

การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้งในอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์
DRAINAGE SYSTEM DESIGN FOR HIGH BUILDING BY COMPUTER



โดย
นางสาวธันยวีร์ ชูวณลิน
นายสิทธิกร ภูริยะพันธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้งในอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์
DRAINAGE SYSTEM DESIGN FOR HIGH BUILDING BY COMPUTER

โดย

นางสาวธันยวีร์ ฐวนลิน 36014190

นายสิทธิกร ภูริยะพันธ์ 36014485

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์มณฑล ใจกุศล

วัน เดือน ปี 29 ก.ย. 2541

เลขทะเบียน 038094

เลขเรียกหนังสือ T 39114 ๕4๗1 ก.

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไป 038094 การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2539

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้งในอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์

ผู้จัดทำ

นางสาวฉันทวีร์ ชวนถิ่น

นายสิทธิกร ภูริยะพันธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์มณฑล ใจกุศล)



การออกแบบระบบที่อธิบายน้ำทิ้งในอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์

นางสาวฉันทวีร์ ฐวนถิ่น

นายสิทธิกร ภูริยะพันธ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.มณฑล ใจกุศล

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอโครงการ “การออกแบบระบบที่อธิบายน้ำทิ้งในอาคารสูงด้วยคอมพิวเตอร์” โดยใช้ภาษาเทอร์โบปาสคาลในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยจะนำตารางที่ใช้ในการคำนวณหาจำนวนหน่วยของสุขภัณฑ์แต่ละชนิด และตารางที่ใช้ในการเปรียบเทียบจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์กับขนาดของท่อระบายน้ำทิ้งมาใช้เป็นหลักในการเขียนโปรแกรม

โปรแกรมจะแสดงผลออกมาในรูปแบบกราฟฟิก จะให้ความสะดวกรวดเร็วในการออกแบบมากยิ่งขึ้น และผลการออกแบบแทบจะไม่มีข้อผิดพลาดเมื่อเปรียบเทียบกับ การออกแบบโดยผู้ออกแบบจริงๆ

DRAINAGE SYSTEM DESIGN FOR HIGH BUILDING BY COMPUTER

Tanyawee Thuvanalin

Sittikorn Puriyapan

Advisor

Monton Jaikuson

Academic Year 1996

Abstract

This purpose of this project is for purposing the “Drainage System Design For High Building By Computer”. By the use of TurboPascal Language to manipulate the computer , we use the table that show the Calculation of each Fixture Unit and that of the Fixture Unit with each of Drainage Size in programming.

This program results in graphical. That is very convenient and much more quicker in designing. The designing's results from computer program has less mistakes when compare with real results by designer.

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	1
Abstract	2
สารบัญ	3
บทที่ 1 บทนำและวัตถุประสงค์ของโครงการ	4
บทที่ 2 หลักการวิเคราะห์และทฤษฎีการไหลภายในท่อ	6
บทที่ 3 การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง	15
บทที่ 4 วิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง	46
บทที่ 5 ผลการใช้โปรแกรม	52
บทที่ 6 สรุปและข้อเสนอแนะ	59
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

บทที่ 1

บทนำและวัตถุประสงค์ของโครงการ

บทนำ

น้ำโสโครกหรือน้ำเสียที่ระบายมาจากเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์อื่นๆ ที่ได้อุปโภคและบริโภคแล้ว จะต้องได้รับการระบายออกจากอาคารโดยเร็ว และถูกส่งต่อไปยังโรงบำบัดน้ำเสียหรือจุดที่เหมาะสมต่อการปล่อยทิ้ง ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดกลิ่นหรือแก๊สที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์

ระบบการระบายน้ำทั้งภายในอาคารประกอบด้วย

1. ระบบท่อระบายน้ำทิ้ง หมายถึง ระบบท่อทั้งหมดที่ติดตั้งขึ้นมาเพื่อ ระบายน้ำเสียน้ำฝน หรือน้ำทิ้งอื่นๆ ไปยังแหล่งบำบัดน้ำเสีย
2. ระบบท่ออากาศ (vent pipe) ประกอบด้วย ท่อที่ใช้สำหรับให้อากาศออกจากระบบท่อระบายน้ำทิ้ง ซึ่งจะช่วยให้อากาศหมุนเวียนอยู่ภายในท่อระบายน้ำทิ้งได้ดีขึ้นเพื่อรักษาที่ดักกลิ่น (trap seal) ของเครื่องสุขภัณฑ์เอาไว้

ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำทั้งภายในอาคารควรจะใช้ท่อขนาดเล็กที่สุดแต่สามารถระบายน้ำเสียได้สะดวกด้วย การออกแบบนี้จะต้องอาศัยความรู้และการแก้ปัญหาทางด้านการไหลของของเหลวซึ่งไหลภายในท่อซึ่งในอดีตยังไม่มีสูตรสำเร็จที่จะใช้งานได้ก็ตามลักษณะที่ต้องการ ดังนั้น การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง จึงต้องอาศัยเกณฑ์การเดินท่อภายในอาคารต่างๆ (plumbing codes) และประสบการณ์ที่ผ่านมาของผู้ออกแบบ และในบางโอกาสก็ต้องใช้ผลจากการทดลองในห้องปฏิบัติการ และการตรวจสอบระบบที่ใช้งานอยู่จริงด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อช่วยให้การออกแบบระบบท่อน้ำทิ้งในอาคารสูง สามารถกระทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการเลือกขนาดท่อ
2. เพื่อใช้ Graphic ในการแสดงผล

ขอบเขตของโครงการ

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม จะใช้ภาษาเทอร์โบปาสคาล เนื่องจากมีโครงสร้างทางภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสำหรับผู้เริ่มต้น
2. โครงการจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ของโปรแกรม ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.1 ส่วนรับข้อมูลใหม่ จะเป็นส่วนที่ให้ผู้ใช่โปรแกรมต้องการป้อนค่าต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการออกแบบระบบต่อ
- 2.2 ส่วนแก้ไขข้อมูลเดิม จะเป็นส่วนที่ผู้ใช้โปรแกรมสามารถเรียกข้อมูลเดิม มาทำการแก้ไขให้ถูกต้องได้โดยไม่ต้องป้อนข้อมูลใหม่
- 2.3 ส่วนแสดงกราฟิก จะเป็นส่วนที่นำข้อมูลที่ผู้ใช้ได้ทำการป้อนไปแล้ว มาประมวลผลแล้วแสดงในโหมดกราฟิก

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ให้รู้จักนำหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบระบบทอระบายน้ำทิ้งในอาคารสูง มาประยุกต์ใช้ได้จริง
2. เพิ่มทักษะการใช้งานด้านคอมพิวเตอร์ให้แก่ผู้ใช้โปรแกรม



บทที่ 2

หลักการวิเคราะห์และทฤษฎีการไหลภายในท่อ

ในการวิเคราะห์การไหลในท่อในบทนี้ จะศึกษาและวิเคราะห์เฉพาะการไหลในท่อรูปทรงกลมเท่านั้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการไหลของของไหลแบบ Newtonian fluid และจะอาศัยสมการ Navier - Stokes ในรูปพิกัดเชิงทรงกระบอก (cylindrical coordinates) มาใช้ในการวิเคราะห์

Navier - Stokes Equations

สมการ Navier - Stokes สำหรับพิกัดเชิงทรงกระบอก (cylindrical coordinates)

r component :

$$\rho \left(\frac{\partial v_r}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} - \frac{v^2 \theta}{r} + v_z \frac{\partial v_r}{\partial z} \right) = \rho g_r - \frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_r}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial z^2} \right\} \quad \dots(2.1a)$$

θ component :

$$\rho \left(\frac{\partial v_\theta}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_\theta}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_\theta}{\partial \theta} + \frac{v_r v_\theta}{r} + v_z \frac{\partial v_\theta}{\partial z} \right) = \rho g_\theta - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \mu \left\{ \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r v_\theta) \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial \theta^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_r}{\partial \theta} + \frac{\partial^2 v_\theta}{\partial z^2} \right\} \quad \dots(2.1b)$$

z component :

$$\rho \left(\frac{\partial v_z}{\partial t} + v_r \frac{\partial v_z}{\partial r} + \frac{v_\theta}{r} \frac{\partial v_z}{\partial \theta} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} \right) = \rho g_z - \frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left\{ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 v_z}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right\} \quad \dots(2.1c)$$

การวิเคราะห์จะมีเงื่อนไข ดังนี้คือ

1. เป็นการไหลแบบ Laminar flow
2. เป็นการไหลแบบ Incompressible flow
3. การไหลจะวิเคราะห์เป็นแบบ 2 มิติ
4. เป็นการไหลแบบ Steady flow
5. เป็นการไหลที่สมมติ main flow ให้เป็นไปในทิศทางเดียว

จากเงื่อนไขดังกล่าวข้างต้น เราจะสมมติการไหลโดยพิจารณาช่วงที่เป็น Laminar flow คือ พิจารณาในช่วงที่ Reynolds number มีค่าต่ำๆ และจากเงื่อนไขดังกล่าวจะทำให้

$$\rho = \text{constant}$$

$$v_r = v_\theta = 0$$

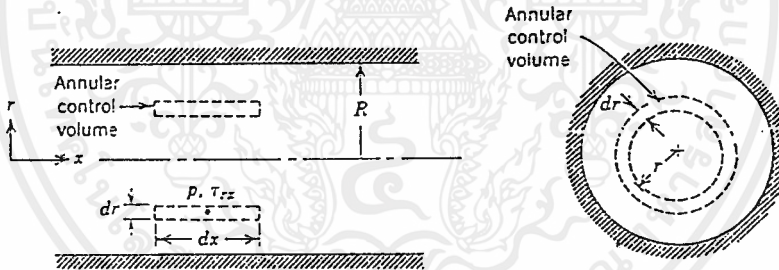
$$\frac{\partial v_r}{\partial t} = \frac{\partial v_\theta}{\partial t} = \frac{\partial v_z}{\partial t} = 0$$

และจะได้รูปสมการเพียงสั้นๆ ดังนี้

$$-\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_z}{\partial r} \right) = 0 \quad \dots(2.2)$$

การไหลแบบ Fully Developed Laminar ในท่อกลม

พิจารณาการไหลแบบ Fully Developed Laminar เป็นการไหลสมมาตรตามแกน เนื่องจากการสะดวกที่จะพิจารณาตามพิกัดทรงกระบอก เราจะใช้ปริมาตรควบคุม (differential control volume) แต่เนื่องจากการไหลเป็นแบบสมมาตรตามแกน ดังนั้น control volume จะเป็น differential แบบวงกลม ดังแสดงในรูป 2.1 differential control volume แบบวงกลมนี้มีความยาวเป็น dx และมีความหนาเป็น dr



รูปที่ 2.1 ปริมาตรควบคุมสำหรับ Fully Developed Laminar ในท่อกลม

สำหรับการไหลแบบ Fully Developed Steady Flow ส่วนประกอบแกน x ของสมการโมเมนตัม

$$\begin{aligned} F_x &= F_{s_x} + F_{b_x} \\ &= \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} u \rho \, dV + \int_{CS} u \rho \, \vec{V} \cdot d\vec{A} \end{aligned}$$

จะประยุกต์ใช้กับ differential control volume โดยให้

$$F_{s_x} = 0$$

ลำดับต่อไป คือรวมแรงที่เกิดขึ้นใน control volume ในทิศทางแกน x โดยที่เรารู้ว่าแรงปกติ (แรงเนื่องจากความดัน) กระทำที่ขอบปลายด้านซ้ายและด้านขวาของ control volume และแรงในแนวสัมผัส (แรงเฉือน) กระทำบนผิวหน้ารูปทรงกระบอกทั้งด้านในและด้านนอก

ถ้าความดันที่จุดศูนย์กลางของ control volume แบบวงกลม คือ p ดังนั้นแรงดันบนขอบด้านซ้ายจะเป็น

$$\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2}\right) 2\pi r dr$$

แรงดันบนขอบด้านขวา คือ

$$-\left(p + \frac{\partial p}{\partial x} \frac{dx}{2}\right) 2\pi r dr$$

ถ้าความเค้นเฉือนที่จุดศูนย์กลางของ control volume คือ τ_{rx} ดังนั้นแรงเฉือนบนผิวหน้ารูปทรงกระบอกด้านใน คือ

$$-\left(\tau_{rx} - \frac{d}{dr} \tau_{rx} \frac{dr}{2}\right) 2\pi \left(r - \frac{dr}{2}\right) dx$$

แรงเฉือนบนผิวหน้ารูปทรงกระบอกด้านนอก คือ

$$\left(\tau_{rx} + \frac{d}{dr} \tau_{rx} \frac{dr}{2}\right) 2\pi \left(r + \frac{dr}{2}\right) dx$$

ผลรวมของส่วนประกอบแกน x ของแรงที่กระทำบน control volume จะเป็นศูนย์ และเป็นผลทำให้

$$-\frac{\partial p}{\partial x} 2\pi r dr dx + \tau_{rx} 2\pi dr dx + \frac{d}{dr} \tau_{rx} 2\pi r dr dx = 0$$

หารสมการดังกล่าวด้วย $2\pi r dr dx$ และแก้สมการหาค่าของ $\frac{\partial p}{\partial x}$ ได้ว่า

$$\begin{aligned} \frac{\partial p}{\partial x} &= (\tau_{rx}/r) + \frac{d}{dr} \tau_{rx} \\ &= \frac{1}{r} \frac{d}{dr} (r \tau_{rx}) \end{aligned} \quad \dots(2.3)$$

เนื่องจาก τ_{rx} เป็นฟังก์ชันของ r เท่านั้น สมการ 2.3 จึงสามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} (r \tau_{rx}) = \frac{\partial p}{\partial x} = \text{constant}$$

หรือ

$$\frac{d}{dr} (r \tau_{rx}) = r \frac{\partial p}{\partial x}$$

อินทิเกรตสมการ จะได้ว่า

$$r \tau_{rx} = \frac{r^2}{2} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + c_1$$

หรือ

$$\tau_{rx} = \frac{r}{2} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{c_1}{r}$$

จาก $\tau_{rx} = \mu \frac{du}{dr}$ ดังนั้น

$$\mu \frac{du}{dr} = \frac{r}{2} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{c_1}{r}$$

และ

$$u = \frac{r^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + \frac{c_1}{\mu} \ln r + c_2 \quad \dots(2.4)$$

เราต้องการหาค่าคงที่ c_1 และ c_2 อย่างไรก็ดีตามเรามีเงื่อนไขค่าขอบเพียงค่าเดียว นั่นคือ $u=0$ ที่ $r=R$

เราจะพิจารณาแก้ปัญหา velocity profile จากสมการ 2.4 แม้ว่าเราจะไม่รู้ค่าความเร็วที่เส้นกึ่งกลางท่อก็ตาม แต่เรารู้จากการพิจารณาทางฟิสิกส์ว่าความเร็วจะจำกัดที่ $r=0$ ทางเดียวที่จะเป็นจริงคือ c_1 เป็นศูนย์ ด้วยเหตุนี้ จากการพิจารณาทางฟิสิกส์ เราจึงให้ $c_1=0$ และได้สมการ

$$u = \frac{r^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + c_2$$

ค่าคงที่ c_2 จะสามารถหาได้โดยใช้เงื่อนไขค่าขอบที่ผนังของท่อ ที่ $r=R$ และ $u=0$ จึงได้ว่า

$$0 = \frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) + c_2$$

$$c_2 = -\frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right)$$

ดังนั้น

$$u = \frac{r^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) - \frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) = \frac{1}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) (r^2 - R^2)$$

หรือ

$$u = -\frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \left[1 - \left(\frac{r}{R} \right)^2 \right] \quad \dots(2.5)$$

เมื่อเรารู้สมการการไหลของ velocity profile เราก็สามารถหาค่าของการไหลที่สำคัญอื่นๆ ได้

การกระจายของความเค้นเฉือน

ความเค้นเฉือนจะเป็นดังสมการ

$$\tau_{rx} = \mu \frac{du}{dr} = \frac{r}{2} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \quad \dots(2.6)$$

อัตราการไหลโดยปริมาตร

$$Q = \int_A \vec{V} \cdot d\vec{A} = \int_0^R u 2\pi r dr = \int_0^R \frac{1}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) (r^2 - R^2) 2\pi r dr$$

$$Q = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \quad \dots(2.7)$$

อัตราการไหลที่ขึ้นกับ Pressure Drop

ใน Fully Developed Flow , pressure gradient หรือ $\partial p / \partial x$ จะคงที่ ดังนั้น $\partial p / \partial x = (p_2 - p_1) / L = -\Delta p / L$ แทนค่าลงในสมการ 2.7 สำหรับอัตราการไหลโดยปริมาตร จะได้สมการ

$$Q = -\frac{\pi R^4}{8\mu} \left[\frac{-\Delta p}{L} \right] = \frac{\pi \Delta p R^4}{8\mu L} = \frac{\pi \Delta p D^4}{128\mu L} \quad \dots(2.8)$$

เป็นสมการสำหรับการไหลแบบ Laminar ในท่อแนวนอน

ความเร็วเฉลี่ย

ความเร็วเฉลี่ย $\bar{V}$ หาได้จากสมการ

$$\bar{V} = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\pi R^2} = -\frac{R^2}{8\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \quad \dots(2.9)$$

จุดที่ให้ความเร็วสูงสุด

เพื่อหาจุดที่ให้ความเร็วสูงสุด เราให้ du/dr เท่ากับศูนย์ และแก้สมการของ r จากสมการ 2.5 ได้ดังนี้

$$\frac{du}{dr} = \frac{1}{2\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) r$$

และได้ว่า

$$\frac{du}{dr} = 0 \quad \text{ที่ } r=0$$

ที่ $r=0$

$$u = u_{\max} = U = -\frac{R^2}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) = 2\bar{V} \quad \dots(2.10)$$

ในกรณีที่เป็นท่อไหลในท่อสองชั้น โดยท่อชั้นในมีรัศมี R_i และท่อชั้นนอกมีรัศมี R_o จะได้ว่า

$$u = -\frac{1}{4\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \left(R_o^2 - r^2 + \frac{R_o^2 - R_i^2}{\ln R_i / R_o} \ln \frac{R_o}{r} \right) \quad \dots(2.11)$$

$$Q = -\frac{\pi}{8\mu} \left(\frac{\partial p}{\partial x} \right) \left(R_o^4 - R_i^4 - \frac{R_o^2 - R_i^2}{\ln R_o / R_i} \right) \quad \dots(2.12)$$

สมการดังกล่าวข้างต้นจะใช้ได้กับการไหลแบบราบเรียบซึ่งมีค่า $Re < 2000$ เท่านั้น และในกรณีที่ท่อไม่ได้อยู่ในแนวระดับ การใช้สมการดังกล่าวข้างต้นจะต้องคำนึงถึงระดับความสูงด้วย

การไหลแบบ Turbulent ในท่อกลม

ในการไหลแบบ Turbulent นั้นจะมีการขึ้นๆ ลงๆ ของความเร็ว ซึ่งจะเกิดการถ่ายเทโมเมนตัมระหว่างชั้นของของไหล เป็นผลให้เกิดการไหลวนเล็กๆ จำนวนมากมาย ความเค้นเฉือนทั้งหมดที่เกิดขึ้นจะประกอบด้วยส่วนของความหนืดและส่วนของความปั่นป่วน ความเค้นเฉือนของความปั่นป่วนสามารถกำหนดได้เป็น 2 แบบคือ

แบบที่ 1 กำหนดให้อยู่ในรูปคล้ายกับการไหลแบบราบเรียบ คือ

$$\tau_{\text{turb}} = \eta \frac{du}{dy}$$

โดยที่ η เรียกว่า ความหนืดของการไหลวน (eddy viscosity) มีค่าไม่คงที่สำหรับของไหลและอุณหภูมิที่กำหนด แต่จะขึ้นอยู่กับสภาพความปั่นป่วนของการไหล ดังนั้นความเค้นเฉือนทั้งหมดที่เกิดขึ้น คือ

$$\begin{aligned}\tau &= \mu \frac{du}{dy} + \eta \frac{du}{dy} \\ &= \rho(\nu + \varepsilon) \frac{du}{dy}\end{aligned}$$

โดยที่ ε คือค่าความหนืดกลศาสตร์ของการไหลวน (kinematic eddy viscosity)

ν คือค่าความหนืดเชิงกล (kinematic viscosity)

แบบที่ 2 กำหนดให้อยู่ในรูปของความเร็วน้ำที่ขึ้นๆ ลงๆ คือ

$$\tau_{\text{turb}} = -\rho \overline{u'v'}$$

โดยที่ u' และ v' คือ ความเร็วในส่วนที่ขึ้นๆ ลงๆ ในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

$\overline{u'v'}$ คือ ค่าเฉลี่ยต่อเวลาของผลคูณ u' และ v'

ความเค้นเฉือนนี้มีชื่อเรียกว่า ความเค้นเรย์โนลด์ (Reynold Stress) ดังนั้น ความเค้นเฉือนทั้งหมดที่เกิดขึ้น คือ

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} - \rho \overline{u'v'}$$

โดยที่ $\bar{u}$ คือความเร็วเฉลี่ย

$$\tau / \rho = \nu \frac{d\bar{u}}{dy} - \overline{u'v'}$$

เทอม τ / ρ มักใช้เป็นค่าพิจารณาในการไหลแบบปั่นป่วน มีหน่วยเป็นความเร็วกำลังจึงกำหนดให้ $u_* = (\tau_w / \rho)^{1/2}$ เรียกว่า ความเร็วเสียดทาน (friction velocity)

ในบริเวณชิดกับผนังท่อ ความเค้นเฉือนในส่วนของความหนืดจะมีอิทธิพลสูง ในส่วนของความปั่นป่วนจะมีค่าเป็นศูนย์ ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\tau_w = \mu \left(\frac{du}{dy} \right)_{y=0}$$

การกระจายของความเร็วสำหรับท่อผิวเรียบ (Smooth Pipe) ในบริเวณที่เรียกว่า viscous sublayer region ซึ่งมีค่า $0 \leq \frac{yu_*}{\nu} \leq 5$ นี้คือ

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = \frac{yu_*}{\nu} \quad \dots(2.13)$$

โดยที่ $y = R - r$ เมื่อ R คือรัศมีของท่อ

ในบริเวณห่างจากผนังท่อออกไป จะอยู่ในอิทธิพลของความหนืดและความปั่นป่วน การกระจายของความเร็วสำหรับท่อผิวเรียบ คือ

$$\frac{\bar{u}}{u_*} = 2.5 \ln \frac{yu_*}{\nu} + 5.0 \quad \dots(2.14)$$

ในบริเวณใกล้เส้นศูนย์กลางท่อ จะอยู่ในอิทธิพลของความปั่นป่วน การกระจายของความเร็วสำหรับท่อผิวเรียบ คือ

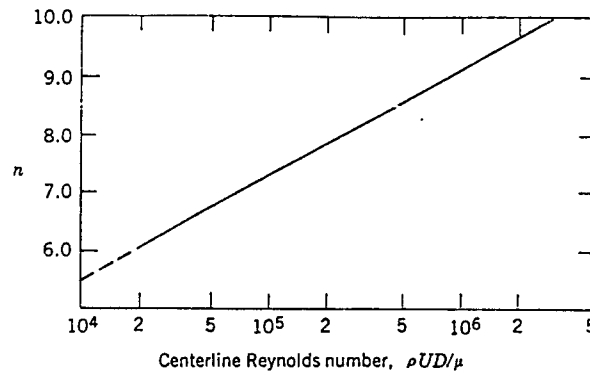
$$\frac{U - \bar{u}}{u_*} = 2.5 \ln \frac{R}{y} \quad \dots(2.15)$$

โดยที่ U คือความเร็วที่แนวเส้นศูนย์กลางท่อ

นอกจากนี้ ยังมีสมการการกระจายของความเร็วสำหรับท่อผิวเรียบ ซึ่งเรียกว่า empirical power-law คือ

$$\begin{aligned} \frac{\bar{u}}{U} &= \left(\frac{y}{R} \right)^{1/n} \\ &= \left(1 - \frac{r}{R} \right)^{1/n} \end{aligned} \quad \dots(2.16)$$

ค่า n จะมีค่าขึ้นอยู่กับ Re ($Re = UD / \nu$) ดังรูปที่ 2.2 สมการนี้จะไม่เป็นจริงในบริเวณที่ใกล้กับผนังท่อ ($y/R < 0.04$) โดยทั่วไปค่า n ที่ใช้คือ 7 การกระจายของความเร็วในกรณีนี้จึงเรียกว่า one-seventh power-law profile



รูปที่ 2.2 ค่า n สำหรับ empirical power-law

อัตราส่วนระหว่างความเร็วเฉลี่ยของการไหลและความเร็วที่เส้นศูนย์กลางท่อ ซึ่งเรียกว่า pipe factor คือ

$$\frac{\bar{V}}{U} = \frac{2n^2}{(n+1)(2n+1)} \quad \dots(2.17)$$

ในกรณีที่เป้นท่อผิวหยาบ (rough pipe) สมการการกระจายของความเร็วที่ให้ค่าใกล้เคียงกับความเป็นจริงและใช้ได้ทั้งกับท่อผิวเรียบของ Prandtl คือ

$$u = (1 + 1.33\sqrt{f})\bar{V} - 2.04\sqrt{f} \cdot \bar{V} \log \frac{R}{R-r} \quad \dots(2.18)$$

และค่า pipe factor คือ

$$\frac{\bar{V}}{U} = \frac{1}{1 + 1.33\sqrt{f}}$$

โดยที่ f คือตัวประกอบความเสียดทาน (friction factor)

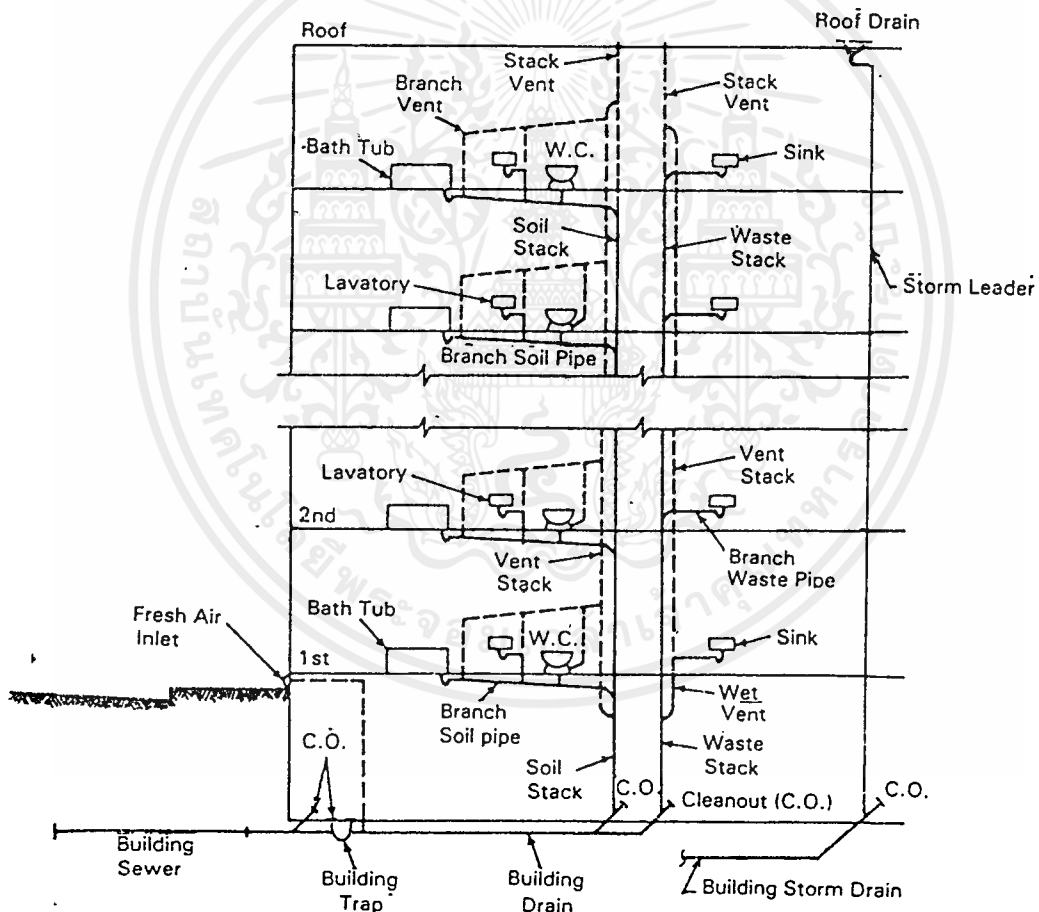
บทที่ 3

การออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง

ท่อในระบบการระบายน้ำ

ท่อในระบบการระบายน้ำที่สมบูรณ์ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ท่อระบายน้ำที่คักกั้น และท่ออากาศ ทั้ง 3 ส่วนนี้ยังแยกออกเป็นท่อแบบต่างๆ กันตามลักษณะของการใช้งาน รูปที่ 3.1 แสดงถึงระบบการระบายน้ำภายในอาคารหลายชั้น คำจำกัดของท่อแบบต่างๆ ในรูปนี้คือ

Soil Pipe มีชื่อเรียกว่าท่อน้ำโสโครก หมายถึง ท่อที่ใช้ในการระบายมูลของมนุษย์ เช่น น้ำโสโครกที่ระบายจากโถส้วม โถปัสสาวะ เป็นต้น ท่อน้ำโสโครกที่อยู่ในแนวดิ่ง เรียกว่า soil stack และท่อน้ำโสโครกในแนวนอน เรียกว่า branch soil pipe หรือท่อแยกของท่อน้ำโสโครก



รูปที่ 3.1 ระบบการระบายน้ำสำหรับอาคารหลายชั้น

Waste Pipe มีชื่อเรียกว่าท่อน้ำเสีย หมายถึงท่อที่ใช้ในการระบายน้ำเสียอื่นๆซึ่งไม่มีมูลของมนุษย์อยู่ด้วย ท่อที่ใช้สำหรับระบายน้ำจากอ่างล้างจาน อ่างล้างมือ อ่างซักผ้า อ่างอาบน้ำ ฝัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัวอบน้ำ เครื่องซักผ้า จัดได้ว่าเป็นท่อน้ำเสีย ท่อน้ำเสียที่เดินในแนวดิ่ง เรียกว่า waste stack และท่อน้ำเสียในแนวนอน เรียกว่า branch waste pipe หรือ ท่อแยกของท่อน้ำเสีย

Building Drain หรือ house drain หมายถึง ท่อที่อยู่ต่ำสุดในระบบท่อระบายน้ำ ซึ่งรับน้ำมาจากท่อน้ำโสโครก ท่อน้ำเสีย หรือท่อระบายน้ำอื่นๆ ที่อยู่ภายในอาคาร และส่งน้ำเหล่านี้ต่อไปยัง building sewer โดยปกติส่วนของ building drain จะนับเฉพาะส่วนของท่อระบายน้ำในส่วนล่างสุดของอาคารจนถึงส่วนที่ยาวพ้นอาคารออกมาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น

Building Sewer หรือ house sewer หมายถึง ส่วนของท่อในแนวระดับที่ต้องจาก building drain และรับน้ำจาก building drain เพื่อส่งต่อไปยังแหล่งกำจัดน้ำเสีย หรือ จุดปล่อยออกที่เหมาะสมต่อไป

Building Storm Drain หรือ house storm drain หมายถึง ท่อที่อยู่ต่ำสุดในระบบท่อระบายน้ำฝน (storm drain) น้ำที่ผิวหน้าของอาคาร (surface water) และน้ำที่ไม่เสียอื่นๆ เช่น น้ำจากกระเบื้อง น้ำทิ้งจากหอยระบายความร้อน เป็นต้น building storm drain นี้จะนับเฉพาะท่อที่ระบายน้ำดังกล่าวจากอาคารและยาวพ้นอาคารออกมาประมาณ 1 เมตรเท่านั้น

Building Storm Sewer หรือ house storm sewer หมายถึง ท่อในแนวระดับที่รับน้ำต่อจาก building storm drain เพื่อส่งต่อไปยังท่อระบายน้ำสาธารณะ หรือ จุดปล่อยทิ้งที่เหมาะสมต่อไป

Building Subdrain หมายถึง ท่อในระบบการระบายน้ำส่วนที่ไม่สามารถระบายน้ำออกไปยัง building sewer ได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก (gravity) เช่น ท่อระบายน้ำต่างๆที่อยู่ในชั้นใต้ดิน ซึ่งต้องใช้เครื่องสูบน้ำช่วยในการระบายน้ำออกไปนอกอาคาร เป็นต้น

Vent Pipe หรือท่ออากาศ เป็นท่อที่ต่ออยู่กับท่อระบายน้ำใกล้กับที่ดักกลิ่น (trap) หรือต่ออยู่กับท่อส่วนอื่นๆของท่อระบายน้ำ เพื่อจุดประสงค์ในการรักษาความดันภายในระบบท่อระบายน้ำให้มีการแปรเปลี่ยนน้อยที่สุด โดยการจัดให้อากาศผ่านเข้าและออกจากท่อระบายน้ำได้ ท่ออากาศควรจะต้องออกไปนอกอาคารและให้อยู่สูงกว่าอาคารอย่างน้อย 150 มม. หรือยื่นออกไปนอกอาคารมากพอที่จะไม่มีกลิ่นรบกวน ท่ออากาศนี้มีชื่อเรียกหลายอย่าง โดยแยกออกไปตามลักษณะการเดินท่อ ซึ่งจะได้อธิบายถึงภายหลัง

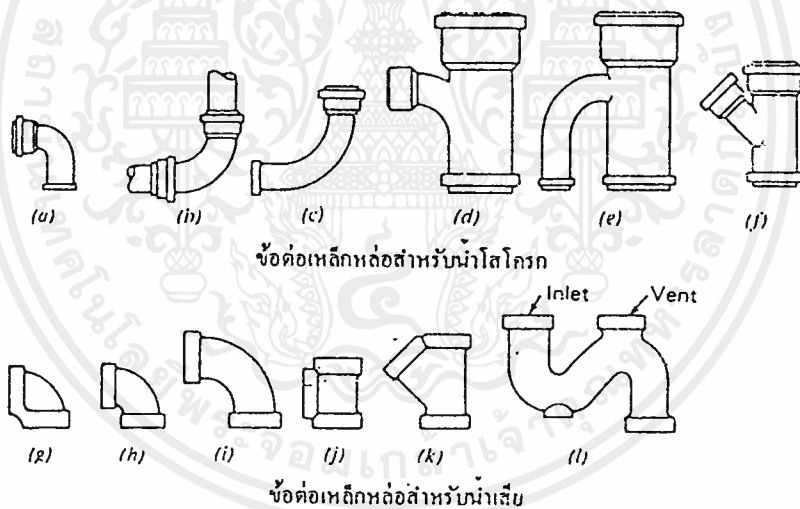
Trap หรือที่ดักกลิ่น เป็นอุปกรณ์ที่มีน้ำคั่นอยู่ (water seal) โดยใช้ต่ออยู่ในท่อระบายน้ำเพื่อป้องกันมิให้อากาศหรือแก๊สภายในท่อระบายน้ำกลับเข้ามาในอาคารได้ แต่จะไม่ขัดขวางต่อการระบายน้ำเช่น P - trap , S - trap และ drum trap เป็นต้น

วัสดุของท่อและข้อต่อ

วัสดุของท่อที่ใช้ในระบบการระบายน้ำอาจจะเป็น เหล็กหล่อ เหล็กอาบสังกะสี ทองแดง ทองเหลือง พีวีซี หรือ asbestos cement สำหรับท่อระบายน้ำที่อยู่ภายในอาคาร และไม่ได้เอกลานนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

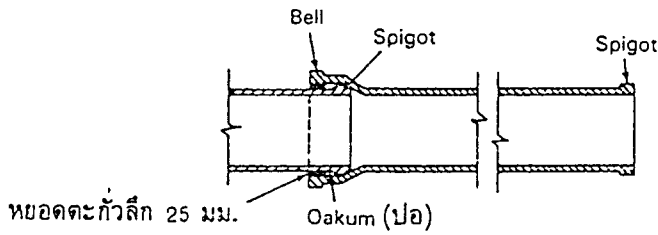
ฝังดินมักจะใช้ท่อเหล็กหล่อ ท่อเหล็กอาบสังกะสี และ ท่อพีวีซี แต่สำหรับท่อน้ำโสโครกแล้ว นิยมใช้ท่อเหล็กหล่อซึ่งอาบยางกันสนิมที่ผิว ส่วนท่อระบายน้ำเสียและน้ำทิ้งอื่นๆ นิยมใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี หรือท่อพีวีซี สำหรับท่อระบายน้ำส่วนที่ฝังดินควรจะใช้ท่อเหล็กหล่อ เพื่อให้มีความคงทน และในกรณีที่ไม่ต้องรับแรงกดมากนักก็อาจจะใช้ท่อ ACP ได้ (Asbestos Cement Pipe) ส่วนท่ออากาศมักจะใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสี และ ท่อพีวีซี ในกรณีที่ระบายน้ำจากห้องปฏิบัติการ ซึ่งอาจจะมีกรดเข้มข้นก็จะต้องเลือกวัสดุของท่อที่ทนต่อการกัดกร่อนของกรดได้ดี ซึ่งมักจะมีราคาสูงมาก เช่น Silicon iron pipe (Duriron) Borosilicate glass pipe หรือ Polypropylene pipe เป็นต้น

ข้อต่อสำหรับท่อเหล็กหล่อมียูหลายชนิด สำหรับชนิดที่ใช้กันทั่วไปแสดงอยู่ในรูปที่ 3.2 ซึ่งประกอบด้วย 45° wye ท่อโค้ง 90 องศา แบบรัศมียาวหรือสั้น (long or short - sweep quarter bend) sanitary tee และอื่นๆ สำหรับ single และ double sanitary tee และ 1/4 bend อาจจะใช้ในการเปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำจากแนวนอนไปยังแนวตั้งได้ สำหรับท่อโค้งรัศมีสั้น ไม่ควรที่จะใช้เป็นที่ระบายน้ำโสโครกนอกเสียจากจะมีความจำเป็นจริงๆ ข้อต่อและท่อแยกที่ใช้กันมากในรูปที่ 3.2 คือ c, d, f, h, k, และ l



รูปที่ 3.2 ข้อต่อสำหรับการระบายน้ำ

สำหรับการต่อท่อเหล็กหล่อซึ่งใช้เป็นท่อน้ำโสโครกจะเป็นข้อต่อแบบปากระฆัง (bell and spigot ends) ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.3 หรือ ข้อต่อแบบเกลียวก็ได้การต่อข้อต่อแบบปากระฆังทำได้โดยการสอดปลายด้าน spigot เข้าไปในปากระฆังจนสุด จากนั้นก็ใช้เครื่องมือตีอัด (calking tool) ประเก็นเส้นปอ (oakum) เข้าไปโดยรอบแล้วจึงทำการเทตะกั่วหลอมเหลวเข้าไปจนเต็ม การต่อข้อต่อแบบปากระฆังต้องอาศัยความชำนาญมากกว่าการต่อด้วยเกลียว แต่ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องตัดปลายท่อให้ตีเท่าการต่อด้วยเกลียว

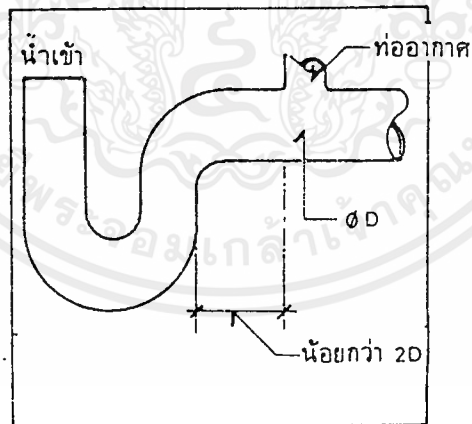


รูปที่ 3.3 ข้อต่อสำหรับท่อเหล็กหล่อ

ที่ดักกลิ่น

ที่ดักกลิ่นเป็นอุปกรณ์ซึ่งใช้ของเหลวในการป้องกันมิให้อากาศภายในท่อระบายน้ำกลับเข้ามาภายในห้องได้โดยที่ไม่ขัดขวางต่อการระบายน้ำ ของเหลวนี้ก็คือน้ำที่ระบายออกไปจากเครื่องสุขภัณฑ์นั่นเอง ที่ดักกลิ่นของเครื่องสุขภัณฑ์จะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

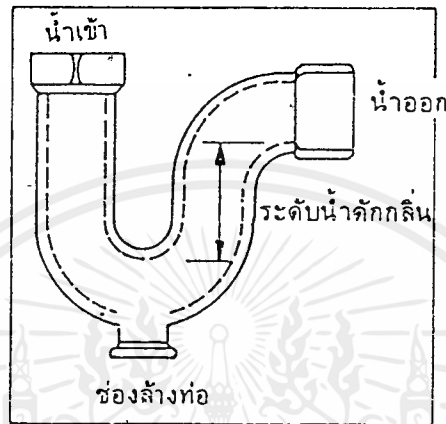
1. สามารถให้เศษผงออกไปได้ดี
2. มีผิวภายในเรียบ
3. ไม่มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวเพื่อการทำงานดักกลิ่น
4. มีน้ำอยู่ภายในที่ดักกลิ่นได้สูงอย่างน้อย 50 มม.
5. มีช่องสำหรับเปิดทำความสะอาดได้ (clean out)



รูปที่ 3.4 Crown Vented trap

รูปที่ 3.4 แสดงถึงลักษณะทั่วไปของ P - trap ถ้าท่ออากาศซึ่งต่อเข้ากับท่อระบายน้ำอยู่ห่างจากตัวดักกลิ่นไม่เกิน 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ เราเรียกการระบายอากาศแบบนี้ว่า crown vent การต่อท่ออากาศใกล้กับตัวดักกลิ่นมากเกินไปไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้ น้ำภายในที่ดัก

กลิ่นระเหยเร็วจนเกินไป และถ้าไม่มีสารใช้ตรึงกลิ่นเป็นเวลานานพอสมควร น้ำที่ใช้ชักโครกก็อาจจะระเหยออกไปจนหมดได้ อีกประการหนึ่งในขณะที่มีการระบายน้ำเสียมาก อาจจะเกิดแรงเหวี่ยงตรงส่วนโค้งจนทำให้เศษผงกระเด็นขึ้นไปอุดท่ออากาศได้และจะมีผลให้เกิดความดันแปรเปลี่ยนภายในท่อขณะระบายน้ำจนอาจจะทำให้สูญเสียน้ำที่ใช้ชักโครก (trap seal) ได้ ดังที่จะได้กล่าวต่อไป

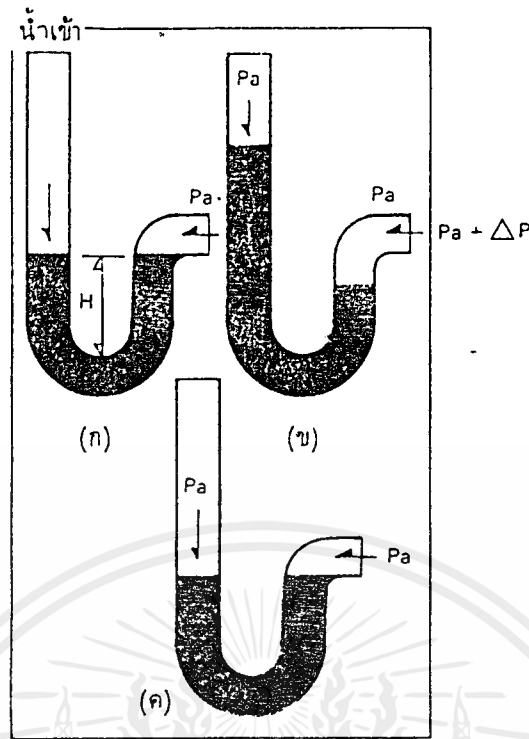


รูปที่ 3.5 P-trap ทั่วไป

รูปที่ 3.5 เป็นลักษณะของ P-trap ที่ถูกต้อง โดยมีช่องเปิดทำความสะอาดได้อยู่ที่ก้นระยะระหว่างส่วนโค้งของที่ดักกลิ่น และระดับล่างของท่อเรียกว่า trap seal ที่ดักกลิ่นที่ดีจะต้องมี trap seal สำหรับดักกลิ่นอย่างน้อย 50 มม. ระบบท่อระบายน้ำและท่ออากาศภายในอาคารจะต้องได้รับการออกแบบให้ความดันภายในท่อทางออกของที่ดักกลิ่นมีความดันแปรเปลี่ยนเมื่อเทียบเป็นความสูงของน้ำแล้วอยู่ระหว่าง 25 มม. และ - 25 มม. เพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำที่ใช้ชักโครก

Siphonage ของที่ดักกลิ่น

ที่ดักกลิ่นอาจจะสูญเสียน้ำไป โดยการระเหย โดยการถูกดันออกมา หรือ siphonage (กาลักน้ำ) ในขณะที่ไม่มีการไหลของน้ำ ความดันภายในท่อของที่ดักกลิ่นจะเท่ากับความดันของบรรยากาศ P_a ดังรูป 3.6ก ในขณะที่มีการไหลของน้ำในระบบ ความดันที่แปรเปลี่ยนอยู่ในท่อส่วนอื่นอาจจะมาดันตรงทางออกของที่ดักกลิ่น ทำให้มีผลการแตกต่างของระดับน้ำในที่ดักกลิ่นดังรูปที่ 3.6ข เมื่อความดันส่วนที่เพิ่มขึ้นลดลงเป็นศูนย์ ($\Delta P = 0$) น้ำในทั้งสองขาของที่ดักกลิ่นก็จะกลับมามีระดับเท่ากันอีกครั้งรูปที่ 3.6ค แต่ระดับต่ำกว่าระดับในรูป 3.6ก เล็กน้อย ทั้งนี้เพราะน้ำบางส่วนกระฉอกออกไปทางท่อระบายตอนที่มีการเคลื่อนกลับมาซึ่งเรียกว่า overshoot

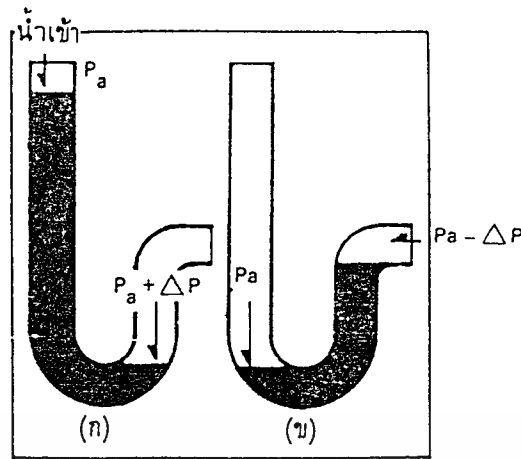


รูปที่ 3.6 ความดันทางด้านน้ำออกของที่ดักกลืนเพิ่มขึ้น

รูปที่ 3.7ก แสดงให้เห็นถึงระดับความดันในท่อทางออกของที่ดักกลืนซึ่งเพิ่มขึ้นมาก จนกระทั่งระดับน้ำในขาข้างขวาตกลงมาจนถึงส่วนต่ำสุด และรูปที่ 3.7ข แสดงให้เห็นถึงระดับความดันที่ลดลงต่ำกว่าบรรยากาศของท่อทางออก จนกระทั่งระดับน้ำทางขาค้นซ้ายตกลงมาจนถึงส่วนต่ำสุดของที่ดักกลืนเช่นกัน ดังนั้นทราบได้ถึงความดันที่แปรเปลี่ยนภายในท่อตรงที่ดักกลืนไม่มากกว่าความสูงของน้ำ $2H$ ที่ดักกลืนก็จะมีน้ำเหลืออยู่พอแก่การดักกลืนได้ โดยปกติแล้วระยะ H จะประมาณ 25 มม. การที่จะรักษาระดับการแปรเปลี่ยนความดันภายในระบบท่อระบายน้ำให้อยู่ในพิสัยที่เหมาะสมได้ก็ขึ้นอยู่กับ การออกแบบระบบท่ออากาศที่เหมาะสมและถูกต้อง เพื่อให้มีการระบายอากาศออกไปจากท่อเมื่อมีความดันสูงขึ้น และดูดอากาศภายนอกเข้ามาในท่อเมื่อเกิดความดันลดลงไปจากบรรยากาศ มิฉะนั้นแล้วอาจจะทำให้น้ำเสียไหลกลับเข้ามาในเครื่องสุขภัณฑ์หรือเกิดการสูญเสียสำหรับดักกลืนไปได้ ความดันนี้อาจจะมาจากอากาศที่ถูกอัดอยู่ภายในท่อที่มีน้ำไหลเต็ม หรือมาจากแรงดูดจากท่อระบายน้ำในแนวคิ่งก็ได้

การไหลของน้ำในท่อระบายน้ำแนวคิ่ง

ท่อระบายน้ำในแนวระดับมักจะต่อกับท่อระบายน้ำแนวคิ่งด้วย Sanitary Tee เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำส่วนที่ไหลเข้าสู่ท่อในแนวคิ่งจะมีความเร็วเพิ่มขึ้นมากกว่าความเร็วในท่อ



รูปที่ 3.7 แสดงถึงสภาพความดันสูงสุดในที่ดักกลิ่น

แนวระดับ ให้เกิดการดูดอากาศภายในท่อจนเกิด Siphonage ณ ที่ดักกลิ่นของเครื่องสุขภัณฑ์ดังกล่าวมาแล้วได้ นอกเสียว่าจะมีการออกแบบท่ออากาศในระบบท่อระบายน้ำอย่างถูกต้องเท่านั้น ถ้าความเร็วของน้ำในท่อคั่งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ วิศวกรระบบท่อก็จะต้องถามตัวเองว่า “จะมีการป้องกันอย่างไรที่กั้นท่อคั่งของอาคารสูงๆ ให้พ้นจากการกระแทกของน้ำที่ไหลลงมาด้วยความเร็วที่สูงมาก จนอาจจะทำให้เกิดการแตกหักของท่อส่วนต่างได้” แต่เราโชคดีที่เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริงมิได้เป็นเช่นนั้น การไหลของน้ำในท่อคั่งที่มาจากการระบายน้ำได้รับการค้นพบโดย ดร.รอย บี ฮันเตอร์ (Roy B. Hunter) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

เมื่อน้ำระบายจากท่อแนวระดับเข้าสู่ท่อแนวคั่ง ความเร็วของน้ำจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นอันเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วง โดยปกติแล้วระบบท่อระบายน้ำจะไม่ได้รับการออกแบบให้น้ำไหลเต็มท่อ เมื่อน้ำไหลไปในท่อคั่งได้สักระยะหนึ่ง น้ำก็จะจับเป็นแผ่นบางๆ รอบๆ ภายในของท่อคั่ง ดังรูปที่ 3.8 โดยมีอากาศอยู่ตรงแกนกลาง แผ่นน้ำรอบๆ ท่อนี้จะค่อยๆ เพิ่มความเร็วขึ้น จนกระทั่งถึงความเร็วหนึ่ง แรงเสียดทานนี้ผนังท่อก็จะเท่ากับแรงโน้มถ่วง ดังนั้นถ้าไม่มีน้ำไหลเข้ามาเพิ่มอีกแล้ว น้ำภายในท่อคั่งก็จะไหลลงไปด้วยความเร็วที่คงที่ ด้วยเหตุนี้จึงไม่เกิดการกระแทกอย่างรุนแรงที่กั้นท่อ ความเร็วนี้เรียกว่า Terminal Velocity ซึ่งสามารถประมาณได้จากสูตรง่ายๆ คือ

$$V_t = 1.95 (q / d)^{2/5} \quad \dots(3.1)$$

$$L_t = 0.171 V_t^2 \quad \dots(3.2)$$

เมื่อ

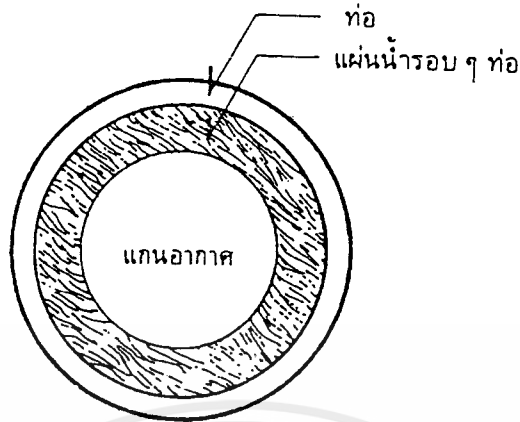
$$V_t = \text{Terminal Velocity ในท่อคั่ง m/s}$$

$$L_t = \text{Terminal Length ที่วัดจากตำแหน่งที่น้ำไหลเข้าท่อคั่ง m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

q = อัตราการไหล lpm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ mm.



รูปที่ 3.8 การไหลของน้ำในท่อระบายแนวดิ่ง

ในกรณีที่น้ำจากท่อแนวระดับอื่นๆ ไหลเข้ามาเพิ่มในท่อตั้งอีก น้ำก็ยังคงติดอยู่ที่ผนังของท่อแต่ความเร็วจะเพิ่มขึ้น จนกระทั่งความเสียดทานของอากาศตรงแกนกลางทำให้น้ำกลายเป็นแผ่น (diaphragm) ชั่วคราวที่หน้าตัดของท่อ และแผ่นน้ำนี้จะเคลื่อนลงไปตามจนกระทั่งความดันของอากาศที่เพิ่มขึ้นภายในท่อทำให้แผ่นน้ำนี้แตกออก แล้วก็จะเกิดขึ้นใหม่อีกซ้ำๆ กันเรื่อยไป ปรากฏการณ์เช่นนี้ผลให้เกิดการแปรเปลี่ยนความดันภายในระบบท่อระบายน้ำด้วย จากการทดลองของ Roy B. Hunter สำหรับท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 มม. แผ่นน้ำนี้จะเกิดขึ้นเมื่อท่อคั่งมีน้ำอยู่ระหว่าง $1/4$ ถึง $1/3$ ของท่อ

จากการคำนวณโดยใช้สมการ 3.1 และ 3.2 กับท่อตั้งขนาดต่างๆ กันที่กำหนดเอาไว้ในเกณฑ์การออกแบบระบบท่อ จะพบว่าน้ำในท่อตั้งมีความเร็วถึง Terminal Velocity ภายในระยะทาง 3 เมตร ถึง 10 เมตร จากจุดที่น้ำเข้าสู่ท่อตั้ง ข้อสรุปที่สำคัญจากการค้นพบนี้ก็คือ ความเร็วของน้ำที่ก้นท่อตั้งของอาคารที่มีความสูง 100 ชั้น จะเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วที่ก้นท่อของอาคารขนาด 3 ชั้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

หน่วยสุขภัณฑ์ (Fixture Units)

การหาขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศเป็นเรื่องที่ค่อนข้างลำบาก เพราะปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นค่อนข้างจะซับซ้อน โดยทั่วไปแล้วท่อระบายน้ำภายในอาคารจะได้รับการออกแบบให้ปริมาณน้ำเสียที่ไหลภายในท่อมียิ่งเล็กน้อยประมาณ 1 ใน 4 ของท่อเท่านั้นเอง ดังนั้นการไหลของน้ำเสียจึงมีความดันเท่ากับบรรยากาศ และอาศัยแรงโน้มถ่วงช่วยให้เกิดการระบายน้ำได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่า หลักการออกแบบระบบท่อระบายน้ำจะต้องแตกต่างไปจากระบบท่อประปา ซึ่งไหลไปด้วยความดันในเส้นท่อ ด้วยเหตุนี้ การออกแบบระบบท่อระบายน้ำภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารจึงต้องอาศัยผลจากการทดลอง ประสบการณ์ และการตัดสินใจของผู้ออกแบบเป็นหลัก ผลเหล่านี้ได้ถูกรวบรวมขึ้นเป็นเกณฑ์การออกแบบระบบท่อเพื่อให้มีความคล่องตัวในการออกแบบยิ่งขึ้น

ในการออกแบบระบบท่อระบายน้ำ และท่ออากาศได้ใช้ “หน่วยสุขภัณฑ์” แทนอัตราการระบายน้ำที่ท่อจะต้องรับ หน่วยสุขภัณฑ์นี้ถือเอาอัตราการใช้น้ำของเครื่องสุขภัณฑ์เป็นระยะ ๆ เป็นหลักและโดยการเทียบอัตราการใช้น้ำระหว่างเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ หน่วยสุขภัณฑ์ของเครื่องสุขภัณฑ์ชนิดต่างๆ ซึ่งจะนำไปใช้ในการหาขนาดท่อที่เหมาะสมแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 สำหรับชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์ที่ไม่ได้กำหนดเอาไว้ในตารางก็ให้ประมาณหน่วยสุขภัณฑ์ โดยเทียบกับเครื่องสุขภัณฑ์ที่มีอัตราการใช้น้ำใกล้เคียงกันหรือใช้ค่าที่ผู้ผลิตแนะนำ หรือจะประมาณค่าได้โดยอาศัยตารางที่ 3.2 ประกอบ

ในกรณีที่มิอุปกรณ์ซึ่งมีการระบายน้ำต่อเนื่องกันอยู่เกือบตลอดเวลา เช่น น้ำทิ้งจากเครื่องปรับอากาศ น้ำเสียที่ใช้เครื่องสูบน้ำสูบจากชั้นใต้ดินเข้ามายัง Building drain เป็นต้น ก็แนะนำให้ใช้อัตราการไหล 0.06 lps (1 gpm) ต่อ 2 หน่วยสุขภัณฑ์

ชนิดของเครื่องสุขภัณฑ์	หน่วยสุขภัณฑ์	ขนาดเล็กสุดของ ที่ดักกลิ่น มม.
อ่างอาบน้ำ (BT : Bath tub)	2	40
อ่างอาบน้ำ (BT)	3	50
บิเดท์ (โถปัสสาวะหญิง) (BD : Bidet)	3	40
อ่างซักล้าง (Sink)	3	40
อ่างล้างจานพร้อมที่บดเศษอาหาร	4	40
น้ำพุดื่ม (DF : Drinking Fountain)	0.5	25
เครื่องล้างจาน (ตามบ้าน)	2	40
ช่องระบายน้ำที่พื้น (FD : Floor drain)	1	50
อ่างล้างในครัว (KS : Kitchen sink)	2	40
อ่างล้างมือ (LAV : Lavatory)	1	30
อ่างล้างมือ (LAV)	2	40
ฝักบัวอาบน้ำ (SD : Shower drain)	2	50
โถปัสสาวะชาย (angle valve) (UR)	4	40
โถปัสสาวะชาย (flush valve) (UR)	8	80
โถส้วม (flush tank) (WC)	4	80
โถส้วม (flush valve) (WC)	8	80

• จาก National Plumbing Code

ตารางที่ 3.1 หน่วยสุขภัณฑ์สำหรับการระบายน้ำ

ขนาดท่อระบาย มม.	หน่วยสุขภัณฑ์	ขนาดท่อระบาย มม.	หน่วยสุขภัณฑ์
ไม่ต่ำกว่า 30	1	85	4
40	2	80	5
50	3	100	6

ตารางที่ 3.2 หน่วยสุขภัณฑ์สำหรับการระบายน้ำต่อเนื่อง

การกำหนดขนาดของท่อระบายน้ำแนวดิ่งและแนวนอน

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การไหลของน้ำภายในท่อระบายน้ำเป็นปัญหาที่ค่อนข้างจะซับซ้อน การกำหนดขนาดท่อระบายน้ำที่ใหญ่เกินไปทำให้เกิดความสิ้นเปลือง ส่วนท่อที่มีขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้การระบายน้ำไม่เพียงพอ และอาจจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ขนาดของท่อระบายน้ำที่ให้ไว้ในตารางที่ 3.3 และ 3.4 เป็นผลมาจากทฤษฎีและประสบการณ์ที่ใช้ได้ผลดีมาแล้ว ซึ่งมีข้อคำนึงมาจากหลายสิ่งต่อไปนี้

- 1. จำนวนของเครื่องสุขภัณฑ์ในระบบที่อาจจะใช้พร้อมกัน
- 2. ในภาวะการใช้งานปกติ ท่อระบายน้ำควรมีน้ำอยู่เพียง ¼ ของท่อเท่านั้น
- 3. ส่วนของท่อที่เหลือจากการระบายน้ำตามปกตินี้ใช้เป็นส่วนเหลือเพื่อเอาไว้ในกรณีที่มีการใช้น้ำมากกว่าการใช้งานปกติ
- 4. ให้ใช้ท่อขนาดเล็กที่สุด ซึ่งจะสามารถระบายน้ำได้รวดเร็วพอและไม่ก่อให้เกิดการอุดตันได้ง่าย
- 5. หลีกเลี่ยงความดันสูงภายในท่อตรงส่วนที่เชื่อมต่อเข้ากับท่อในแนวดิ่งเพื่อที่จะรักษา trap seal ของเครื่องสุขภัณฑ์

โดยทั่วไปแล้วความลาดเอียงของท่อแนวนอน จะเป็นตัวกำหนดความเร็วของน้ำภายในท่อ ความเร็วของน้ำที่ระบายควรจะไม่ต่ำกว่า 0.6 m/s (2 fps) ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการโกรกของน้ำ (scouring action) ในการพาเอาเศษผงต่างๆ ภายในท่อไปด้วย ความลาดเอียงของท่อระบายน้ำนี้ มักจะถูกจำกัดด้วยความยาวของท่อและเนื้อที่ในการจัดความลาดเอียง ดังนั้นการใช้ท่อระบายในแนวนอนที่มีขนาดใหญ่เกินความต้องการจึงไม่เป็นผลดี เพราะความเร็วของน้ำจะลดลงจนไม่สามารถที่จะพาเอาเศษผงต่างๆ ไปได้ และอาจเกิดการสะสมตะกอนจนอุดตันขึ้นในที่สุด การใช้ความลาดเอียงมาก ย่อมทำให้น้ำไหลได้เร็วขึ้นซึ่งจะเป็นผลทำให้ท่อสะอาด แต่การที่น้ำไหลเร็วเกินไปก็อาจจะดูดเอาอากาศในท่อไปมากจนทำให้เกิด Self Siphonage และเสีย trap seal ไป

ได้ การออกแบบทั่วไปมักจะให้ความลาดเอียงของท่อประมาณ 2 % แต่ถ้าไม่สามารถจะทำได้ก็จะต้องไม่ให้ความลาดเอียงน้อยกว่า 1 % ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ขนาดท่อ มม.	ความลาดเอียง			
	1 : 200	1 : 100	1 : 50	1 : 25
50			21	26
65			24	31
80		20	27	36
100		180	216	250
125		390	480	575
150		700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
375	7000	8300	10000	12000

• จาก National Plumbing Code

ตารางที่ 3.3 จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์สูงสุดของ Building Drain

ขนาดท่อ มม.	ท่อแยก	ท่อตั้งยาว	ท่อตั้งยาวเกิน 3 ชั้น	
	แนวระดับ	ไม่เกิน 3 ชั้น	ตลอดท่อ	แต่ละชั้น
30	1	2	2	1
40	3	4	8	2
50	6	10	24	6
65	12	20	42	9
80	20	30	60	16
100	180	240	500	90
125	360	540	1100	200
150	620	960	1900	350
200	1400	2200	3600	600
250	2500	3800	5600	1000
300	3900	6000	8400	1500
375	7000			

ตารางที่ 3.4 จำนวนหน่วยสุขภัณฑ์สูงสุดของท่อแยกและท่อตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับท่อน้ำโสโครกในแนวนอนจากโถส้วมแล้ว ในทางปฏิบัติจะต้องไม่เล็กกว่า 100 มม. ถึงแม้ว่าในตารางที่ 3.3 และ 3.4 จะอนุญาตให้ใช้ขนาดเล็กกว่านี้ได้ก็ตาม ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดการอุดตันได้ง่าย ส่วนท่อน้ำโสโครกในแนวตั้ง (soil stack) จะต้องมิขนาดเล็กไปกว่า 80 มม. สำหรับท่อน้ำเสียในแนวตั้ง ขนาดที่เล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ก็คือ 50 มม. ตารางที่ 3.5 แสดงถึงขนาดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศ สำหรับเครื่องสุขภัณฑ์บางชนิดที่ใช้เป็นหลักในการออกแบบระบบท่อทั่วไป

เครื่องสุขภัณฑ์	ท่อระบายน้ำ	ท่ออากาศ
อ่างอาบน้ำ	50	40
อ่างชักล้าง	80	40
อ่างล้างในครัว	50-80	40
อ่างล้างมือ	40-50	40
เครื่องล้างจานขนาดเล็ก	50	40
ฝักบัวอาบน้ำ (stall type)	50	40
ฝักบัวอาบน้ำ (gang type)	80	40
น้ำพุดื่ม	25-40	25
ตู้น้ำเย็น	25-40	25
โถปัสสาวะชาย (angle v.)	50	40
โถปัสสาวะชาย (flush v.)	50-80	40
โถส้วม (flush tank)	100	50
โถส้วม (flush v.)	100	50
ช่องระบายน้ำที่พื้น (floor drain)	50	40

ตารางที่ 3.5 ขนาดท่อสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ต่างๆ (มม.)

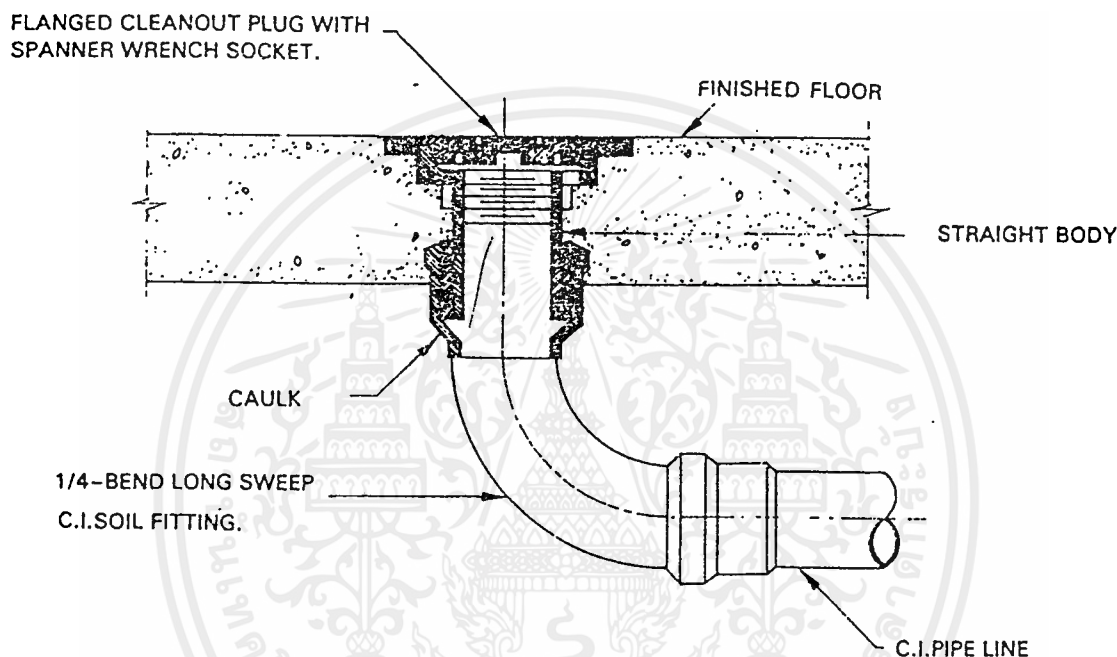
ช่องล้างท่อ (Cleanouts)

ช่องล้างท่อเป็นช่องเปิดที่ต่อกับท่อระบายน้ำ ปกติช่องล้างท่อจะมีฝาปิดเอาไว้ เมื่อเกิดการอุดตันขึ้นภายในท่อส่วนใด ก็จะมีคนเปิดช่องล้างท่อที่เหมาะสมเพื่อทำความสะอาดท่อส่วนที่อุดตันนั้น รูปที่ 3.5 แสดงถึงช่องล้างท่อของที่ดักกลิ่น ซึ่งมีชื่อเรียกว่า trap cleanout ในการออกแบบการเดินท่อในแนวระดับ จะต้องจัดให้มีช่องล้างท่ออยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม เพื่อการบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงระบบท่อ ช่องล้างท่อที่อยู่บนพื้น เรียกว่า floor cleanout (FCO) ดังรูปที่ 3.9 แสดงถึงลักษณะของ floor cleanout ชนิดหนึ่งซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าท่อในแนวระดับมีขนาดไม่ต่ำกว่า 100 มม. ควรจะจัดให้มีช่องล้างท่อหนึ่งช่องต่อความยาวของท่อไม่เกิน 15 เมตร โดยเฉพาะบริเวณที่ท่อระบายน้ำมีการเปลี่ยนทิศทางเกิน 45 องศา สำหรับท่อที่มีขนาดต่ำกว่า 100 มม. ระยะทางระหว่างช่องล้างท่อควรจะไม่เกิน 30 เมตร โดยมากช่องล้างท่อนี้จะมีขนาดเท่ากับท่อส่วนที่ต่ออยู่

สำหรับอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 4 ชั้นเป็นต้นไป ควรจะจัดให้มีช่องล้างท่ออยู่ใกล้กับกันของท่อระบายน้ำในแนวตั้ง ดังเช่นที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.1 ส่วนใหญ่แล้วช่องล้างท่อเหล่านี้จะต่อออกมาไว้ที่ผนังของช่องท่อเพื่อความสะดวกในการทำความสะดวก



รูปที่ 3.9 ช่องล้างท่อบนพื้น

การกำหนดขนาดของท่ออากาศ

หน้าที่ของท่ออากาศก็คือ การจัดให้มีการของอากาศเข้าหรือออกจากท่อระบายน้ำได้เพื่อลดความดันแปรเปลี่ยนภายในท่อระบายน้ำให้เหลือน้อยที่สุด เพื่อรักษาน้ำในที่เกิดกลิ่นเอาไว้ นอกจากนี้ยังเป็นท่อสำหรับระบายแก๊สต่างๆ ภายในท่อระบายน้ำออกไปสู่บรรยากาศในตำแหน่งที่เหมาะสมด้วย การต่อท่ออากาศมีแบบต่างๆ กัน การไหลของอากาศในท่ออากาศมีลักษณะซับซ้อนมาก National Plumbing Code ได้กำหนดขนาดของท่ออากาศทั้งไปตามจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์ และความยาวของท่ออากาศ ดังที่แสดงอยู่ในตารางที่ 3.6 ยกเว้นท่ออากาศบางชนิดซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป อย่างไรก็ตามเราสามารถที่จะถือเป็นหลักได้ว่า ขนาดของท่ออากาศใดๆ จะต้องไม่เล็กกว่าครึ่งหนึ่งของท่อระบายน้ำที่ท่ออากาศต่ออยู่ แต่จะต้องไม่เล็กกว่า 30 มม.

ขนาดท่อระบายน้ำ มม.	FU	ขนาดท่ออากาศ มม.								
		30	40	50	65	80	100	125	150	200
		ความยาวสูงสุดของท่ออากาศ เมตร								
30	2	9								
40	8	15	45							
40	10	9	30							
50	12	9	23	60						
50	20	8	15	45						
65	42		9	30	90					
80	10		9	30	60	180				
80	30			18	60	150				
80	60			15	24	120				
100	100			10	30	80	300			
100	200			9	27	76	270			
100	500			6	21	55	210			
125	200				10	24	107	300		
125	500				9	21	90	270		
125	1100				6	15	60	210		
150	350				8	15	60	120	390	
150	620				5	9	38	90	330	
150	980					7	30	76	300	
150	1900					6	21	60	210	
200	600						15	45	250	390
200	1400						12	30	120	360
200	2200						8	24	107	330
200	3800							18	76	240
250	1000							23	38	300
250	2500							15	30	150
250	3800							9	24	107
250	5800							8	18	76

ตารางที่ 3.6 ขนาดและความยาวของท่ออากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

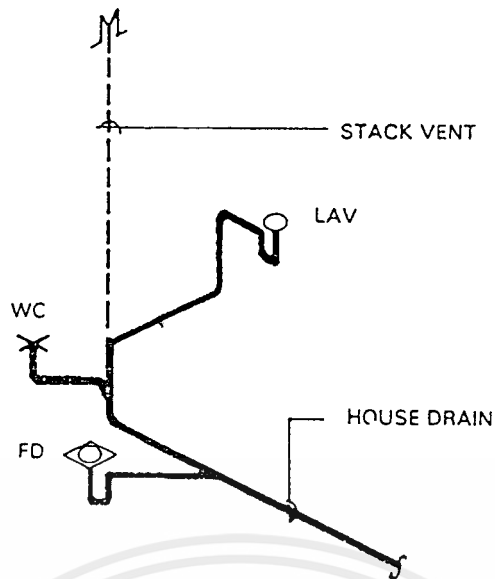
ชนิดของท่ออากาศ

Main Vent หมายถึง ท่ออากาศซึ่งเป็นท่อหลักที่ท่ออากาศของเครื่องสูบก๊าซและท่ออากาศแยก (branch vent) อื่นๆ มาต่อ main vent เป็นท่อเอกที่สำคัญของระบบท่ออากาศ เพื่อการจ่ายอากาศให้แก่อาคารอื่นๆ ไปจนถึงท่อระบายน้ำ vent stack ในรูปที่ 3.1 จัดได้ว่าเป็น main vent ดังกล่าวนี้นี้ ขนาดของท่ออากาศชนิดนี้หาได้จากการใช้ตารางที่ 3.6

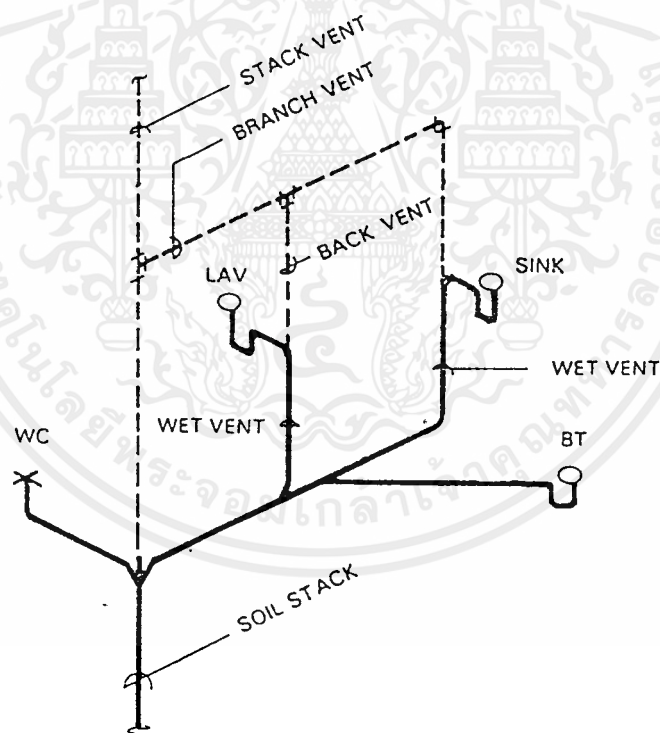
Vent Stack หมายถึง main vent ที่ติดตั้งอยู่ในแนวดิ่งไปตามความสูงของอาคาร ท่ออากาศชนิดนี้จะติดตั้งอยู่ไปในช่องท่อเดียวกันกับท่อน้ำเสีย และท่อน้ำโสโครกแนวดิ่ง เพื่อให้มีการจ่ายอากาศและหมุนเวียนอากาศในระบบท่อต่างๆ เช่น ในท่อน้ำเสีย ท่อน้ำโสโครก back vent และ relief vent หรือท่ออากาศแยกอื่นๆ เป็นต้น รูปที่ 3.1 แสดงถึง vent stack สำหรับอาคารหลายชั้นเพื่อระบายอากาศให้กับท่อน้ำโสโครกในแนวดิ่ง และท่ออากาศแยกของชั้นต่างๆ ส่วนบนของ vent stack ในรูปนี้ต่อเข้ากับ stack vent ในกรณีเช่นนี้ ณ จุดที่ต่อเข้ากับ stack vent จะต้องอยู่สูงกว่าระดับน้ำของเครื่องสูบก๊าซชั้นบนสุดอย่างน้อย 150 มม. ขนาดของท่อ vent stack จะต้องมีความสูงเท่ากันตลอดความสูง โดยจะแยกเป็นท่อต่างหาก ซึ่งไม่ต่อเข้ากับ stack vent ก็ได้ อย่างไรก็ตาม vent stack และ stack vent จะต้องสูงพ้นหลังคาอย่างน้อย 150 มม. เพื่อระบายอากาศหรือดูดเอาอากาศจากภายนอกเข้ามา ข้อสำคัญก็คือ ท่ออากาศส่วนที่โผล่เหนือหลังคานี้จะต้องไม่ทำให้หลังคารั่วซึมได้ และปลายของท่อจะต้องไม่อยู่ใกล้ประตู หน้าต่าง หรือช่องลมของอาคารนั้นหรืออาคารอื่นๆ ที่อยู่ใกล้เคียง ด้านล่างของ vent stack จะต้องต่อเข้ากับโคนของท่อระบายน้ำในแนวดิ่ง ณ จุดที่ต่ำกว่าจุดบรรจบของท่อระบายน้ำในแนวดิ่งกับท่อระบายน้ำในแนวระดับของชั้นล่างสุด โดยต่อเป็นมุมเอียงขึ้นซึ่งโดยปกติจะเท่ากับ 45 องศา ทั้งนี้เพื่อป้องกันเศษของเสียต่างๆ มาอุดตันตรงโคนท่อ และจะทำให้การระบายอากาศของท่อระบายน้ำในแนวดิ่งไม่ดี

Stack Vent หมายถึง ท่อส่วนที่ต่อจากท่อระบายน้ำในแนวดิ่งเหนือท่อระบายน้ำในแนวระดับ ณ ชั้นสูงสุดของอาคาร ดังที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.1 สำหรับอาคารชั้นเดียวหรือชั้นบนสุดของอาคารหลายชั้น ซึ่งมีเครื่องสูบก๊าซอยู่เพียงไม่กี่ชุด และอยู่ใกล้กับท่อระบายน้ำในแนวดิ่งด้วย ก็อาจจะใช้ stack vent เป็นท่ออากาศสำหรับเครื่องสูบก๊าซเหล่านั้น โดยมีต้องมีการต่อท่ออากาศมาจากแต่ละเครื่องสูบก๊าซก็ได้ ลักษณะดังกล่าวนี้นี้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.10

Back Vent (Continuous or Individual vent) หมายถึง ท่ออากาศส่วนที่ต่อหลังที่ดักกลิ่นของเครื่องสูบก๊าซไปยังระบบท่ออากาศที่อยู่เหนือเครื่องสูบก๊าซนั้น หรือต่อออกไปภายนอกอาคารโดยตรง เพื่อใช้ระบายอากาศสำหรับที่ดักกลิ่นของเครื่องสูบก๊าซ ระยะทางระหว่างจุดที่ต่อท่ออากาศออกจากท่อระบาย ไปยังทางด้านน้ำออกของที่ดักกลิ่น จะต้องไม่เกินค่าที่ให้ไว้ในตารางที่ 3.7 ดังแสดงอยู่ในรูปที่ 3.11 ส่วนขนาดท่ออากาศให้กำหนดตามตารางที่ 3.5



รูปที่ 3.10 การใช้ stack vent ในอาคารชั้นเดียว



รูปที่ 3.11 แสดงถึง back vent และ wet vent

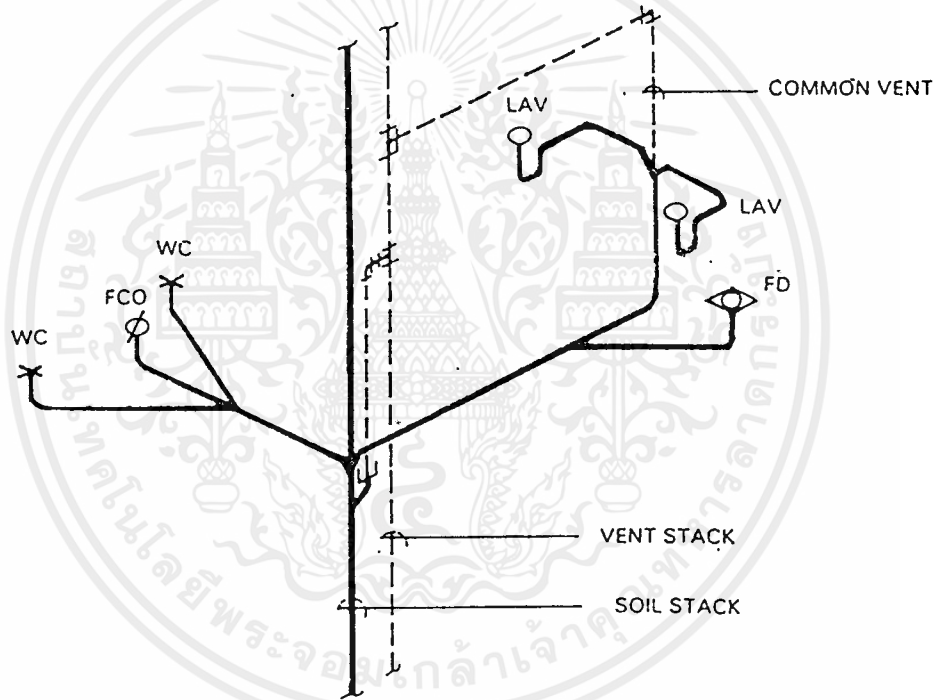
เพื่อเป็นการประหยัดท่อ เครื่องสุขภัณฑ์ที่อยู่ใกล้กัน 2 ชุด สามารถที่จะใช้ท่ออากาศร่วมกันได้ ในกรณีเช่นนี้ท่ออากาศจะมีชื่อเรียกว่า common vent ดังที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.12 แต่ท่อระบายจากเครื่องสุขภัณฑ์แต่ละชุดควรจะต้องเข้าท่อระบายรวมที่ระดับเดียวกัน หรือมีฉนวนกันน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบายรวมจะต้องมีขนาดใหญ่กว่าท่อระบายของแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์อีกหนึ่งขนาด ขนาดของท่ออากาศรวมกำหนดได้โดยการใช้ตารางที่ 3.6

ขนาดของท่อระบาย มม.	ระยะทาง เมตร
30	0.6
40	0.9
50	1.5
80	1.8
100	3.0

ตารางที่ 3.7 ระยะระหว่างที่ดักกลิ่นและท่ออากาศแบบ back vent



รูปที่ 3.12 แสดงถึง common vent

Branch Vent หรือท่ออากาศแยก เป็นท่อที่ใช้ต่อท่ออากาศจากแต่ละเครื่องสุขภัณฑ์เข้ากับ vent stack หรือ stack vent ดังในรูปที่ 3.11

Wet Vent หรือท่ออากาศแบบเปียก หมายถึง ท่อที่ใช้ทำหน้าที่ทั้งเป็นท่ออากาศและท่อระบายน้ำเสียพร้อมกัน รูปที่ 3.11 แสดงให้เห็นถึงการใช้ท่อระบายน้ำเสียของอ่างล้างมือ และอ่างชักล้าง (sink) เป็นท่อสำหรับระบายอากาศให้กับอ่างอาบน้ำด้วย ท่ออากาศแบบเปียกนี้ควรนี้ใช้กับท่อที่ระบายน้ำเสียที่ค่อนข้างสะอาดเท่านั้น ดังนั้นจึงไม่ควรใช้ท่อน้ำโสโครกจากโถส้วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นท่ออากาศแบบเปียกเพราะโอกาสเกิดกรุดตันมีได้สูงกว่าท่อระบายน้ำแบบอื่นๆ อีกประการหนึ่งท่อระบายของหมู่สุขภัณฑ์ (group of fixtures) ที่จะใช้ท่ออากาศแบบเปียกนี้จะต้องไม่มีโอกาสที่จะใช้งานพร้อมกันสูง เพื่อให้มีส่วนของท่อระบายว่างพอแก่การหมุนเวียนของอากาศภายในท่อได้ ท่ออากาศแบบเปียกนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการเดินท่อลงได้มาก และมีประโยชน์ในกรณีที่โครงสร้าง และเนื้อที่ใช้สอยของอาคารมีลักษณะที่ทำให้ไม่สามารถที่จะใช้ back vent กับทุกๆ เครื่องสุขภัณฑ์ได้

Wet Vent สำหรับชั้นบนสุดของอาคาร สามารถใช้ wet vent ได้โดยอาศัยหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- ท่อระบายน้ำเสีย ขนาด 40 มม. ให้ใช้เป็น wet vent ได้ 1 FU เท่านั้น
- ท่อระบายน้ำเสีย ขนาด 50 มม. ให้ใช้เป็น wet vent ได้ไม่เกิน 4 FU
- ท่อระบายน้ำเสีย ในแนวระดับจะต้องต่อเข้ากับท่อน้ำโสโครก เอียงเป็นมุม 45 องศา กับทิศการไหลของน้ำ
- ระยะระหว่างที่ดักกลิ่นและท่ออากาศต้องเป็นไปตามตารางที่ 3.7

รูปที่ 3.13 เป็นแปลนของห้องน้ำซึ่งอยู่ชั้นบนสุดของอาคาร พร้อมกับแสดงถึงการเดินท่อของระบบระบายน้ำ ส่วนรูปที่ 3.14 แสดงถึง Isometric diagram ของการเดินท่อ ขนาดของท่อระบายน้ำหาได้ดังนี้

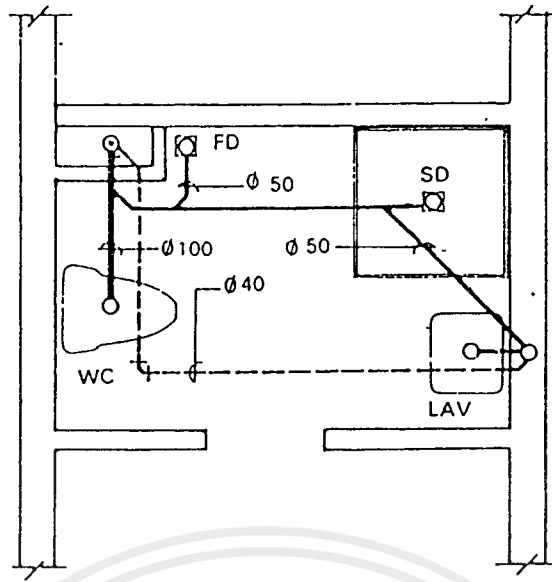
จากตารางที่ 3.1

โถส้วมแบบ flush tank	4	FU
อ่างล้างมือ	1	FU
ฝักบัวอาบน้ำ	2	FU
ช่องระบายน้ำที่พื้น	1	FU
รวม	<u>8</u>	FU

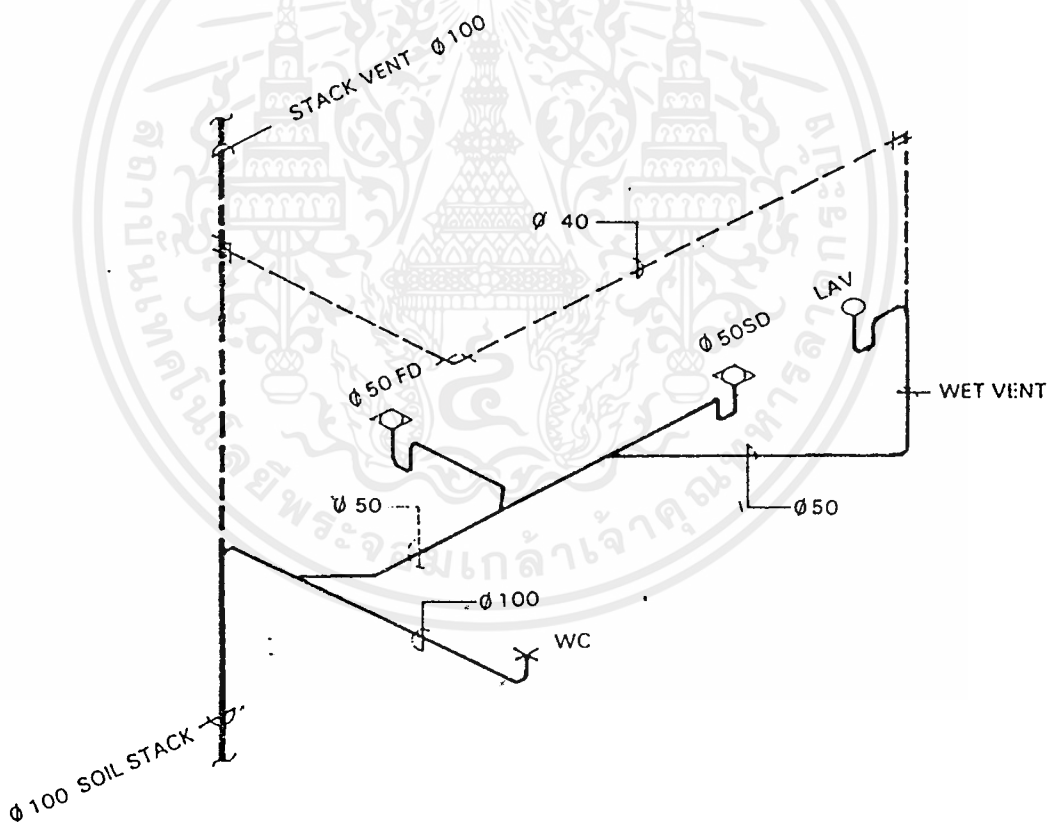
จากตารางที่ 3.4 ท่อระบายน้ำขนาด 65 มม. สามารถระบายได้ 12 FU แต่เนื่องจากในทางปฏิบัติจะต้องใช้ท่อระบายจากโถส้วมขนาด 100 มม. ฉะนั้นขนาดของท่อระบายน้ำหลักก็คือ 100 มม.

สำหรับท่อระบายน้ำจากฝักบัวอาบน้ำ ขนาด 50 มม. นี้ จากตารางที่ 3.4 สามารถใช้ได้ถึง 6 FU ฉะนั้นขนาดจึงเพียงพอแก่การระบายน้ำจากอ่างล้างมือแล้ว

ส่วนท่อระบายของอ่างล้างมือ ขนาด 50 มม. สามารถใช้เป็น wet vent สำหรับฝักบัวอาบน้ำและช่องระบายน้ำที่พื้นได้ เพราะจากเกณฑ์กำหนดให้ใช้ได้ถึง 4 FU ส่วนท่อระบายน้ำจากฝักบัวอาบน้ำก็ต้องเข้ากับท่อน้ำโสโครกจากโถส้วม โดยเอียงเป็นมุม 45 องศา



รูปที่ 3.13 แผนห้องน้ำชั้นบนสุดของอาคาร

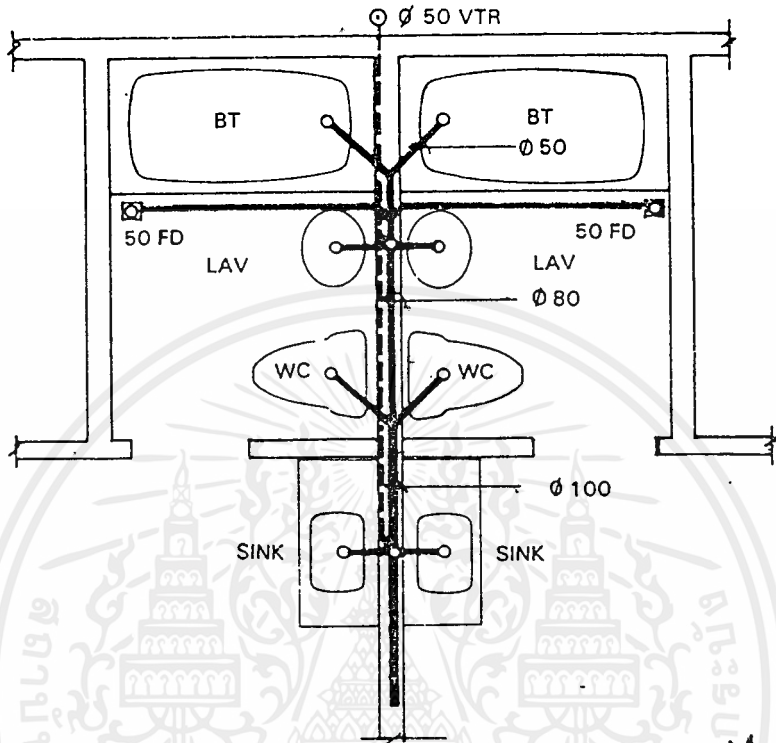


รูปที่ 3.14 Isometric Diagram ของระบบท่อระบายน้ำของรูปที่ 3.13

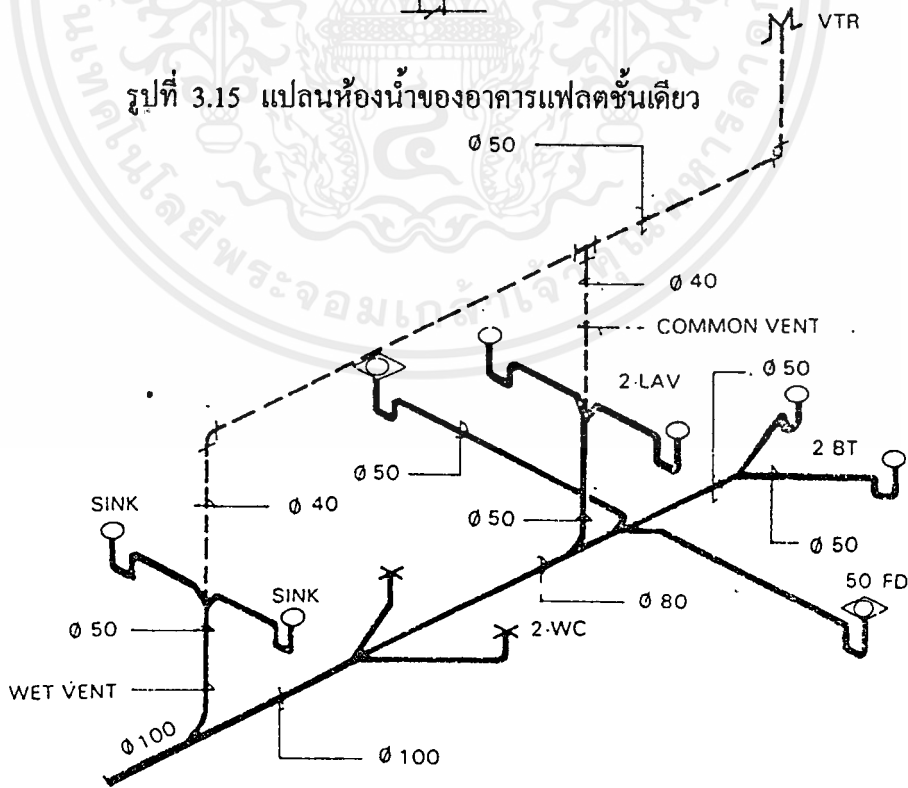
รูปที่ 3.15 แสดงถึงแผนของห้องน้ำสำหรับอาคารชั้นเดียว ชนิดแฝดติดกัน ในกรณีนี้ท่อระบายน้ำในแนวระดับรับน้ำจากอ่างล้างมือ และอ่างอาบน้ำโดยตรงร่วมกัน ถ้า wet vent มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดไม่เล็กกว่า 50 มม. แล้วก็อนุญาตให้ใช้ common vent ที่อ่างล้างมือได้ โดยไม่ต้องใช้ back vent ที่ท่อของอ่างอาบน้ำและโถส้วม รูปที่ 3.16 แสดงถึง Isometric diagram ของการเดินท่อน้ำในห้องน้ำนี้ ให้สังเกตว่า โถส้วมอยู่ระหว่าง common vent ของอ่างล้างมือ และ sink ซึ่งจะช่วยให้การหมุนเวียนของอากาศในห้องแนวนระดับดีขึ้น



รูปที่ 3.15 แปลนห้องน้ำของอาคารแฟลตชั้นเดียว



รูปที่ 3.16 Isometric Diagram ของระบบท่อระบายน้ำของรูปที่ 3.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wet Vent สำหรับอาคารหลายชั้น

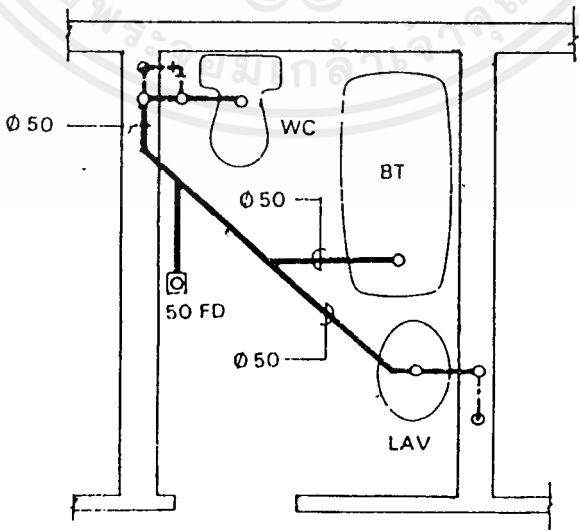
สำหรับอาคารหลายชั้น ชั้นบนสุดสามารถใช้ wet vent ดังเช่นที่แสดงอยู่ในรูปที่ 3.14 ส่วนชั้นอื่นๆ อาจจะใช้ท่อระบายน้ำจากอ่างล้างมือเป็น wet vent สำหรับอ่างอาบน้ำได้ไม่เกิน 2 ชุด ถ้า

- ท่อระบายน้ำเบะท่ออากาศของอ่างล้างมือมีขนาดไม่เล็กกว่า 50 มม.
- โถส้วมและโถปัสสาวะมีท่ออากาศอยู่ในตัวเอง
- ขนาดท่ออากาศในแนวดิ่งเป็นตามตารางที่ 3.8

จำนวนเครื่องสุขภัณฑ์ที่ใช้ wet vent	ขนาดท่ออากาศแนวดิ่ง มม.
อ่างอาบน้ำหรือฝักบัว 1-2	50
อ่างอาบน้ำหรือฝักบัว 3-5	65
อ่างอาบน้ำหรือฝักบัว 6-9	80
อ่างอาบน้ำหรือฝักบัว 10-16	100

ตารางที่ 3.8 ขนาดของท่ออากาศแนวดิ่งสำหรับ wet vent ของอาคารหลายชั้น

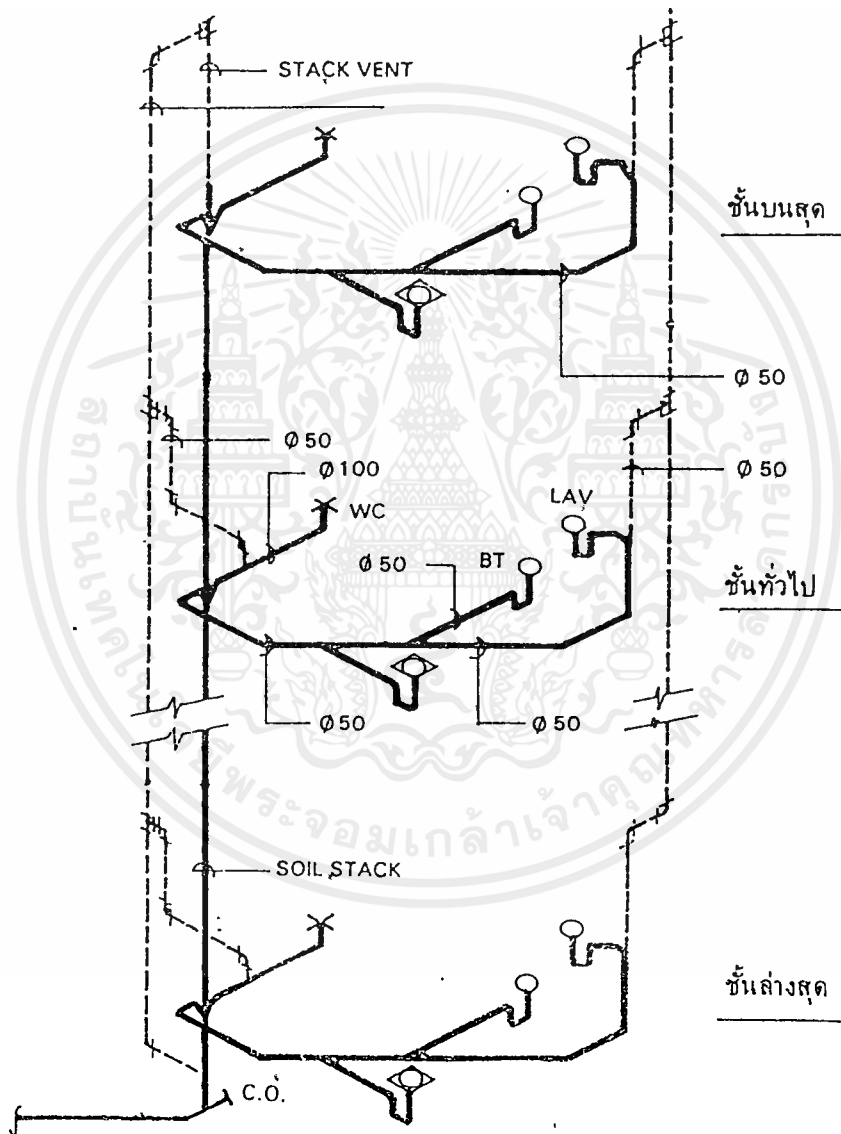
รูปที่ 3.17 เป็นแปลนห้องน้ำของชั้นทั่วไปในอาคารที่มีความสูงหลายชั้น และรูปที่ 3.18 เป็นโคอะแกรมแสดงการเดินท่อทั้งอาคาร ให้สังเกตว่า ในแต่ละชั้นท่อระบายของอ่างล้างมือเป็น wet vent ของอ่างอาบน้ำและช่องระบายน้ำที่พื้น ยกเว้นชั้นบนสุดแล้ว โถส้วมของแต่ละชั้นจะมี back vent อยู่ในตัวเอง ส่วนโถส้วมชั้นบนสุดได้ใช้ stack vent แทน ส่วนที่ฐานของ soil stack จะมีช่องล้างท่ออยู่เพื่อความสะดวกในการบำรุงรักษาเมื่อ building drain เกิดการอุดตันขึ้น



รูปที่ 3.17 แปลนห้องน้ำชั้นทั่วไปของรูปที่ 3.18 (Typical Floor Plan)

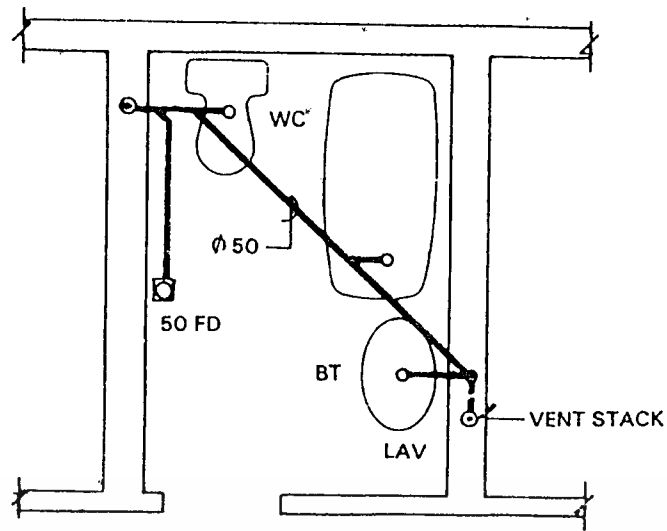
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในอาคารหลายชั้น ถ้าท่อระบายน้ำเสียนีมีขนาดตั้งแต่ 50 มม. ขึ้นไป ต่อเข้ากับท่อโสโครกของโถส้วมเป็นมุม 45 องศา ตามแนวการไหลของน้ำแล้ว ก็ยกเว้นไม่ต้องมี back vent สำหรับโถส้วมในทุกๆ ชั้นได้ โดยโถส้วมจะใช้ wet vent จากท่อระบายน้ำเสียนีแทน รูปที่ 3.19 เป็นแปลนของห้องน้ำเดียวกันกับรูปที่ 3.17 ซึ่งได้แสดงถึงการต่อท่อตามข้อยกเว้นนี้ และรูปที่ 3.20 แสดงถึงไดอะแกรมการเดินท่อดังกล่าว

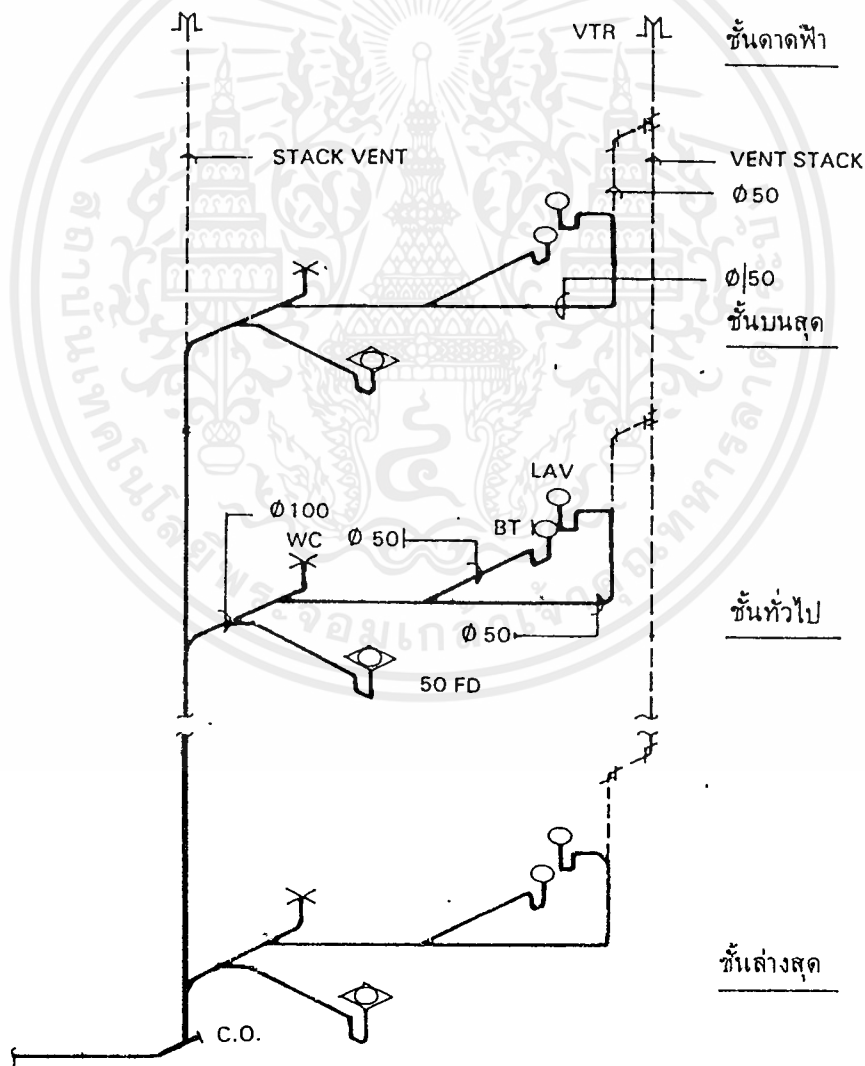


รูปที่ 3.18 ไดอะแกรมระบบท่อระบายน้ำของอาคารหลายชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19 แปลนห้องน้ำชนิดไม่ใช่ Back Vent ที่ WC



รูปที่ 3.20 ไดอะแกรมระบบท่อระบายน้ำของอาคารหลายชั้น โดยไม่ใช่ Back Vent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

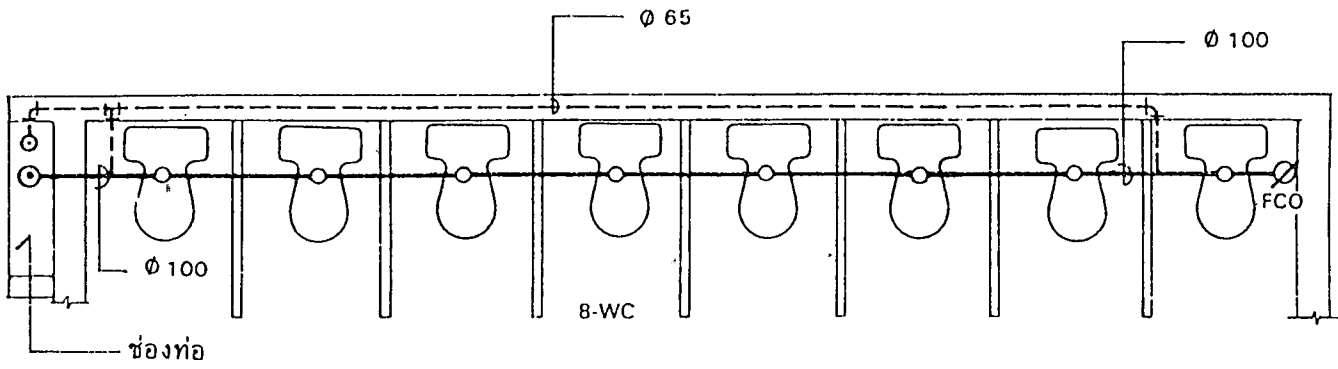
Circuit Vent เป็น branch vent ซึ่งใช้ระบายอากาศให้กับเครื่องสุขภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป โดยทำการต่อท่ออากาศจากท่อระบายน้ำ ณ ตำแหน่งก่อนเครื่องสุขภัณฑ์ที่อยู่ไกลสุดไปยัง vent stack เนื่องจากการใช้ท่อระบายน้ำในแนวนอนทำหน้าที่เป็นท่ออากาศด้วย จึงอาจทำให้ระบบสูญเสียการระบายอากาศไปในขณะที่ท่ออุดตันได้ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีข้อจำกัดเกี่ยวกับการออกแบบโดยใช้ circuit vent ขนาดของท่อใน circuit vent นี้ จะต้องไม่เล็กไปกว่าครึ่งหนึ่งของขนาดท่อระบายน้ำแนวนอน หรือครึ่งหนึ่งของท่อ vent stack แล้วแต่ขนาดไหนจะเล็กกว่า นอกจากนี้ท่อระบายที่ใช้ circuit vent จะต้องมีขนาดเท่ากันตลอดความยาว และจำกัดให้ใช้กับเครื่องสุขภัณฑ์ที่ติดตั้งเรียงกันอยู่ได้ไม่เกิน 8 ชุด การกำหนดขนาดของท่ออากาศชนิดนี้ อนุโลมให้ใช้ค่าในตารางที่ 3.6 ได้ รูปที่ 3.21 และ 3.22 แสดงถึงการใช้ระบบการระบายอากาศดังกล่าวสำหรับอาคารหลายชั้น ซึ่งจำเป็นที่จะต้องต่อท่ออากาศ ณ ตำแหน่งหลังเครื่องสุขภัณฑ์ชุดสุดท้ายอีกหนึ่งจุด เพื่อให้มีการระบายอากาศครบวงจร

Loop Vent มีลักษณะและการใช้งานเช่นเดียวกับ circuit vent แต่ปลายท่ออากาศอีกด้านหนึ่งจะต่อเข้ากับ stack vent แทนที่จะเป็น vent stack ฉะนั้นจึงมีข้อจำกัดสำหรับใช้กับอาคารชั้นเดียวหรือชั้นบนสุดของอาคารหลายชั้นเท่านั้น ตัวอย่างของ loop vent สำหรับชั้นบนสุดของอาคารแสดงอยู่ในรูปที่ 3.23 และ 3.24

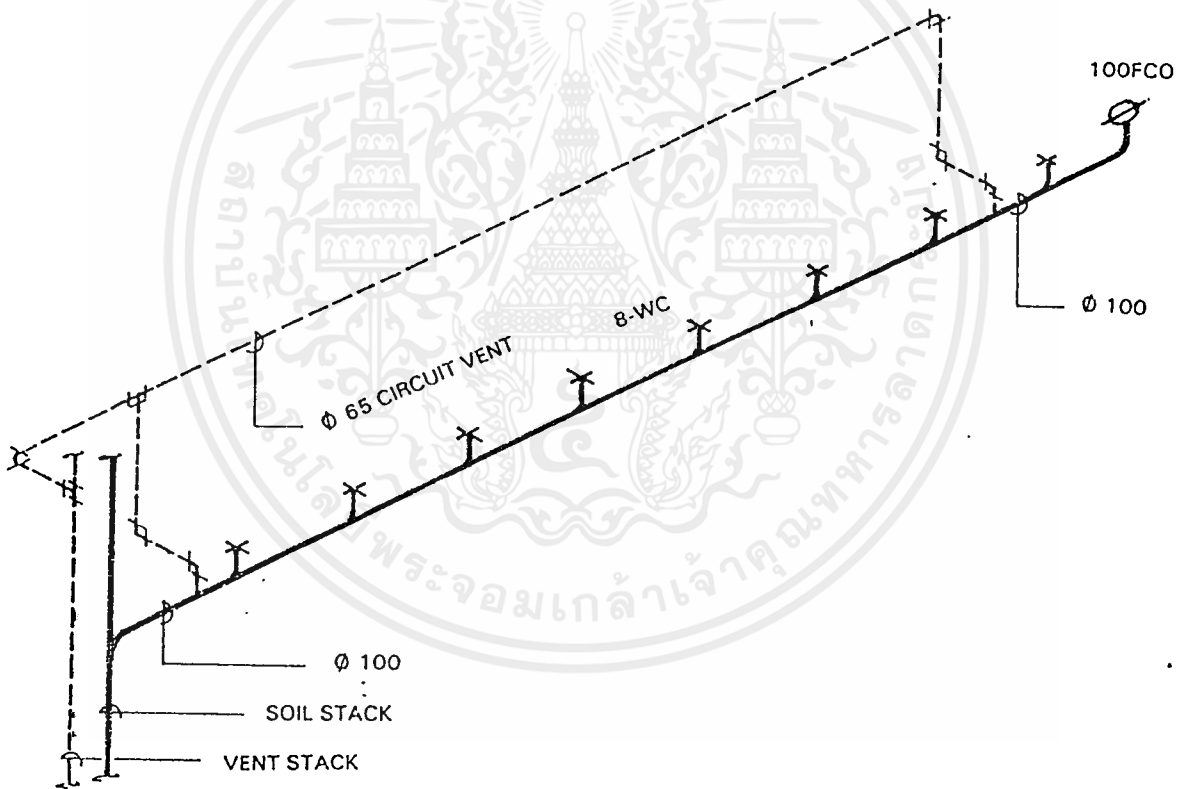
Relief Vent คือท่ออากาศเสริม ในกรณีที่น้ำเสียไหลไปตามท่อ ความดันภายในท่อจะแปรเปลี่ยนไปเรื่อยๆ โดยเฉพาะในอาคารสูง ฉะนั้นเพื่อที่จะช่วยให้ความดันในระบบท่อระบายน้ำอยู่ในภาวะสมดุล จึงจำเป็นที่จะต้องมีท่ออากาศเสริมเป็นช่วงๆ เรียกว่า relief vent สำหรับ soil และ waste stack ของอาคารที่มีความสูงมากควรจะต้องจัดให้มี relief vent ทุกๆ ประมาณ 10 ชั้น โดยนับมาจากชั้นบนสุดของอาคาร ขนาดของท่อ relief vent จะต้องเท่ากับขนาดของท่ออากาศในแนวดิ่งที่จะทำการต่อเข้าด้วยกัน ปลายล่างของ relief vent จะต้องต่อเข้ากับท่อระบายน้ำในแนวดิ่ง ตรงจุดที่อยู่ต่ำกว่าจุดบรรจบของท่อระบายน้ำในแนวระดับของชั้นนั้นๆ ส่วนปลายบนจะต้องต่อเข้ากับ vent stack ณ ตำแหน่งที่สูงกว่าระดับพื้นชั้นนั้นๆ ไม่น้อยกว่า 1 เมตร

รูปที่ 3.25 เป็นโคdexแกรมของท่อในแนวดิ่งของอาคารสูง 15 ชั้น ซึ่งแสดงถึงเกณฑ์ดังกล่าวมาแล้ว

ความสามารถในการระบายน้ำของท่อในแนวดิ่งระหว่างแต่ละชั้น สามารถดูได้จากช่องที่ 5 ในตารางที่ 3.4 ส่วนช่องที่ 2 ในตารางที่ 3.4 นั้น จะใช้สำหรับการคำนวณหาท่อแยกในแนวระดับของแต่ละชั้น

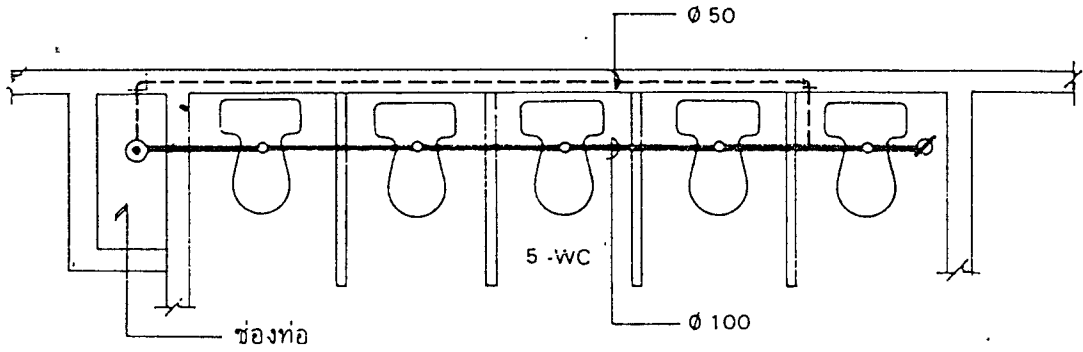


รูปที่ 3.21 การใช้ circuit vent ในอาคารหลายชั้น

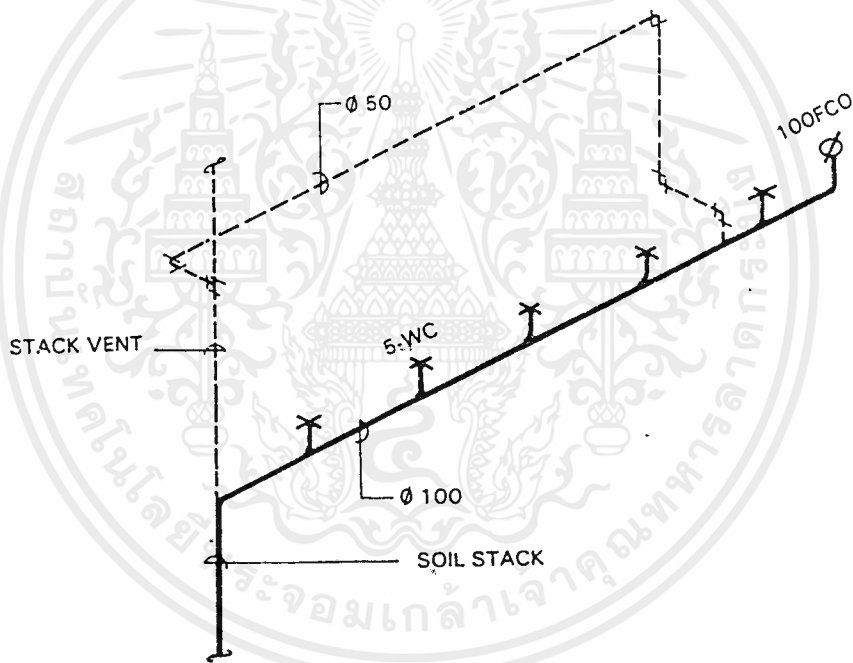


รูปที่ 3.22 Isometric Diagram ของระบบในรูปที่ 3.21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

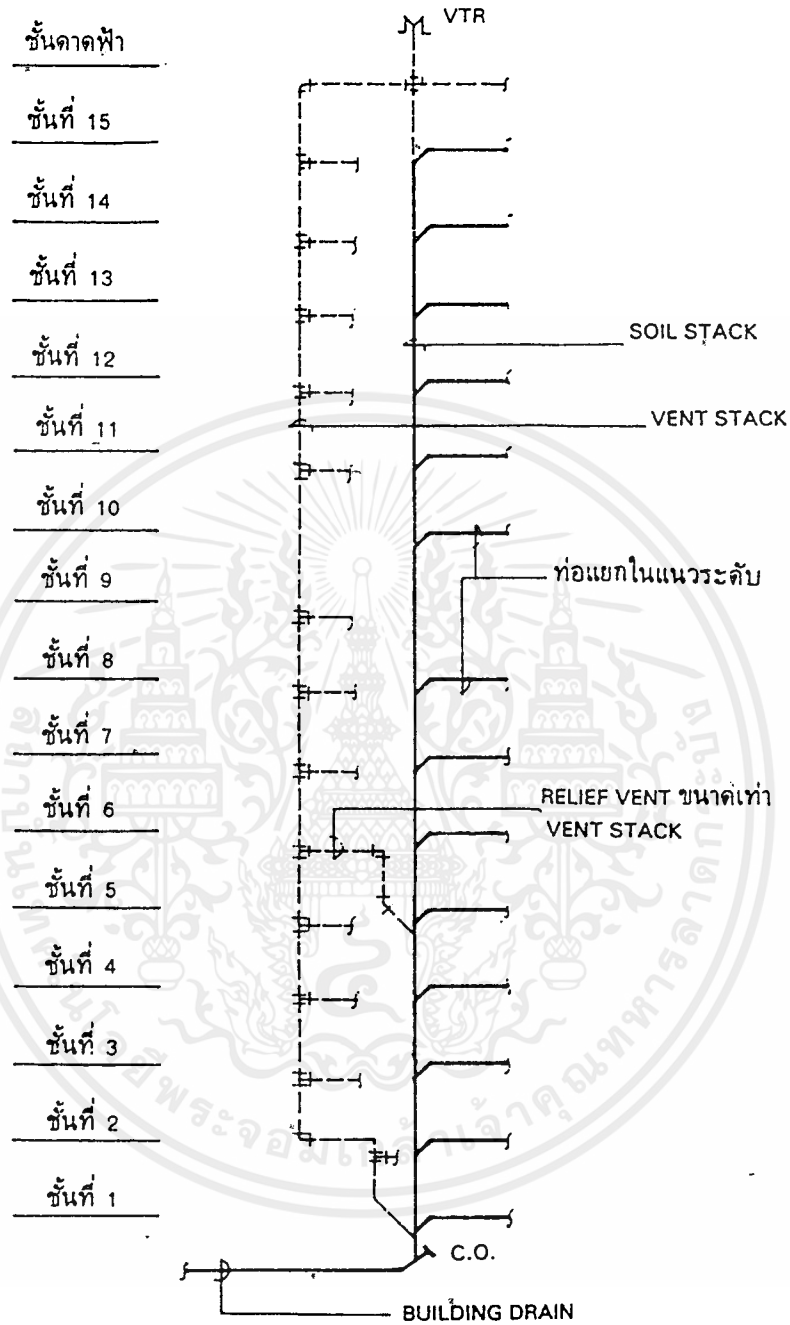


รูปที่ 3.23 การใช้ loop vent ในชั้นบนสุด



รูปที่ 3.24 Isometric Diagram ของระบบในรูปที่ 3.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.25. แสดง Relief vent ของอาคาร 15 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

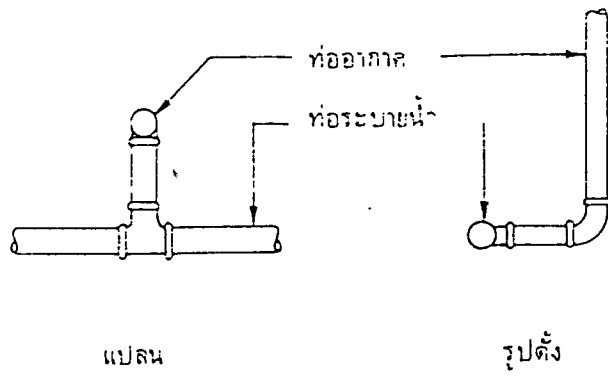
การใช้ท่อระบายน้ำเสียในแนวระดับเป็นท่ออากาศ

ในบางครั้ง ลักษณะการใช้สอยเนื้อที่ภายในอาคารตลอดจนโครงสร้างของอาคาร และ ตำแหน่งของเครื่องสุขภัณฑ์ ไม่อำนวยให้มีการเดินท่ออากาศ ดังเกณฑ์ที่กล่าวมาแล้วให้กับเครื่อง สุขภัณฑ์ได้ ในกรณีเช่นนี้ก็อนุญาตให้เดินท่อน้ำเสียโดยไม่มี back vent ที่เครื่องสุขภัณฑ์ได้ โดยให้ใช้ท่อระบายน้ำเสีย (น้ำโสโครกไม่อนุญาต) เป็น wet vent แทน แต่เครื่องสุขภัณฑ์ที่ อนุญาตให้ใช้ระบบดังกล่าวนี้จะต้องเป็นช่องระบายน้ำที่พื้น และอ่างล้างมือเท่านั้น เพราะเป็นน้ำ ที่ไม่มีสิ่งปฏิกูลเป็นก้อนซึ่งจะทำให้เกิดการอุดตันได้ง่าย อย่างไรก็ตาม เมื่อท่อระบายน้ำรวมผ่าน ไปถึงจุดที่สามารถต่อท่ออากาศได้ ก็ให้ทำการใส่ relief vent ทันที ในการออกแบบระบบเช่นนี้ จะต้องใช้ขนาดของท่อระบายน้ำเสียในแนวระดับ ให้โตกว่าขนาดที่ระบุให้ไว้ในตารางที่ 3.3 และ 3.4 อีก 2 ขนาดเป็นอย่างน้อย เพื่อให้อากาศเหนือน้ำภายในท่อเคลื่อนไหลไปมาได้สะดวก ลักษณะของห้องที่อาจจะมีการใช้งานดังกล่าวได้แก่ ห้องปฏิบัติการเคมี เป็นต้น ซึ่งอ่างล้างมือมักจะ ตั้งเรียงกันเป็นแถวๆ ห่างจากผนังห้อง

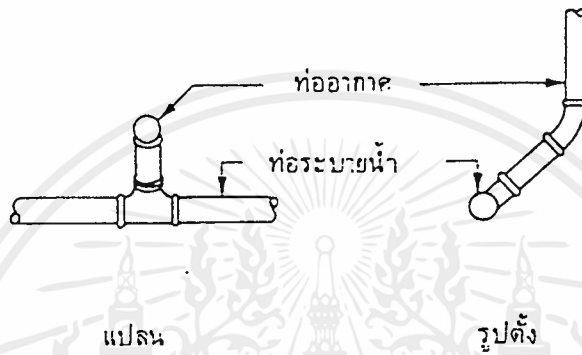
การต่อและติดตั้งท่ออากาศ

ท่ออากาศควรจะได้รับ การเดินให้เป็นเส้นตรงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ท่ออากาศในแนว นอนจะต้องมีการรองรับเป็นอย่างดี เพื่อไม่ให้มีส่วนที่ยุบตัว (sag) ลงมาจนเป็นที่ขังของน้ำได้ การเดินท่ออากาศในแนวนอน ต้องให้มีความลาดเอียงพอสมควรโดยให้ลาดเอียงเข้าสู่ท่อระบายน้ำ ทั้งนี้เพื่อให้ไอน้ำที่กลั่นตัวเป็นหยดน้ำอยู่ภายในท่อ รวมตัวกันไหลกลับไปยังท่อระบายน้ำได้ ใน การต่อท่ออากาศแนวดิ่งเข้ากับที่ปลายด้านล่างของท่อระบายน้ำแนวดิ่ง จะต้องให้ท่ออากาศทำ มุมอย่างน้อย 45 องศา กับแนวระดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.18

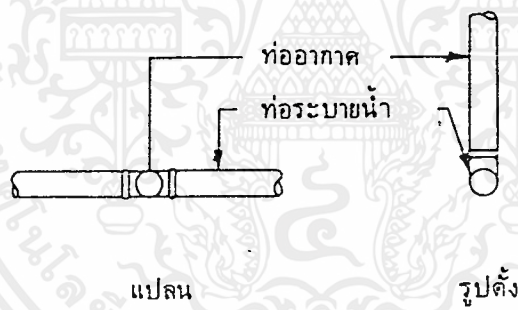
ในการต่อท่ออากาศเข้ากับท่อระบายน้ำในแนวระดับ จะต้องให้ท่ออากาศต่อเข้าทางส่วน บนเหนือแนวศูนย์กลางของท่อระบายน้ำ แล้วเดินท่ออากาศตรงขึ้นมา ถ้าเป็นไปได้ก็ให้เดินท่อ อากาศทำมุมไม่น้อยกว่า 45 องศาจากแนวระดับ ท่ออากาศนี้จะต้องขึ้นมาจนอยู่สูงกว่าขอบของ เครื่องสุขภัณฑ์ไม่น้อยกว่า 150 มม. เสียก่อน จึงอนุญาตให้หักเลี้ยวไปในแนวระดับได้ นอกจากนี้ ในกรณีที่มีความจำเป็น จึงจะอนุญาตให้หักเลี้ยวไปในแนวระดับก่อนขึ้นสู่ระดับที่สูงกว่าเครื่อง สุขภัณฑ์ได้ ตัวอย่างของข้อยกเว้นดังกล่าวนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 3.18 , 3.22 และ 3.24 แต่จะต้อง ให้ท่ออากาศในแนวระดับซึ่งอยู่ใต้พื้นนี้มีความยาวน้อยที่สุด รูปที่ 3.26 แสดงถึงการต่อท่ออากาศ เข้ากับท่อระบายน้ำในแนวนอนในลักษณะต่างๆ กัน รูป 3.26ก เป็นการต่อที่ไม่ถูกต้อง เพราะ ของเสียที่ไหลมาในท่อระบายน้ำอาจจะถูกซัดเข้ามาอุดท่ออากาศได้ง่าย การต่อที่ถูกต้องแสดงอยู่ ในรูปที่ 3.26ข และ 3.26ค ในกรณีของรูป 3.26ง จะใช้ได้ก็ต่อเมื่อใช้ท่อระบายน้ำเสียเป็น wet vent เท่านั้น เพราะน้ำที่จากเครื่องสุขภัณฑ์จะช่วยล้างสิ่งสกปรกที่อาจสะสมให้เกิดการอุดตันออกไป



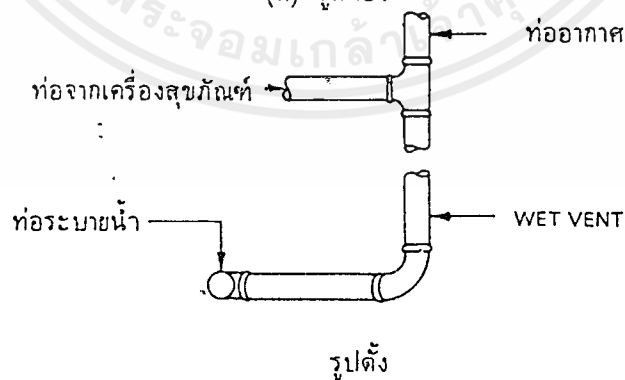
(ก) ไม่ถูกต้อง



(ข) ถูกต้อง



(ค) ถูกต้อง



(ง) ถูกต้อง

รูปที่ 3.26 การต่อท่ออากาศเข้าท่อระบายน้ำแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบระบบท่อระบายน้ำ

หลังจากการเดินท่อระบายน้ำทั่วไปเสร็จแล้ว จะต้องมีการทดสอบเพื่อหารอยรั่วของระบบท่อระบายเสียก่อนทำการติดตั้งเครื่องสุขภัณฑ์ และหลังจากติดตั้งเครื่องสุขภัณฑ์เรียบร้อยแล้วก็ให้ทำการทดสอบดูอีกครั้งหนึ่งเพื่อหารอยรั่ว ณ ที่ดักกลิ่นหรือที่อื่นๆ

โดยปกติสำหรับอาคารหลายชั้นมักจะนิยมทำการทดสอบที่ละชั้นในระหว่างการก่อสร้างซึ่งจะทำให้ได้ผลงานดี เบาะสามารถหาตำแหน่งของรอยรั่วได้ง่าย ตลอดจนการซ่อมแซมก็กระทำได้สะดวก การทดสอบอาจจะกระทำได้ 4 แบบคือ

- ทดสอบด้วยน้ำ (water test)
- ทดสอบด้วยลมอัด (air test)
- ทดสอบด้วยควัน (smoke test)
- ทดสอบโดยการใช้กลิ่น (odor test)

การทดสอบด้วยน้ำ

การทดสอบส่วนหนึ่งส่วนใดของท่อระบายน้ำโดยใช้น้ำ มักจะใช้ความดันของน้ำประมาณ 0.3 บาร์ ขึ้นแรกให้อุจจ่องเปิดทุกแห่งภายในระบบที่ต้องการทดสอบ แล้วจึงทำการต่อท่อชั่วคราวสำหรับการทดสอบ โดยให้ท่อที่ต่อขึ้นชั่วคราวนี้สูงจากระดับท่อที่ต้องการทดสอบ 3 เมตร แล้วจึงใช้สายยางเติมน้ำลงไปในห้องนี้จนเต็ม จากนั้นจึงทิ้งเอาไว้ประมาณ 15 นาที ถ้าระดับน้ำในห้องไม่ลดลงก็แสดงว่าไม่มีรอยรั่วในระบบท่อระบายน้ำในส่วนที่ทำการทดสอบ ถ้าทำการทดสอบท่อระบายน้ำของอาคารสูงพร้อมกันครั้งเดียว ท่อส่วนที่อยู่ต่ำลงมานับความดันสูงเกินไป ดังนั้นจึงควรแยกทำการทดสอบทีละชั้น

การทดสอบด้วยลมอัด

ในการทดสอบระบบท่อระบายน้ำด้วยลมอัด ให้ทำการอุจจ่องเปิดทั้งหมดให้สนิท แล้วจึงอัดลมเข้าไปในห้องให้มีความดันประมาณ 0.3 บาร์ จากนั้นให้ทิ้งเอาไว้ประมาณ 15 นาที ถ้าความดันไม่ลดลง แสดงว่าท่อไม่มีรอยรั่ว ในการทดสอบด้วยลมนี้จะต้องใช้มาตรวัดความดันชนิดละเอียด เพราะระดับความดันต่ำมาก ถ้ามีการรั่วมากที่รอยต่อผู้ตรวจสอบจะสังเกตได้โดยการฟังเสียงลมที่รั่วออกมา แต่ถ้ามีการรั่วเพียงเล็กน้อย ก็เป็นการยากที่จะได้ยินเสียงลมรั่ว อย่างไรก็ตามถ้ามีความสงสัยที่รอยต่อใด ก็ให้ใช้น้ำสบู่ทาที่รอยต่อนั้น ถ้ามีการรั่วซึมก็จะมีฟองสบู่ฟูออกมา การทดสอบด้วยลมอัดไม่ง่ายเท่ากับการทดสอบด้วยน้ำ และในบางครั้งก็เป็นการยากที่จะหารอยรั่ว แต่ข้อดีของการทดสอบด้วยวิธีการนี้ก็คือ ภายในระบบท่อจะได้รับความดันที่สม่ำเสมอโดยตลอด

การทดสอบด้วยควัน

ควันที่ใช้ในการทดสอบนี้อาจจะได้มาจากการเผาวัสดุที่มีควันมาก เช่น ฝ้ายชุบน้ำมันเครื่อง เป็นต้น โดยทำการเผาในเตาของเครื่องทดสอบโดยใช้ควัน ไม่ควรใช้ควันที่เกิดจากสารเคมี หรือ สิ่งอื่นๆ ซึ่งอาจจะตกตะกอนเกาะติดกับผนังท่อได้ ในการทดสอบให้ต่อท่อจากเครื่องทดสอบด้วย ควันเข้าที่ด้านล่างของระบบท่อระบายน้ำ แล้วจึงใช้สูบลม (bellow) เพื่ออัดควันเข้าไปในท่อ จนกระทั่งควันปรากฏขึ้นที่ยอดของท่อคัง จากนั้นจึงปิดปลายท่อคัง แล้วอัดควันจนระบบมีความดัน ประมาณ 25 มม. ของความสูงของน้ำ ในการตรวจสอบรอยรั่ว ให้สังเกตดูควันหรือกลิ่นของ ควันจากรอยรั่วหรือถ้ามีความสงสัยที่รอยต่อใด ก็ให้ใช้น้ำสบู่ตรวจสอบดู ทั้งนี้เพราะในบางครั้ง รอยรั่วอาจจะมีน้อยจนกระทั่งไม่สามารถมองเห็นควันได้

การทดสอบด้วยกลิ่น

สารที่ใช้ทำให้เกิดกลิ่นสำหรับตรวจสอบรอยรั่ว เป็นสารประเภทที่ระเหยเร็วและมีกลิ่น มาก เช่น น้ำมันสะระแหน่ (oil of peppermint) อีเธอร์ (ether) เป็นต้น ในการทดสอบโดยวิธี นี้ ให้ทำการปิดช่องเปิดของท่อระบายน้ำและท่ออากาศให้หมด ยกเว้นปลายของท่อคังที่อยู่สูงสุด เท่านั้น จากนั้นจึงเทน้ำมันสะระแหน่ลงไปประมาณ 30 cc. ต่อความสูงของท่อคัง 10 เมตร แต่ จะต้องไม่น้อยกว่า 60 cc. แล้วให้เติมน้ำเดือดลงไปในท่ออีกประมาณ 4 ลิตร หลังจากนั้นให้ปิด ปลายบนของท่อคังทันที รอยรั่วของท่อระบายน้ำจะบอกได้ด้วยกลิ่นที่ระเหยออกมา ผู้ที่ทำการ เติมน้ำมันสะระแหน่นี้จะมีกลิ่นติดตัวอยู่ จึงห้ามมิให้เข้ามาภายในอาคารอีก การทดสอบโดยวิธีนี้ มักจะไม่ค่อยได้ผลเป็นที่น่าพอใจนัก เพราะไม่มีความดันภายในท่อพอที่จะให้กลิ่นระเหยออกมา จากรอยรั่วเล็กๆ ได้ และมีความยากลำบากในการค้นหาตำแหน่งที่มีรอยรั่ว

บทที่ 4

วิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการใช้โปรแกรมสำหรับออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาใช้สำหรับการคำนวณหาขนาดท่อระบายน้ำที่นำมาต่อกัน ตัวโปรแกรมจะแบ่งเป็นส่วนที่สำคัญๆ ด้วยกัน 3 ส่วนคือ

1. ส่วนของ Input เป็นการใส่ค่าข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ อันประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับชนิดและจำนวนของสุขภัณฑ์
2. ส่วนแก้ไขข้อมูล เป็นส่วนที่นำค่า Input ที่ได้ทำการใส่ค่าข้อมูลไปแล้วกลับมาแก้ไขให้ถูกต้องได้ในภายหลัง
3. ส่วนแสดงผล จะแสดงผลการคำนวณจากการประมวลผลข้อมูล

วิธีการใช้โปรแกรม

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการใช้โปรแกรมออกแบบระบบท่อระบายน้ำทิ้ง อันประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ในการใส่ค่าข้อมูล และการแสดงผลการคำนวณ

1. เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ นำแผ่นโปรแกรมใส่ใน drive A หรือ B
2. เมื่อมีเครื่องหมาย prompt เป็น A:> ให้พิมพ์ชื่อโปรแกรม design แล้วกด enter
3. เมื่อเครื่อง load โปรแกรม design ขึ้นมาแล้วจะมีการแสดงไตเติล ดังรูปที่ 4.1 จากนั้นให้กดคีย์ใดๆ เพื่อเข้าสู่โปรแกรม
4. บนจอจะปรากฏเมนูหลัก ซึ่งมีตัวเลือกต่างๆ ดังรูปที่ 4.2
5. เลือกตัวเลือกต่างๆ บนเมนูหลักด้วยเคอร์เซอร์ขึ้น หรือ ลง ในที่นี้เลือก Creat New Data เพื่อป้อนค่าข้อมูลใหม่เข้าไป จากนั้นกด enter ดังรูปที่ 4.3
6. บนจอจะปรากฏเมนูสำหรับสร้างข้อมูลใหม่ ดังรูปที่ 4.4 กด enter เพื่อป้อนข้อมูล และเมื่อทำการป้อนค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้กดคีย์ใดๆ เพื่อเข้าสู่เมนูหลักอีกครั้ง
7. บนเมนูหลักถ้าหากเลือก Modify Old Data แล้วกด enter จะเป็นการนำข้อมูลที่ได้ทำการใส่ค่าข้อมูลไปแล้วกลับมาแก้ไขให้ถูกต้องอีกครั้ง ดังรูปที่ 4.5 และ 4.6
8. บนเมนูหลักถ้าหากเลือก Graphic Design แล้วกด enter จะแสดงผลการคำนวณจากการประมวลผลข้อมูลในรูปแบบ Graphic ดังรูปที่ 4.7 และ 4.8
9. บนเมนูหลักถ้าหากเลือก Quit Program แล้วกด enter จะเป็นการออกจากโปรแกรม ดังรูปที่ 4.9

DRAINAGE SYSTEMS DESIGN FOR HIGH BUILDING

DEVELOPED BY

DEPARTMENT OF MECHANICAL ENGINEERING

PRESS ANY KEY!

PROGRAMER
TANYAWEE THUWANALIN
SITTHIKORN PURIYAPAN

KMIT'L
KING MONGKUT'S INSTITUTE
OF TECHNOLOGY LADKRABANG

รูปที่ 4.1 ไตเติล กดคีย์ใดๆ เพื่อเข้าสู่โปรแกรม

Menu

1. Creat New Data
2. Modify Old Data
3. Graphic Design
4. Quit Program

รูปที่ 4.2 เมนูหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

New Data

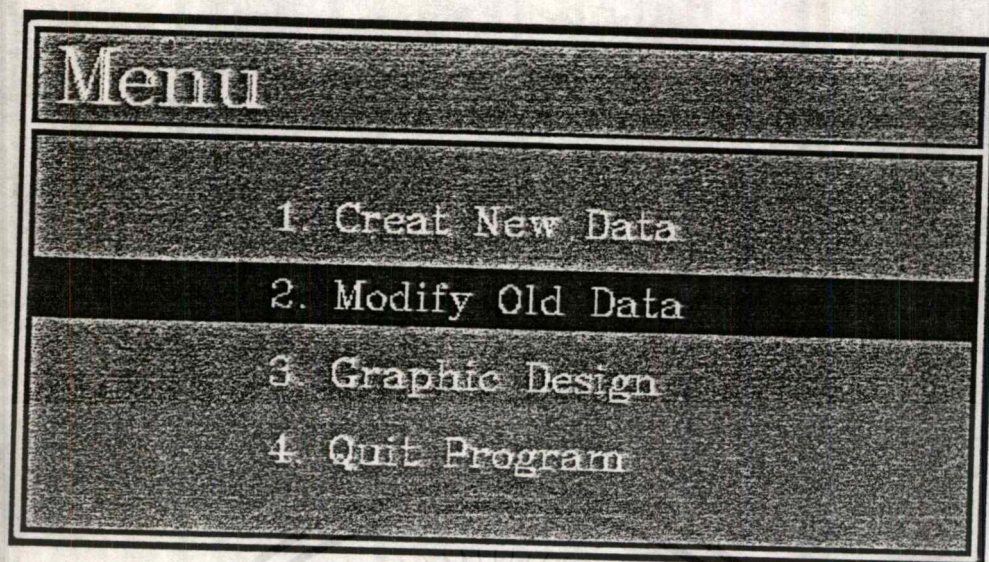
1. Creat New Data
2. Return To Menu

รูปที่ 4.3 กด enter เพื่อป้อนข้อมูลใหม่

Enter Data For New File	
This data for section: LZ04	
Section LZ04 have 7 fixture(s)	
Fixture WCT have 2 unit(s) Fixture SD have 2 unit(s) Fixture FD have 2 unit(s) Fixture LAU have 2 unit(s) Fixture WCU have 2 unit(s) Fixture URA have 2 unit(s) Fixture KS have 2 unit(s)	BD Bidet BT Bathtub FD Floor Drain KS Kitchen Sink LAU Lavatory SD Shower Drain SS Service Sink URA Urinal(angle valve) URF Urinal(flush valve) WCT Water Closet(tank) WCU Water Closet(valve)
*Enter a number(unit) of the fixture	

รูปที่ 4.4 ทำการป้อนค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้กดคีย์ใดๆ เพื่อเข้าสู่เมนูหลักอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 กด enter เพื่อแก้ไขข้อมูล

Select Section to Modify	
Modify in section : LZ04	
This section have 3 fixture(s) to modify	
Fixture : LAU have 3 unit(s)	BD Bidet
Fixture : FD have 4 unit(s)	BT Bathtub
Fixture : WCU have 1 unit(s)	2 FD Floor Drain
	2 KS Kitchen Sink
	2 LAU Lavatory
	2 SD Shower Drain
	SS Service Sink
	2 URA Urinal(angle valve)
	URF Urinal(flush valve)
	2 WCT Water Closet(tank)
	2 WCU Water Closet(value)
*Enter a number(unit) of the fixture	

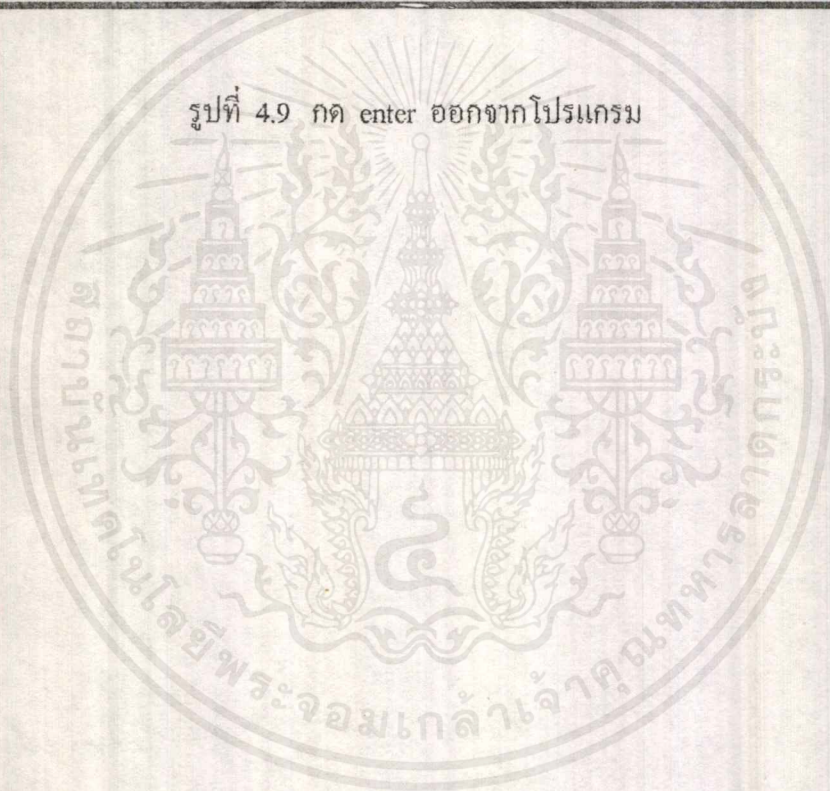
รูปที่ 4.6 แก้ไขค่าต่างๆ เสร็จแล้ว ให้กดคีย์ใดๆ เพื่อเข้าสู่เมนูหลักอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Menu

1. Creat New Data
2. Modify Old Data
3. Graphic Design
4. Quit Program

รูปที่ 4.9 กด enter ออกจากโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการใช้โปรแกรม

Floor	Item	Units	Sanitary Pipe Size (mm)	Soil Pipe (mm)		Waste Pipe (mm)	
				Branch	Stack	Branch	Stack
4	Water Closet (flush tank)	2	100	125	250		
	Shower Drain	2	40			65	80
	Floor Drain	2	50			65	80
	Lavatory	2	40			65	80
	Water Closet (flush valve)	2	100	200	250		
	Urinal (angle valve)	2	50	200	250		
	Kitchen Sink	2	40			80	80
3	Water Closet (flush tank)	2	100	125	300		
	Shower Drain	2	40			65	100
	Floor Drain	2	50			65	100
	Lavatory	2	40			65	100
	Water Closet (flush valve)	2	100	200	300		
	Urinal (angle valve)	2	50	200	300		
	Kitchen Sink	2	40			80	100
2	Water Closet (flush tank)	2	100	125	375		
	Shower Drain	2	40			65	100
	Floor Drain	2	50			65	100
	Lavatory	2	40			65	100
	Water Closet (flush valve)	2	100	200	375		
	Urinal (angle valve)	2	50	200	375		
	Kitchen Sink	2	40			80	100
B	Water Closet (flush tank)	2	100	125	375		
	Shower Drain	2	40			65	100
	Floor Drain	2	50			65	100
	Lavatory	2	40			65	100
	Water Closet (flush valve)	2	100	200	375		
	Urinal (angle valve)	2	50	200	375		
	Kitchen Sink	2	40			80	100

Phaholyothin Park, Thai Obayashi Corp., Ltd. 17/05/1996

ตารางที่ 5.1 ขนาดท่อน้ำทิ้งของอาคาร Phaholyothin Park ชั้นที่ 1-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในบทนี้จะเป็นการใช้โปรแกรมในการคำนวณขนาดของท่อระบายน้ำทั้งแนวดิ่งและแนวนอนเพื่อเปรียบเทียบกับค่าคำนวณโดยใช้ตารางสุขภัณฑ์ ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3

จากตารางที่ 5.1 เป็นขนาดท่อที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ตารางสุขภัณฑ์ ดังนั้นต่อไปนี้จะเป็นการคำนวณตั้งแต่ชั้นที่ 4 ลงมาถึงชั้นที่ 1 โดยใช้โปรแกรม

ชั้นที่ 4

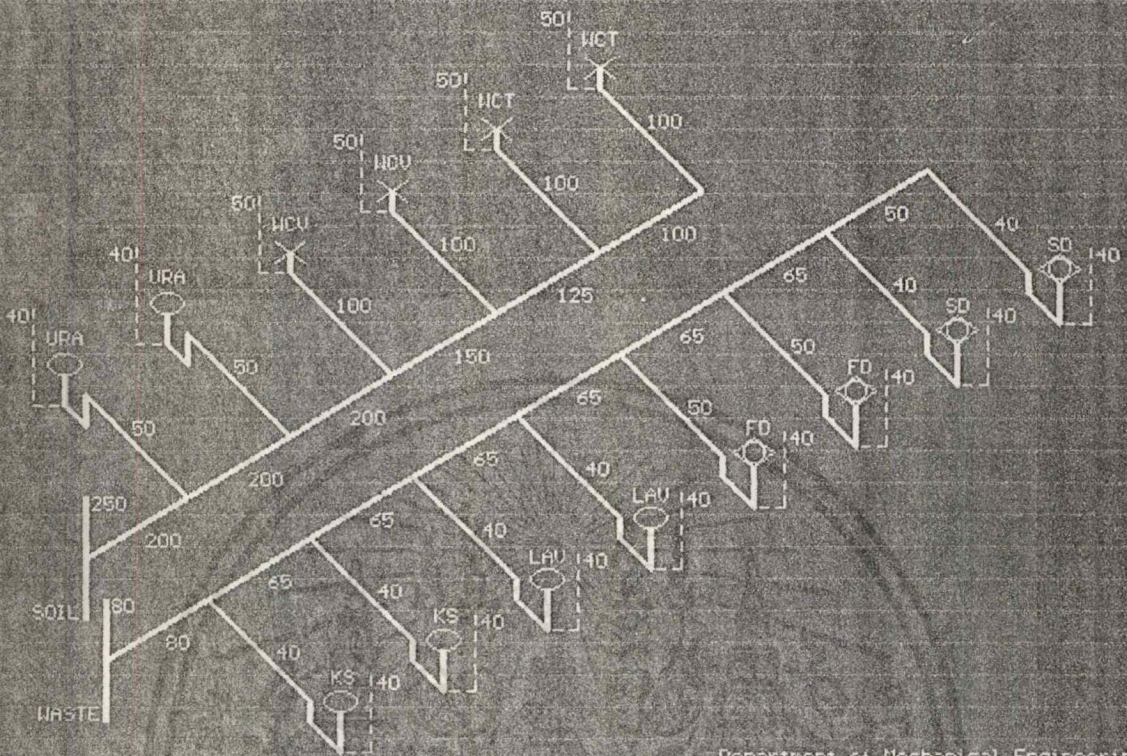
เริ่มโปรแกรมแล้วป้อนค่าข้อมูลสุขภัณฑ์จากตารางที่ 5.1 ดังแสดงในรูปที่ 5.2

Enter Data For New File																							
This data for section : LZ04																							
Section LZ04 have	? fixture(s)																						
Fixture : WCT	have 2 unit(s)																						
Fixture : SD	have 2 unit(s)																						
Fixture : FD	have 2 unit(s)																						
Fixture : LAU	have 2 unit(s)																						
Fixture : WCU	have 2 unit(s)																						
Fixture : URA	have 2 unit(s)																						
Fixture : KS	have 2 unit(s)																						
<table border="0"> <tr> <td>BD</td> <td>Bidet</td> </tr> <tr> <td>BT</td> <td>Bathtub</td> </tr> <tr> <td>FD</td> <td>Floor Drain</td> </tr> <tr> <td>KS</td> <td>Kitchen Sink</td> </tr> <tr> <td>LAU</td> <td>Lavatory</td> </tr> <tr> <td>SD</td> <td>Shower Drain</td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>Service Sink</td> </tr> <tr> <td>URA</td> <td>Urinal(angle valve)</td> </tr> <tr> <td>URF</td> <td>Urinal(flush valve)</td> </tr> <tr> <td>WCT</td> <td>Water Closet(tank)</td> </tr> <tr> <td>WCU</td> <td>Water Closet(value)</td> </tr> </table>		BD	Bidet	BT	Bathtub	FD	Floor Drain	KS	Kitchen Sink	LAU	Lavatory	SD	Shower Drain	SS	Service Sink	URA	Urinal(angle valve)	URF	Urinal(flush valve)	WCT	Water Closet(tank)	WCU	Water Closet(value)
BD	Bidet																						
BT	Bathtub																						
FD	Floor Drain																						
KS	Kitchen Sink																						
LAU	Lavatory																						
SD	Shower Drain																						
SS	Service Sink																						
URA	Urinal(angle valve)																						
URF	Urinal(flush valve)																						
WCT	Water Closet(tank)																						
WCU	Water Closet(value)																						
*Enter a number(unit) of the fixture																							

รูปที่ 5.2 แสดงการป้อนค่าข้อมูลสุขภัณฑ์จากตารางที่ 5.1

จากนั้น เลือกเมนูแสดงกราฟิก โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทั้งแนวนอนและแนวดิ่ง ดังรูปที่ 5.3 เปรียบเทียบกับตารางที่ 5.1

PRESS ANYKEY TO RETURN MAIN MENU



Department of Mechanical Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

รูปที่ 5.3 แสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งของชั้นที่ 4

ชั้นที่ 3 ป้อนค่าข้อมูลสุขภัณฑ์จากตารางที่ 5.1 ดังแสดงในรูปที่ 5.4

Enter Data For New File

This data for section : LZ03
Section LZ03 have 7 fixture(s)

Fixture : WCT have 2 unit(s)
Fixture : SD have 2 unit(s)
Fixture : FD have 2 unit(s)
Fixture : LAU have 2 unit(s)
Fixture : WCU have 2 unit(s)
Fixture : URA have 2 unit(s)
Fixture : KS have 2 unit(s)

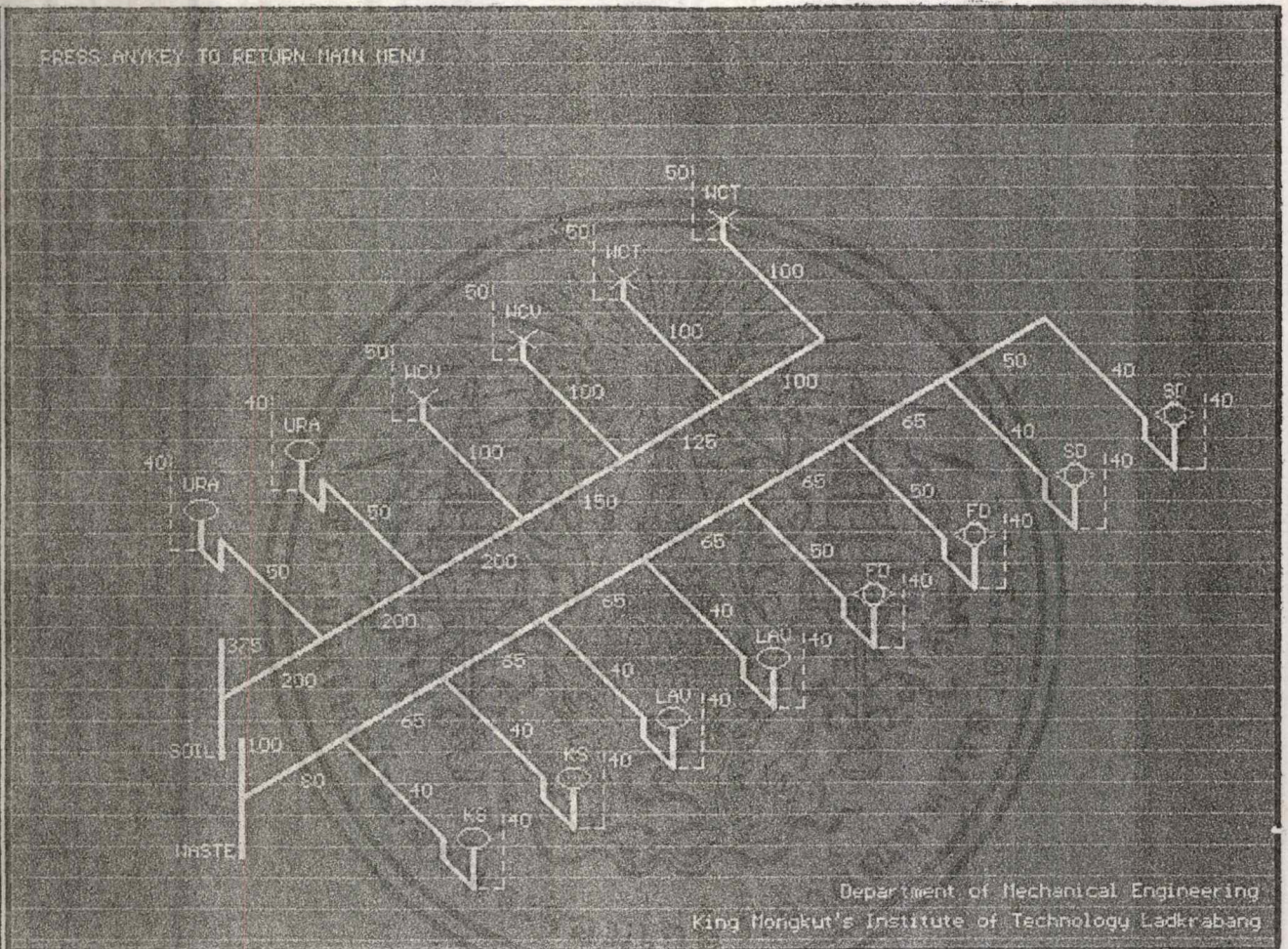
BD Bidet
BT Bathtub
FD Floor Drain
KS Kitchen Sink
LAU Lavatory
SD Shower Drain
SS Service Sink
URA Urinal(angle valve)
URF Urinal(flush valve)
WCT Water Closet(tank)
WCU Water Closet(value)

*Enter a number(unit) of the fixture

รูปที่ 5.4 แสดงการป้อนค่าข้อมูลสุขภัณฑ์จากตารางที่ 5.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้น เลือกเมนูแสดงกราฟิก โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ดังรูปที่ 5.5 เปรียบเทียบกับตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.5 แสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งของชั้นที่ 3

ขั้นที่ 2 ป้อนค่าข้อมูลสัญลักษณ์จากตารางที่ 5.1 ดังแสดงในรูปที่ 5.6

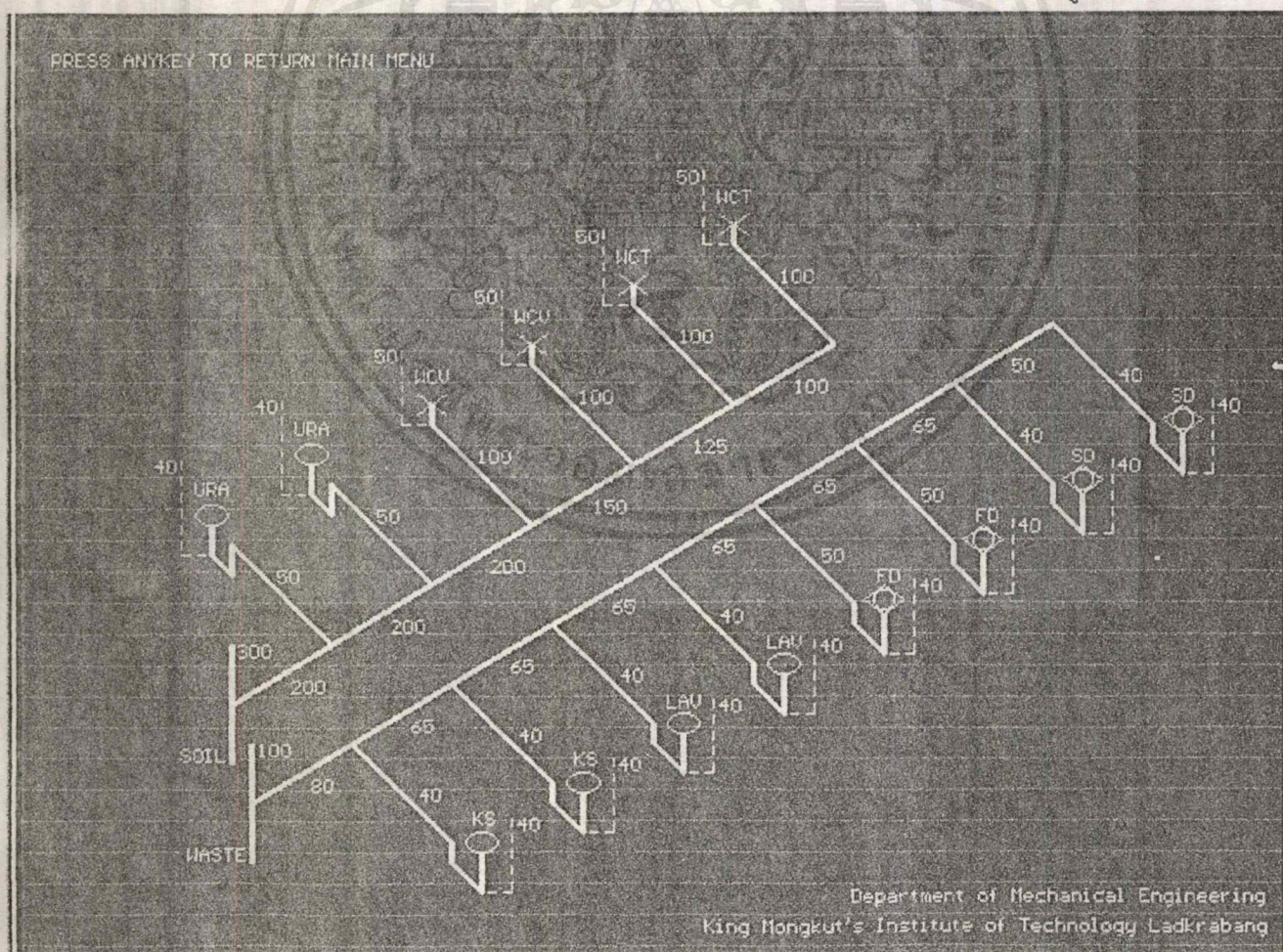
Enter Data For New File	
This data for section : LZ02	
Section LZ02 have 7 fixture(s)	
Fixture : WCT	have 2 unit(s)
Fixture : SD	have 2 unit(s)
Fixture : FD	have 2 unit(s)
Fixture : LAU	have 2 unit(s)
Fixture : WCU	have 2 unit(s)
Fixture : URA	have 2 unit(s)
Fixture : KS	have 2 unit(s)

BD	Bidet
BT	Bathtub
FD	Floor Drain
KS	Kitchen Sink
LAU	Lavatory
SD	Shower Drain
SS	Service Sink
URA	Urinal(angle valve)
URF	Urinal(flush valve)
WCT	Water Closet(tank)
WCU	Water Closet(valve)

*Enter a number(unit) of the fixture

รูปที่ 5.6 แสดงการป้อนค่าข้อมูลสัญลักษณ์จากตารางที่ 5.1

โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 แสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งของขั้นที่ 2

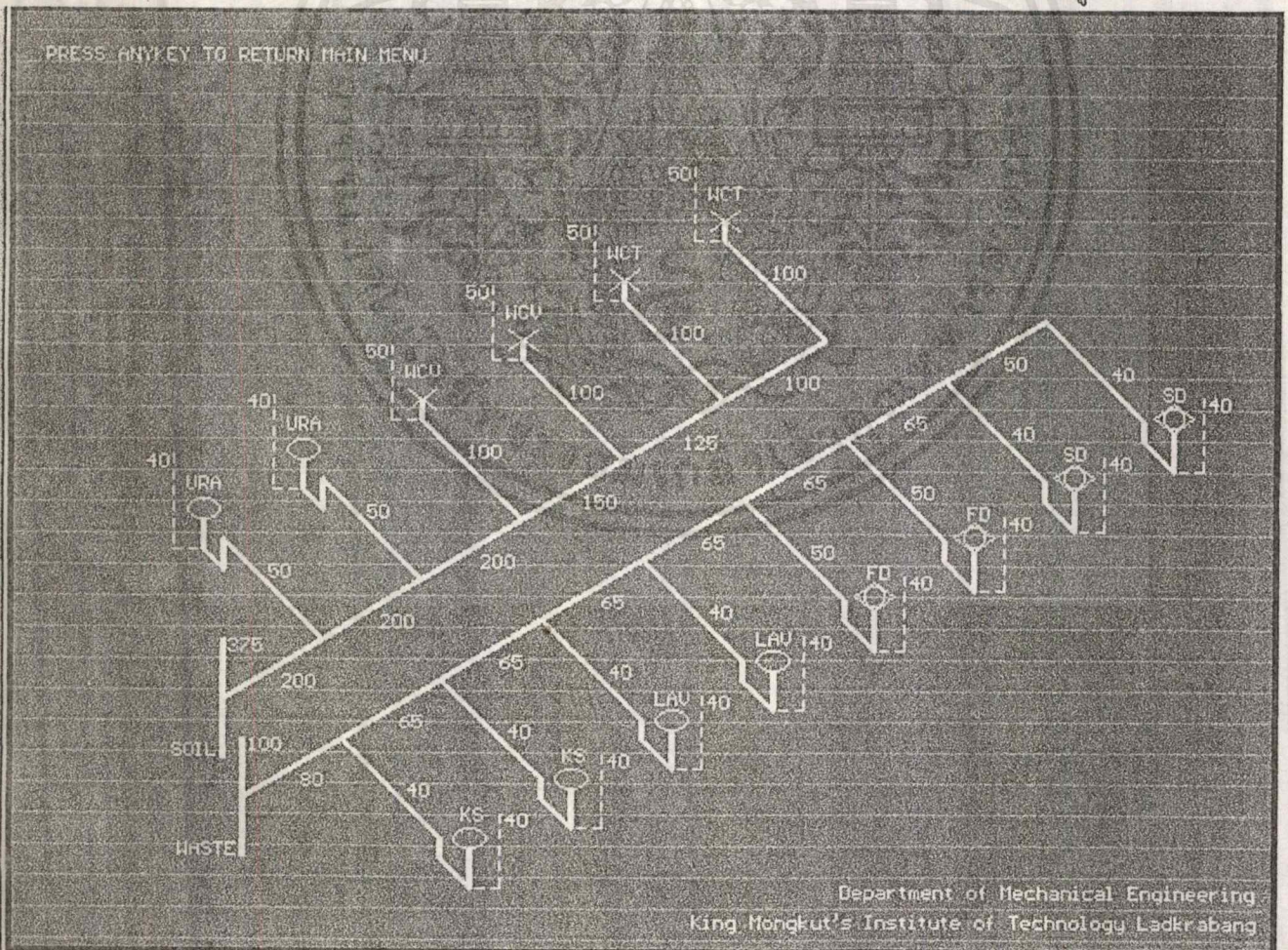
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นที่ 1 ป้อนค่าข้อมูลสัญลักษณ์จากตารางที่ 5.1 ดังแสดงในรูปที่ 5.8

Enter Data For New File																							
This data for section : LZ01																							
Section LZ01 have	7 fixture(s)																						
Fixture : WCT	have 2 unit(s)																						
Fixture : SD	have 2 unit(s)																						
Fixture : FD	have 2 unit(s)																						
Fixture : LAU	have 2 unit(s)																						
Fixture : WCU	have 2 unit(s)																						
Fixture : URA	have 2 unit(s)																						
Fixture : KS	have 2 unit(s)																						
<table border="0"> <tr> <td>BD</td> <td>Bidet</td> </tr> <tr> <td>BT</td> <td>Bathtub</td> </tr> <tr> <td>FD</td> <td>Floor Drain</td> </tr> <tr> <td>KS</td> <td>Kitchen Sink</td> </tr> <tr> <td>LAU</td> <td>Lavatory</td> </tr> <tr> <td>SD</td> <td>Shower Drain</td> </tr> <tr> <td>SS</td> <td>Service Sink</td> </tr> <tr> <td>URA</td> <td>Urinal(angle valve)</td> </tr> <tr> <td>URF</td> <td>Urinal(flush valve)</td> </tr> <tr> <td>WCT</td> <td>Water Closet(tank)</td> </tr> <tr> <td>WCU</td> <td>Water Closet(value)</td> </tr> </table>		BD	Bidet	BT	Bathtub	FD	Floor Drain	KS	Kitchen Sink	LAU	Lavatory	SD	Shower Drain	SS	Service Sink	URA	Urinal(angle valve)	URF	Urinal(flush valve)	WCT	Water Closet(tank)	WCU	Water Closet(value)
BD	Bidet																						
BT	Bathtub																						
FD	Floor Drain																						
KS	Kitchen Sink																						
LAU	Lavatory																						
SD	Shower Drain																						
SS	Service Sink																						
URA	Urinal(angle valve)																						
URF	Urinal(flush valve)																						
WCT	Water Closet(tank)																						
WCU	Water Closet(value)																						
*Enter a number(unit) of the fixture																							

รูปที่ 5.8 แสดงการป้อนค่าข้อมูลสัญลักษณ์จากตารางที่ 5.1

โปรแกรมจะแสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งทั้งแนวนอนและแนวตั้ง ดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 แสดงผลการคำนวณขนาดท่อน้ำทิ้งของขั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการแสดงผลการคำนวณด้วยการใช้โปรแกรมทั้ง 4 ชั้น จะเห็นได้ว่าโปรแกรมสามารถแสดงค่าที่ถูกต้องตรงตามตารางที่ 5.1 ซึ่งเป็นผลการคำนวณด้วยการใช้ตารางหน่วยสุขภักดิ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำทฤษฎี และกฎเกณฑ์การเดินท่อภายในอาคารต่างๆ จาก Nation Plumbing Code มาประยุกต์ใช้กับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล โดยใช้ภาษาเทอร์โบ ปาสคาลในการเขียนโปรแกรม ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้ผู้ที่ทำกรออกแบบระบบท่อน้ำทั้งใน อาคารสูง สามารถกระทำได้ง่ายขึ้น

ในอนาคต คาดว่าจะมีการปรับปรุงโปรแกรมให้สามารถใช้งานง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมการก่อสร้างในประเทศ

ข้อเสนอแนะ

โครงการนี้จัดทำขึ้นเพื่อออกแบบระบบระบายน้ำเสียโดยใช้โปรแกรมที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถใช้งานได้จริงและสะดวกในงานออกแบบท่อน้ำทั้งในอาคารสูง แต่กระนั้นก็ตาม โปรแกรมที่เขียนได้ในขณะนี้ยังแสดงกราฟฟิคได้เพียงบางส่วน และยังต้องศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เกี่ยวกับระบบระบายน้ำเสียเพื่อพัฒนาโปรแกรมต่อไปในอนาคตดังต่อไปนี้

1. พัฒนาในส่วนของโปรแกรมให้สามารถทำงานบนพื้นฐานของวินโดว โดย ใช้โปรแกรม Delphi for window เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกในการป้อนโปรแกรม
2. เขียนโปรแกรมเพิ่มเติมในส่วนของระบบระบายน้ำฝน ที่ยังไม่สามารถประมาณค่าที่ ถูกต้องจากกราฟได้
3. ศึกษาในส่วนของระบบบำบัดน้ำเสีย เพื่อทำการออกแบบบ่อเกรอะและทำการบำบัด ได้ถูกต้อง

ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

{ This program is to design the drainage systems for high buildings. It can show the optimum of design calculations for drainage systems in graphics. }

Program Design;

uses graph , crt;

type section = record

 fixture : string[5];

 units : integer;

end;

var fp : file of section;

data : section;

filename : string[10];

x , y , z : integer;

graphmode : integer;

graphdriver : integer;

Procedure Title; { Graphics to present this program }

Procedure Line1; { Write : DRAINAGE SYSTEMS DESIGN }

var i : integer;

begin

 settextjustify(0,2);settextstyle(7,0,5);setcolor(yellow);delay(1000);

 i:=x*3;

 repeat

 outtextxy(i,y-220,'D');delay(20);

 cleardevice;

 i:=i-50;

 until i < 50;

 i:=0;x:=x-315;y:=y-220;

 sound(500);delay(30);nosound;

 outtextxy(x+i,y,'D');delay(500);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+27;

 outtextxy(x+i,y,'R');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+30;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(x+i,y,'A');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+27;
outtextxy(x+i,y,'I');delay(30);sound(500); delay(30);nosound;i:=i+16;
outtextxy(x+i,y,'N');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+27;
outtextxy(x+i,y,'A');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+29;
outtextxy(x+i,y,'G');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+22;
outtextxy(x+i,y,'E');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+48;
outtextxy(x+i,y,'S');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+30;
outtextxy(x+i,y,'Y');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+25;
outtextxy(x+i,y,'S');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+30;
outtextxy(x+i,y,'T');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+22;
outtextxy(x+i,y,'E');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+27;
outtextxy(x+i,y,'M');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+35;
outtextxy(x+i,y,'S');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+45;
outtextxy(x+i,y,'D');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+27;
outtextxy(x+i,y,'E');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+28;
outtextxy(x+i,y,'S');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+24;
outtextxy(x+i,y,'I');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+20;
outtextxy(x+i,y,'G');delay(30);sound(500);delay(30);nosound;i:=i+22;
outtextxy(x+i,y,'N');delay(500);
x:=x+315;y:=y+220;
end; { End of Procedure Line1 }

```

Procedure Line2; { Write : FOR HIGH BUILDING }

```

var   block : pointer;
      size  : word;
      i , j  : integer;
begin
  x:=x-185;y:=y+198; i:=42;
  settxtjustify(0,2);setttxstyle(7,0,5);setcolor(yellow);
  outtextxy(x+i,y,'F');i:=i+30;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+20;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+48;
  outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+32;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+18;outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+21;
  outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+49;outtextxy(x+i,y,'B');i:=i+32;outtextxy(x+i,y,'U');i:=i+25;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+17;outtextxy(x+i,y,'L');i:=i+25;outtextxy(x+i,y,'D');i:=i+27;
outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+16;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+34;outtextxy(x+i,y,'G');j:=x+470;
size:=imagesize(x,y,j,y+50);getmem(block,size);getimage(x,y,j,y+50,block^);
i:=0;
repeat
    setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);
    bar(x,y-i,j,y+50-i);i:=i+30;
    putimage(x,y-i,block^,normalput);
    delay(5);
until i > 330;
sound(500);delay(50);nosound;delay(1000);
x:=x+185;y:=y-198;
end; { End of Procedure Line2 }

```

Procedure Line3; { Write : DEVELOPED BY }

```

var  block : pointer;
      size  : word;
      k     : integer;

```

Procedure RunLine3; { Run each character from the right to the left }

```

var  i , j : integer;
begin
    i:=0;j:=x+20;
    size:=imagesize(x,y,j,y+30);getmem(block,size);getimage(x,y,j,y+30,block^);
    repeat
        setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);bar(x-i,y,j-i,y+30);i:=i+15;
        putimage(x-i,y,block^,normalput);delay(4);
    until i > 550-k;
    k:=k+30;
    setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);bar(x-i,y,j-i,y+30);
end; { End of Procedure RunLine3 }

```

```

begin { Main of Procedure Line3 }
    settextrjustify(0,2);settextstyle(7,0,3);setcolor(lightblue);
    x:=x+295;y:=y-65;k:=0;
    outtextxy(x,y,'D');RunLine3;outtextxy(x-608,y,'D');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'E');RunLine3;outtextxy(x-593,y,'E');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'V');RunLine3;outtextxy(x-575,y,'V');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'E');RunLine3;outtextxy(x-563,y,'E');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'L');RunLine3;outtextxy(x-548,y,'L');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'O');RunLine3;outtextxy(x-533,y,'O');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'P');RunLine3;outtextxy(x-521,y,'P');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'E');RunLine3;outtextxy(x-506,y,'E');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'D');RunLine3;outtextxy(x-491,y,'D');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'B');RunLine3;outtextxy(x-459,y,'B');sound(400);delay(15);nosound;
    outtextxy(x,y,'Y');RunLine3;outtextxy(x-441,y,'Y');sound(400);delay(15);nosound;
    delay(1000);x:=x-295;y:=y+65;
end; { End of Procedure Line3 }

```

Procedure Line4; { Write : DEPARTMENT OF M.E. }

var i : integer;

Procedure EachColor; { Show line4 each color }

```

begin
    i:=0;
    outtextxy(x+i,y,'D');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'P');i:=i+13;
    outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+19;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'M');i:=i+19;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+20;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+30;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+13;outtextxy(x+i,y,'F');i:=i+29;
    outtextxy(x+i,y,'M');i:=i+20;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+18;outtextxy(x+i,y,'C');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+18;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+16;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+17;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'C');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+16;
    outtextxy(x+i,y,'L');i:=i+29;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+19;
    outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+13;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+10;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+17;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+18;
    outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+10;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+19;outtextxy(x+i,y,'G');
end; { End of Procedure EachColor }

```

```

begin { Main of Procedure Line4 }

```

```

    x:=x-274;y:=y-20;
    settxtjustify(0,2);settextstyle(7,0,3);setcolor(darkgray);EachColor;delay(600);
    setcolor(lightgray);EachColor;delay(600);setcolor(white);EachColor;delay(1000);
    x:=x+274;y:=y+20;
end; { End of Procedure Line4 }

```

```

Procedure Line5; { Write : PROGRAMER
                  TANYAWEE THUWANALIN
                  SITTIKORN PURIYAPAN }

```

```

Procedure Color; { Show line5 each color }

```

```

var    i : integer;
begin
    i:=0;x:=x-310;y:=y+150;
    outtextxy(x+i,y,'P');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'M');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+12;
    i:=0;y:=y+20;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+10;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+14;
    outtextxy(x+i,y,'Y');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+10;outtextxy(x+i,y,'W');i:=i+15;
    outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+28;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;
    outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'U');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'W');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'L');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+08;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+12;
    i:=0;y:=y+20;
    outtextxy(x+i,y,'S');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;
    outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+12;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+30;outtextxy(x+i,y,'P');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'U');i:=i+14;
outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+13;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;outtextxy(x+i,y,'Y');i:=i+11;
outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'P');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;
outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+12;
x:=x+310;y:=y-190;
end; { End of Procedure Color }

```

```

begin { Main of Procedure Line5 }

settextjustify(0,2);settextstyle(1,0,1);setcolor(darkgray);
Color;delay(600);setcolor(lightgray);Color;delay(1000);
end; { End of Procedure Line5 }

```

```

Procedure Line6; { Write : KMITL
                    KING MONGKUT'S INSTITUTE
                    OF TECHNOLOGY LADKRABANG }

```

```

Procedure ColorLine; { Show line6 each color }
var   i : integer;
begin
    i:=0;x:=x+210;y:=y+150;
    outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'M');i:=i+16;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'L');
    i:=0;x:=x-210;y:=y+20;
    outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+14;
    outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+23;outtextxy(x+i,y,'M');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+12;
    outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+13;
    outtextxy(x+i,y,'U');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'S');i:=i+25;
    outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07; outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'S');i:=i+11;
    outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'I');i:=i+07;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;
    outtextxy(x+i,y,'U');i:=i+14;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'E');
    i:=0;y:=y+20;
    outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'F');i:=i+20;outtextxy(x+i,y,'T');i:=i+11;
    outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'C');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'H');i:=i+14;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+13;outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+10;outtextxy(x+i,y,'L');i:=i+11;
outtextxy(x+i,y,'O');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'G');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'Y');i:=i+22;
outtextxy(x+i,y,'L');i:=i+11;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'D');i:=i+11;
outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+13;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;
outtextxy(x+i,y,'B');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+12;outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+13;
outtextxy(x+i,y,'G');
y:=y-190;
end; { End of Procedure ColorLine }

```

```

begin { Main of Procedure Line6 }
    settxtjustify(0,2);settextstyle(1,0,1);setcolor(brown);
    ColorLine;delay(600);setcolor(lightred);ColorLine;delay(1000);
end; { End of Procedure Line6 }

```

```

Procedure Line7; { Write : PRESS ANYKEY TO START }
var    block : pointer;
        size  : word;
        i , j : integer;
begin
    i:=0;x:=x-130;y:=y+60;
    settxtjustify(0,2);settextstyle(7,0,3);setcolor(lightgreen);
    outtextxy(x+i,y,'P');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'R');i:=i+17;outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+15;
    outtextxy(x+i,y,'S');i:=i+15;outtextxy(x+i,y,'S');i:=i+28;outtextxy(x+i,y,'A');i:=i+16;
    outtextxy(x+i,y,'N');i:=i+20;outtextxy(x+i,y,'Y');i:=i+27;outtextxy(x+i,y,'K');i:=i+17;
    outtextxy(x+i,y,'E');i:=i+18;outtextxy(x+i,y,'Y');i:=i+16;outtextxy(x+i,y,'!');
    sound(600);delay(350);nosound;j:=x+220;
    size:=imagesize(x,y,j,y+50);getmem(block,size);getimage(x,y,j,y+50,block^);
    repeat
        setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);bar(x,y,j,y+50);delay(300);
        putimage(x,y,block^,normalput);sound(600);delay(400);nosound;
    until keypressed;
    x:=x+130;y:=y-60;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end; { End of Procedure Line7 }
```

```
begin { Main of Procedure Title }
```

```
textcolor(black);
```

```
Line1;
```

```
Line2;
```

```
Line3;
```

```
Line4;
```

```
Line5;
```

```
Line6;
```

```
Line7;
```

```
cleardevice;
```

```
end; { End of Procedure Title }
```

```
Procedure Menu;
```

```
var i,j,k: integer;
```

```
size : word;
```

```
block : pointer;
```

```
Procedure Window; { Creat the window }
```

```
begin
```

```
i:=70;j:=90;
```

```
setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+500,j+265);
```

```
setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+495,j+260);
```

```
setfillstyle(solidfill,black);bar(i+5,j+50,i+495,j+57);
```

```
setfillstyle(solidfill,white);bar(i,j+52,i+500,j+54);
```

```
end; { End of Procedure Window }
```

```
Procedure MenuList; { List of Menu }
```

```
begin
```

```
Window;
```

```
settextstyle(1,0,5);outtextxy(i+15,j-1,'Menu');settextstyle(8,0,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(i+130,j+80,'1. Creat New Data');outtextxy(i+130,j+120,'2. Modify Old Data');
    outtextxy(i+130,j+160,'3. Graphic Design');outtextxy(i+130,j+200,'4. Quit Program');
end; { End of Procedure MenuList }

```

```

Procedure MenuBar; { Creat the Menu's bar }

```

```

var   size   : word;
      block  : pointer;
      ch     : char;
begin
    size:=imagesize(10,50,500,80);getmem(block,size);
    getimage(10,50,500,80,block^);setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);
    MenuList;
    z:=171;
    putimage(75,z,block^,andput);
    outtextxy(i+130,j+80,'1. Creat New Data');
    ch:=readkey;
    while ch <> #13 do
    begin
        if ch = #0 then k:=ord(readkey);
        if k = 80 then
        begin
            z:=z+40;
            if z < 331 then
            begin
                MenuList;putimage(75,z,block^,andput);
                outtextxy(i+130,j+80,'1. Creat New Data');
                outtextxy(i+130,j+120,'2. Modify Old Data');
                outtextxy(i+130,j+160,'3. Graphic Design');
                outtextxy(i+130,j+200,'4. Quit Program');
            end
            else z:=291;
        end;
    end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if k = 72 then
begin
    z:=z-40;
    if z > 131 then
    begin
        MenuList;putimage(75,z,block^,andput);
        outtextxy(i+130,j+80,'1. Creat New Data');
        outtextxy(i+130,j+120,'2. Modify Old Data');
        outtextxy(i+130,j+160,'3. Graphic Design');
        outtextxy(i+130,j+200,'4. Quit Program');
    end
    else z:=171;
end;
ch:=readkey;
end;
end; { End of Procedure MenuBar }

begin { Main of Procedure Menu }
    setttextjustify(0,2);setcolor(white);
    textcolor(black);MenuBar;cleardevice;
end; { End of Procedure Menu }

Procedure WindowData; { Creat the window }
begin
    textcolor(lightcyan);
    for z:= 2 to 79 do
    begin
        gotoxy(z,1);write(chr(205));gotoxy(z,3);write(chr(205));
        gotoxy(z,22);write(chr(205));gotoxy(z,24);write(chr(205));
    end;
    for z:= 2 to 23 do
    begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        gotoxy(1,z);write(chr(186));gotoxy(80,z);write(chr(186));
    end;
    for z:= 4 to 21 do
    begin
        gotoxy(53,z);write(chr(186));
    end;
    gotoxy(1,1);write(chr(201));gotoxy(1,3);write(chr(204));gotoxy(1,22);write(chr(204));
    gotoxy(1,24);write(chr(200));gotoxy(53,3);write(chr(203));gotoxy(53,22);write(chr(202));
    gotoxy(80,1);write(chr(187));gotoxy(80,3);write(chr(185));gotoxy(80,22);write(chr(185));
    gotoxy(80,24);write(chr(188));textcolor(lightred);gotoxy(56,4);write('BD');
    gotoxy(56,5);write('BT');gotoxy(56,6);write('FD');gotoxy(56,7);write('KS');
    gotoxy(56,8);write('LAV');gotoxy(56,9);write('SD');gotoxy(56,10);write('SS');
    gotoxy(56,11);write('URA');gotoxy(56,12);write('URF');gotoxy(56,13);write('WCT');
    gotoxy(56,14);write('WCV');textcolor(white);gotoxy(60,4);write('Bidet');
    gotoxy(60,5);write('Bathtub');gotoxy(60,6);write('Floor Drain');
    gotoxy(60,7);write('Kitchen Sink');gotoxy(60,8);write('Lavatory');
    gotoxy(60,9);write('Shower Drain');gotoxy(60,10);write('Service Sink');
    gotoxy(60,11);write('Urinal(angle valve)');gotoxy(60,12);write('Urinal(flush valve)');
    gotoxy(60,13);write('Water Closet(tank)');gotoxy(60,14);write('Water Closet(valve)');
end; { End of Procedure WindowData }

```

Procedure Refresh; { Delete text on screen }

```

begin
    gotoxy(2,23);
    for z:= 2 to 79 do
    begin
        write(' ');
    end;
end; { End of Procedure Refresh }

```

Procedure NewData;

```

var    i , j , k : integer;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
size : word;  
block : pointer;
```

```
Procedure Window; { Creat the window }
```

```
begin
```

```
    i:=70;j:=90;  
    setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+500,j+265);  
    setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+495,j+260);  
    setfillstyle(solidfill,black);bar(i+5,j+50,i+495,j+57);  
    setfillstyle(solidfill,white);bar(i,j+52,i+500,j+54);
```

```
end; { End of Procedure Window }
```

```
Procedure NewDataList; { List of NewData }
```

```
begin
```

```
    Window;  
    settextstyle(1,0,5);outtextxy(i+15,j-1,'New Data');  
    settextstyle(8,0,2);outtextxy(i+130,j+120,'1. Creat New Data');  
    outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');
```

```
end; { End of Procedure NewDataList }
```

```
Procedure Writefile; { Creat New Data }
```

```
begin
```

```
    WindowData;  
    gotoxy(27,2);textcolor(white);  
    writeln('Enter Data For New File');  
    gotoxy(2,4);write('This data for section :');  
    gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);  
    write('*Enter the name of the section (it will be saved to file"s name)');  
    gotoxy(26,4);readln(filename);  
    assign(fp,filename);rewrite(fp);  
    textcolor(white);gotoxy(2,5);write('Section ');  
    textcolor(lightgreen);write(filename); textcolor(white);write(' have');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(26,5);write('fixture(s)');Refresh;textcolor(lightgreen);
gotoxy(2,23);write('*Enter a number of the fixture"s type in this section');
gotoxy(22,5);readln(j);
textcolor(white);
with data do
begin
    i:=0;k:=0;
    while i < j do
    begin
        gotoxy(2,7+i);textcolor(white);
        write('Fixture :   have   unit(s)');Refresh;
        gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);
        write('*Select the type of fixture that shown in right block');
        gotoxy(12,7+i);readln(fixture);Refresh;
        gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);
        write('*Enter a number(unit) of the fixture');
        gotoxy(23,7+i);readln(units);
        seek(fp,k);write(fp,data);
        i:=i+1;k:=k+1;
    end;
end;
close(fp);Refresh;
gotoxy(2,23);write('*Data will be saved to ');
textcolor(white);write(filename);textcolor(lightgreen);
repeat
    gotoxy(49,23);write('Press anykey to return to Menu');
    sound(600);delay(500);nosound;
    gotoxy(49,23);write('                ');delay(350);
until keypressed;
end; { End of Procedure Writefile }

```

Procedure NewDataBar; { Creat the NewData's bar }

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

var   size   : word;
      block  : pointer;
      ch     : char;
begin
    size:=imagesize(10,50,500,80);getmem(block,size);
    getimage(10,50,500,80,block^);setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);
    NewDataList;
    z:=211;
    putimage(75,z,block^,andput);outtextxy(i+130,j+120,'1. Creat New Data');
    ch:=readkey;
    while ch <> #13 do
    begin
        if ch = #0 then k:=ord(readkey);
        if k = 80 then
        begin
            z:=z+40;
            if z < 291 then
            begin
                NewDataList;
                putimage(75,z,block^,andput);
                outtextxy(i+130,j+120,'1. Creat New Data');
                outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');
            end
            else z:=251;
        end;
        if k = 72 then
        begin
            z:=z-40;
            if z > 171 then
            begin
                NewDataList;
                putimage(75,z,block^,andput);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outtextxy(i+130,j+120,'1. Creat New Data');
        outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');
    end
    else z:=211;
end;
ch:=readkey;
end;
if z = 211 then
begin
    closegraph;Writefile;clrscr;
    graphdriver:=detect;initgraph(graphdriver,graphmode,'c:\lang\tp7\bgi');
    z:=0;
end;
if z = 251 then z:=0;
end; { End of Procedure NewDataBar }

begin { Main of Procedure NewData }
    settxtjustify(0,2);setcolor(white);textcolor(black);
    NewDataBar;
    cleardevice;
end; { End of Procedure NewData }

Procedure OldData;
var    i , j , k : integer;
        size    : word;
        block   : pointer;
        BT,BD,FD,KS,SD,SS      : integer;
        LAV,URA,URF,WCT,WCV  : integer;

Procedure Window; { Creat the window }
begin
    i:=70;j:=90;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+500,j+265);
setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+495,j+260);
setfillstyle(solidfill,black);bar(i+5,j+50,i+495,j+57);
setfillstyle(solidfill,white);bar(i,j+52,i+500,j+54);
end; { End of Procedure Window }

```

Procedure OldDataList; { List of OldData }

```

begin
    Window;
    settextstyle(1,0,5);outtextxy(i+15,j-1,'Old Data');
    settextstyle(8,0,2);outtextxy(i+130,j+120,'1. Modify Old Data');
    outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');
end; { End of Procedure OldDataList }

```

Procedure Units; { Show units of fixture }

```

begin
    assign(fp,filename);reset(fp);
    i:=0;
    while not eof(fp) do
    begin
        read(fp,data);
        if (data.fixture='BD') or (data.fixture='bd') then
        begin
            gotoxy(54,4);writeln(' ');gotoxy(54,4);writeln(data.units);
            BD:=i;end
        else if (data.fixture='BT') or (data.fixture='bt') then
        begin
            gotoxy(54,5);writeln(' ');gotoxy(54,5);writeln(data.units);
            BT:=i;end
        else if (data.fixture='FD') or (data.fixture='fd') then
        begin
            gotoxy(54,6);writeln(' ');gotoxy(54,6);writeln(data.units);

```

```

    FD:=i;end

else if (data.fixture='KS') or (data.fixture='ks') then
begin
    gotoxy(54,7);writeln(' ');gotoxy(54,7);writeln(data.units);
    KS:=i;end

else if (data.fixture='LAV') or (data.fixture='lav') then
begin
    gotoxy(54,8);writeln(' ');gotoxy(54,8);writeln(data.units);
    LAV:=i;end

else if (data.fixture='SD') or (data.fixture='sd') then
begin
    gotoxy(54,9);writeln(' ');gotoxy(54,9);writeln(data.units);
    SD:=i;end

else if (data.fixture='SS') or (data.fixture='ss') then
begin
    gotoxy(54,10);writeln(' ');gotoxy(54,10);writeln(data.units);
    SS:=i;end

else if (data.fixture='URA') or (data.fixture='ura') then
begin
    gotoxy(54,11);writeln(' ');gotoxy(54,11);writeln(data.units);
    URA:=i;end

else if (data.fixture='URF') or (data.fixture='urf') then
begin
    gotoxy(54,12);writeln(' ');gotoxy(54,12);writeln(data.units);
    URF:=i;end

else if (data.fixture='WCT') or (data.fixture='wct') then
begin
    gotoxy(54,13);writeln(' ');gotoxy(54,13);writeln(data.units);
    WCT:=i;end

else if (data.fixture='WCV') or (data.fixture='wcv') then
begin
    gotoxy(54,14);writeln(' ');gotoxy(54,14);writeln(data.units);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        WCV:=i;

    end;

    i:=i+1;

end;

close(fp);

end;

```

Procedure Modify; { Modify old data }

begin

```

    WindowData;

    gotoxy(29,2);textcolor(white);writeln('Select Section to Modify');

    gotoxy(2,4);write('Modify in section :');

    gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);

    write('*Select the file's name (or the name of section)');

    gotoxy(22,4);readln(filename);textcolor(lightgreen);

    Units;textcolor(white);gotoxy(2,5);

    write('This section have    fixture(s) to modify');

    textcolor(lightgreen);Refresh;

    gotoxy(2,23);write('*Enter a number of the fixture that you need to change data');

    gotoxy(22,5);readln(j);

    assign(fp,filename);reset(fp);

    with data do

    begin

        i:=0;

        while i < j do

        begin

            gotoxy(2,7+i);textcolor(white);write('Fixture :    have    unit(s)');

            Refresh;gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);

            write('*Select the type of fixture that shown in right block');

            gotoxy(12,7+i);readln(fixture);

            if (fixture='BD') or (fixture='bd') then k:=BD

            else if (fixture='BT') or (fixture='bt') then k:=BT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if (fixture='FD') or (fixture='fd') then k:=FD
else if (fixture='KS') or (fixture='ks') then k:=KS
else if (fixture='LAV') or (fixture='lav') then k:=LAV
else if (fixture='SD') or (fixture='sd') then k:=SD
else if (fixture='SS') or (fixture='ss') then k:=SS
else if (fixture='URA') or (fixture='ura') then k:=URA
else if (fixture='URF') or (fixture='urf') then k:=URF
else if (fixture='WCT') or (fixture='wct') then k:=WCT
else if (fixture='WCV') or (fixture='wcv') then k:=WCV;
Refresh;gotoxy(2,23);textcolor(lightgreen);
write('*Enter a number(unit) of the fixture');
gotoxy(23,7+i);readln(units);seek(fp,k);write(fp,data);
i:=i+1;
end;
end;
close(fp);Units;Refresh;
gotoxy(2,23);write('*Data will be overwrite to ');
textcolor(white);write(filename);textcolor(lightgreen);
repeat
    gotoxy(49,23);write('Press anykey to return to Menu');
    sound(600);delay(500);nosound;
    gotoxy(49,23);write(' ');delay(350);
until keypressed;
end; { End of Procedure Modify }

ProcedureOldDataBar; { Creat theOldData's bar }
var    size    : word;
        block  : pointer;
        ch     : char;
begin
    size:=imagesize(10,50,500,80);getmem(block,size);
    getimage(10,50,500,80,block^);setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);
   OldDataList;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

z:=211;

putimage(75,z,block^,andput);outtextxy(i+130,j+120,'1. Modify Old Data');

ch:=readkey;

while ch <> #13 do
begin
    if ch = #0 then k:=ord(readkey);

    if k = 80 then
    begin
        z:=z+40;

        if z < 291 then
        begin
           OldDataList;

            putimage(75,z,block^,andput);

            outtextxy(i+130,j+120,'1. Modify Old Data');

            outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');

        end
        else z:=251;
    end;

    if k = 72 then
    begin
        z:=z-40;

        if z > 171 then
        begin
           OldDataList;

            putimage(75,z,block^,andput);

            outtextxy(i+130,j+120,'1. Modify Old Data');

            outtextxy(i+130,j+160,'2. Return To Menu');

        end
        else z:=211;
    end;

    ch:=readkey;

end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if z = 211 then
begin
    closegraph;Modify;clrscr;
    graphdriver:=detect;initgraph(graphdriver,graphmode,'c:\lang\tp7\bgi');
    z:=0;
end;
if z = 251 then z:=0;
end; { End of Procedure OldDataBar }

```

```

begin { Main of Procedure OldData }
    settxtjustify(0,2);setcolor(white);textcolor(black);
    OldDataBar;cleardevice;
end; { End of Procedure OldData }

```

Procedure Graphics;

```

var    i , j , k , l , m , n , r , s    : integer;
        size                          : word;
        block                         : pointer;

```

Procedure Window; { Creat the window }

```

begin
    i:=70;j:=90;
    setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+500,j+265);
    setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+495,j+260);
    setfillstyle(solidfill,black);bar(i+5,j+50,i+495,j+57);
    setfillstyle(solidfill,white);bar(i,j+52,i+500,j+54);
end; { End of Procedure Window }

```

Procedure GraphList; { List of Graphics }

```

begin
    Window;
    settxtstyle(1,0,5);outtextxy(i+15,j-1,'Graphic');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

settextstyle(8,0,2);outtextxy(i+120,j+120,'1. View The Graphic');
outtextxy(i+120,j+160,'2. Return To Menu');
end; { End of Procedure GraphList }

```

Procedure SoilWaste; { Draw Soil and Waste Pipes }

```

begin
    reset(fp);
    m:=0;n:=0;
    while not eof(fp) do
    begin
        read(fp,data);
        if (data.fixture='BD') or (data.fixture='bd') then
            for z:= 1 to data.units do
                n:=n+1
        else if (data.fixture='BT') or (data.fixture='bt') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
        else if (data.fixture='FD') or (data.fixture='fd') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
        else if (data.fixture='KS') or (data.fixture='ks') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
        else if (data.fixture='LAV') or (data.fixture='lav') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
        else if (data.fixture='SD') or (data.fixture='sd') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
        else if (data.fixture='SS') or (data.fixture='ss') then
            for z:= 1 to data.units do
                m:=m+1
    end
end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

else if (data.fixture='URA') or (data.fixture='ura') then
    for z:= 1 to data.units do
        n:=n+1
    else if (data.fixture='URF') or (data.fixture='urf') then
        for z:= 1 to data.units do
            n:=n+1
        else if (data.fixture='WCT') or (data.fixture='wct') then
            for z:= 1 to data.units do
                n:=n+1
            else if (data.fixture='WCV') or (data.fixture='wcv') then
                for z:= 1 to data.units do
                    n:=n+1
                end;
            i:=0;j:=30;
            if m < n then m:=n;
            k:=x-m*25;l:=y+m*20;
            setlinestyle(solidln,white,3);
            line(k,l-j,k,l+j);
            outtextxy(k-32,l+j-10,'WASTE');
            line(k-10,l-j-50,k-10,l+j-50);
            outtextxy(k-35,l+j-60,'SOIL');
        end; { End of Procedure Soil&Waste }

```

Procedure Waste; { Select the Diameter of Waste Branch }

begin

```

if s <= 1 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'30')
else if s <= 3 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'40')
else if s <= 6 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'50')
else if s <= 12 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'65')
else if s <= 20 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'80')
else if s <= 160 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'100')
else if s <= 360 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'125')

```

```

    else if s <= 620 then outtextxy(k+i+30,l-j+15,'150');
end; { End of Procedure Waste }

```

Procedure Soil; { Select the Diameter of Soil Branch }

begin

```

    if s <= 1 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'30')
    else if s <= 3 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'40')
    else if s <= 6 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'50')
    else if s <= 12 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'65')
    else if s <= 20 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'80')
    else if s <= 160 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'100')
    else if s <= 360 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'125')
    else if s <= 620 then outtextxy(k+i+20,l-j-35,'150');

```

end; { End of Procedure Soil }

Procedure ViewBD; { View the Graphics of Bidet }

begin

```

    line(k+i-10,l-j-20,k+i+40,l-j-50);line(k+i+40,l-j-50,k+i-10,l-j-100);
    line(k+i-10,l-j-100,k+i-10,l-j-110);setlinestyle(solidln,white,1);
    line(k+i-17,l-j-115,k+i-3,l-j-105);line(k+i-17,l-j-105,k+i-3,l-j-115);
    setlinestyle(solidln,white,3);outtextxy(k+i-15,l-j-129,'BD');

```

end; { End of Procedure ViewBD }

Procedure ViewBT; { View the Graphics of Bathtub }

begin

```

    line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);
    line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);
    line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);
    ellipse(k+i+115,l-j+50,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);
    outtextxy(k+i+128,l-j+43,'BT');

```

end; { End of Procedure ViewBT }

Procedure ViewFD; { View the Graphics of Floor Drain }

begin

```
line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);  
line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);  
line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);  
line(k+i+115,l-j+55,k+i+105,l-j+48);line(k+i+115,l-j+55,k+i+125,l-j+48);  
line(k+i+105,l-j+48,k+i+115,l-j+41);line(k+i+125,l-j+48,k+i+115,l-j+41);  
ellipse(k+i+115,l-j+48,0,360,5,5);setlinestyle(solidln,white,3);  
outtextxy(k+i+130,l-j+42,'FD');
```

end; { End of Procedure ViewFD }

Procedure ViewKS; { View the Graphics of Kitchen Sink }

begin

```
line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);  
line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);  
line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);  
ellipse(k+i+115,l-j+50,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);  
outtextxy(k+i+128,l-j+43,'KS');
```

end; { End of Procedure ViewKS }

Procedure ViewLAV; { View the Graphics of Lavatory }

begin

```
line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);  
line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);  
line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);  
ellipse(k+i+115,l-j+50,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);  
outtextxy(k+i+128,l-j+43,'LAV');
```

end; { End of Procedure ViewLAV }

Procedure ViewSD; { View the Graphics of Shower Drain }

begin

```
line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);
line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);
line(k+i+115,l-j+55,k+i+105,l-j+48);line(k+i+115,l-j+55,k+i+125,l-j+48);
line(k+i+105,l-j+48,k+i+115,l-j+41);line(k+i+125,l-j+48,k+i+115,l-j+41);
ellipse(k+i+115,l-j+48,0,360,5,5);setlinestyle(solidln,white,3);
outtextxy(k+i+130,l-j+42,'SD');
end; { End of Procedure ViewSD }

```

Procedure ViewSS; { View the Graphics of Service Sink }

```

begin
line(k+i,l-j+30,k+i+50,l-j);line(k+i+50,l-j,k+i+100,l-j+50);
line(k+i+100,l-j+50,k+i+100,l-j+60);line(k+i+100,l-j+60,k+i+115,l-j+75);
line(k+i+115,l-j+75,k+i+115,l-j+55);setlinestyle(solidln,white,1);
ellipse(k+i+115,l-j+50,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);
outtextxy(k+i+128,l-j+43,'SS');
end; { End of Procedure ViewSS }

```

Procedure ViewURA; { View the Graphics of Urinal(angle valve) }

```

begin
line(k+i-10,l-j-20,k+i+40,l-j-50);line(k+i+40,l-j-50,k+i-10,l-j-100);
line(k+i-10,l-j-100,k+i-10,l-j-85);line(k+i-10,l-j-85,k+i-20,l-j-95);
line(k+i-20,l-j-95,k+i-20,l-j-110);setlinestyle(solidln,white,1);
ellipse(k+i-20,l-j-115,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);
outtextxy(k+i-28,l-j-134,'URA');
end; { End of Procedure ViewURA }

```

Procedure ViewURF; { View the Graphics of Urinal(flush valve) }

```

begin
line(k+i-10,l-j-20,k+i+40,l-j-50);line(k+i+40,l-j-50,k+i-10,l-j-100);
line(k+i-10,l-j-100,k+i-10,l-j-85);line(k+i-10,l-j-85,k+i-20,l-j-95);
line(k+i-20,l-j-95,k+i-20,l-j-110);setlinestyle(solidln,white,1);
ellipse(k+i-20,l-j-115,0,360,8,5);setlinestyle(solidln,white,3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    outtextxy(k+i-28,l-j-134,'URF');
end; { End of Procedure ViewURF }

```

```

Procedure ViewWCT; { View the Graphics of Water Closet(tank) }
begin
    line(k+i-10,l-j-20,k+i+40,l-j-50);line(k+i+40,l-j-50,k+i-10,l-j-100);
    line(k+i-10,l-j-100,k+i-10,l-j-110);setlinestyle(solidln,white,1);
    line(k+i-17,l-j-115,k+i-3,l-j-105);line(k+i-17,l-j-105,k+i-3,l-j-115);
    setlinestyle(solidln,white,3);outtextxy(k+i-18,l-j-130,'WCT');
end; { End of Procedure ViewWCT }

```

```

Procedure ViewWCV; { View the Graphics of Water Closet(valve) }
begin
    line(k+i-10,l-j-20,k+i+40,l-j-50);line(k+i+40,l-j-50,k+i-10,l-j-100);
    line(k+i-10,l-j-100,k+i-10,l-j-110);setlinestyle(solidln,white,1);
    line(k+i-17,l-j-115,k+i-3,l-j-105);line(k+i-17,l-j-105,k+i-3,l-j-115);
    setlinestyle(solidln,white,3);outtextxy(k+i-18,l-j-130,'WCV');
end; { End of Procedure ViewWCV }

```

```

Procedure DrawWaste; { Draw the Waste's Branch }
begin
    reset(fp);n:=0;
    while not eof(fp) do
    begin
        read(fp,data);
        n:=n+1;
    end;
    r:=n;s:=0;
    repeat
        r:=r-1;reset(fp);seek(fp,r);read(fp,data);
        if (data.fixture='BT') or (data.fixture='bt') then
            for z:= 1 to data.units do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    ViewBT;i:=i+50;j:=j+30;
end
else if (data.fixture='FD') or (data.fixture='fd') then
    for z:= 1 to data.units do
        begin
            ViewFD;i:=i+50;j:=j+30;
        .end
    else if (data.fixture='KS') or (data.fixture='ks') then
        for z:= 1 to data.units do
            begin
                ViewKS;i:=i+50;j:=j+30;
            end
        else if (data.fixture='LAV') or (data.fixture='lav') then
            for z:= 1 to data.units do
                begin
                    ViewLAV;i:=i+50;j:=j+30;
                end
            else if (data.fixture='SD') or (data.fixture='sd') then
                for z:= 1 to data.units do
                    begin
                        ViewSD;i:=i+50;j:=j+30;
                    end
                else if (data.fixture='SS') or (data.fixture='ss') then
                    for z:= 1 to data.units do
                        begin
                            ViewSS;i:=i+50;j:=j+30;
                        end
                    until r<=0;
                    i:=i-50;j:=j-30;s:=0;
                    reset(fp);
                    while not eof(fp) do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    read(fp,data);
    if (data.fixture='BT') or (data.fixture='bt') then
        for z:= 1 to data.units do
            begin
                s:=s+3;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
            end
        else if (data.fixture='FD') or (data.fixture='fd') then
            for z:= 1 to data.units do
                begin
                    s:=s+1;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
                end
            else if (data.fixture='KS') or (data.fixture='ks') then
                for z:= 1 to data.units do
                    begin
                        s:=s+2;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
                    end
                else if (data.fixture='LAV') or (data.fixture='lav') then
                    for z:= 1 to data.units do
                        begin
                            s:=s+2;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
                        end
                    else if (data.fixture='SD') or (data.fixture='sd') then
                        for z:= 1 to data.units do
                            begin
                                s:=s+2;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
                            end
                        else if (data.fixture='SS') or (data.fixture='ss') then
                            for z:= 1 to data.units do
                                begin
                                    s:=s+3;Waste;i:=i-50;j:=j-30;
                                end

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;

end; { End of Procedure DrawWaste }

```

Procedure DrawSoil; { Draw the Soil's Branch }

```

begin

```

```

    i:=0;j:=30;r:=n;s:=0;

```

```

    repeat

```

```

        r:=r-1;reset(fp);seek(fp,r);read(fp,data);

```

```

        if (data.fixture='BD') or (data.fixture='bd') then

```

```

            for z:= 1 to data.units do

```

```

                begin

```

```

                    ViewBD;i:=i+50;j:=j+30;

```

```

                end

```

```

        else if (data.fixture='URA') or (data.fixture='ura') then

```

```

            for z:= 1 to data.units do

```

```

                begin

```

```

                    ViewURA;i:=i+50;j:=j+30;

```

```

                end

```

```

        else if (data.fixture='URF') or (data.fixture='urf') then

```

```

            for z:= 1 to data.units do

```

```

                begin

```

```

                    ViewURF;i:=i+50;j:=j+30;

```

```

                end

```

```

        else if (data.fixture='WCT') or (data.fixture='wct') then

```

```

            for z:= 1 to data.units do

```

```

                begin

```

```

                    ViewWCT;i:=i+50;j:=j+30;

```

```

                end

```

```

        else if (data.fixture='WCV') or (data.fixture='wcv') then

```

```

            for z:= 1 to data.units do

```

```

                begin

```

```

                    ViewWCV;i:=i+50;j:=j+30;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        end
until r<=0;
i:=i-50;j:=j-30;s:=0;reset(fp);
while not eof(fp) do
begin
    read(fp,data);
    if (data.fixture='BD') or (data.fixture='bd') then
        for z:= 1 to data.units do
            begin
                s:=s+3;Soil;i:=i-50;j:=j-30;
            end
        else if (data.fixture='URA') or (data.fixture='ura') then
            for z:= 1 to data.units do
                begin
                    s:=s+4;Soil;i:=i-50;j:=j-30;
                end
            else if (data.fixture='URF') or (data.fixture='urf') then
                for z:= 1 to data.units do
                    begin
                        s:=s+8;Soil;i:=i-50;j:=j-30;
                    end
                else if (data.fixture='WCT') or (data.fixture='wct') then
                    for z:= 1 to data.units do
                        begin
                            s:=s+160;Soil;i:=i-50;j:=j-30;
                        end
                    else if (data.fixture='WCV') or (data.fixture='wcv') then
                        for z:= 1 to data.units do
                            begin
                                s:=s+160;Soil;i:=i-50;j:=j-30;
                            end
                        end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end; { End of Procedure DrawSoil }
```

```
Procedure View; { View the Graphics of Fixture }
```

```
begin
```

```
    i:=0;j:=0;
```

```
    setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+639,j+479);
```

```
    setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+634,j+474);
```

```
    settxtstyle(2,0,4);outtextxy(418,440,'Department of Mechanical Engineering');
```

```
    outtextxy(345,455,'King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang');
```

```
    assign(fp,filename);SoilWaste;DrawWaste;DrawSoil;close(fp);
```

```
    outtextxy(20,20,'PRESS ANYKEY TO RETURN MAIN MENU');
```

```
    delay(800);size:=imagesize(10,20,220,30);
```

```
    getmem(block,size);getimage(10,20,220,30,block^);
```

```
    repeat
```

```
        setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(10,20,220,30);delay(300);
```

```
        putimage(10,20,block^,normalput);delay(600);
```

```
    until keypressed;
```

```
end; { End of Procedure View }
```

```
Procedure GraphBar; { Creat the Graphics's bar }
```

```
var    size    : word;
```

```
        block  : pointer;
```

```
        ch     : char;
```

```
begin
```

```
    size:=imagesize(10,50,500,80);getmem(block,size);getimage(10,50,500,80,block^);
```

```
    setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);GraphList;
```

```
    z:=211;
```

```
    putimage(75,z,block^,andput);outtextxy(i+120,j+120,'1. View The Graphic');
```

```
    ch:=readkey;
```

```
    while ch <> #13 do
```

```
        begin
```

```
            if ch = #0 then k:=ord(readkey);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if k = 80 then
begin
    z:=z+40;
    if z < 291 then
    begin
        GraphList;putimage(75,z,block^,andput);
        outtextxy(i+120,j+120,'1. View The Graphic');
        outtextxy(i+120,j+160,'2. Return To Menu');
    end
    else z:=251;
end;
if k = 72 then
begin
    z:=z-40;
    if z > 171 then
    begin
        GraphList;putimage(75,z,block^,andput);
        outtextxy(i+120,j+120,'1. View The Graphic');
        outtextxy(i+120,j+160,'2. Return To Menu');
    end
    else z:=211;
end;
ch:=readkey;
end;
if z = 211 then
begin
    View;z:=0;
end;
if z = 251 then z:=0;
end; { End of Procedure GraphBar }

```

```

begin { Main of Procedure Graphics }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

settextjustify(0,2);setcolor(white);

textcolor(black);GraphBar;

cleardevice;

end; { End of Procedure Graphics }

```

Procedure Quit;

```

var   i , j , k   : integer;

      size        : word;

      block       : pointer;

```

Procedure Window; { Creat the window }

begin

```

i:=70;j:=90;

setlinestyle(solidln,white,3);rectangle(i,j,i+500,j+265);

setfillstyle(solidfill,lightblue);bar(i+5,j+5,i+495,j+260);

setfillstyle(solidfill,black);bar(i+5,j+50,i+495,j+57);

setfillstyle(solidfill,white);bar(i,j+52,i+500,j+54);

```

end; { End of Procedure Window }

Procedure QuitList; { List of Quit }

begin

```

Window;settextstyle(1,0,5);outtextxy(i+15,j-1,'Quit');

settextstyle(8,0,2);outtextxy(i+120,j+120,'Yes, Quit Program');

outtextxy(i+120,j+160,'No , Return To Menu');

```

end; { End of Procedure QuitList }

Procedure QuitBar; { Creat the Quit's bar }

```

var   size   : word;

      block  : pointer;

      ch     : char;

```

begin

```

size:=imagesize(10,50,500,80);getmem(block,size);

getimage(10,50,500,80,block^);setfillstyle(emptyfill,getbkcolor);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

QuitList;z:=251;putimage(75,z,block^,andput);
outtextxy(i+120,j+160,'No , Return To Menu');ch:=readkey;
while ch <> #13 do
begin
    if ch = #0 then k:=ord(readkey);
    if k = 80 then
    begin
        z:=z+40;
        if z < 291 then
        begin
            QuitList;putimage(75,z,block^,andput);
            outtextxy(i+120,j+120,'Yes, Quit Program');
            outtextxy(i+120,j+160,'No , Return To Menu');
        end
        else z:=251;
    end;
    if k = 72 then
    begin
        z:=z-40;
        if z > 171 then
        begin
            QuitList;putimage(75,z,block^,andput);
            outtextxy(i+120,j+120,'Yes, Quit Program');
            outtextxy(i+120,j+160,'No , Return To Menu');
        end
        else z:=211;
    end;
    ch:=readkey;
end;
if z = 211 then z:=300;
if z = 251 then z:=0;
end; { End of Procedure QuitBar }

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin { Main of Procedure Quit }
    setttextjustify(0,2);setcolor(white);
    textcolor(black);QuitBar;
    cleardevice;
end; { End of Procedure Quit }

```

```

begin { Main }
    clrscr;
    graphdriver:=detect;
    initgraph(graphdriver,graphmode,'c:\lang\tp7\bgi');
    x:=getmaxx div 2;
    y:=getmaxy div 2;
    Title;
    z:=0;
    WST:=0;
    SST:=0;
    repeat
        if z = 0 then Menu;
        if z = 171 then NewData;
        if z = 211 thenOldData;
        if z = 251 then Graphics;
        if z = 291 then Quit;
    until z = 300;
    closegraph;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ มณฑล ใจกุลส สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือจน
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณ คุณ อภิศักดิ์ ธรรมรักษ์ สำหรับคำแนะนำในการใช้ข้อมูลต่างๆ ใน
การออกแบบระบบที่อธิบายอย่างถูกต้อง

ขอขอบพระคุณ คุณ ชุติต อินทชาติ ที่ได้ให้ข้อมูลการออกแบบระบบที่อธิบายไว้ใน
อาคารสำหรับใช้เปรียบเทียบกับผลที่คำนวณได้จากโปรแกรม

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ภาควิชาคอมพิวเตอร์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. มงคล อัสวโกวิทกรณ์, การเขียนโปรแกรมกราฟิก, บริษัท ดวงกมลสมัย จำกัด, กรุงเทพฯ 2534
2. วรสิทธิ์ อึ้งภากรณ์, การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ 2538
3. Blenderman, L., Design of Plumbing and Drainage Systems, Industrial Press Inc., 1963
4. Manas, V.T., National Plumbing Code Handbook, McGraw - Hill.
5. Ripka, L.V., Plumbing Installation and Design, American Technical Society, 1978
6. Hall, F., Design calculations for plumbing and heating engineers, Longman Scientific & Technical, 1988

