

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภาพรวมของปัญหาการไหลในระบบท่อ

ระบบท่อเกิดจากการนำท่อหลายๆท่อมาเชื่อมต่อกันซึ่งอาจจะต่อกันเป็นวงปิดหรือไม่เป็นวงปิดก็ได้ แต่ในที่นี้เราสนใจเฉพาะระบบท่อที่ประกอบกันเป็นวงปิด

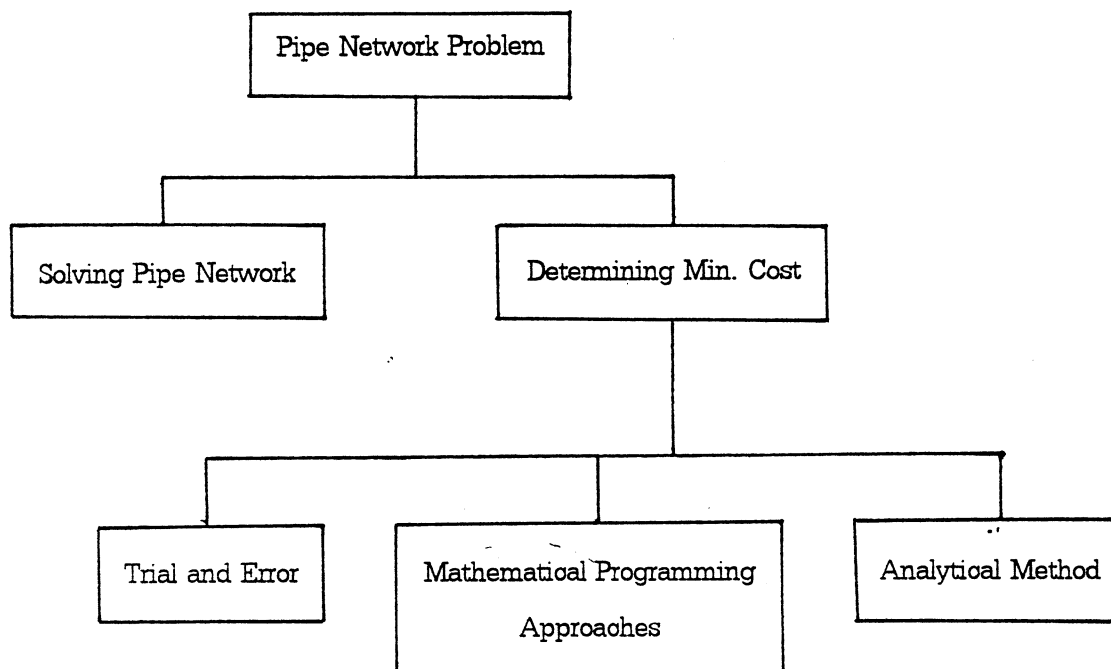
ระบบท่อนั้นมีหน้าที่ในการลำเลียงน้ำจากแหล่งจ่ายน้ำไปยังผู้ใช้น้ำ และเพื่อให้ระบบท่อดังกล่าวสามารถส่งน้ำได้ในปริมาณที่ต้องการและมีแรงดันเพียงพอที่จะส่งน้ำเข้าไปในอาคารได้ ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาปริมาณการไหลและแรงดันในระบบท่อ โดยที่รู้ขนาดท่อทั้งหมดในระบบแล้ว

ถ้าหากต้องการก่อสร้างระบบท่อนี้ขึ้นมาใหม่จำเป็นต้องออกแบบระบบท่อเสียก่อน การออกแบบระบบท่อนั้นหมายถึงการหาขนาดท่อทุกท่อที่อยู่ในระบบเพื่อที่จะสามารถส่งน้ำได้ในปริมาณที่ต้องการและมีแรงดันพอสำหรับส่งน้ำเข้าไปยังอาคาร ถ้าขนาดท่อในระบบเล็กเกินไปจะเกิดการสูญเสียแรงดันในระบบท่อสูงมากซึ่งจะทำให้ไม่มีแรงดันพอที่จะส่งน้ำเข้าไปในอาคารได้ แต่ถ้าหากขนาดท่อในระบบใหญ่เกินไปก็เป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นคำถามที่ว่าขนาดท่อเท่าใดจึงจะเหมาะสม เป็นปัญหาที่วิศวกรจะต้องตอบให้ได้

เนื่องจากระบบท่อโดยทั่วไปนั้นมีราคาแพงมากและเพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายจึงจำเป็นต้องออกแบบระบบท่อให้ประหยัดที่สุดซึ่งเป็นปัญหาที่ยากยิ่งกว่าปัญหาแรกเสียอีก

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันวิธีการออกแบบระบบท่อที่ประหยัดที่สุดหรือวิธีการหาระบบท่อที่ถูกที่สุดที่นิยมใช้กันคือ วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) วิธีดังกล่าวต้องอาศัยการคำนวณซ้ำๆกันหลายครั้งและไม่อาจแน่ใจได้ว่าระบบท่อที่ได้เป็นระบบที่ประหยัดที่สุด ต่อมาได้มีการพัฒนาความรู้เกี่ยวกับ โปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) ซึ่งเป็นวิธีการหาค่าสูงสุดหรือต่ำที่สุดของฟังก์ชัน ดังนั้นจึงมีผู้นำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการหาระบบท่อที่ถูกที่สุด แต่วิธีการดังกล่าวยังต้องพัฒนาไปอีกมากและเหมาะสมกับระบบใหญ่ๆมากกว่าระบบเล็กๆซึ่งในปัจจุบันนี้ระบบท่อที่สร้างขึ้นมามีส่วนใหญ่นั้นเป็นระบบเล็กๆ เช่นระบบท่อสำหรับหมู่บ้านจัดสรร อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังมีข้อบกพร่องอีกมากและยังต้องการการพัฒนาเพื่อที่จะนำไปใช้ได้จริงในทางปฏิบัติ

ในการศึกษครั้งนี้ขอเสนอ Analytical Method สำหรับหาระบบท่อที่ถูกที่สุด ซึ่งเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการออกแบบระบบท่อที่ถูกที่สุด วิธีนี้ให้ความมั่นใจว่าระบบท่อที่ได้จะประหยัดกว่าระบบที่ได้จากวิธีลองผิดลองถูก และเหมาะสมกับระบบที่เล็กมากกว่าวิธี Mathematical Programming Approaches ภาพรวมของปัญหาเกี่ยวกับระบบท่อแสดงไว้ในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ภาพรวมของปัญหาเกี่ยวกับระบบท่อ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

การศึกษครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเสนอแนวทางใหม่ในการออกแบบระบบท่อที่ประหยัดที่สุด วิธีดังกล่าวเรียกว่า Analytical Method

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. การไหลเป็นแบบคงตัว (steady state)
2. การไหลในระบบท่อเป็นแบบ fully turbulent flow
3. ให้ขนาดท่อเป็นตัวแปรแบบต่อเนื่อง (continuous variables)
4. ให้ค่าใช้จ่ายของระบบท่อน้อยอยู่กับขนาดท่อและความยาวท่อเท่านั้น

1.4 ภาพรวมของรายงาน

ในบทที่ 2 อธิบายถึงวิธีแก้ปัญหาระบบท่อต่างๆไป ได้แก่ Hardy Cross Method, Newton-Raphson Method และ Linear Theory Method และยังได้สรุปผลงานวิจัยเกี่ยวกับการหาระบบท่อที่ถูกที่สุดที่มีผู้ศึกษามาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

ไม่ว่าจะเป็นการวิเคราะห์หรือออกแบบระบบท่อก็ตามจำเป็นต้องอาศัยความรู้เกี่ยวกับการไหลในท่อ และการไหลในระบบท่อ ในบทที่ 3 อธิบายความรู้เกี่ยวกับการไหลในท่อ กล่าวคือกฎการอนุรักษ์ต่างๆที่ควบคุมพฤติกรรมของการไหลทุกชนิดรวมทั้งการไหลในท่อด้วย กฎดังกล่าวคือ กฎการอนุรักษ์มวล กฎการอนุรักษ์พลังงาน และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม แต่กฎที่จำเป็นสำหรับการแก้ปัญหาระบบท่อในท่อนี้มีเพียง 2 กฎเท่านั้นคือ กฎการอนุรักษ์มวล และกฎการอนุรักษ์พลังงาน ส่วนกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมในขั้นนี้ไม่จำเป็นต้องใช้ เมื่อมีการไหลในท่อจะต้องเกิดการสูญเสียพลังงานหรือแรงดันในท่อ ดังนั้นจึงต้องคำนวณหาการสูญเสียเหล่านี้ออกมาให้ได้ ซึ่งสมการสำหรับหาการสูญเสียแรงดันในท่อมียุหลายสมการ แต่จะขอกกล่าวถึงสมการ Darcy-Wiesbach, สมการ Hazen-Williams และสมการ Exponential เท่านั้น และในการศึกษาครั้งนี้จะเลือกใช้สมการ Darcy-Wiesbach สำหรับหาค่าการสูญเสียแรงดันในท่อ ต่อมาเป็นการหาפקเตอร์ความเสียดทานซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญในการหาการสูญเสียแรงดันในท่อ จากความรู้เกี่ยวกับการไหลในท่อที่อธิบายในบทที่ 3 เมื่อนำมาประกอบกับความรู้เกี่ยวกับการไหลในระบบท่อที่อธิบายในบทที่ 4 ก็สามารถนำไปแก้ปัญหาระบบท่อได้ ในบทที่ 4 ได้กล่าวถึงกฎการอนุรักษ์ต่างๆที่ได้อธิบายในบทที่ 3 แต่ในบทนี้จะนำกฎเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้กับระบบท่อ ในหัวข้อที่ 4.4 อธิบายวิธีแก้ปัญหาระบบท่อเพื่อหาอัตราการไหลและแรงดันในระบบท่อ โดยอธิบายในรูปของตัวอย่างซึ่งตัวอย่างนี้จะนำไปอธิบายวิธีการหาระบบท่อที่ถูกที่สุดด้วย ส่วนในหัวข้อสุดท้ายเป็นการอธิบายการแก้ปัญหาระบบท่อที่ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำและมีแหล่งจ่ายน้ำมากกว่าหนึ่งแหล่ง

บทที่ 5 เป็นการหาระบบท่อที่ถูกที่สุด ซึ่งมีอยู่ 3 วิธีคือ วิธีลองผิดลองถูก (Trial and Error) วิธีโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming Approaches) และ Analytical Method แต่ก่อนที่จะหาระบบท่อที่ถูกที่สุดได้ต้องอธิบายการหาค่าใช้จ่ายของระบบท่อเสียก่อน

สำหรับวิธีลองผิดลองถูกนั้นจะนำตัวอย่างที่ใช้ในหัวข้อที่ 4.4 มาใช้อีกครั้งหนึ่ง ส่วนวิธีโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ในหัวข้อที่ 5.5 นั้นอธิบายวิธีดังกล่าวโดยสรุป ในหัวข้อสุดท้ายเป็นการแนะนำวิธี Analytical Method เบื้องต้น หลังจากนั้นในบทที่ 6 เป็นการอธิบายวิธี Analytical Method โดยใช้ตัวอย่างเดิมที่เคยใช้ในหัวข้อที่ 4.4 และ 5.4 เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ วิธี Analytical Method แบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ Brute Force Method และ Calculus Method ทั้งสองวิธีดังกล่าวมีหลักการเหมือนกัน แต่แตกต่างกันตรงการหาขนาดท่อที่ทำให้ได้ระบบที่ถูกที่สุด ส่วนในบทสุดท้ายบทที่ 7 เป็นการสรุปและเสนอแนะสำหรับผู้สนใจจะศึกษาต่อไป