

วิธีการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสมของระบบประปา

กรณีมีหอจ่ายน้ำ 2 หอ

Determination of Optimal Pipe Diameters for Pipe Network with Two Elevated Tanks

สุประดิษฐ์ จันทร์ดาประดิษฐ์ (Supradit Chandapradit) *

ดร.สัจจะ เสถบุตร (Sacha Sethaputra) **

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาถึงการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อในระบบประปาที่ให้ราคากระบอกท่อต่ำที่สุดในกรณีที่มีหอจ่ายน้ำ 2 หอ โดยท่อที่หาได้ เรียกว่า “Continuous Pipe Diameters” ซึ่งเป็นท่อที่ให้ความดันและอัตราการไหลตามที่ต้องการ แต่ขนาดท่อที่มีขาย มีขายเพียงบางขนาดเท่านั้น จึงเลือกใช้ขนาดท่อที่มีขายที่ใกล้เคียงกับ continuous pipe diameters มากที่สุด ซึ่งทำให้เกิดความแตกต่างความดันระหว่างความดันที่ได้รับกับความดันที่ต้องการ และราคากระบอกท่อที่ต่ำที่สุดก็จะขึ้นกับความแตกต่างความดันที่ได้รับกับความดันที่ต้องการด้วย ดังนั้นการออกแบบระบบท่อที่ราคาต่ำที่สุดต้องเลือกตามลักษณะการใช้งานที่ต้องการโดยให้มีความแตกต่างความดันอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

ABSTRACT

The study concerns finding combinations of pipe diameters in a pipe network with two elevated tanks that give minimum pipe cost. Resulting pipe diameters, referred to as “Continuous Pipe Diameters”, produce the desired heads and flows at all demand nodes. In reality, pipes are available only for specific values of diameters. The continuous pipe diameters have to be compromised by selecting closest available pipe diameters. Doing so results in deviations of heads from desired values, and hence least cost depends inversely on deviation of heads. Designing least cost network therefore requires specification of allowable head deviations.

คำสำคัญ : ระบบท่อประปา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ หอจ่ายน้ำ

Keywords : Pipe Network, Pipe Diameter, Elevated Tank

* มหบัณฑิต หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรแหล่งน้ำ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

การออกแบบหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อในระบบประปาวงรอบปิดสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีลองผิดลองถูก (trial and error) วิธีที่ใช้เทคนิคการหาค่าที่สุด วิธี Analytical Method เป็นต้น ซึ่งในแต่ละวิธีต่างพยายามพัฒนาการออกแบบขนาดท่อเพื่อให้ราคา ระบบท่อถูกที่สุด และใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ เช่น วิธี linear programming gradient หรือ LPG (Kessler and Shamir, 1989) ซึ่งพยายามพัฒนาเพื่อให้ได้ราคา ระบบท่อถูกที่สุดจริง

จากการศึกษาที่ผ่านมา นอกจากวิธี LPG แล้ว วิธี Analytical Method เป็นวิธีหนึ่งที่มีความน่าเชื่อถือในการออกแบบหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ เพื่อให้มีราคา ระบบท่อถูกที่สุดเป็นอย่างดี ในการศึกษาครั้งนี้จะนำวิธี Analytical Method มาประยุกต์ออกแบบหาขนาดท่อ โดยที่ระบบประปาเป็นระบบที่หอย้ายน้ำ 1 หอ ให้ความดันที่จุดใช้น้ำไม่เพียงพอ จึงต้องเพิ่มหอย้ายน้ำขึ้น เพื่อเพิ่มความดันให้แก่ระบบให้ได้ความดันที่จุดใช้น้ำตามที่ต้องการ

ในบทความนี้ได้นำวิธี Analytical Method มาประยุกต์หาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ กรณีที่มีหอย้ายน้ำ 2 หอ ในวงรอบปิด ซึ่งในบทความนี้จะไม่ขอล่าถึงทฤษฎีที่นำมาสู่วิธีการออกแบบ โดยผู้สนใจสามารถศึกษาได้ตามเอกสารของสัจจะ (2541, 2543) แต่บทความนี้จะเสนอขั้นตอนการออกแบบหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่เหมาะสมและระบบท่อตัวอย่าง เพื่อให้ผู้สนใจสามารถนำไปใช้ออกแบบหาขนาดท่อได้

สมการที่ใช้ในการออกแบบ

สมการที่ใช้ในวิธี Analytical Method ประกอบไปด้วยสมการทางชลศาสตร์ ได้แก่

1) สมการการไหลต่อเนื่อง สามารถเขียนได้ตามจุดให้น้ำ (หอย้ายน้ำ) และจุดใช้น้ำ

$$\sum_{i=1}^n Q = 0$$

เมื่อ Q แทนอัตราการไหลของน้ำในท่อ (m^3/s)

2) สมการการหาค่าสูญเสียความดัน ใช้สมการของ Darcy-Weisbach

$$h_i = \frac{8 f_i L_i |Q_i| Q_i}{g \pi^2 D_i^5}$$

เมื่อ h_i แทนการสูญเสียแรงดันในท่อที่ i (m)

f_i แทนสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อที่ i

L_i แทนความยาวท่อที่ i (m)

D_i แทนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อที่ i (m)

เนื่องจากการออกแบบด้วย Analytical Method จำเป็นต้องมีการสมมุติทิศทางการไหล ดังนั้นเพื่อให้ทราบว่าการสมมุติทิศทางผิด จึงต้องมีเครื่องหมายของค่าสัมบูรณ์ (Absolute Value) เมื่อสมมุติทิศทางการไหลผิดค่า h และ Q จะออกมามีเครื่องหมายลบ

สำหรับสมการของ Hazen-William สามารถใช้ได้เช่นกัน เมื่อเขียนเป็นหน่วยตามระบบ SI จะได้

$$h_i = \frac{10.7 L_i Q_i |Q_i|^{0.852}}{CH_i^{1.852} D_i^{4.87}}$$

เมื่อ CH คือค่าสัมประสิทธิ์ของท่อ

3) สมการพลังงานการไหลระหว่าง node

ในการออกแบบด้วย Analytical Method จะสมมุติให้ความเร็วของน้ำแต่ละจุดมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้ได้สมการดังนี้

$$H_i + Z_i = H_j + Z_j + h_k$$

เมื่อ H_i แทนความสูงของระดับน้ำเหนือพื้นดินที่จุด i (m)

Z_i แทนระดับความสูงของพื้นดินจากระดับอ้างอิงของจุด i (m)

h_k แทนการสูญเสียความดัน (head loss)

4) สมการหาราคาระบบท่อ

$$C = \sum_{i=1}^j m_i L_i D_i^2$$

โดย C แทนราคาระบบท่อ (บาท)
 m แทนค่าลงทุนต่อหน่วยของท่อที่ i
 (บาท/เมตร³)
 j แทนจำนวนท่อทั้งหมดในระบบ

ค่า m สามารถหาได้โดยการเปรียบเทียบราคา
 ท่อในท้องตลาด โดย $m = 1/m^*$ เมื่อ $m^* = -0.0025D^4$
 $+ 0.0055D^3 - 0.0039D^2 + 0.001D + 0.00003$

สำหรับขั้นตอนการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ
 ขออธิบายในกรณีศึกษาต่อไป

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ

เมื่อหาขนาดท่อได้แล้ว ขนาดท่อที่ได้รับจะ
 เป็นท่อที่ให้อัตราการไหล และความดันตามที่ต้องการที่
 ตำแหน่งจุดใช้น้ำ ชุดท่อนี้เรียกว่า “Continuous Pipe
 Diameters” แต่ขนาดท่อที่ใช้กันเป็นขนาดท่อที่มีขาย
 ขนาดท่อเท่านั้น ไม่ได้มีใช้ทุกขนาด (หรือมีขายเพียงบาง
 ขนาดเท่านั้น เช่น 0.015 0.02 0.03 เป็นต้น) ดังนั้น
 ทำให้ขนาดท่อ continuous pipe diameters ที่คำนวณ
 ได้บางท่อไม่สามารถหาได้ (หาซื้อไม่ได้) จึงต้องปรับขนาด
 ท่อใหม่เพื่อให้เป็นขนาดท่อที่มีขาย ท่อที่ปรับเป็นท่อที่มี
 ขายเรียกว่า “Discrete Pipe Diameters” โดยใช้เกณฑ์ คือ
 ขนาดท่อ continuous pipe diameters ใกล้กับท่อที่มีขาย
 ขนาดใดจะใช้ขนาดท่อที่มีขายนั้นเป็นท่อ discrete pipe
 diameters เช่น หากคำนวณหาท่อ continuous pipe
 diameter เท่ากับ 0.312 เมตร ซึ่งอยู่ระหว่างขนาดท่อที่มี
 ขายคือ 0.300 เมตร และ 0.350 เมตร จะได้ discrete
 pipe diameter เท่ากับ 0.300 เมตร

ความแตกต่างความดันที่ได้รับกับ ความดันที่ต้องการ

การเลือกใช้ท่อที่มีใช้ (หรือมีขาย) ทำให้ความ
 ดันที่ได้รับที่ตำแหน่งจุดใช้น้ำไม่เท่ากับความดันที่ต้องการ
 ดังนั้นการออกแบบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อของระบบ
 จึงจำเป็นต้องพิจารณาค่าความแตกต่างความดันที่ได้รับ
 กับความดันที่ต้องการ ร่วมกับราคาระบบท่อ

ในการหาความแตกต่างความดัน จะใช้สมการ
 ที่ใช้หาจะอยู่ในรูปของ root mean square ดังสมการ

$$DH = \sqrt{\frac{1}{r} \sum_{k=1}^r (H_k - HR_k)^2}$$

เมื่อ DH แทนค่าความแตกต่างความดันที่
 ได้รับกับความดันที่ต้องการ (m)

r แทนจำนวนจุดใช้น้ำและจุดให้น้ำ

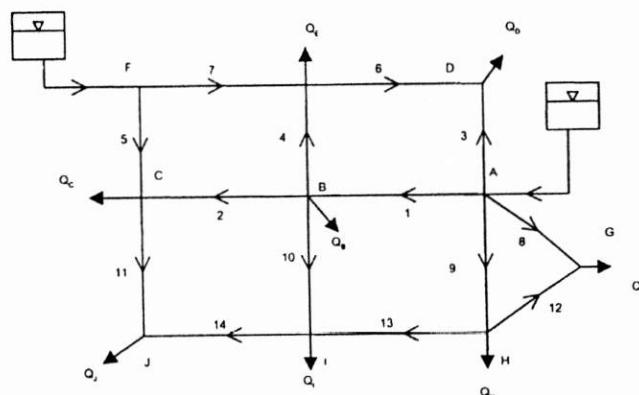
H_k แทนความดันที่ต้องการ (m)

HR_k แทนความดันที่ได้รับ เมื่อเป็น

discrete pipes diameters (m)

กรณีศึกษา

สำหรับกรณีศึกษา นี้ เป็นระบบประปาวงรอบ
 ปิดของประปาบ้านขาม-ชัยวารี อ.โพธิ์ชัย จ.ร้อยเอ็ด
 ซึ่งได้สมมติให้มีหอจ่ายน้ำเพิ่มขึ้นอีก 1 หอจ่ายน้ำ ที่จุด F
 ดังแสดงในภาพที่ 1 และข้อมูลดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงผังระบบท่อประปาชัยวารี-บ้านขาม

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลระบบประปาบ้านขาม-ชัยวารี

NO. NODE	DATA OF EACH NODE		NO. PIPE	DATA OF EACH PIPES	
	$Z_{\text{node}} + H_{\text{node}}$ (m)	Q_{demand} (liter/s)		L_i (m)	f_i (m)
A	115.00		1	100	0.02
B	114.68	0.970	2	160	0.02
C	114.44	0.923	3	258	0.02
D	113.49	0.284	4	230	0.02
E	114.08	0.484	5	225	0.02
F	115.00		6	120	0.02
G	113.17	0.329	7	162	0.02
H	113.97	0.437	8	260	0.02
I	113.17	0.997	9	240	0.02
J	112.62	0.313	10	232	0.02
			11	222	0.02
			12	108	0.02
			13	105	0.02
			14	110	0.02

ในกรณีศึกษาจะพบว่า มีจำนวนท่อทั้งสิ้น 14 ท่อ จำนวน 5 วงรอบ มีหอจ่ายน้ำอยู่ที่จุด A และจุด F โดยมีจุดใช้น้ำจำนวน 8 จุด สำหรับการหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อสามารถหาได้ตั้งขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเขียนผังระบบประปา กำหนดจุดต่างๆ และกำหนดทิศทางการไหล โดยจะไหลจากค่า piezometric head มากไปหาน้อย ซึ่งจะได้ดังภาพที่ 3 จากนั้นหาค่าความสูญเสียความดัน (head loss) ซึ่งมีค่าดังนี้ $h_1 = 0.32$ m, $h_2 = 0.24$ m, $h_3 = 1.51$ m, $h_4 = 0.60$ m, $h_5 = 0.56$ m, $h_6 = 0.59$ m, $h_7 = 0.92$ m, $h_8 = 1.83$ m, $h_9 = 1.03$ m, $h_{10} = 1.51$ m, $h_{11} = 1.82$ m, $h_{12} = 0.80$ m, $h_{13} = 0.80$ m และ $h_{14} = 0.55$ m

ขั้นตอนที่ 2 เขียนสมการการไหลต่อเนื่องในทุกจุดการใช้น้ำ สามารถเขียนได้ดังต่อไปนี้

$$\text{node B : } Q_1 - Q_2 - Q_4 - Q_{10} - Q_B = 0$$

$$\text{node C : } Q_2 + Q_5 - Q_{11} - Q_C = 0$$

$$\text{node D : } Q_3 + Q_6 - Q_D = 0$$

$$\text{node E : } Q_4 + Q_7 - Q_6 - Q_E = 0$$

$$\text{node G : } Q_8 + Q_{12} - Q_G = 0$$

$$\text{node H : } Q_9 - Q_{12} - Q_{13} - Q_H = 0$$

$$\text{node I : } Q_{10} + Q_{13} - Q_{14} - Q_I = 0$$

$$\text{node J : } Q_{11} + Q_{14} - Q_J = 0$$

ขั้นตอนที่ 3 หาค่า n จากสมการในขั้นตอนที่ 2 จำนวนสมการมีทั้งหมด 8 สมการ และมีตัวแปรที่ไม่ทราบค่าในสมการอยู่ 14 ตัวแปร (ตั้งแต่ Q_1 ถึง Q_{14}) ดังนั้น $n = 14 - 8 = 6$ สมมติท่อจำนวน 6 ท่อ เพื่อให้จำนวนตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเท่ากับจำนวนสมการ

ขั้นตอนที่ 4 เลือกท่อจำนวน 6 ท่อ ซึ่งในการสมมุติครั้งนี้เลือกท่อหมายเลข 2 3 4 8 10 และ 11 ให้มีอัตราการไหลเป็นอัตราการไหลที่น้อยที่สุด หรือเป็นอัตราการไหลในท่อขนาดเล็กที่สุดที่มีขาย (0.015 ม.) โดยใช้สมการ Darcy-Weisbach จะสามารถหาค่าอัตราการ

ไหลในท่อดังกล่าวได้นี้

$$\begin{aligned}Q_2 &= \delta_2 = 0.026 \text{ liter/s} \\Q_3 &= \delta_3 = 0.052 \text{ liter/s} \\Q_4 &= \delta_4 = 0.035 \text{ liter/s} \\Q_8 &= \delta_8 = 0.057 \text{ liter/s} \\Q_{10} &= \delta_{10} = 0.055 \text{ liter/s} \\Q_{11} &= \delta_{11} = 0.061 \text{ liter/s}\end{aligned}$$

แทนค่าอัตราการไหลที่หาได้ ลงบนสมการอัตราการไหลต่อเนื่อง (ในขั้นตอนที่ 2) แล้วแก้สมการหาค่าอัตราการไหลในท่อที่ไม่ได้สมมติ ซึ่งสามารถแก้สมการได้ ดังนั้นเราจะเลือกสมมติท่อหมายเลข 2 3 4 8 10 และ 11 หากไม่สามารถแก้สมการได้ จะต้องทำเลือกท่อใหม่จนกระทั่งสามารถแก้สมการได้

ขั้นตอนที่ 5 จัดรูปสมการการไหลต่อเนื่องใหม่ (ในขั้นตอนที่ 2) โดยให้อยู่ในรูป

$$\begin{aligned}Q_{\text{ท่อที่ไม่ได้เลือก}} &= f(Q_{\text{ท่อที่เลือก}}, Q_{\text{ต้องการที่จุดใช้น้ำ}}) \text{ จะได้เป็น} \\Q_1 &= Q_2 + Q_4 + Q_{10} + Q_B \\Q_5 &= -Q_2 + Q_{11} + Q_C \\Q_6 &= -Q_3 + Q_D \\Q_7 &= -Q_4 + Q_6 + Q_E \\Q_{12} &= -Q_8 + Q_G \\Q_9 &= -Q_8 + Q_{13} + Q_G + Q_H \\Q_{14} &= -Q_{11} + Q_J \\Q_{13} &= -Q_{10} - Q_{11} + Q_I + Q_J\end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 6 จัดรูปสมการในขั้นตอนที่ 5 ใหม่ และให้อัตราการไหลในท่อที่ไม่ได้เลือก ในขั้นตอนที่ 5 มีค่าเท่ากับอัตราการไหลที่น้อยที่สุดหรือเป็นอัตราการไหลในท่อที่มีขนาดเล็กที่สุดที่มีขาย (δ) ได้เป็น

$$\begin{aligned}Q_2 + Q_4 + Q_{10} + Q_B &= \delta_1 \\-Q_2 + Q_{11} + Q_C &= \delta_5 \\-Q_3 + Q_D &= \delta_6 \\-Q_4 + Q_6 + Q_E &= \delta_7 \\-Q_8 + Q_G &= \delta_{12} \\-Q_{11} + Q_J &= \delta_{14} \\-Q_{10} - Q_{11} + Q_I + Q_J &= \delta_{13}\end{aligned}$$

$$Q_8 - Q_{10} - Q_{11} + Q_I + Q_J + Q_G + Q_H = \delta_9$$

ขั้นตอนที่ 7 สร้างกลุ่มสมการเพื่อใช้หาอัตราการไหลในท่อที่เลือก โดยได้จากสมการในขั้นตอนที่ 4 และขั้นตอนที่ 6 ซึ่งจะได้เป็นกลุ่มสมการดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}-Q_2 - Q_4 - Q_{10} &= 0.932 \text{ liter/s} \\Q_2 &= 0.026 \text{ liter/s} \\Q_3 &= 0.052 \text{ liter/s} \\Q_4 &= 0.035 \text{ liter/s} \\Q_2 - Q_{11} &= 0.889 \text{ liter/s} \\Q_3 &= 0.236 \text{ liter/s} \\Q_3 + Q_4 &= 0.717 \text{ liter/s} \\Q_8 &= 0.057 \text{ liter/s} \\-Q_8 + Q_{10} + Q_{11} &= 2.032 \text{ liter/s} \\Q_{10} &= 0.055 \text{ liter/s} \\Q_{11} &= 0.061 \text{ liter/s} \\Q_8 &= 0.271 \text{ liter/s} \\Q_{10} + Q_{11} &= 1.251 \text{ liter/s} \\Q_{11} &= 0.265 \text{ liter/s}\end{aligned}$$

ขั้นตอนที่ 8 เลือกชุดสมการ โดย 1 ชุด มีสมการจำนวน 6 สมการ (เท่ากับจำนวนท่อที่สมมติ) จากกลุ่มสมการในขั้นตอนที่ 7 นำมาแก้สมการเพื่อนำมาหาอัตราการไหลในท่อที่เลือก

ขั้นตอนที่ 9 ทำขั้นตอนที่ 8 จนกระทั่งครบทุกทางเลือก ซึ่งจะพบว่าบางชุดสมการที่เลือก (ชุดละจำนวน 6 สมการ) ไม่สามารถแก้สมการได้ หรืออัตราการไหลในท่อมี่ค่าน้อยกว่าอัตราการไหลเมื่อท่อมี่ขนาดเล็กที่สุดที่มีขาย (0.015 ม.) ทำให้สามารถแก้สมการและอัตราการไหลมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราการไหลเมื่อท่อมี่ขนาดเล็กที่สุดที่มีขาย (0.015 ม.) ได้ 63 ทางเลือก

ขั้นตอนที่ 10 นำอัตราการไหลในท่อที่เลือก (ได้แก่ Q_2 Q_3 Q_4 Q_8 Q_{10} และ Q_{11}) ที่ได้ในแต่ละทางเลือก ไปหาอัตราการไหลในท่อที่ไม่ได้เลือก (ได้แก่ Q_1 Q_5 Q_6 Q_7 Q_9 Q_{12} Q_{13} และ Q_{14}) โดยแทนค่า Q_2 Q_3 Q_4 Q_8 Q_{10} และ Q_{11} ลงสมการที่การไหลต่อเนื่อง

ขั้นตอนที่ 11 หาขนาดท่อ continuous pipe diameters จากสมการ Darcy-Weisbach ทั้ง 63 ทางเลือก

ขั้นตอนที่ 12 ปรับขนาดท่อจาก continuous pipe diameters เป็น discrete pipe diameters โดยจะทำการปรับขนาดท่อ continuous pipe diameters ให้เป็นขนาดที่ใกล้เคียงกับขนาดท่อที่มีขาย ทั้ง 63 ทางเลือก

ขั้นตอนที่ 13 หาราคาระบบท่อ (C) จากสมการหาราคาระบบท่อ ทั้ง 63 ทางเลือก

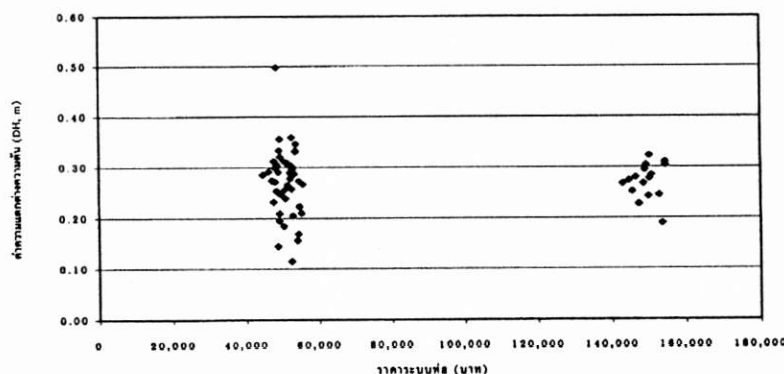
ขั้นตอนที่ 14 หาความดันที่ได้รับที่จุดใช้น้ำ

ขั้นตอนที่ 15 หาค่าความแตกต่างของความดันที่ต้องการกับความดันที่ได้รับ (DH) โดยจะใช้หลักการของ root mean square

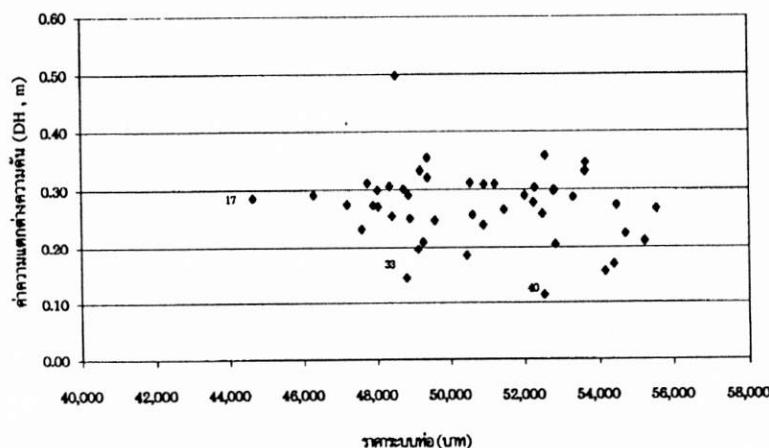
ขั้นตอนที่ 16 สร้างกราฟระหว่างราคาระบบท่อ (cost) กับค่าความแตกต่างของความดันที่ต้องการกับความดันที่ได้รับ (DH) ดังภาพที่ 2 ซึ่งจะได้จุดในกราฟทั้งสิ้น 63 จุด และกราฟในส่วนขยาย ดังภาพที่ 3

ขั้นตอนที่ 17 เลือกจุดที่ต้องการในกราฟของขั้นตอนที่ 16 โดยพิจารณาถึงลักษณะการใช้งานและงบประมาณ

จากภาพที่ 3 จะพบว่าทางเลือกหรือจุดที่น่าเลือกได้แก่ ทางเลือกที่ 17 33 และ 40 เนื่องจากให้ราคาระบบท่อต่ำ และค่าความแตกต่างของความดันที่ต้องการกับความดันที่ได้รับ (DH) ต่ำกว่าทางเลือกอื่นๆ ซึ่งการเลือกจะใช้ทางเลือกใดนั้นจะต้องพิจารณาถึงลักษณะการใช้งานและงบประมาณ เช่น หากมีงบประมาณไม่มาก และจุดใช้น้ำไม่เน้นไปที่ค่าความแตกต่างความดันก็สามารถเลือกใช้ทางเลือกที่ 17 ได้ และจะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ได้แก่ $D'_1=0.050$ ม. $D'_2=0.015$ ม. $D'_3=0.025$ ม. $D'_4=0.015$ ม. $D'_5=0.050$ ม. $D'_6=0.015$ ม. $D'_7=0.040$ ม. $D'_8=0.015$ ม. $D'_9=0.065$ ม. $D'_{10}=0.015$ ม. $D'_{11}=0.015$ ม. $D'_{12}=0.030$ ม. $D'_{13}=0.050$ ม. และ $D'_{14}=0.030$ ม. มีราคาระบบท่อ 44,644 บาท



ภาพที่ 2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาระบบท่อ (cost) กับค่าความแตกต่างของความดัน (DH)



ภาพที่ 3 กราฟส่วนขยายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างราคาระบบท่อ (cost) กับค่าความแตกต่างของความดัน (DH)

สรุป

วิธี Analytical Method เป็นวิธีที่ใช้หาขนาดท่อ โดยที่ราคาระบบท่อต่ำที่สุดจริง แต่ขนาดท่อที่หาได้ (continuous pipe diameters) บางขนาดท่อไม่สามารถหาใช้ได้ (หรือไม่มีขาย) ทำให้ต้องเลือกใช้ขนาดท่อที่ใกล้เคียงจากท่อที่มีให้ใช้ (หรือมีขาย) ซึ่งคือ discrete pipe diameters แต่การใช้ท่อที่มีขายทำให้ความดันที่ได้รับเปลี่ยนไปจากความดันที่ต้องการ ดังนั้นในการพิจารณาขนาดท่อต้องพิจารณาทั้งราคาระบบท่อ และความแตกต่างความดันที่ได้รับกับความดันที่ต้องการ (DH) เพื่อให้มีความเหมาะสมทั้งลักษณะการใช้งาน และเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

สัจจะ เสดบุตร. 2541. การหาขนาดท่อที่ให้ค่าท่อต่ำสุด ในระบบท่อเครือข่าย. วิศวกรรมสาร ม.ช. 25 (4): 21-33.

สัจจะ เสดบุตร. 2543. ค่าท่อในระบบท่อเครือข่าย. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ วิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 6 เล่ม 2. กรุงเทพฯ.

Kessler, A. and Shamir, U. 1989. Analysis of the linear programming gradient method for optimal design of water supply networks. *Water Resou. Res.* 25(7) : 1469-1480.

ภาคผนวก

ก. ราคาท่อ

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ PVC ชั้น 8.5 ที่มีขาย ได้แก่ 0.015, 0.020, 0.025, 0.030, 0.040, 0.050, 0.065, 0.080, 0.100, 0.125, 0.150, 0.200, 0.300,

0.350, 0.400, 0.450, 0.500 และ 0.600 เมตร ซึ่งค่าลงทุนต่อหน่วยของท่อ (m_i) สามารถหาได้โดยการเปรียบเทียบราคาท่อในท้องตลาด มีค่า $m = 1/m^*$ เมื่อ $m^* = -0.0025D^4 + 0.0055D^3 - 0.0039D^2 + 0.001D + 0.00003$

ข. ทางเลือกที่เหมาะสม

ทางเลือกที่เหมาะสมในกราฟ ดังภาพที่ 3 มีด้วยกัน 3 ทางเลือก ซึ่งมีค่าต่างๆ ดังตารางที่ ข.1

ตารางที่ ข.1 แสดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อสำหรับทางเลือกที่น่าเลือก กรณีบ้านขาม-ชัยาวรี

DISCRETE PIPE DIAMETERS (m)	ทางเลือกที่		
	17	33	40
D' ₁	0.050	0.080	0.080
D' ₂	0.015	0.065	0.065
D' ₃	0.025	0.015	0.015
D' ₄	0.015	0.015	0.050
D' ₅	0.050	0.015	0.015
D' ₆	0.015	0.030	0.030
D' ₇	0.040	0.040	0.015
D' ₈	0.015	0.015	0.015
D' ₉	0.065	0.065	0.065
D' ₁₀	0.015	0.015	0.015
D' ₁₁	0.015	0.015	0.015
D' ₁₂	0.030	0.030	0.030
D' ₁₃	0.050	0.050	0.050
D' ₁₄	0.030	0.030	0.030
DH (m)	0.271	0.137	0.108
ราคาระบบท่อ (บาท)	44,644	48,811	52,528