การออกแบบขนาดท่อน้ำเย็นในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

DESIGN THE SIZE OF COLD WATER PIPE IN BUILDING BY USING MICROCOMPUTER.

นายศักดา สุรพุกษ์

MR.SAKDA SURAPURK

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032574

DESIGN THE SIZE OF COLD WATER PIPE

IN BUILDING BY USING MICROCOMPUTER.

MR.SAKDA SURAPURK

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

KING MONGKUT 'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1992

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032574

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานนิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ การออกแบบขนาดท่อน้ำเย็นภายในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

นักศึกษา นายศักดา สุรพฤกษ์ รหัสประจำตัว 32.1328

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สกุล ห่อวโนทยาน

คณะกรรมการสอบโครงงานนิเศษ	ลายมือชื่อ
อ.ศิลป์ชัย จานสุวรรณ อ.วิบูลย์ วุฒิญาณ อ.สุพจน์ ศรีนิล	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายสุรัตน์ หวังเจริญ)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ.2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การออกแบบขนาดท่อน้ำเย็นภายในอาคารโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

นักศึกษา นายศักดา สุรพากษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สกุล ห่อวรินทยาน

ระดับการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

พ.ศ. 2535

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบขนาดท่อน้ำสำหรับระบบจ่ายน้ำเย็นของอาคารที่มีลักษณะการจ่ายน้ำลงมาจากถังสูงบนหลังคา ซึ่งขนาดของท่อน้ำที่โปรแกรมคำนวณได้ จะเป็นขนาดที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไปในท้องตลาด และโปรแกรมจะคำนวณหาขนาดของท่อในทุกๆ ส่วน ตั้งแต่ท่อแยก (LATERALS) และท่อดิ่ง (RISERS) รวมทั้งท่อจ่ายรอง (SUBMAINS) และท่อจ่ายหลัก (MAIN) ซึ่งมีขนาดท่อใหญ่สุดไม่เกิน 6"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	DESIGN THE SIZE OF COLD WATER PIPE IN BUILDING BY USING MICROCOMPUTER.
Student	MR.SAKDA SURAPURK
Project Advisor	MR.SAKUL WHAUWANOTAYAN
Level of Study	Bachelor of Engineering in Construction Engineering
Department	Civil Engineering Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Year	1992

ABSTRACT

This special project used microcomputers to design and find the diameters of the pipe for a feed down system and cold water that feeds water from a water tank, on the roof of the building. The diameters of the pipes that calculates, are the sizes that can buy in the plumbing stores. This program can calculate and give diameters of any part of the pipes that are laterals, risers, submains and main. The biggest size of the pipe that this program can calculate is 6 inches.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์สกุล ห่อวรินทยาน ที่ให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุทุกท่าน ที่ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ต่างๆให้แก่ข้าพเจ้า

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ เพื่อน ๆ และรุ่นน้อง ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเขียนโปรแกรม รวมทั้งให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ท้ายที่สุด บุคคลที่ข้าพเจ้ามิอาจจะลืมกล่าวถึงก็คือ บิดา และ มารดา ผู้ซึ่งเปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียน คอยสนับสนุนทั้งเงินทุน และกำลังใจตลอดมา

ผู้จัดทำ

นายศักดา สุรพลกษ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญภาพ VI

สารบัญตาราง VII

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 2

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ 2

1.4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 2

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ 3

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. เนื้อเรื่อง

2.1 จุดประสงค์ของระบบท่อ 4

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบท่อ 5

2.3 แบบและสัญลักษณ์ของระบบท่อ 6

2.4 วัสดุของท่อประปา 12

2.5 ระบบท่อประปาสำหรับอาคาร 13

2.5.1 ระบบจ่ายน้ำขึ้น 13

2.5.2 ระบบจ่ายน้ำลง 14

2.6 การกระแทกของน้ำ 20

2.7 การป้องกันการกระแทกของน้ำ 22

2.8 อัตราการไหลและความดันของเครื่องสุขภัณฑ์ 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.9 ความต้องการน้ำต่อวัน 26
2.10 ขนาดท่อสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ 27
2.11 การประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุด 28
2.12 การคำนวณหาขนาดท่อน้ำ 34
2.13 ความดันลดภายในท่อ 36
2.14 ขั้นตอนในการหาขนาดท่อประปา 40
3. ขั้นตอนการคำนวณในโปรแกรม 41
4. วิธีการใช้โปรแกรม 43
5. ตัวอย่างการคำนวณด้วยมือและใช้โปรแกรม 48
6. สรุปและข้อเสนอแนะ 54
เอกสารอ้างอิง 55
ภาคผนวก 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1 ระบบจ่ายน้ำโดยถังอัดความดัน 15
รูปที่ 2 ระบบจ่ายน้ำโดยถังสูงบนชั้นหลังคา 16
รูปที่ 3 ระบบจ่ายน้ำโดยใช้ถังสูงหลายถัง 18
รูปที่ 4 ระบบจ่ายน้ำแบบผสม 19
รูปที่ 5 แสดงการเกิดการกระแทกของน้ำ 21
รูปที่ 6 การติดตั้งห้องอากาศสำหรับอ่างล้างมือ 23
รูปที่ 7 การใช้ห้องอากาศสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์หลายชุด 23
รูปที่ 8 อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล 24
รูปที่ 9 สมรรถนะของ flexible orifice 25
รูปที่ 10 HUNTER'S CURVE 32
รูปที่ 11 HUNTER'S CURVE 32
รูปที่ 12 Pipe friction chart for galvanized iron and steel standard weight pipe 37
รูปที่ 13 Pipe friction chart for Schedule 40 plastic pipe : PE, ABS, PVC 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1	อัตราการไหลและความดันสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์	24
ตารางที่ 2	อัตราความต้องการน้ำเป็นหน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์	30
ตารางที่ 3	Estimateing demand (Hunter's curve)	31
ตารางที่ 4	Hospital water factors	33
ตารางที่ 5	Office building, schools, and apartment water factors	33
ตารางที่ 6	ความยาวสมมูลของข้อต่อ และอุปกรณ์เป็นเมตร	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากการที่ปัจจุบันประเทศไทยได้มีอาคารขนาดใหญ่เกิดขึ้น ทั้งในด้านเนื้อที่ใช้สอยและในด้านความสูงและนับวันจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งอาคารเหล่านี้ต้องมีการเดินท่อต่างๆ ที่ถูกต้องและเพียงพอแก่การใช้สอยของผู้ใช้อาคารนั้น การออกแบบขนาดท่อจะพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ แล้วนำมาคำนวณจะแสดงให้เห็นว่า ระบบท่อต้องการท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กลงเป็นชั้นๆ จนถึงปลายท่อ และมีค่าแรงเสียดทานที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำผ่านท่อและข้อต่อต่างๆ ไม่มากเกินไป

จากการที่เอกสารต่างๆ ที่มีอยู่มักจะกล่าวถึงเฉพาะระบบท่อประปาและท่อน้ำทิ้ง ในขณะที่วิศวกรจะต้องรับผิดชอบในการออกแบบระบบท่อทุกชนิดของอาคาร สภาวะดังกล่าวทำให้มองเห็นได้ว่า การนำคอมพิวเตอร์มาช่วยคำนวณในการออกแบบระบบท่อภายในอาคารมีความเป็นไปได้และให้ประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบระบบท่อภายในอาคาร เป็นการย่นระยะเวลาการออกแบบ เพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบและเป็นการพัฒนาการออกแบบ โดยการประยุกต์เข้ากับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ที่กำลังมีบทบาทต่องานในแขนงต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานทางด้านวิศวกรรม

การศึกษาครั้งนี้ได้เห็นประโยชน์ดังกล่าวมาข้างต้น จึงได้ศึกษาถึงการหาเกณฑ์การออกแบบระบบท่อน้ำใช้ภายในอาคาร โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณการออกแบบ เพื่อจะให้ได้โปรแกรมสำเร็จรูปตามช่วงความสูงของอาคาร ด้วยการพิจารณาทั้งหลักการออกแบบทางทฤษฎีและการปฏิบัติควบคู่กันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อหาเกณฑ์การออกแบบระบบท่อน้ำใช้ในอาคารสูงโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ
2. เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาการออกแบบระบบท่อในอาคาร โดยพิจารณาถึงขนาดของท่อที่เหมาะสมเพื่อการประหยัดการลงทุนค่าก่อสร้างระบบเส้นท่อ
3. เพื่อหาขนาดของท่อที่เหมาะสมกับระดับความสูงของอาคารที่คำนวณได้
4. เพื่อความรวดเร็วในการออกแบบระบบท่อน้ำใช้ในอาคารสูง

1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

ระบบการจ่ายน้ำจะใช้ระบบการจ่ายน้ำลงจากถังสูง ซึ่งติดตั้งอยู่บนชั้นบนสุดของอาคาร และได้มีการประมาณอัตราการใช้น้ำ ได้แก่ การเทียบอัตราการใช้น้ำของเครื่องสุขภัณฑ์เป็นหน่วยเปรียบเทียบ เรียกว่า หน่วยสุขภัณฑ์ (fixture unit ย่อว่า FU) ความดันของน้ำที่ต่ำหรือสูงเกินไปต่างก็เป็นปัญหาในการจ่ายน้ำประปา เพราะทำให้เกิดความไม่สะดวกและอาจทำให้เกิดน้ำกระแทก (water hammer) ซึ่งทำให้เกิดเสียง ความสั่นสะเทือน หรือเกิดการสึกกร่อนภายในท่อได้ ทำให้อายุการใช้งานลดลง ในทำนองตรงกันข้าม ความเร็วต่ำอาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการผุกร่อนเป็นสนิม การเกิดตะกรันหรือการมีคุณภาพที่เลวลงด้วย การสูญเสียความดันในท่อ หรือ ความดันลดภายในท่อเกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียพลังงานอันเนื่องมาจากความเสียดทานของท่อ ข้องอ ข้อต่อ และวาล์วต่างๆ การหาค่าการสูญเสียความดันในท่อ มีวิธีการคำนวณหลายอย่าง เช่น สูตรของ Darcy-weisbach หรือ สูตรของ Hazen-williams ซึ่งสามารถนำมาใช้งานได้สะดวกไม่ยุ่งยาก หรือสมการของ Bernoulli

1.4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ออกแบบเฉพาะท่อน้ำใช้ (ท่อน้ำเย็น) ที่อยู่ในอาคารเท่านั้น ไม่รวมถึงท่อน้ำใช้ภายนอกอาคารและท่อน้ำร้อนภายในอาคาร ใช้ระบบจ่ายลงของถังเก็บน้ำที่อยู่ชั้นบนสุดของอาคาร และใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ช่วยในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ

ศึกษาวิธีการคำนวณการออกแบบระบบท่อน้ำใช้ในหลายๆ แนวทาง เพื่อเลือกวิธีการคำนวณที่เหมาะสมมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมการคำนวณ

ศึกษาข้อกำหนดในการออกแบบตามมาตรฐานการเดินท่อภายในอาคาร

ศึกษาลักษณะการวางท่อของอาคารสูงประเภทที่พักอาศัยที่นิยมใช้โดยทั่วไป

1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

ในการจัดทำโครงงานพิเศษนี้มีผลที่คาดว่าจะได้รับ ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับการออกแบบระบบท่อน้ำภายในอาคาร ระบบจ่ายน้ำลงของถังเก็บน้ำในอาคารสูง
2. ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการสร้างโปรแกรมออกแบบระบบท่อน้ำภายในอาคาร
3. สามารถใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้ ช่วยในการออกแบบระบบท่อน้ำเพื่อความรวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

2.1 จุดประสงค์ของระบบท่อ

การติดตั้งระบบท่อต่างๆ ให้กับอาคารก็เพื่อความเหมาะสมและความสุขสบายอย่างถูกสุขลักษณะของผู้ใช้สอยอาคารนั้นๆ ท่อส่ง (supply pipe) จะนำน้ำส่งไปยังจุดที่ต้องการใช้ และท่อระบายน้ำจะนำน้ำส่งต่อไปยังจุดที่สามารถปล่อยทิ้งได้ หรือส่งต่อไปยังโรงบำบัดของเสียต่อไป (waste treatment plant) เป็นต้น การออกแบบระบบท่อควรที่จะมุ่งถึงการที่จะให้ได้ระบบที่อำนวยประโยชน์ที่สุดด้วย (optimization of plumbing) การออกแบบอาจจะเริ่มต้นด้วยการมุ่งให้ประหยัดน้ำ และของไหลที่ใช้ในการบริโภคและใช้สอยภายในอาคารก่อน ขั้นต่อไปก็อาจจะค้นหาวิธีการลดค่าใช้จ่ายในการนำของเสียที่เหลือออกไปจากอาคาร การออกแบบระบบท่อควรจะมีจุดประสงค์รวมไปถึงการออกแบบให้ท่อมีขนาดเล็ก และความยาวน้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น รวมไปจนถึงการพยายามที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายของระบบท่อน้อยที่สุดด้วย โดยทั่วไปแล้วการที่จะบรรลุถึงจุดประสงค์หลังสุดนี้ได้ ย่อมหมายถึงการเลือกสิ่งต่อไปนี้ให้เหมาะสมที่สุด คือ วัสดุท่อ และส่วนประกอบของท่อ เครื่องสุขภัณฑ์ ฉนวนหุ้มท่อ เครื่องสูบน้ำ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบท่อต่างๆ ฉะนั้นความเข้าใจในบทบาทของระบบท่อภายในอาคารจึงจำเป็นที่จะต้องมีพื้นความรู้ต่อไปนี้

1. คุณลักษณะของของไหลที่จะส่งไปในท่อ เช่น น้ำเย็น น้ำร้อน ไอน้ำ เป็นต้น
2. วัสดุของระบบท่อและส่วนประกอบอื่นๆ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ เครื่องสูบน้ำ เครื่องทำน้ำร้อน เป็นต้น
3. ชนิดของระบบท่อแบบต่างๆ และคุณลักษณะของระบบท่อนั้นๆ เช่น ระบบแบบส่งน้ำลง (down feed system) ระบบการหมุนเวียนน้ำร้อน เป็นต้น
4. Hydraulics และ pneumatics ของของไหล
5. วิธีการติดตั้งระบบท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการเบื้องต้นของระบบท่อ

หลักการเบื้องต้นของการออกแบบระบบท่อขึ้นอยู่กับชนิดของของไหลภายในท่อเป็นอย่างมาก ในที่นี้จะชี้ให้เห็นถึงหลักการทั่วไปของระบบท่อน้ำภายในอาคารเสียก่อน ทั้งนี้เพราะระบบท่อน้ำเป็นระบบที่จะต้องพบเห็นภายในทุกอาคารอยู่เสมอ

ขั้นแรก จะต้องจัดหาน้ำเย็น(หรือน้ำประปา) ให้แก่อาคารอย่างพอเพียงแก่การใช้สอยของผู้ใช้อาคารนั้น โดยมีความดันและอัตราการไหลที่พอเหมาะ ความดันของน้ำที่เครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ ต้องการเพื่อการทำงานอย่างเหมาะสม ส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.35-1.4 บาร์(bar)(5-20psi) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ ขนาดของท่อจ่ายน้ำจะต้องมีขนาดเพียงพอแก่การจ่ายน้ำโดยไม่ทำให้เกิดเสียงดังจนเป็นที่น่ารำคาญ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำ เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องสุขภัณฑ์ และถังเก็บน้ำ ควรจะได้รับการเลือก และติดตั้งเพื่อที่จะให้สามารถบำรุงรักษาได้ง่ายและมีเครื่องสำรองการใช้งานตามความจำเป็น

ระบบท่อน้ำเสียและน้ำโสโครก ควรได้รับการออกแบบและติดตั้งเพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ระบบท่อควรจะมีช่องล้างท่อ (cleanout) อย่างเพียงพอ (cleanout เป็นช่องเปิดซึ่งติดต่อกับท่อระบายน้ำภายในอาคาร ช่องเปิดนี้ตามปกติจะมีฝาปิดอยู่ เมื่อมีการอุดตันของท่อจึงจะทำการเปิดฝาออกเพื่อขจัดสิ่งที่อุดตันออกไป)

ในทุกอาคารควรจัดให้มีท่อระบายน้ำฝน ขนาดที่เพียงพอต่อการระบายน้ำฝนออกจากอาคารในระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วส่งต่อไปยังท่อระบายน้ำสาธารณะหรือแหล่งระบายน้ำอื่นๆ

ท่อและข้อต่อของระบบท่อจะต้องไม่มีรอยรั่วซึม เมื่อทำการทดสอบด้วยความดันที่เหมาะสมกับระบบท่อ ควรทำการทดสอบท่อทุกๆ ส่วน เพื่อตรวจหารอยรั่วและข้อบกพร่องก่อนการใช้งาน

เครื่องสุขภัณฑ์ควรได้รับการติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่มีการระบายอากาศอย่างพอเพียง และสามารถเข้าถึงเพื่อการใช้สอยได้ง่ายๆ และจะต้องไม่ไปเกะกะหรือขวางการใช้งานของหน้าต่าง ประตู หรือ ทางผ่านเข้าออกอื่นๆ

เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชนิดควรจะทำด้วยวัสดุที่มีผิวเรียบและไม่ดูดกลิ่น เครื่องสุขภัณฑ์และเครื่องใช้เกี่ยวกับน้ำ ควรจะได้รับการป้องกันมิให้เกิดความสกปรก เปรอะเปื้อน อันเนื่องมาจากการไหลกลับของน้ำเสีย ถ้ามีความจำเป็นให้ใช้การต่อส่วนที่จะระบายน้ำเข้ากับระบบท่อน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียของอาคารโดยทางอ้อม (indirect drain)

เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชนิดที่ต่อเข้ากับระบบท่อน้ำเสียของอาคารโดยตรงจะต้องมีอุปกรณ์ดักกลิ่น (trap) เพื่อป้องกันมิให้แก๊สหรือกลิ่นเหม็นจากท่อน้ำเสียระเหยกลับเข้ามาในห้องได้และอากาศเสียที่อยู่ภายในท่อน้ำเสียจะต้องได้รับการระบายออกไปนอกอาคารทางท่ออากาศ (vent piping) เพื่อให้น้ำเสียภายในท่อไหลได้สะดวก

ไม่ควรที่จะทำให้ความแข็งแรงของโครงสร้างอาคารต้องเสียไปอันเนื่องมาจากการติดตั้งการเปลี่ยนแปลงหรือการซ่อมแซมระบบท่อและอุปกรณ์ ท่อควรจะได้รับการติดตั้งและรองรับอย่างเหมาะสม เพื่อให้ความดันภายในตัวท่อเอง อันเนื่องมาจากการขยายตัวและการหดตัวของท่อ หรือการทรุดตัวของอาคารน้อยที่สุด ท่อส่วนที่อยู่ใต้ดินนอกอาคารจะต้องอยู่ในระดับที่ลึกพอแก่การป้องกันความเสียหายที่อาจจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากน้ำหนักรถหรืออื่นๆ หรือมิฉะนั้นก็ต้องจัดให้เดินอยู่ภายในร่องท่อ (pipe trench)

การติดตั้งส่วนของระบบท่อ ต้องดำเนินไปพร้อมๆ กับการก่อสร้างอาคาร ทั้งนี้เพราะท่อต่างๆ มักจะซ่อนอยู่ในผนัง หรือเพดาน หรือบางครั้งก็จำเป็นที่จะต้องทะลุผ่านคานผนังหรือพื้น เพราะฉะนั้นท่อจึงจะต้องได้รับการวางแผนการติดตั้งก่อนที่ผนังหรือพื้นจะเสร็จเรียบร้อย เนื่องจากความจำเป็นในการเดินท่ออย่างถูกต้องผู้ควบคุมการติดตั้งท่อจึงต้องสามารถอ่านแบบและร่างการเดินท่อได้ และบางครั้งก็จะต้องสามารถทำแบบการเดินท่อของตนเองได้ เพื่อผนวกเข้ากับแบบของสถาปนิก จึงจะเห็นได้ว่าการดำเนินงานติดตั้งท่อนี้จะต้องอาศัยวิศวกรระบบท่อที่เข้าใจถึงระบบท่อชนิดนั้นๆ เป็นอย่างดี ตลอดจนสามารถที่จะประสานงานกับงานวิศวกรรมด้านอื่นๆ ได้อย่างเหมาะสม

2.3 แบบและสัญลักษณ์ของระบบท่อ

เพื่อให้แบบของระบบท่อชัดเจน และอ่านได้ง่าย ควรที่จะมีมาตรฐานเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อร่วมกัน ดังต่อไปนี้

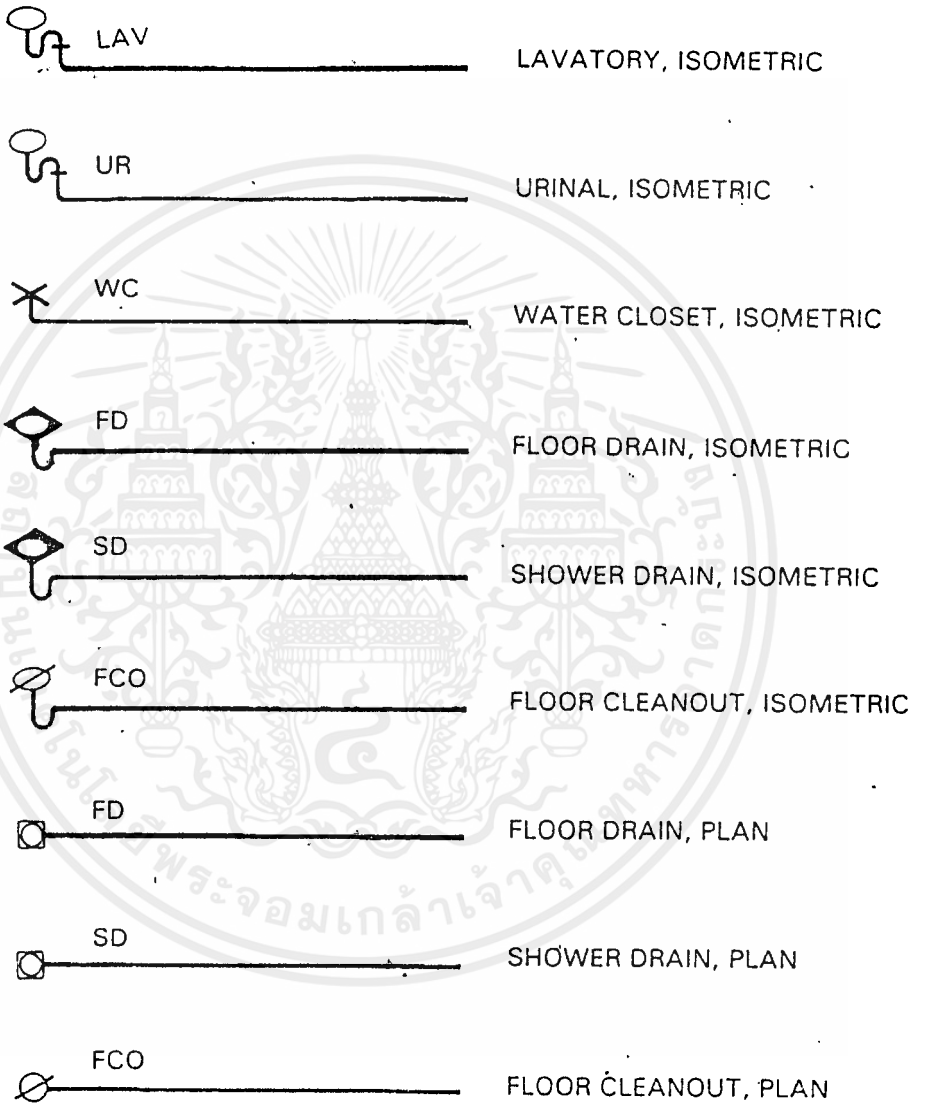
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำย่อ

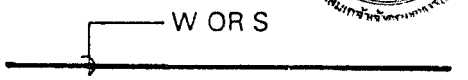
BT	อ่างอาบน้ำ (BATH TUB)
CO	ช่องล้างท่อ (CLEANOUT)
CW	น้ำเย็นหรือน้ำประปา (COLD WATER)
FCO	ช่องล้างท่อที่พื้น (FLOOR CLEANOUT)
FD	ช่องระบายน้ำที่พื้น (FLOOR DRAIN)
FH	หัวต่อน้ำดับเพลิง (FIRE HYDRANT)
FHC	ตู้สายสูบดับเพลิง (FIRE HOSE CABINET)
GPH	แกลลอนต่อชั่วโมง (GALLONS PER HOUR)
GPM	แกลลอนต่อนาที (GALLONS PER MINUTE)
HB	ก๊อกสนาม (HOSE BIBB)
LAV	อ่างล้างมือ (LAVATORY)
LPS	ลิตรต่อวินาที (LITRE PER SECOND)
LPM	ลิตรต่อนาที (LITRE PER MINUTE)
RD	ช่องระบายน้ำฝนบนหลังคา (ROOF DRAIN)
SD	ช่องระบายน้ำจากฝักบัวอาบน้ำ (SHOWER DRAIN)
SH	ฝักบัวอาบน้ำ (SHOWER)
SS	อ่างซักล้าง (SERVICE SINK)
UR	โถปัสสาวะ (URINAL)
V	ท่ออากาศ (VENT)
VTR	ท่ออากาศผ่านหลังคา (VENT THROUGH ROOF)
WC	โถส้วม (WATER CLOSET)
KS	อ่างล้างในครัว (KITCHEN SINK)
RL	ท่อระบายน้ำฝนแนวดิ่ง (ROOF LEADER)
CI	ท่อเหล็กหล่อ (CAST IRON PIPE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

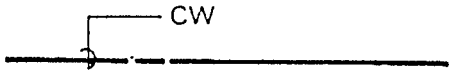
สัญญลักษณ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

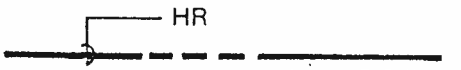


WASTE, SOIL, OR LEADER



COLD WATER

HOT WATER SUPPLY

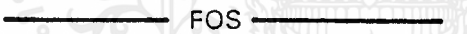


HOT WATER RETURN

VENT LINE

FIRE LINE

COMPRESSED AIR LINE



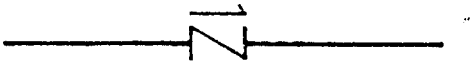
FUEL OIL SUPPLY

FUEL OIL RETURN

STEAM PIPE

CONDENSATE RETURN PIPE

GATE VALVE



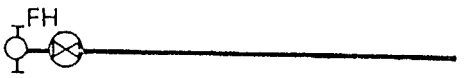
CHECK VALVE

PRESSURE GAUGE

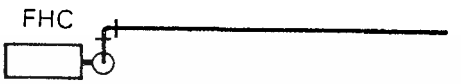
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032574

FLEXIBLE CONNECTOR

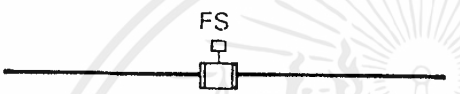


OUTDOOR FIRE HYDRANT, 2-WAY



FIRE HOSE CABINET

SIAMESE CONNECTION



FLOW SWITCH

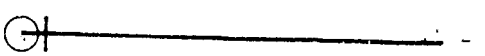
PRESSURE REDUCING VALVE

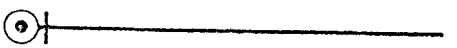
RELIEF VALVE

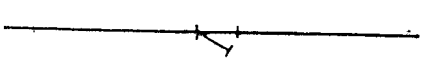
ROOF DRAIN

CONNECTION, BOTTOM

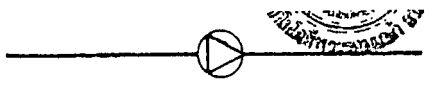
CONNECTION, TOP


ELBOW, TURNED DOWN


ELBOW, TURNED UP


STRAINER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



WATER PUMP

STEAM TRAP

WC

WATER CLOSET, FLUSH TANK

WC

WATER CLOSET, FLUSH VALVE

UR

URINAL

LAV

LAVATORY

BT

BATH TUB

SH

SHOWER HEAD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำที่จ่ายให้กับอาคารทุกประเภทที่มีจุดประสงค์ให้คนใช้สอย จะต้องเป็นน้ำที่มีคุณภาพเหมาะแก่การบริโภค โดยปกติแล้วการจัดหาแหล่งน้ำเป็นหน้าที่ของวิศวกรแหล่งน้ำโดยเฉพาะ ส่วนวิศวกรผู้ออกแบบระบบท่อประปาภายในอาคารจะถือว่าได้มีแหล่งน้ำที่เหมาะสม และเพียงพอแก่การใช้สอยภายในอาคารแล้ว การจัดหาน้ำให้กับอาคารนี้สามารถกระทำได้ง่าย ถ้าอาคารตั้งอยู่ในบริเวณที่มีแหล่งน้ำสาธารณะที่จะต่อมาเข้ากับระบบของอาคารได้ ถ้าหากว่าในบริเวณนั้นไม่มีน้ำประปาสาธารณะ หรือน้ำประปามีราคาสูงเกินไป และอาคารมีความต้องการน้ำมาก การจัดหาแหล่งน้ำของตนเองก็อาจจะเหมาะสมกว่า แหล่งน้ำดังกล่าวนี้อาจจะได้มาจากทะเลสาบ แม่น้ำ น้ำฝน หรือบ่อบาดาลก็ได้ ในกรณีที่ทำการจัดหาแหล่งน้ำเอง ก็จะต้องมีกระบวนการทำให้น้ำมีคุณภาพให้เหมาะสมกับการบริโภคได้

2.4 วัสดุของท่อประปา

โดยปกติแล้วจะมีการกำหนดมาตรฐานวัสดุของท่อประปาโดยหน่วยงานของรัฐบาล เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้ส่งน้ำ ท่อประปาภายในอาคารจะเป็น ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อเหล็กดำ (Black steel pipe) ท่อทองแดง ท่อเหล็กหล่อ หรือท่อพลาสติก เช่น ท่อ polyvinyl chloride (ท่อ PVC) ท่อ polyethylene ก็ได้ ท่อที่ใช้ส่งน้ำภายในอาคารที่นิยมกันมากที่สุด คือ ท่อเหล็กอาบสังกะสี ทั้งนี้เพราะมีความต้านทานต่อการกัดกร่อนได้ดีพอสมควร และราคาไม่สูงจนเกินไป ถึงแม้ว่าท่อเหล็กดำจะมีราคาถูกกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสี แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมใช้เป็นท่อประปาของอาคาร ทั้งนี้เพราะจะเกิดการกัดกร่อนได้เร็วกว่า ส่วนท่อที่นิยมใช้กันมากเช่นกันก็คือ ท่อ PVC แต่จะต้องใช้ในที่ไม่ถูกกับแสงแดด เพราะคุณภาพของท่อจะเสื่อมและเกิดการอ่อนตัวหรือบวมได้ ท่อ PVC สามารถต่อได้ง่ายโดยการใช้น้ำยาประสานและมีน้ำหนักเบา จึงเป็นเหตุผลให้มีการนำมาใช้กันมากขึ้น แต่ข้อต่อจะไม่มีความแข็งแรงเท่ากับท่อโลหะ สำหรับท่อทองแดงจะมีราคาสูงกว่าท่อเหล็กมาก ฉะนั้นในประเทศเราจึงไม่สู่ที่จะนิยมนำมาใช้เป็นท่อประปา อย่างไรก็ตามท่อทองแดงจะทนกว่าท่อเหล็ก ทนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี มีผิวเรียบและเกิดตะกรันจับช้า จึงมีความต้านทานต่อการไหลของน้ำน้อยกว่าท่อเหล็ก ซึ่งหมายถึงว่าผู้ออกแบบอาจจะสามารถใช้ขนาดท่อเล็กกว่าท่อเหล็กได้ และเมื่อคิดถึงอายุการใช้งานของท่อทองแดง ซึ่งนานกว่าท่อเหล็กแล้ว จะเห็นได้ว่าท่อทองแดงมีความเหมาะสมอยู่มากเช่นกัน ส่วนมากแล้วนิยมใช้ท่อทองแดงในการส่งน้ำร้อนแก่การใช้สอยในอาคาร เช่น ในโรงแรม โรงพยาบาล เป็นต้น สำหรับท่อเหล็กหล่อมักจะไม่นำมาใช้เป็นท่อส่งน้ำภายในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่มักจะใช้เป็นท่อประปาที่อยู่ใต้ดินภายนอกอาคาร ซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตตั้งแต่ 100 มม. ขึ้นไป

2.5 ระบบท่อประปาสำหรับอาคาร

เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ที่ใช้น้ำบางชนิดก็ต้องการแต่เพียงน้ำเย็นเพียงอย่างเดียว บางชนิดก็ต้องการน้ำร้อนด้วย ตามหลักเศรษฐศาสตร์แล้วจะต้องเดินท่อให้มีระยะทางสั้นที่สุด ดังนั้นทางทฤษฎีแล้วท่อจะต้องเริ่มจากแหล่งน้ำ แล้วเดินเป็นเส้นตรงไปยังจุดที่ต้องการใช้น้ำ แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถที่จะทำได้ด้วยเหตุผลหลายประการ ประการแรก เนื่องจากจะต้องรักษาความสวยงามของอาคารเอาไว้ ทำให้จำเป็นที่จะต้องซ่อนท่อไว้ในเพดาน กำแพง หรือ ช่องท่อ ประการที่สอง โครงสร้างของอาคารอาจจะขวางทางเดินของท่อ ทำให้จำเป็นที่จะต้องเดินท่ออ้อมไปทางด้านอื่น และประการสุดท้าย เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษา และซ่อมแซมท่อ จึงจำเป็นที่จะต้องพยายามที่จะรวมระบบท่อชนิดต่างๆ เอาไว้ด้วยกัน ซึ่งเป็นการป้องกันมิให้มีการเจาะรูจำนวนมากที่โครงสร้างของอาคารเพื่อให้เป็นทางผ่านของท่อด้วย

ความดันที่ช่วยในการส่งน้ำจากแหล่งน้ำไปยังจุดที่ต้องการใช้น้ำ อาจจะมาจากความดันในท่อเมนประปา ความดันจากเครื่องสูบน้ำ หรือ ความดันจากถังเก็บน้ำซึ่งตั้งอยู่บนหลังคา เป็นต้น ในกรณีของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ต้องการทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็น วิศวกรระบบท่อควรจะต้องออกแบบให้ความดันภายในท่อน้ำร้อนและน้ำเย็น ณ ตำแหน่งที่จะจ่ายเข้าเครื่องสุขภัณฑ์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก มิฉะนั้นแล้วอาจจะทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถที่จะผสมน้ำให้มีความร้อนตามต้องการได้ หรือทำให้การปรับวาวล์ผสมน้ำกระทำได้ยากนั่นเอง ทั้งนี้เพราะน้ำภายในท่อที่มีความดันสูงกว่า จะพยายามดันเข้าไปภายในท่อที่มีความดันต่ำกว่าในขณะที่เปิดวาวล์ผสมน้ำ ระบบการจ่ายน้ำของอาคารอาจจะแบ่งออกตามลักษณะของการออกแบบได้เป็น 2 ประเภท คือ

- ระบบจ่ายน้ำขึ้น (upfeed system)
- รบบจ่ายน้ำลง (downfeed system)

2.5.1 ระบบจ่ายน้ำขึ้น

ระบบจ่ายน้ำขึ้น หมายถึง ระบบการจ่ายน้ำภายในอาคาร ซึ่งทำการจ่ายน้ำให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆ ในขณะที่ท่อจ่ายน้ำเดินจากชั้นล่างขึ้นไปตามความสูงของอาคาร ในกรณีของบ้านอยู่อาศัยทั่วไป ซึ่งมีความสูงเพียง 2 ชั้น ความดันจากท่อเมนของการประปาแต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

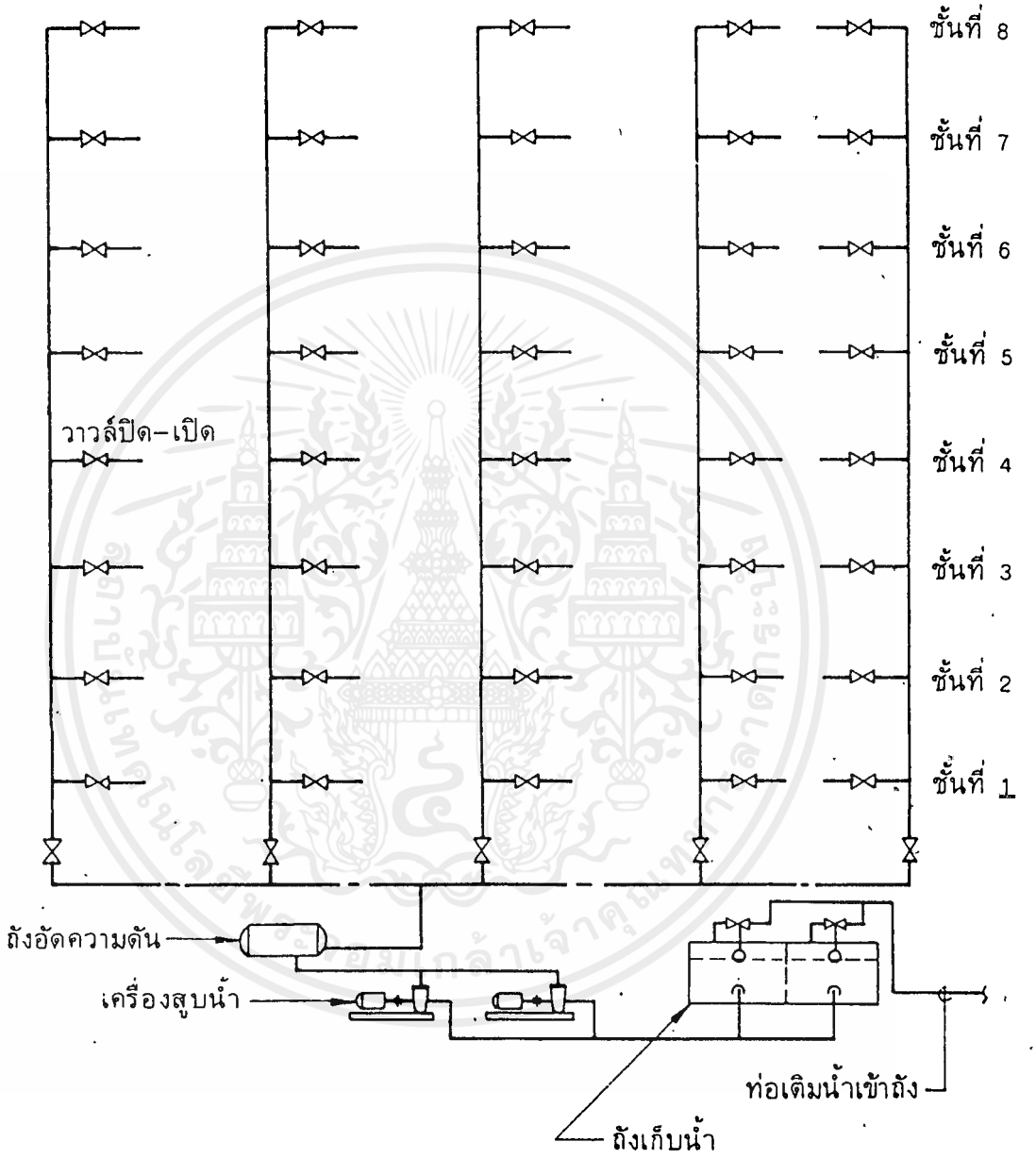
เพียงอย่างเดียว ควรจะเพียงพอแล้ว เพราะตามมาตรฐานของการประปาแล้ว ความดันในเส้นท่อ ณ ตำแหน่งใดๆ จะต้องไม่น้อยกว่า 2 บาร์ ซึ่งก็เพียงพอสำหรับการจ่ายน้ำให้กับอาคารได้สูงถึง 3 ชั้นแล้ว ในกรณีที่ความดันในบางพื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ผู้อยู่อาศัยก็จำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องสูบน้ำ (booster pumping set) ช่วยเสริมความดันในเส้นท่อ

สำหรับอาคารที่มีหลายชั้น ระบบจ่ายน้ำขึ้นอาจจะมีลักษณะดังรูปที่ 1 ระบบดังกล่าวประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำ ซึ่งดูดน้ำจากถังเก็บน้ำแล้วอัดเข้าไปภายในถังอัดความดัน (pneumatic or pressure tank) จนกระทั่งระดับน้ำภายในถังอัดความดันสูงถึงระดับที่ต้องการ ส่วนเครื่องอัดอากาศ (air compressor) ซึ่งมิได้แสดงอยู่ในรูปจะอัดอากาศเข้าไปในถังอัดความดันจนกระทั่งมีความดันตามต้องการ และเพียงพอแก่การจ่ายน้ำขึ้นไปยังชั้นต่างๆ ของอาคาร ในรูปแสดงถึงอาคารที่มี 8 ชั้น และระบบท่อประกอบด้วยท่อดิ่ง (riser) เพียง 5 ท่อ ระบบที่ใช้กับถังอัดความดันในการเพิ่มแรงดันให้เส้นท่อนี้เหมาะสำหรับอาคารขนาดปานกลาง ซึ่งมีความสูงไม่เกิน 10 ชั้น และพื้นที่ใช้งานไม่มากกว่า 10,000 ตารางเมตร เท่านั้น สำหรับอาคารที่มีความสูงมากกว่านี้ ควรจะใช้ระบบถังเก็บน้ำสูง เพราะจะช่วยประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่ายอื่นๆ ได้มากกว่า อีกประการหนึ่ง สำหรับอาคารขนาดใหญ่ที่มีความต้องการน้ำมาก ระบบถังอัดความดันจะมีถังอัดความดันที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าความเหมาะสมทางด้านปฏิบัติ

2.5.2 ระบบจ่ายน้ำลง

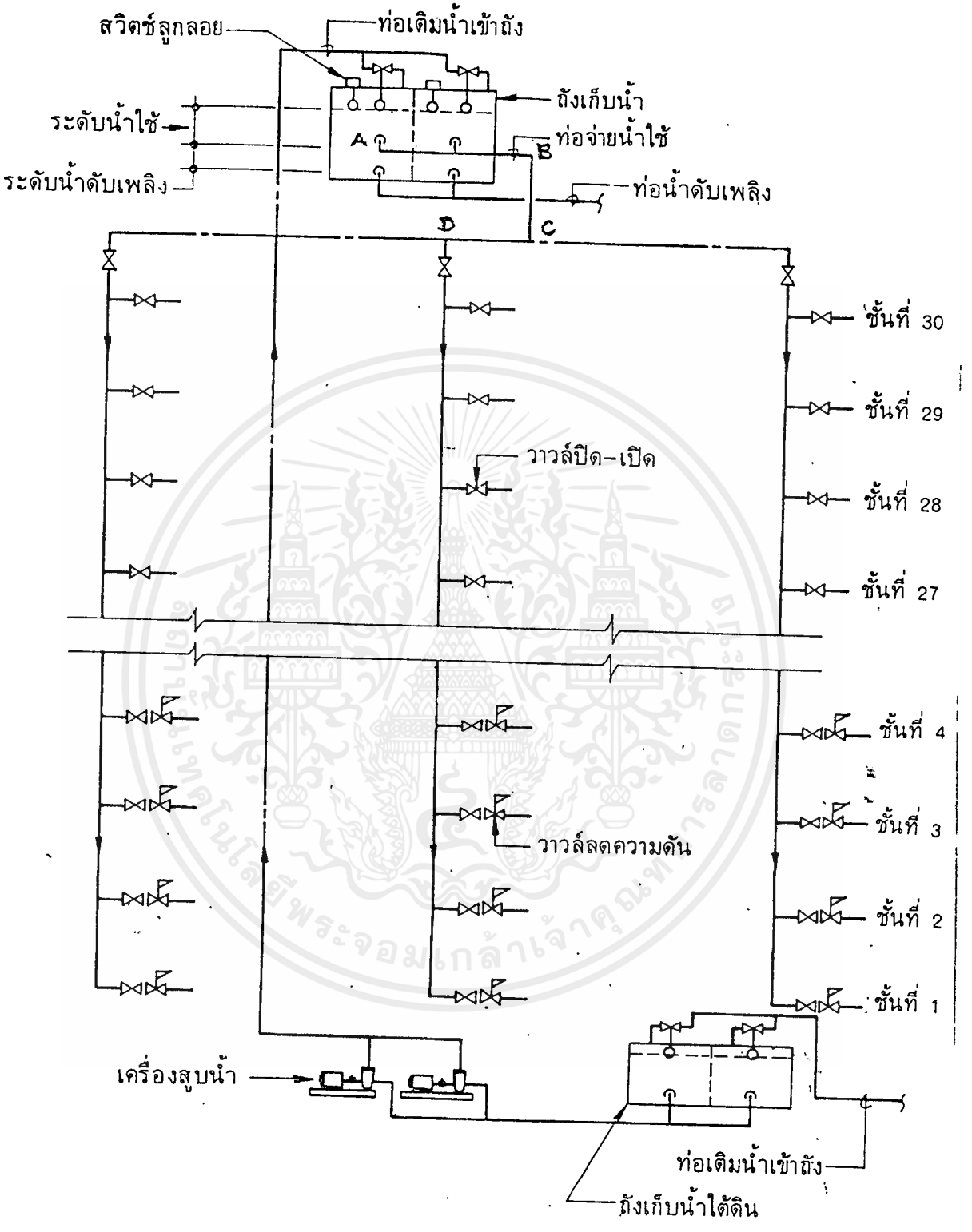
ระบบจ่ายน้ำลง หมายถึง ระบบการจ่ายน้ำภายในอาคาร ซึ่งทำการจ่ายน้ำให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆ โดยเริ่มจากชั้นบนสุด ลงมาจนถึงชั้นล่าง ระบบดังกล่าวนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 2 ประกอบด้วยถังเก็บน้ำตั้งอยู่บนชั้นหลังคา (roof tank) ถังเก็บน้ำสูงนี้อาจจะสร้างด้วยคอนกรีต เหล็ก หรือไฟเบอร์ ก็ได้ ระบบนี้เหมาะกับอาคารตั้งแต่ขนาดย่อมไปจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งมีความสูงตั้งแต่ 4 ชั้นขึ้นไป ในรูปแสดงถึงระบบการจ่ายน้ำสำหรับอาคาร 30 ชั้น เครื่องสูบน้ำที่ระดับพื้นจะสูบน้ำขึ้นไปเก็บไว้บนถังสูง ซึ่งพร้อมที่จะจ่ายให้กับเครื่องสุขภัณฑ์ได้ทันที โดยปกติถังเก็บน้ำมักจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน เพื่อที่จะสามารถทำความสะอาดได้ทีละส่วน โดยที่อาคารยังคงมีน้ำใช้อยู่เสมอ เครื่องสูบน้ำจะทำงานโดยการควบคุมของสวิตช์ลูกลอย (float switch) หรือสวิตช์อื่นๆ เช่น mercury switch เมื่อระดับน้ำภายในถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1 ระบบจ่ายน้ำโดยถังอัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 ระบบจ่ายน้ำโดยถังสูงบนชั้นหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงถึงระดับที่ได้ตั้งเอาไว้ สวิตช์นี้จะควบคุมให้เครื่องสูบน้ำทำงานจนกระทั่งระดับน้ำภายในถังสูงถึงระดับที่ต้องการจึงจะหยุด

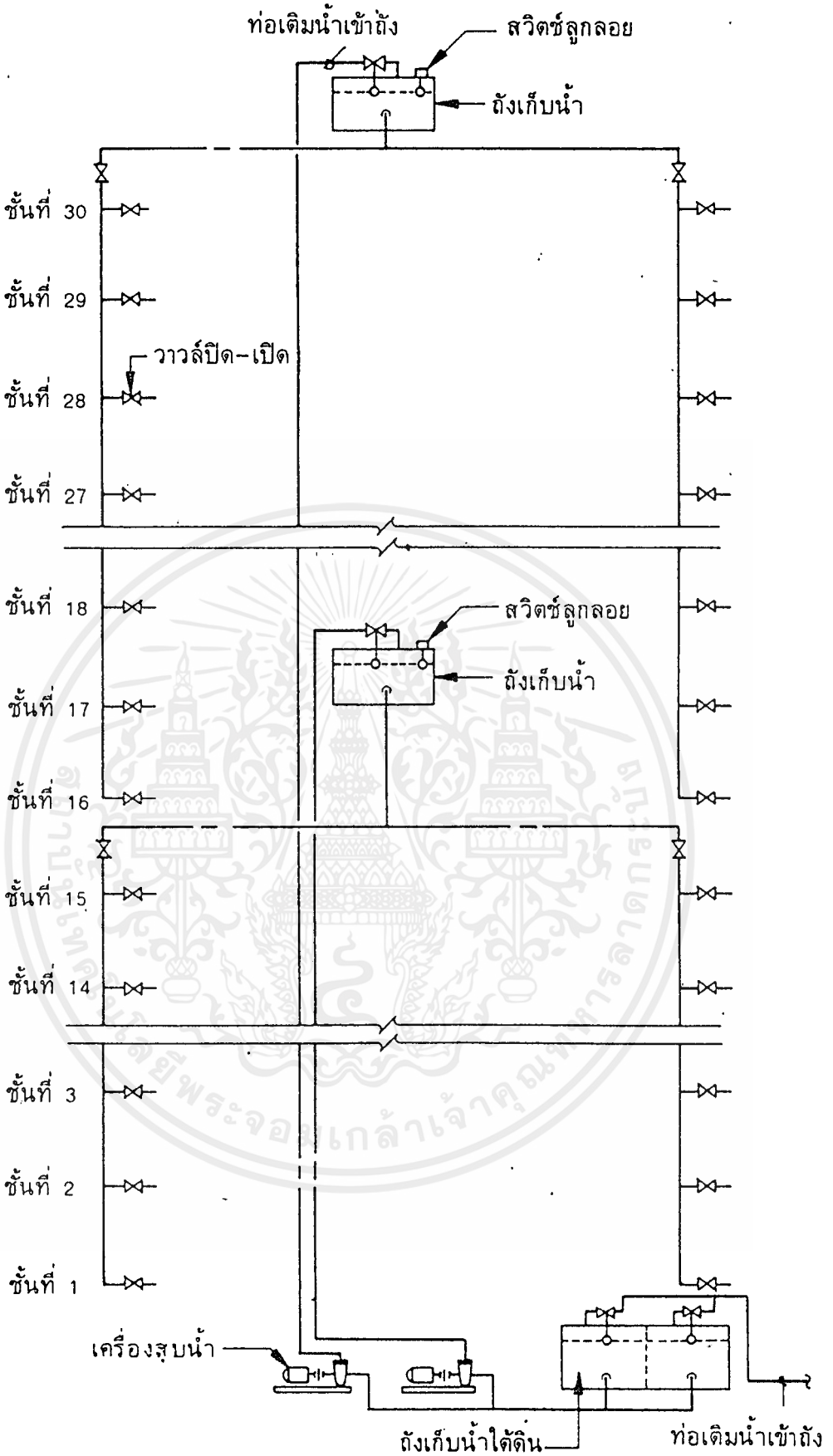
โดยปกติระบบการจ่ายน้ำมักจะใช้เครื่องสูบน้ำสองเครื่อง โดยมีเครื่องสูบน้ำเป็นเครื่องสำรองอยู่เครื่องหนึ่ง และมักจะควบคุมให้เครื่องสูบน้ำทั้งสองนี้ผลัดกันทำงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้มีอายุใช้งานนาน ส่วนถังเก็บน้ำสูงก็จะมีส่วนหนึ่งซึ่งเก็บน้ำสำรองเอาไว้เพื่อการดับเพลิง ซึ่งควรจะมีปริมาณไม่น้อยกว่า 15 ลูกบาศก์เมตร ขนาดของถังเก็บน้ำบนหลังคาขึ้นอยู่กับอัตราการใช้น้ำในภาวะปกติ แต่ควรที่จะสามารถเก็บน้ำสำรองไว้ใช้ได้อย่างน้อยหนึ่งชั่วโมง อย่างไรก็ตามขนาดของถังเก็บน้ำทั้งบนหลังคาและใต้ดินรวมกันแล้วควรมีน้ำเพียงพอแก่การใช้สอยอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

สำหรับอาคารที่มีความสูงมาก แรงดันของน้ำในเส้นท่อที่ชั้นล่างๆ จะสูงเกินไป ซึ่งจะทำให้วาวล์ต่างๆ สึกหรอเร็ว เครื่องสุขภัณฑ์เสียได้ง่าย และต้องใช้วาวล์ที่ทนความดันสูง ฉะนั้นจึงต้องติดตั้งวาวล์ลดความดัน (pressure reducing valve) ที่ท่อแยกตามชั้นต่างๆ ดังกล่าวนี้ โดยปกติแล้วไม่ควรที่จะให้ความดันในเส้นท่อที่จ่ายให้เครื่องสุขภัณฑ์สูงเกิน 5 บาร์ หรืออาจจะใช้วาวล์ลดความดันประมาณทุกๆ 10 ชั้นก็ได้

การจ่ายน้ำในอาคารสูงอาจจะแบ่งเป็นหลายเขต ก็ได้ การแบ่งการจ่ายน้ำออกเป็นเขต ทำให้มีความคล่องตัวในด้านการบำรุงรักษา สามารถจัดความดันในเส้นท่อให้เหมาะสม และยังอาจจะเกิดความประหยัดในด้านพลังงานอีกด้วย รูปที่ 3 เป็นระบบจ่ายลงสำหรับอาคารสูง แต่ได้เพิ่มถังน้ำสูงที่ชั้นที่ 17 อีกถังหนึ่ง ถังน้ำบนหลังคาใช้สำหรับการจ่ายน้ำระหว่างชั้นที่ 16 ถึง 30 ส่วนอีกถังหนึ่งจะจ่ายน้ำให้กับชั้นที่ 1 ถึง 15 การแบ่งเขตการจ่ายน้ำโดยลักษณะนี้ จะเห็นได้ชัดเจนว่าเกิดความประหยัดพลังงานของเครื่องสูบน้ำส่วนที่จ่ายน้ำสำหรับการใช้สอยในชั้นที่ 1 ถึง 15 เพราะไม่ต้องใช้พลังงานในการยกเอาน้ำส่วนนี้ขึ้นไปไว้ส่วนบนสุดของอาคาร ซึ่งจะให้ความดันในเส้นท่อของชั้นล่างๆ สูงเกินความต้องการมาก

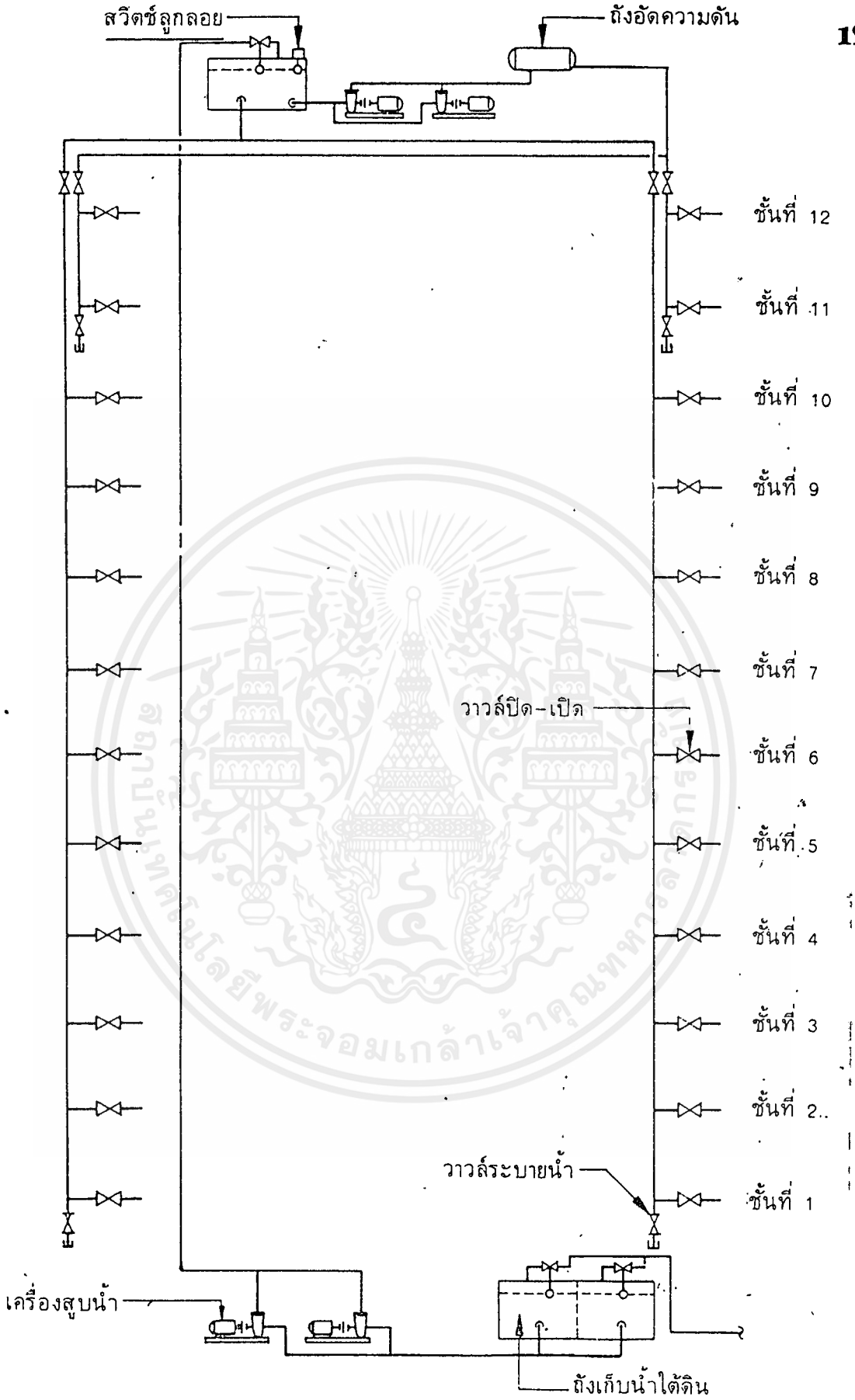
เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ที่ใช้น้ำจะใช้งานได้ดีตามจุดประสงค์ ต้องได้รับแรงดันน้ำและอัตราไหลที่พอเหมาะ ในระบบจ่ายน้ำด้วยถังเก็บน้ำบนหลังคานั้น ส่วนใหญ่ความดันน้ำจะไม่พอเพียงสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ซึ่งอยู่ชั้นบนสุด ความจำกัดทางด้านโครงสร้างและความสวยงามของอาคารทำให้ไม่สามารถที่จะยกถังเก็บน้ำให้สูงจนพอกับความต้องการได้ ในกรณีเช่นนี้ก็จำเป็นที่จะต้องแยกระบบการจ่ายน้ำในส่วนบนของอาคารออกโดยหาวิธีการเพิ่มแรงดันในเส้นท่อเฉพาะส่วนนี้ให้เพียงพอ รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงระบบหนึ่งซึ่งเป็นระบบผสมระหว่างถังอัดความดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3 ระบบจ่ายน้ำโดยใช้ถังสูงหลายถัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 ระบบจ่ายน้ำแบบผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถัง เก็บน้ำสูงที่จะทำงานได้ดังความประสงค์ดังกล่าวมาแล้ว

2.6 การกระแทกของน้ำ (water hammer)

การกระแทกของน้ำภายในท่อ เป็นสิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งที่ทำให้ท่อน้ำ เสียหาย เร็วขึ้น นอกจากจะทำให้ท่อ เสียหายแล้วยังก่อให้เกิด เสียงดังจน เป็นที่น่ารำคาญอีกด้วย การกระแทกของน้ำ เป็นความดันที่เกิดขึ้น เมื่อน้ำที่ไหลอยู่ภายในท่อถูกทำให้หยุดลงอย่างกะทันหัน เช่นการปิดวาวส์น้ำอย่างรวด เร็ว เป็นต้น ปรากฏการณ์ของการกระแทกของน้ำจะดูได้จากรูปที่ 5

เมื่อปลายท่อถูกปิดลงอย่างกะทันหัน ความเร็วของน้ำจะกระแทกที่ปลายปิด เป็นผลให้เกิดความดันสูงที่ปลายปิด เนื่องจากน้ำเป็นของไหลที่อัดตัวได้น้อยมาก ความดันนี้จึงทำให้ท่อน้ำขยายตัว คลื่นของความดันนี้จะ เคลื่อนที่จากปลาย A กลับไปทางปลาย B ดังรูปที่ 5.ข ด้วยความเร็ว เท่ากับความเร็วของ เสียงในน้ำ และท่อจะหดตัวลง เมื่อคลื่นความดัน เคลื่อนที่ไปจนสุดปลาย B แล้วก็จะสะท้อนกลับมายังปลาย A ใหม่ การ เคลื่อนที่กลับไปกลับมาของคลื่นความดันนี้ทำให้เกิดการกระแทกของน้ำขึ้น จนกว่าพลังงานของคลื่นความดันจะถูกดูดกลืนไปหมดโดยการขยายตัวและหดตัวของท่อ

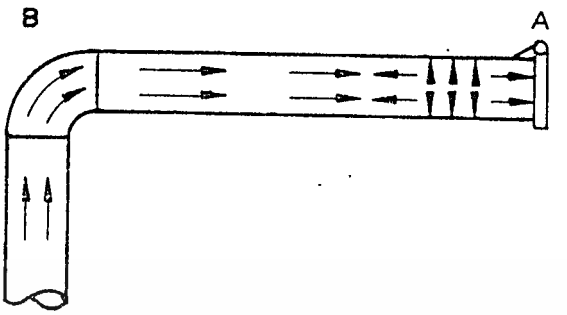
ความจริงการกระแทกของน้ำเองจะไม่เกิด เสียงดัง แต่การที่คลื่นความดัน เปลี่ยนทิศทางกลับไปกลับมาอย่างรวด เร็ว จะทำให้เกิดการสั่นสะ เทือนที่ท่อและอุปกรณ์ที่เชื่อมหรือยึดท่อได้ จึง เป็นผลให้เกิด เสียงดังขึ้น การคำนวณระดับความดันที่เพิ่มขึ้นจากการกระแทกของน้ำในระบบภายในอาคารค่อนข้างจะลำบาก ทั้งนี้ เพราะระบบท่อน้ำของอาคารประกอบด้วยท่อแยกมากมาย แต่ เราอาจจะประมาณขนาดของความดันนี้อย่างหยาบๆ ได้จากสูตร

$$P = 14.8\ V$$

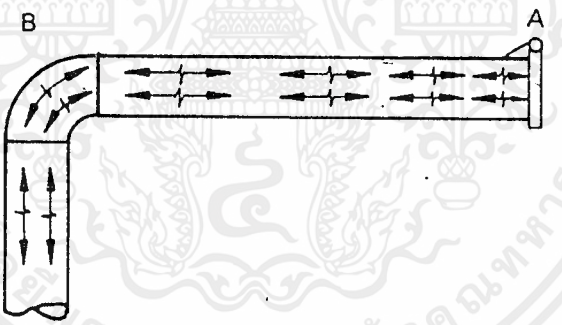
เมื่อ P = ความดันที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการกระแทกของน้ำ บาร์

V = ความเร็วของน้ำ m/s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. น้ำกระแทกกับปลาย A ที่ปิดลงโดยกระทันหัน



ข. การสะท้อนของคลื่นความดันภายในท่อ

รูปที่ 5 แสดงการเกิดการกระแทกของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การป้องกันการกระแทกของน้ำ

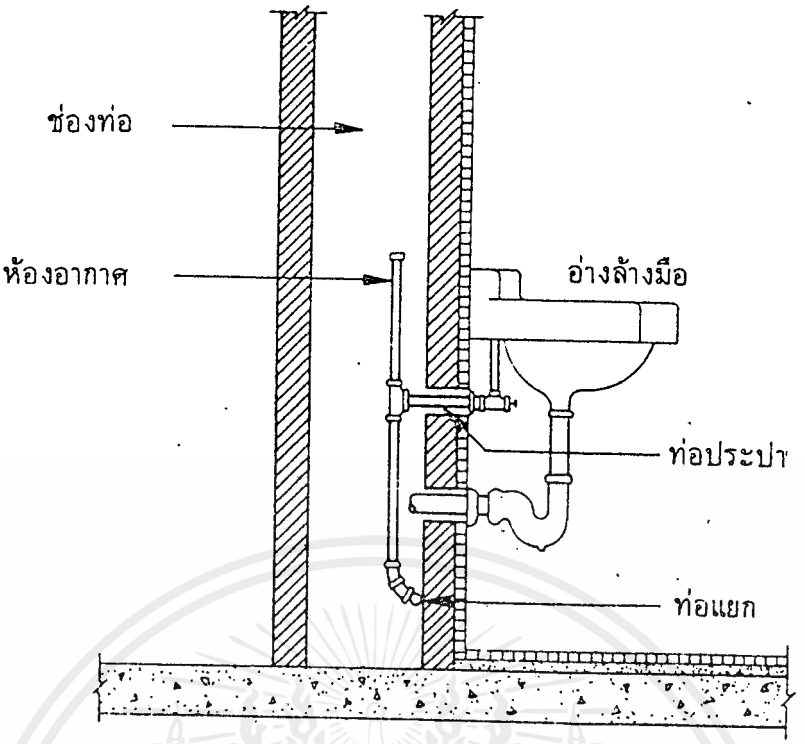
การป้องกันการกระแทกของน้ำทำได้โดยการจัดหาอุปกรณ์ที่สามารถดูดกลืนพลังงานที่เกิดจากคลื่นความดันมาติดตั้งไว้ในระบบท่อ ณ ตำแหน่งที่เหมาะสม อากาศเป็นของไหลที่สามารถดูดกลืนความดันนี้ได้ดีที่สุด เพราะอากาศสามารถที่จะยุบตัวในการรับความดันได้มาก อุปกรณ์ที่ง่ายที่สุดสำหรับดูดกลืนคลื่นความดัน เรียกว่า ห้องอากาศ (air chamber) ซึ่งเป็นท่อต่อจากท่อน้ำที่จ่ายให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์ ห้องอากาศชนิดนี้จะเป็นท่อที่มีขนาดเท่ากับท่อแยกเข้าเครื่องสุขภัณฑ์และควรมีความยาวไม่น้อยกว่า 300 มม. รูปที่ 6 แสดงถึงลักษณะการติดตั้งห้องอากาศสำหรับอ่างล้างมือ ส่วนรูปที่ 7 แสดงถึงการใช้ห้องอากาศในระบบท่อซึ่งจ่ายน้ำให้กับอ่างล้างมือหลายอ่างร่วมกัน ในระยะแรกของการติดตั้งจะมีอากาศอยู่ในห้องอากาศ แต่เมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลานานอากาศนี้จะละลายไปกับน้ำจึงควรมีการเติมอากาศเข้าไปใหม่ วิธีการเติมอากาศกระทำได้โดยการปิดวาวล์ของท่อที่จ่ายน้ำให้แก่ท่อแยกนี้ แล้วจึงค่อยเปิดก๊อกของเครื่องสุขภัณฑ์ อากาศภายนอกก็จะถูกเติมเข้าไปยังห้องอากาศใหม่

การใช้ห้องอากาศนี้เป็นวิธีการซึ่งเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด แต่ก็ต้องมีการดูแลเป็นระยะๆ ในงานระบบท่อนี้ได้มีผู้ผลิตอุปกรณ์สำหรับป้องกันการกระแทกของน้ำออกมาหลายชนิด อุปกรณ์เหล่านี้ไม่ต้องการการดูแลรักษาเลย แต่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนก็จะสูงขึ้นด้วย ส่วนใหญ่มีหลักการทำงานโดยอาศัยความยืดหยุ่นของอุปกรณ์ส่วนที่จะมาดูดกลืนพลังงาน เช่น แบบ bellow แบบ diaphragm และแบบขดลวดทองแดง เป็นต้น ซึ่งวิศวกรผู้ออกแบบระบบท่อควรจะศึกษาและเลือกใช้ตามคำแนะนำของผู้ผลิตเท่านั้น

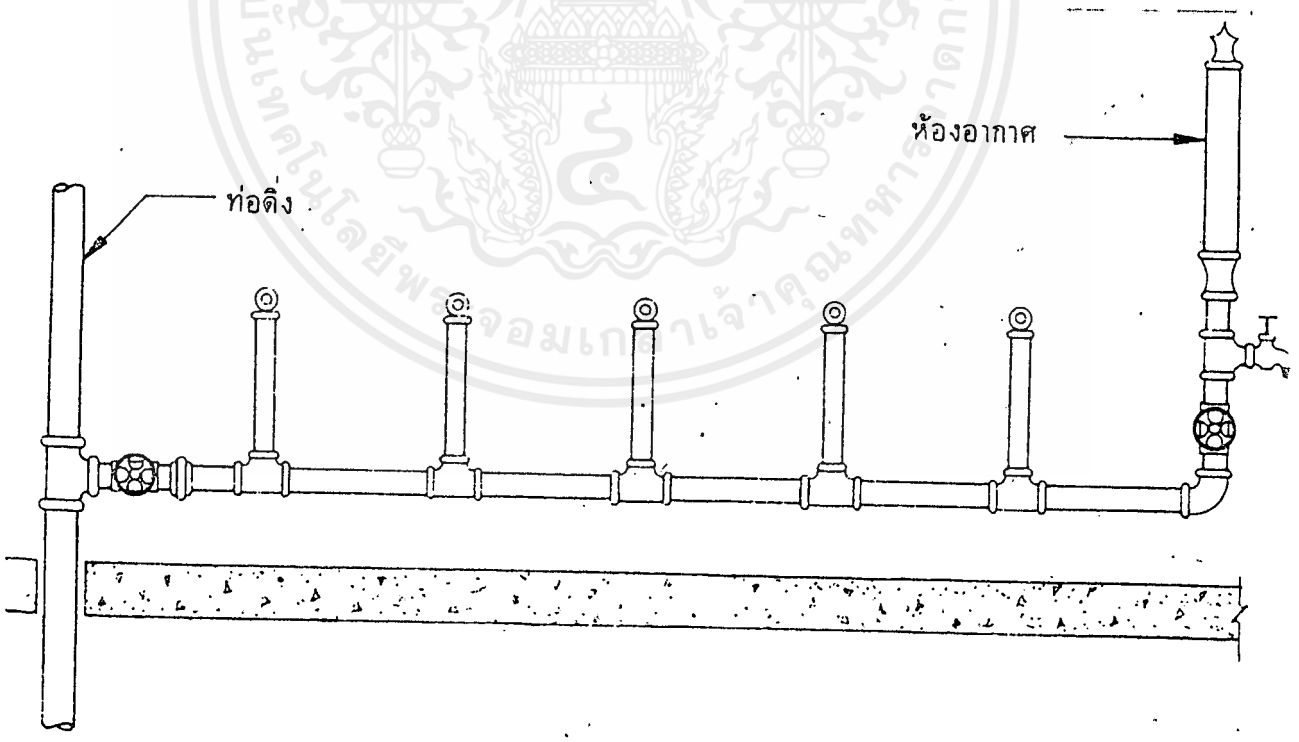
2.8 อัตราการไหลและความดันของเครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดต้องการความดันของน้ำที่พอเหมาะเพื่อการทำงานอย่างเป็นที่พอใจแตกต่างกันไป เมื่อมีความดันที่พอดีตามคำแนะนำของผู้ผลิตเครื่องสุขภัณฑ์แล้ว อัตราการไหลของน้ำก็จะพอเหมาะกับการใช้สอยด้วย ตารางที่ 1 แสดงถึงความดันและอัตราการไหลต่ำสุดของเครื่องสุขภัณฑ์ทั่วไป ความดันในตารางที่ 1 นี้ หมายถึงความดันภายในเส้นท่อ ณ ตำแหน่งที่จะจ่ายน้ำเข้าสู่เครื่องสุขภัณฑ์ และอัตราการไหลของน้ำจะเป็นอัตราการไหลในขณะที่เปิดวาวล์ของเครื่องสุขภัณฑ์เต็มที่ ในระยะหลังนี้มีการตื่นตัวทางด้านการประหยัดพลังงานกันมากขึ้น จึงมีการทดสอบดูว่า ถ้าอัตราการไหลของน้ำสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดลดลง ผู้ใช้จะยังคงมีความพอใจอยู่หรือไม่ ซึ่งผลปรากฏว่าอัตราการจ่ายน้ำของเครื่องสุขภัณฑ์บางชนิดลดลงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 การติดตั้งห้องอากาศสำหรับอ่างล้างมือ

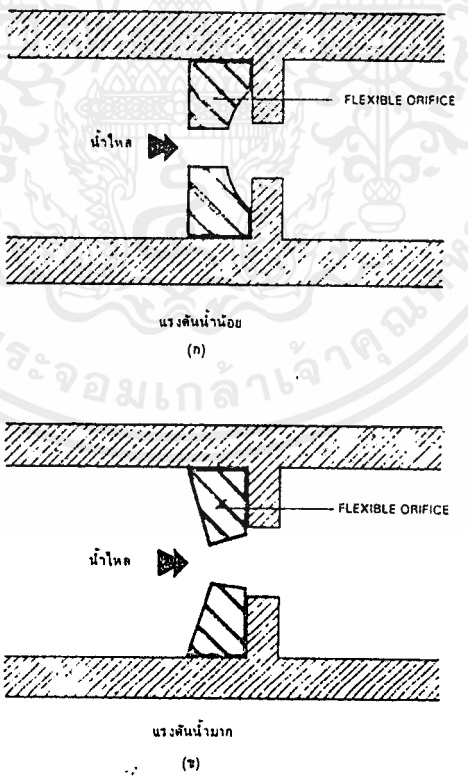


รูปที่ 7 การใช้ห้องอากาศสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์หลายชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

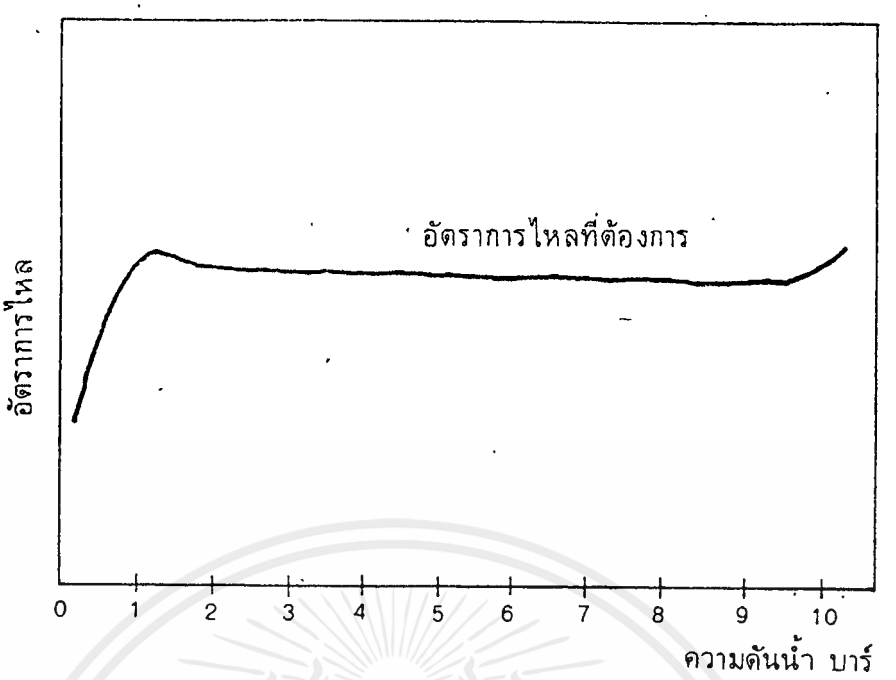
ตารางที่ 1 อัตราการไหลและความดันสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์	ความดัน บาร์ (psi)	อัตราการไหล lps (gpm)
Ordinary basin faucet	0.55 (8)	0.19 (3)
Self-closing basin faucet	0.84 (12)	0.16 (2.5)
Sink faucet (15 mm.)	0.35 (5)	0.28 (4.5)
Bathtub faucet	0.35 (5)	0.38 (6)
Laundary tub cock (15 mm.)	0.35 (5)	0.32 (5)
Shower	0.84 (12)	0.32 (5)
Ball cock for closet	1.00 (15)	0.19 (3)
Flush valve for closet	0.7-1.4 (10-20)	0.9-2.5 (15-40)
Flush valve for urinal	1.00 (15)	0.95 (15)



รูปที่ 8 อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9 สมรรถนะของ flexible orifice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้นผู้ผลิตจึงได้มีการดัดแปลง เครื่องสุขภัณฑ์บางชนิดให้ใช้น้ำน้อยลง ซึ่งวิศวกรระบบท่อควรที่จะศึกษาข้อมูลเหล่านี้จากผู้ผลิต เครื่องสุขภัณฑ์โดยตรง นอกจากนี้ยังมีการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหล (flow control device) ที่แต่ละ เครื่องสุขภัณฑ์หรือแต่ละหมู่ของ เครื่องสุขภัณฑ์ เพื่อควบคุมอัตราการไหลให้คงที่ในขณะที่ความดันใน เส้นท่อแปร เปลี่ยนไปอีกด้วย การใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลนี้มีผลดี คือ

1. ผู้ออกแบบสามารถที่จะจำกัดอัตราการไหลให้น้อยที่สุด เท่าที่จะจำเป็นต่อการใช้สอยสำหรับ เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดได้

2. ผู้ออกแบบสามารถที่จะออกแบบระบบท่อได้อย่างแม่นยำยิ่งขึ้น

3. เป็นการประหยัดพลังงานให้แก่ระบบน้ำได้

อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลนี้มีหลายแบบ แต่ละแบบต่างก็อาศัยหลักการแปร เปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดซึ่งน้ำจะไหลผ่านในการแปร เปลี่ยนความดันลดภายในท่อส่งน้ำก่อนที่จะ เข้าสู่ เครื่องสุขภัณฑ์ รูปที่ 8 แสดงถึงหลักการของอุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลชนิดหนึ่ง ซึ่งอาศัยแรงดันของน้ำเพื่อให้ความดันลด ณ flexible orifice แปร เปลี่ยนไป ถ้ารูปร่างและขนาดของ orifice นี้ได้รับการออกแบบอย่างพอ เหมาะ ก็จะสามารถจำกัดอัตราการไหลสูงสุดได้ตามต้องการในขณะที่ความดันของน้ำในระบบแปร เปลี่ยนไปมาก รูปที่ 9 แสดงถึงการทำงานของ orifice ชนิดนี้ ซึ่งจะ เห็นได้ว่า เมื่อความดัน เพิ่มขึ้น อัตราการไหลจะ เพิ่มขึ้นด้วยจนกระทั่งถึงความดันประมาณ 1 บาร์ ต่อจากนี้อัตราการไหลจะมีค่า เกือบจะคงที่ไปจนถึงความดันประมาณ 9 บาร์

2.9 ความต้องการน้ำต่อวัน (Daily Demand)

ความต้องการใช้สอยน้ำเพื่อการบริโภค อาบน้ำ ซักผ้า และอื่นๆ จะแตกต่างกันไปตามฐานะและมาตรฐานความ เป็นอยู่ของผู้บริโภค ตลอดจนลักษณะการใช้สอยของอาคาร และสภาพของดินฟ้าอากาศ โดย เฉลี่ยแล้วอัตราความต้องการน้ำต่อคนต่อวันสำหรับอาคารทั่วไปจะแปร เปลี่ยนอยู่ระหว่าง 75 ลิตร (20 แกลลอน) ถึง 300 ลิตร (80 แกลลอน) การที่สามารถประมาณความต้องการน้ำต่อวันภายในอาคารแต่ละชนิดได้ ย่อมมีประโยชน์ต่อการประมาณขนาดของถัง เก็บน้ำ เพื่อใช้สอยได้ในระยะ เวลาที่ต้องการโดยตรง เนื่องจากข้อมูล เหล่านี้แปร เปลี่ยนไปได้มากตามตัวประกอบต่างๆ ดังกล่าวมาแล้ว การประมาณปริมาณความต้องการน้ำจึงต้องอาศัยประสบการณ์ และการตัดสินใจของผู้ออกแบบประกอบกับข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งอาจจะแยกออกตามประ เภทของอาคารได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารอยู่อาศัยประเภท apartment	*100-300*	*ลิตร/คน/วัน*
อาคารสำนักงาน	*40-75*	*ลิตร/คน/วัน*
โรงพยาบาล	*600-1200*	*ลิตร/เตียง/วัน*
โรงเรียน	*50-80*	*ลิตร/คน/วัน*
โรงแรม	*200-400*	*ลิตร/ห้อง/วัน*
หอพัก	*200-300*	*ลิตร/คน/วัน*
โรงซักรีด	*20-40*	*ลิตร/ผ้า 1 กก.*
สนามบิน	*15-25*	*ลิตร/ผู้โดยสาร 1 คน*

ในการออกแบบอาคารประเภทอยู่อาศัย โดยคิดให้ปริมาณน้ำประปา เท่ากับ 200 ลิตร/คน/วัน ควรจะเป็นตัวเลขที่เพียงพอ ส่วนปริมาณความต้องการน้ำสำหรับโรงพยาบาล 1000 ลิตร/เตียง/วัน น่าจะเป็นปริมาณที่ปลอดภัยพอกับการออกแบบ สำหรับตัวเลขประมาณการเหล่านี้ได้รวมถึงการใช้น้ำของส่วนอื่นๆ ของอาคารด้วย เช่น ภัตตาคาร น้ำที่ใช้ทางการแพทย์ น้ำที่ใช้โดยบุคคลที่อยู่ในบริเวณโรงพยาบาล เป็นต้น แต่ไม่รวมถึงน้ำใช้เนื่องจากการปรับอากาศซึ่งจะต้องนำมารวมเข้ากับการประมาณน้ำใช้ดังกล่าว

2.10 ขนาดท่อสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์

เครื่องสุขภัณฑ์เป็นอุปกรณ์ที่ได้รับการทดสอบการใช้งานมาแล้ว จนเป็นที่ยอมรับว่าสามารถใช้สอยได้เป็นที่พอใจ ฉะนั้นขนาดท่อประปาที่จ่ายให้แก่เครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดจึงได้รับการกำหนดขึ้นเพื่อให้สามารถจ่ายน้ำได้อย่างเพียงพอเมื่อมีแรงดันในเส้นท่ออย่างพอเหมาะดัง เช่น แสดงอยู่ในตารางที่ 1 ขนาดท่อที่เล็กที่สุดซึ่งแนะนำให้ใช้สำหรับเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชนิดควรจะมีขนาดดังนี้

ชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์	ขนาดท่อ มม.(นิ้ว)
Bathtub (อ่างอาบน้ำ)	15 (1/2)
Drinking fountain (น้ำพุดื่ม)	10 (3/8)
Dish washer (เครื่องล้างชาม)	15 (1/2)
Kitchen sink (อ่างล้างสำหรับครัว)	15 (1/2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lavatory (อ่างล้างมือ)	15 (1/2)
Shower (ฝักบัวอาบน้ำ)	15 (1/2)
Urinal (angle valve) (โถปัสสาวะชาย)	15 (1/2)
Urinal (flush valve)	20 (3/4)
Water closet (flush tank) (โถส้วม)	15 (1/2)
Water closet (flush valve)	25 (1)
Hose bibb (ก๊อกสนาม)	15 (1/2)
Service sink (อ่างซักล้าง)	20 (3/4)

สำหรับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ที่มิได้ระบุเอาไว้ ก็อาจจะถือขนาดท่อโดยการเปรียบเทียบอัตราความต้องการน้ำกับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีอัตราน้ำคล้ายคลึงกัน

2.11 การประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุด (Probable Maximum Demand)

สิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะต้องรู้ก่อนจะทำการคำนวณหาขนาดท่อประปาก็คือ อัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่อาจจะเป็นไปได้ (Probable maximum demand) ในส่วนหนึ่งส่วนใดหรือในท่อแยกใดๆ ของระบบท่อ ทั้งนี้เพราะอัตราการไหลของน้ำในท่อเมน ท่อดิ่ง (riser) และท่อแยก (branch) จะไม่มีโอกาสเท่ากับผลรวมของอัตราการไหลของเครื่องสุขภัณฑ์ทุกชิ้นที่ต่ออยู่เลย ตามความเป็นจริงแล้วโอกาสที่เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชิ้นซึ่งรวมกลุ่มกันอยู่จำนวนมากจะถูกใช้งานพร้อมกัน จะไม่มีเลย ดังนั้นการที่จะออกแบบระบบท่อให้รับปริมาณน้ำทั้งหมดพร้อมกันจึงเป็นหลักการที่มีไม่ถูกต้องทางด้านวิศวกรรม อัตราความต้องการน้ำของอาคารเป็นสิ่งที่ไม่สามารถที่จะคำนวณหาได้อย่างแน่นอน ปัญหาใหญ่ 2 ปัญหาที่จะต้องคิดถึง คือ

- *การให้มีน้ำเพียงพอแก่เครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้สอย*
- *จำนวนเครื่องสุขภัณฑ์ที่จะสมมติให้ใช้พร้อมกัน*

ในการประมาณอัตราความต้องการน้ำในระบบท่อ มักจะเทียบอัตราความต้องการน้ำของเครื่องสุขภัณฑ์เป็นหน่วยเปรียบเทียบ เรียกว่า หน่วยสุขภัณฑ์ (fixture unit ย่อว่า FU) โดยคำนึงถึงอัตราการไหลและความถี่ในการใช้งานของแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์ประกอบกัน เมื่อเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นนี้ อ่างล้างมือซึ่งติดตั้งอยู่ในที่สาธารณะย่อมจะมีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์มากกว่าอ่างล้างมือซึ่งติดตั้งอยู่ที่บ้านส่วนตัว ทั้งนี้เพราะมีความถี่ในการใช้น้ำมากกว่า ตารางที่ 2 แสดงถึงอัตราความต้องการน้ำเป็นหน่วยสุขภัณฑ์ของ เครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ สำหรับในอาคารที่ไม่มีการใช้น้ำร้อนเลย ให้คิดหน่วยสุขภัณฑ์ในแถวสุดท้ายของตารางที่ 2 ในกรณีที่เครื่องสุขภัณฑ์ใช้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็นพร้อมกัน ก็ให้คิดหน่วนสุขภัณฑ์ของน้ำร้อนและน้ำเย็นเพียง 3/4 ของหน่วยสุขภัณฑ์ในแถวสุดท้าย เท่านั้น

ในการประมาณอัตราความต้องการน้ำของ เครื่องสุขภัณฑ์ที่มีการใช้สอย เป็นระยะๆ ของท่อใดท่อหนึ่ง ให้รวมจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์สำหรับสำหรับท่อนั้น แล้วทำการหาอัตราความต้องการน้ำโดยการอ่านค่าได้จากกราฟรูปที่ 10 และ 11 ซึ่งเรียกว่า Hunter's curve หรืออาจจะอ่านค่าจากตารางที่ 3 ก็ได้ รูปที่ 11 เป็นส่วนขยายของรูปที่ 10 เพื่อให้เห็นความแตกต่างในอัตราความต้องการของระบบ flush tank และ flush valve กราฟในรูปทั้งสองนี้ได้มาจากอัตราความต้องการน้ำของ เครื่องสุขภัณฑ์โดยคิดเป็นหน่วนสุขภัณฑ์และได้รวมถึงการที่เครื่องสุขภัณฑ์ทุกชิ้นมิได้มีการใช้สอยพร้อมกันด้วย ซึ่งเรียกว่า อัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่อาจจะ เป็นไปได้

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเห็นได้ว่า Hunter's Curve นี้ใช้สำหรับประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุดสำหรับอาคารทุกประเภท แต่ก็มีข้อคิดว่า อาคารทุกประเภทที่มีจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์เท่ากัน จะมีอัตราความต้องการน้ำสูงสุดเท่ากันหรือ คำตอบที่ทุกคนรู้อยู่ก็คือว่า "*ไม่เป็นความจริง*" ทั้งนี้เพราะลักษณะการใช้สอยของอาคาร และจำนวนผู้ใช้สอยที่แตกต่างกันจะทำให้อัตราความต้องการน้ำสูงสุดไม่เท่ากัน ดังจะเห็นได้ชัดเจนว่ามีความแตกต่างกันระหว่างอาคารสำนักงาน โรงพยาบาล และโรงแรม เป็นต้น การที่วิศวกรระบบท่อสามารถที่จะใช้ Hunter's Curve ในการออกแบบให้มีการใช้งานได้อย่างดีมาแล้วในอดีต ย่อมเป็นการแสดงว่าอัตราความต้องการน้ำเหล่านี้แทนอัตราความต้องการน้ำสูงสุด ซึ่งครอบคลุมถึงสภาพทุกๆ อย่างที่อาจจะ เป็นไปได้ในอาคารที่มีความต้องการน้ำสูงสุด ดังนั้นจึง เห็นได้ว่า เป็นการออกแบบระบบที่มีการ เผื่อเอาไว้มาก เกินไป ซึ่งมีผลให้ได้ขนาดท่อ เครื่องสูบน้ำและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องใหญ่เกินความต้องการซึ่ง เป็นความสิ้นเปลืองโดยมิได้ก่อให้เกิดประโยชน์อันใด ในการที่จะทำการประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุดให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น จะต้องอาศัยประสบการณ์อันยาวนานของวิศวกรระบบท่อทั้งหลาย ตลอดจนข้อมูลที่ได้จากการวัดระบบจริงซึ่งใช้งานอยู่แล้วของอาคารชนิดต่างๆ กัน ตารางที่ 4 และ 5 แสดงถึงตัวประกอบที่คิด เป็น % ซึ่งแนะนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

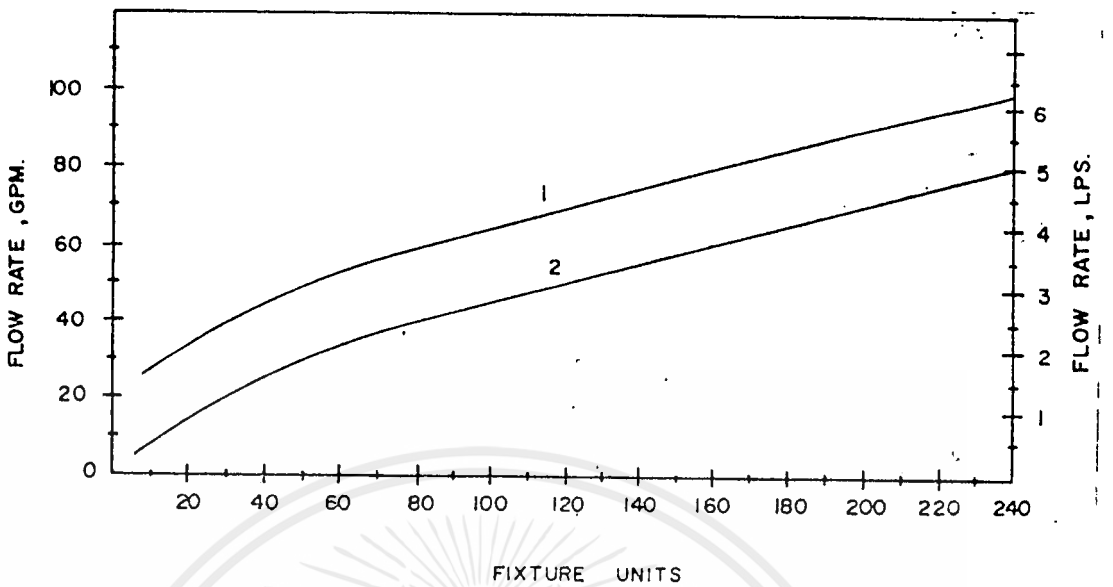
ตารางที่ 2.2 Load values assigned to fixtures

Fixture	Type of supply control	Occupancy	Load values, in water-supply fixture units		
			Cold	Hot	Total
Water closet	Flush valve	Public	10.0	.....	10.0
Water closet	Flush tank	Public	5.0	.....	5.0
Urinal	1-in flush valve	Public	10.0	.....	10.0
Urinal	3/4-in flush valve	Public	5.0	.....	5.0
Urinal	Flush tank	Public	3.0	.....	3.0
Lavatory	Faucet	Public	1.5	1.5	2.0
Bathtub	Faucet	Public	3.0	3.0	4.0
Shower head	Mixing valve	Public	3.0	3.0	4.0
Service sink	Faucet	Offices, etc.	2.25	2.25	3.0
Kitchen sink	Faucet	Hotel, restaurant	3.0	3.0	4.0
Drinking fountain	3/8-in valve	Offices, etc.	0.25	.....	0.25
Water closet	Flush valve	Private	6.0	.....	6.0
Water closet	Flush tank	Private	3.0	.....	3.0
Lavatory	Faucet	Private	0.75	0.75	1.0
Bathtub	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Shower stall	Mixing valve	Private	1.5	1.5	2.0
Kitchen sink	Faucet	Private	1.5	1.5	2.0
Laundry trays (1 to 3)	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Combination fixture	Faucet	Private	2.25	2.25	3.0
Dishwashing machine	Automatic	Private		1.0	1.0
Laundry machine (3.5 kg)	Automatic	Private	1.5	1.5	2.0
Laundry machine (3.5 kg)	Automatic	Public or general	2.25	2.25	3.0
Laundry machine (7 kg)	Automatic	Public or general	3.0	3.0	4.0

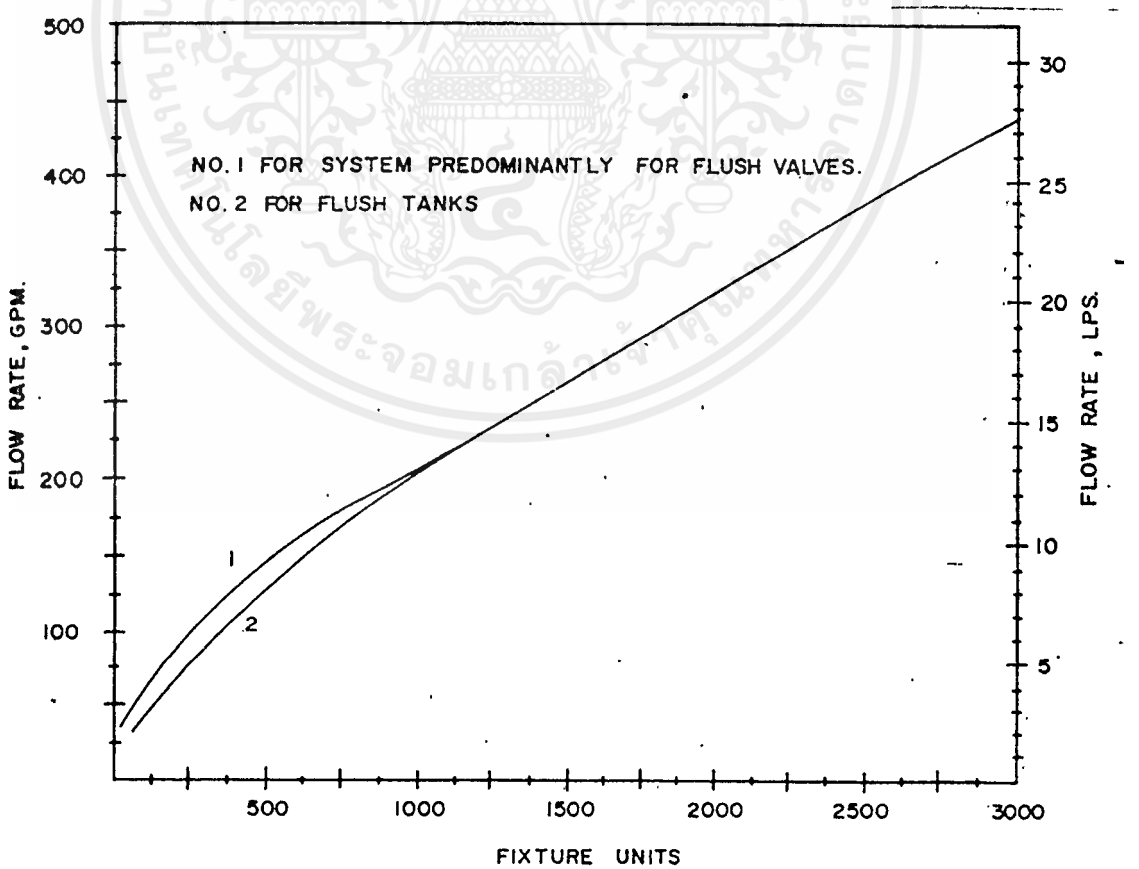
Supply systems predominantly for flush tanks		Supply systems predominantly for flush valves	
Load (water-supply fixture units)	Demand gpm	Load (water-supply fixture units)	Demand gpm
6	5		
8	6.5		
10	8	10	27
12	9.2	12	28.6
14	10.4	14	30.2
16	11.6	16	31.8
18	12.8	18	33.4
20	14	20	35
25	17	25	38
30	20	30	41
35	22.5	35	43.8
40	24.8	40	46.5
45	27	45	49
50	29	50	51.5
60	32	60	55
70	35	70	58.5
80	38	80	62
90	41	90	64.8
100	43.5	100	67.5
120	48	120	72.5
140	52.5	140	77.5
160	57	160	82.5
180	61	180	87
200	65	200	91.5
225	70	225	97
250	75	250	101
275	80	275	105.5
300	85	300	110
400	105	400	126
500	125	500	142
750	170	750	178
1,000	208	1,000	208
1,250	240	1,250	240
1,500	267	1,500	267
1,750	294	1,750	294
2,000	321	2,000	321
2,250	348	2,250	348
2,500	375	2,500	375
2,750	402	2,750	402
3,000	432	3,000	432
4,000	525	4,000	525
5,000	593	5,000	593
6,000	643	6,000	643
7,000	685	7,000	685
8,000	718	8,000	718
9,000	745	9,000	745
10,000	769	10,000	769

ตารางที่ 3 Estimating demand (Hunter's curve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 Hunter's curve



รูปที่ 11 Hunter's curve

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FU	Hunter, gpm	percent	Adjusted, gpm	Minimum, gpm
Up to 400	125	100	125	
401 - 600	155	90	140	130
601 - 1,200	235	77	180	145
1,201 - 1,500	270	74	200	185
1,501 - 2,000	330	70	230	205
2,001 - 2,500	385	69	265	235
2,501 - 3,000	435	68	295	270
3,001 - 4,000	560	65	365	300
4,001 - 5,000	675	64	430	370
5,001 - 6,000	775	63	490	435
6,001 - 8,000	975	62	600	495
8,001 - 10,000	1,175	61	720	605
10,001 - 13,000	1,460	60	875	725

ตารางที่ 4 Hospital water factors

FU	Hunter, gpm	percent	Adjusted, gpm	Minimum, gpm
Up to 400	125	100	125	
401 - 600	155	87	135	130
601 - 900	195	75	145	140
901 - 1,200	235	64	150	150
1,201 - 1,500	270	63	170	155
1,501 - 2,000	330	61	200	175
2,001 - 2,500	385	60	230	205
2,501 - 3,000	435	59	255	235
3,001 - 4,000	550	58	320	260
4,001 - 5,000	675	56	380	325
5,001 - 6,000	775	56	435	385
6,001 - 7,000	875	56	490	440
7,001 - 8,000	975	55	540	495

ตารางที่ 5 Office building, schools, and apartment water factors

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้นำไปคูณค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่ได้จาก Hunter's Curve เพื่อปรับค่าให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น ตัวประกอบเหล่านี้เรียกว่า Water Facter สำหรับช่องที่ 2 และ 4ในตารางทั้งสองนี้แสดงการเปรียบเทียบให้เห็นถึง อัตราความต้องการน้ำสูงสุดเมื่อคิดจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์สูงสุดในแต่ละบรรทัด ส่วนข้อมูลของโรงแรมก็ขอแนะนำให้ใช้ข้อมูลของโรงพยาบาลแทน ฉะนั้นในการประมาณอัตราความต้องการน้ำสูงสุดของท่อใดๆ เพื่อนำไปใช้ในการหาขนาดท่อน้ำจึงมีแนวปฏิบัติดังนี้

ก. ให้หาการรวม FU ของเครื่องสุขภัณฑ์ทั้งหมดของท่อน้ำนั้น

ข. ให้อ่านค่าอัตราความต้องการสูงสุดจากรูปที่ 10 และ 11 หรือจากตารางที่ 3

ค. ให้ปรับค่าอัตราความต้องการน้ำสูงสุดนี้โดยใช้ Water Facter ในช่องที่ 3 ของตารางที่ 4 และ 5

2.12 การคำนวณหาขนาดท่อน้ำ

ในขณะที่น้ำไหลไปภายในท่อ จะเกิดความเสียดทานขึ้นอันเนื่องจากความหนืดของน้ำ (viscosity) ถ้าผนังของท่อหยาบ ก็จะเพิ่มความเสียดทานขึ้นอีก เนื่องมาจากความหยาบของผนังท่อทำให้เพิ่ม turbulent flow ภายในท่อ พลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจากความเสียดทานนี้แสดงออกมาในรูปของความดันลด (pressure loss) ความดันลดนี้แปรตามความยาวของท่อ ความเร็วของน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ และความหยาบของผนังท่อ ถ้าถือผิวภายในเป็นหลักก็อาจจะแบ่งท่อออกได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. ท่อผิวเรียบ หมายถึง ท่อที่มีผนังเรียบมาก และหลังจากได้ใช้งานไปนานแล้วความหยาบของผนังจะไม่เพิ่มขึ้นมากนัก ท่อประเภทนี้ได้แก่ ท่อทองแดง ท่อทองเหลือง ท่อ PVC เป็นต้น

2. ท่อผิวหยาบปานกลาง หมายถึง ท่อใหม่ที่มีผนังเรียบดี แต่หลังจากใช้งานไป สัก 3 ถึง 4 ปีแล้ว ผนังจะมีความหยาบปานกลาง ท่อประเภทนี้ได้แก่ท่อเหล็กดำ ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อเหล็กหล่อ เป็นต้น

3. ท่อผิวหยาบมาก หมายถึง ท่อซึ่งทำด้วยวัสดุที่จะมีผนังท่อหยาบมากหลังจากที่ได้ใช้งานไปแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง หรือท่อเก่าที่นำมาใช้ใหม่ สำหรับระยะเวลาที่ใช้งานจนผนังท่อหยาบมากนั้น ยังไม่มีการวางหลักเกณฑ์ลงไป จึงต้องเป็นหน้าที่ของวิศวกรระบบท่อที่จะต้องพิจารณาเอาเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของท่อจะหาได้จากสมการเบื้องต้นทางกลศาสตร์ของไหล คือ

$$Q = VA$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ

V = ความเร็วของน้ำภายในท่อ

สูตรของ Hazen-williums สำหรับวัสดุท่อ 2 ชนิด คือ

ก.) ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized iron and steel standard pipe) (ASTM A72, A120) แบ่งเป็น

- ผิวท่อหยาบมาก (Fairly rough surface) ใช้สมการ

$$q = 4.29\ p^{0.521}\ d^{2.562}$$

- ผิวท่อหยาบ (Rough surface) ใช้สมการ

$$q = 3.70\ p^{0.5}\ d^{2.5}$$

ข.) ท่อพลาสติก PE (ASTM D2104), ABS(ASTM D1527), PVC(ASTM D1785) แบ่งเป็น

- ผิวท่อเรียบมาก (Fairly smooth surface) ใช้สมการ

$$q = 4.57\ p^{0.546}\ d^{2.64}$$

- ผิวท่อหยาบมาก (Fairly rough surface) ใช้สมการ

$$q = 4.29\ p^{0.521}\ d^{2.562}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ q = อัตราการไหล (Flow rate) หน่วย แกลลอนต่อนาที (gpm)

p = การสูญเสียความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (Pressure loss due to friction) หน่วย ปอนด์ต่อตารางนิ้วต่อความยาวท่อ 100 ฟุต (psi/100 ft of pipe)

d = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ หน่วย นิ้ว

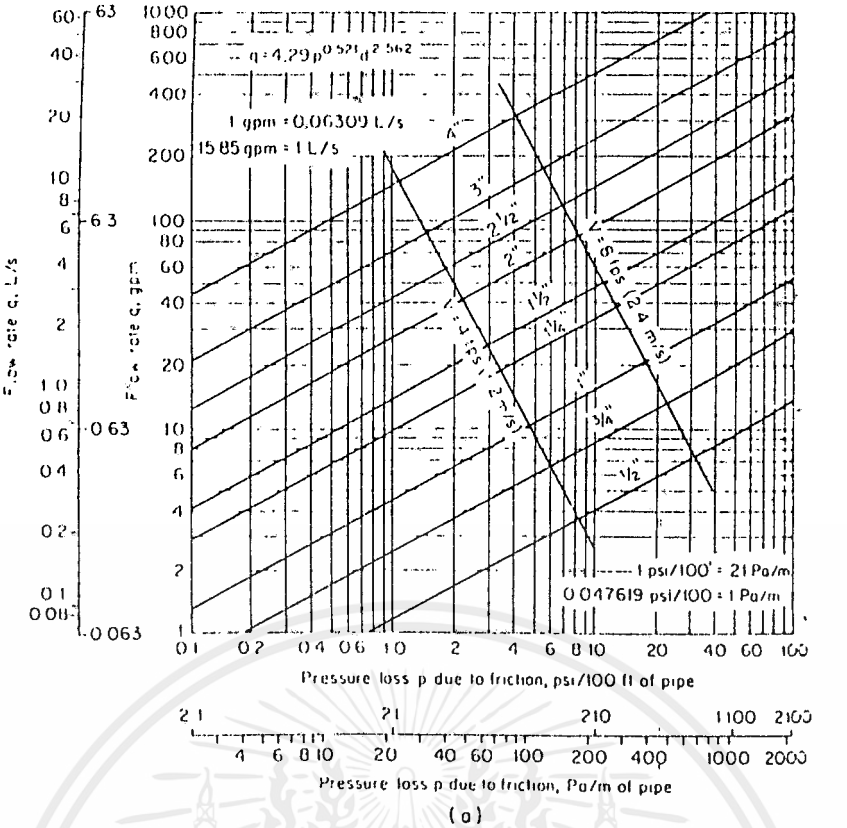
อย่างไปก็ตามสมการเหล่านี้ สามารถแปลงมาอยู่ในรูปของกราฟได้ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 12 และรูปที่ 13 ดังนั้นผู้ออกแบบจึงสามารถอ่านค่าขนาดท่อ ความเร็ว ของน้ำ อัตราการไหลและความดันลดได้จากกราฟโดยตรง ส่วนความเร็วของน้ำภายในท่อก็ไม่ควรเกิน 3 เมตรต่อวินาที (10 ฟุตต่อวินาที) เพื่อป้องกันมิให้มีเสียงดังของน้ำและลดอัตราการสึกกร่อนของบ่าวาวล์และท่อ ตลอดจนจำกัดความดันลดไม่ให้สูงมากจนทำให้ต้องใช้แรงดันน้ำสูงเกินไป ค่าที่ออกแบบในทางปฏิบัติควรอยู่ระหว่าง 1.2 เมตรต่อวินาที ถึง 2.4 เมตรต่อวินาที (4 ฟุตต่อวินาที ถึง 8 ฟุตต่อวินาที)

2.13 ความดันลดภายในท่อ

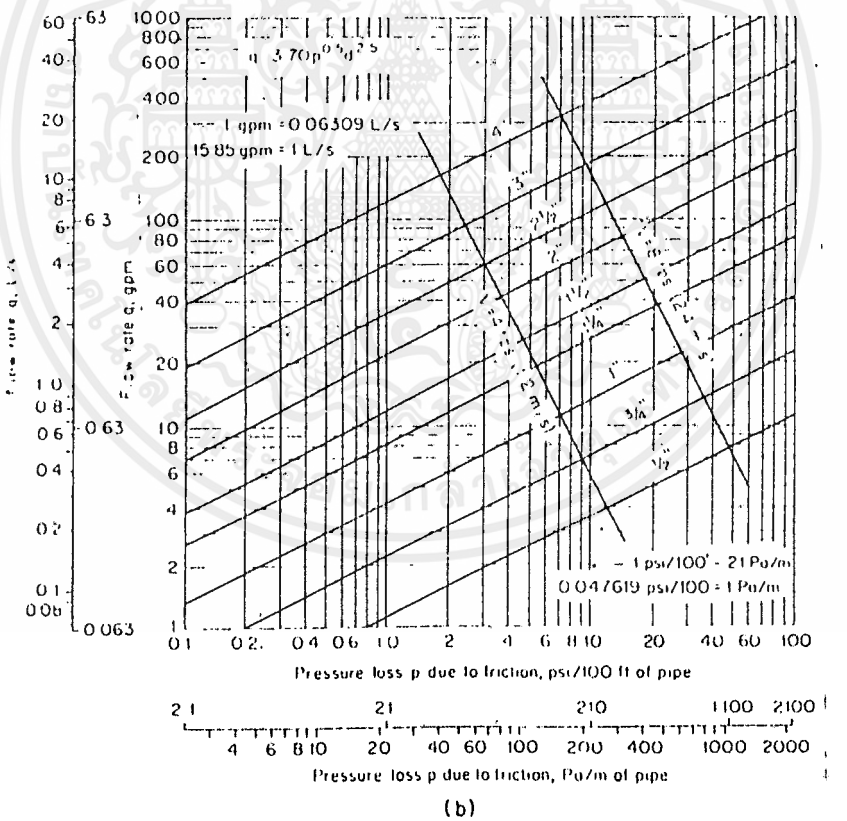
เมื่อน้ำไหลไปในท่อย่อมจะเกิดความดันลดขึ้น ค่าของความดันลดสำหรับท่อขนาดต่างๆ ที่ความเร็วหนึ่งสามารถที่จะหาได้จากรูปที่ 12 และ 13 ความดันลดทั้งหมดภายในระบบท่อประกอบด้วยความดันลดของท่อเอง และความดันลดของข้องอ ข้อต่อ และวาวล์ต่างๆ ข้อมูลเกี่ยวกับความดันลดในส่วนหลังนี้ สามารถที่จะหาได้ แต่ก็ไม่สะดวกในการออกแบบในทางปฏิบัติ ให้รวดเร็ววิธีการที่ง่ายที่สุดก็คือ การใช้ความยาวสมมูล (Equivalent length) ความยาวสมมูลของ ข้องอ ข้อต่อ หรือวาวล์ หมายถึง ความยาวของท่อตรงที่มีขนาดเดียวกันกับขนาดของข้องอ ข้อต่อ หรือวาวล์ ซึ่งจะให้ค่าความดันลด เท่ากับความดันลดของอุปกรณ์ที่กล่าวถึงในขณะที่มีอัตราการไหลของน้ำเท่ากัน หลักการนี้ช่วยให้การออกแบบกระทำได้รวดเร็วขึ้นโดยการนำความยาวสมมูลไปรวมกับความยาวจริง แล้วจึงทำการหาความดันลดโดยใช้ความยาวดังกล่าวนี้ ตารางที่ 6 แสดงถึงความยาวสมมูลของอุปกรณ์ต่างๆ

ในระบบท่อปกติแล้วความดันลดของ ข้องอ ข้อต่อ และอุปกรณ์รวมกันจะมีค่าอยู่ระหว่าง 20% ถึง 50% ของความดันลดของท่อเอง ฉะนั้นในทางปฏิบัติ วิศวกรระบบท่อจึงมักจะสมมติให้ข้องอ ข้อต่อ และอุปกรณ์ เหล่านี้มีความยาวสมมูล อยู่ประมาณ 20% ถึง 50% ของความยาวจริงของท่อ การที่จะเลือกค่าใดนั้น ก็ขึ้นอยู่กับระบบท่อมีอุปกรณ์เหล่านี้อยู่มาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



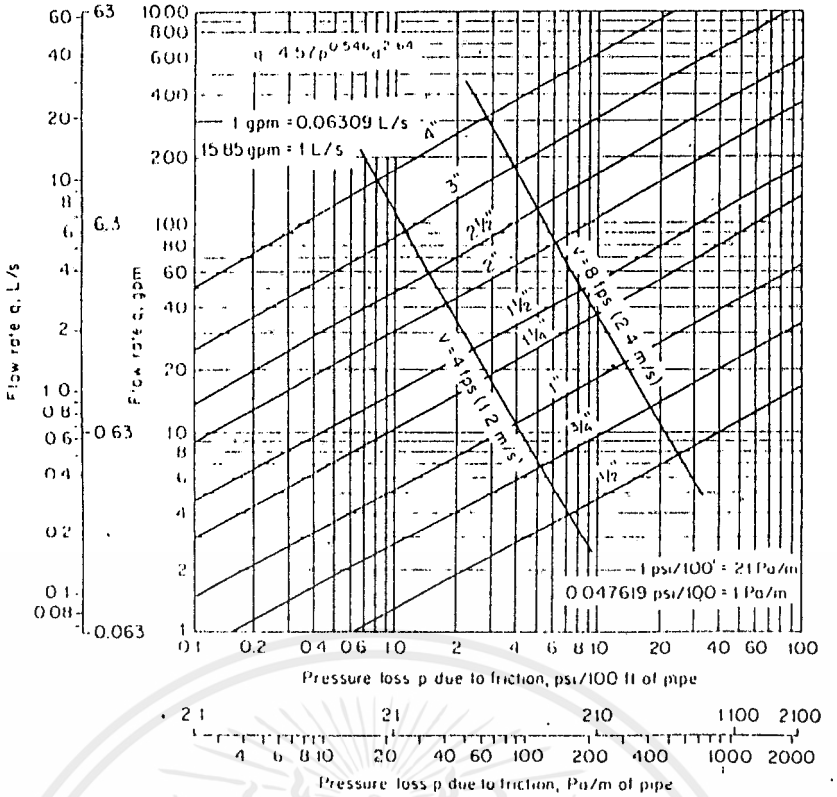
(b)

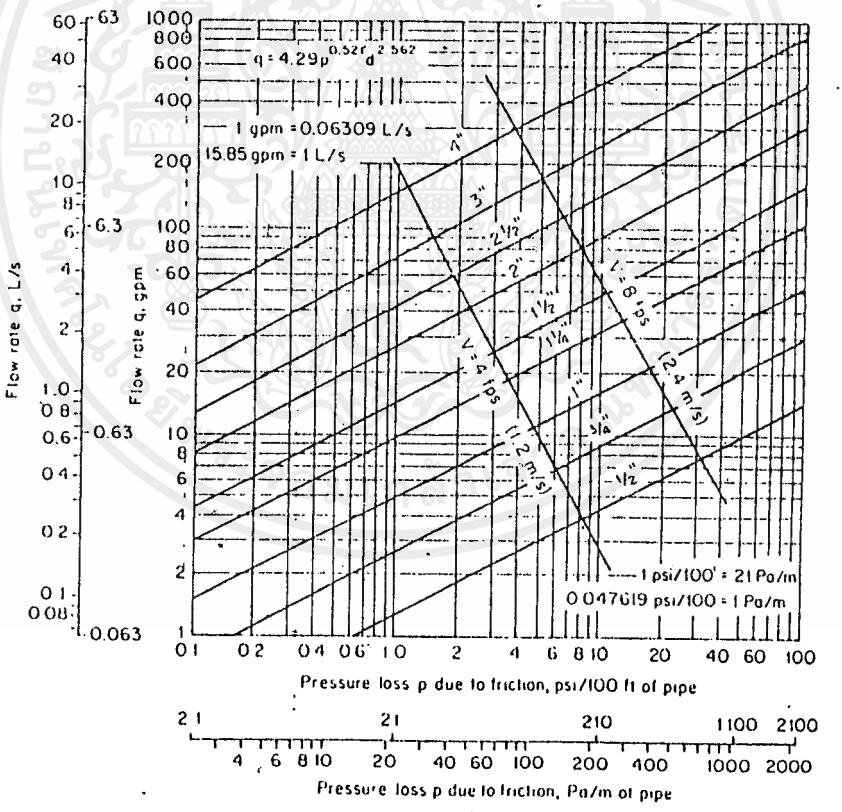
รูปที่ 12 Pipe friction chart for galvanized iron and steel standard weight pipe.

(a) Fairly rough surface condition.

(b) rough surface condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 13 Pipe friction chart for Schedule 40 plastic pipe : PE, ABS, PVC.

(a) Fairly smooth surface condition.

(b) Fairly rough surface condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาด มม. (นิ้ว)	ข้องอ		สามตา (90° tee)		Gate Valve	Globe Valve	Angle Valve
	90°	45°	Side branch	Straight run*			
10 (3/8)	0.8	0.2	0.5	0.1	0.06	2.4	1.2
15 (1/2)	0.6	0.4	0.9	0.2	0.12	4.5	2.4
20 (3/4)	0.8	0.5	1.2	0.25	0.15	6.0	3.6
25 (1)	0.9	0.6	1.5	0.3	0.18	7.6	4.5
30 ($1\frac{1}{4}$)	1.2	0.7	1.8	0.4	0.25	11.0	5.5
40 ($1\frac{1}{2}$)	1.5	0.9	2.1	0.5	0.3	14.0	6.7
50 (2)	2.1	1.2	3.0	0.6	0.4	17.0	8.5
65 ($2\frac{1}{2}$)	2.4	1.5	3.6	0.8	0.5	20.0	10.0
80 (3)	3.0	1.8	4.5	0.9	0.6	24.0	12.0
100 (4)	4.2	2.4	6.4	1.2	0.8	38.0	17.0
125 (5)	5.1	3.0	7.6	1.5	1.0	42.0	21.0
150 (6)	6.0	3.6	9.0	1.8	1.2	50.0	24.0

ตารางที่ 6 ความยาวสมมูลของข้อต่อ และอุปกรณ์เป็นเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงใด ซึ่งจะต้องอาศัยความชำนาญงานของวิศวกรระบบท่อในการพิจารณาเป็นการเฉพาะแต่ละระบบๆ ไป

2.14 ขั้นตอนในการหาขนาดของท่อประปา

ระบบท่อต้องได้รับการออกแบบให้สามารถจ่ายน้ำให้กับเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์อย่างเพียงพอ ขนาดของท่อควรที่จะหาจากรูปที่ 12 หรือ 13 ตัวประกอบอื่นๆ ที่อาจจะมีผลต่อขนาดของท่อ ก็คือ

1. ความดันของแหล่งน้ำที่ได้จากท่อประปาสาธารณะ

2. ความดันที่ต้องการของเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์แต่ละชนิด

3. ความดันลดภายในท่ออันเนื่องมาจากความสูง และความเสียดทาน

4. ข้อจำกัดเกี่ยวกับความเร็วของน้ำภายในท่อ เพื่อป้องกันเสียงและการสึกกร่อน โดยเฉพาะความเร็วสูงจะมีผลต่อการสึกกร่อนที่บ่าของวาวล์เป็นอย่างมาก

5. อัตราความต้องการน้ำของระบบทั้งหมด

โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนการหาขนาดของท่อประปาควรจะเป็นดังต่อไปนี้

1. รวมจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ของท่อเมนหรือท่อแยกที่ต้องการโดยอาศัยตารางที่ 2

2. หาอัตราความต้องการน้ำสูงสุดที่อาจจะเป็นไปได้ โดยอาศัยรูปที่ 10 และ 11 หรือตารางที่ 3, 4 และ 5 ประกอบ

3. หาขนาดของท่อเมนหรือท่อแยกได้จากรูปที่ 12 หรือ 13 โดยให้ความเร็วของน้ำภายในท่อไม่เกิน 3 เมตรต่อวินาที ความเร็วของน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1.2 เมตรต่อวินาที ถึง 2.4 เมตรต่อวินาที

4. คำนวณหาความดันลดสูงสุดของท่อเมนหรือท่อแยกโดยอาศัยรูปที่ 12 หรือ 13 เพื่อใช้ในการจัดความดันของน้ำให้เกระบบ โดยทั่วไปแล้วความดันลดสูงสุดจะอยู่ที่ท่อแยกที่จ่ายให้กับเครื่องสุขภัณฑ์ที่อยู่ไกลจากแหล่งความดันของน้ำที่สุด

5. ถ้าความดันลดในระบบสูงเกินไปจนไม่เหมาะสมทางหลักเศรษฐศาสตร์หรือเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ต้องใช้ขนาดเครื่องสูบน้ำใหญ่เกินไป ความดันของน้ำไม่พอ เป็นต้น ก็ให้กลับมาปรับขนาดท่อแล้วหาการคำนวณตามขั้นตอนเดิม จนกว่าจะได้ความดันลดที่พอเหมาะ ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรระบบท่อโดยเฉพาะ โดยปกติแล้วขั้นตอนนี้มักจะไม่มีความจำเป็นสำหรับผู้ที่มีความชำนาญในการออกแบบระบบท่อแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการคำนวณในโปรแกรม

จุดประสงค์ของโปรแกรม คือ ต้องการประมาณอัตราความต้องการน้ำในระบบท่อโดยการถามชนิดและจำนวนสุขภัณฑ์ว่า ท่อแต่ละส่วนมีสุขภัณฑ์ใดบ้าง เพื่อนำไปแปลงเป็นค่าหน่วยสุขภัณฑ์ (fixture units ย่อว่า FU) ดังตารางที่ 2 สำหรับในอาคารที่ไม่มีการใช้น้ำร้อนเลย ให้คิดหน่วยสุขภัณฑ์ในแถวสุดท้ายของตารางที่ 2 ในกรณีที่เครื่องสุขภัณฑ์ใช้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็นพร้อมกัน ก็ให้คิดหน่วยสุขภัณฑ์ของน้ำร้อนและน้ำเย็นเพียง 3/4 ของหน่วยสุขภัณฑ์ในแถวสุดท้ายเท่านั้น ซึ่งขั้นตอนนี้ก็จะมีเมนูขึ้นมาให้เลือกว่า ระบบท่อน้ำใช้ระบบน้ำเย็นเพียงอย่างเดียว หรือใช้ทั้งน้ำเย็นและน้ำร้อน

เมื่อได้หน่วยสุขภัณฑ์ในแต่ละส่วนของท่อแล้ว ก็แปลงหน่วยสุขภัณฑ์ให้เป็น Demand gpm ดังตารางที่ 3 ซึ่งการแปลงก็ขึ้นอยู่กับว่า สุขภัณฑ์ส่วนใหญ่เป็นแบบ flush tank หรือ flush valve ถ้าเป็นแบบ flush tank ก็ใช้ตารางทางด้านซ้ายมือ ถ้าเป็นแบบ flush valve ก็ใช้ตารางทางด้านขวามือ ขั้นตอนนี้ก็จะมีเมนูขึ้นมาให้เลือกเช่นกัน

จากนั้นก็นำค่า Demand gpm ที่คำนวณได้ มาแปลงเป็น Adjust gpm โดยใช้ตารางที่ 5

ขั้นต่อไปจะมีเมนูของชนิดของท่อ คือท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized iron pipe) หรือท่อพลาสติก (Plastic pipe)

ถ้าเป็นท่อเหล็กอาบสังกะสี จะใช้สมการ

$$q = 3.70\ p^{0.5}\ d^{2.5}$$

ถ้าเป็นท่อพลาสติก จะใช้สมการ

$$q = 4.29\ p^{0.521}\ d^{2.562}$$

ซึ่งการถามท่อนั้น โปรแกรมจะถามจำนวนท่อดิ่งและถามว่าท่อดิ่งแต่ละอันแบ่งเป็นกี่ส่วน แต่ละส่วนของท่อดิ่งมีท่อแยกทั้งหมดกี่ท่อแยก และท่อแยกแต่ละอันแบ่งเป็นกี่ส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วโปรแกรมจะให้เลือกสุขภัณฑ์ สำหรับแต่ละส่วนของท่อแยกในทุกท่อแยก โดยเริ่มจากส่วนที่หนึ่ง ของท่อแยกที่หนึ่ง และส่วนที่หนึ่งของที่ดิ่งที่หนึ่ง โดยเมื่อเลือกสุขภัณฑ์ที่วางในส่วนดังกล่าวแล้ว ก็จะทำให้ได้ค่า FU สำหรับส่วนดังกล่าว เพื่อนำไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ จากนั้น ก็จะเข้าไปยังส่วนที่สองของท่อแยกที่หนึ่ง ของส่วนที่หนึ่ง ของท่อดิ่งที่หนึ่ง เพื่อเลือกสุขภัณฑ์ที่อยู่ในส่วนนั้น ก็จะได้ค่า FU เช่นกัน ในการคำนวณขนาดของท่อของส่วนที่สอง ของท่อแยกที่หนึ่ง ของส่วนที่หนึ่ง ของท่อดิ่งที่หนึ่ง โปรแกรมก็จะนำค่า FU ของส่วนที่หนึ่ง ของท่อแยกที่หนึ่ง ของส่วนที่หนึ่ง ของท่อดิ่งที่หนึ่ง ไปบวกกับค่า FU ของส่วนที่สอง ของท่อแยกที่หนึ่งของส่วนที่หนึ่ง ของท่อดิ่งที่หนึ่ง แล้วนำผลบวกไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อ ทำเช่นนี้เรื่อยๆ ไป จนครบทุกส่วนของท่อแยก และครบทุกส่วนของท่อดิ่ง ซึ่งจะทำให้ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อในทุกตำแหน่ง

จากนั้นโปรแกรมก็จะถามว่า ท่อจ่ายหลัก (main) อยู่ระหว่างท่อดิ่งหมายเลขใดกับหมายเลขใด โดยท่อดิ่งที่อยู่ทางซ้ายจะให้เป็นท่อดิ่งหมายเลข 1 และท่อดิ่งที่อยู่ถัดไปทางขวา ก็จะให้เป็นท่อดิ่งที่ 2,3,4 ไปเรื่อยๆ แล้วโปรแกรมก็จะทำการคำนวณขนาดของท่อจ่ายรอง (submain) และท่อจ่ายหลัก (main) โดยอาศัยค่า FU ที่ได้จากการเลือกสุขภัณฑ์ในตอนแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วิธีการใช้โปรแกรม

ขั้นตอนแรก ผู้ใช้โปรแกรมควรจะกำหนดหมายเลขของแต่ละท่อในแบบแปลนก่อน เช่น ท่อดิ่งมีจำนวนกี่ท่อ ให้กำหนดหมายเลข 1 สำหรับท่อที่อยู่แนวดิ่งทางซ้ายสุดของแบบแปลน ถัดไปทางขวาก็จะเป็นท่อหมายเลข 2,3,4,.. ตามลำดับ และท่อดิ่งที่ 1 แบ่งเป็นกี่ส่วน หมายความว่า แต่ละส่วนของท่อดิ่งที่ 1 มีโอกาสที่จะมีขนาดต่างกัน โดยอาจเป็นส่วนของท่อดิ่งที่จ่ายให้กับท่อแยกของอาคารแต่ละชั้น คือ อาคารมีกี่ชั้น ก็จะมีจำนวนส่วนของท่อดิ่งเท่านั้น และก็กำหนดหมายเลข สำหรับแต่ละส่วนของท่อดิ่ง คือ ส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1 เป็นท่อน้ำที่จ่ายให้กับท่อแยกที่อยู่ชั้นล่างสุด ชั้นที่ 2 ก็จ่ายน้ำโดยส่วนที่ 2 ของท่อดิ่ง ทำเช่นนี้เรื่อยๆ ไปในทุกท่อดิ่ง จากนั้นผู้ใช้ก็กำหนดหมายเลขสำหรับท่อแยกในแต่ละส่วนของท่อดิ่งว่า แต่ละส่วนของท่อดิ่งมีจำนวนท่อแยกกี่ท่อ และกำหนดต่อไปอีกว่าแต่ละท่อแยกนั้น แบ่งออกเป็นกี่ส่วน เพื่อหาขนาดของท่อในทุกๆ ตำแหน่ง สุดท้ายกำหนดตำแหน่งของท่อจ่ายหลัก (main) ว่าอยู่ระหว่างท่อดิ่งหมายเลขใดกับหมายเลขใด เพื่อหาขนาดของท่อจ่ายรอง (submain)

โปรแกรมที่ผู้ทำทำขึ้น จะใช้ชื่อว่า PIPE และการใช้โปรแกรมนี้ จำเป็นจะต้องมีอุปกรณ์ ดังนี้

1. คอมพิวเตอร์ 16 บิท มีหน่วยความจำอย่างน้อย 1 M-byte
2. โปรแกรมควบคุมระบบ (Disk Operating System หรือ Dos) version 2.0 หรือสูงกว่า
3. เครื่องขับดิสก์หรือดิสก์ไดรฟ์ 1 ตัว
4. เครื่องพิมพ์ (printer)
5. จอภาพแบบโมโนโครมหรือจอสี

เริ่มใช้โปรแกรม

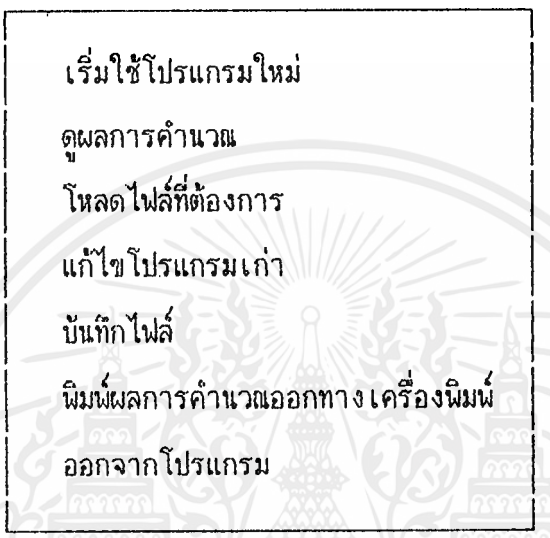
ขั้นที่ 1 สอดแผ่นดิสก์ที่มี Dos ลงในเครื่องขับดิสก์ แล้วเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อบู๊ต (boot) สุดท้ายจอภาพจะปรากฏ ดังนี้

```
A:\
```

พิมพ์ A:\PIPE (เฉพาะที่ขีดเส้นใต้) ลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากพิมพ์ PIPE และกด Enter ลงไปแล้ว ดิสก์ไดรฟ์จะหมุนอยู่สักครู่ ภาพบนจอจะเปลี่ยนไป และในที่สุดจะเป็นเมนูออกมา ดังรูปข้างล่าง



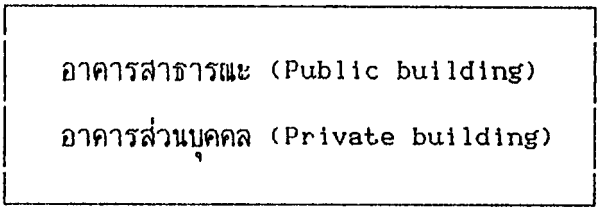
ในเมนูจะมีรายละเอียด ดังนี้

- **เริ่มใช้โปรแกรมใหม่**
- **ดูผลการคำนวณ**
- **โหลดไฟล์ที่ต้องการ**
- **แก้ไขโปรแกรมเก่า**
- **บันทึกไฟล์**
- **พิมพ์ผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์**
- **ออกจากโปรแกรม**

การเลือกเมนู จะเป็นลักษณะการเลือกโดยใช้แถบแสง โดยกดปุ่มกลุ่มลูกศรบังคับทิศทางเพื่อเลือกเมนูที่ต้องการ

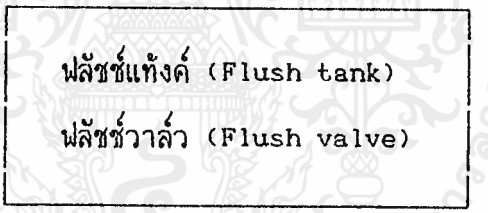
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกเมนู " เริ่มใช้โปรแกรมใหม่ " จะปรากฏรูปในจอภาพดังรูปข้างล่าง

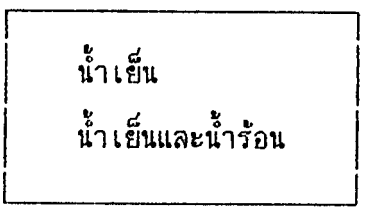


คือโปรแกรมจะให้เลือกประเภทของอาคาร ว่าเป็นแบบอาคารสาธารณะ หรืออาคารส่วนบุคคล การเลือกก็จะเลือกโดยใช้ปุ่มลูกศรบังคับทิศทางเช่นเดียวกัน

จากนั้นก็จะปรากฏรูปในจอภาพดังรูปข้างล่าง เพื่อให้เลือกประเภทของฟลัชช์ ว่าอาคารนี้ใช้ฟลัชช์แบบฟลัชช์แท้งค์ หรือฟลัชช์วาล์ว



แล้วถัดมาจอภาพก็จะปรากฏดังรูปข้างล่าง เพื่อให้เลือกประเภทของน้ำ คือน้ำเย็นหรือน้ำเย็นผสมน้ำร้อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และโปรแกรมจะให้เลือกชนิดของท่อที่ใช้ภายในอาคาร ว่าเป็นแบบท่อเหล็กอาบสังกะสี หรือท่อพลาสติก ดังรูปข้างล่าง

```
ท่อเหล็กอาบสังกะสี (Galvanized iron pipe)
ท่อพลาสติก (Plastic pipe)
```

จากนั้นโปรแกรมจะถามจำนวนท่อดิ่ง? จำนวนส่วนของท่อดิ่ง? ของแต่ละท่อดิ่ง และแต่ละส่วนของท่อดิ่งมีท่อแยกกี่ท่อ? และท่อแยกดังกล่าวแบ่งเป็นกี่ส่วน? ซึ่งการถามจำนวนส่วนของท่อแยกและจำนวนท่อแยก จะถามทุกส่วนของท่อดิ่ง

เมื่อถามเสร็จโปรแกรมจะให้เลือกชนิดและจำนวนของสุขภัณฑ์สำหรับส่วนที่ 1 ของท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1 และจะปรากฏรูปในจอภาพดังรูปข้างล่าง

```
1. ส้วม (Water closet) ใช้ฟลัชช์วาล์ว
2. ส้วม (Water closet) ใช้ฟลัชช์แท้งค์
3. โถปัสสาวะ (Urinal) (ใช้ท่อ 1" และฟลัชช์วาล์ว)
4. โถปัสสาวะ (Urinal) (ใช้ท่อ 3/4" และฟลัชช์วาล์ว)
5. โถปัสสาวะ (Urinal) ใช้ฟลัชช์แท้งค์
6. อ่างล้างมือ (Lavatory)
7. อ่างอาบน้ำ (Bathtub)
8. ฝักบัวอาบน้ำ (Shower head)
9. อ่างซักล้าง (Service sink)
10. อ่างล้างในครัว (Kitchen sink)
11. น้ำพุดื่ม (Drinking foundtain)
12. เครื่องล้างจาน (Dishwashing machine)
13. เครื่องซักผ้า (Laundry machine)
14. สิ้นสุดการเลือก
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเลือกเสร็จแล้ว ก็ให้เลื่อนแถบแสงไปยังบรรทัดสุดท้าย คือ สิ้นสุดการเลือก เพื่อเข้าไปเลือกชนิดและจำนวนของสุขภัณฑ์สำหรับส่วนที่ 2 ของท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1 ซึ่งการเลือกชนิดและจำนวนของสุขภัณฑ์จะต้องเลือกทุกส่วนของท่อทั้งท่อแยกและท่อดิ่ง เมื่อเลือกสุขภัณฑ์จนครบแล้วทุกส่วนแล้ว โปรแกรมจะถามว่าท่อเมนอยู่ระหว่างท่อดิ่งที่เท่าไร? กับเท่าไร? เพื่อหาขนาดของท่อจ่ายรอง (submain) และท่อจ่ายหลัก (main)

เมื่อเลือกและให้ค่าต่างๆ ครบแล้ว ภาพจะกลับมาที่เมนเมนู (Main menu)

หลังจากที่เราได้เลือกและให้ค่าต่างๆ แล้วและต้องการดูผลการคำนวณ ก็สามารถเลือก "ดูผลการคำนวณ" โปรแกรมก็จะแสดงผลการคำนวณ คือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อทุกท่อตามที่ได้ให้ค่าไว้ ซึ่งสามารถดูได้จากตัวอย่างในบทที่ 5

เมื่อเลือก "โหลดไฟล์ที่ต้องการ" โปรแกรมก็จะถามชื่อไฟล์ที่ต้องการจะโหลด ก็ให้พิมพ์ชื่อไฟล์ที่เราต้องการโหลด แล้วกด Enter

เมื่อเลือก "แก้ไขโปรแกรมเก่า" โปรแกรมจะถามหมายเลขของท่อดิ่ง ส่วนของท่อดิ่ง หมายเลขของท่อแยกของส่วนของท่อดิ่งนั้น และส่วนของท่อแยก เพื่อจะเข้าไปเลือกชนิดและจำนวนของสุขภัณฑ์ใหม่ ซึ่งจะมีเมนูของสุขภัณฑ์ขึ้นมาให้เลือก เหมือนกับขั้นตอนของการเลือก "เริ่มใช้โปรแกรมใหม่"

เมื่อเลือก "บันทึกไฟล์" โปรแกรมก็จะถามชื่อไฟล์ที่เราต้องการจะบันทึก หลังจากใส่ชื่อเรียบร้อยแล้ว และกด Enter เครื่องก็จะบันทึกไฟล์ในชื่อนั้น

เมื่อเลือก "พิมพ์ผลการคำนวณออกทางเครื่องพิมพ์" ให้ใส่กระดาษในเครื่องพิมพ์ให้พร้อมก่อนที่จะกด Enter และเมื่อกด Enter เครื่องพิมพ์ก็จะพิมพ์ผลลัพธ์ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อออกมา ซึ่งเหมือนกับ "ดูผลการคำนวณ" เพียงแต่พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

เมื่อเลือก "ออกจากโปรแกรม" หน้าจอก็จะออกมายัง Dos คือ

C:\

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ตัวอย่างการคำนวณด้วยมือและใช้โปรแกรม

ตัวอย่างการคำนวณด้วยมือ

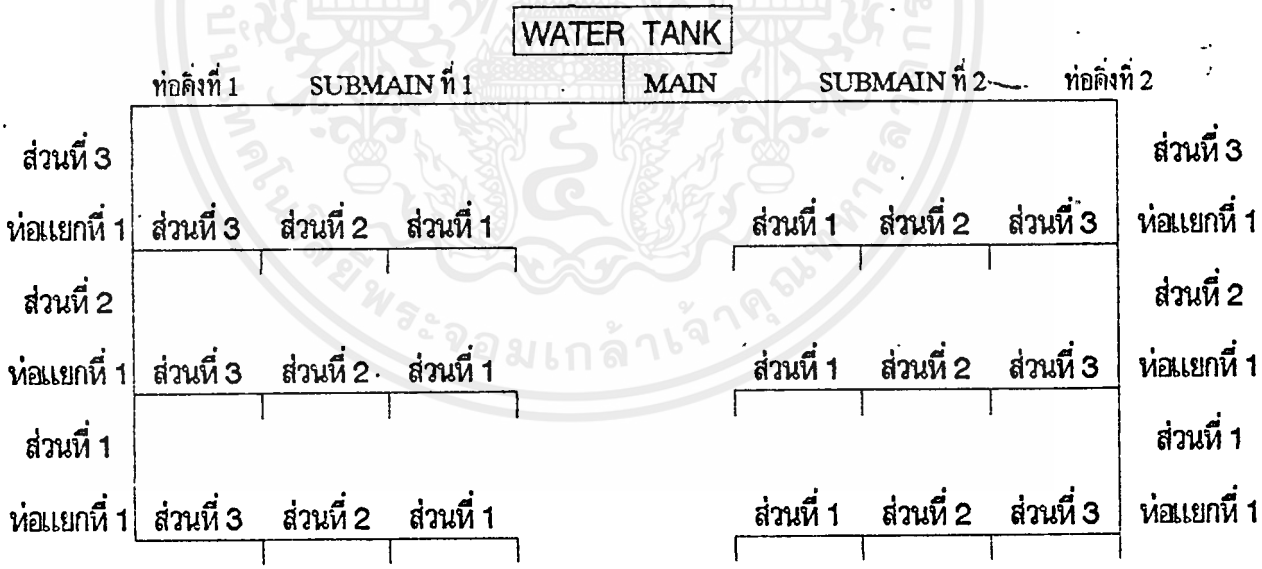
ระบบน้ำเย็นสำหรับแฟลต 3 ชั้น ซึ่งจ่ายน้ำโดยถังเก็บน้ำที่อยู่บนสุดของอาคาร ประกอบด้วยท่อดิ่งจำนวน 2 ท่อ โดยท่อดิ่งแต่ละท่อจ่ายน้ำให้ห้องจำนวน 3 ห้อง และแต่ละห้องมีเครื่องสุขภัณฑ์ดังนี้

- ส้วมชักโครกแบบใช้ฟลัชช์วาล์ว 1 ชุด
- ฝักบัวสายอ่อน 1 ชุด
- อ่างล้างหน้า 1 ใบ

โถส้วมเป็นแบบฟลัชช์วาล์ว และอาคารใช้ท่อ P.V.C. ทั้งหมด จงหาขนาดของท่อ P.V.C.ที่เหมาะสม เพื่อที่จะสามารถจ่ายน้ำให้กับอาคารได้อย่างเพียงพอ

วิธีทำ

กำหนดหมายเลขของท่อทุกตำแหน่งในแปลน ดังรูปข้างล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาขนาดของท่อ เริ่มต้นด้วยการหาจำนวน FU ทั้งหมด โดยใช้ตารางที่ 2 ดังนี้

โดยเริ่มจากส่วนย่อยที่สุดก่อน คือ ส่วนที่ 1 ของท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1 และมีสุขภัณฑ์ ดังนี้

ส้วมชักโครกแบบฟลัชช์วาล์ว	1*10	=	10 FU
อ่างล้างหน้า	1* 2	=	2 FU
ฝักบัวสายอ่อน	1* 4	=	4 FU
รวม		=	16 FU

จากตารางที่ 3 16 FU จะเท่ากับ 31.8 gpm

จากตารางที่ 5 water factor = 1 .

จากรูปที่ 13 เป็นกราฟของท่อพลาสติก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อที่ให้ความเร็วของน้ำที่อยู่ในช่วง 1.2 - 2.4 เมตร/วินาที และให้ค่าความเสียดทานเนื่องจากท่อน้อยที่สุด คือ ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง = 1 1/2 นิ้ว

ทำนองเดียวกัน จะได้

		ขนาดท่อ (นิ้ว)
ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1		
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 1	(FU = 48)	2
ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 2 ของท่อดิ่งที่ 1		
ส่วนที่ 1	(FU = 16)	1 1/2
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 2 ของท่อดิ่งที่ 1	(FU = 96)	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 3 ของท่อดิ่งที่ 1		
ส่วนที่ 1	(FU = 16)	1 1/2
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 3 ของท่อดิ่งที่ 1	(FU = 144)	2 1/2

ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 2		ขนาดท่อ (นิ้ว)
ส่วนที่ 1	(FU = 16)	1 1/2
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 1 ของท่อดิ่งที่ 2	(FU = 48)	2

ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 2 ของท่อดิ่งที่ 2		
ส่วนที่ 1	(FU = 16)	1 1/2
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 2 ของท่อดิ่งที่ 2	(FU = 96)	2

ท่อแยกที่ 1 ของส่วนที่ 3 ของท่อดิ่งที่ 2		
ส่วนที่ 1	(FU = 16)	1 1/2
ส่วนที่ 2	(FU = 32)	1 1/2
ส่วนที่ 3	(FU = 48)	2
ส่วนที่ 3 ของท่อดิ่งที่ 2	(FU = 144)	2 1/2

submain ที่ 1	(FU = 144)	2 1/2
submain ที่ 2	(FU = 144)	2 1/2
main	(FU = 288)	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม

สำหรับท่อเมน

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 3"

สำหรับท่อ submain ที่ 1

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 1

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 2

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2

ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 1 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับ submain ที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 1
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 1 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 2 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 1
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 2
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 1 1/2"

สำหรับท่อดิ่งที่ 2 ส่วนที่ 3 ท่อแยกที่ 1 ส่วนที่ 3
ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อแนะนำ

โปรแกรมนี้ใช้หาขนาดของท่อน้ำ โดยการประมาณอัตราการใช้น้ำด้วยวิธีหาค่า FU จากสุขภัณฑ์ ซึ่งใช้กับอาคารที่มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก คือ จำนวนชั้นไม่เกิน 5 ชั้น และจำนวนของท่อดิ่งไม่เกิน 3 ท่อดิ่ง จำนวนท่อแยกไม่เกิน 3 ท่อแยก และแต่ละท่อแยกแบ่งเป็นส่วน ได้ไม่เกิน 5 ส่วน อาคารอาจเป็นอาคารสาธารณะหรืออาคารส่วนบุคคลก็ได้ ระบบน้ำเป็นแบบน้ำเย็น หรือ น้ำเย็นและน้ำร้อน ชนิดของท่อเป็นแบบท่อเหล็กอาบสังกะสี หรือ ท่อพลาสติก เพราะเป็นวัสดุที่ใช้มากในงานเดินท่อน้ำใช้ของอาคาร

ขนาดของท่อที่คำนวณได้ จะให้ความเร็วของน้ำไม่เกิน 1.2-2.4 เมตร/วินาที (4-8 ฟุต/วินาที)

ข้อแนะนำ คือ ควรปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถเพิ่มจำนวนของท่อดิ่งและจำนวนของท่อแยก รวมทั้งจำนวนส่วนของท่อทั้งสอง และอาจเพิ่มชนิดของวัสดุท่อให้มีจำนวนมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์. 2526. การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร. 297 น.

วิชิต บุณวัตร์. 2528. คู่มือการใช้ IBM PC DOS Version 3.10. บริษัทบิสิเนส อินฟอร์เมชั่น ซิสเทมส์ จำกัด, กรุงเทพมหานคร. 320 น.

Ned H.C.Hwang and Carlos E.Hita. Fundamentals of Hydraulic engineering systems. 2d ed., Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 370 p.

Streeter, V.L. and E.B wylie. 1979. Fluid Mechanics, 7th ed., McGraw-Hill Book Company, New York. 562p.

Fair and others. 1971. Elements of Water Supply and Wastewater Disposal. 2d ed., John wiley & Sons, Inc., New York. 752 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

โปรแกรมนี้ เขียนโดยใช้ภาษาซี และการเขียนจะเขียนเป็นแบบฟังก์ชันต่างๆ และจะมีฟังก์ชันเมน (main) เป็นฟังก์ชันที่เรียกใช้ฟังก์ชันต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <mem.h>
#include <math.h>
#include <stdio.h>
#include <stdarg.h>
#include <conio.h>
#include <dos.h>
#define UP 72
#define DN 80
#define ESC 27
struct dataT {
int closet ;
int closet1 ;
int urinal_1 ;
int urinal_3 ;
int urinal ;
int lavatory ;
int bathtub ;
int shower ;
int service_sink ;
int kitchen_sink ;
int fountain ;
int dishwash ;
int laundry ;
float hight ;
     }data;
struct datat {
int building_type ;
int water_type ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int flush_type ;
int pipe_type ;
     }datatype;
int select;
typedef struct dia{
                    int d[20][5][20],di[20][5],dia[20],diame;
                    float tos[20][5][20],tot[20][5],tou[20],tov;
                    float dos[20][5][20],dot[20][5],dou[20],dov;
                    /* total ท่อแยกแต่ละส่วน ,total ท่อแยกแต่ละท่อ,
                     total ท่อดิ่งแต่ละส่วน, total ท่อดิ่งแต่ละท่อ */
                   } diameter;
diameter *diam;

struct pipet{
          int vpipe ,pvpipe[10] ,hpvpipe[10][20] ,phpvpipe[10][20][6];
           }p;

int start,end,new=1;
int dmain=0;

float sol,w,z,ans,tmain,rs;
float c[2][2];
void  askmain(void);
void  ask(void);
void  calc_tot(void);
float calsol(void);
void  caltype(void);
void  calculate1(void);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
int   calculate2(void);
void  edit(void);
void  flush(void);
void  hot(void);
void  buildtype(void);
void  pipetype(void);
void  printer(void);
void  show(void);
void  Fastprintf(int x,int y,int attr,char *msg, ...);
void  Setattr(int x,int y,int length,int attr);
void  Fastputs(int x,int y,int attr,char *str);
void  drawbox(int startx,int starty,int endx,int endy,int style,
      int bdattr,int fillattr);
void  fixture(void);
int Addr;

void  initial(void);
void  save(void);
void  load(void);
void  Videomode(void);

void load(void)
{
  char  filename[79];
  FILE  *fileload;
  float c[2][2];
  int   x1,y1,x2,y2;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    x1=15; y1=16; x2=65; y2=18;
    gotoxy (x1+2, y1+1);
    cprintf(" ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการเรียกมาใช้ : ");
    drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
    scanf("%s",&filename);

    if ((fileload = fopen(filename,"rb"))==NULL)
    {
      gotoxy (x1+2, y2+3);
      printf("ไม่พบไฟล์ %s !  กดปุ่มใดๆเพื่อทำงานต่อไป .",filename);
      drawbox(x1,y2+2,x2,y2+4,1,0x70,0x71);
      getch();
      intro();
      return;
    }
    /*if(new==0) free(diam);*/
    fread(&p,1,sizeof(struct pipet),fileload);
      diam=(diameter *) calloc(p.vpipe, sizeof(diameter));

    fread(&datatype,1,sizeof(struct datat),fileload);
    fread(&diam,p.vpipe,sizeof(struct dia),fileload);
    fclose(fileload);
    new=0;
    intro();
}

void save(void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 char filename[79];
 FILE *filesave;
 /*
   ask for filename to var filename
 */
 int   x1,y1,x2,y2;

 x1=15; y1=16; x2=65; y2=18;
 gotoxy (x1+2, y1+1);
 cputs(" ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการเก็บไว้ :");
 drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
 scanf("%s",filename);

 if ((filesave=fopen(filename,"wb"))==NULL)
 {
   gotoxy (x1+2, y2+3);
   printf("ไม่สามารถเก็บข้อมูลลงไฟล์ %sได้! กดปุ่มใดๆเพื่อทำงานต่อไป .",
           filename);
   drawbox(x1,y2+2,x2,y2+4,1,0x70,0x71);
   getch();
   intro();
   return;
 }

fwrite(&p,1,sizeof(struct pipet),filesave);
fwrite(&datatype,1,sizeof(struct datat),filesave);
fwrite(&diam,p.vpipe,sizeof(struct dia),filesave);
fclose(filesave);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  intro();
}

void ask(void)
{
 int count,c1,c2,c3;
 clrscr();
 cputs("\n\r จำนวนท่อดิ่ง? ");
 scanf("%d",&p.vpipe);
 diam=(diameter *) calloc(p.vpipe, sizeof(diameter));
 for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    printf("\n ท่อดิ่งที่ %d มีกี่ส่วน? ",count+1);
    scanf("%d",&p.pvpipe[count]);
    for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
       {
       printf("\n ท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d มีกี่ท่อแยก? ",count+1,c1+1);
       scanf("%d",&p.hpvpipe[count][c1]);
       for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
          {
          printf("\n ท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d ท่อแยกที่ %d มีกี่ส่วน? ",count+1,
                    c1+1,c2+1);
          scanf("%d",&p.phpvpipe[count][c1][c2]);
          for(c3=0;c3<p.phpvpipe[count][c1][c2];c3++)
             {
             initial();
             clrscr();
    printf("\n กด enter เพื่อเลือกสุขภัณฑ์ ");
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        printf("\n สำหรับท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d ท่อแยกที่ %d ส่วนที่ %d",count+1,c1+1
                ,c2+1,c3+1);
                getch();
                do
                    fixture();
        while(select!=14);

        clrscr();
        diam[count].tos[c1][c2][c3]=calsol();

                }
            }
        }
    }
}

void askmain(void)
{
  char ch;
  int y,x1,y1,x2,y2;
  textattr(0x07);
  textbackground(1);
  start=end=0;
  Videomode();
  while((start==end)||(start>p.vpipe)||(end>p.vpipe)||(start<=0)||
        (end<=0))
  {
  clrscr();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    x1=10;x2=55;y1=5;y2=8;
    y=y1+1;
    cprintf("\n\r                ท่อเมนอยู่ระหว่างท่อดิ่งที่ (1- %d)",p.vpipe);
    gotoxy(x1+5,y);
    cprintf("\r                  -ท่อดิ่งที่ \n\r");
    cprintf("\r                  -กับท่อดิ่งที่ \n\r");
    cprintf("\r                  -สิ้นสุดการให้ค่า \n\r");
    drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
    for(;;){
      Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);
      ch=getch();
      Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);
      if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
      if(ch==0)
      ch=getch();
      switch(ch)
      {
      case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
      case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
      }
   }
   select = y-y1;
   gotoxy(40,y);
   switch (select)
       {
        case 1 : cprintf(":");
                 scanf("%d",&start);
   break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 2 : cprintf(":");
                 scanf("%d",&end);
break;
      }
  }
clrscr();
}

void initial(void)
{
data.closet = 0;
                 data.closet1 = 0;
data.urinal_1 = 0;
data.urinal_3 = 0;
                 data.urinal = 0;
data.lavatory = 0;
data.bathtub = 0;
data.shower = 0 ;
data.service_sink = 0 ;
data.kitchen_sink = 0 ;
data.fountain = 0;
data.dishwash = 0;
data.laundry = 0;
data.hight = 0;
}

void calculate1(void)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*   clrscr();*/

    if(w>=1 && w<=400)       rs=1.00*z;

    if(w>400 && w<=600)      rs=0.87*z;

    if(w>600 && w<=900)      rs=0.75*z;

    if(w>900 && w<=1200)     rs=0.64*z;

    if(w>1200 && w<=1500)    rs=0.63*z;

    if(w>1500 && w<=2000)    rs=0.61*z;

    if(w>2000 && w<=2500)    rs=0.60*z;

    if(w>2500 && w<=3000)    rs=0.59*z;

    if(w>3000 && w<=4000)    rs=0.58*z;

    if(w>4000 && w<=7000)    rs=0.56*z;

    if(w>7000 && w<=8000)    rs=0.55*z;

}


  int calculate2(void)

  {

  float d[]={,767,.925,1.22,1.53,1.75,2.19,2.78,3.25,4.16,5.12,6.03};


  int i,dia=0;

  float p,v;


      switch (datatype.pipe_type)

      {

      case 1 : for (i=0;i<=8;i++)

   {

   p=rs*rs/(13.69*pow(d[i],5));

   v=(0.1245*rs)/(d[i]*d[i]);

   if(p>=1 && p<=15 && v>1.2 && v<2.4)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    if(dia<i) dia=i;
    }
                break;
        case 2 :  for (i=0;i<=8;i++)
    {
    p=pow(rs,1.919)/(16.365*pow(d[i],4.917));
    v=(0.1245*rs)/(d[i]*d[i]);
    if(p>=1 && p<=15 && v>1.2 && v<2.4)
                    if(dia<i) dia=i;
    }
 break;
      }
      return dia;
  }
float calsol(void)
{ float solu;
  solu = data.closet + data.closet1 + data.urinal_1 + data.urinal
       + data.urinal_3 + data.lavatory + data.bathtub + data.shower
       + data.service_sink + data.kitchen_sink
+ data.fountain + data.dishwash + data.laundry ;
  return solu;
}

void  calc_tot(void)
{
 int count,c1,c2,c3;
 float total;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
       {
       for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
          {

          for(c3=0,total=0;c3<p.phpvpipe[count][c1][c2];c3++)
             {
             total=diam[count].tos[c1][c2][c3]+total;
             diam[count].dos[c1][c2][c3]=total;
             }
          }
       }
    }

for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
       {
       for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
          diam[count].dot[c1][c2]=diam[count].dos[c1][c2][(p.phpvpipe
          [count][c1][c2]-1)];
       }
    }

for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
        {
        total=0;
        for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
            total=diam[count].dot[c1][c2]+total;
        diam[count].dou[c1]=total;
        }
    }

for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    for(c1=0,total=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
        {
        total=diam[count].dou[c1]+total;
        diam[count].dou[c1]=total;
        }
    }

for(count=0;count<p.vpipe;count++)
   diam[count].dov=diam[count].dou[(p.pvpipe[count]-1)];

if(p.vpipe>2)
  {
   for(count=0,total=0;count<start;count++)
       {
       total=total+diam[count].dov;
       diam[count].dov=total;
       }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    for(count=p.vpipe-1,total=0;count>=start;count--)
        {
        total=total+diam[count].dov;
        diam[count].dov=total;
        }
   }
tmain=diam[start-1].dov+diam[end-1].dov;
}

void caltype(void)
{
FILE *fp;

  switch (datatype.building_type)
       {
 case 1 : ans=sol;  break;
 case 2 : ans=0.5*sol;   break;
       }
  switch (datatype.water_type)
       {
 case 1 : w=sol;  break;
 case 2 : w=0.75*sol;   break;
       }
/*-------------------------------------------------*/

  switch (datatype.flush_type)
  {
        case 1 :
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        {
        if((fp=fopen("flush_ta","r"))==NULL)
 {
 printf("Error in open file\n");
 exit(0);
 }
     while(!feof(fp))
 {
 fscanf(fp,"%f %f",&c[0][0],&c[0][1]);
 fscanf(fp,"%f %f",&c[1][0],&c[1][1]);
          if(c[1][0] >= w)
            break;
 }
     fclose(fp);
     }
     break;
     case 2 :
     {
     if((fp=fopen("flush_va","r"))==NULL)
{
printf("Error in open file\n");
exit(0);
}
    while(!feof(fp))
{
fscanf(fp,"%f %f",&c[0][0],&c[0][1]);
fscanf(fp,"%f %f",&c[1][0],&c[1][1]);
          if(c[1][0] >= w)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                break;
        }
            fclose(fp);
            }
            break;
          }


          z=(c[1][1]-c[0][1])*(w-c[0][0])/(c[1][0]-c[0][0]) + c[0][1];
}


void drawbox(startx,starty,endx,endy,style,bdattr,fillattr)
int startx,starty,endx,endy,style,bdattr,fillattr;
{
register int i,j,hori = endx-startx +1;
char upper[81];
static char bord[][6] = {
{'\xC4','\xB3','\xDA','\xBF','\xD9','\xC0'},
{'\xCD','\xBA','\xC9','\xBB','\xBC','\xC8'}
};
static int bords[][6] = {
{196,179,218,191,217,192},
{205,186,201,187,188,200}
};


memset(upper, 0,sizeof(upper));
memset(upper,bords[style][0],hori);
Fastputs(startx,starty,bdattr,upper);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Fastputs(startx,endy,bdattr,upper);
j = endy-starty;
for (i = 1;i < j;i++ ){
Fastprintf(startx,starty+i,bdattr,"%c",bord[style][1]);
Fastprintf(endx,starty+i,bdattr,"%c",bord[style][1]);
}
Fastprintf(startx,starty,bdattr,"%c",bord[style][2]);
Fastprintf(endx,starty,bdattr,"%c",bord[style][3]);
Fastprintf(endx,endy,bdattr,"%c",bord[style][4]);
Fastprintf(startx,endy,bdattr,"%c",bord[style][5]);
for(i=1;i<j;i++)
Setattr(startx+1,starty+i,hori-2,fillattr);
}

void edit()
{
 int x1,x2,x3,x4;
 clrscr();
 cputs("\n\r แก้ไขท่อดิ่งที่ ");
 scanf("%d",&x1);
 cputs("\n\r ส่วนที่ ");
 scanf("%d",&x2);
 cputs("\n\r ท่อแยกที่ ");
 scanf("%d",&x3);
 cputs("\n\r ส่วนที่ ");
 scanf("%d",&x4);
 initial();
 do  fixture();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 while(select!=14);
 clrscr();
 diam[x1-1].tos[x2-1][x3-1][x4-1]=calsol();
}

void Setattr(x,y,length,attr)
int x,y,length,attr;
{
register int i,pos=2*(x-1)+160*(y-1)+1;
for(i=0;i<length;i++,pos+=2)
pokeb(Addr,pos,(char)attr);
     /*pos=y,(char)attr='\x1a',attr=26 :blue color */
     /*pos=y,(char)attr='q',attr=113 :white color */
return;
}

void Videomode(void)
{
_AH=15;
geninterrupt(0x10);
Addr=(_AL=='\x3')?0xB800:0xB000;
}

void Fastputs(x,y,attr,str)
int x,y,attr;
char *str;
{
register int pos=2*(x-1)+160*(y-1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
while(*str!='\0'){
pokeb(Addr,pos++,*str++);
pokeb(Addr,pos++,(char)attr);
}
  /*return 0;*/
}

void Fastprintf(int x,int y,int attr,char *msg, ...)
{
char str[256];
va_list ap;
va_start(ap,msg);
vsprintf(str,msg,ap);
Fastputs(x,y,attr,str);
}


 intro()
 {
  char ch;
  int y,x1,y1,x2,y2;
  textattr(0x07);'
  textbackground(1);
  clrscr();
  Videomode();
  x1=10;x2=50;y1=5;y2=13;
  y=y1+1;
  Notend:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    gotoxy(10,6);
    cprintf("\r                ใช้โปรแกรมใหม่\n\r");
    cprintf("\r                ดูผลการคำนวณ\n\r");
    cprintf("\r                เรียกโปรแกรมเก่า\n\r");
    cprintf("\r                เก็บข้อมูลลงแผ่นดิสก์\n\r");
    cprintf("\r                แก้ไขข้อมูล\n\r");
    cprintf("\r                พิมพ์ผลทางเครื่องพิมพ์ \n\r");
    cprintf("\r                ออกจากโปรแกรม\n\r");
    drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);

   for(;;){
     Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);       /*0x75=text color (green)*/
     ch=getch();                  /*0x71=text color (pink)*/
     Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);
     if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
     if(ch==0)
     ch=getch();
     switch(ch)
     { case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
       case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
     }
   }
   select = y-y1;
   switch (select)
       {
case 1 :   new=0;
                    buildtype();
                    pipetype();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      hot();
                        flush();

                        ask();
                        if (p.vpipe>2)
                           askmain();
                        else
                        if (p.vpipe == 2)
                           {
                           start=1;
                           end=2;
                           }
      break;

           case 2 :   if(new==0) show(); break;
           case 3 :   load(); break;
           case 4 :   save(); break;
           case 5 :   edit(); break;
           case 6 :   printer(); break;
           case 7 :   exit(0);
       }
  if(select!=7) goto Notend;
  }

  void fixture(void)
 {
   char ch;
   int y,x1,y1,x2,y2,amount;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
textattr(0x07);
textbackground(1);
clrscr();
Videomode();
x1=10;x2=65;y1=5;y2=20;
y=y1+1;
cprintf("\n\r                    เลือกชนิดสุขภัณฑ์และป้อนจำนวน ");
gotoxy(x1+5,y);
cprintf("\r                  1.ส้วม (water closet) ใช้ฟลัชช์วาล์ว \n\r");
cprintf("\r                  2.ส้วม (water closet) ใช้ฟลัชช์แท้งค์ \n\r");
cprintf("\r                  3.โถปัสสาวะ (urinal)  (ใช้ท่อ 1\แลยฟลัชช์วาล์ว)
                                                              \n\r");
cprintf("\r                  4.โถปัสสาวะ (urinal)  (ใช้ท่อ 3/4\แลยฟลัชช์วาล์ว)
                                                                \n\r");
cprintf("\r                  5.โถปัสสาวะ (urinal)  ใช้ฟลัชช์แท้งค์ \n\r");
cprintf("\r                  6.อ่างล้างมือ (lavatory)    \n\r");
cprintf("\r                  7.อ่างอาบน้ำ (bathtub)       \n\r");
cprintf("\r                  8.ฝักบัวอาบน้ำ (shower head)       \n\r");
cprintf("\r                  9.อ่างซักล้าง (service sink) \n\r");
cprintf("\r                 10.อ่างล้างในครัว (kitchen sink) \n\r");
cprintf("\r                 11.น้ำพุดื่ม (drinking fountain) \n\r");
cprintf("\r                 12.เครื่องล้างจาน (dishwashing machine) \n\r");
cprintf("\r                 13.เครื่องซักผ้า (laundry machine) \n\r");
cprintf("\r                 14.สิ้นสุดการเลือก \n\r");
drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);

for(;;)
{
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);
        ch=getch();
        Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);
        if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
        if(ch==0)
          ch=getch();
        switch(ch)
        {
        case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
        case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
        }
     }

     select = y-y1;
     gotoxy(67,y);
     if (select<14)
     {
        cprintf("จำนวน  :  ");
        scanf("%d",&amount);
     }
     switch (select)
         {
          case 1 : data.closet = 12.0*amount;
break;
          case 2 : data.closet1 = 5.0*amount;
break;
          case 3 : data.urinal_1 = 10.0*amount;
break;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case 4 : data.urinal_3 = 5.0*amount;
 break;
        case 5 : data.urinal = 3.0*amount;
 break;
        case 6 : data.lavatory = 2.0*amount;
 break;
        case 7 : data.bathtub = 4.0*amount;
 break;
        case 8 : data.shower = 4.0*amount;
 break;
        case 9 : data.service_sink = 3.0*amount;
 break;
        case 10 : data.kitchen_sink = 4.0*amount;
 break;
        case 11 : data.fountain = 0.25*amount;
 break;
        case 12 : data.dishwash = 1.0*amount;
 break;
        case 13 : data.laundry = 4.0*amount;
 break;
       }
}

 void buildtype(void)
 {
 char ch;
 int y,x1,y1,x2,y2;
 textattr(0x07);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    textbackground(1);
    clrscr();
    Videomode();
    x1=10;x2=50;y1=5;y2=8;
    y=y1+1;
    gotoxy(10,4);
    cprintf("\r              เลือกประเภทอาคาร\n\r");
    gotoxy(10,6);
    cprintf("\r              อาคารสาธารณะ (public building)\n\r");
    cprintf("\r              อาคารส่วนบุคคล (private building)\n\r");
    drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);

   for(;;){
     Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);       /*0x75=text color (green)*/
     ch=getch();/*0x71=text color (pink)*/
     Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);
     if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
     if(ch==0)
     ch=getch();
     switch(ch)
     { case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
       case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
     }
   }
   datatype.building_type = select = y-y1;

}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
void hot(void)
{
  char ch;
  int y,x1,y1,x2,y2;
  textattr(0x07);
  textbackground(1);
  clrscr();
  Videomode();
  x1=10;x2=40;y1=5;y2=8;
  y=y1+1;
  gotoxy(10,4);
  cprintf("\r              เลือกประเภทน้ำ\n\r");
  gotoxy(10,6);
  cprintf("\r              ใช้ระบบน้ำเย็น\n\r");
  cprintf("\r              ใช้ระบบน้ำเย็นและน้ำร้อน\n\r");
 drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
 for(;;){
   Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);        /*0x75=text color (green)*/
   ch=getch();                          /*0x71=text color (pink)*/
   Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);
   if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
   if(ch==0)
   ch=getch();
   switch(ch)
   { case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
     case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
   }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    datatype.water_type = select = y-y1;

}

    void flush(void)
    {
    char ch;
    int y,x1,y1,x2,y2;

    textattr(0x07);
    textbackground(1);
    clrscr();
    Videomode();
    x1=10;x2=50;y1=5;y2=8;
    y=y1+1;
    gotoxy(10,4);
    cprintf("\r              เลือกประเภทฟลัชช์\n\r");
    gotoxy(10,6);
    cprintf("\r                 ใช้ฟลัชช์แท้งค์ ( flush tank )\n");
    cprintf("\r                 ใช้ฟลัชช์วาล์ว ( flush valve )\n");
    drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
    for(;;){
      Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x21);
      ch=getch();
      Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);   /*delete selector color*/
      if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
      if(ch==0)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ch=getch();
    switch(ch)
    { case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
      case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
    }
  }
  datatype.flush_type = y-y1;


}

void pipetype(void)
{int y,x1,y1,x2,y2;
 char ch;
  textattr(0x07);
  textbackground(1);

  Videomode();
  x1=10;x2=60;y1=5;y2=8;
  y=y1+1;
  gotoxy(10,4);
  cprintf("\r                เลือกประเภทท่อ    \n\r");
  gotoxy(10,6);
  cprintf("\r                ใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี (galvanized iron pipe)\n");
  cprintf("\r                ใช้ท่อพลาสติก (plastic pipe)              \n");
  drawbox(x1,y1,x2,y2,1,0x70,0x71);
  for(;;){
    Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x20);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ch=getch();
    Setattr(x1+1,y,x2-x1-1,0x71);   /*delete selector color*/
    if(ch=='\r' || ch==ESC) break;
    if(ch==0)
    ch=getch();
    switch(ch)
    { case UP:if(y>y1+1) y--; else y=y2-1; break;
      case DN:if(y<y2-1) y++; else y=y1+1; break;
    }
  }
  datatype.pipe_type  = y-y1;
}

void printer(void)
{
 int count,c1,c2,c3,i;
 char *inch[] = {"1/2\"","3/4\"","1\"","1 1/4\"","1 1/2\"",
  "2\"","2 1/2\"","3\"","4\"","5\"","6\""};

 calc_tot();
 if (p.vpipe>1)
    {
    sol=tmain;
    caltype();
    calculate1();
    i=dmain=calculate2();
    fprintf(stdprn, "\n สำหรับท่อ Main ");
    fprintf(stdprn, "\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    fprintf(stdprn, "\n total เป็น %f\n\n",tmain);
    }


for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    if(p.vpipe>1)
      {
       sol=diam[count].dov;
       caltype();
       calculate1();
       i= diam[count].diame=calculate2();
       fprintf(stdprn, "\n สำหรับท่อ submain ที่ %d",count+1);
       fprintf(stdprn, "\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
       fprintf(stdprn, "\n total เป็น %f\n\n",diam[count].dov);
      }
   for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
       {
       sol=diam[count].dou[c1];
       caltype();
       calculate1();
       i= diam[count].dia[c1]=calculate2();
       fprintf(stdprn, "\n สำหรับท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d",count+1,c1+1);
       fprintf(stdprn, "\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
       fprintf(stdprn, "\n total เป็น %f\n\n",diam[count].dou[c1]);

       for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
          {
          for(c3=0;c3<p.phpvpipe[count][c1][c2];c3++)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                {
                sol=diam[count].dos[c1][c2][c3];
                caltype();
                calculate1();
                i=diam[count].d[c1][c2][c3]=calculate2();
      fprintf(stdprn, "\n สำหรับท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d ท่อแยกที่ %d ส่วนที่ %d",
                                                count+1,c1+1,c2+1,c3+1);
      fprintf(stdprn, "\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s ",inch[i]);
      fprintf(stdprn, "\n total เป็น %f\n\n",diam[count].dos[c1][c2][c3]);
                }
             }
          }
       }
}

void show(void)
{
 int count,c1,c2,c3,i;
 char *inch[] = {"1/2\"","3/4\"","1\"","1 1/4\"","1 1/2\"",
  "2\"","2 1/2\"","3\"","4\"","5\"","6\""};
 clrscr();

 calc_tot();
 if (p.vpipe>1)
    {
    sol=tmain;
    caltype();
    calculate1();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    i=dmain=calculate2();
    printf("\n สำหรับท่อ Main ");
    printf("\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
    printf("\n total เป็น %f\n\n",tmain);
    getch();
/*    clrscr();*/
    }
 for(count=0;count<p.vpipe;count++)
    {
    if(p.vpipe>1)
      {
       sol=diam[count].dov;
       caltype();
       calculate1();
       i= diam[count].diame=calculate2();
       printf("\n สำหรับท่อ submain ที่ %d",count+1);
       printf("\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
       printf("\n total เป็น %f\n\n",diam[count].dov);
       getch();
/*       clrscr();*/
      }
    for(c1=0;c1<p.pvpipe[count];c1++)
       {
       sol=diam[count].dou[c1];
       caltype();
       calculate1();
       i= diam[count].dia[c1]=calculate2();
       printf("\n สำหรับท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d",count+1,c1+1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            printf("\n ใช้เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ %s",inch[i]);
            printf("\n total เป็น %f\n\n",diam[count].dou[c1]);
            getch();
      /*      clrscr();*/

            for(c2=0;c2<p.hpvpipe[count][c1];c2++)
               {
               for(c3=0;c3<p.phpvpipe[count][c1][c2];c3++)
                  {
                  sol=diam[count].dos[c1][c2][c3];
                  caltype();
                  calculate1();
                  i=diam[count].d[c1][c2][c3]=calculate2();
                  printf("\n สำหรับท่อดิ่งที่ %d ส่วนที่ %d ท่อแยกที่ %d ส่วนที่ %d",
                                                   count+1,c1+1,c2+1,c3+1);
                  printf("\n ใช้เส้นผ ศูนย์กลางท่อ %s ",inch[i]);
                  printf("\n total เป็ %f\n\n",diam[count].dos[c1][c2][c3]);
                  getch();
      /*            clrscr  ;*/
                  }
               }
            }
         }
      clrscr();
   }

   void main(void)
   {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
textbackground(1);
textcolor(10);
clrscr();
intro();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้