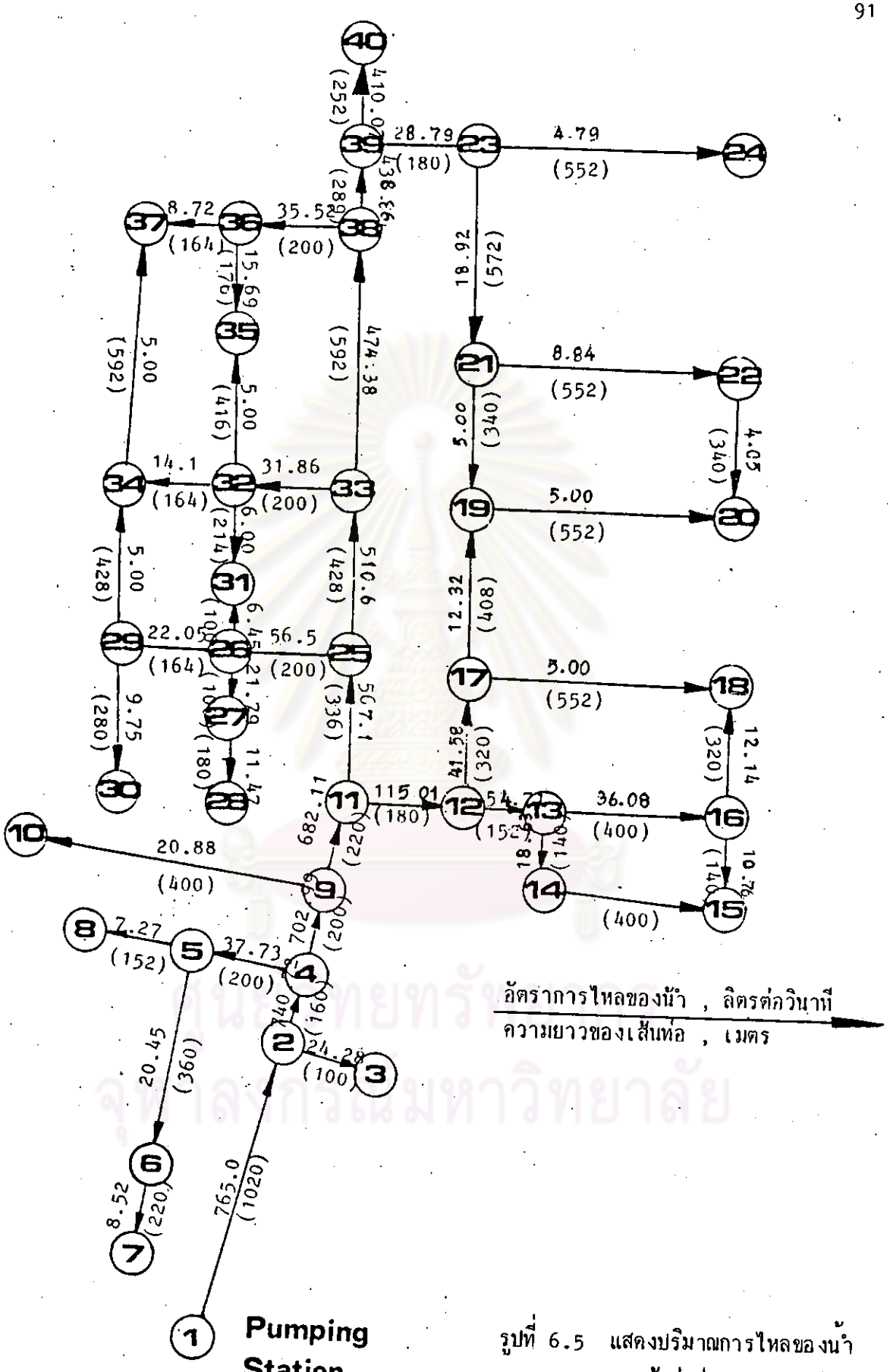
$$\text{แถวตอน (5)} = \frac{\text{แถวตอน (4)} \times 1{,}000}{24 \times 3{,}600}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.4 แสดงเส้นทางการวางท่อต่าง ๆ ในโครงการเมืองใหม่บางพลี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.5 แสดงปริมาณการไหลของน้ำในเส้นท่อต่าง ๆ ในโครงการเมืองใหม่บางพลี

ตารางที่ 6.2 อัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อต่าง ๆ ของโครงข่ายบางพลี

เลขที่ของเส้นท่อ (Pipe No)	จากจุดแรกถึงจุดปลาย เริ่ม - ปลาย	ความยาวของเส้นท่อ (เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อวินาที)
1	1 - 2	1,020	765.0
2	2 - 4	160	740.72
3	2 - 3	100	24.28
4	4 - 5	200	37.73
5	5 - 6	360	20.45
6	5 - 7	220	8.52
7	5 - 8	152	7.27
8	4 - 9	200	702.99
9	9 - 10	400	20.88
10	9 - 11	220	682.11
11	11 - 12	180	115.01
12	12 - 13	152	54.71
13	13 - 14	140	18.63
14	14 - 15	400	5.00
15	16 - 15	140	10.76
16	13 - 16	400	36.08
17	16 - 18	320	12.14
18	12 - 17	320	41.58
19	17 - 18	552	5.00
20	17 - 19	408	12.32
21	19 - 20	552	5.00
22	21 - 19	340	5.00
23	22 - 20	340	4.05

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.2 (ต่อ)

เลขที่ของเส้นท่อ (Pipe No)	จากจุดแรกถึงจุดปลาย เริ่ม - ปลาย	ความยาวของเส้นท่อ (เมตร)	อัตราการไหลของน้ำ (ลิตรต่อวินาที)
24	21 - 22	552	8.84
25	23 - 21	572	18.92
26	23 - 24	552	4.79
27	11 - 25	336	567.1
28	25 - 26	200	56.50
29	26 - 27	100	21.79
30	27 - 28	180	11.47
31	26 - 29	164	22.05
32	29 - 30	280	9.75
33	29 - 34	428	5.00
34	26 - 31	214	6.45
35	32 - 32	214	6.00
36	33 - 32	200	31.86
37	32 - 34	164	14.1
38	32 - 35	416	5.00
39	25 - 33	428	510.6
40	33 - 38	592	474.38
41	36 - 35	176	15.69
42	36 - 37	164	8.72
43	34 - 37	592	5.00
44	38 - 36	200	35.52
45	38 - 39	284	438.86
46	39 - 23	180	28.79
47	39 - 40	252	410.07

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 ขนาดท่อต่าง ๆ ที่เลือกใช้ตามข้อกำหนด

เส้นท่อ (i)	อัตราการไหล (Q) ลิตรต่อวินาที	ขนาดท่อตามความเร็วต่าง ๆ (D)		ขนาดท่อที่ใช้ได้ตามกำหนด
		ความเร็วสูงสุด 2.0	ความเร็วต่ำสุด 0.5	
1	765	700	1,200	10, 11, 12, 13, 14
2	740.72	700	1,200	10, 11, 12, 13, 14
3	24.28	150	250	3, 4, 5
4	37.73	200	300	4, 5, 6
5	20.45	150	200	3, 4
6	8.52	80	150	1, 2, 3
7	7.27	80	100	1, 2
8	702.99	700	1,200	10, 11, 12, 13, 14
9	20.88	150	200	3, 4
10	682.11	700	1,200	10, 11, 12, 13, 14
11	115.01	300	500	6, 7, 8
12	54.71	200	300	4, 5, 6
13	18.63	150	200	3, 4
14	5.00	80	100	1, 2
15	10.76	100	150	2, 3
16	36.08	200	300	4, 5, 6
17	12.14	100	150	2, 3
18	41.58	200	300	4, 5, 6
19	5.00	80	100	1, 2
20	12.32	100	150	2, 3
21	5.00	80	100	1, 2
22	5.00	80	100	1, 2
23	4.05	80	100	1, 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 (ต่อ)

เส้นท่อ (i)	อัตราการไหล (Q) ลิตรต่อวินาที	ขนาดท่อตามความเร็วต่าง ๆ (D)		ขนาดท่อที่ใช้ได้ตามกำหนด
		ความเร็วสูงสุด 2.0	ความเร็วต่ำสุด 0.5	
24	8.84	80	150	1, 2, 3
25	18.92	150	200	3, 4
26	4.79	80	100	1, 2
27	567.1	700	1,000	10, 11, 12, 13
28	56.50	200	300	4, 5, 6
29	21.79	150	200	3, 4
30	11.47	100	150	2, 3
31	22.05	150	200	3, 4
32	9.75	80	150	1, 2, 3
33	5.00	80	100	1, 2
34	6.45	80	100	1, 2
35	6.00	80	100	1, 2
36	31.86	150	250	3, 4, 5
37	14.1	100	150	2, 3
38	5.00	80	100	1, 2
39	510.6	600	1,000	9, 10, 11, 12, 13
40	474.38	600	1,000	9, 10, 11, 12, 13
41	15.69	100	200	2, 3, 4
42	8.72	80	150	1, 2, 3
43	5.00	80	100	1, 2
44	35.52	150	250	3, 4, 5
45	438.86	600	1,000	9, 10, 11, 12, 13
46	28.79	150	250	3, 4, 5
47	410.07	600	1,000	9, 10, 11, 12, 13

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.4 ต้นทุนในการวางท่อ ปี 2527

ท่อที่	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (มม.)	เป็นเงิน* (บาทต่อเมตร)	วัสดุที่ใช้ทำ
1	80	373	PE 1/
2	100	490	AC 2/
3	150	610	AC
4	200	820	AC
5	250	1,020	AC
6	300	1,260	AC
7	400	4,150	ST 3/
8	500	4,875	ST
9	600	5,600	ST
10	700	6,600	ST
11	800	8,600	ST
12	900	9,650	ST
13	1000	12,825	ST
14	1200	16,650	ST

ที่มา : กองออกแบบ การประปานครหลวง, พ.ศ. 2527

* ข้อมูลจากการประปานครหลวง

1/ PE คือ ท่อโพลีเอทีลีน

2/ AC คือ ท่อซีเมนต์ใยหิน

3/ ST คือ ท่อเหล็กเหนียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2 รูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาโครงข่ายการประปาเมืองใหม่บางพลี

รูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงสำหรับปัญหาโครงข่ายการประปา ประกอบด้วย สมการเป้าหมายของค่าใช้จ่ายากรวางท่อและค่าใช้จ่ายของสถานีสูบจ่ายน้ำ ภายใต้เงื่อนไขขอบข่ายของความเร็วการไหล ขนาดและความยาวของท่อ และความดันหัวน้ำ ณ.สถานีสูบจ่ายน้ำ

รูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงสร้างได้ดังนี้

6.2.1 สมการเป้าหมาย

สมการเป้าหมาย คือ

$$\text{Min.}Z = \sum_i \sum_j C_{ij} l_{ij} + \sum_K C_K P_K \qquad (6.1)$$

โดย C_{ij} = ค่าใช้จ่ายการวางท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i หาได้จากตารางที่6.4

l_{ij} = ความยาวของเส้นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i

C_K = ค่าใช้จ่ายของสถานีสูบจ่ายน้ำ สำหรับสถานี K หาได้จากหัวข้อที่ 6.1.7

P_K = ค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ K

ในที่นี้เรามีค่าตัวแปรสำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางได้ 14 ขนาด ดังนี้ จะมีค่าเป็น 1,2.....14 ส่วนเส้นท่อมีทั้งหมด 47 เส้น ดังนั้น i = 1,2.....47 เนื่องจากมีสถานีสูบจ่ายน้ำเพียงสถานีเดียว K จึงเท่ากับ 1

6.2.2 สมการขอบข่าย

(ก) ขอบข่ายความเร็วของการไหล

เนื่องจากเงื่อนไขขอบเขตความเร็วของการไหลเป็นเงื่อนไปที่จำกัดไว้สำหรับการกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่จะใช้ ดังนั้น เงื่อนไขนี้จึงถูกใช้ไปก่อนการนำมาพิจารณาในรูปแบบของปัญหา ผลที่ได้คือ ลดขนาดของปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นตรงลงได้

(ข) ขอบข่ายความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำออกนอกระบบท่อเพียงอย่างเดียว

ค่าความดันหัวน้ำที่จุดเหล่านี้ คิดได้จากความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ

ลบด้วยค่าการสูญเสียความดันหัวน้ำที่เสียไประหว่างเส้นทางจากสถานีสูบจ่ายน้ำถึงจุดจ่ายน้ำนี้ ซึ่งผลรวมของการสูญเสียความดันหัวน้ำระหว่างสถานีสูบจ่ายกับจุดจ่ายน้ำนี้ ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าการสูญเสียความดันหัวน้ำมากที่สุดที่ยอมได้ โดยที่จุดเหล่านี้จะมีค่าความดันหัวน้ำมากกว่าหรือเท่ากับความดันหัวน้ำต่ำสุด (Pmin) ที่กำหนดให้

$$\sum_{i \epsilon I_t} \sum_{j \epsilon I_i} (S_{ij}\, l_{ij}) - \sum_{k \epsilon k_t} P_K \; < \; - \; Pmin$$

โดยที่ S_{ij} = ความฝืดในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i

I_i = ชุดของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เลือกในเส้นท่อ i

I_t = ชุดของเส้นท่อที่วางต่อกันจากสถานีสูบจ่ายน้ำไปยังจุดจ่ายน้ำ t 2,4,5..6

k_t = จำนวนสถานีสูบจ่ายน้ำถึงจุดจ่ายน้ำ t

Pmin= ความดันหัวน้ำต่ำสุดที่ยอมได้ = 15 เมตร

ผลการคำนวณค่าความฝืด (S_{ij}) ในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในแต่ละเส้นท่อ i แสดงในตารางที่ 6.5

สำหรับระบบท่อในเมืองใหม่บางพลี มีจุดจ่ายน้ำออกนอกระบบท่อเพียงอย่างเดียวถึง 14 จุด ซึ่งจุดจ่ายน้ำเหล่านี้ ต้องมีการควบคุมความดันหัวน้ำให้อยู่ในระดับที่สูงกว่าหรือเท่ากับความดันหัวน้ำต่ำสุดที่ให้บริการแก่ผู้ใช้น้ำ คือ 15 เมตร จุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ที่จ่ายน้ำออกนอกระบบท่อเพียงอย่างเดียวมีค่าความดันหัวน้ำดังแสดงในตารางที่ 6.6

(ค) ชอบข่ายการสูญเสียความดันหัวน้ำรอบเส้นท่อที่มีการวางแบบวงรอบ

เนื่องจาก ความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำใด ๆ เป็นผลลัพธ์ของความดันหัวน้ำที่จุดส่งน้ำ ลบด้วย ค่าความสูญเสียความดันหัวน้ำระหว่างทาง เมื่อคิดผลรวมการสูญเสียความดันหัวน้ำรอบเส้นท่อที่มีการวางท่อแบบวงรอบ จึงมีค่าเท่ากับ ศูนย์

$$\sum_{i \epsilon I_r} \sum_{j \epsilon I_i} (S_{ij}\, l_{ij}) = 0 \qquad r = 1,2.....8$$

โดยที่ I_r = ชุดของเส้นท่อที่วางต่อกันเป็นวงรอบ r = 4, 5, 10

ในระบบท่อเมืองใหม่บางพลีมีการวางท่อแบบวงรอบถึง 8 วง เส้นท่อที่วางต่อกันเป็นวงรอบ มีแสดงอยู่ในตารางที่ 6.7

(ง) ขอบข่ายความยาวของท่อขนาดต่าง ๆ

ผลรวมของความยาวของท่อขนาดต่าง ๆ ในเส้นท่อหนึ่ง ๆ ต้องมีค่าเท่ากับความยาวของเส้นท่อเส้นนั้น

$$\sum_{i} l_{ij} = L_i \qquad \text{สำหรับเส้นท่อ } i = 1,2.....47$$

โดยที่ L_i = ความยาวของเส้นท่อ i หาได้จากตารางที่ 6.2

(จ) ขอบข่ายความดันหัวน้ำ ณ.สถานีสูบจ่ายน้ำ

โดยทั่ว ๆ ไป ความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ จ่ายเข้าสู่ระบบท่อจะอยู่ระหว่าง 25 ถึง 50 เมตร ถ้าความดันหัวน้ำต่ำ น้ำอาจจะขึ้นไม่ถึงชั้น 3 และชั้น 4 จะเป็นเหตุให้การจ่ายน้ำไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และถ้าความดันสูงมากเกินไปจะเกิดปัญหาการรั่วระหว่างข้อต่อของท่อ และปัญหาเกี่ยวกับบานประตูน้ำต่าง ๆ เนื่องจากทนแรงดันน้ำไม่ไหว ดังนั้นระดับความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ จ่ายเข้าระบบท่อจะอยู่ระหว่าง 25 ถึง 50 เมตร ซึ่งความดันหัวน้ำระดับนี้ ทางการประปานครหลวงใช้จ่ายเข้าระบบท่อในปัจจุบันนี้

$$P_K \leqslant 50$$

$$P_K \geqslant 25$$

(ฉ) ค่าตัวแปรทุกตัวต้องมีค่าเป็นบวกทั้งหมด

$$l_{ij} \geqslant 0$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.5 ค่าความฝืดในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่าง ๆ ในแต่ละเส้นท่อ

เส้นท่อ (i)	อัตราการไหล (Q) ลิตรต่อวินาที	ค่าความฝืดในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i (S_{ij})
1	765	$S_{1,10}$=0.004479 $S_{1,11}$= 0.002337, $S_{1,12}$= 0.001317 $S_{1,13}$= 0.000788, $S_{1,14}$= 0.000324
2	740.72	$S_{2,10}$= 0.004219, $S_{2,11}$= 0.002202, $S_{2,12}$= 0.001241 $S_{2,13}$= 0.000743, $S_{2,14}$= 0.000306
3	24.28	$S_{3,3}$= 0.01362, $S_{3,4}$= 0.003355, $S_{3,5}$= 0.001132
4	37.73	$S_{4,4}$= 0.00759, $S_{4,5}$= 0.00256, $S_{4,6}$= 0.001054
5	20.45	$S_{5,3}$= 0.00991, $S_{5,4}$= 0.002441
6	8.52	$S_{6,1}$= 0.041819, $S_{6,2}$= 0.014107, $S_{6,3}$= 0.001958
7	7.27	$S_{7,1}$= 0.031172, $S_{7,2}$= 0.010515
8	702.99	$S_{8,10}$= 0.00383, $S_{8,11}$= 0.001999, $S_{8,12}$= 0.001126, $S_{8,13}$= 0.000674, $S_{8,14}$= 0.000277
9	20.88	$S_{9,3}$= 0.0103, $S_{9,4}$= 0.002537
10	682.11	$S_{10,10}$= 0.003622, $S_{10,11}$= 0.00189, $S_{10,12}$= 0.001065, $S_{10,13}$= 0.000638, $S_{10,14}$= 0.000262
11	115.01	$S_{11,6}$= 0.008301, $S_{11,7}$= 0.002045, $S_{11,8}$= 0.00069
12	54.71	$S_{12,4}$= 0.015105, $S_{12,5}$= 0.005095, $S_{12,6}$= 0.002097
13	18.63	$S_{13,3}$= 0.008339, $S_{13,4}$= 0.002054
14	5.00	$S_{14,1}$= 0.015584, $S_{14,2}$= 0.005257
15	10.76	$S_{15,2}$= 0.021735, $S_{15,3}$= 0.003017
16	36.08	$S_{16,4}$= 0.006987, $S_{16,5}$= 0.002357, $S_{16,6}$= 0.00097
17	12.14	$S_{17,2}$= 0.027178, $S_{17,3}$= 0.003773
18	41.58	$S_{18,4}$= 0.009087, $S_{18,5}$= 0.003065, $S_{18,6}$= 0.001261

ตารางที่ 6.5 (ต่อ)

เส้นท่อ (i)	อัตราการไหล (Q) ลิตรต่อวินาที	ค่าความฝืดในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i (S_{ij})
19	5.00	$S_{19,1}$= 0.015584, $S_{19,2}$= 0.005257
20	12.32	$S_{20,2}$= 0.027929, $S_{20,3}$= 0.003877
21	5.00	$S_{21,1}$= 0.015584, $S_{21,2}$= 0.005257
22	5.00	$S_{22,1}$= 0.015584, $S_{22,2}$= 0.005257
23	4.05	$S_{23,1}$= 0.0105499, $S_{23,2}$= 0.003558
24	8.84	$S_{24,1}$= 0.044774, $S_{24,2}$= 0.015104, $S_{24,3}$= 0.002097
25	18.92	$S_{25,3}$= 0.008581, $S_{25,4}$= 0.002114
26	4.79	$S_{26,1}$= 0.014394, $S_{26,2}$= 0.004855
27	567.1	$S_{27,10}$= 0.002578, $S_{27,11}$= 0.001343, S $S_{27,12}$= 0.000757, $S_{27,13}$= 0.000453
28	56.5	$S_{28,4}$= 0.016033, $S_{28,5}$= 0.005408, $S_{28,6}$= 0.002226
29	21.79	$S_{29,3}$= 0.011146, $S_{29,4}$= 0.002746
30	11.47	$S_{30,2}$= 0.024466, $S_{30,3}$= 0.003396
31	22.05	$S_{31,3}$= 0.011394, $S_{31,4}$= 0.002807
32	9.75	$S_{32,1}$= 0.053683, $S_{32,2}$= 0.018109, $S_{32,3}$= 0.002514
33	5.00	$S_{33,1}$= 0.015584, $S_{33,2}$= 0.005257
34	6.45	$S_{34,1}$= 0.024975, $S_{34,2}$= 0.008425
35	6.00	$S_{35,1}$= 0.021844, $S_{35,2}$= 0.007369
36	31.86	$S_{36,3}$= 0.022526, $S_{36,4}$= 0.005594, $S_{36,5}$= 0.001872
37	14.1	$S_{37,2}$= 0.035859, $S_{37,3}$= 0.004978
38	5.00	$S_{38,1}$= 0.015584, $S_{38,2}$= 0.005257
39	510.6	$S_{39,9}$= 0.004488, $S_{39,10}$= 0.002118, $S_{39,11}$= 0.001106, $S_{39,12}$= 0.000623, $S_{39,13}$= 0.000373

ตารางที่ 6.5 (ต่อ)

เส้นท่อ (i)	อัตราการไหล (Q) ลิตรต่อวินาที	ค่าความฝืดในท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง j ในเส้นท่อ i (S_{ij})
40	474.38	$S_{40,9}$= 0.003916, $S_{40,10}$= 0.001848, $S_{40,11}$= 0.000965, $S_{40,12}$= 0.000544, $S_{40,13}$= 0.000325
41	15.69	$S_{41,2}$= 0.043706, $S_{41,3}$= 0.006067, $S_{41,4}$= 0.001495
42	8.72	$S_{42,1}$= 0.043655, $S_{42,2}$= 0.014726, $S_{42,3}$= 0.002044
43	5.00	$S_{43,1}$= 0.015584, $S_{43,2}$= 0.005257
44	35.52	$S_{44,3}$= 0.027552, $S_{44,4}$= 0.006787, $S_{44,5}$= 0.00229
45	438.86	$S_{45,9}$= 0.00339, $S_{45,10}$= 0.0016, $S_{45,12}$= 0.000835, $S_{45,12}$= 0.000471, $S_{45,13}$= 0.000282
46	28.79	$S_{46,3}$= 0.018672, $S_{46,4}$= 0.0046, $S_{46,5}$= 0.001552
47	410.07	$S_{47,9}$= 0.00299, $S_{47,10}$= 0.001411, $S_{47,11}$= 0.000737, $S_{47,12}$= 0.000415, $S_{47,13}$= 0.000248

<u>หมายเหตุ</u> ค่าความฝืดในเส้นท่อต่าง ๆ คำนวณได้จากสูตรของ Hazen-Williams

$$S = \frac{10.7 \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.87}}$$

โดยที่ Q = อัตราการไหลของน้ำในเส้นท่อ , $ม^3$/วินาที

C = สัมประสิทธิ์ของท่อน้ำ

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อน้ำ , เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.6 จุดจ่ายน้ำออกนอกระบบท่อเพียงอย่างเดียว

ลำดับที่	จุดจ่ายน้ำที่ (i)	เส้นท่อต่าง ๆ ที่น้ำไหลผ่าน (j)	ความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำ (เมตร)
1	3	1 3	≥15
2	7	1 2 4 5 6	≥15
3	8	1 2 4 7	≥15
4	10	1 2 8 9	≥15
5	*15	1 2 8 10 11 12 16 15	≥15
6	*18	1 2 8 10 11 18 19	≥15
7	*20	1 2 8 10 11 18 20 21	≥15
8	24	1 2 8 10 27 39 40 45 46 26	≥15
9	28	1 2 8 10 27 28 29 30	≥15
10	30	1 2 8 10 27 28 31 32	≥15
11	*31	1 2 8 10 27 28 34	≥15
12	*35	1 2 8 10 27 39 36 38	≥15
13	*37	1 2 8 10 27 39 40 44 42	≥15
14	40	1 2 8 10 27 39 40 45 47	≥15

* จุดจ่ายน้ำออกนอกระบบซึ่งมีเส้นท่อที่น้ำไหลผ่านมากกว่า 1 ชุด จะเลือกใช้เพียงชุดเดียว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.7 แสดงเส้นท่อที่ต่อกันกับแบบวงรอบ

วงรอบที่	เส้นท่อต่าง ๆ ที่วางต่อกันแบบวงรอบ	หมายเหตุ
1	13 14 15 16	ผลรวมการสูญเสียความดันหัวน้ำรอบๆ วงรอบมีค่าเท่ากับศูนย์
2	12 16 17 18 19	
3	21 22 23 24	
4	11 18 20 22 25 27 39 40 45 46	
5	28 34 35 36 39	
6	31 33 34 35 37	
7	37 38 41 42 43	
8	36 38 40 41 44	

โดยสรุปแล้ว ปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงสำหรับโครงข่ายการประปาเมืองใหม่บางพลี จะมีสมการเป้าหมายเป็นการคิดค่าใช้จ่ายรวมต่ำสุด โดยมีตัวแปร คือ ความยาวท่อตามเส้นทางต่าง ๆ (l_{ij}) และค่าใช้จ่ายของสถานีสูบจ่ายน้ำ แต่เนื่องจากการออกแบบตามโครงการนี้ สามารถใช้เพียงสถานีสูบจ่ายน้ำเดียว จึงกำหนดหาค่าความดันหัวน้ำ P_1 เพียงค่าเดียว

สำหรับเงื่อนไขขอบข่ายของระบบปัญหามีทั้งสิ้น 71 เงื่อนไข โดยแบ่งลักษณะเงื่อนไขดังต่อไปนี้

(1) เงื่อนไขขอบข่ายความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำออกนอกระบบ 14 จุด รวม 14 เงื่อนไข

(2) เงื่อนไขขอบข่ายการสูญเสียความดันหัวน้ำรอบเส้นท่อที่มีวงรอบ 8 วงรอบ รวม 8 เงื่อนไข

(3) เงื่อนไขผลรวมของความยาวท่อในแต่ละเส้นท่ออีก 47 เส้น รวม 47 เงื่อนไข

(4) เงื่อนไขขอบข่ายความดันหัวน้ำในสถานีสูบจ่ายน้ำอีก 2 เงื่อนไข

6.3 ผลลัพธ์การออกแบบระบบโครงข่ายประปาโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

การหาผลลัพธ์การออกแบบระบบโครงข่ายประปาเมืองใหม่บางพลี โดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูป MPSX/370 ซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรงที่ใช้กับเครื่อง IBM370 หรือ IBM3031 ได้โดยการป้อนข้อมูลต่าง ๆ ในรูปแบบปัญหาการโปรแกรมเชิงเส้นตรง ซึ่งประเมินหาได้ในหัวข้อที่ 6.2 เพื่อกำหนดหาขนาดของท่อตามเส้นท่อต่าง ๆ และขนาดของความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ ซึ่งจะมีผลลัพธ์ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายการออบแบบระบบโครงข่ายการประปาเมืองใหม่บางพลีต่ำสุด โดยมีขนาดของความดันหัวน้ำของสถานีสูบจ่ายน้ำที่เหมาะสม ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 6.8 จะได้ขนาดความดันหัวน้ำของสถานีสูบจ่ายน้ำเท่ากับ 34.0507 เมตร โดยเสียค่าใช้จ่าย 12,153,477 บาท และค่าใช้จ่ายการติดตั้งระบบท่อทั้งสิ้น 27,890,474 บาท รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น 40,043,951 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.8 ผลลัพธ์แสดงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงข่ายการประปา ด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง

เส้นท่อที่	ขนาดท่อที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อที่เลือก (เมตร)	รวมความยาวทั้งหมด (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
1	700	1,020	1,020	6,600	6,732,000
2	700	160	160	6,600	1,056,000
3	150	100	100	610	61,000
4	200	200	200	820	164,000
5	150	360	360	610	219,600
6	100	17.27	220	490	8,462
	80	202.73		373	75,618
7	80	152	152	373	56,696
8	700	200	200	6,600	1,320,000
9	150	400	400	610	244,000
10	700	220	220	6,600	1,452,000
11	300	180	180	1,260	226,800
12	200	152	152	820	124,640
13	150	140	140	610	85,400
14	100	151.39	400	490	74,181
	80	248.61		373	92,731
15	100	140	140	490	68,600
16	200	400	400	820	328,000
17	150	129.79	320	610	79,172
	100	190.21		490	93,203
18	200	320	320	820	262,400
19	100	73.61	552	490	36,069
	80	478.39		373	178,439

ตารางที่ 6.8 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อที่เลือก (เมตร)	รวมความยาวทั้งหมด (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
20	150	268.36	408	610	163,700
	100	139.64		490	68,424
21	100	552	552	490	270,480
22	100	340	340	490	166,600
23	100	7.86	340	490	3,851
	80	332.14		373	123,888
24	150	552	552	610	336,720
25	200	572	572	820	469,040
26	100	214.6	552	490	105,154
	80	337.4		373	125,850
27	700	336	336	6,600	2,217,600
28	200	200	200	820	164,000
29	150	100	100	610	61,000
30	100	180	180	490	88,200
31	150	164	164	610	100,040
32	100	245.31	280	490	120,202
	80	34.69		373	12,939
33	100	336.75	428	490	165,007
	80	91.25		373	34,036
34	80	214	214	373	79,822
35	100	70.48	214	490	34,535
	80	143.52		373	53,533
36	200	90.08	200	820	73,866
	150	109.92		610	67,051

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.8 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อที่เลือก (เมตร)	รวมความยาวทั้งหมด (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
37	150	81.28	164	610	49,581
	100	82.72		490	40,533
38	80	416	416	373	155,168
39	600	428	428	5,600	2,396,800
40	600	592	592	5,600	3,315,200
41	150	140.21	176	610	85,528
	100	35.79		490	17,537
42	100	164	164	490	80,360
43	100	592	592	490	290,080
44	200	37.8	200	820	30,996
	150	162.2		610	98,942
45	600	284	284	5,600	1,590,400
46	250	180	180	1,020	183,600
47	600	252	252	5,600	1,411,200
รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการวางท่อทั้งหมด					27,890,474 บาท
และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำที่ความดันหัวน้ำเท่ากับ 34.0507 เมตร มีค่าใช้จ่ายเท่ากับ					12,153,477 บาท
∴ รวมเป็นค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงข่ายทั้งหมด					40,043,951 บาท

6.4 การออกแบบโครงข่ายการประปาโดยการปรับเปลี่ยนขนาดของท่อ

วิธีการออกแบบโครงข่ายการประปาโดยการปรับเปลี่ยนขนาดของท่อนี้จะใช้หลักเกณฑ์การเลือกขนาดของท่อตามเส้นท่อต่าง ๆ ในโครงข่ายการประปา ซึ่งจะกำหนดขึ้นตามเงื่อนไขความเร็วของการไหลของน้ำตามเส้นท่อต่าง ๆ ให้มีความเร็วของน้ำอยู่ระหว่าง 0.5 ถึง 2 เมตรต่อวินาที มีทั้งหมด 14 ขนาด ดังแสดงในตารางที่ 6.3 และจากตารางที่ 6.4 เราพบว่าท่อที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีต้นทุนการวางท่อถูกกว่า ดังนั้นการออกแบบเพื่อให้ต้นทุนระบบโครงข่ายการประปาต่ำสุด คือ การเลือกใช้ท่อขนาดเล็กที่สุด สำหรับทุก ๆ เส้นท่อ ผลที่เกิดขึ้นคือได้ต้นทุนต่ำสุด แต่เงื่อนไขความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำออกนอกระบบทั้ง 14 จุด อาจจะไม่เท่ากับความดันหัวน้ำต่ำสุด คือ 15 เมตร จึงจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนขนาดของท่อตามเส้นท่อต่าง ๆ เพื่อให้ได้ความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำออกนอกระบบทุก ๆ จุด ผลจากการปรับเปลี่ยนจะทำให้ต้นทุนการติดตั้งระบบประปาในโครงข่ายสูงขึ้น การออกแบบโดยวิธีนี้แตกต่างจากวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง คือ จะต้องเลือกใช้ขนาดของท่อขนาดใดขนาดหนึ่งเพียงขนาดเดียวในเส้นท่อแต่ละเส้น สำหรับผลลัพธ์การโปรแกรมเชิงเส้นตรงนั้น ในแต่ละเส้นท่ออาจจะเลือกใช้ขนาดท่อได้หลาย ๆ ขนาดในเส้นท่อเดียวกัน

ตารางที่ 6.9 แสดงตัวอย่างการเลือกตั้งสถานีสูบจ่ายน้ำ ซึ่งมีความดันหัวน้ำเท่ากับ 25 เมตร โดยการเลือกใช้ขนาดท่อที่เล็กที่สุดตามเส้นท่อทั้ง 47 เส้น จะได้ ค่าใช้จ่ายต้นทุนการวางท่อประปาทั้งสิ้น 27,245,248 บาท เมื่อรวมกับค่าก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำขนาดความดันหัวน้ำ 25 เมตร อีก 8,923,075 บาท เป็นต้นทุนของระบบทั้งสิ้น 36,168,323 บาท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 ต้นทุนการวางท่อขนาดเล็กที่สุดสำหรับสถานีสูบจ่ายน้ำ ที่มีความดันหัวน้ำ 25 เมตร

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเล็กที่สุดที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
1	700	1,020	6,600	6,732,000
2	700	160	6,600	1,056,000
3	150	100	610	61,000
4	200	200	820	164,000
5	150	360	610	219,600
6	80	220	373	82,060
7	80	152	373	56,696
8	700	200	6,600	1,320,000
9	150	400	610	244,000
10	700	220	6,600	1,452,000
11	300	180	1,260	226,800
12	200	152	820	124,640
13	150	140	610	85,400
14	80	400	373	149,200
15	100	140	490	68,600
16	200	400	820	328,000
17	100	320	490	156,800
18	200	320	820	262,400
19	80	552	373	205,896
20	100	408	490	199,920
21	100	552	490	270,480
22	100	340	490	166,600

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเล็กที่สุดที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
23	80	340	373	126,820
24	80	552	373	205,896
25	150	572	610	348,920
26	80	552	373	205,896
27	700	336	6,600	2,217,600
28	200	200	820	164,000
29	150	100	610	61,000
30	100	180	490	88,200
31	150	164	610	100,040
32	80	180	373	104,440
33	80	428	373	159,644
34	80	214	373	79,822
35	80	214	373	79,822
36	150	200	610	122,000
37	100	164	490	80,360
38	80	416	373	155,168
39	600	428	5,600	2,396,800
40	600	592	5,600	3,315,200
41	100	176	490	86,240
42	80	164	373	61,172
43	80	592	373	220,816
44	150	200	610	122,000
45	600	284	5,600	1,590,400

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.9 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเล็กที่สุดที่เลือก (มม.)	ความยาวของท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อทั้งหมด (บาท)
46	150	180	610	109,800
47	600	252	5,600	1,411,200
รวมค่าใช้จ่ายในการวางท่อทั้งสิ้น				27,245,248
และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ				8,923,075
เป็นค่าก่อสร้างทั้งหมด				36,168,323

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.10 แสดงค่าความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำต่าง ๆ เมื่อใช้ท่อเล็กที่สุด

จุดจ่ายน้ำ	ค่าความดันหัวน้ำ	อยู่ในหลักเกณฑ์	จุดจ่ายน้ำ	ค่าความดันหัวน้ำ	อยู่ในหลักเกณฑ์
1	25	✓	21	3.85	✗
2	20.43	✓	22	3	✗
3	19.07	✓	23	8.76	✗
4	19.75	✓	24	0.81	✗
5	18.23	✓	25	17.32	✓
6	14.66	✗	26	14.11	✗
7	5.46	✗	27	13	✗
8	13.49	✗	28	8.56	✗
9	18.98	✓	29	12.24	✗
10	14.86	✗	30	-2.79	✗
11	18.18	✓	31	8.77	✗
12	16.69	✓	32	10.89	✗
13	14.39	✗	33	15.4	✓
14	13.22	✗	34	5.01	✗
15	8.56	✗	35	-0.12	✗
16	11.6	✗	36	7.57	✗
17	13.78	✗	37	0.41	✗
18	2.9	✗	38	13.08	✗
19	2.38	✗	39	12.12	✗
20	-0.52	✗	40	11.37	✗

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 6.10 แสดงถึงค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ โดยมีค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ เท่ากับ 25 เมตร จะมีค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาเท่ากับ 36,168,300 บาท โดยใช้ท่อขนาดเล็กที่สุดก่อน แต่ค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ มีอยู่ในหลักเกณฑ์น้อยมาก คือ มีเพียง 25% เท่านั้น แต่เมื่อปรับเปลี่ยนขนาดของท่อให้เข้าเงื่อนไขได้ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยเพื่อความสะดวกรวดเร็ว โปรแกรมนี้เป็นโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาโฟรแทรน โดย นางสาวสมใจ วัฒนาวานิชกุล โปรแกรมนี้สามารถตรวจสอบหาค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ว่าเข้าอยู่ในหลักเกณฑ์แล้วหรือยัง

ตารางที่ 6.11 แสดงตัวอย่างประกอบการปรับเปลี่ยนขนาดของท่อให้เข้าอยู่ในหลักเกณฑ์ โดยใช้ค่าความดันหัวน้ำเท่าเดิม คือ 25 เมตร ในการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะทำการปรับในเส้นทางที่ต่อไปยังจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ที่มีค่าความดันหัวน้ำไม่อยู่ในหลักเกณฑ์ ซึ่งในการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะเปลี่ยนขนาดท่อทีละขนาด ผลจากการปรับเปลี่ยนขนาดท่อเมื่อค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ เข้าอยู่ในหลักเกณฑ์ ตารางที่ 6.12 จะมีค่าใช้จ่ายต้นทุนการวางท่อประปาทั้งสิ้น 34,286,616 บาท และรวมกับค่าก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำขนาดความดัน 25 เมตรอีก 8,923,075 บาท เป็นต้นทุนของระบบทั้งสิ้น 43,209,691 บาท

เมื่อทำการปรับเปลี่ยนขนาดท่อที่มีค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำเท่ากับ 25 เมตร เสร็จเรียบร้อยแล้ว ก็กลับไปทำการปรับเปลี่ยนขนาดท่อใหม่ โดยเริ่มจากค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำค่าใหม่ คือ เพิ่มค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายให้สูงขึ้นจากเดิม แล้วทำการปรับเปลี่ยนขนาดท่อตามวิธีการที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ ณ. ระดับความดันหัวน้ำต่าง ๆ เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงข่ายการประปาที่มีค่าน้อยที่สุด ผลการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ ณ.ระดับความดันหัวน้ำต่าง ๆ ก็จะได้ค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาที่มีค่าน้อยที่สุดอยู่ที่ระดับความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำเท่ากับ 35 เมตร จะมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโครงข่ายการประปาเท่ากับ 40,630,100 บาท รายละเอียดผลการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ ณ.ระดับความดันหัวน้ำต่าง ๆ ดังสรุปอยู่ในตารางที่ 6.13

ตารางที่ 6.11 ต้นทุนการวางท่อเมื่อมีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อแล้วที่ความดัน 25 เมตร ณ สถานีสูบจ่ายน้ำ

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเดิม (มม.)	ขนาดท่อใหม่ที่เปลี่ยน (มม.)	ความยาวท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อ (บาท)
1	700	800	1,020	8,600	8,772,000
2	700	800	160	8,600	1,376,000
3	150	150	100	610	61,000
4	200	200	200	820	164,000
5	150	150	360	610	219,600
6	80	150	220	610	134,200
7	80	80	152	373	56,696
8	700	800	200	8,600	1,720,000
9	150	150	400	610	244,000
10	700	800	220	8,600	1,892,000
11	300	400	180	4,150	747,000
12	200	250	152	1,020	155,040
13	150	200	140	820	114,800
14	80	100	400	490	196,000
15	100	150	140	610	85,400
16	200	200	400	820	328,000
17	100	150	320	610	195,200
18	200	250	320	1,020	326,400
19	80	100	552	490	270,480
20	100	150	408	610	248,880
21	100	100	552	490	270,480
22	100	100	340	490	166,600

ตารางที่ 6.11 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเดิม (มม.)	ขนาดท่อใหม่ที่เปลี่ยน (มม.)	ความยาวท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อ (บาท)
23	80	100	340	490	166,600
24	80	150	552	610	336,720
25	150	200	572	820	469,040
26	80	100	552	490	270,480
27	700	800	336	8,600	2,889,600
28	200	250	200	1,020	204,000
29	150	150	100	610	61,000
30	100	150	180	610	109,800
31	150	200	164	820	134,480
32	80	150	280	610	170,800
33	80	100	428	490	209,720
34	80	100	214	490	104,860
35	80	100	214	490	104,860
36	150	200	200	820	164,000
37	100	150	164	610	100,040
38	80	100	416	490	203,840
39	600	700	428	6,600	2,824,800
40	600	700	592	6,600	3,907,200
41	100	150	176	610	107,360
42	80	100	164	490	80,360
43	80	100	592	490	290,080
44	150	200	200	820	164,000
45	600	700	284	6,600	1,874,400

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.11 (ต่อ)

เส้นท่อที่	ขนาดท่อเดิม (มม.)	ขนาดท่อใหม่ที่เปลี่ยน (มม.)	ความยาวท่อ (เมตร)	ต้นทุนการวางท่อต่อเมตร (บาท/เมตร)	ต้นทุนการวางท่อ (บาท)
46	150	260	180	1,020	183,600
47	600	600	252	5,600	1,411,200
รวมค่าใช้จ่ายในการวางท่อทั้งสิ้น					34,286,616
และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ					8,923,075
รวมเป็นค่าก่อสร้างทั้งระบบ					43,209,691

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.12 แสดงค่าความดันหัวน้ำที่จุดจ่ายน้ำต่าง ๆ ที่มีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ

จุดจ่ายน้ำที่	ค่าความดันหัวน้ำ (เมตร)	อยู่ในหลักเกณฑ์	จุดจ่ายน้ำที่	ค่าความดันหัวน้ำ (เมตร)	อยู่ในหลักเกณฑ์
1	25	✓	21	17.06	✓
2	22.62	✓	22	15.9	✓
3	21.26	✓	23	18.27	✓
4	22.27	✓	24	15.59	✓
5	20.75	✓	25	21	✓
6	17.18	✓	26	19.92	✓
7	16.75	✓	27	18.81	✓
8	16.01	✓	28	18.2	✓
9	21.87	✓	29	19.46	✓
10	17.75	✓	30	18.76	✓
11	21.45	✓	31	17.4	✓
12	21.08	✓	32	18.98	✓
13	20.31	✓	33	20.09	✓
14	20.02	✓	34	18.16	✓
15	17.1	✓	35	16.57	✓
16	17.52	✓	36	17.64	✓
17	20.1	✓	37	15.22	✓
18	17.2	✓	38	19	✓
19	15.3	✓	39	18.55	✓
20	15	✓	40	18.19	✓

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.13 ผลลัพธ์การคำนวณค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาโดยวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ

ค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ (เมตร)	โดยใช้ท่อขนาดที่เล็กที่สุดก่อน			เมื่อมีการปรับขนาดท่อแล้ว		
	ค่าก่อสร้างทั้งหมด (บาท)	เปอร์เซนต์ความเร็วการไหลของน้ำ	เปอร์เซนต์ค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่างๆที่เข้าตามเงื่อนไข	ค่าก่อสร้างทั้งหมด (บาท)	เปอร์เซนต์ความเร็วการไหลของน้ำ	เปอร์เซนต์ค่าความดันหัวน้ำตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ
25	36,168,300	100%	25%	43,209,600	100%	100%
30	37,952,900	100%	40%	42,126,400	100%	100%
35	39,737,600	100%	77.5%	40,630,100	100%	100%
40	41,522,120	100%	85%	41,792,800	100%	100%
45	43,306,735	100%	100%	-	-	-
50	45,091,400	100%	100%	-	-	-

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.5 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงกับวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทั้งสองวิธี คือ วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงกับวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ สามารถเปรียบเทียบราคาค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาได้ดังตารางที่ 6.14 ผลของการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลี ซึ่งประกอบด้วย ค่าก่อสร้างวางท่อประปาและค่าก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ ผลของการเปรียบเทียบในตารางที่ 6.14 ปรากฏว่า ราคาต้นทุนค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาในโครงการเมืองใหม่บางพลีโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงมีค่าเท่ากับ 40;044,000 บาท และวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะให้ค่าต้นทุนการก่อสร้างเท่ากับ 40,630,100 บาท จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างโดยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงมีราคาต้นทุนค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาที่ต่ำกว่าวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดของท่อถึง 586,100 บาท

(2) ค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ จากผลการคำนวณด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะให้ค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำมีค่าเท่ากับ 34.0507 เมตร และในวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะมีค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำเท่ากับ 35 เมตร ซึ่งค่าความดันหัวน้ำจะให้ค่าก่อสร้างต่ำสุด สำหรับวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะเห็นได้ว่าค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำด้วยวิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะมีค่าน้อยกว่า ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนในการก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำได้

(3) ค่าความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ยในเส้นท่อสำหรับวิธีการทั้ง 2 วิธี ก็ค่าเท่ากัน คือ มีค่าเท่ากับ 1.7 เมตรต่อวินาที ค่าความเร็วการไหลของน้ำในเส้นท่อมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.5 เมตรต่อวินาที และค่าความเร็วการไหลของน้ำสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.0 เมตรต่อวินาที สำหรับค่าความเร็วการไหลของน้ำในโครงข่ายการประปาในเมืองใหม่บางพลีนี้อยู่ในลักษณะที่กำหนดให้

ตารางที่ 6.14 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณทั้ง 2 วิธี

รายละเอียด	วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรง	วิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อ
1. ต้นทุนค่าก่อสร้างโครงข่ายการประปาทั้งหมด (บาท)	40,044,000	40,630,100
2. ต้นทุนค่าก่อสร้างวางท่อประปา (บาท)	27,890,500	28,137,800
3. ต้นทุนค่าก่อสร้างสถานีสูบจ่ายน้ำ (บาท)	12,153,500	12,492,300
4. ค่าความดันหัวน้ำที่สถานีสูบจ่ายน้ำ (ม.)	34.0507	35
5. ค่าความเร็วการไหลของน้ำเฉลี่ยในเส้นท่อ (เมตรต่อวินาที)	1.7	1.7
6. ค่าความดันหัวน้ำเฉลี่ยตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ (เมตร)	22	23

(4) ค่าความดันหัวน้ำเฉลี่ยตามจุดจ่ายน้ำต่าง ๆ โดยทั้ง 2 วิธี วิธีการโปรแกรมเชิงเส้นตรงจะมีค่าความดันหัวน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 22 เมตร และวิธีการปรับเปลี่ยนขนาดท่อจะมีค่าความดันเท่ากับ 23 เมตร จะเห็นได้ว่า ค่าความดันหัวน้ำเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี มีค่าแตกต่างกันน้อยมากเพียง 1 เมตร เท่านั้น แต่ค่าระดับความดันหัวน้ำเฉลี่ยทั้ง 2 วิธี ก็ยังอยู่ในหลักเกณฑ์ของการออกแบบ คือ ค่าความดันหัวน้ำต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 15 เมตร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย