ระบบบริการในระบบขนส่งมวลชนรถไฟฟ้าใต้ดิน

SERVICE SYSTEMS IN SUBWAY

นายธรรมรัตน์ นิมิตร
นายสุทธิชัย เฉลิมพิชัย

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
สถาบันเทคโนยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
034765

SERVICE SYSTEMS IN SUBWAY

MR. THAMMARAT NIMIT
MR. SUTTICHAI CHALERMPICHAI

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1995

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ ระบบบริการในระบบขนส่งมวลชนรถไฟฟ้าใต้ดิน

นักศึกษา นายธรรมรัตน์ นิมิตร รหัสประจำตัว 34103144

นายสุทธิชัย เฉลิมพิชัย รหัสประจำตัว 34108430

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ 12 มิ.ย. 2538

อาจารย์ สมชาย สำลีรางค์กูล

อาจารย์ ศรีกริช หิรัญมาศ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ. วิบูลย์ วุฒิญาณ	12 มิ.ย. 2538
อ. สมชาย สำลีรางค์กูล	
อ. ศรีกริช หิรัญมาศ	

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายอำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ	ระบบบริการในระบบขนส่งมวลชนรถไฟฟ้าใต้ดิน
นักศึกษา	นายธรรมรัตน์ นิมิตร
	นายสุทธิชัย เฉลิมพิชัย
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ
	อาจารย์ สมชาย สำลีรางค์กูล
	อาจารย์ ศรีกริช หิรัญมาศ
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2537

บทคัดย่อ

ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น นอกจากเรื่องของการก่อสร้างอุโมงค์ และสถานีใต้ดินแล้ว เรื่องงานระบบต่างๆก็นับเป็นเรื่องจำเป็นมากเช่นกันในอุโมงค์หรือสถานีใต้ดิน เพราะช่วยให้คนสามารถอยู่ได้อย่างปลอดภัย และช่วยให้ความสะดวกในด้านต่างๆได้แก่ ระบบระบายอากาศจะช่วยนำอากาศดีเข้าสู่สถานีใต้ดินและในตัวอุโมงค์ ไม่รู้สึกอึดอัด ระบบปรับอากาศ ช่วยให้คนรู้สึกสบายเมื่ออยู่ใต้ดิน โดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ให้เหมาะสม ระบบไฟฟ้า ระบบจ่ายน้ำ ระบบระบายน้ำ ระบบป้องกันไฟและดับเพลิง ระบบขนส่งผู้โดยสารที่สถานีและระบบอื่นๆ อีก โดยในหนังสือเล่มนี้ ได้อธิบายถึงหลักการทำงานของระบบดังกล่าวข้างต้นและแบ่งประเภทของงานแต่ละระบบให้ผู้อ่านได้เข้าใจ

Abstract

In subway system, difference from construction method there are various systems that essential for safety and convenience for passenger in underground level. Ventilation system is the process of changing air in underground station and tunnel. Air conditioning system controls within predetermined limits the temperature, relative humidity, clean-up and movement of air in the underground station and there are power supply system, water supply system, drainage system, fire protection and fire extinction, passenger transportation in the station and other systems. This book has been described the theory of above systems and classified the types of method in each system.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้ คุณความดีขอมอบให้แก่บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์ตลอดจนแนะนำในด้านต่างๆ ต่อผู้จัดทำ ดังนี้

อาจารย์ วิบูลย์ วุฒิญาณ

อาจารย์ สมชาย สำลีรางค์กูล

- อาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำชี้แนะในการค้นคว้า

คุณสุทักษ์ วิชญสกุลวงศ์ บริษัทคริสเตียรีและนีลเส็น(ไทย)จำกัด

MR. Lloyd Read-Brain บริษัทไมนฮาร์ท (ประเทศไทย) จำกัด

คุณอนันต์ ตาราไตยและคุณนัฏยา ตลอดจนวิศวกรในแต่ละฝ่าย บริษัท Environmental Engineering Consultant จำกัด

Prof. Dr. Felix E.H. Haser สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

- ขอบคุณมากสำหรับท่านผู้นี้ถ้าไม่ได้ท่านโครงงานพิเศษฉบับนี้จะไม่มีทางสำเร็จเลย

คุณปัญจะ คุณบุษกร อยู่สุข คุณพัฒพงษ์ องค์การรถไฟฟ้ามหานคร

คุณวิโรจน์ และพี่ๆ สำนักเลขานุการคณะกรรมการจัดระบบการขนส่งขนาดใหญ่

- ผู้ให้ข้อมูลและคำแนะนำในการค้นคว้า

คุณยอดพล จุ้งค์, คุณธาตรี นวลฉวี, คุณปนัดดา กสิกิจวิวัฒน์, ที่ช่วยทำ...และน้องทิวาภรณ์ ขวัญเรือง รวมทั้งน้องพนิดา ที่ให้กำลังใจ.. อย่างขาดมิได้ ตลอดจน พี่ เพื่อนพี่ รุ่นพี่ เพื่อนๆที่ไม่ได้กล่าวชื่อไว้ และรุ่นน้องที่น่ารักทุกคนที่ให้คำแนะนำตลอดจนช่วยเหลือในด้านต่างๆ และที่ขาดเสียมิได้ คือ บุพการี ผู้ให้ความช่วยเหลือในด้านการเงินและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

ผู้จัดทำ

นายธรรมรัตน์ นิมิตร

นายสุทธิชัย เฉลิมพิชัย

19 พ.ค. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ I

กิตติกรรมประกาศ II

สารบัญ III

สารบัญตาราง VIII

สารบัญรูป IX

บทที่

1. บทนำ

1) ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

2) วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ 1

3) ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ 1

4) ขอบเขตของโครงงานพิเศษ 2

5) วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ 2

6) ผลที่คาดว่าจะได้รับ 2

2. ระบบปรับอากาศ

1) การปรับอากาศต้องควบคุมสิ่งต่อไปนี้ 4

2) ระบบปรับอากาศสำหรับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 5

2.1 ระบบศูนย์กลาง 5

2.2 ส่วนประกอบต่างๆของระบบศูนย์กลาง 6

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบและ
การติดตั้งของระบบศูนย์กลาง 10

2.4 ระบบน้ำและอากาศ 10

2.5 วิธีการต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้ากับระบบ 11

2.6 อุปกรณ์ปลายทางของระบบท่อน้ำและ
อากาศปรับอากาศ 14

2.7 อุณหภูมิน้ำในระบบ 19

2.8 วิธีออกแบบระบบ 21

2.9 รายละเอียดและวัสดุที่ใช้ทำท่อ 21

2.10 ข้อต่อและวิธีการต่อท่อเหล็กกล้า 24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.12 การสร้างท่อลม 28

2.13 ฉนวนท่อลม 29

2.14 วาลว์ 30

2.15 ปั๊ม 32

3. ระบบระบายอากาศ

1) ระบบระบายอากาศ

1.1 ระบบระบายอากาศNatural Ventilation 38

1.2 ระบบระบายอากาศMechanical Ventilation 39

2) Mechanical Ventilation ในตัวอุโมงค์ 40

2.1 Primary Ventilation 40

2.2 Secondary Ventilation 40

3) ระบบระบายอากาศระหว่างการก่อสร้าง 42

3.1 Blowing Method 45

3.2 Exhausting Method 46

3.3 ทั้งสองวิธีข้างต้นรวมกัน 46

4) อุปกรณ์ระบบระบายอากาศ 48

4.1 พัดลม 48

4.2 อุปกรณ์กระจายอากาศ 52

4.3 อุปกรณ์ท่อความสะอาด(กรองอากาศ) 60

5) กรณีระบบระบายอากาศของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ 64

4 Water Supply

1) ความดันที่ช่วยในการส่งน้ำจากแหล่งเก็บน้ำ 67

2) วัสดุท่อประปาในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 69

2.1 ท่อเหล็กหล่อ 73

2.2 ท่อเหล็กอาบสังกะสี 74

2.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน 75

2.4 ท่อซีเมนต์ 82

2.5 ท่อดินเผา 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 ท่อทองแดง 82

2.7 ท่อทองเหลือง 83

3) ความต้องการน้ำต่อวันของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 83

4). ขั้นตอนในการหาขนาดท่อประปาอย่างคร่าวๆ 83

5. ระบบระบายน้ำ

1) การระบายน้ำในตัวสถานี 86

1.1 ชนิดน้ำทิ้ง 86

1.2 ประเภทของระบบระบายน้ำ 86

1.3 ส่วนประกอบระบบระบายน้ำแบบใช้เครื่องสูบน้ำ 88

1.4 หลักการออกแบบระบบท่อระบาย 99

2) การระบายน้ำในตัวอุโมงค์ 101

3). การบำบัดน้ำทิ้ง 108

4). ตัวอย่างระบบระบายน้ำที่อุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ 109

6. Power Supply

1). ระบบไฟฟ้าหลัก 111

2). ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือสำรอง 113

3). เทคนิคการให้แสงสว่าง 113

3.1 ชนิดการกระจายแสงดวงโคม 113

3.2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง 114

7 ระบบป้องกันไฟ

1). บทนำ 123

2). ระบบสัญญาณเตือนไฟ 124

2.1 อุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติ 124

2.2 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ 127

2.3 ชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์ 127

2.4 ชุดกระดิ่งหรือไซเรน 128

2.5 ชุดควบคุม 128

3). ระบบดับเพลิง 129

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1 ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ 129
3.2 ระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอย 135
3.3 ระบบดับเพลิงชนิดพ่นน้ำเป็นฝอย 145
3.4 ระบบดับเพลิงฮาล่อน 1301 147
3.5 เครื่องดับเพลิงประเภทมือถือ 153
4). ระบบระบายควันและป้องกันไฟลาม 155
4.1 รายละเอียดทางออกฉุกเฉิน 156
8. ระบบขนส่ง
1). ลิฟท์ 158
1.1 ลิฟต์แบ่งออกได้ตามการใช้งาน 158
1.2 อุปกรณ์ประกอบสำคัญของลิฟต์โดยสาร 159
1.3 ลิฟต์ระบบ Oil - Hydrulic 161
2). บันไดเลื่อน 163
2.1 การเลือกตำแหน่งบันไดเลื่อน 165
2.2 การวางบันไดเลื่อน 166
2.3 วิธีการวางบันไดเลื่อน 166
2.4 ขนาดและความสะอาดในการขนส่ง
และความเร็วของบันไดเลื่อน 166
2.5 อัตราการบรรทุก 168
2.6 การเลือกบันไดเลื่อน 168
2.7 หลักการทำงานของบันไดเลื่อน 169
2.8 วิธีการทำงานของบันไดเลื่อน 170
2.9 ระบบความปลอดภัย 170
9. ระบบอื่นๆ
1). ระบบขายตั๋ว 172
2). ระบบสื่อสาร 178
3). ระบบ SCDA 181

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

10. กรณีกรุงเทพฯ
1). แนวเส้นทาง....185
2). ข้อจำกัดในการออกแบบงานระบบของกลุ่มผู้จัดทำในกรณีกรุงเทพฯ....185
3). งานระบบสำหรับกรณีรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพฯ....186
11. สรุป
1). สรุปเนื้อหา....192
2) ข้อเสนอแนะ....196
ภาคผนวก....197
บรรณานุกรม....223

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 รายการรายละเอียดของท่อเหล็กกล้า 23
2.2 รายการรายละเอียดของท่อทองแดง 25
3.1 แสดงจำนวนความร้อนที่เกิดขึ้นในอุโมงในตัวเมือง 43
4.1 อัตราการไหลและความดันสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์ 69
4.2 แสดงขนาดของท่อเหล็กอาบสังกะสีตามมาตรฐาน มอก. 76
4.3 แสดงระยะขนาดต่างๆของข้อต่อท่อเหล็กอาบสังกะสีชนิดต่างๆ 77
4.4 ชนิดของข้อต่อเหล็กอาบสังกะสี 78
4.5 แสดงขนาดน้ำหนักและข้อต่อของท่อซีเมนต์ใยหินตราช้าง 81
6.1 แสดงการแบ่งชนิดการกระจายแสงดวงโคม 115
7.1 ค่า K สำหรับหัวฉีดขนาดต่างๆ 142
7.2 ขนาดท่อเหล็กสำหรับหัวฉีด : NFPA 13 144
7.3 การกำหนดระยะหัวฉีด 145
7.4 ปริมาณฮาล่อน 1301 ที่ใช้ออกแบบคิดเป็น %: NFPA 12A 150
8.1 แสดงอัตราเร็วและอัตราบรรทุกของบันไดเลื่อน 166

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ห้องเครื่องสำหรับระบบปรับอากาศศูนย์กลางขนาดใหญ่ 7
2.2 แผนภาพแสดงระบบการปรับอากาศ 8
2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการปรับอากาศ 9
2.4 วิธีสองท่อกลับตรง 12
2.5 วิธีสองท่อกลับย้อน 13
2.6 ระบบสามท่อ 14
2.7 คอนเว็คเตอร์ 15
2.8 เรดิเอชั่นชนิดท่อติดครีบ 16
2.9 ยูนิทฮีทเตอร์แบบใบพัดแฉก 17
2.10 ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้ชนิดตั้งพื้น 17
2.11 แฟน-คอยล์ยูนิท 18
2.12 อินด้กชั่นยูนิท 19
2.13 ตัวอย่างท่องอของท่อลม 26
2.14 ฉนวนหุ้มท่อชนิดหุ้มวัสดุกันความชื้น 27
2.15 ข้อต่อท่อแยกแบบที่มีความดันสูญเสียต่ำ 29
2.16 ความลาดชันของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่แนะนำ 29
2.17 ข้องอมุมฉากซึ่งติดใบแบ่งของไหล 30
2.18 ฉนวนหุ้มท่อลม 31
2.19 วาล์วประตู 31
2.20 วาล์วลิ้นกลม 32
2.21 วาล์วกันกลับ 33
2.22 ปั๊มชนิดเซ็นตริฟูกอล 34
2.23 ตัวอย่างเคอฟ่ลักษณะสมรรถนะของปั๊มเซ็นตริฟูกอล 34
2.24 ลักษณะเฮดของปั๊มที่ซันและแบน 36
3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นCOกับ
เวลาสูบดมที่มีผลต่อมนุษย์ 41
3.2 แสดงการระบายอากาศในอุโมงค์ 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.3 แสดงวิธีการระบายอากาศแบบ Exhausting 46
3.4 แสดงระบบการระบายอากาศ 47
3.5 ชนิดพัดลมแอ็กเซียล 48
3.6 ชนิดซี่ใบพัดของพัดลมเซ็นตริฟูกอล 49
3.7 ตัวอย่างลักษณะสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้า 50
3.8 ตัวอย่างลักษณะสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหลัง 51
3.9 เคอฟสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดเอียงหลัง 52
3.10 อธิบายคำศัพท์ที่ใช้ระบายอากาศ 53
3.11 การติดตั้งหัวจ่ายลมที่ด้านบนผนัง 54
3.12 ตำแหน่งหัวจ่ายลมเย็นที่เพดานจะให้การกระจายอากาศที่ดี 55
3.13 ผลของการส่งลมกระทบสิ่งกีดขวางที่เพดาน 55
3.14 ตะแกรงจ่ายลมปรับปริมาตรลมชนิดเบนสองทาง 57
3.15 หัวจ่ายลมเพดาน 57
3.16 หัวจ่ายลมเพดานชนิดจ่ายลม 1,2,และ 3 ทาง 58
3.17 หัวจ่ายลมแนวยาว 58
3.18 วิธีกำจัดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ 61
3.19 กรองอากาศชนิดกระทบหนืดแบบใช้แล้วโยนทิ้ง 63
3.20 กรองอากาศชนิดแห้งประสิทธิภาพสูง 64
3.21 เครื่องทำความสะอาดอากาศอีเล็คทรอนิค 65
3.22 แสดงระบบระบายอากาศของอุโมงค์ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ 65
3.23 แสดงลักษณะของRunning Tunnels, Service Tunnels, Crosspassage ของอุโมงค์ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ 66
3.24 แสดงลักษณะของRunning Tunnels, Service Tunnels, Piston relief duct ของอุโมงค์ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ 66
4.1 แสดงระบบจ่ายน้ำให้กับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 68
4.2 Friction loss, Ft per 100 Ft. or m per 100 m (Copper Tubing or Smooth Steel pipe) 70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3 Friction loss, Ft.per 100 Ft. or m per 100 m
(Fairly Rough Steel pipe) 71
4.4 การต่อท่อเหล็กด้วยหมันและตะกั่ว (การใช้งานชนิดดี) 73
4.5 ลักษณะของข้อต่อเหล็กหล่อชนิดต่างๆ 74
4.6 ตัวอย่างของข้องอเหล็กหล่อชนิดต่างๆ 74
4.7 ท่อซีเมนต์ 82
4.8 Load Values assigned to Fixtures 85
5.1 แสดงภาพการระบายน้ำในตัวสถานีโดยสังเขป 87
5.2 แสดงการสร้างบ่อพัก 89
5.3 แสดงรายละเอียดของบ่อพักที่มีเครื่องสูบแบบจุ่มอยู่ในน้ำ 89
5.4 แสดงรายละเอียดของปลายท่อดูดของบ่อพัก 90
5.5 ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส 91
5.6 ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบคลอกเลส 91
5.7 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส 92
5.8 ตัวอย่างแสดงโครงสร้างของคลอเลสปั๊ม (แบบตั้ง) 92
5.9 ตัวอย่างแสดงเครื่องสูบแบบจุ่มในน้ำ 94
5.10 ตัวอย่างแสดงเครื่องสูบแบบจุ่มในน้ำแบบเบลดเลส 94
5.11 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบ่อเปียก 95
5.12 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำจากบ่อพักแบบจุ่มในน้ำสำหรับบ่อแห้ง 95
5.13 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มในน้ำสำหรับบ่อแห้ง 96
5.14 แสดงการใช้สิ่งปกคลุมด้านหลังกำแพงเพื่อให้น้ำระบายตามแนวยาวได้ 102
5.15 แสดงหลุมที่ปลายท่อรอบผนังอุโมงค์ 103
5.16 แสดงการระบายน้ำด้านในตัวอุโมงค์ 104
5.17 กราฟแสดงการหาค่า q_r 105
5.18 แสดงรูปตัดในการระบายน้ำในตัวอุโมงค์ 106
5.19 แสดงระบบระบายน้ำในอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศส 110
6.1 แสดงระบบไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินโดยสังเขป 112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

6.2 แสดงความสม่ำเสมอของแสงสว่าง 114
6.3 แสดงการจัดระยะระหว่างดวงโคม 116
6.4 แสดงระยะดวงโคมห่างจากผนังเพื่อความสม่ำเสมอของแสงสว่าง 116
6.5 แสดงการจัดดวงโคมเมื่อ S/MH =1.1
สูงสุดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40W 117
7.1 แสดงไดอะแกรมของระบบสัญญาณเตือนภัย 125
7.2 แสดงระบบสัญญาณเตือนภัย 126
7.3 แสดงอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ 127
7.4 แสดงชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์ 128
7.5 แสดงชุดกระดิ่งหรือไซเรน 129
7.6 แสดงหัวดับเพลิงนอกอาคาร 131
7.7 การติดตั้งสายสูบดับเพลิงขนาด40 มม 134
7.8 การติดตั้งสายสูบดับเพลิงสำหรับการใช้งาน class III 135
7.9 สายสูบชนิดสายยางแข็ง 136
7.10 ลักษณะทั่วไปของวาวล์ท่อแห้ง 138
7.11 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำ SPRINKIER ชนิด
QUARTZOID BULD 139
7.12 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำ SPRINKIER ชนิด
FUSIBLE SOLDERED STRUT 139
7.13 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำ SPRINKIEREDชนิด
SOLDERED 140
7.14 รัศมีการกระจายของน้ำ (หัวฉีด 12.5 mm.) 141
7.15 อัตราการไหลของหัวฉีดขนาด 12.5 mm 141
7.16 การจัดท่อสี่แบบของระบบโปรยน้ำฝอย 146
7.17 หัวฉีดแบบพ่นน้ำฝอย 147
7.18 การจัดระบบพ่นน้ำฝอยเพื่อป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า 148
7.19 แสดงตัวอย่างการติดตั้งระบบดับเพลิง Halon 1301 149

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

7.20 ความดันลดของฮาล่อน 1301 ในท่อเหล็ก : NFPA 12A 152
7.21 MASS FLOODING FACTOR HALON 1301 153
7.22 แสดงเครื่องดับเพลิงประเภทมือถือ 154
7.23 แสดง Service tunnel ใช้เป็นทางออกฉุกเฉิน 156
8.1 แสดงลิฟต์บรรทุกกึ่งโดยสาร 159
8.2 แสดงTypical layout ส่วนประกอบต่างๆที่จำเป็นของลิฟต์ 162
8.3 แสดงลักษณะของลิฟต์ระบบ Oil-Hydraulic 163
8.4 แสดงลักษณะต่างๆ ของลิฟต์ระบบ Oil - Hydraulic 164
8.5 แสดงการติดตั้งบันไดเลื่อนในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน 164
8.6 แสดงบันไดเลื่อนและทางเลื่อนในตัวสถานี 165
8.7 แสดงการจัดวางบันไดเลื่อนทั้งแบบ paralled และ criss-cross 166
8.8 แสดงโครงสร้างบันไดเลื่อน 167
8.9 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างบันไดเลื่อน 167
8.10 แสดงการใช้บันไดธรรมดาเสริมบันไดเลื่อน 169
9.1 ตัวอย่างตั๋วโดยสารสำหรับรถไฟฟ้า 175
9.2 ตู้ขายตั๋วโดยสาร 175
9.3 เครื่องจ้าหน่ายตั๋ว 176
9.4 ตัวอย่างประตูเข้า-ออกชานชลาสถานอัตโนมัติ 177
9.5 สถานีใหญ่ๆจะมีประตูเข้าชานชลาจำนวนมาก 178
9.6 ประตูทางเข้าชานชลา 178
9.7 ระบบขายตั๋วผ่านพนักงานขาย 179
9.8 แสดงห้องควบคุมSCDA 182
9.9 แสดงระบบต่างๆในRail tunnelและ Service tunnel 183
10.1 แสดงแนวเส้นทางรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพฯ 191

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันความเจริญทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมในประเทศไทยเจริญรุดหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ประชาชนมีกำลังซื้อมาขึ้น จึงทำให้ปริมาณรถยนต์ส่วนตัวเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดตามมา ในขณะที่ถนนที่มีอยู่ไม่เพียงพอและที่จะตัดใหม่ก็ไม่ทันต่อการเพิ่มของจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มจำนวนขึ้น ยิ่งส่งผลให้การจราจรเลวร้ายยิ่งขึ้น การตัดถนนนั้นเหมือนกับการแก้ปัญหาที่วิ่งตามปัญหา ดังนั้นทุกฝ่ายจึงมองหาระบบการขนส่งมวลชนที่มีประสิทธิภาพ แต่ก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ระบบหนึ่งที่ทุกฝ่ายมองเห็นว่าจะสามารถตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้ดีที่สุด ระบบนั้นก็คือ ระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน ระบบรถไฟฟ้าใต้ดินนี้สามารถตอบปัญหาดังกล่าวได้ทั้งหมดที่ทุกฝ่ายต้องการ

ด้วยเหตุนี้ ระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน จึงได้รับความสนใจจากทุกฝ่าย ขณะที่ความรู้เรื่องระบบรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น ในเมืองไทยยังไม่มีการรวบรวมความรู้เรื่องระบบรถไฟฟ้าใต้ดินขึ้นเลย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องรวบรวมความรู้ด้านนี้ขึ้นมาเพื่อให้ผู้สนใจได้ศึกษาหาความรู้ทำความเข้าใจ และเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปได้

ในหนังสือโครงงานพิเศษนี้ จึงได้รวบรวมเฉพาะระบบ Service Systems ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินขึ้นมา เช่น ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้า ระบบการจ่ายน้ำ ระบบระบายน้ำ ฯลฯ

2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1). เพื่อรวบรวมระบบ Service Systems ต่างๆ ที่จำเป็นในระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน

2). เพื่อจำแนกว่าในงานแต่ละระบบมีประเภทใด ที่ใช้กับระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน

3 ทฤษฎีหนือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

ศึกษาจากแหล่งข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งผู้มีประสบการณ์ในงานออกแบบงานระบบ Service Systems ตามบริษัทด้านออกแบบงานระบบ Service Systems

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

รวบรวมและศึกษาข้อมูลจากเอกสาร บริษัท องค์กรต่างๆ ในประเทศไทย ที่สนใจและศึกษาระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งการรวบรวมนี้จะรวบรวมระบบ Service Systems ต่างๆ ที่จำเป็นในระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน และแต่ระบบมีอะไรบ้าง แต่ถ้าว่าไม่ได้ศึกษาอย่างละเอียดจนถึงขั้นสามารถออกแบบได้ ทั้งนี้การศึกษาจะศึกษาเพียงแค่ให้เป็นแนวทางและผู้ที่สนใจเข้าใจภาพโดยรวมของระบบ Service Systems ต่างๆ ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน และเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป

5 วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงการพิเศษ

1) วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการหาเอกสารตามห้องสมุดต่างๆ เช่น ห้องสมุดAIT หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นต้น และขอความอนุเคราะห์เอกสารจาก บริษัท องค์กรที่สนใจและศึกษาระบบรถไฟฟ้าใต้ดินอยู่ เช่น องค์การรถไฟฟ้ามหานคร การทางพิเศษแห่งประเทศไทย บริษัทธนชาติ (มหาชน) จำกัด บริษัทCHRISTIANI & NIELSEN (THAI) LTD. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาเบื้องต้น

2) ปรึกษาและขอคำแนะนำจากผู้มีประสบการณ์ เช่น จาก Prof. Dr. Felix E.H. Haser และจากบริษัทที่ออกแบบงานระบบในชั้นใต้ดิน เช่น บริษัท Environmental Engineering Consultant จำกัด บริษัทไมนฮาร์ท (ประเทศไทย) จำกัด อาจารย์ประจำภาควิชาเครื่องกล, Power ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3) วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มากับข้อมูลที่ได้จากกลุ่ม Construction Method of Subway แลกลุ่มระบบตัวรถไฟฟ้า รวมกัน

6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1) ทราบว่าระบบ Service Systems ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินมีอะไรบ้าง

2) ทราบว่าในแต่ระบบ Service Systems ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินมีระบบอะไรบ้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ทำให้ผู้สนใจเข้าใจภาพ ระบบ Service Systems ของระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน ได้ดียิ่งขึ้น

4) เป็นแนวทางที่จะศึกษาค้นคว้าต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบปรับอากาศ
(AIR CONDITIONING SYSTEM)

ระบบปรับอากาศในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน จะมีหลักการเหมือนระบบปรับอากาศในอาคาร เพียงแต่ว่าระบบปรับอากาศในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน จะมีพื้นที่ในการติดตั้งระบบจำกัด และในบริเวณชานชลาจะไม่มีการปรับอากาศ แต่จะมีเฉพาะระบบระบายอากาศ ส่วนบริเวณห้องโถงผู้โดยสาร ห้องเครื่องห้องระบบต่างๆ จะมีทั้งระบบระบายอากาศและระบบปรับอากาศ ทั้งนี้เพราะในบริเวณห้องเหล่านี้มี load ความร้อนมากทั้งจากผู้โดยสารเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ รวมทั้งควบคุมปริมาตรอากาศที่ใช้ในการปรับอากาศได้ง่าย จึงใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการพิจารณาระบบปรับอากาศในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินจะมี 2 กรณีใหญ่ขึ้นอยู่กับรูปแบบสถานี

1. ถ้าเป็นสถานีที่ใช้พื้นที่บริเวณชั้นใต้ดินของอาคารก็จะใช้ระบบปรับอากาศระบบเดียวกับอาคารนั้นๆ

2. ถ้าเป็นสถานีที่สร้างขึ้นมาใหม่ไม่ได้ใช้ส่วนหนึ่งส่วนใดของอาคารก็สร้างระบบปรับอากาศขึ้นมาเองโดย

1). ในแต่ละสถานีจะมีระบบปรับอากาศแยกต่างหากเป็นของแต่ละสถานีเอง

2). เป็นระบบที่มีระบบปรับอากาศรวมแล้วใช้ cooling water ส่งมายังแต่ละสถานีโดยส่งมาทางท่อตามอุโมงค์รถไฟ แล้วจึงทำการปรับอากาศในแต่ละสถานี

1. การปรับอากาศต้องควบคุมสิ่งต่อไปนี้

1.1 ปรับและควบคุมอุณหภูมิ

การปรับอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศให้อยู่ในช่วงที่คนเรากำลังรู้สึกสบายเป็นสิ่งสำคัญ โดยอุณหภูมินี้จะอยู่ระหว่าง 24-26 องศาเซลเซียส

1.2 ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์

มีผลต่อความสบายของมนุษย์เรามากพอๆ กับอุณหภูมิ เช่น ในฤดูหนาวบางวันซึ่งมีอุณหภูมิสูงเท่าๆกับในฤดูร้อน เราก็ยังรู้สึกว่าในฤดูหนาวเย็นสบายกว่าในฤดูร้อน เหงื่อก็แห้งง่าย ไม่เหนียวตัว เพราะในฤดูหนาวอากาศแห้ง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เหงื่อที่ผิวหนังระเหยได้ง่ายกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

ในฤดูร้อนซึ่งมีความชื้นสัมพัทธ์สูง เหงื่อที่ผิวหนังระเหยตัวได้ยาก โดยทั่วไป ความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์เราที่อยู่ได้สบายควรมีค่าประมาณ 50 % R.H. (R.H. ย่อจาก relative humidity หมายถึง ความชื้นสัมพัทธ์)

1.3 ระบายอากาศเสียทิ้ง

แม้ว่าอากาศที่ปรับแล้วจะมีความชื้นสัมพัทธ์ และอุณหภูมิที่พอเหมาะแต่ถ้าอากาศในห้องอับทึบและไม่บริสุทธิ์ ก็ย่อมทำให้ผู้อาศัยอยู่ข้างในรู้สึกอึดอัดและไม่สุขสบาย ดังนั้นการปรับอากาศจึงต้องคำนึงถึงการระบายอากาศเสียทิ้งอีกด้วย

1.4 การหมุนเวียนของอากาศบริสุทธิ์

การหมุนเวียนของอากาศบริสุทธิ์ภายในห้องปรับอากาศต้องคำนึงถึงความเร็วของลมด้วย เพราะถึงแม้ว่าจะควบคุมอุณหภูมิและความชื้นของอากาศได้พอเหมาะแล้วแต่ถ้าลมส่งที่พัดหมุนเวียนแรงเกินไปและปะทะส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายโดยตรงตลอดเวลาแล้ว จะทำให้ผู้อยู่ในห้องมีความรู้สึกไม่สุขสบายได้

1.5 การกำจัดฝุ่นละออง ควันบุหรี่ กลิ่น และเสียง

เนื่องจากห้องปรับอากาศเป็นห้องที่ปิดมิดชิดมีการปรับอากาศและระบายอากาศที่ดีซึ่งเป็นการขจัดสิ่งรบกวนต่างๆได้ เช่น ฝุ่นละออง ควัน กลิ่น และเสียงอีกทีกจากภายนอกให้ลดน้อยลง

2. ระบบปรับอากาศสำหรับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ระบบใต้ดินควรใช้ระบบน้ำและอากาศ (water - air systems) ทั้งนี้เพราะระบบน้ำและอากาศ ได้นำเอาลักษณะเด่นของระบบอากาศล้วน คือ ความสามารถในการควบคุมปริมาณความชื้น และระบบน้ำล้วน คือ ขนาดท่อและอุปกรณ์มีขนาดเล็กกว่า ทั้งนี้เพราะน้ำมีความร้อนจำเพาะและความหนาแน่นสูงกว่าอากาศมาก จึงใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า

2.1 ระบบศูนย์กลาง (Central Station)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบที่ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ ได้รวมทั้งหมดอยู่ในห้องเครื่องหลักและจะส่งอากาศที่ถูกปรับสภาวะผ่านท่อ duct เข้าไปสู่ภายในพื้นที่ ระบบศูนย์กลางที่มีขนาดใหญ่ ปกติจะใช้ในงานที่มีการวางแผนระบบอย่างถูกต้อง

2.2 ส่วนประกอบเบื้องต้นของระบบปรับอากาศระบบศูนย์กลาง

รูปที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบเบื้องต้นของระบบปรับอากาศระบบศูนย์กลาง ส่วนประกอบที่สำคัญมี

1) ระบบผลิตความร้อน (heat generating systems) มีเครื่องจักรทำความเย็น (refrigerating machine) หอทำน้ำเย็น (cooling tower) และหม้อน้ำ (boiler)

2) ระบบท่อ (piping system) มีท่อน้ำ ท่อไอน้ำ และปั๊ม

3) เครื่องปรับอากาศ (air conditioner) มีเครื่องกรองอากาศ เครื่องทำให้อากาศเย็น เครื่องทำให้อากาศร้อน และเครื่องทำให้อากาศชื้น

4) ระบบท่อลม (duct systems) มีพัดลม ท่อลม และหัวจ่ายลม

ในระบบปรับอากาศส่วนกลางที่แสดงในรูปที่ 2.2 อากาศภายนอกสำหรับชดเชยอากาศที่ระบายออกไป และอากาศภายในที่ดูดกลับเพื่อประหยัด จะเข้ามาผสมรวมกัน แล้วจ่ายผ่านเครื่องกรองอากาศแบบใช้ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal filter) สำหรับกรองเอากลิ่นและแก๊สพิษออกไป

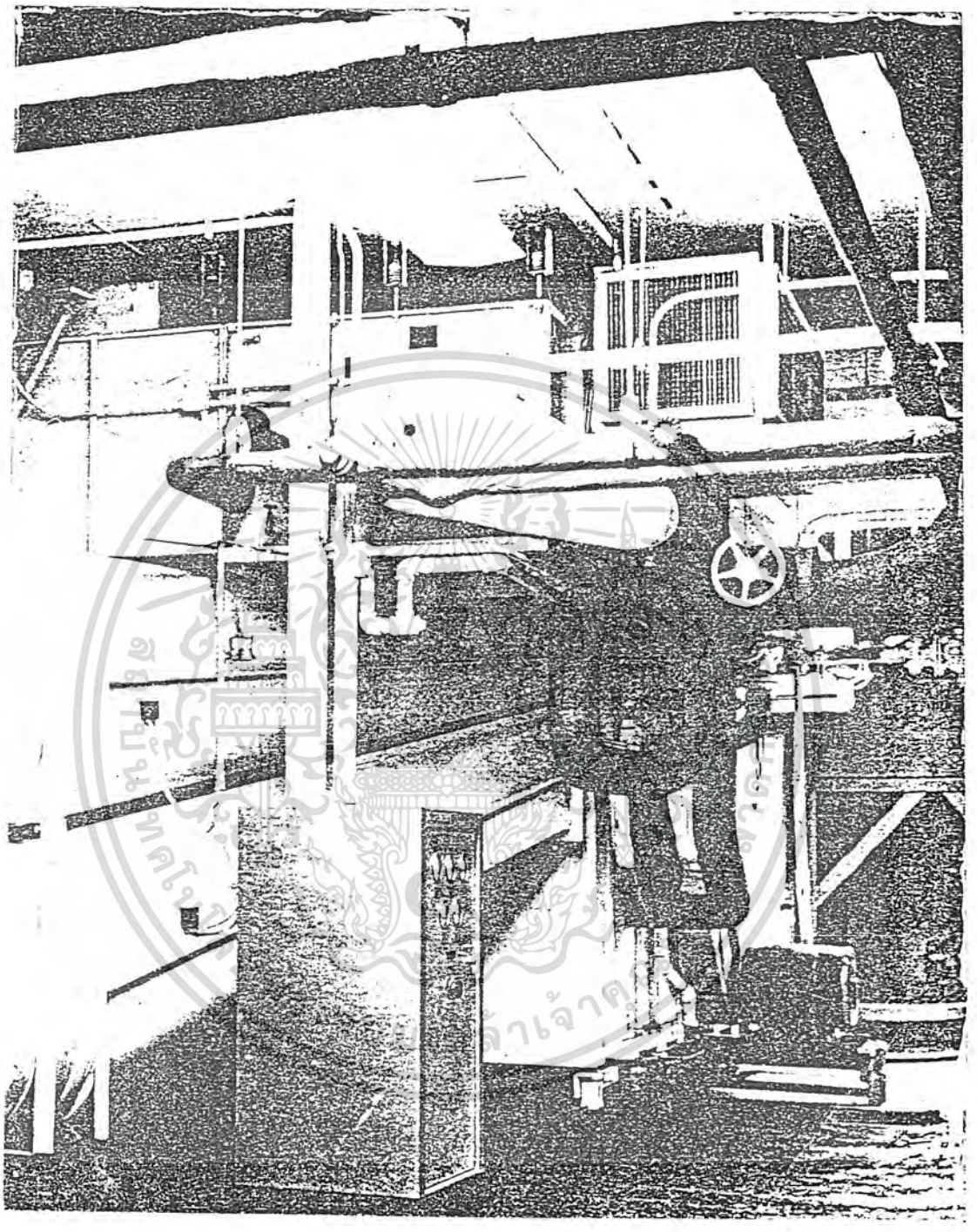
สำหรับการทำความเย็น เครื่องทำให้อากาศเย็นจะทำให้อากาศที่สะอาดเย็นลงและแห้งลง สำหรับการทำความร้อน อากาศที่สะอาดจะถูกทำให้ร้อนโดยเครื่องทำความร้อน และทำให้ชื้นโดยเครื่องเพิ่มความชื้น จากนั้นอากาศจะถูกส่งโดยพัดลมโดยผ่านท่อลมเข้าไปในห้องปรับอากาศ

ในเครื่องทำให้อากาศเย็น มีน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นไหลวนโดยใช้ปั๊มน้ำ ไหลวนโดยอาศัยความแตกต่างของความดันของสารทำความเย็นในระบบเครื่องทำความเย็น เครื่องทำให้อากาศเย็นโดยใช้สารทำความเย็นโดยตรง เรียกว่า "ขดท่อทำความเย็นด้วยการขยายตัวโดยตรง" (direct expansion coil or DX coil) เครื่องทำให้อากาศร้อนรับไอน้ำ หรือน้ำร้อนจากหม้อน้ำมาทำให้อากาศร้อน ระบบปรับอากาศแบบหนึ่งอาจทำหน้าที่เป็นทั้งเครื่องทำลมเย็นและเครื่องทำลมร้อน โดยใช้น้ำเย็นในการทำลมร้อน เครื่องทำลมเย็น และเครื่องทำลมร้อนทำด้วยท่อที่มีครีบ (finned tubes) อาจเรียกรวมกันว่า "ขดท่อลม" (air coils)

เครื่องทำให้อากาศชื้นมี 3 แบบคือ

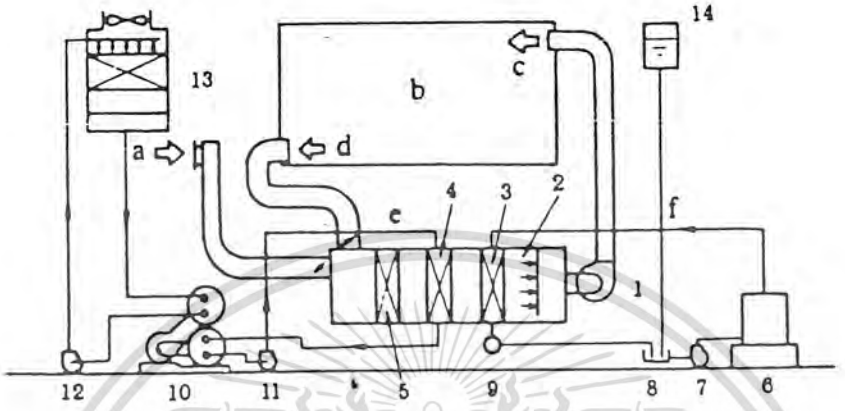
แบบฉีดไอน้ำ (steam injection)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 ห้องเครื่องสำหรับระบบปรับอากาศศูนย์กลางขนาดใหญ่ น้ำเย็นและน้ำร้อน (จากเครื่องทำความเย็นและเครื่องทำความร้อนที่ไม่แสดงอยู่ในรูป) จะถูกจ่ายไปยังคอล์ยของเครื่องส่งลมเพื่อให้เกิดการปรับอากาศตลอดปี

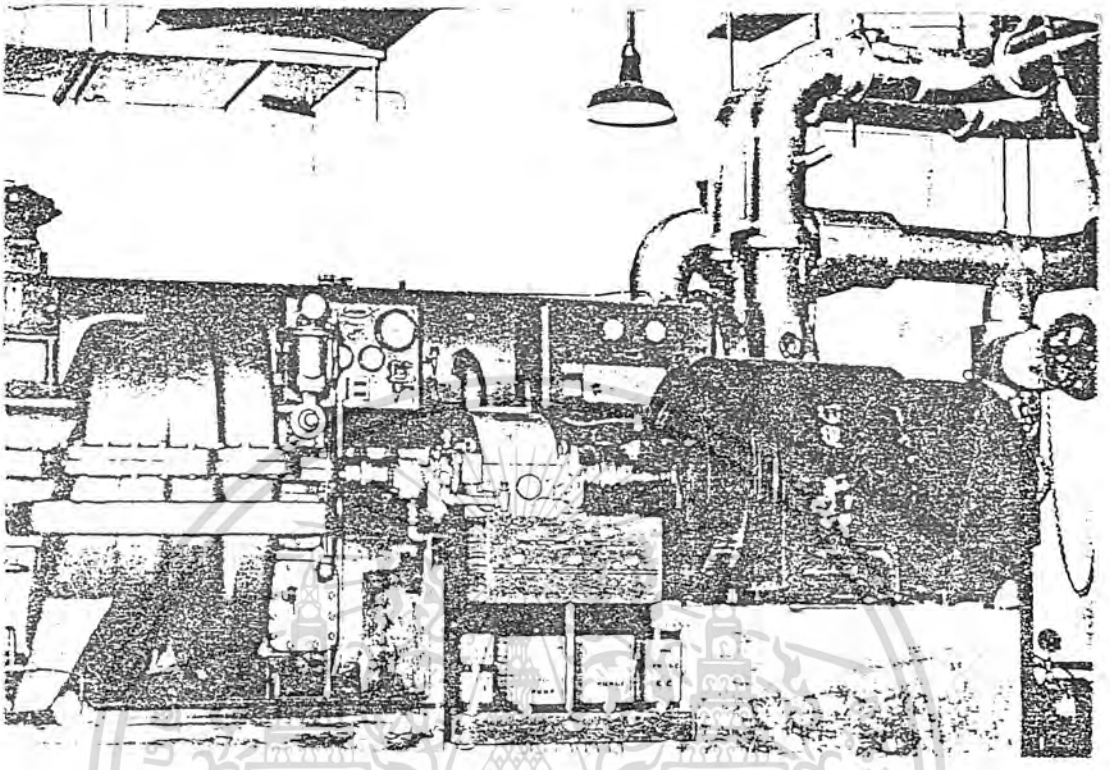
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



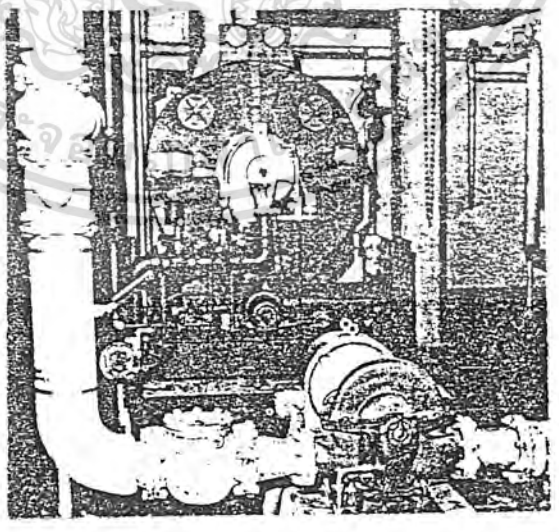
a. อากาศภายนอก
b. ห้อง
c. ลมจ่าย
d. ลมกลับ
e. น้ำเย็น
f. น้ำร้อน
1. พัดลม
2. เครื่องทำให้อากาศชื้น
3. ขดท่อทำให้อากาศร้อน
4 ขดท่อทำให้อากาศเย็น/แห้ง
5. เครื่องกรองอากาศ
6. หม้อน้ำ
7. ปั๊มน้ำเลี้ยง
8. ถังน้ำที่ควบแน่น
9. อุปกรณ์ดักไอน้ำ (steam trap)
10. เครื่องทำความเย็น
11. ปั๊มหมุนเวียนน้ำเย็น
12. ปั๊มหมุนเวียนน้ำหล่อเย็น
13. หอทำน้ำให้เย็น
14. ถังน้ำขยายตัว

รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงระบบการปรับอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ 2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในระบบศูนย์กลาง
a) เครื่องอัดแบบเหวี่ยงหนีศูนย์กลางและเครื่องทำน้ำเย็น
b) เครื่องทำไอน้ำ ความดันต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบฉีดน้ำ (water spray)

แบบถาดร้อน (heated pan)

เครื่องควบแน่นในเครื่องทำความเย็นต้องการน้ำหล่อเย็น ซึ่งอาจได้จากน้ำประปา

2.3 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการออกแบบและการติดตั้งของระบบศูนย์กลาง

1). การพิจารณาความสามารถในการทำความเย็น (Capacity Consideration)

2). พิจารณาประสิทธิภาพแผ่นกรองอากาศและห้องผสมอากาศ (Filters and Mixing Plenums)

3). อุปกรณ์ทำความเย็นและความร้อน (Refrigeration and Heating Equipment)

4). การหุ้มฉนวน (Insulation)

5). เสียงรบกวนและการสั่นสะเทือน (Noise and Vibration)

6). Cooling Coils

7). Heating Coils

8). Fan or Blowers มีการกำหนดขนาดเพื่อให้เกิดความดันสถิตย์ที่ต้องการของระบบท่อ duct รวมถึงอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Coils

9). Blower Motors ต้องมีกำลังม้าเพียงพอที่จะสามารถทำงานในปริมาตรอากาศที่ต้องการสูงสุด พร้อมทั้งความต้านทานของระบบ

10). ประสิทธิภาพในการควบคุมความชื้น

2.4 ระบบน้ำและอากาศ (water - air systems)

ระบบน้ำและอากาศ เป็นระบบที่ใช้อากาศร่วมกับน้ำโดยจะจ่ายทั้งน้ำเย็น (และ/หรือน้ำร้อน) และอากาศปรับภาวะจากระบบศูนย์กลางไปยังอุปกรณ์ปลายทางในแต่ละห้อง อุปกรณ์ปลายทางจะทำให้อากาศในห้องร้อนหรือเย็น

ระบบน้ำและอากาศ นำเอาลักษณะเด่นของระบบอากาศล้วนและระบบน้ำล้วนมาใช้ โดยใช้น้ำเป็นตัวนำพาพลังงานส่วนใหญ่ไปและส่งอากาศจากระบบส่วนกลางไปยังห้องต่างๆ ในปริมาณที่เพียงพอสำหรับระบายอากาศเท่านั้น นอกจากนี้การส่งอากาศยังส่งด้วยความเร็วสูงอีกด้วย ฉะนั้นจึงใช้เนื้อที่ปล่องและเพดานไม่มากนัก

ระบบน้ำและอากาศ ใช้แฟนคอยล์ยูนิท เป็นอุปกรณ์ปลายทางในห้องแล้วส่งลมจากเครื่องปรับจ่ายลมส่วนกลางเข้าแฟนคอยล์ยูนิทหรือเข้าห้องโดยตรงก็ได้ แต่ปกตินิยมใช้อินดักชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034765

ยูนิทเป็นอุปกรณ์ปลายทาง กันมากกว่า เรียกอากาศที่ส่งจากเครื่องปรับจ่ายลมส่วนกลางเข้าอินดักชั่นยูนิทว่า "อากาศปฐมภูมิ" อากาศปฐมภูมิจะไหลผ่านยูนิทด้วยความเร็วสูงและเหนี่ยวนำอากาศในห้อง (อากาศทุติยภูมิ) ผ่านคอยล์น้ำเข้ามาในยูนิทด้วย ดังนั้นอินดักชั่นยูนิทจึงไม่ต้องใช้พัดลมและมอเตอร์ ทำให้ลดภาระด้านการบำรุงรักษาลงไปมาก

เนื่องจากอากาศปฐมภูมิของระบบน้ำและอากาศมีปริมาณไม่เกิน 25% ของปริมาณอากาศที่ระบบอากาศล้วนทั่วไปใช้ ดังนั้นถ้าจะนำอากาศภายนอกในช่วงที่เย็นหรือหนาวจัด (สำหรับประเทศหนาว) มาใช้เพื่อทำความเย็น จึงอาจมีปริมาณไม่มากพอที่จะทำให้อากาศในห้องเย็นได้ ระบบนี้จึงอาจจำเป็นต้องส่งน้ำเย็นเข้าคอยล์น้ำของอินดักชั่นยูนิทในห้องอยู่อีก อาจพบกรณีเช่นนี้ได้ในฤดูหนาวบริเวณด้านใต้ของอาคาร บางครั้งอาจปรับปรุงภาวะการใช้พลังงานที่ไร้ประสิทธิภาพเช่นนี้ให้ดีขึ้นได้โดยหาแหล่งพลังงานอื่นมาทำน้ำเย็นแทน เช่น นำอากาศนอกอาคารมาผ่านตัวถ่ายความร้อนเพื่อทำน้ำเย็น เป็นต้น

2.5 วิธีการต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้ากับระบบท่อแบบมูลฐานสำหรับระบบน้ำและอากาศ

อาจแบ่งวิธีการได้ดังนี้

2.5.1 วิธีสองท่อกลับตรง

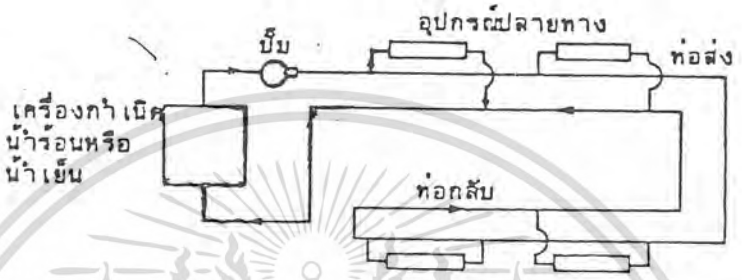
ถ้าต้องการให้อุณหภูมิน้ำที่ไหลเข้าอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวเท่ากับที่ส่งออกจากเครื่องกำเนิดควรจัดแบบสองท่อ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 ซึ่งจะเห็นว่ามีท่อประธานสองท่อ ท่อหนึ่งเป็นท่อส่งอีกท่อหนึ่งเป็นท่อกลับ ที่อุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวมีท่อแยกสำหรับส่งน้ำเข้าและมีท่อแยกสำหรับนำน้ำกลับเข้าท่อกลับประธาน การจัดแบบนี้จะทำให้อุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวมีท่อแยกสำหรับส่งน้ำเข้า และมีท่อแยกสำหรับนำน้ำกลับเข้าท่อกลับประธาน การจัดแบบนี้จะทำให้อุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวได้รับน้ำที่มีอุณหภูมิเท่ากับที่ส่งออกจากบอยเลอร์หรือชิลเลอร์

ถ้าจัดระบบท่อแบบสองท่อจะสามารถควบคุมและบริการอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวแยกต่างหากได้และเนื่องจากอุณหภูมิน้ำที่ส่งเข้าอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน ฉะนั้นจึงอาจใช้กับงานขนาดใดก็ได้ แต่ปกตินิยมใช้กับงานขนาดใหญ่

การที่เรียกการจัดระบบสองท่อนี้ว่าสองท่อกลับตรงเพราะท่อกลับประธานนำน้ำจากอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวกลับเข้าเครื่องกำเนิดโดยเส้นทางที่สั้นที่สุด ลักษณะการจัดเช่นนี้ก่อให้เกิดปัญหาประการหนึ่งคือ เส้นทางที่น้ำไหลจากปั๊มผ่านอุปกรณ์ปลายทางตัวที่หนึ่งแล้วไหลกลับนั้นสั้นกว่าเส้นทางที่ไหลผ่านอุปกรณ์ปลายทางตัวที่อยู่ไกลสุด ดังนั้นวงจรสั้นจึงมีแนวโน้มที่จะมีความต้านทานการไหลต่ำกว่า หรือมีน้ำไหลผ่านมากจนอาจเกินความต้องการ และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

อุปกรณ์ปลายทางตัวที่อยู่ใกลปั๊มที่สุดจะได้รับน้ำน้อยสุดหรืออาจต่ำกว่าความต้องการ อาจแก้ปัญหานี้โดยติดตั้งวาล์วบาลานซ์ไว้ในท่อแยกทุกท่อ แต่กระบวนการบาลานซ์จะยุ่งยากและเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายมาก



รูปที่ 2.4 วิธีสองท่อกลับตรง

2.5.2 วิธีสองท่อกลับย้อน

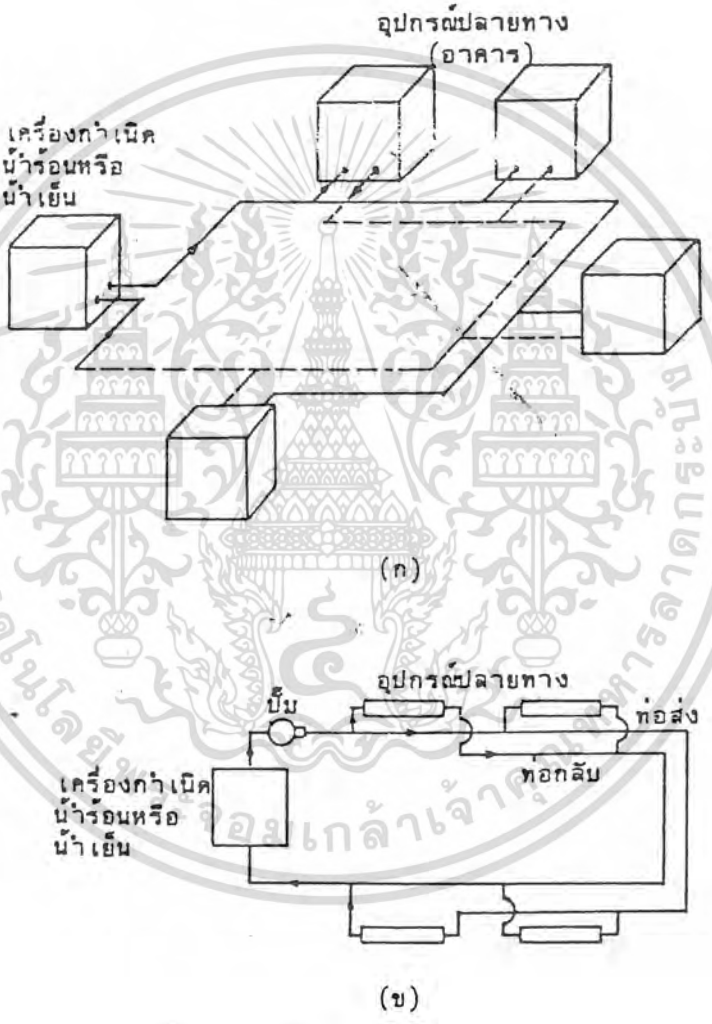
อาจแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบสองท่อกลับตรงได้ถ้าสามารถจัดให้ความยาวของวงจรที่ผ่านอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวใกล้เคียง ฉะนั้นจึงเกิดการเดินท่อกลับประธานแบบกลับย้อนดังรูปที่ 2.5 จะเห็นว่าความยาวของเส้นทางที่น้ำไหลจากปั๊มผ่านอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวแล้วกลับมายังเครื่องกำเนิดใกล้เคียงกันทุกเส้นทาง ฉะนั้นจะสมดุลย์ของอัตราการไหลของระบบนี้ได้ง่ายมาก

จากการอธิบายข้างบนนี้ดูเหมือนว่าระบบสองท่อกลับย้อนดีกว่าระบบสองท่อกลับตรงเสมอ แต่มิได้เป็นจริงเช่นนี้เสมอไป เพราะในบางกรณีอาจใช้ระบบสองท่อกลับตรงได้ดีกว่า เช่น ในกรณีที่อุปกรณ์ปลายทางทุกตัวรวมกลุ่มกันอยู่ในบริเวณซึ่งห่างจากปั๊มมากพอ ในกรณีนี้ความยาวของเส้นทางที่ผ่านอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวจะต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นจึงอาจใช้ระบบสองท่อกลับตรงได้ดีกว่า หรือในอีกกรณีหนึ่งคือถ้ามีความต้านทานการไหลในอุปกรณ์ปลายทางสูงมาก เมื่อเทียบกับในท่อในกรณีนี้ความต้านทานการไหลรวมของแต่ละเส้นทางอาจใกล้เคียงกันมากก็ได้

ในบางครั้งอาจสร้างความต้านทานการไหลของทุกวงจรในระบบกลับตรงให้ใกล้เคียงกันได้โดยเลือกท่อแยกขนาดเล็กสำหรับวงจรที่อยู่ใกล้ปั๊ม การแก้ปัญหาเช่นนี้อาจเหมาะสมหรือไม่ก็ได้ทั้งนี้ขึ้นกับโครงร่างการเดินท่อเพราะการทำเช่นนี้อาจก่อปัญหาขึ้นได้ปกติระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับย้อนใช้ท่อมากกว่าระบบกลับตรง ดังนั้นจึงมีราคาสูงกว่า เว้นไรกรณีที่ติดตั้งวาล์วบาลานซ์ไว้ในระบบกลับตรงจำนวนมาก อย่างไรก็ตาม สำหรับอาคารรูปจัตุรัสความยาวท่อของแต่ระบบอาจไม่ต่างกันมากนัก ฉะนั้นผู้วางแผนควรตรวจสอบโครงร่างการเดินท่อดูให้ดีก่อนที่จะตัดสินใจว่าจะเลือกใช้ระบบไหน



รูปที่ 2.5 วิธีสองท่อกลับย้อน ก) ภาพไอโซเมตริก

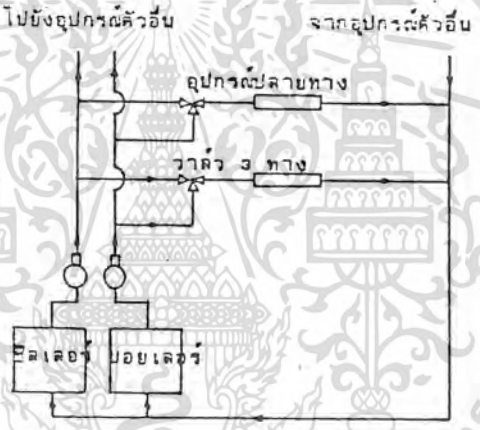
ข) ภาพร่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 วิธีระบบสามท่อ

ในการจัดแบบสองท่อถ้าต่อระบบเข้ากับชิลเลอร์และบอยเลอร์ อาจให้น้ำร้อนหรือน้ำเย็นไหลผ่านท่อส่งประธานเพื่อทำความร้อนหรือทำความเย็นก็ได้ อย่างไรก็ตาม จะต้องใช้ทีละอย่างจะใช้พร้อมกันไม่ได้

อาจทำความร้อนและทำความเย็นพร้อมกันได้โดยจัดท่อแบบสามท่อ ดังรูปที่ 2.6 ซึ่งจะเห็นว่ามีท่อสองประธานสองท่อ ท่อหนึ่งใช้ส่งน้ำเย็นอีกท่อหนึ่งส่งน้ำร้อน ในกรณีนี้จำเป็นต้องติดตั้งวาล์วควบคุมสามทางไว้ที่ท่อแยกบริเวณทางเข้าอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัว เพื่อจัดให้น้ำร้อนหรือน้ำเย็นไหลเข้าอุปกรณ์แต่ละตัวตามต้องการ สำหรับท่อกลับประธานจะรับน้ำจากอุปกรณ์ทุกตัวกลับสู่เครื่องกำเนิด โดยอาจต่อท่อกลับประธานเข้ากับอุปกรณ์ปลายทางแบบกลับตรงหรือกลับย้อนก็ได้



รูปที่ 2.6 ระบบสามท่อ

เนื่องจากมีการผสมระหว่างน้ำร้อนและน้ำเย็นในท่อกลับประธาน ฉะนั้นระบบท่อแบบนี้จึงมีการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ด้วยเสมอ เพราะในการผสมกันนั้นน้ำเย็นจะอุ่นขึ้นและน้ำร้อนจะเย็นลง ทำให้ต้องเพิ่มคะแพสซิตีทำความร้อนและทำความเย็นของบอยเลอร์และชิลเลอร์มากขึ้น อาจลดปัญหานี้ให้น้อยลงได้ถ้าออกแบบด้วยความรอบคอบ แต่จะไม่สามารถกำจัดปัญหาได้หมดไปได้

2.6 อุปกรณ์ปลายทางของระบบท่อน้ำปรับอากาศ

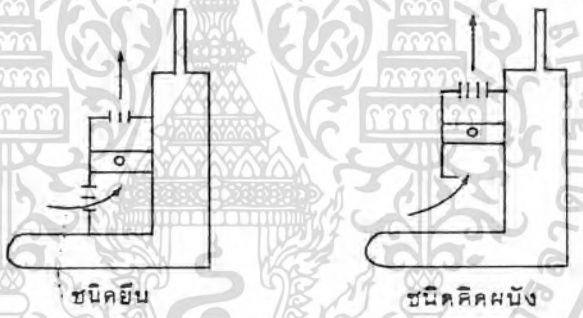
อุปกรณ์ปลายทาง คือ ตัวถ่ายเทความร้อนซึ่งทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศในห้องปรับอากาศและน้ำที่หมุนเวียนภายในอุปกรณ์ โดยทั่วไปอุปกรณ์ปลายทางที่ใช้สำหรับการทำความร้อนและทำความเย็นต่างกัน ดังรายละเอียดข้างล่างนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>อุปกรณ์ปลายทางสำหรับทำความร้อน</u>

อุปกรณ์ดังต่อไปนี้เรียกรวมๆ ว่า เรดิเอชั่น (radiation) ซึ่งเป็นชื่อที่มีความหมายไม่ตรงกับความจริงนัก เพราะอุปกรณ์เหล่านี้ถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศในห้องโดยวิธีพาความร้อนให้กับอากาศในห้องโดยวิธีพาความร้อนแบบธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ โดยอากาศที่สัมผัสกับอุปกรณ์จะอุ่นและลอยสูงขึ้น ฉะนั้นจึงเกิดการหมุนเวียนโดยธรรมชาติ

1) คอนเว็คเตอร์ (radiators) คอนเว็คเตอร์ประกอบด้วยท่อติดครีบหรือส่วนทำความร้อนเหล็กหล่อขนาดเล็กซ่อนอยู่ภายในตู้ซึ่งทำจากโลหะแผ่น ดังรูปที่ 2.7 อากาศในห้องไหลเข้าทางช่องด้านล่างของตู้และไหลออกทางตะแกรงจ่ายลมด้านบน

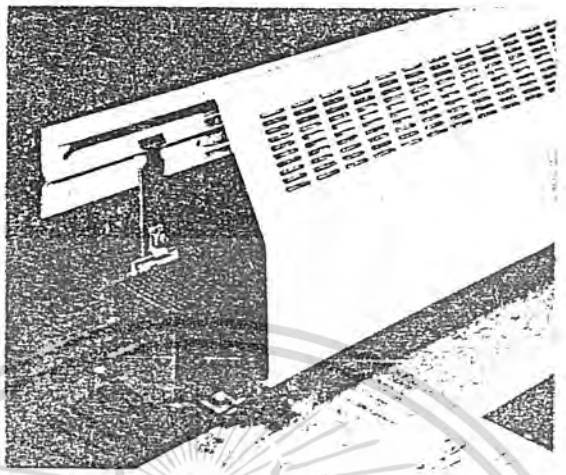


<u>รูปที่ 2.7</u> คอนเว็คเตอร์

ปกติฝาครอบคอนเว็คเตอร์ชนิดนี้มักมีความยาวเท่าผนังห้องแม้ว่าส่วนทำความร้อนสั้นกว่าก็ตาม ทั้งนี้เพื่อให้แลดูเรียบร้อย นิยมใช้เรดิเอชั่นแบบเบสบอร์ดกันมากใน คอนเว็คเตอร์ที่ขายกันอยู่ในท้องตลาดมีรูปแบบต่างๆ กันหลายแบบด้วยกัน เช่น คอนเว็คเตอร์แบบลอย (flush unit) เหมาะสำหรับติดตั้งแนบผนัง แบบฝัง (recessed units) เหมาะสำหรับติดตั้งในช่องผนัง

2) ท่อติดครีบ (fin-tube) เรดิเอชั่นชนิดท่อติดครีบ ดังรูปที่ 2.8นี้ เรดิเอชั่นชนิดนี้จะติดตั้งชิดพื้นหน้าบัวเชิงผนัง ฝาครอบมีให้เลือกทั้งชนิดด้านบนแบนและเอียงและมีแบบต่างๆกัน ท่ออาจซ้อนกันมากกว่าหนึ่งแถวเพื่อเพิ่มคะแพสซิตีให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามคะแพสซิตีจะเพิ่มโดยไม่เป็นอัตราส่วนกับจำนวนแถว นิยมใช้เรดิเอชั่นชนิดท่อติดครีบกับงานทางอุตสาหกรรมและพาณิชยกรรมซึ่งต้องการให้มีความยาวเท่ากับความยาวผนังด้านที่สัมผัสกับภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 เรดิเอชั่นชนิดท่อติดครีบ

3) เรเดียนท์แพนเน็ล (radiant panels) ปกติจะใช้เรเดียนท์แพนเน็ลทั้งในการทำความร้อนและทำความเย็น ระบบเรเดียนแพนเน็ลจะฝังท่อไว้ในผนัง พื้นหรือเพดานห้อง โดยให้คลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของพื้นผิวนั้นๆ เรเดียนท์แพนเน็ลมีขายทั้งชนิดใช้สำหรับทำความร้อนและทำความเย็น ถ้าใช้สำหรับทำความเย็นมักเป็นแบบแพนเน็ลเพดาน เพราะอากาศเย็นจะตกลงสู่พื้นและปกคลุมได้ทั่วทั้งห้อง เนื่องจากระบบเรเดียนท์แพนเน็ลมีส่วนทำความร้อนและทำความเย็นแผ่กว้าง ดังนั้นจึงให้อุณหภูมิสม่ำเสมอและมีการเคลื่อนไหวของลมในขนาดที่สบาย เรเดียนท์แพนเน็ลเป็นระบบอุดมคติแต่มีราคาแพงมาก

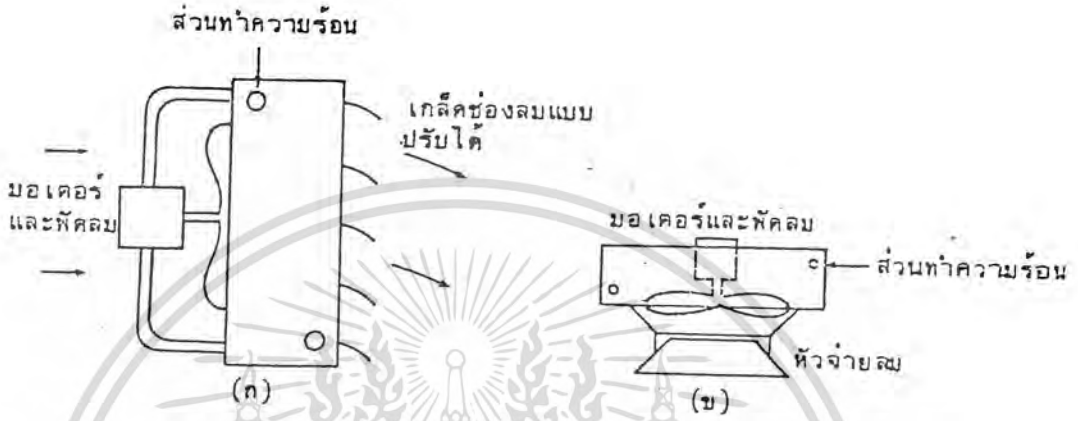
4) ยูนิทฮีทเตอร์ (unit heaters) ยูนิทฮีทเตอร์ต่างไปจากอุปกรณ์ปลายทางชนิดอื่นๆ ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด เนื่องจากใช้พัดลมเป่าอากาศมาด้วยอัตราสูงกว่าการพาความร้อนแบบธรรมชาติ ส่วนทำความร้อนทำด้วยท่อติดครีบขดเป็นรูปคอยล์เพื่อให้มีขนาดกระทัดรัด ดังนั้นยูนิทฮีทเตอร์จึงมีคะแพสซิตีทำความร้อนสูงเมื่อเทียบกับขนาดทางกายภาพ ในที่นี้จะกล่าวถึงยูนิทฮีทเตอร์เพียงสองชนิด

๑) ยูนิทฮีเตอร์แบบใบพัดแฉก ยูนิทฮีทเตอร์แบบนี้มีขายทั้งชนิดส่งลมแนวตั้งและแนวนอน แต่ละชนิดใช้ส่วนทำความร้อนซึ่งทำด้วยท่อติดครีบขดเป็นรูปคอยล์ มีใบพัดแฉก มอเตอร์และโครงดังแสดงในรูปที่ 2.9

<u>ชนิดเป่าลมแนวนอน</u> ปกติจะติดตั้งฮีทเตอร์ชนิดนี้สูงจากพื้นประมาณ 7-10 ฟุต มีบานปรับลมสำหรับควบคุมทิศทางไหลของลม อากาศจะพุ่งสู่บริเวณทำงานหรือช่องประตู มักติดตั้งฮีทเตอร์ชนิดนี้ในที่ขนถ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สินค้า ซุ้มประตู หรือบริเวณที่มีการเปิดประตูบ่อย และต้องการทำความร้อนเฉพาะจุด

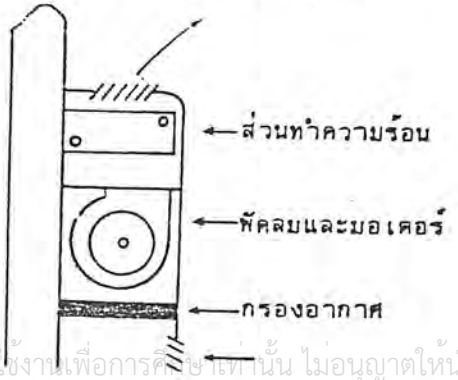


รูปที่ 2.9 ยูนิทฮีทเตอร์แบบใบพัดแฉก ก) ชนิดเป่าลมแนวนอน
ข) ชนิดเป่าลมแนวตั้งพุ่งลง

ชนิดเป่าลมแนวตั้งพุ่งลง ฮีทเตอร์ชนิดนี้เหมาะสำหรับติดตั้งในสถานที่ที่มีเพดานสูงและมีพื้นที่พื้นมาก โดยจะติดตั้งไว้ในระดับสูง หัวจ่ายลมเป็นแบบปรับได้ ดังนั้นจึงสามารถปรับพื้นที่ทำความร้อนที่พื้นห้องได้ มักนิยมใช้ฮีทเตอร์ชนิดนี้กับโรงงานและโกดังเก็บสินค้า

โดยทั่วไปยูนิทฮีทเตอร์ใบพัดแฉกเหมาะสำหรับงานทางด้านอุตสาหกรรม หรือพื้นที่บริการของอาคารพาณิชย์เท่านั้นเพราะมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และมีเสียงดัง

๒) ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้ ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้ดังรูปที่ 2.10 ประกอบด้วยส่วนทำความร้อนซึ่งทำด้วยท่อติดครีบขดเป็นรูปคอยล์ พัดลมเซ็นตริฟูกอลขนาดเล็ก กรองอากาศ และโครงตู้ ถ้ามองจากภายนอกจะมีรูปร่างเหมือนคอนเว็คเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้ชนิดตั้งพื้น

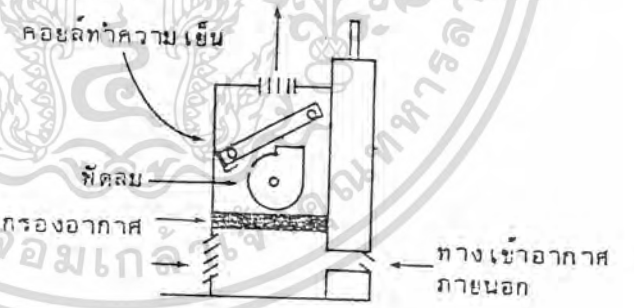
มักใช้ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้กับสถานที่ที่เหมาะจะใช้คอนเว็คเตอร์ แต่ต้องการปริมาณความร้อนมาก เช่น ในซุ้มประตู เป็นต้น อาจติดตั้งฮีทเตอร์ชนิดนี้ไว้ที่เพดานห้องถ้ามีความต้องการทางสถาปัตยกรรม โดยพัดลมจะเป่าอากาศออกมาในแนวนอน อาจใช้ยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้จะมีรูปร่างสวยงาม และมีเสียงในขณะทำงานเงียบ

<u>อุปกรณ์ปลายทางสำหรับทำความเย็น</u>

1) แฟน - คอยล์ยูนิท (fan - coil unit) อุปกรณ์ปลายทางชนิดนี้ประกอบด้วยส่วนทำความร้อนซึ่งทำด้วยท่อติดครีบขดเป็นรูปคอยล์พัดลมเซ็นตริฟูกอลขนาดเล็กและตู้ดังรูปที่ 2.11 โดยมูลฐานแล้ว แฟน - คอยล์ยูนิท เหมือนกับยูนิทฮีทเตอร์แบบตู้

อาจใช้แฟน - คอยล์ยูนิทได้ทั้งการทำความร้อนและทำความเย็นโดยป้อนน้ำร้อนหรือน้ำเย็นเข้าคอยล์ ปกติคอยล์ที่ใช้ในการทำความเย็กมักมีขนาดใหญ่กว่าคอยล์ที่ใช้ในการทำความร้อน ปกติคอยล์ที่ใช้ในการทำความเย็นมักมีขนาดใหญ่กว่าคอยล์ที่ใช้ในการทำความร้อน

ปกติมักสร้างแฟน - คอยล์ยูนิทให้มีช่องเปิดและบานเปรับลมอยู่ด้ายหลัง เพื่อนำอากาศระบายจากภายนอกเข้ามาใช้โดยตรง ดังนั้นมักติดตั้งยูนิทชิดผนังด้านนอกซึ่งเจาะช่องไว้สำหรับนำอากาศบริสุทธิ์เข้าเครื่อง อาจติดตั้งแฟน - คอยล์ยูนิทที่เพดานโดยติดตั้งแนวนอนก็ได้

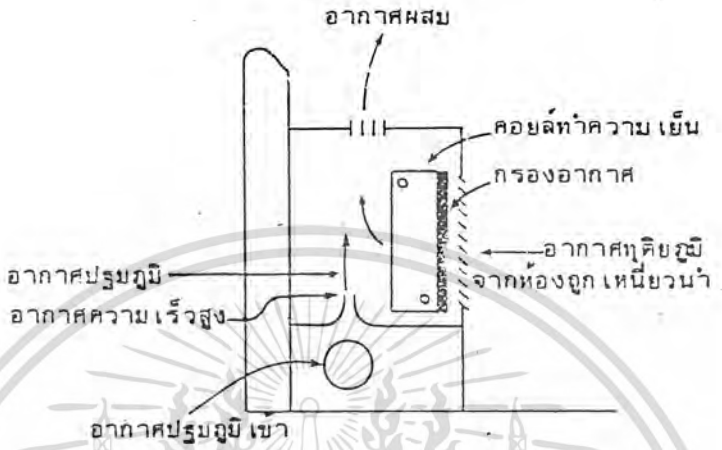


<u>รูปที่ 2.11</u> แฟน - คอยล์ยูนิท

2) อินดักชั่นยูนิค (induction unit) อุปกรณ์ปลายทางชนิดนี้ สามารถใช้กับการทำความร้อนได้ด้วย โดยจะรับทั้งน้ำเย็นหรือน้ำร้อน และอากาศปฐมภูมิจากเครื่องปรับ - จ่าย ลมส่วนกลาง มีคอยล์ซึ่งทำด้วยท่อติดครีบอยู่ภายใน อากาศปฐมภูมิจะถูกส่งเข้ากล่องลมขนาดเล็กแล้วไหลผ่านหัวฉีดด้วยความเร็วสูงออกมาในแนวตั้ง ฉะนั้นจะเกิดความดันต่ำและเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น นั่นคืออากาศในห้องจะถูกเหนี่ยวนำเข้าเครื่องโดยผ่านทางช่องด้านล่างของเครื่อง ขณะที่อากาศเหนี่ยวนำไหลผ่านคอยล์น้ำเย็นจะถูกทำให้เย็นลง เสร็จแล้วอากาศในห้อง (อากาศทุติย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ภูมิ) และอากาศปฐมภูมิจะผสมกันแล้วไหลผ่านตะแกรงจ่ายลมออกทางด้านบนของเครื่อง อินดักชั่นยูนิทที่แสดงในรูปที่ 2.12 ใช้กับระบบปรับอากาศแบบอากาศและน้ำ



รูปที่ 2.12 อินดักชั่นยูนิท

2.7 อุณหภูมิน้ำในระบบ

อาจแบ่งระบบน้ำสำหรับทำความร้อนเพื่อการปรับอากาศออกตามระดับอุณหภูมิได้ดังนี้ คือ

ระบบน้ำร้อนอุณหภูมิต่ำ (LTW) ต่ำกว่า 250 °F
ระบบน้ำร้อนอุณหภูมิปานกลาง (MTW) ระหว่าง 250 °F ถึง 350 °F
ระบบน้ำร้อนอุณหภูมิสูง (HTW) ระหว่าง 350 °F ถึง 450 °F

การแบ่งประเภทระบบตามระดับอุณหภูมินี้มีประโยชน์มาก เพราะแต่ละประเภทใช้บอลเลอร์และอุปกรณ์แตกต่างกัน ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้น ความดันจะต้องสูงขึ้นด้วยเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำระเหย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีความแข็งแรงมากขึ้น สำหรับระบบทำความเย็นที่ใช้น้ำเย็น (CHW) เพื่อการปรับอากาศนั้นไม่มีการแยกประเภทตามระดับอุณหภูมิแต่อย่างใด

ในการออกแบบระบบ LTW มักเลือกอุณหภูมิน้ำส่งประมาณ 200 - 240 °F และให้อุณหภูมิน้ำลดลงประมาณ 10 - 40 °F ปกติระบบน้ำต้องการอุณหภูมิน้ำส่งสูงเพราะสามารถใช้อุปกรณ์ปลายทางเล็กลง แม้ว่าในอดีตอาจเลือกอุณหภูมิน้ำส่งสำหรับระบบขนาดเล็กต่ำกว่านี้ (ประมาณ 180 - 200 °F.) แต่ก็มักเลือกอุณหภูมิตกสูงกว่าเพราะมีผลให้ใช้น้ำน้อยลง ดังนั้นขนาดนั้นและท่อจะเล็กลงและช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานลงด้วย ในอดีตจำกัดอุณหภูมิตกใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ปลายทางไว้ที่ 20 °F แต่บ่อยทีเดียวที่การจำกัดเช่นนี้ไม่มีเหตุผลแต่อย่างใด ผู้ออกแบบอาจใช้อุณหภูมิตกได้ถึง 40 °F

อุณหภูมิน้ำส่งในระบบ CHW ขึ้นกับความต้องการที่จะลดความชื้น ปกติอยู่ในช่วงประมาณ 40 - 50 °F อุณหภูมิเพิ่มของระบบที่เลือกใช้มีค่าประมาณ 5 -15 °F และทำนองเดียวกับระบบน้ำร้อนควรพิจารณาเลือกใช้อุณหภูมิเพิ่มสูงเพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานลง บ่อยครั้งที่ผู้ผลิตอุปกรณ์ทำความเย็นและทำความร้อนมักแนะนำช่วงอุณหภูมิที่เหมาะกับอุปกรณ์ไว้ด้วย

สำหรับระบบ HTW นั้นมักเลือกอุณหภูมิตกสูงยิ่งขึ้นไปอีก (จนถึง 100 °F) เพื่อลดขนาดท่อและพลังงานที่ใช้ลง

ได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิน้ำ อัตราไหล และความร้อนได้รับหรือสูญเสียไว้แล้วในสมการความร้อนสัมผัส คือ

$$Q = mc(TC)$$

เนื่องจากน้ำมีค่า c = 1 Btu/lb-°F ฉะนั้นสมการบนจะเหลือ

$$Q = m(TC) \qquad (2.1)$$

Q = ความร้อนที่น้ำได้รับหรือสูญเสีย, Btuh

m = อัตราไหลของน้ำ, lb/hr

TC = อุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไป, °F

= $t_1 - t_2$

เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำมักมีหน่วย gpm และน้ำ 1gpm = 500 lb/hr (โดยประมาณ) ฉะนั้นอาจเขียนสมการ 2.1 ให้อยู่ในรูปที่สะดวกต่อการใช้ได้ว่า

$$Q = 500\ gpm\ (TC) \qquad (2.2)$$

โดย Q และ TC เหมือนข้างบน

gpm = อัตราไหลของน้ำ, gpm

แม้ว่าตัวแปลงหน่วย 1 gpm = 500 lb/hr มีค่าถูกต้องเฉพาะที่อุณหภูมิใกล้เคียงอุณหภูมิน้ำเย็นจัด แต่ก็อาจใช้ได้จนถึงอุณหภูมิ 250 °F โดยมีความผิดพลาดน้อยมาก

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 วิธีออกแบบระบบ

หัวข้อนี้จะรวบรวมวิธีการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วไว้ด้วยกันเพื่อความสะดวกในการนำไปใช้วางแผนระบบ

1) เลือกอุปกรณ์ปลายทางชนิดที่เหมาะกับงานที่สุด

2) เลือกวิธีจัดท่อชนิดที่เหมาะกับงานที่สุด

3) สเก็ตแผนภาพระบบท่อและต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้าด้วยกัน

4) เลือกอุปกรณ์เปลี่ยนแปลงของน้ำในระบบขึ้นมาค่าหนึ่ง แล้วคำนวณอัตราการไหลที่สามารถรับโหลดของบริเวณที่จะติดตั้งได้

5) ตรวจสอบว่าอัตราไหลที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 4 ใช้ได้หรือไม่โดยพิจาณาว่าอัตราไหลดังกล่างนี้ทำให้น้ำที่ไหลผ่านอุปกรณ์ปลายทางมีความเร็วอยู่ในช่วงที่แนะนำไว้หรือไม่และควรตรวจสอบอัตราไหลที่ผู้ผลิตแนะนำดูด้วย สำหรับระบบสองท่อ อัตราการไหลรวมของระบบจะเท่ากับผลบวกของอัตราไหลของอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัว โดยเลือกอัตราไหลผ่านอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัวภายในค่าที่แนะนำ ผลบวกของอัตราไหลผ่านอุปกรณ์ปลายทางทุกตัวจะต้องเท่ากับอัตราไหลรวมของระบบเสมอ

6) ถ้าอัตราไหลที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 4 ใช้ไม่ได้ ให้เลือกความเปลี่ยนแปลงอุณภูมิน้ำในระบบใหม่และคำนวณอัตราไหลใหม่อีกครั้งจนกระทั่งใช้ได้ ปกติผู้ออกแบบจะสามารถเลือกค่าความเปลี่ยนแปลงอุณภูมิน้ำในระบบได้โดยการคำนวณเพียงหนึ่งหรือสองครั้งเท่านั้น

7) คำนวณความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิน้ำที่อุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัว โดยยึดถือคะแพสซิตีที่อุปกรณ์แต่ละตัวต้องการเป็นหลัก (สมการที่ 2.2)

8) เลือกอุณหภูมิน้ำส่งของระบบที่เหมาะสมขึ้นมา แล้วหาอุณหภูมิน้ำเข้าและออกจากอุปกรณ์ปลายทางแต่ละตัว (ควรเขียนอัตราไหลทุกอัตราและอุณหภูมิทุกอุณหภูมิ ลงในภาพสเก็ตระบบท่อ)

9) เลือกอุปกรณ์ปลายทางจากแคทตาล็อกของผู้ผลิตและทำตารางแสดงข้อมูลต่างๆที่รวบรวมได้

2.9) รายละเอียดและวัสดุที่ใช้ทำท่อ

ท่อทำด้วยวัสดุต่างๆ หลายชนิด การที่จะเลือกท่อซึ่งทำด้วยวัสดุชนิดไหนขึ้นกับจุดประสงค์ในการนำท่อไปใช้งาน โดยจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆ ดังนี้ คือ

1) คุณสมบัติของของไหลที่ไหลผ่านท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) อุณหภูมิ

3) ความดัน

4) แนวโน้มที่จะเกิดออกซิเดชั่นหรือ (oxidation) การผุกร่อน

นอกจากนี้แล้วราคาท่อและความยากง่ายในการหาซื้อยังมีอิทธิพลต่อการเลือกชนิดวัสดุด้วย สิ่งสุดท้ายที่จำกัดการเลือกชนิดวัสดุสำหรับนำมาใช้งานคือ บทบัญญัติและข้อบังคับต่างๆ ผู้ออกแบบจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบและระมัดระวังในการเลือกชนิดวัสดุให้เป็นไปตามบทบัญญัติซึ่งใช้บังคับกับงานแต่ละงาน วัสดุที่นิยมใช้ในการทำท่อสำหรับระบบน้ำปรับอากาศได้แก่ท่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (ดำ) หรือท่อทองแดง ในกรณีที่มีปัญหาเรื่องการออกซิชั่นหรือการผุกร่อนอย่างรุนแรงอาจเลือกใช้วัสดุชนิดอื่นแทน

ASTM (The American Society of Testing Materials) ได้กำหนดมาตรฐานรายการรายละเอียดทางกายภาพของท่อเหล็กกล้าและท่อทองแดงขึ้นมา ดังนั้นวิศวกรจึงควรระบุชนิดท่อที่จะใช้ด้วยเบอร์ของ ASTM แต่สำหรับห้องตลาดอาจเรียกท่อตามชื่อทางการค้า เช่น เรียกท่อเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ASTM A - 120 หรือ ASTM A - 53 ว่าท่อเหล็กกล้าดำ ในกรณีที่ต้องการทราบส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุต่างๆ ที่ใช้ทำท่ออาจหาอ่านได้จากสิ่งตีพิมพ์ของ ASTM

ได้แสดงรายการรายละเอียดบางอย่างของท่อเหล็กกล้าดำไว้ในตารางที่ 6.1 โดยปัจจุบันมักระบุความหนาของผนังท่อด้วยเบอร์ท่อ (schedule number) เช่น ท่อเบอร์ 20, 30, 40, และ 80 แทนคำบรรยาย เช่น ท่อมาตรฐาน ท่อแข็งแรงพิเศษ (extra strong) และท่อแข็งแรงพิเศษสุด (double extra strong) ซึ่งเคยใช้กันมาในอดีต

การที่จะเลือกเบอร์ท่อไปใช้ได้ถูกต้องนั้นจะต้องคำนึงถึงความดันและอุณหภูมิใช้งานโดยอาจคำนวณความดันอนุญาติ (allowable pressure) ได้จากสูตรของ The American Standard Code for Pressure Piping สำหรับขนาดความดันที่ใช้กันทั่วไปในระบบน้ำปรับอากาศนั้นใช้ท่อเบอร์ 40 ก็พอ แต่ถ้าหากว่าเป็นท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโตมากอาจใช้เบอร์ 30 หรือ 20 ก็ได้

ความดันอนุญาติที่ใช้พิจารณาเลือกท่อเป็นเพียงแนวทางอย่างหนึ่งเท่านั้น ควรระลึกไว้ด้วยว่าการกัดกร่อนและการผุกร่อนจะทำให้ผนังท่อบางลงหลังจากใช้งานไปหลายๆปี ดังนั้นถ้าเลือกท่อโดยเผื่อความหนาไว้บ้าง ระบบท่อจะมีอายุการใช้งานยาวขึ้น

สำหรับท่อทองแดงมักระบุความหนาด้วยตัวอักษร เช่น ท่อชนิด K, L, หรือ M ได้แสดงรายการรายละเอียดของท่อชนิด L ซึ่งเป็นชนิดที่นิยมใช้สำหรับระบบน้ำปรับอากาศมากที่สุดไว้ในตารางที่ 2.2 ในกรณีที่เกิดความสงสัย ควรคำนวณขนาดความดัน (pressure rating) ของท่อโดยใช้สมการที่เหมาะสม ท่อแข็ง (hard temper) มักมีความแข็งแกร่งมากกว่าและเมื่อเดินท่อในแนวระดับจะตกท้องช้างน้อยกว่าท่ออ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 รายการรายละเอียดของท่อเหล็กกล้า

ท่อขนาด (นิ้ว)	เบอร์	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (นิ้ว)	ความหนาผนัง (นิ้ว)	น้ำหนัก (lb/ft)	ปริมาตร (gal/ft)
1/2	40	0.840	0.622	0.109	0.850	0.0158
3/4	40	1.050	0.824	0.113	1.130	0.0276
1	40	1.315	1.049	0.133	1.678	0.0449
$1^1/_4$	40	1.660	1.380	0.140	2.272	0.0774
$1^1/_2$	40	1.900	1.610	0.145	2.717	0.106
2	40	2.375	2.067	0.154	3.652	0.174
$2^1/_2$	40	2.875	2.469	0.203	5.790	0.248
3	40	3.500	3.068	0.216	7.570	0.383
$3^1/_2$	40	4.000	3.548	0.226	9.110	0.513
4	40	4.500	4.026	0.237	10.790	0.660
5	40	5.563	5.047	0.258	14.620	1.039
6	40	6.625	6.065	0.280	18.970	1.501
8	40	8.625	7.981	0.322	28.550	2.597
10	40	10.750	10.020	0.365	40.480	4.098
12	30	12.750	12.090	0.330	43.800	5.974
14	30	14.000	13.250	0.375	54.600	7.168
16	30	16.000	15.250	0.375	62.400	9.506

ในการติดตั้งระบบท่อ การที่จะเลือกใช้ท่อเหล็กกล้าหรือท่อทองแดงขึ้นกับราคาเป็นหลัก ปกติท่อทองแดงแพงกว่าท่อเหล็กกล้า แต่ถ้าเป็นท่อขนาดเล็กค่าแรงติดตั้งท่อทองแดงจะถูกกว่า ดังนั้นระบบขนาดใหญ่จึงมักใช้ท่อเหล็กกล้าและระบบขนาดเล็กมักใช้ท่อทองแดง ท่อทองแดงมีข้อได้เปรียบสองประการ คือ ประการแรกท่อทองแดงมีความต้านทานเนื่องจากความเสียดทานน้อยกว่า ฉะนั้นจึงใช้ปั๊มขนาดเล็กกว่าและเสียค่าพลังงานน้อยกว่า ประการที่สองเกิดออกซิเดชั่นและตะกรันจับได้ยากกว่า สำหรับท่อเหล็กกล้านั้นมีความแข็งแรงมากกว่า ฉะนั้นจึงเกิดความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียหายยากกว่าท่อทองแดง บางครั้งระบบท่อระบบเดียวกันอาจใช้ทั้งท่อเหล็กกล้าและท่อทองแดงร่วมกัน โดยใช้ท่อเหล็กกล้าสำหรับท่อขนาดใหญ่ และใช้ท่อทองแดงทำท่อแยกสำหรับแยกจากท่อประธานไปยังอุปกรณ์ต่างๆ ในกรณีนี้ควรใช้บูทพลาสติด (plastic bushing) กันไม่ให้เนื้อทองแดงสัมผัสกับเหล็กกล้ามิฉะนั้นจะเกิดการกร่อนที่รอยต่อเนื่องจากการแยกตัวของโลหะด้วยไฟฟ้า (electrolytic action)

ในระบบท่อเปิด เช่น ระบบท่อระหว่างหอลดอุณหภูมิและคอยล์ร้อน ถ้าใช้ท่อเหล็กกล้าดำอาจเกิดออกซิเดชั่นขึ้นได้ ฉะนั้นจึงควรใช้ท่อเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี (ท่อเหล็กกล้าดำเคลือบด้วยโลหะผสมดีบุก ซึ่งสามารถต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นได้) สำหรับงานที่มีการผุกร่อนรุนแรงท่อเคลือบสังกะสีอาจทนไม่ไหว ดังนั้นอาจใช้ท่อเหล็กเหนียว (wrought iron) หรือท่อเหล็กหล่อ (cast iron) แทน แต่มีราคาแพงกว่ามาก

2.10 ข้อต่อและวิธีการต่อท่อเหล็กกล้า

ปกติการต่อท่อเหล็กกล้าที่ใช้กับระบบน้ำและอากาศปรับอากาศจะใช้ข้อต่อเกลียว ข้อต่อเชื่อมหรือข้อต่อหน้าแปลน ANSI (The American National Standards Institute) ได้กำหนดรายการรายละเอียดของข้อต่อท่อเหล็กกล้าและท่อทองแดงไว้

ปกติข้อต่อเกลียวที่ใช้กับท่อเหล็กกล้ามักทำด้วยเหล็กหล่อหรือเหล็กสมุล ข้อต่อที่ใช้กับระบบน้ำและอากาศปรับอากาศทั่วไปมีขนาดความดัน 125 psi ก็พอ แต่ถ้าหากสงสัยควรตรวจสอบความดันของระบบดู ได้แสดงตัวอย่างข้อต่อไว้ในรูปที่ 2.13

ข้องอใช้สำหรับเปลี่ยนทิศทางการเดินท่อมีขนาดมุม 30°, 45°, และ 90° ข้องอรัศมียาวมีการหักเลี้ยวทีละน้อยไม่มากเท่าข้องอมาตรฐาน ดังนั้นจึงควรใช้ข้องอรัศมียาวมากกว่าข้องอมาตรฐานเพราะมีความดันตกน้อยกว่า แต่บางครั้งสถานที่อาจไม่เอื้ออำนวยทำให้ต้องใช้ข้องอมาตรฐานแทน ข้อต่อ T ใช้สำหรับเดินท่อแยก ดัพปลิ้งใช้สำหรับต่อท่อเกลียงในแนวตรง ยูเนียนใช้สำหรับต่อท่อเข้ากับอุปกรณ์ซึ่งจะช่วยให้ถอดอุปกรณ์ออกไปซ่อมได้ง่าย ข้อต่อหน้าแปลนเชื่อมซึ่งใช้ต่อท่อเข้ากับอุปกรณ์ให้ความสะดวกเช่นเดียวกับ ยูเรเนียม บูทใช้ต่อท่อเข้ากับอุปกรณ์ซึ่งมีขนาดช่องเปิดต่างกัน

การเชื่อม คือ กระบวนการทำให้ปลายชิ้นส่วนโลหะที่จะต่อเข้าด้วยกันหลอมละลายและหลอมรวมกับลวดเชื่อมติดเป็นชิ้นเดียวกันเมื่อแข็งตัว ความร้อนที่ใช้ในการเชื่อมอาจได้จากตัวเชื่อมแก๊สหรืออาร์คไฟฟ้า การต่อโดยการเชื่อมจะให้ข้อต่อที่มีความแข็งแรงสูง มีข้อต่อเชื่อมที่คล้ายกับข้อต่อเกลียวขายทั่วไปในท้องตลาด อาจต่อท่อตรงเข้าด้วยกันโดยการเชื่อมชน (butt welded) ได้โดยตรงโดยไม่จำเป็นต้องใช้ดัพปลิ้งก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

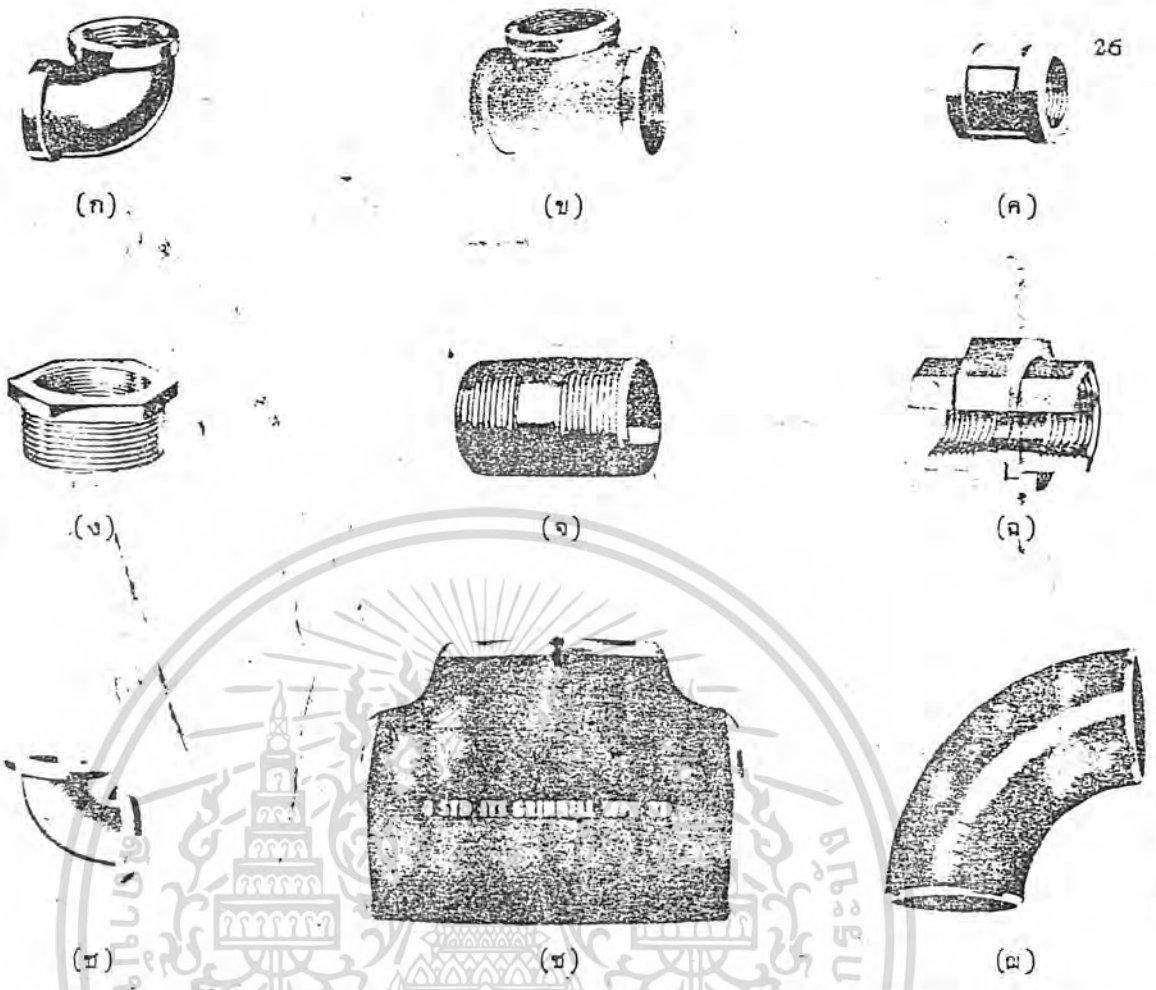
ตารางที่ 2.2 รายการรายละเอียดของท่อทองแดง

ท่อขนาด (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก (นิ้ว)	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (นิ้ว)	ความหนาผนัง (นิ้ว)	น้ำหนัก (lb/ft)	ปริมาตร (gal/ft)
3/8	1/2	0.430	0.035	0.198	0.00753
1/2	5/8	0.545	0.040	0.285	0.0121
5/8	3/4	0.660	0.042	0.362	0.0181
3/4	7/8	0.785	0.045	0.455	0.0250
1	$1\frac{1}{8}$	1.025	0.050	0.655	0.0442
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	1.265	0.055	0.884	0.0655
$1\frac{1}{2}$	$1\frac{5}{8}$	1.505	0.060	1.140	0.0925
2	$2\frac{1}{8}$	1.985	0.070	1.750	0.1610
$2\frac{1}{2}$	$2\frac{5}{8}$	2.465	0.080	2.480	0.2470
3	$3\frac{1}{8}$	2.945	0.090	3.330	0.3540
$3\frac{1}{2}$	$3\frac{5}{8}$	3.425	0.100	4.290	0.4780
4	$4\frac{1}{8}$	3.905	0.110	5.380	0.6230
5	$5\frac{1}{8}$	4.875	0.125	7.610	0.9710
6	$6\frac{1}{8}$	5.845	0.140	10.200	1.3900
8	$8\frac{1}{8}$	7.725	0.200	19.300	2.4300
10	$10\frac{1}{8}$	9.625	0.250	30.100	3.7900
12	$12\frac{1}{8}$	11.565	0.280	40.400	5.4500

ในการติดตั้งระบบท่อน้ำปรับอากาศ มักนิยมใช้ข้อต่อเหล็กกล้าแบบเกลียวสำหรับต่อท่อขนาดเล็กสุดจนถึง 2-3 นิ้ว และใช้ข้อต่อเชื่อมกับท่อขนาดโตกว่านี้ ทั้งนี้เพราะเสียค่าแรงและค่าวัสดุในการติดตั้งต่ำกว่า ยิ่งไปกว่านั้นถ้าต่อท่อขนาดใหญ่โดยใช้ข้อต่อเกลียวจะป้องกันการรั่วได้ยากกว่าด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11ฉนวนหุ้มท่อ



รูปที่ 2.13 ข้อต่อท่อเหล็กกล้า (ก) ข้องอ ๙๐°, เกลียว (ข) ข้อต่อ T, เกลียว (ค) สัพปลึง, เกลียว (ง) นูท, เกลียว (จ) ยิปเปิ้ล (ฉ) ยูเนียน (ช) ข้องอ ๙๐°, หน้าแปลน (ซ) ข้อต่อ T, เชื่อม (ฌ) ข้องอ ๙๐°, เชื่อม

มีว่าควรใช้ฉนวนกันความร้อนหุ้มระบบท่อน้ำเย็นหรือท่อน้ำร้อนสำหรับการปรับอากาศเสมอฉนวนกันความร้อนทำหน้าที่สองประการคือ

1) ลดพลังงานที่จะสูญเสียโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งมีแนวโน้มที่ทำให้ต้องเลือกใช้อุปกรณ์ทำความเย็นหรือทำความร้อนใหญ่กว่าที่ควร

2) ลดการกระจายความร้อนที่ไม่ถูกต้อง เพราะถ้าไม่หุ้มฉนวนน้ำที่ไหลเข้าห้องปรับอากาศอาจมีอุณหภูมิไม่ถูกต้องตามต้องการได้

สำหรับระบบท่อน้ำเย็นจะต้องป้องกันไม่ให้ความชื้นจากอากาศกลั่นตัวที่ผิวด้านนอกของท่ออีกด้วย เพราะถ้ากลั่นตัวอาจทำความเสียหายต่อฉนวนและอาจหยดเปื้อนสิ่งต่างๆ ที่อยู่ด้านล่างอาจป้องกันไม่ให้ไอน้ำกลั่นตัวที่ผิวท่อโดยใช้วัสดุกันความชื้นหุ้มทับผิวด้านนอกของฉนวนอีกชั้นหนึ่งวัสดุกันความชื้นจะป้องกันไม่ให้ไอน้ำในอากาศแทรกตัวผ่านฉนวนเข้าไปสัมผัสผิวท่อ

มีวัสดุหลายชนิดที่อาจใช้ทำฉนวนหุ้มท่อ แต่วัสดุฉนวนที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1) มีค่าความนำความร้อน (thermal conductivity) ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ไม่ติดไฟ

3) ไม่เสื่อมคุณภาพหรือเน่าเปื่อย

4) มีความแข็งแรงพอเพียง

ฉนวนหุ้มท่ออาจทำจากวัสดุที่มีอยู่ตามธรรมชาติเช่น ขนสัตว์ สักหลาด ใยแก้ว ใยหิน ไม้ก๊อกหรือยางก็ได้ หรืออาจทำจากวัสดุสังเคราะห์เช่น โพลี่ยูรีเธนก็ได้ วัสดุสังเคราะห์มักมีลักษณะเป็นฝืนหรือหล่อเป็นรูปให้มีขนาดพอดีกับท่อน้ำขนาดต่างๆ ปกติมักนิยมใช้ฉนวนแบบหล่อรูปท่อกันมากกว่า เพราะเมื่อหุ้มเสร็จแล้วจะดูประณีตและสวยงามกว่า

สำหรับวัสดุกันความชื้นนั้นมักทำจากกระดาษพิเศษหรืออะลูมิเนียมฟอยล์ โดยผู้ผลิตฉนวนมักหุ้มวัสดุกันความชื้นตัดมาพร้อมกันฉนวนเสร็จเรียบร้อยจากโรงงาน รูปที่ 2.14

รูปที่ 2.14 ฉนวนหุ้มท่อชนิดหุ้มวัสดุกันความชื้น

ปัจจุบันนิยมใช้ฉนวนฟองน้ำยางแบบหล่อรูปท่อหุ้มท่อน้ำเย็นขนาดเล็กกันมาก ฉนวนชนิดนี้เป็นทั้งฉนวนกันความร้อนและวัสดุกันความชื้นในตัว นอกจากนี้ยังสามารถตัดและติดตั้งได้ง่ายฉะนั้นจึงเสียค่าแรงในการติดตั้งต่ำมาก

ในการหุ้มฉนวนท่อส่วนที่อยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ มักใช้ผ้าใบหรือผ้าดิบหุ้มทับผิวฉนวนอีกชั้นหนึ่ง แล้วทาด้วยวัสดุที่ทำให้ผิวเรียบแข็ง

ในการหุ้มฉนวนท่อจะต้องหุ้มข้อต่อและวาล์วด้วย โดยใช้ฉนวนผสมซีเมนต์พอกข้อต่อและวาล์ว แต่มีข้อต่อบางชนิดที่มีฉนวนสำเร็จรูปขายซึ่งช่วยให้ทำงานได้สะดวกขึ้น ผู้หุ้มฉนวนควรเว้นไม่หุ้มฉนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการปิดเปิดวาล์วหรือหน้าแปลนที่อาจจะต้องถอดออกในอนาคต

การพิจารณาเลือกความหนาฉนวนเป็นเรื่องสำคัญอย่างหนึ่ง ถ้าใช้ฉนวนหนามากเท่าใดจะสูญเสียพลังงานและค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องต่ำเท่านั้น แต่ค่าฉนวนมักแพงขึ้นตามความหนาฉะนั้นฉนวนที่มีความหนาพอดีก็คือฉนวนที่ให้ผลบวกของราคาฉนวนและค่าเดินเครื่องต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติหลังจากติดตั้งระบบท่อและอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้วมักจะทาสีท่อและอุปกรณ์ที่อยู่ในบริเวณที่สามารถมองเห็นได้ (ไม่ว่าท่อหรืออุปกรณ์นั้นจะหุ้มฉนวนหรือไม่ก็ตาม) ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในด้านความสวยงามและการป้องกัน ในกรณีที่มีท่อของไหลอยู่ในบริเวณนั้นหลายท่อ มักจะทาสีท่อแต่ละชนิดด้วยสีคนละสีตามรหัสสากล นอกจากนี้ยังควรพ่นสีบอกชื่อและทิศทางไหลไว้ที่ท่อแต่ละชนิดเป็นระยะๆ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน บำรุงรักษาหรือซ่อมแซมในภายหลัง

ควรทำป้ายชื่อทองเหลือติดไว้ที่วาล์วทุกตัว ปกติป้ายชื่อมักแสดงหมายเลขและมีรายการสำหรับถอดรหัสหมายเลขเหล่านั้น โดยมักติดรายการถอดรหัสไว้ในบริเวณที่มองเห็นได้ชัด เช่น ในสำนักงานของวิศวกรปฏิบัติการเป็นต้น

2.12 การสร้างท่อลม

วัสดุที่นิยมใช้ทำท่อลมสำหรับระบบปรับอากาศได้แก่แผ่นเหล็กกล้าเคลือบสังกะสี แต่ปัจจุบันมีการใช้ท่อใยแก้วหล่อทำท่อลมกันบ้างแล้ว ในกรณีที่อากาศที่ไหลผ่านท่อลมเป็นอากาศกัดกร่อนจะต้องใช้วัสดุที่สามารถทนต่อการกัดกร่อนได้ เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม ทองแดง หรืออะลูมิเนียม

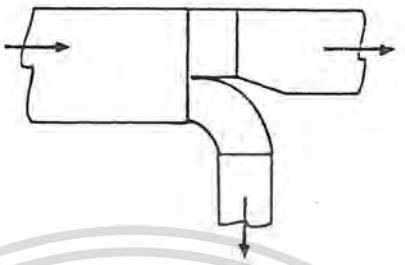
SMACNA (Sheet Metal and Air Coditioning Contractors National Association) ได้กำหนดมาตรฐานการสร้างท่อลมขึ้นมา มาตรฐานเหล่านี้ระบุความหนาโลหะแผ่น (เบอร์) วิธีการวัดท่อและเสริมความแข็งแรงท่อเพื่อป้องกันไม่ให้ท่อยุบหรือตกท้องช้างตลอดจนวิธีการต่อท่อลมแต่ละท่อนเข้าด้วยกัน การที่จะเลือกใช้มาตรฐานไหนขึ้นกับความดันอากาศในท่อลมแน่นอน ระบบท่อความดันสูงย่อมต้องใช้ท่อที่มีความแข็งแรงสูง อาจหารายละเอียดคำแนะนำในการสร้างท่อลมได้จากสิ่งตีพิมพ์ของ SMACNA สำหรับท่อลมที่ทำจากใยแก้วหล่อเหมาะสำหรับระบบท่อลมความดันต่ำเท่านั้น

มักใช้ท่อโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับงานระบบปรับอากาศน้ำและอากาศ ที่ใช้ความดันต่ำ (ความดันสถิตไม่เกิน 3 in wg.) สำหรับระบบความเร็วสูงมักนิยมใช้ท่อโลหะกลมซึ่งผลิตโดยเครื่องจักร บางครั้งอาจใช้ท่อกลมชนิดอ่อนต่อในท่อนท้ายเข้ากับหัวจ่ายลมเพื่อช่วยให้ผู้ติดตั้งสามารถขยับตำแหน่งติดตั้งหัวจ่ายลมได้บ้าง

ปกติมักต้องสร้างท่อโลหะรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าขึ้นมาตามความต้องการของงานแต่ละงาน แต่ท่อกลมที่ใช้เครื่องจักรผลิตมักมีขายในขนาดมาตรฐาน ด้วยเหตุนี้เองรวมทั้งจากการที่ท่อกลมมักใช้โลหะบางกว่า ดังนั้นระบบความดันสูงจึงมักใช้ท่อกลมเพราะมีราคาถูกกว่าท่อเหลี่ยม

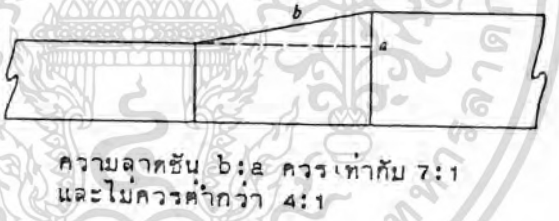
เอกสารนี้ [illegible] ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับข้อต่อท่อเหลี่ยมมีราคาสูงมาก เนื่องจากค่าแรงในการทำสูง ดังนั้นจึงควรสร้างให้มีรูปแบบง่ายที่สุดเว้นในกรณีที่ต้องการให้มีความดันสูญเสียต่ำ ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ข้อต่อท่อแยกแบบที่มีความดันสูญเสียต่ำ

ในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนขนาดท่อ ควรใช้ข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่มีความลาดชัน 7 : 1 ถ้าจำเป็นอาจใช้ความลาดชันต่างจากนี้ได้แต่ไม่ควรน้อยกว่า 4 : 1 เพื่อให้ความดันสูญเสียมีค่าต่ำสุด ดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ความลาดชันของข้อต่อเปลี่ยนขนาดที่แนะนำ

ในกรณีที่มีการเปลี่ยนทิศทางไหลควรใช้ข้องอรัศมียาวเพื่อให้มีความดันสูญเสียต่ำ ถ้ามีพื้นที่จำกัดทำให้ต้องใช้ข้องอรัศมีสั้นหรือข้องอฉากควรติดใบแบ่งช่องไหลไว้ในข้องอด้วยดังรูปที่ 2.17

ควรสร้างรอยต่อท่อลมให้สนิทที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้ลมรั่วที่รอยต่อมีปริมาณน้อยที่สุดถ้าจำเป็นควรทารอยต่อด้วยวัสดุกันรั่ว ปกติในการติดตั้งท่อลมพบว่าถ้าประกอบรอยต่อไม่เรียบร้อยจะมีอากาศรั่วอย่างมากไม่เกิน 10 % ของปริมาณลมออกแบบ

2.13 ฉนวนท่อลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักใช้ฉนวนหุ้มท่อลมเย็นหรือท่อลมร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อน สำหรับฉนวนท่อลมเย็นมักใช้วัสดุกันความชื้นหุ้มทับผิวด้านนอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ความชื้นกลั่นตัวที่ผิวท่อลมปกติวัสดุที่ใช้ทำฉนวนท่อลมได้แก่ใยแก้วหรือวัสดุประเภทที่มีความต้านทานความร้อนสูงอื่นๆ สำหรับวัสดุกันความชื้นมักนิยมใช้อะลูมิเนียมฟอยล์

รูปที่ 2.17 ข้องอมุมฉากซึ่งติดใบแบ่งช่องไหล

ฉนวนหุ้มท่อลมที่มีขายในท้องตลาดมีลักษณะเป็นม้วนหรือแผ่นแข็งดังรูปที่ 2.18 โดยฉนวนแผ่นแข็งมักมีราคาสูงกว่ามาก ฉะนั้นจะใช้ฉนวนแผ่นแข็งเฉพาะเมื่อมีความจำเป็นต้องเดินท่อลมในบริเวณที่เปิดเผย และถือว่าความสวยงามมีความสำคัญหรือเมื่อท่อลมมีโอกาสที่จะได้รับการกระทบกระแทก

บ่อยทีเดียวที่มักบุฉนวนกันเสียงไว้ที่ผิวด้านในของท่อลมเพื่อใช้ในการเก็บเสียง ปกติวัสดุกันเสียงเหล่านี้มักมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อนด้วย

2.14 วาล์ว

มีวาล์วชนิดต่างๆ หลายชนิดและแต่ละชนิดมีประโยชน์ใช้สอยต่างกัน ในที่นี้จะกล่าวถึงวาล์วบริการที่นิยมใช้ทั่วไปในระบบท่อเท่านั้น แล้วสามารถแบ่งวาล์วได้เป็น 4 ชนิดคือ

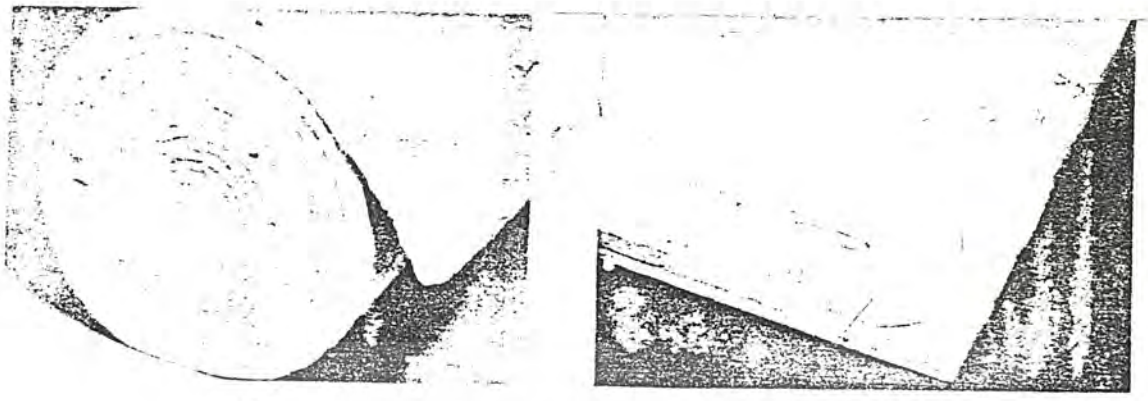
2.14.1 วาล์วปิด

ใช้วาล์วกลุ่มนี้ในการปิดกั้นไม่ให้ของไหลไหลเท่านั้น วาล์วกลุ่มนี้ช่วยให้สามารถแยกอุปกรณ์บางชิ้นบางส่วนของระบบออกไปซ่อมแซมได้ โดยส่วนอื่นของระบบยังคงทำงานได้ต่อไปตามปกติ วาล์วประตูในรูปที่ 2.19 คือตัวอย่างของวาล์วกลุ่มนี้ จะสังเกตเห็นว่าช่องทางไหลของวาล์วประตูอยู่ในแนวตรง ฉะนั้นจึงมีความดันสูญเสียต่ำ

2.14.2 วาล์วควบคุมอัตราไหล

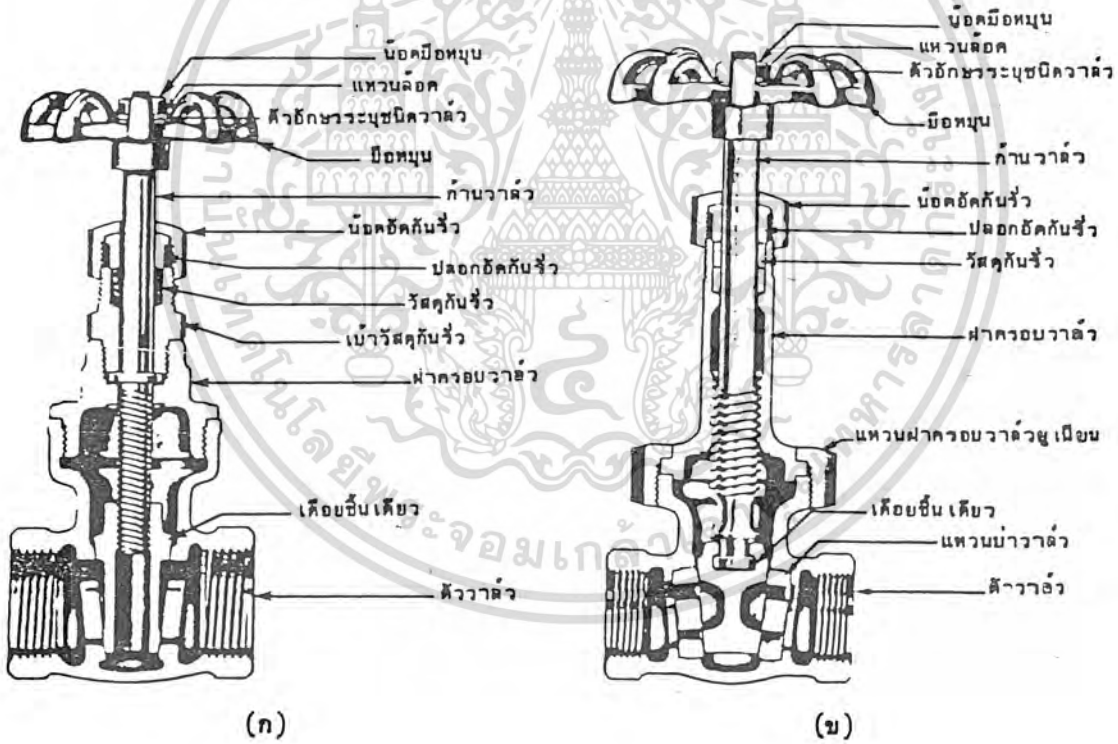
ใช้วาล์วกลุ่มนี้ควบคุมอัตราไหลโดยการปรับด้วยมือ ซึ่งมีประโยชน์ในการควบคุมอัตราไหลของของไหลผ่านอุปกรณ์หรือวงจรต่างๆ ด้วยอัตราเหมาะสมตัวอย่างของวาล์วกลุ่มนี้ได้แก่ วาล์วลิ้นกลมในรูปที่ 2.20 วาล์วมุม วาล์วปลั๊ก วาล์วเดือยเข็นและวาล์วผีเสื้อ

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) (ข)

รูปที่ 2.18 ฉนวนหุ้มท่อลม ก) แบบม้วน ข) แบบแผ่นแข็ง



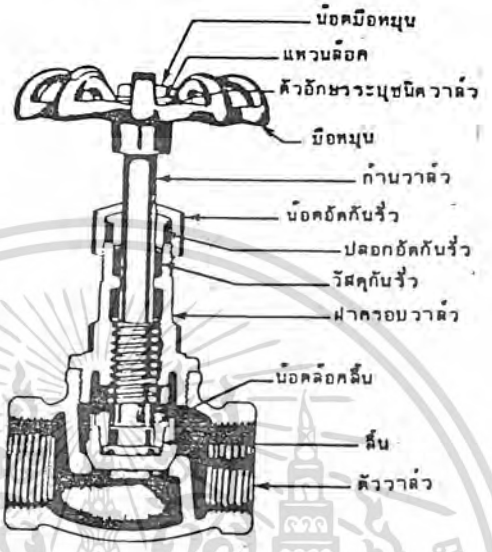
(ก) (ข)

รูปที่ 2.19 วาล์วประตู ก) ฝาครอบเกลียว, ก้านวาล์วไม่เคลื่อนขึ้น
ข) ฝาครอบยูเนียน, ก้านวาล์วเคลื่อนขึ้น

ไม่ควรใช้วาล์วประตูในการควบคุมอัตราไหล ควรใช้ในงานที่ต้องการปิดหรือเปิดเต็มที่แต่เพียงอย่างเดียว เพราะโครงสร้างภายในไม่เหมาะที่จะใช้ในการทร้อททิ้ง (throttling) การไหล ถ้าเปิดวาล์วชนิดนี้บางส่วนหรือปิดครึ่งๆกลางๆ จะเกิดการกัดกร่อนที่บ่าวาล์วและสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันมาก (wiredrawing) อย่างไรก็ตาม อาจใช้วาล์วควบคุมอัตราไหลทุกชนิดปิดกั้นการไหลได้ แต่ควรใช้ในกรณีฉุกเฉินเท่านั้นเพราะถ้าใช้จะต้องบาลานซ์ระบบใหม่



รูปที่ 2.20 วาล์วลิ้นกลม

2.14.3 วาล์วจำกัดทิศทางไหล

เรียกวาล์วที่ยอมให้ของไหลไหลผ่านได้ในทิศทางเดียวเท่านั้นว่าวาล์วกันกลับ ในระบบท่อที่ใช้สำหรับหมุนเวียนน้ำ น้ำอาจไหลย้อนกลับทิศได้ในเวลาที่ระบบหยุดทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบที่มีเฮดสถิต การไหลย้อนกลับทางทำให้อุปกรณ์เสียหายหรือทำให้อุปกรณ์หรือท่อไม่มีน้ำอยู่ภายในโดยไม่ตั้งใจ รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างวาล์วกันกลับบางชนิด วาล์วกันกลับชนิดสวิงใช้กับท่อแนวระดับเท่านั้น ส่วนวาล์วกันกลับชนิดยกแนวตั้งหรือวาล์วกันกลับชนิดสปริงสามารถใช้กับท่อแนวตั้งได้ ปกติจะติดตั้งวาล์วกันกลับไว้ที่ทางส่งของปั๊ม

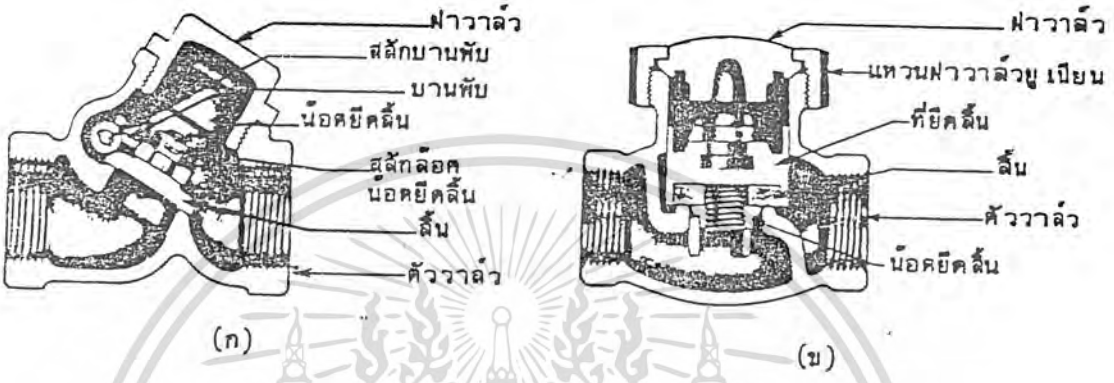
2.14.4 วาล์วควบคุมความดัน

ในกรณีที่ความดันน้ำอาจสูงเกินขีดปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์ วาล์วชนิดนี้จะทำหน้าที่ควบคุมความดันด้านส่งให้อยู่ภายในขีดจำกัดที่ตั้งไว้ ปกติมักใช้วาล์วควบคุมความดันกับท่อเติมน้ำเข้าระบบในกรณีที่น้ำที่เติมได้มาจากท่อประปาความดันสูง และใช้ในกรณีที่ระบายความดันที่สูงกว่าความดันที่ตั้งไว้ จะใช้วาล์วชนิดนี้ระบายความดันส่วนที่เกินออกจากบอยเลอร์หรืออุปกรณ์อื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.15 ปั๊ม

ปั๊ม คือ อุปกรณ์ที่ใช้หมุนเวียนของเหลวภายในระบบท่อ เช่น ระบบระบายน้ำ ระบบปรับอากาศชนิดระบบน้ำและอากาศ ซึ่งที่นิยมใช้มากที่สุดในระบบปรับอากาศชนิดระบบน้ำและอากาศ ได้แก่ปั๊มเซ็นตริฟูกอล



รูปที่ 2.21 วาล์วกันกลับ ก) ชนิดสวิง ข) ชนิดยกแนวนอน

2.15.1 การจำแนกชนิดปั๊ม

ปั๊มอาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) ปั๊มแบบเซ็นตริฟูกอล (Centrifugal) ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ ได้แก่

ปั๊มแบบแรงเหวี่ยง (radial and mixed flow) ซึ่งอาศัยแรงเหวี่ยงของใบพัดในการสูบน้ำ การไหลของน้ำผ่านปั๊มมี 2 ลักษณะได้แก่ การไหลตามแนวรัศมี (radial flow) การไหลตามแนวรัศมีบางส่วนและแนวศูนย์กลางบางส่วน เรียกว่าการไหลผสม

ปั๊มแบบใบพัด (mixed flow) หรือปั๊มแบบไหลศูนย์กลาง (propeller pump) ซึ่งการไหลของน้ำ มีลักษณะไหลตามแนวศูนย์กลาง (axial flow)

2) ปั๊มแบบแทนที่ (Displacement pump) การไหลของน้ำมีลักษณะถูกทำให้เคลื่อนที่ได้โดยการแทนที่ด้วยระบบกลไก เช่น ปั๊มแบบสว่าง (screw pump) ปั๊มแบบลูกสูบ (reciprocating pump) ซึ่งรวมทั้งเครื่องสูบมือโยก (hand pump) และปั๊มแบบโรตารี่ (rotary pump)

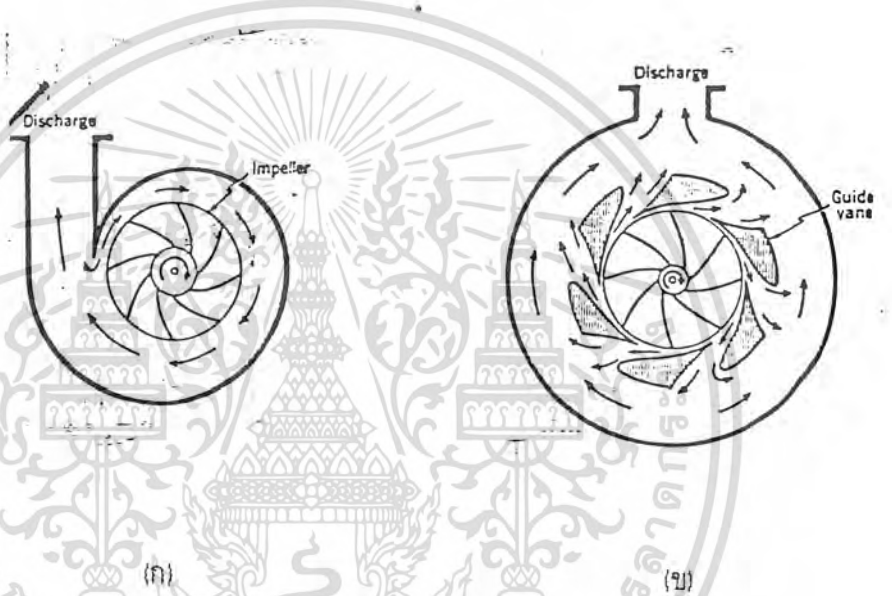
3) ปั๊มที่มีลักษณะพิเศษอื่นๆ เช่น jet pump, air-lift-pump และ hydralic ram

เนื่องจากนิยมใช้ปั๊มระบบเซ็นตริฟูกอลมากที่สุดจึงขอกล่าวถึงเฉพาะระบบเซ็นตริฟูกอลนี้

2.15.2 ลักษณะปั๊ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งที่ความสำคัญอย่างมากต่อสมรรถนะของปั๊ม คือ ความดัน (head) ที่ปั๊มสร้างขึ้น อัตราไหลที่ส่งออก กำลังม้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนและประสิทธิภาพของปั๊ม เรียกสิ่งเหล่านี้ว่า ลักษณะปั๊ม (pump characteristics) ปกติจะแสดงลักษณะแต่ละตัวด้วยเคอฟและอาจใช้เคอฟในการเลือกปั๊มเพื่อนำไปใช้งาน ลักษณะทั่วไปของเคอฟของปั๊มเซ็นตริฟูกอล แต่ละตัวจะเหมือนกันบ่อยทีเดียวที่การวิเคราะห์เคอฟเหล่านี้จะช่วยให้ทราบสาเหตุของข้อขัดข้องในการทำงานของปั๊ม ปกติจะแสดงเคอฟของปั๊มสามเคอฟด้วยกันคือ เคอฟที่ใช้จากการพล็อต



(ก) (ข)

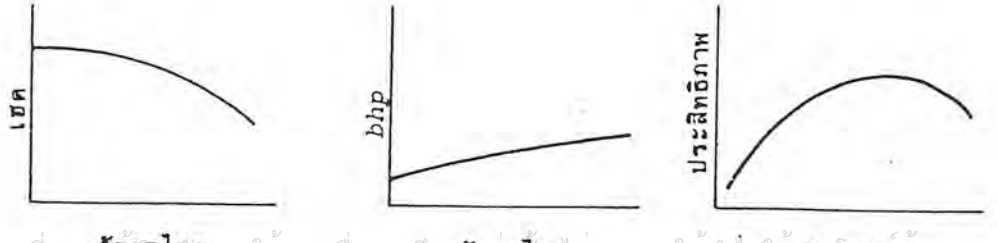
รูปที่ 2.22 ปั๊มชนิดเซ็นตริฟูกอล ก) แบบแรงเหวี่ยง
ข) แบบใบพัด

1) อัตราไหลกับความดัน (เฮด)

2) อัตราไหลกับแรงม้าเบรค

3) อัตราไหลกับประสิทธิภาพ

ได้แสดงตัวอย่างเคอฟของปั๊มเซ็นตริฟูกอลไว้ในรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างเคอฟลักษณะสมรรถนะของปั๊มเซ็นตริฟูกอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเคอฟความดัน (เฮด) - อัตราไหลจะเห็นว่าปั๊มเซ็นตริฟูกอลจะสร้างเฮดได้น้อยลงถ้าอัตราไหลสูงขึ้น ที่ภาวะซึ่งอัตราไหลเท่ากับศูนย์หรือปิดท่อไม่ให้น้ำไหลเฮดจะมีค่าสูงสุดหรือเกือบสูงสุด

เรียกกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนปั๊มว่าแรงม้าเบรค (bhp) จากเคอฟ "bhp-อัตราไหล" จะเห็นว่าปั๊มเซ็นตริฟูกอลจะใช้กำลังงานมากขึ้นเมื่ออัตราไหลสูงขึ้น

bhp คือ กำลังงานที่ป้อนให้ปั๊ม สำหรับกำลังงานที่ส่งออกจากปั๊มคือกำลังงานที่ส่งถ่ายให้น้ำ เรียกกำลังงานนี้ว่าแรงม้าน้ำและอาจหาได้จากสมการ

$$whp = (gpm)\gamma\, h/3960 \qquad (2.3)$$

เมื่อ whp = แรงม้าน้ำ (กำลังงานส่งออก), hp

gpm = อัตราไหล, gpm

h = เฮดรวมของปั๊ม, ft ของไหล

γ = ความถ่วงจำเพาะของของไหล

= 1 สำหรับน้ำ

เนื่องจากมีความเสียดทานและมีความสูญเสียอื่นอยู่ในตัวปั๊ม ฉะนั้นกำลังงานที่ป้อนให้ปั๊มจะมากกว่ากำลังงานที่ปั๊มส่งออกเสมอ นิยามประสิทธิภาพของปั๊ม (n_p) ว่า

$$n_p = \text{กำลังงานส่งออก/กำลังงานป้อนเข้า} * (100) \qquad (2.4)$$

ได้แสดงเคอฟประสิทธิภาพ-อัตราไหลของปั๊มเซ็นตริฟูกอลไว้ในรูปที่ 2.23 ด้วย จะเห็นว่าเมื่อปิดท่อทางออกไม่ให้น้ำไหล ประสิทธิภาพของปั๊มจะเท่ากับศูนย์ เมื่ออัตราไหลสูงขึ้นประสิทธิภาพจะสูงขึ้นและจะมีค่าสูงสุดที่อัตราไหลหนึ่ง ถ้าอัตราไหลสูงกว่านี้ประสิทธิภาพของปั๊มกลับลดลง

2.15.3 การเลือกปั๊ม

การศึกษาวิธีการหาสมรรถนะของปั๊มจากเคอฟในหัวข้อที่แล้ว มีประโยชน์ต่อผู้ดูแลหรือวิศวกรในการทดสอบปั๊มที่อยู่ในความดูแลและในการเลือกซื้อปั๊มใหม่เพื่อนำไปใช้งาน ปั๊มที่เลือกจะต้องมีคะแพสซิตีเท่ากับอัตราไหลที่ระบบต้องการและมีเฮดเท่ากับความดันสูญเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

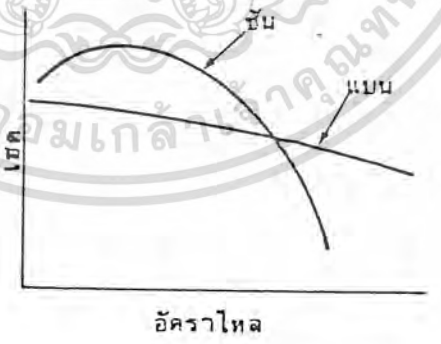
ในระบบ ลักษณะสำคัญทั้งสองนี้เป็นลักษณะสำคัญพื้นฐานที่ใช้ในการเลือกปั๊ม ปัจจัยอื่นๆ ที่จะต้องนำมาพิจารณาเลือกปั๊มให้เหมาะกับงานคือ

1) ควรเลือกปั๊มซึ่งทำงานที่จุดใกล้กับจุดที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ปกติจุดนี้จะอยู่ประมาณช่วงกึ่งกลางของคะแพสซิตีอัตราไหล

2) สำหรับระบบน้ำปรับอากาศควรเลือกปั๊มที่ความเร็ว 1,750 rpm มากกว่าที่ 3,500 rpm เพราะถึงแม้ว่าปั๊มที่มีความเร็ว 3,500 rpm จะมีขนาดเล็กกว่า แต่ก็มีรอบสูงกว่าด้วย ฉะนั้นจะมีระดับเสียงรบกวนสูงกว่าซึ่งอาจทำความรำคาญให้กับคนที่อยู่ในเขตอาศัยได้

3) ไม่ควรเลือกปั๊มซึ่งทำงานในบริเวณใกล้กับจุดที่มีคะแพสซิตี (อัตราไหล) สูงสุด เพราะถึงแม้ว่าการเลือกเช่นนี้จะได้ปั๊มที่มีขนาดเล็กกว่าก็ตาม แต่ถ้าหากอัตราไหลที่ระบบต้องการจริงสูงกว่าอัตราไหลออกแบบ ปั๊มจะมีคะแพสซิตีเหลือไม่พอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้น ปกติควรเลือกปั๊มที่ทำงานในบริเวณที่มีอัตราไหลประมาณ 50 - 70 % ของอัตราไหลสูงสุด

4) ความชันของเคอฟเฮด - อัตราไหลของปั๊มเซ็นตริฟูกอลแต่ละตัวไม่เท่ากัน ทั้งนี้ขึ้นกับการออกแบบปั๊ม รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างเคอฟเฮด-อัตราไหลซึ่งมีลักษณะชันและแบนตามลำดับ



รูปที่ 2.24 ลักษณะเฮดของปั๊มที่ชันและแบน

สำหรับระบบน้ำปรับอากาศควรใช้ปั๊มที่มีเคอฟเฮดแบน เพราะถ้ามีการเปลี่ยนแปลงอัตราไหลมากเฮดของปั๊มจะได้ไม่เปลี่ยนมากนัก ทำให้สามารถบาลานซ์และควบคุมอัตราไหลได้ง่ายกว่า สำหรับปั๊มที่มีเคอฟเฮดชันควรใช้กับงานที่คาดว่าความต้านทานของระบบจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน แต่ยังคงต้องการอัตราไหล (เกือบ) คงที่เหมือนเดิม ตัวอย่างเช่น ระบบท่อน้ำเหล็กหล่อ,เหล็กอาบสังกะสี จะมีผิวท่อหยาบมากขึ้นตามอายุใช้งาน ฉะนั้นความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้านทานเนื่องจากความเสียดทานจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ความต้องการเฮดของปั๊มเพิ่มตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ระบบระบายอากาศ
(VENTILATION SYSTEM)

1. ระบบระบายอากาศVENTILATION

เป็นระบบที่ระบายนำอากาศเสีย อากาศที่มีปริมาณความชื้นไม่เหมาะสม ทำให้ผู้ที่อยู่ในอากาศชนิดนี้เกิดความรู้สึกไม่สบายตัวดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ระบบระบายอากาศมีความจำเป็นต่อระบบรถไฟฟ้าใต้ดินอย่างมาก ระบบระบายอากาศมีด้วยกัน 2 ระบบ คือ

1.1 ระบบระบายอากาศโดยใช้ธรรมชาติ (Natural Ventilation)

การระบายอากาศแบบนี้ ควรจะคำนึงถึงไว้ตั้งแต่เมื่อมีการเลือกสถานที่จะทำอุโมงค์ คือ เป็นการดีที่จะวางตัวอุโมงค์ให้ยาวขนานไปตามทิศทางลม เพื่อช่วยในการใช้ระบายอากาศ โดยลมจะช่วยเพียงส่วนหนึ่ง และยังช่วยระบายอากาศได้ โดยความแตกต่างกันของความดันบรรยากาศภายนอกและภายใน ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิและความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ต่างกัน

ANDREAE ได้แบ่ง ความดันรวมออกเป็น 3 ส่วน คือ

$$h_n = \pm h_t \pm h_b \pm h_w$$

โดย

h_t = $\gamma H \alpha (t_1 - t_2)/1 + \alpha t_1$: hydrostatic head (mm)

H = ความต่างกันของระดับระหว่างปลาย 2 ด้านของอุโมงค์

γ = น้ำหนักจำเพาะของอากาศ (kg/m^3)

t_1, t_2 = อุณหภูมิที่ด้านในและด้านนอกตามลำดับ (^{o}C)

α = $(1/273)\ h_b$ = 13.6 b : hydrostatic head (mm)

b = diff.of barometric pressure ของปลายทั้ง 2 ด้านของอุโมงค์

h_w = $\sin^2 \phi \gamma w^2/2g$

w = ความเร็วลม (m/s)

ϕ = มุมเอียงของลมต่อแนวกลางของอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าพิจารณาการสูญเสียจากความเสียดทาน ความเร็วในการเคลื่อนที่ของอากาศในอุโมงค์จะกลายเป็น

$$v_n = \sqrt{2gh_n/\gamma \, [\, 1 + \sum \lambda \, (L/R)]}$$

เมื่อ λ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ lining

= 0.007 สำหรับหิน, อิฐ

= 0.006 สำหรับ lining ที่เรียบ

L = ความยาวของอุโมงค์ (m)

γ = ความถ่วงจำเพาะของอากาศ (kg/m^3)

R = F/U = hydrolic radius

F = พื้นที่ของหน้าตัด

U = เส้นรอบรูปของหน้าตัด

ความยาวของอุโมงค์ที่มากที่สุดของอุโมงค์รถยนต์ เมื่อไม่มีการใช้เครื่องช่วยระบายอากาศจะขึ้นกับตัวแปรหลายตัว คือ พื้นที่หน้าตัดของอุโมงค์ (F) , ปริมาณทั้งหมดของอุโมงค์, ความเร็วเฉลี่ย (v,หน่วย km/hr) , ปริมาตรการจราจรและความสามารถของอุโมงค์, ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ที่อนุญาติให้ได้ (f) และที่เกิดขึ้นจริง ปริมาตรฝุ่นควันที่ดูดออกของก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ (q : หน่วย l/min ต่อ 1คัน) ระยะห่างเฉลี่ยระหว่างรถ (a) ซึ่งรวมระยะการเบรกด้วย ; โดยจำนวนยวดยาน : Z = 2000L/a (ณ เวลาใดเวลาหนึ่งในอุโมงค์) และเวลาที่รถแต่ละคันใช้เดินทางในอุโมงค์ : t = 3600/v (sec) และความยาวมากที่สุดของอุโมงค์

$$L = fFav/120a \quad (km)$$

เช่น F= 61.77 m^2 , f = 0.22 % , v =13 km/hr , q = 60 l/min , a = 9.9 m และ L = 0.28 km จะได้ L = 0.28 km

1.2 การระบายอากาศโดยใช้เครื่องช่วย (Mechanical ventilation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณอากาศที่ต้องการขึ้นกับมลพิษในอากาศที่ยอมให้มีได้ และจำนวนของความร้อนที่จะถูกถ่ายเท และก็ควรรู้ด้วยว่ามลพิษในอากาศก็แปรตามก๊าซพิษแต่ละชนิดที่เกิดขึ้น รูปที่ 3.1 เป็นรูปแสดงอันตรายเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ต่างๆกัน ซึ่งควรที่จะคำนึงถึงด้วยเมื่อมีคนงานลงไปปฏิบัติงานในอุโมงค์

ปริมาณการจราจรและประเภทของยานพาหนะก็มีผลอย่างมากต่อความต้องการใช้อากาศ ซึ่งมีให้เห็นแล้วว่า อุโมงค์ที่เป็นแบบnatural ventilation ต่อมาก็ใช้แบบ mechanical ventilation เข้ามาด้วยเพราะมีปริมาณการจราจรเพิ่มขึ้น

ในการออกแบบระบบ mechanical ventilation นั้น ปริมาณอากาศที่ต้องการต้องคำนึงถึงปัจจัยทางสภาพธรรมชาติด้วย ไม่ว่าจะเป็นความแตกต่างกันของ barometric pressure , อุณหภูมิ,ลม

การดูดอากาศ (air suction) ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของยานพาหนะนั้นควรคำนึงถึงในการออกแบบด้วย

2. ระบบ MECHANICAL VENTILATION ในตัวอุโมงค์

ในตัวอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินจะเป็นการระบายอากาศไปตามความยาวตามอุโมงค์ไม่เหมือนกับอุโมงค์สำหรับรถยนต์ที่สามารถระบายอากาศได้ตลอดทั้งความยาวอุโมงค์ แต่อุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินอย่างนั้นไม่ได้เพราะช่องเปิดจะมีอยู่อย่างจำกัดคือที่สถานีรถไฟ

การระบายอากาศของตัวอุโมงค์/สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินมีอยู่ 2 ระบบ คือ

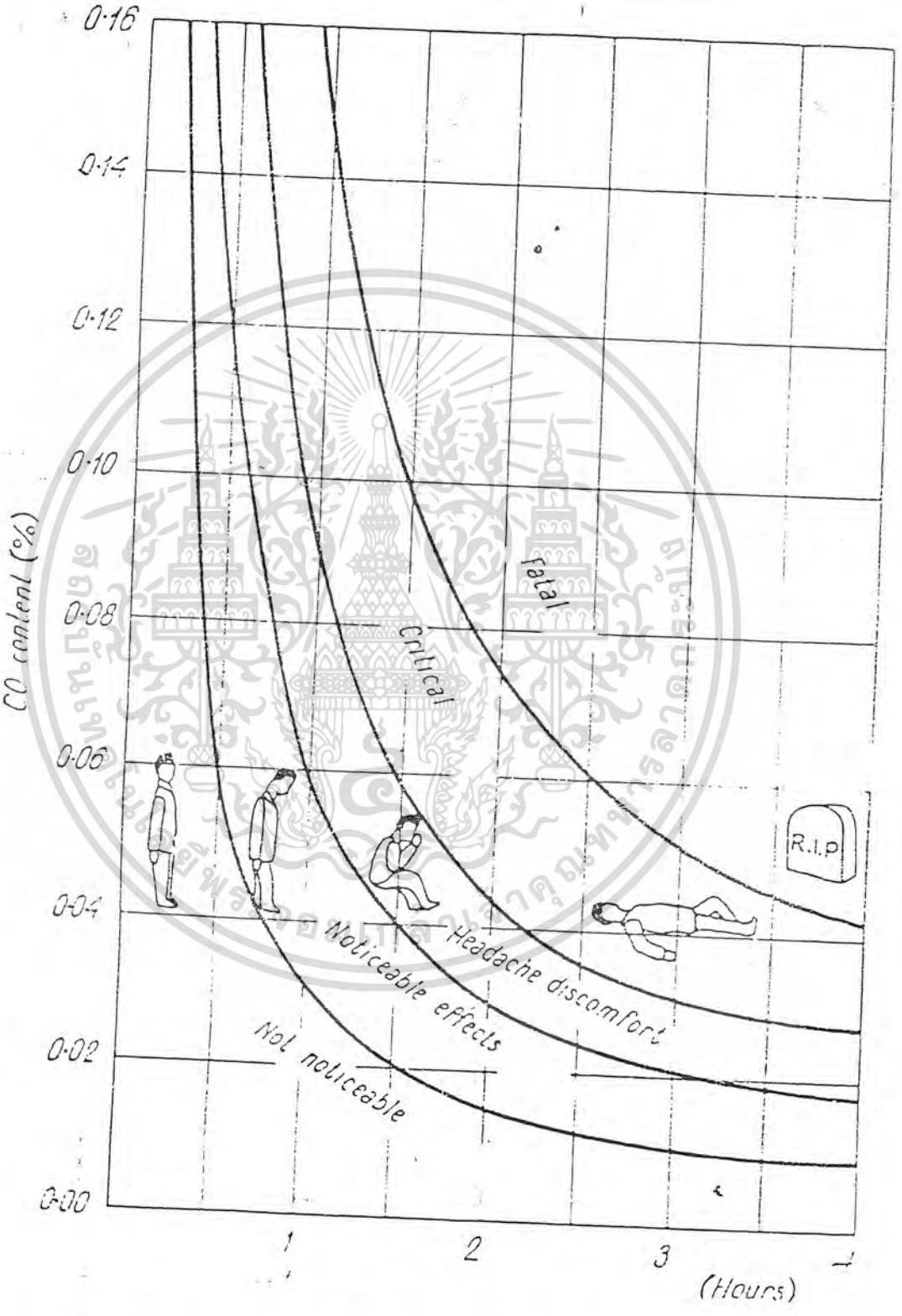
2.1 Primary ventilation

จะเกี่ยวกับเส้นทางของอุโมงค์, สถานี, ตัวรถ, การเคลื่อนที่ของความร้อนที่เพิ่มขึ้นจาก motor, ผู้โดยสารและแสงสว่าง, การเคลื่อนที่ของความชื้นที่เพิ่มขึ้นจากน้ำใต้ดินและผู้โดยสาร, เพื่อให้อากาศดีให้กับผู้โดยสารและในช่วยในการควบคุมฝุ่นละออง

2.2 Secondary ventilation

จะใช้กับโรงไฟฟ้าใต้ดินและตามห้องใช้งานต่างๆ อากาศจะถูกพาเข้าและออกโดยใช้พัดลมช่วยระบายอากาศ ทิศทางของการระบายอากาศจะเปลี่ยนไปตามฤดูกาล ในฤดูร้อนกับฤดูหนาวก็จะตรงกันข้ามกัน (ในต่างประเทศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้น CO กับเวลาสูบดม ที่มีผลต่อมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนอากาศที่ต้องการในการระบายอากาศของระบบรถด่วน (rapid transit systems) จะดูดความร้อนที่เกิดขึ้นซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณการจราจร

ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านลงดินทางผนังนั้นสามารถแสดงได้อย่างประมาณ คือ

$$Q = F(t_s - t_t)k$$

เมื่อ F = พื้นที่ผิวของ tunnel lining ก็ไม่สัมผัสกับพื้นดิน (m^3)

t_s , t_t = อุณหภูมิของอุโมงค์ และดิน ตามลำดับ ($^{\circ}C$)

k = สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (ประมาณ 1.2-1.5 cal/m^3/hr/$^{\circ}C$)

เนื่องจากสภาพการนำความร้อนที่ต่ำของพื้นดินดังนั้นการดูดซับความร้อนโดย tunnel lining ก็ไม่สามารถทำได้ ดินนั้นไม่สามารถรักษาการกระจายตัวของความร้อนที่เกิดขึ้นเรื่อยๆ และความร้อนจะมีการไหลถ่ายเทรอบๆ อุโมงค์ด้วย โดยจะมีการเก็บสะสม (charging) ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอุ่น และจะมีการคายออก (discharging) ในช่วงอากาศที่เย็น เช่น กลางวันและกลางคืน ฤดูร้อนและฤดูหนาว

ดังนั้นส่วนใหญ่แล้วในการระบายความร้อนจะทำแบบ mechanical ventilation ในการระบายอากาศตามแนวความยาวอุโมงค์นั้น การเคลื่อนที่ของขบวนรถจะดันอากาศไปด้วย คล้ายการคลื่นที่ของลูกสูบ แต่ก็ไม่เพียงพอที่ดันให้อากาศเสียออกไปสู่พื้นดันข้างบนได้

ในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินสมัยใหม่นี้ มีความร้อนที่เกิดขึ้นจากรถไฟประมาณ 688,000 cal (800kW) รวมกับที่เกิดขึ้นจากผู้โดยสาร 120,000 cal (48,000 คน/ชม) จำนวนรวมของความร้อนที่ถูกถ่ายเทไปจะประมาณ 1,000,000 cal/คน/hr และในอากาศ 1 m^3 จะมีความร้อนที่ต้องการระบายออก เกิดขึ้น 0.3 cal ถ้าความแตกต่างของอุณหภูมิภายในและภายนอกเป็น 10 $^{\circ}C$ หรือ 20 $^{\circ}C$ ฉะนั้น ปริมาณรวมของอากาศที่ต้องมีการระบายจะเป็นจำนวน 333,000 หรือ 167,000 m^3/hr^1 ตามลำดับ จำนวนความร้อนที่กำหนดได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 นี้

ในระบบการระบายอากาศนั้นควรคำนึงถึงด้านสุขาภิบาลและเรื่องการควบคุมฝุ่นละอองด้วย[2] สำหรับปล่องระบายอากาศและช่องทางเข้าอุโมงค์ในระหว่างการก่อสร้างนั้นสามารถใช้เป็นส่วนของระบบระบายอากาศที่สมบูรณ์ได้เลย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 อากาศจะไหลเข้ามาทางท่ออากาศทางใต้อุโมงค์และขึ้นไปตามท่อที่อยู่ภายในเสาออกมาสู่ตัวชานชลา ในทางกลับกันอากาศที่สกปรกก็จะถูกดูดระบายออกในรูปแบบเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ระบบระบายอากาศระหว่างการก่อสร้าง

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนความร้อนที่เกิดขึ้นในอุโมงค์ในตัวเมือง (ต่อกิโลเมตร)

คำอธิบาย	ความหนาแน่นการจราจร	ความร้อนจากร่างกายคน (cal)	จากยานพาหนะ	ความร้อนจากเครื่องจักร,อุปกรณ์			ความร้อนรวม/ชม.
				การขับเคลื่อน (cal)	output (kw)	Gen. heat (cal)	
ทางหลวง (ปริมาณรถน้อย)	20 คัน/ชม.	-	200 HP	126,400	5 (แสงสว่าง)	4,300	131,000
ทางหลวง (ปริมาณรถมาก)	200 คัน/ชม	-	2000 HP	1,264,000	30 (แสงสว่าง)	25,800	1,290,000
อุโมงค์รถไฟแบบเก่า (ตื้น)	9,600 คน/ชม	30,000	200 kw	172,000	14	12,000	214,000
อุโมงค์รถไฟแบบใหม่ (ลึก)	38,000 คน/ชม	120,000	800 kw	688,000	210	180,000	988,000

ที่มา: [1] ARBUZOV,G.V. ; Ventilaciya tonnelei Metropolitenov (Ventilation of subway tunnels), Moscow 1950

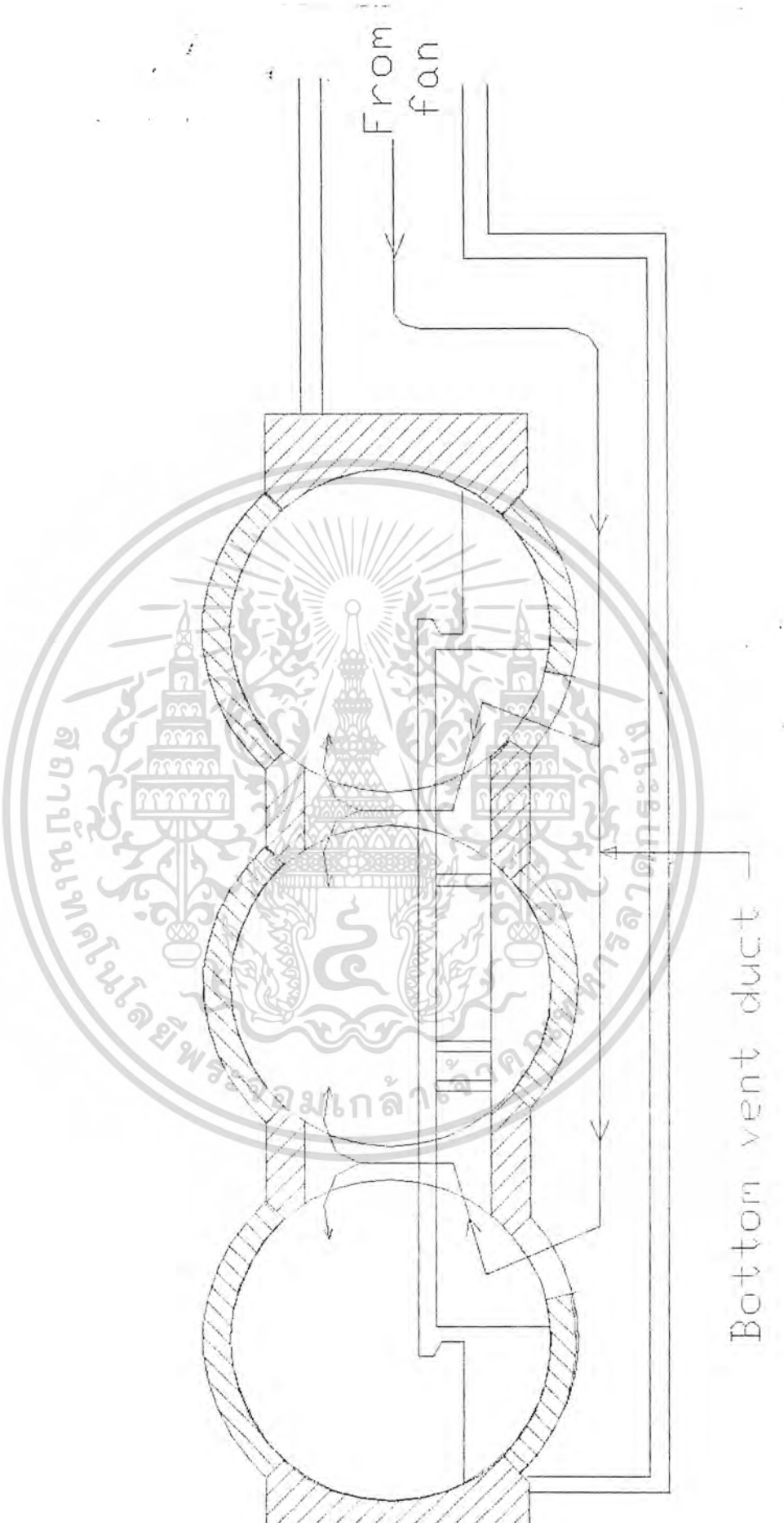
ในระหว่างทำงานใต้ดินจะต้องมีปริมาณอากาศดีที่เพียงพอต่อคนงาน ต้องมีการระบายอากาศที่ดีเพื่อระบายพวกฝุ่นควัน ต่างๆ เช่นที่เกิดจากการระเบิด ปริมาณของออกซิเจนในอากาศโดยทั่วไปมีประมาณ 21 % แต่ถ้ามีต่ำกว่า 20 % อาจเกิดอาการปวดศีรษะ และถ้าน้อยกว่า 17 %อาจทำให้หมดสติได้

หมายเหตุ

[1] : ARBUZOV,G.V. ; Ventilaciya tonnelei Metropolitenov (Ventilation of subway tunnels), Moscow 1950

[2] : ดูตัวอย่างการออกแบบจาก : DANDUROV,M.I.: Tonneli (tunnels) Gos.Transp. Zheleznodorozhnoe Izd.,Moscow 1952

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.2 แสดงการระบายอากาศในอุโมงค์

ปริมาณของอากาศที่ต้องการจะพิจารณาได้จาก

1). จำนวนคนงานที่ทำงาน (ในแต่ละผลัด)

2). haulage system

3). ชนิดและปริมาณของวัตถุระเบิด

4). ประเภทของการทำงาน

5). ปริมาณของก๊าซที่เกิดขึ้นในอุโมงค์

ในสภาพปกติคนเราต้องการอากาศประมาณ 30 ลิตร/คน/นาที แต่ค่าที่ใช้ออกแบบในสภาพที่มีฝุ่นควัน มลพิษต่างๆ จะต้องการประมาณ 2 m^3/คน/นาที และสำหรับอุโมงค์ที่ยาวจะใช้ประมาณ 60 m^3/คน/นาที

เครื่องยนต์ระบบดีเซลต้องการอากาศ 2.3 m^3/แรงม้าของเครื่อง และเมื่อเดินเครื่องจะให้ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ออกมาประมาณ 3% และอาจสูงถึง 7%

พวกฝุ่นควันที่เกิดจากการระเบิดก็มีผลต่อความต้องการปริมาณอากาศดีเพิ่มขึ้นในการระเบิดจะมีก๊าซต่างๆออกมาด้วย เช่น CO, CO_2 ,NO_2 เช่น การระเบิดไดนาไมต์ ปริมาณ 1 กิโลกรัม จะให้ฝุ่นควันปริมาณ 0.6 m^3 ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ 46%-28% , CO_2 22%-42% ,N 17%-25% ,H 15%-5% ตัวอย่างเช่นในการหาปริมาณอากาศที่ต้องการสำหรับก๊าซCO ที่เกิดขึ้น คือ

$$Q = 5Ab/t \quad (m^3)$$

โดย A = น้ำหนักของวัตถุระเบิด (กก.)

b = จำนวน CO ที่เกิดจากวัตถุระเบิด 1 กก. (ลิตร)

t = เวลาในการระบายอากาศ (นาที)

การระบายอากาศในระหว่างการก่อสร้างมีหลักการอยู่ 3 วิธี คือ

3.1 Blowing Method

อากาศดีจะถูกนำเข้าสู่พื้นที่ทำงานโดยตรง ส่วนอากาศที่เสียก็จะถูกพัดพากลับไปตามตัวอุโมงค์ ข้อเสียของวิธีนี้ คือ พวกอากาศเสียและฝุ่นควันที่ย้อนกลับมาตามอุโมงค์นั้นจะปล่อยให้เจือจางเองทีละน้อยเพราะมีความเร็วต่ำจึงระบายออกได้ช้า ซึ่งส่งผลถึงการปฏิบัติงานพวกนั่งร้านการทำ lining ที่อยู่ข้างหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

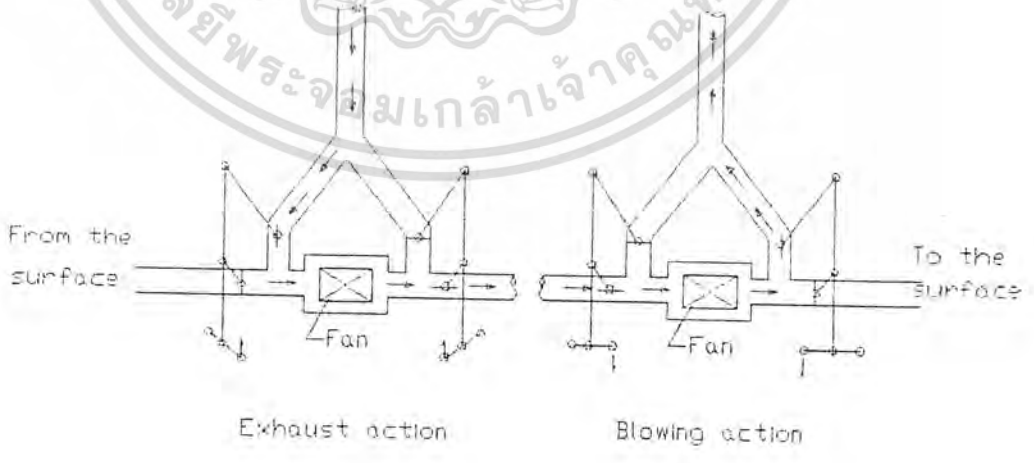
3.2 Exhausting Method

อากาศเสียจะถูกนำออกผ่านทางท่อ และจะมีอากาศดีผ่านตามแนวการทำอุโมงค์ตลอดความยาวอุโมงค์ การถ่ายเทอากาศจะไม่รวดเร็วและจะไม่กระจายอย่างสม่ำเสมอเหมือนแบบวิธีแรก จะมีการต่อท่อเพิ่มขึ้นชั่วคราว เพื่อลดปริมาณการสูญเสียอากาศ อากาศดีจะเข้ามาทางช่อง portal หรือช่อง shaft อาจจะดูดซับความร้อนและความชื้นลงมาตามแนวอุโมงค์ที่เจาะมาสู่พื้นที่ที่ทำงานอยู่ ซึ่งอาจจะทำให้ร้อนขึ้นไปบ้างก็ได้ วิธีนี้ก็สามารถติดตั้งท่อเพื่อที่จะนำอากาศดีเข้าไปยังพื้นที่ที่ทำงานได้โดยตรงเช่นกัน

3.3 ทั้งสองวิธีรวมกัน

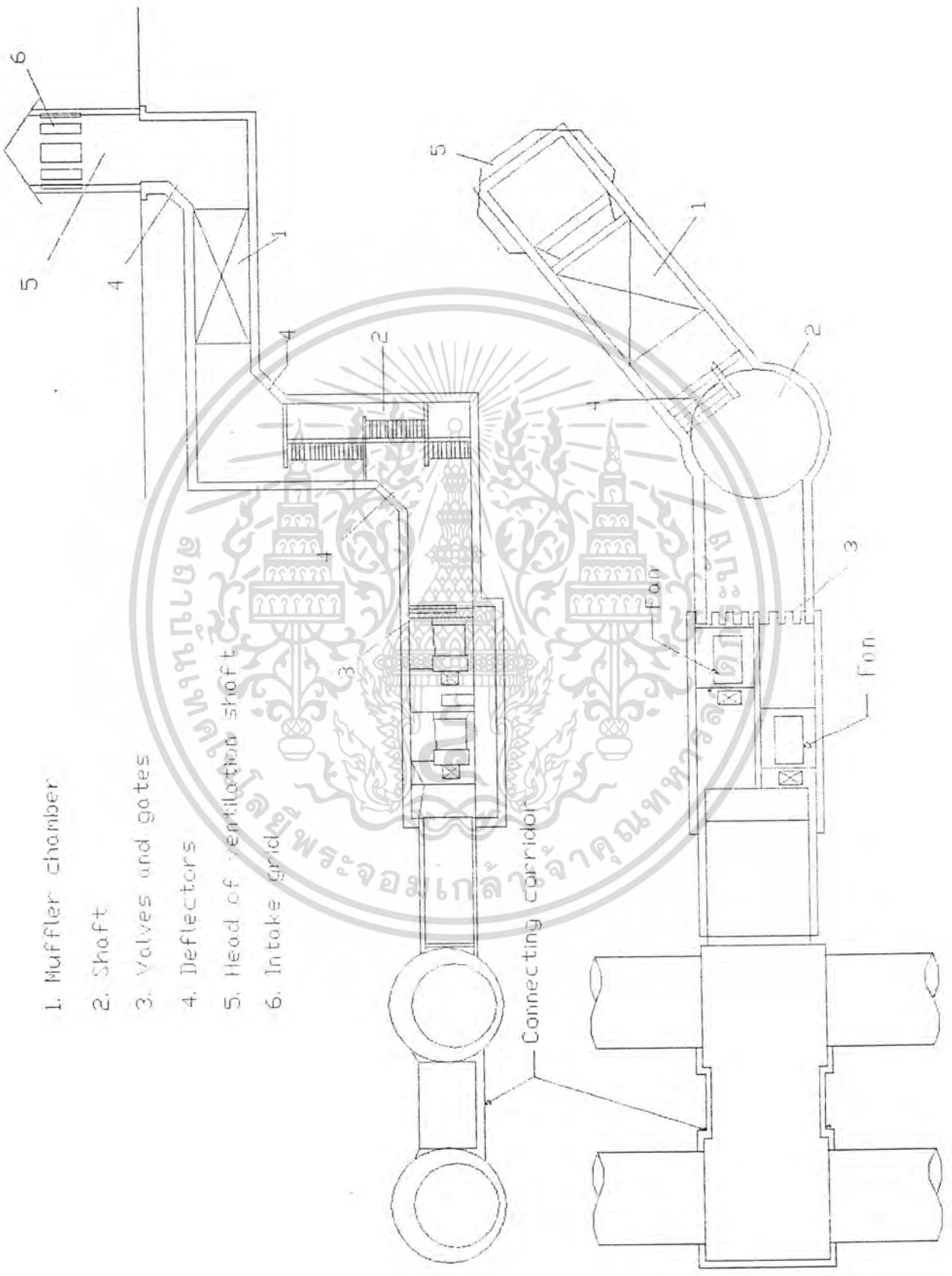
เป็นการรวมกันของทั้งสองวิธีแรกใช้ในการทำอุโมงค์ที่ยาวเป็นทางรวมข้อดีของสองวิธีแรกเข้าด้วยกัน โดยท่อ (pipe line) จะต้อง

1) นำอากาศดีเข้าไปหลังจากการระเบิดอุโมงค์
2) ถ่ายเทเอาพวกฝุ่น ควัน อากาศเสียออกไปโดยใช้ความเร็วต่ำไปสู่พื้นดินข้างบน
3) พัดอากาศดีเข้าไปใหม่โดยตรงอีกครั้ง



รูปที่ 3.3 แสดงวิธีการระบายอากาศ แบบ Exhausting Method รวมกับ Blowing Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 แสดงระบบการระบายอากาศ

4. อุปกรณ์ระบบระบายอากาศ

มีดังต่อไปนี้

4.1 พัดลม

จำเป็นต้องใช้พัดลมในระบบระบายอากาศ ทั้งนี้เพื่อดูดและอัดลมให้กับอุโมงค์และตัวสถานี พัดลมเราอาจแบ่งพัดลมตามทิศที่อากาศไหลผ่านออกได้เป็นสองชนิดใหญ่ๆ คือ

1) พัดลมแอ็กเซียล อาจแบ่งพัดลมแอ็กเซียลออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

ชนิดใบพัดแฉก (propeller fan) เป็นพัดลมที่มีโครงสร้างง่ายๆ ไม่ซับซ้อน ประกอบด้วยใบพัดติดอยู่กับแหวนหรือดุมดังรูปที่ 3.5 (ก)

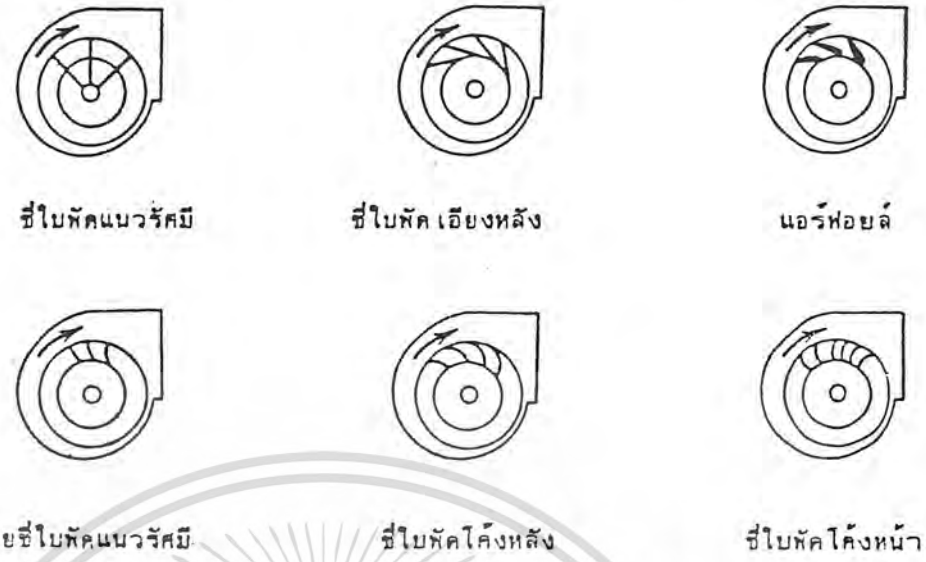
ชนิดใบแกนกระบอก (tubeaxial fan) ประกอบด้วยใบติดตั้งอยู่ในทรงกระบอกดังรูปที่ 3.5 (ข)

ชนิดใบดัดลม (vaneaxial fan) คล้ายกับพัดลมชนิดแกนกระบอกเพียงแต่ติดใบดัดลมเพิ่มเข้าไปเพื่อปรับปรุงทิศทางที่อากาศไหลผ่านพัดลมให้ดีขึ้น ดังรูปที่ 3.5 (ค)

2) พัดลมเซ็นตริฟูกอล อาจแบ่งพัดลมเซ็นตริฟูกอลตามรูปร่างของซี่ใบพัด (blades) ออกได้เป็น ชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้า ซี่ใบพัดแนวรัศมี ซี่ใบพัดโค้งหลัง และชนิดซี่ใบพัดเอียงหลัง เรียกพัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังซึ่งมีซี่ใบพัดหนาเป็นพิเศษว่าพัดลมชนิดแอร์ฟอยล์ดังแสดงในรูปที่ 3.6

รูปที่ 3.5 ชนิดพัดลมแอ็กเซียล ก) ชนิดใบพัด
ข) ชนิดแกนกระบอก
ค) ชนิดใบดัดลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ชนิดซี่ใบพัดของพัดลมเซ็นตริฟูกอล

4.1.1 ลักษณะของพัดลม

ในขณะที่อากาศไหลในท่อจะเกิดความต้านทานการไหล (เนื่องจากแรงเสียดทาน) ของอากาศในท่อลม ดังนั้นจึงต้องป้อนพลังงานในรูปความดันให้กับอากาศเพื่อเอาชนะความต้านทานนี้ อาจป้อนพลังงานให้กับอากาศได้โดยทำให้ใบพัดของพัดลมหมุนซึ่งจะเกิดแรงกระทำต่ออากาศ ทำให้อากาศไหลและมีความดันเพิ่มขึ้น

เรียกอัตราไหลโดยปริมาตรและความดันที่พัดลมสร้างขึ้นว่าลักษณะสมรรถนะ (performance characteristics) ลักษณะสมรรถนะอื่นๆ ของพัดลมที่มีความสำคัญได้แก่ประสิทธิภาพและแรงม้าเบรก (bhp)

ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะของพัดลมจะช่วยให้สามารถเลือกพัดลมได้ถูกต้อง รู้จักวิธีใช้งานที่เหมาะสมและสามารถค้นหาเหตุผิดปกติต่างๆได้

จะใช้สัญญลักษณะและคำนิยามต่อไปนี้ในการบรรยายสมรรถนะของพัดลมคือ

cfm	=	อัตราไหลโดยปริมาตร ,ft^3 /min
h_s	=	ความดันสถิต , in wg.
h	=	ความดันความเร็ว, in wg.
bhp	=	แรงม้าเบรกป้อนเข้า
rpm	=	ความเร็วพัดลม , rev/min
d	=	ความหนาแน่นของอากาศ , lb/ft
η	=	ประสิทธิภาพทางกล
	=	แรงม้าอากาศส่งออก /bhp ป้อนเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจเข้าใจสมรรถนะของพัดลมได้ง่ายถ้าแสดงในรูปเคอฟ ตัวอย่างเช่นเคอฟสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้าและชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังในรูปที่ 3.7 และรูปที่ 3.8 ตามลำดับ

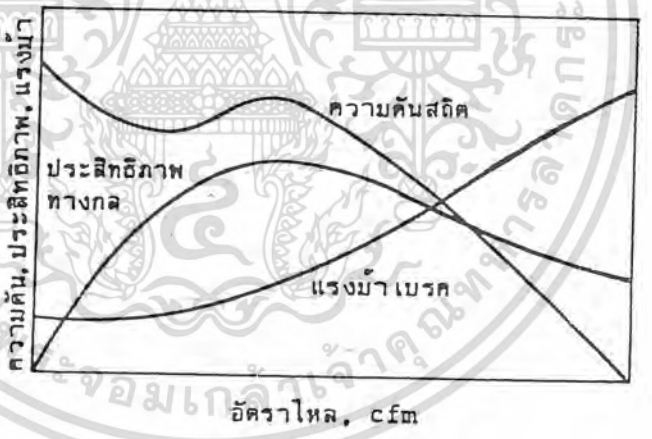
ลักษณะเด่นที่เห็นจากทั้งสองรูปก็คือ

1) ความดันที่พัดลมเซ็นตระฟูกอลทั้งชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้าและชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังสร้างขึ้นจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณช่วงกึ่งกลางของอัตราไหล ถ้าเพิ่มอัตราไหลมากกว่านี้พัดลมจะสร้างความดันได้น้อยลง

2) bhp ที่พัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้าต้องการจะเพิ่มตามอัตราไหลอย่างรวดเร็ว แต่ bhp ที่พัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังต้องการจะค่อยๆ เพิ่มตามอัตราไหลทีละน้อยและมีค่าสูงสุดค่าหนึ่งหลังจากนั้นจะลดลง

3) ประสิทธิภาพจะมีค่าสูงสุดที่ประมาณช่วงกึ่งกลางของอัตราไหล

4) พัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังมีประสิทธิภาพสูงกว่าพัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้า



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างลักษณะสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้า

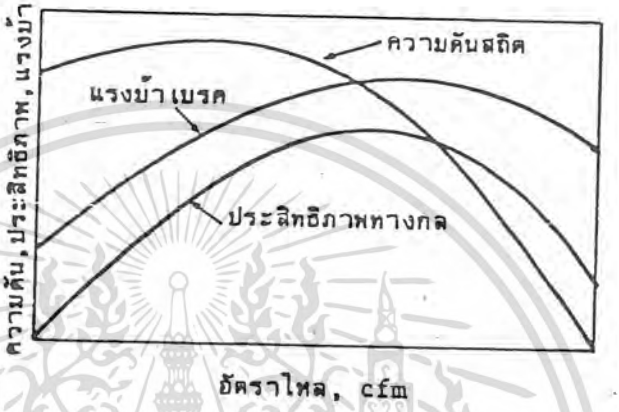
4.1.2 การเลือกพัดลม

การเลือกชนิดพัดลมให้เหมาะกับงานขึ้นกับลักษณะสมรรถนะของพัดลมและลักษณะอื่นๆ ดังต่อไปนี้

พัดลมชนิดใบพัดแฉกสร้างความดันได้ไม่สูง ฉะนั้นจึงเหมาะกับงานที่มีท่อลมสั้นหรือไม่มีเลย พัดลมชนิดนี้มีราคาถูก นิยมใช้เป็นพัดลมดูดอากาศเสียที่เห็นติดตั้งอยู่ที่ผนังหรือหน้าต่างทั่วไปสำหรับพัดลมเซ็นตระฟูกอลเป็นพัดลมชนิดที่นิยมใช้กับระบบท่อลมของระบบปรับอากาศมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าสมรรถนะเท่ากันพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้าราคาถูกกว่าชนิดซี่ใบพัดโค้งหลัง แต่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานสูงกว่าเนื่องจากประสิทธิภาพต่ำกว่า จากลักษณะการเพิ่ม bhp ของพัดลมชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้านี้จะเห็นว่า ถ้าพัดลมทำงานที่ภาวะซึ่งมี cfm สูงกว่า cfm ที่เลือกมอเตอร์อาจรับโหลดมากเกินควรและอาจเกิดความเสียหายได้



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างลักษณะสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหลัง

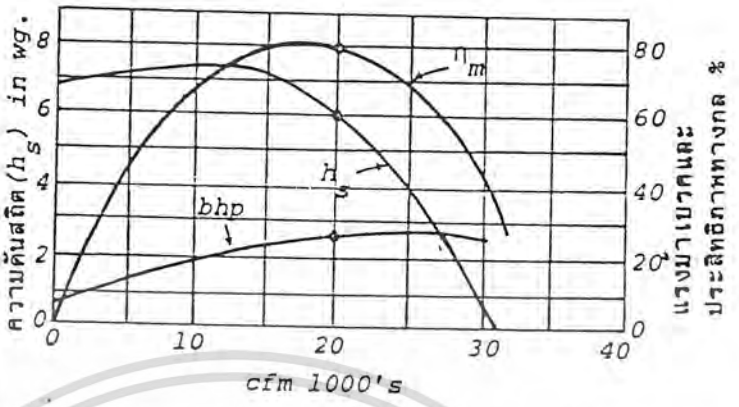
พัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดโค้งหลังหรือเอียงหลังมีราคาแพงกว่าชนิดซี่ใบพัดโค้งหน้าแต่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งานต่ำกว่า เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่า ลักษณะการเพิ่ม bhp ของพัดลมชนิดนี้มีขีดจำกัด ดังนั้นถ้าส่งลมเกินกว่าที่ออกแบบไว้ โอกาสที่จะทำให้มอเตอร์หรือระบบจ่ายไฟรับโหลดมากเกินควรจะไม่เกิดขึ้น สำหรับพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดแอร์ฟอยล์นั้น เป็นพัดลมที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในบรรดาพัดลมทั้งหลาย

อาจใช้พัดลมชนิดแกนกระบอกและชนิดใบตัดลมสำหรับส่งลมผ่านท่อลมได้ แต่เนื่องจากลมที่จ่ายออกมาจากพัดลมชนิดแกนกระบอกไม่สม่ำเสมอ ฉะนั้นจึงไม่ใช้พัดลมชนิดแกนกระบอกกับท่อลมของระบบระบายอากาศ สำหรับพัดลมชนิดใบพัดตัดลมนั้นเหมาะกับท่อลมของระบบระบายอากาศมากกว่า แต่มีระดับเสียงรบกวนสูงกว่าพัดลมชนิดเซ็นตริฟูกอล ดังนั้นถ้านำมาใช้จะต้องบำบัดเพื่อลดเสียงรบกวนมากกว่า เนื่องจากพัดลมชนิดนี้มีโครงสร้างกระทัดรัด ฉะนั้นจึงอาจนำมาใช้กับระบบท่อลมในกรณีที่มีที่ติดตั้งจำกัดได้

4.1.3 การกำหนดขนาดพัดลม

หลังจากเลือกชนิดพัดลมที่จะนำไปใช้งานได้แล้ว ขั้นต่อไปจะเลือกขนาดพัดลมที่สามารถทำงานให้ได้ที่ภาวะตามต้องการ โดยจะเลือกจากข้อมูลสมรรถนะของพัดลมที่ผู้ผลิตให้มา ผู้ผลิตอาจให้ข้อมูลในรูปเคอฟสมรรถนะดังรูปที่ 3.9 รูปนี้จะเป็นของพัดลมแต่ละขนาด จากรูปวิศวกรจะเห็นสภาพการเปลี่ยนแปลงภาวะได้ดีจากเคอฟในรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 เคอฟสมรรถนะของพัดลมเซ็นตริฟูกอลชนิดซี่ใบพัดเอียงหลัง ขนาด 33 นิ้ว ที่ความเร็ว 1,440 rpm

เคอฟพัดลมแต่ละเคอฟจะแทนสมรรถนะของพัดลมขนาดหนึ่ง ที่ความเร็วค่าหนึ่งและความหนาแน่นของอากาศตามระบุ ปกติจะกำหนดขนาดพัดลมที่ภาวะอากาศมาตรฐาน หรือที่ความหนาแน่น 0.075 lb/ft^3 อุณหภูมิ 70 $^\circ$ F และความดัน 29.92 in Hg. สำหรับเคอฟสมรรถนะของพัดลมที่ภาวะอากาศอื่นจะขอได้จากผู้ผลิต

4.2 อุปกรณ์กระจายอากาศ

จะต้องจ่ายอากาศเข้าห้องแต่ละห้องให้กระจายทั่วทั้งห้อง มิฉะนั้นผู้อาศัยจะรู้สึกสบายน้อยกว่าที่ควร ผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานระบายอากาศอาจละเลยเรื่องนี้เสมอเพราะรู้สึกว่าเป็นของง่าย ไม่มีอะไรสลับซับซ้อน แต่แท้จริงแล้วถึงแม้ว่าจะส่งอากาศที่มีภาวะและปริมาณเหมาะสมเข้าห้องแล้วก็ตาม แต่ผู้อาศัยอาจรู้สึกไม่สบายก็ได้ถ้าอากาศกระจายไม่เหมาะสม ดังนั้นจึงควรที่จะศึกษาเรื่องหลักการกระจายอากาศและอุปกรณ์กระจายอากาศ (อุปกรณ์ปลายทาง) บางชนิดที่สามารถกระจายอากาศที่เหมาะสม โดยจะพิจารณาชนิดของอุปกรณ์กระจายอากาศตลอดจนลักษณะสำคัญและการเลือก

4.2.1 การกระจายอากาศในห้อง

การกระจายอากาศในห้องที่ดีจะต้องมีลักษณะเพื่อความสบายดังนี้

1) อุณหภูมิทั่วเขตอาศัยของห้องไม่ควรต่างจากอุณหภูมิออกแบบเกิน $\pm 2^\circ$ F (1° C) ถ้าหากอุณหภูมิกระเพื่อมขึ้นลงมากกว่านี้ ผู้อาศัยจะรู้สึกไม่สบาย คำว่าเขตอาศัยของห้องหมายถึง บริเวณวัดจากพื้นห้องขึ้นไป 6 ฟุต เหนือระดับนี้ขึ้นไปอาจยอมให้อุณหภูมิกระเพื่อมขึ้นลงมากกว่า $\pm 2^\circ$ F

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ [illegible] ไม่ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ในกรณีที่ผู้อาศัยนั่งอยู่เป็นส่วนใหญ่ ความเร็วลมตลอดเขตอาศัยหรือความเร็วสุดท้ายควรมีค่าระหว่าง 25 - 35 fpm ถ้าสูงกว่านี้ผู้อาศัยจะรู้สึกไม่สบาย ถ้าต่ำกว่านี้จะรู้สึกไม่สบายเช่นกัน โดยจะรู้สึกอับ ในกรณีที่ผู้อาศัยเดินไปมาและอาศัยอยู่ช่วงสั้นเช่นในห้างสรรพสินค้าอาจใช้ความเร็วลมสูงกว่า 25 - 35 fpm ได้ (50 - 70 fpm)

4.2.2 รูปแบบการกระจายอากาศ

มีหลักความจริงบางประการเกี่ยวกับรูปแบบการกระจายของอากาศที่จ่ายเข้าห้อง ซึ่งจะต้องทำความเข้าใจเพื่อจะได้เลือกและจัดวางอุปกรณ์จ่ายลมได้เหมาะสมและสามารถบาลานซ์และปรับอุปกรณ์ได้

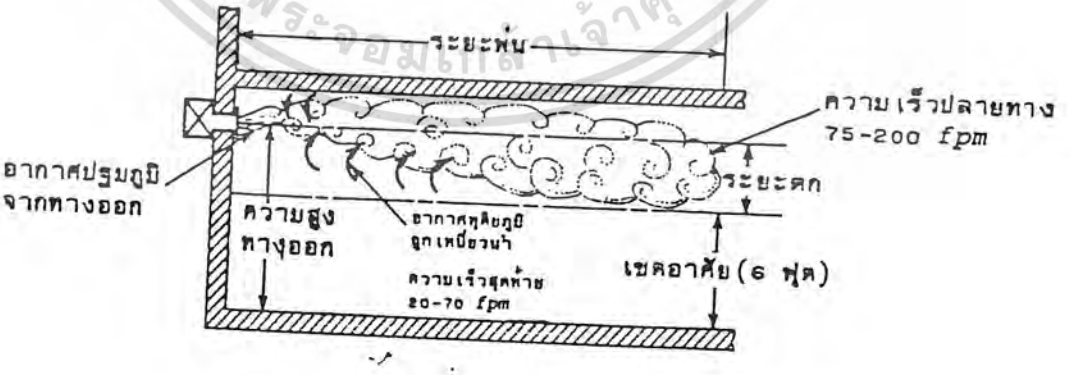
1) เมื่อส่งอากาศเย็นเข้าห้องเช่น ในการปรับอากาศสำหรับฤดูร้อน อากาศเย็นจะตกลงสู่ที่ต่ำ

2) เมื่อส่งอากาศร้อนเข้าห้องเช่นในการปรับอากาศสำหรับฤดูหนาว อากาศร้อนจะลอยขึ้นสูง

3) ถ้าส่งอากาศเข้าห้องขนานและใกล้กับเพดาน อากาศจะคลอเคลียไปกับเพดานเป็นระยะทางอันหนึ่ง เรียกลักษณะแบบนี้ว่าผลเพดาน (ceiling effect)

4) เมื่ออากาศที่ส่งเข้าห้อง (อากาศปฐมภูมิ) ถูกพ่นออกมาจากอุปกรณ์จ่ายลม มันจะเหนี่ยวนำอากาศในห้อง (อากาศทุติยภูมิ) เข้าไปในกระแสอากาศที่ส่งเข้าห้อง ฉะนั้นจะเกิดการผสมกันระหว่างอากาศส่งเข้าห้องและอากาศในห้องอย่างรวดเร็ว

ได้แสดงคำศัพท์ต่างๆ ที่จะต้องนิยามเพิ่มเติมไว้ในรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 อธิบายคำศัพท์ที่ใช้ในการกระจายอากาศ

ระยะพ่น (throw) ของอุปกรณ์จ่ายลมคือระยะทางที่อากาศส่งเข้าห้องเคลื่อนที่ไปจนกระทั่งมีความเร็วต่ำ เรียกความเร็วนี้ว่าความเร็วปลายทาง (terminal velocity) ความเร็วปลายทางควรมีค่าประมาณ 75 - 200 fpm ที่ความเร็วนี้จะให้ความเร็วสุดท้าย (readual velocity)

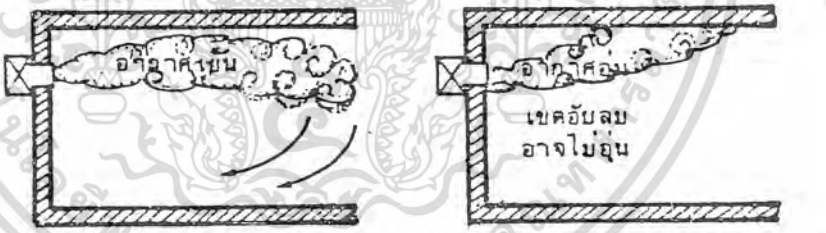
เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 20 - 70 fpm ระยะตก (drop) คือระยะในแนวดิ่งที่อากาศส่งเข้าห้องตกจากแนวเดิมที่ปลายของระยะพ่น ความต่างอุณหภูมิ (temperature differential) คือ ความต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศส่งเข้าห้องและอุณหภูมิอากาศในห้อง ระยะแผ่ (spread) คือ ระยะในแนวระดับที่กระแสอากาศส่งเข้าห้องบานออก

4.2.3 ตำแหน่ง

การพิจารณาเลือกตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์จ่ายลมในห้องมีความสำคัญต่อการกระจายลมที่ดี

1) ด้านบนของผนัง ตำแหน่งนี้เป็นตำแหน่งที่เหมาะสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมเย็น (รูปที่ 3.11) เพราะอากาศเย็นจะตกลงสู่ที่ต่ำได้เองโดยธรรมชาติ ทำให้เกิดการหมุนเวียนอากาศดีตลอดเขตอาศัย ตำแหน่งนี้ไม่เหมาะสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมร้อน เพราะอากาศร้อนจะลอยสูงขึ้น ทำให้เกิดเขตอับลม (stagnant zone) ในเขตอาศัย ดังนั้นในกรณีที่ต้องการจ่ายทั้งลมร้อนและลมเย็นเข้าห้อง อาจติดตั้งหัวจ่ายลมเย็นไว้ที่ด้านบนของผนังและติดตั้งหัวจ่ายลมร้อนแยกต่างหากไว้ที่ด้านล่างของผนังไม่ควรใช้หัวจ่ายรวมกัน



รูปที่ 3.11 การติดตั้งหัวจ่ายลมที่ด้านบนของผนัง

2) เพดาน ตำแหน่งหัวจ่ายในรูปที่ 3.12 เป็นตำแหน่งที่เหมาะสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมเย็นที่สุด เพราะอากาศเย็นจะตกลงสู่พื้นห้องได้เองโดยธรรมชาติ แต่ไม่เหมาะสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมร้อน เพราะอากาศร้อนจะลอยขึ้นที่สูงเว้นแต่จะพ่นออกจากหัวจ่ายด้วยความเร็วสูงมากเท่านั้น

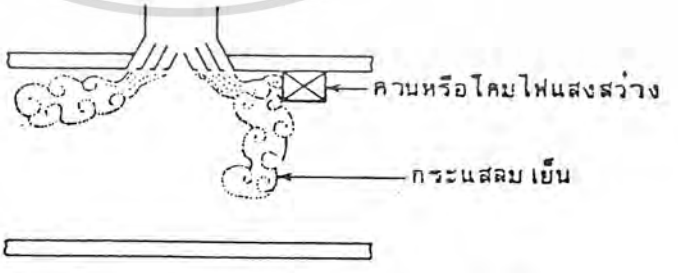
3) ด้านล่างของผนัง ตำแหน่งนี้เหมาะสมสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมร้อน เพราะอากาศร้อนจะลอยขึ้นสู่ที่สูงโดยธรรมชาติ แต่ไม่เหมาะสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมเย็น เพราะอากาศเย็นมีแนวโน้มที่จะตกเลียอยู่กับพื้นห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) พื้นห้องหรือตีนผนัง พื้นห้องหรือตีนผนังเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมสำหรับติดตั้งหัวจ่ายลมร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่บริเวณใต้หน้าต่างเพราะอากาศร้อนจะลอยขึ้นและสวนทางกับกระแสลมเย็นที่พุ่งลงบริเวณใกล้กระจก อาจใช้ตำแหน่งนี้ในการส่งลมเย็นก็ได้ถ้าพ่นออกมาจากหัวจ่ายด้วยความเร็วสูง

รูปที่ 3.12 ตำแหน่งหัวจ่ายลมเย็นที่เพดานจะให้การกระจายอากาศที่ดี

คานหรือโคมไฟที่เพดานห้องอาจเป็นอุปสรรคต่อการจ่ายลมจากหัวจ่ายเพดานหรือผนังสูง เพราะอากาศปฐมภูมิที่พ่นออกจากหัวจ่ายจะคลอเคลียกับเพดานเนื่องจากผลเพดานฉะนั้นอาจชนกับสิ่งกีดขวางและตกลงยังเขตอาศัย (รูปที่ 3.13) ดังนั้นถ้ามีสิ่งกีดขวางอยู่ที่เพดานจึงควรติดตั้งหัวจ่ายเพดานไว้ในระดับต่ำกว่าระดับสิ่งกีดขวาง สำหรับหัวจ่ายที่ด้านบนของผนังสูงอาจจัดให้พ่นลมออกมาในแนวที่คิดว่าจะไม่ชนกับสิ่งกีดขวางใดๆ



รูปที่ 3.13 ผลของการส่งลมกระทบสิ่งกีดขวางที่เพดาน

สำหรับห้องที่มีเพดานสูงมาก ควรติดตั้งหัวจ่ายเพดานไว้ต่ำกว่าระดับโคมไฟแสงสว่างการติดตั้งเช่นนี้นอกจากจะป้องกันไม่ให้ลมที่พ่นออกมากระทบกับโคมไฟแล้ว ยังช่วยลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำความเย็นบริเวณใกล้เพดานซึ่งไม่มีประโยชน์แต่อย่างใด ดังนั้นจะช่วยประหยัดพลังงานไปในตัว

ในกรณีที่ติดตั้งหัวจ่ายไว้ที่พื้นห้อง จะต้องระวังไม่ให้ผ้าม่านเฟอร์นิเจอร์หรือสิ่งกีดขวางอื่นใดกีดขวางทางไหลของอากาศที่พ่นออกจากหัวจ่าย

4.2.4 ชนิดและอุปกรณ์จ่ายลม

1) ตะแกรงจ่ายลมและตะแกรงจ่ายลมปรับปริมาตร (grilles and registers) หัวจ่ายลมชนิดนี้ประกอบด้วยกรอบหัวจ่ายและซี่ตะแกรงโลหะซึ่งติดเรียงไว้ขนานกัน โดยซี่ตะแกรงอาจเป็นแบบติดตายหรือปรับได้ก็ได้ ดังรูปที่ 3.14 ซี่ตะแกรงจะทำหน้าที่เบนอากาศที่ส่งเข้าห้องพุ่งไปในทิศทางตามที่ต้องการ ถ้าซี่ตะแกรงเป็นชนิดปรับได้จะสามารถปรับระยะพ่นและระยะแผ่ของกระแสลมได้ ตะแกรงจ่ายลมบางชนิดติดตั้งซี่ตะแกรงไว้สองชุดตั้งฉากกัน เรียกตะแกรงจ่ายลมชนิดนี้ว่าตะแกรงจ่ายลมเบนสองทาง (double deflection grilles) ดังนั้นตะแกรงจ่ายลมชนิดนี้จะสามารถควบคุมการกระจายอากาศได้สองแนวคือแนวระดับและแนวดิ่ง ตะแกรงจ่ายลมบางชนิดติดตั้งบานปรับลมไว้หลังตะแกรงฉะนั้นจึงสามารถควบคุมปริมาตรลมที่จะพ่นผ่านหัวจ่ายได้ด้วย เรียกตะแกรงจ่ายลมชนิดนี้ว่าตะแกรงจ่ายลมปรับปริมาตร

หัวจ่ายลมชนิดนี้เหมาะสำหรับติดตั้งที่ด้านบนของผนังและมักปรับให้ลมที่พ่นออกมาโค้งสูงขึ้นเล็กน้อย ดังนั้นลมที่พ่นออกมาจะคลอเคลียไปกับเพดานเนื่องจากผลเพดานและผสมกับอากาศทุติยภูมิได้ดี อุณหภูมิอากาศหลังผสม(ก่อนตกลงสู่เขตอาศัย) จะต่ำกว่าอุณหภูมิห้องไม่มากนัก

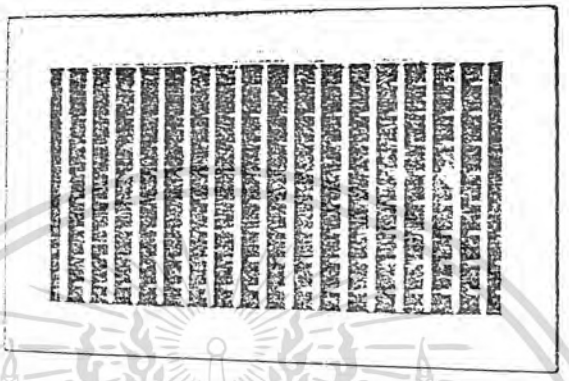
อาจติดตั้งตะแกรงจ่ายลมทั้งชนิดมีและไม่มีบานปรับปริมาณลมไว้ที่เพดานก็ได้ ผลการจ่ายลมเข้าห้องจะเหมือนกับเมื่อติดตั้งไว้ที่ด้านบนของผนัง แต่มักไม่นิยมติดตั้งไว้ที่เพดานเพราะรูปร่างของหัวจ่ายชนิดนี้ไม่กลมกลืนกับเพดาน

2) หัวจ่ายลมเพดาน (ceiling diffusers) หัวจ่ายชนิดนี้ประกอบด้วยจานรูปวงแหวนหรือรูปสี่เหลี่ยมวางซ้อนกันอยู่จำนวนหนึ่ง โดยจานวงนอกสุดมีบ่าสำหรับสวมเข้ากับท่อลม ดังรูปที่ 3.15 ปกติหัวจ่ายชนิดนี้จะจ่ายลมออกมาในปริมาณเท่ากันทุกทิศทาง แต่มีบางแบบที่สามารถปรับให้จ่ายลมในทิศตามต้องการได้ หัวจ่ายลมเพดานบางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่นเจาะรูพรุนเพื่อให้กลมกลืนกับเพดานแขวนบางชนิด

ปกติจะติดตั้งหัวจ่ายลมชนิดนี้ไว้ที่เพดานและพ่นลมออกมาในแนวระดับ ลมที่พ่นออกมาจะคลอเคลียกับเพดานไประยะหนึ่งเนื่องจากผลเพดาน ในกรณีที่ไม่ได้ใช้ฝ้าเพดานแขวนอาจติดตั้งหัวจ่ายชนิดนี้ไว้ที่ด้านล่างของท่อลมแนวระดับก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มักใช้หัวจ่ายลมเพดานชนิดกลมและชนิดเหลี่ยมซึ่งมีช่องจ่ายลมเท่ากันทุกด้าน ในการจ่ายลมคลุมพื้นที่ตามรูปแบบที่ต้องการได้ อย่างไรก็ตาม อาจหาซื้อหัวจ่ายลมเพดานชนิดจ่ายลม 1, 2 หรือ 3 ทางเพื่อคลุมพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าได้ ดังรูปที่ 3.16

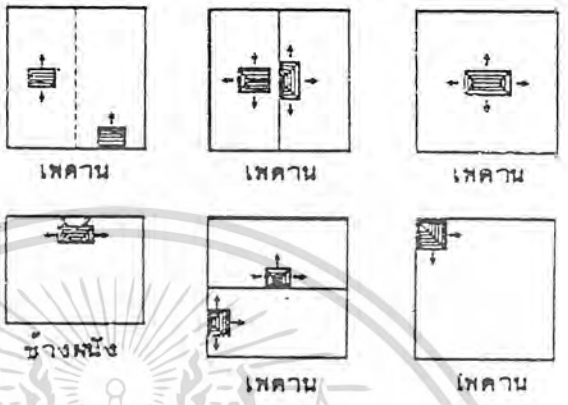


รูปที่ 3.14 ตะแกรงจ่ายลมปรับปริมาตรลมชนิดเบนสองทาง

รูปที่ 3.15 หัวจ่ายลมเพดาน

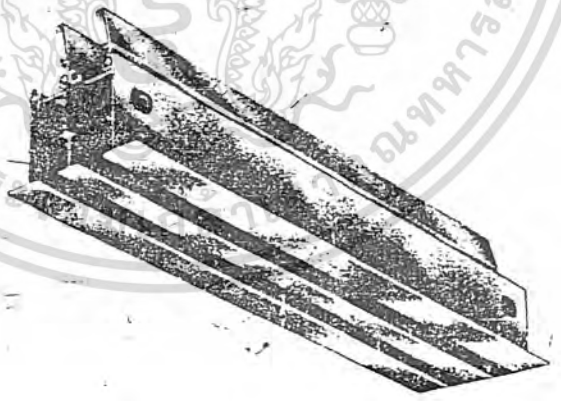
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) หัวจ่ายลมแนวยาว (slot diffusers) ดังรูปที่ 3.17 หัวจ่ายลมชนิดนี้มีช่องจ่ายลมรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีความยาวมากเมื่อเทียบกับความกว้าง ช่องจ่ายลมอาจมีเพียงช่องเดียวหรือหลายช่องก็ได้



รูปที่ 3.16 หัวจ่ายลมเพดานชนิดจ่ายลม 1, 2 และ 3 ทาง

มีการจัดหัวจ่ายลมชนิดนี้ต่างๆ กันเพื่อให้สามารถติดตั้งได้ทั้งที่เพดานและผนังห้อง หัวจ่ายชนิดนี้เป็นหัวจ่ายชนิดที่นิยมใช้สำหรับจ่ายลมจากพื้นห้องหรือตีนผนังมากที่สุด เพราะตึกสมัยปัจจุบันมักมีขอบหน้าต่าง (ระดับวงกบ) เตี้ยและติดตั้งกระจกแผ่นใหญ่



รูปที่ 3.17 หัวจ่ายลมแนวยาว

4) เพดานกล่องลม (plenum ceilings) เนื่องจากเพดานแขวนบางชนิดมีลักษณะเป็นแผ่นเจาะรูพรุนหรือร่องแนวยาวทั่วทั้งเพดาน ฉะนั้นจึงอาจใช้ช่องว่างเหนือเพดานแขวนทำหน้าที่เป็นกล่องลมและใช้ฝ้าเพดานรูพรุนหรือร่องแนวยาวส่งลมเข้าห้อง การส่งลมลักษณะนี้จะทำให้อากาศกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งห้อง การออกแบบและการบำลานซ์ระบบเพดานกล่องลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องใช้วิธีพิเศษซึ่งจะไม่กล่าวถึงในที่นี้ถ้าผู้ออกแบบหรือผู้รับเหมาสนใจเพดานประเภทนี้อาจของรายละเอียดได้จากผู้ผลิตเพดาน

4.2.5 การเลือกใช้งานอุปกรณ์จ่ายลม

การเลือกชนิดหัวจ่ายให้เหมาะกับงานติดตั้งแต่ละงานขึ้นกับ

1) ความต้องการทางสถาปัตยกรรม ปกติสถาปนิกมักวางรูปแบบของห้องไว้แน่นอนฉะนั้นลักษณะของห้องอาจเป็นตัวกำหนดชนิดและตำแหน่งที่จะติดตั้งหัวจ่ายลม

2) ความต้องการทางโครงสร้าง โครงสร้างอาคารซึ่งซ่อนอยู่ในผนัง เพดานและพื้นอาจเป็นตัวบังคับตำแหน่งสำหรับเดินท่อลม นั่นคือบังคับตำแหน่งสำหรับติดตั้งหัวจ่าย ดังนั้นจึงควรปรึกษาวิศวกรโครงสร้างเกี่ยวกับเรื่องนี้

4) ความต่างอุณหภูมิ ถ้าค่าความต่างอุณหภูมิ (TD) ในการทำความเย็นระหว่างอุณหภูมิอากาศส่งเข้าห้องและอุณหภูมิอากาศในห้องยิ่งมากเท่าใด โอกาสเสี่ยงเนื่องจากอุณหภูมิอากาศที่เข้าสู่เขตอาศัยจะอยู่ในระดับที่ยอมรับไม่ได้ยิ่งมากเท่านั้น โดยทั่วไปหัวจ่ายลมเพดานมักมีอัตราส่วนเหนี่ยวนำ (induction ratio) อากาศในห้องสูง ดังนั้นถ้าจำเป็นต้องใช้ความต่างอุณหภูมิสูงจึงควรใช้หัวจ่ายลมเพดานมากกว่าเพราะช่วยลดโอกาสเสี่ยงลงได้ หัวจ่ายลมบางชนิดอาจใช้กับความต่างอุณหภูมิได้สูงถึง 35 °F TD สำหรับตะแกรงจ่ายลมนั้นใช้กับความต่างอุณหภูมิไม่เกิน 25 °F TD

4) ตำแหน่งติดตั้ง ในการจ่ายลมเย็นจัดควรติดตั้งหัวจ่ายลมไว้ที่เพดานหรือด้านบนของผนังสูง ถ้าหากมีคานขวางทางลมที่พ่นออกมาจากหัวจ่าย ลมเย็นอาจถูกเบี่ยงเบนและตกลงสู่เขตอาศัยทันที กรณีนี้ควรติดตั้งหัวจ่ายลมเพดานไว้ใต้ระดับท้องคาน ตำแหน่งที่อาจติดตั้งหัวจ่ายลมเย็นอีกตำแหน่งคือ ตีนผนังใต้ขอบหน้าต่างโดยพ่นลมขึ้นในแนวดิ่ง กรณีนี้ตำแหน่งติดตั้งหัวรับลมกลับมีความสำคัญมาก โดยจะต้องติดตั้งหัวรับลมกลับไว้ในตำแหน่งที่สามารถป้องกันไม่ให้อากาศลัดวงจรได้ เช่น ที่ตีนผนังด้านในของห้อง เป็นต้น

5) จำนวน บ่อยครั้งที่ติดตั้งหัวจ่ายลมไว้ในห้องมากกว่าหนึ่งหัว ส่วนที่จะเป็นกี่หัวนั้นขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น ปริมาณลม ราคาและความต้องการทางสถาปัตยกรรม เป็นต้น โดยทั่วไปถ้าห้องมีขนาดใหญ่ ควรใช้หัวจ่ายหลายๆ หัว เพราะให้การกระจายอากาศที่ดีกว่า แต่แน่นอนราคาในการติดตั้งย่อมสูงตามไปด้วย นอกจากนี้สถาปนิกอาจกำหนดความต้องการบางประการและเมื่อติดตั้งหัวจ่ายลมเสร็จแล้วอาจต้องการให้เพดานมีรูปลักษณะตามต้องการ (ที่เรียกว่าภาพรวมเพดาน ; reflecting ceiling plan) ในกรณีที่มีแนวโน้มว่าในอนาคตอาจมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งผนังกั้นห้องใหม่ อาจต้องเลือกตำแหน่งหัวจ่ายและปริมาณลมที่ส่งออกจากหัวจ่ายให้เหมาะสมเพื่อให้สามารถเปลี่ยนแปลงตำแหน่งผนังกั้นห้องใหม่ได้โดยไม่จำเป็นต้องย้ายท่อลมและหัวจ่ายอีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) ขนาด ในการเลือกหัวจ่าย หลังจากที่ได้ตัดสินใจในด้านต่างๆ ตามรายการข้างบนแล้ว ขั้นต่อไปจะเลือกขนาดหัวจ่ายลมที่เหมาะสมจากตารางกำหนดขนาดของผู้ผลิต ลักษณะสมรรถนะของหัวจ่ายลมเพดานที่มีความสำคัญได้แก่ cfm ระยะพ่น ความสูงที่จะติดตั้ง และระดับเสียง cfm คือ ปริมาณลมที่ส่งเข้าห้อง (ปริมาณลมที่ห้องต้องการ) ซึ่งได้หาไว้แล้ว ระยะพ่นหรือระยะแผ่กระจายแนวรัศมีคือระยะในแนวระดับที่หัวจ่ายพ่นลมออกมา ระยะพ่นสูงสุดที่ต้องการคือระยะจากหัวจ่ายไปยังผนังหรือไปยังขอบเขตของหัวจ่ายอื่น สำหรับระยะพ่นต่ำสุดที่ยังคงให้การไหลเวียนที่ดีผู้ผลิตมักกำหนดมาให้ (ปกติมีค่าประมาณ 3/4 ของระยะพ่นสูงสุด) ในการเลือกหัวจ่ายไม่ควรเลือกหัวจ่ายที่มีระยะพ่นมากกว่าระยะพ่นสูงสุดที่ต้องการ เพราะกระแสลมที่พ่นออกมาจากหัวจ่ายจะพุ่งชนผนังและสะท้อนกลับออกมา

ผู้ผลิตส่วนใหญ่มักกำหนดขนาดหัวจ่ายสำหรับติดตั้งที่ความสูงระหว่าง 8 ถึง 10 ฟุต และมักให้ตัวปรับค่าสำหรับการติดตั้งที่ความสูงอื่นไว้ด้วย สำหรับระดับเสียงที่เกิดจากหัวจ่ายจะขึ้นกับความเร็วลมที่ไหลผ่านหัวจ่าย ดังนั้นถ้าส่งลมที่ cfm ตามต้องการโดยใช้หัวจ่ายขนาดเล็กระดับเสียงย่อมสูงแต่ราคาถูกกว่า วิศวกรจึงต้องบาลานซ์ความต้องการเหล่านี้เป็นงานๆ ไป ปกติผู้ผลิตจะกำหนดระดับเสียงของหัวจ่ายด้วยระดับเกณฑ์เสียง (noise criteria ; NC) ซึ่งเป็นวิธีวัดระดับเสียงวิธีหนึ่ง

4.3 อุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ (กรองอากาศ)

โดยทั่วไประบบปรับอากาศที่ใช้อากาศหมุนเวียน และระบบระบายอากาศจะจัดให้มีวิธีกำจัดสิ่งปนเปื้อนออกจากอากาศไว้ด้วยเสมอ บ่อยครั้งที่พบว่ามักออกแบบและใช้ระบบทำความสะอาดอากาศน้อยกว่าที่ควร เช่น เลือกชนิดอุปกรณ์กรองอากาศไม่ถูกต้อง หรือบำรุงรักษาอุปกรณ์กรองอากาศไม่เหมาะสมเป็นต้น ซึ่งถือได้ว่าเป็นการละเลยสิ่งสำคัญอย่างมากไปอย่างหนึ่ง เพราะการปรับอากาศและระบายอากาศจะมีความเกี่ยวพันกับมลภาวะของอากาศและสุขภาพของคนอยู่มาก ดังนั้นจึงต้องมีการทำความสะอาดอากาศให้ถูกต้องด้วยเหตุผลดังนี้

1) คุ้มครองสุขภาพและความสบายของคน เพราะฝุ่นละอองในอากาศมีอิทธิพลต่อโรคทางเดินหายใจหลายโรค เช่น โรคถุงลมโป่งพองและโรคหืดเป็นต้น

2) รักษาความสะอาดผิวห้องและเฟอร์นิเจอร์

3) คุ้มครองอุปกรณ์ อุปกรณ์บางชนิดอาจทำงานได้ไม่ดีหรือสึกหรออย่างรวดเร็วถ้าทำความสะอาดอากาศไม่ดีพอ นอกจากนี้กระบวนการผลิตบางอย่างไวต่อความสะอาดของอากาศมากเป็นพิเศษด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) คุ้มครองอุปกรณ์ปรับอากาศและระบายอากาศเอง เช่น ถ้ามีฝุ่นละอองเกาะติดผิวคอยล์หรือหัวจ่ายลม เป็นต้น

4.3.1 วิธีกำจัดฝุ่นละออง

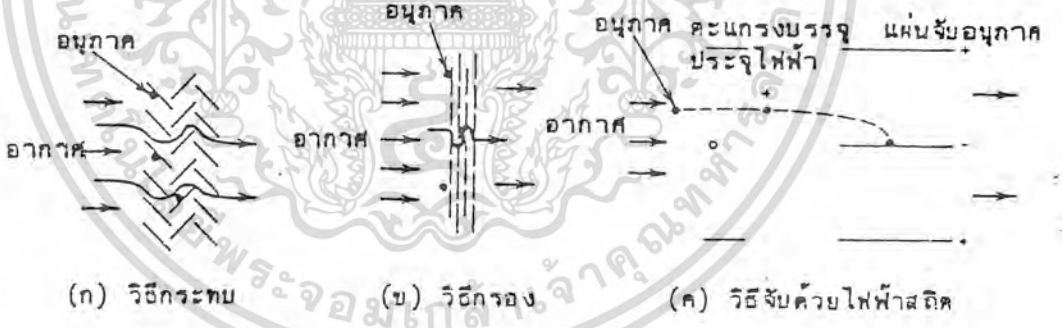
เครื่องทำความสะอาดอากาศมีวิธีกำจัดฝุ่นละอองหลักๆ อยู่สามวิธี คือ

1) การกระทบ อนุภาคฝุ่นละอองในกระแสอากาศจะพุ่งชนและถูกวัสดุกรองจับไว้

2) การกรอง อนุภาคฝุ่นละอองโตกว่าช่องว่างระหว่างเส้นใย ดังนั้นจะติดค้างอยู่ที่เส้นใย

3) การจับด้วยไฟฟ้าสถิต บรรจุอนุภาคฝุ่นละอองด้วยประจุไฟฟ้าชนิดหนึ่งและบรรจุวัสดุกรองด้วยประจุไฟฟ้าชนิดตรงข้าม ดังนั้นอนุภาคฝุ่นละอองจะถูกวัสดุกรองดูดไว้

อุปกรณ์กรองอากาศจะกำจัดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งดังกล่าวข้างต้นนี้หรืออาจใช้หลายวิธีร่วมกันก็ได้ ดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในหัวข้อชนิดของอุปกรณ์กรองอากาศรูปที่ 3.18 แสดงวิธีกำจัดฝุ่นละอองแต่ละวิธี



รูปที่ 3.18 วิธีกำจัดอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศ

4.3.2 วิธีทดสอบอุปกรณ์กรองอากาศ

ในการเลือกอุปกรณ์กรองอากาศจำเป็นต้องเข้าใจวิธีวัดสมรรถนะของมัน เพราะเป็นวิธีเดียวเท่านั้นจะช่วยให้เลือกกรองอากาศได้ถูกต้อง ได้มีการพัฒนาวิธีทดสอบมาตรฐานอุปกรณ์สำหรับอุปกรณ์กรองอากาศขึ้นมาเมื่อไม่นานมานี้ วิธีทดสอบมาตรฐานจะช่วยให้สามารถเปรียบเทียบอุปกรณ์กรองอากาศชนิดต่างๆ ได้ อย่างไรก็ตาม วิธีทดสอบเหล่านี้ค่อนข้างซับซ้อน เพราะสมรรถนะของอุปกรณ์กรองอากาศขึ้นกับความเข้มข้นและขนาดของฝุ่นละอองในอากาศ ซึ่งมีความแตกต่างกันมากในแต่ละสถานที่และในแต่ละเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบต่อไปนี้เป็นการทดสอบที่ยอมรับทั่วไปและแนะนำให้ใช้

1) น้ำหนัก วัดน้ำหนักฝุ่นละอองมาตรฐานที่อุปกรณ์กรองอากาศสามารถจับไว้ได้ ฝุ่นละอองมาตรฐานเป็นฝุ่นละอองที่มีความเข้มข้นและขนาดคงที่ การทดสอบนี้มีประโยชน์สำหรับเปรียบเทียบความสามารถในการจับฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กกว่าได้ เพราะน้ำหนักฝุ่นละอองขนาดเล็กมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับน้ำหนักฝุ่นละอองทั้งหมดในอากาศ

2) สี ในการทดสอบนี้จะให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์ทำความสะอาด แล้วให้ไหลผ่านกระดาษกรองสีขาว ความเข้มของสีที่กระดาษกรองจะเป็นตัวบ่งชี้ปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เล็ดลอดผ่านอุปกรณ์ทำความสะอาดอากาศ การทดสอบนี้มีความสำคัญมากเพราะอนุภาคขนาดเล็กเป็นตัวการทำให้ผิวห้องสกปรก

3) การทดุผ่าน DOP จะใช้การทดสอบนี้วัดความสามารถของเครื่องทำความสะอาดอากาศในการกำจัดอนุภาคขนาดเล็กมาก โดยจะผลิตกลุ่มอนุภาคสารชนิดหนึ่งที่เรียกว่า DOP ขึ้นมาทางเคมี อนุภาคชนิดนี้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียง 0.3 ไมครอน (1ไมครอนมีขนาดประมาณ 1/25,000 นิ้ว) จะให้กระแสอากาศที่มีกลุ่มอนุภาค DOP ไหลผ่านเครื่องทำความสะอาดอากาศ แล้ววัดความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศหลังจากเครื่องทำความสะอาดอากาศด้วยเทคนิคกระจายแสง (light - scattering technique) โดยวิธีนี้จะทราบสมรรถนะของอุปกรณ์กรองอากาศในการกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กมากได้ จะใช้การทดสอบ DOP กับเครื่องทำความสะอาดอากาศชนิดประสิทธิภาพสูงซึ่งใช้สำหรับกำจัดอนุภาคขนาดเล็กมากเท่านั้น ตัวอย่างของอนุภาคขนาดเล็กมากได้แก่แบคทีเรียซึ่งมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.3 -30 ไมครอนหรือควันบุหรี่ซึ่งมีขนาดประมาณ 0.01 - 1 ไมครอน

4) คะแพสซิตีในการจับฝุ่นละออง วิธีทดสอบทั้งสามวิธีดังกล่าวข้างบนนี้ เป็นการวัดประสิทธิภาพเครื่องทำความสะอาดอากาศในการกำจัดอนุภาค ซึ่งไม่สามารถบอกให้ทราบได้ว่าความต้านทานการไหลของอากาศจะเพิ่มขึ้นเท่าไรเมื่อฝุ่นละอองสะสมที่เครื่องทำความสะอาดอากาศมากขึ้น การทดสอบคะแพสซิตีในการจับฝุ่นละอองจะเปรียบเทียบน้ำหนักฝุ่นละอองที่สะสมกับความต้านทานการไหลของอากาศเมื่ออากาศไหลผ่านอุปกรณ์กรองอากาศ ปกติต้องการอุปกรณ์กรองอากาศชนิดที่สามารถจับฝุ่นละอองได้น้อยแล้วความต้านทานสูงขึ้นถึงขีดจำกัดเร็ว

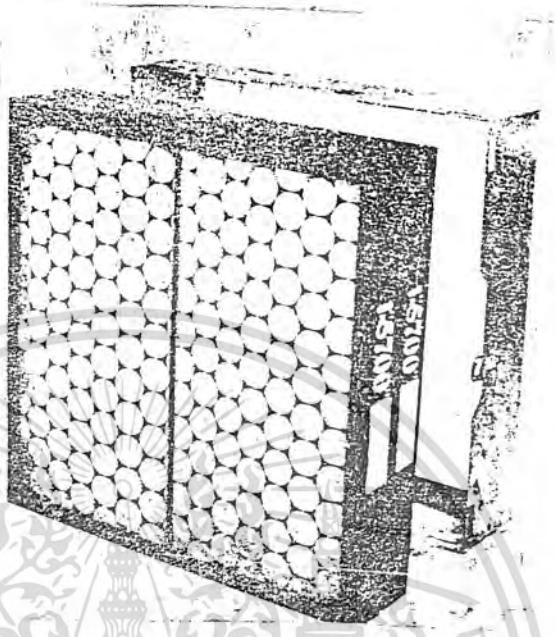
4.3.3 ชนิดของเครื่องทำความสะอาดอากาศ

อาจแบ่งประเภทเครื่องทำความสะอาดอากาศได้เป็น 4 แบบ คือ

1) กรองอากาศชนิดกระทบหนืด (viscous impingement air filter) ใช้ไส้ (media) ที่ทำด้วยเส้นใยหยาบและเคลือบผิวด้วยกาวเหนียว วัสดุที่นิยมใช้ทำไส้ได้แก่ใยแก้วและตะแกรงโลหะ ความเร็วอากาศที่ไหลผ่านอยู่ในช่วงระหว่าง 300 - 600 fpm เมื่ออยู่ในสภาพสะอาดมีความดันตกต่ำประมาณ 0.1 in wg. ถ้าความดันตกสูงถึง 0.5 in wg. ควรนำไปทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์กรองอากาศชนิดนี้ (รูปที่ 3.19) สามารถกำจัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดใหญ่ได้ดีและมีราคาถูก แต่ไม่สามารถกำจัดอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กได้



รูปที่ 3.19 กรองอากาศชนิดกระทบหนืดแบบใช้แล้วโยนทิ้ง

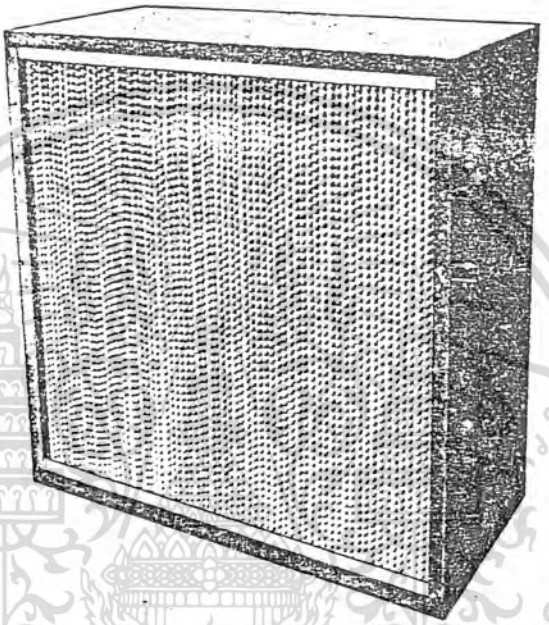
2) กรองอากาศชนิดแห้ง (dry-type air filter) ใช้เส้นใยสานไม่เคลือบผิว วัสดุที่นิยมใช้ทำเส้นใยได้แก่ใยแก้วและกระดาษ ในการทำไส้กรองอาจใช้เส้นใยหยาบอัดเข้าด้วยกันหลวมๆ หรืออาจใช้เส้นใยละเอียดอัดแน่นก็ได้ ดังนั้นอุปกรณ์กรองอากาศชนิดนี้จึงมีความหนาแน่นต่างๆกัน ถ้าความหนาแน่นต่ำประสิทธิภาพจะดีเฉพาะการกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ เช่นเดียวกับอุปกรณ์กรองอากาศชนิดกระทบหนืด ถ้าความหนาแน่นปานกลางหรือสูงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคขนาดเล็กในระดับปานกลางหรือสูง

3) อุปกรณ์กรองอากาศ HEPA (High Efficiency Particulate Air) เป็นอุปกรณ์กรองอากาศชนิดแห้งที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุภาคขนาดเล็กสูงมาก (รูปที่ 3.20) อุปกรณ์กรองอากาศชนิดนี้เป็นอุปกรณ์กรองอากาศชนิดเดียวที่สามารถกำจัดไวรัสขนาดเล็กจนถึง 0.05 ไมครอนได้อย่างมีประสิทธิภาพความเร็วหน้าอุปกรณ์กรองอากาศชนิด HEPA ต่ำมาก (ประมาณ 50 fpm) และจะต้องให้บริการเมื่อความต้านทานสูงถึง 2.0 in wg. อุปกรณ์กรองอากาศชนิดนี้มีราคาสูงมาก

4) เครื่องทำความสะอาดอากาศอิเล็คทรอนิค (รูปที่ 3.21) เครื่องทำความสะอาดชนิดนี้ไม่ได้ใช้ไส้ที่ทำด้วยเส้นใยในการจับฝุ่นละออง แต่ใช้ตะแกรงไฟฟ้า (electric grids) บรรจุประจุไฟฟ้าแรงสูงให้กับอนุภาคฝุ่นละอองและใช้แผ่นโลหะอีกชุดหนึ่งซึ่งเรียงขนานกันและมีประจุไฟฟ้าตรงข้ามวางไว้ถัดไป เมื่ออากาศที่มีฝุ่นละอองไหลผ่านชุดแผ่นโลหะชุดหลังนี้ อนุภาค

เอกสารนี้เป็นสิทธิของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือจำหน่ายเพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ฝุ่นละอองจะถูกดูดไว้ หลังจากใช้งานไประยะหนึ่งจะต้องหยุดเครื่องทำความสะอาดอากาศ เพื่อกำจัดฝุ่นละอองและทำความสะอาดแผ่นโลหะ เครื่องทำความสะอาดอากาศอิเล็คทรอนิคมีราคาแพงมาก แต่สามารถกำจัดฝุ่นละอองทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



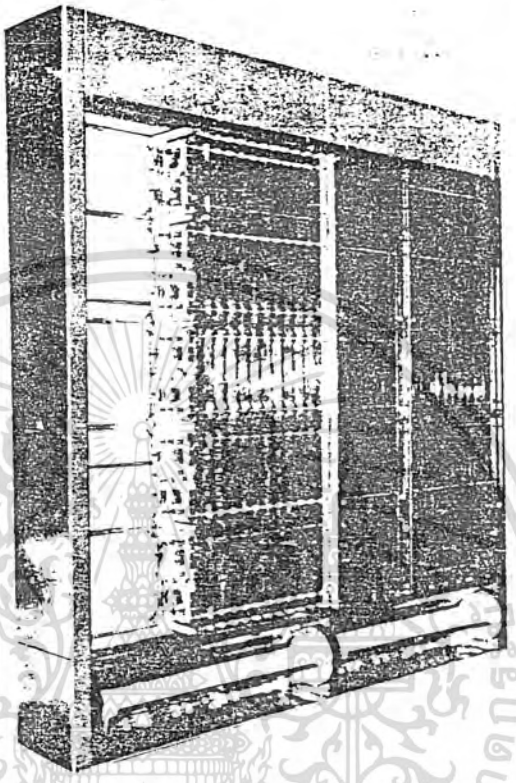
รูปที่ 3.20 กรองอากาศชนิดแห้งประสิทธิภาพสูง (กรองอากาศ HEPA)

5. กรณีระบบระบายอากาศของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ

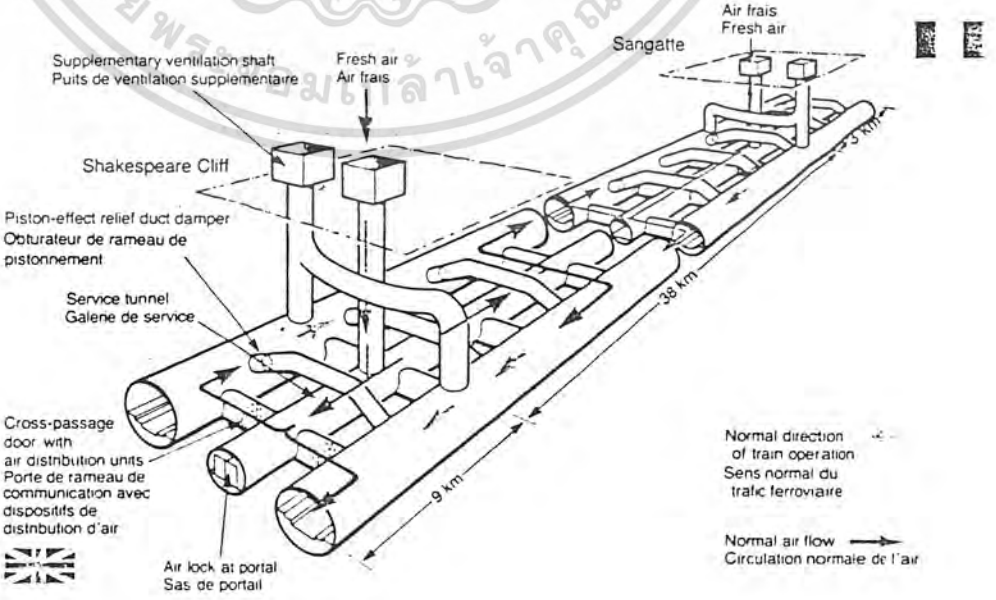
จะมีโรงระบายอากาศ (ventilation plant) ที่ใช้ปฏิบัติงานหลักและระบบสำรองเผื่อไว้ยามฉุกเฉิน อยู่ทั้งที่ชายฝั่งของประเทศอังกฤษและฝรั่งเศษ อากาศดีจะถูกดูดลงมาตามปล่อง (ดูรูปที่ 3.22) ทางแนวดิ่งเข้าสู่ service tunnel ซึ่งอยู่ห่างกัน 375 m. และแยกเข้าผ่านทาง cross-passage ซึ่งเชื่อมระหว่าง rail tunnels และ service tunnel เข้าสู่ตัวอุโมงค์รถไฟทั้ง 2 ช่อง (rail tunnel) โดยผ่านประตู (cross-passage door) ซึ่งควบคุมการเคลื่อนที่ของอากาศ และยังช่วยกันไฟลามเข้ามายัง service tunnel ได้ด้วย และยังถูกออกแบบให้ช่วยต้านแรงดันของอากาศจากการเคลื่อนที่ของขบวนรถไฟด้วย ส่วน piston relief duct แต่ละท่อซึ่งอยู่ห่างกัน 250 m. จะช่วยปรับความดันของอากาศใน rail tunnels ทั้งสองให้มีความดันเท่าๆกัน

เอกสารนี้ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ [illegible] ถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนระบบระบายอากาศสำรองจะเชื่อมกับ rail tunnels ทั้งสองโดยตรง ใช้ในกรณีฉุกเฉิน เมื่อระบบหลักไม่สามารถปฏิบัติงานได้

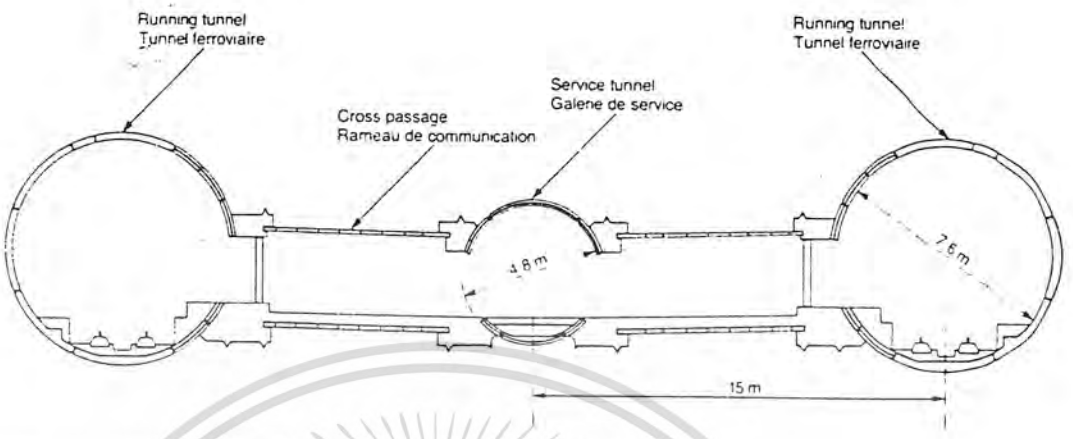


รูปที่ 3.21 เครื่องทำความสะอาดอากาศอีเล็คทรอนิค



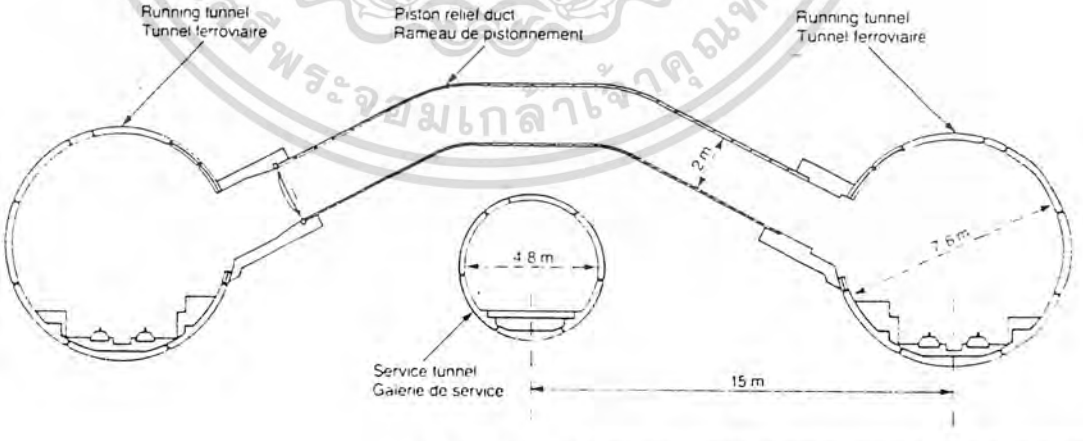
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

รูปที่ 3.22 แสดงระบบระบายอากาศของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ



Typical section through the tunnels showing cross-passage structure
Coupe type des tunnels montrant des rameaux de communication

รูปที่ 3.23 แสดงลักษณะของ Running tunnels, Service tunnels, Cross passage ของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างประเทศอังกฤษและฝรั่งเศษ



Typical section through the tunnels showing piston relief duct structure
Coupe type des tunnels montrant un rameau de pistonnement

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.24 แสดงลักษณะของ Running tunnels, Service tunnels, Piston relief duct ของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างประเทศอังกฤษและฝรั่งเศษ

บทที่ 4
WATER SUPPLY

ระบบการจ่ายน้ำให้แก่สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน เพื่อจ่ายให้กับระบบต่างๆ รวมทั้งเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ที่ใช้น้ำ บางชนิดก็ต้องการแต่เพียงน้ำเย็นเพียงอย่างเดียว บางชนิดก็ต้องการน้ำร้อนด้วย ตามหลักเศรษฐศาสตร์แล้วจะต้องเดินท่อให้มีระยะทางสั้นที่สุด ดังนั้นทางทฤษฎีแล้วท่อจะต้องเริ่มจากแหล่งน้ำ แล้วเดินเป็นเส้นตรงไปยังจุดที่ต้องการใช้น้ำ แต่ในทางปฏิบัติแล้วไม่สามารถที่จะทำได้ด้วยเหตุผลหลายประการ

ประการแรก เนื่องจากจะต้องรักษาความสวยงามของตัวสถานีไว้ ทำให้จำเป็นต้องซ่อนท่อไว้ในเพดาน ผนัง หรือ ช่องท่อ ของตัวสถานี

ประการที่สอง โครงสร้างของตัวสถานีอาจจะขวางทางเดินของท่อ ทำให้จำเป็นที่จะต้องเดินท่ออ้อมไปทางด้านอื่น

ประการสุดท้าย เพื่อความสะดวกในการดูแลรักษา และซ่อมแซมท่อ จึงจำเป็นที่จะต้องพยายามที่จะรวบรวมระบบท่อชนิดต่างๆ เอาไว้ด้วยกัน

ถังน้ำจะต้องมีปริมาณน้ำเพียงพอที่จะจ่ายน้ำให้กับสถานี และมีน้ำที่เพียงพอที่จะจ่ายน้ำตามความดันและปริมาณที่ระบบดับเพลิงต้องการทุกเมื่อ ระบบจ่ายน้ำให้กับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินดังแสดงในรูปที่ 4.1

1. ความดันที่ช่วยในการส่งน้ำจากแหล่งเก็บน้ำ

หรือถังน้ำสำรองไปยังจุดที่ต้องการใช้น้ำในตัวสถานีส่วนใหญ่แล้วความดันส่วนนี้จะมาจาก

1). ความดันของน้ำในเส้นท่อประปาสาธารณะของเมืองเอง เช่น ในกรณีของกรุงเทพมหานคร การประปานครหลวงจะกำหนดมาตรฐานไว้ว่า ความดันในเส้นท่อ ณ ตำแหน่งใด ๆของท่อประปาสาธารณะจะต้องไม่น้อยกว่า 2 บาร์

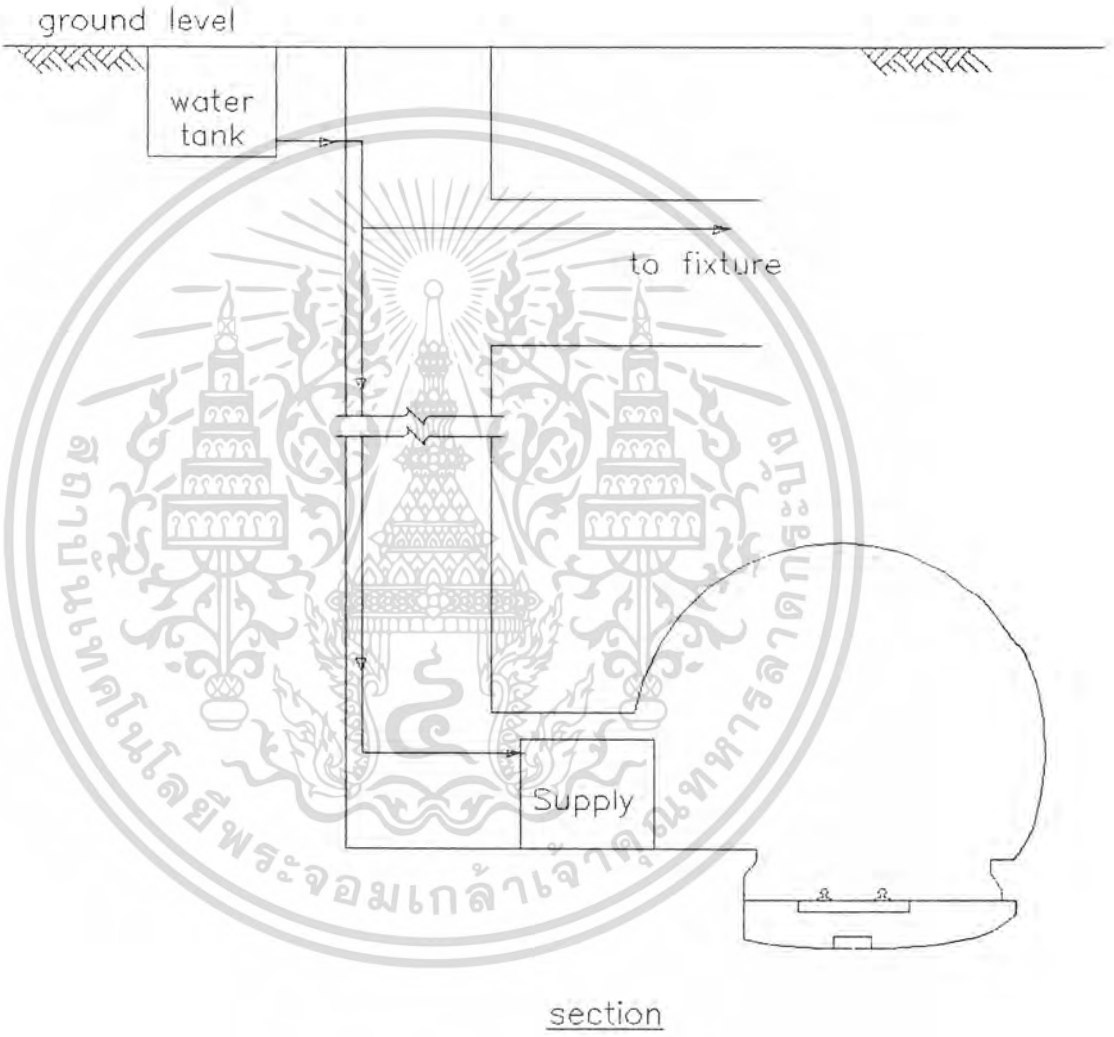
1). ความดันที่เกิดขึ้นเนื่องจากความต่างระดับของระดับท่อประปาสาธารณะกับระดับของแหล่งรับน้ำ เช่น เครื่องสุขภัณฑ์ มีหน่วยเป็น m แล้วจึงหารด้วย 10 จึงได้ความดันมีหน่วยเป็นบาร์

$$P = \rho H / 10$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย P = ความดันที่เพิ่มขึ้น หน่วย บาร์

@ H = ความต่างระดับระหว่างถังเก็บน้ำกับเครื่องสุขภัณฑ์หรืออุปกรณ์รับน้ำ มีหน่วยเป็น เมตร



รูปที่ 4.1 แสดงระบบจ่ายน้ำให้กับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

นอกจากนี้ควรมีการตรวจสอบความดันในเส้นท่อที่จ่ายให้เครื่องสุขภัณฑ์หรือให้กับอุปกรณ์มีความความดันมากเกินไปหรือไม่ (ปกติความดันที่จ่ายให้เครื่องสุขภัณฑ์จะมีแรงดันประมาณ 1.5 - 4.5 บาร์)[2] ถ้ามากเกินไปก็ควรติดวาวล์ลดความดันในเส้นท่อด้วยเพื่อมิให้อายุการใช้งานของเครื่องสุขภัณฑ์สั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 อัตราการไหลและความดันสำหรับเครื่องสุขภัณฑ์

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

ที่มา : National Plumbing Code Handbook Table 18.3.2

2. วัสดุของท่อประปาในสถานี

โดยปกติแล้วจะมีการกำหนดมาตรฐานวัสดุของท่อประปาโดยหน่วยงานของรัฐบาล เพื่อให้เหมาะสมแก่การใช้ส่งน้ำ ท่อประปาในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ต้องเป็นท่อกันไฟหรือเป็นท่อที่ติดไฟยากและเมื่อติดไฟไหม้ ไฟก็ไม่สามารถลามมาตามท่อได้ และต้องเป็นท่อที่ทนทานดูแลรักษาง่าย เช่น ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อทองแดง ท่อเหล็กหล่อ

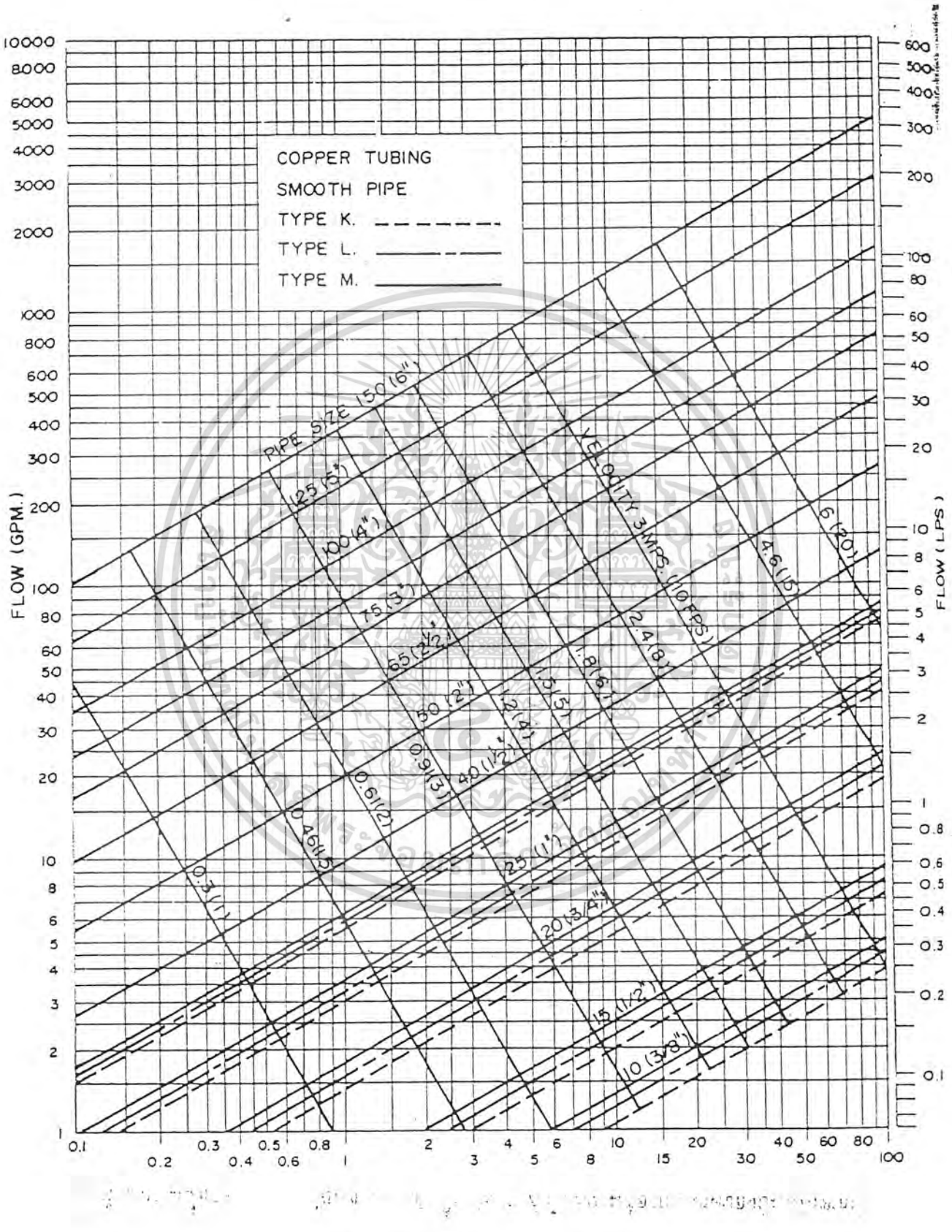
สามารถแบ่งท่อออกได้เป็น 3 ประเภท ตามผิวภายใน คือ

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

2). ท่อผิวหยาบปานกลาง หมายถึง ท่อใหม่ที่มีผนังเรียบดี แต่หลังจากใช้งานไปสัก 3 ถึง 4 ปีแล้ว ผนังจะมีความหยาบปานกลาง ท่อประเภทนี้ได้แก่ ท่อเหล็กดำ ท่อเหล็กอาบสังกะสี ท่อเหล็กหล่อ เป็นต้น

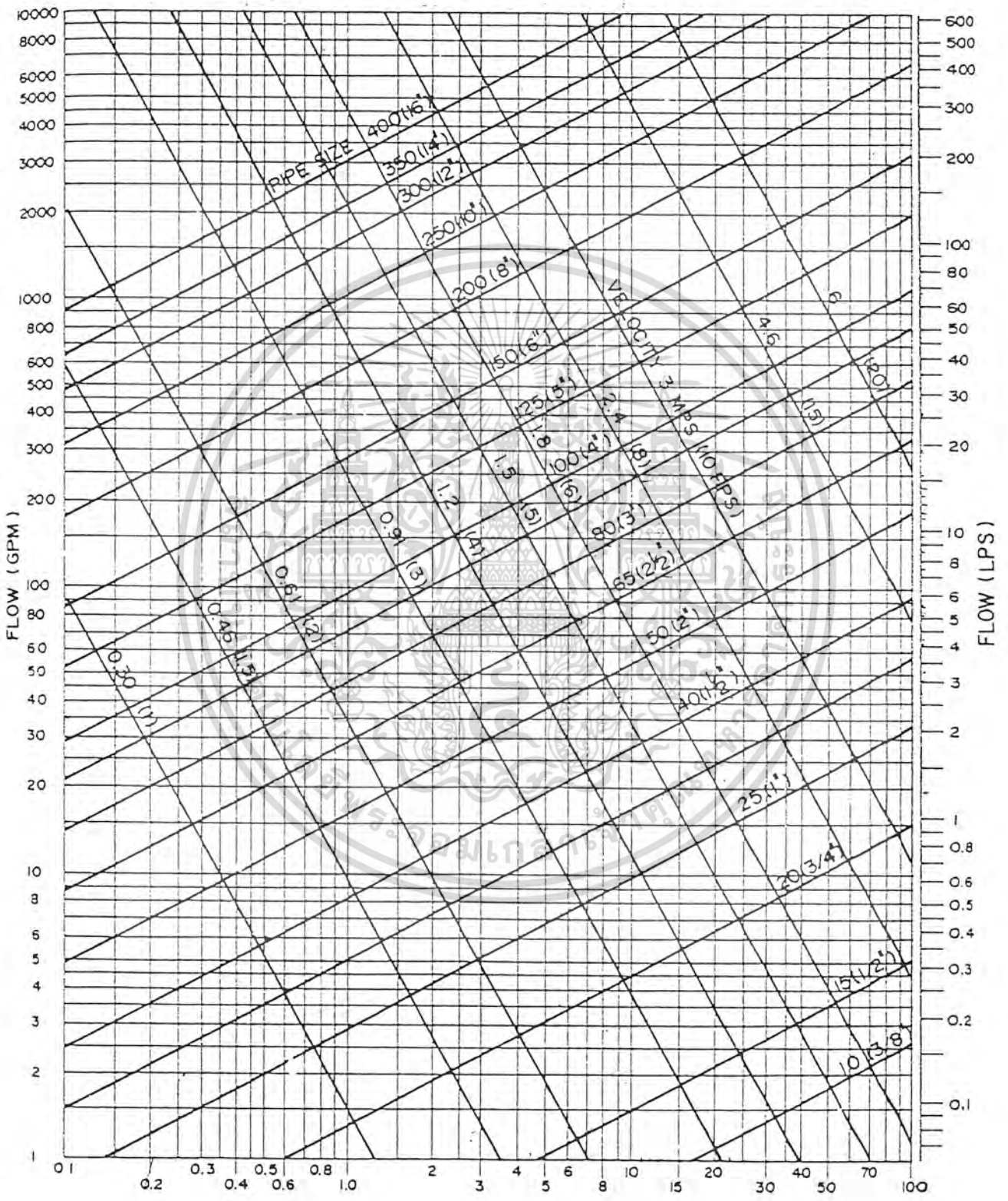
3). ท่อผิวหยาบมาก หมายถึง ท่อซึ่งทำด้วยวัสดุที่จะมีผนังท่อหยาบมากหลังจากที่ได้ใช้งานไปแล้วเป็นระยะเวลาหนึ่ง หรือท่อเก่าที่นำมาใช้ใหม่ สำหรับระยะเวลาที่ใช้งานจนผนังท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Friction loss, Ft.per 100 FT. or m per 100 m
(Copper Tubing or Smooth Steel Pipe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 Fnction loss, Ft.per 100 FT. or m per 100 m
(Fairly Rough Steel pipe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หยาบมากนั้น ยังไม่มีการวางหลักเกณฑ์ลงไป จึงต้องเป็นหน้าที่ของวิศวกรระบบท่อที่จะต้องพิจารณาเอาเอง

ขนาดของท่อจะหาได้จากสมการเบื้องต้นทางกลศาสตร์ของไหล คือ

$$Q = AV$$

โดย Q = อัตราการไหล

A = พื้นที่หน้าตัดของท่อ

V = ความเร็วของน้ำภายในท่อ

ส่วนความดันลดสามารถหาได้จากสูตรของ Hazen-Williams คือ

$$h_f = 4.727\ L\ (Q/C)^{1.85} / D^{4.87}$$

โดย h_f = ความดันลดเป็น ฟุตของน้ำ

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ เป็น ฟุต

L = ความยาวของท่อ เป็น ฟุต

Q = อัตราการไหล เป็น ลูกบาศก์ฟุตต่อวินาที

C = สัมประสิทธิ์ความหยาบ

ค่า C นี้ขึ้นอยู่กับความหยาบของผนังท่อ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัสดุท่อและอายุที่ได้ใช้งานมาแล้ว ท่อผนังเรียบจะมีค่า C สูงกว่าท่อผนังหยาบ สำหรับค่า C ที่ใช้ในการออกแบบท่อนี้มีค่าอยู่ระหว่าง 100 ถึง 140 ซึ่งขึ้นอยู่กับความหยาบของผนัง อย่างไรก็ตามการใช้สมการข้างต้นในการคำนวณนั้น ย่อมไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ สมการเหล่านี้สามารถแปลงมาอยู่ในรูปของกราฟได้ ซึ่งแสดงอยู่ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ดังนั้นผู้ออกแบบสามารถอ่านค่าขนาดท่อ ความเร็วของน้ำ อัตราการไหลและความดันลดได้จากกราฟโดยตรง โดยปกติแล้วการออกแบบระบบท่อซึ่งทำด้วยเหล็กมักจะใช้กราฟรูปที่ 4.3 (ถึงแม้ว่าท่อใหม่จะมีผนังเรียบก็ตาม) ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าในอนาคตจะยังคงมีน้ำจ่ายให้เครื่องสุขภัณฑ์ได้อย่างเพียงพอ ส่วนความเร็วของน้ำภายในท่อก็ไม่ควรเกิน 3 m/s (10 fps) เพื่อป้องกันมิให้มีเสียงดังของน้ำและลดอัตราการสึกกร่อนของบ่าวาวล์และท่อตลอดจนจำกัดความดันลดไม่ให้สูงมากจนทำให้ต้องใช้แรงดันน้ำสูงเกินไป ค่าที่ออกแบบในทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิบัติควรอยู่ระหว่าง 1.2 m/s (4 fps) 2.4 m/s (8 fps) ท่อชนิดต่างๆที่ใช้ในสถานีใต้ดินในที่นี้จะกล่าวรวมทั้งท่อระบายน้ำ ท่อระบายน้ำโสโครก ท่อระบบดับเพลิง ฯลฯ มีดังนี้

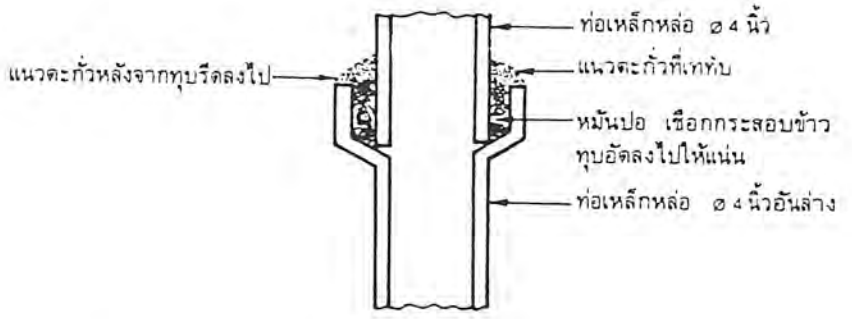
2.1 ท่อเหล็กหล่อ

ท่อเหล็กเป็นท่อเหล็กซึ่งเป็นเหล็กหล่อแล้วอาบยางกันสนิมที่เห็นสีดำๆ ส่วนมากมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4-6 นิ้ว ความยาวมาตราฐานที่ผลิตทั่วๆไป คือ 30, 60, 90, 120, 150, และ 180 เซนติเมตร (6ฟุต) ใช้ในการระบายของโสโครกจากหัวส้วมไปยังบ่อเกรอะในอาคารที่พักอาศัยทั่วๆไป นอกจากท่อตรงโดยปกติแล้ว บริษัทผู้ผลิตยังผลิตข้องอซึ่งมีทั้งข้องอ 90 องศา ข้องอรูปตัว Y และรูปอื่นๆ ตามต้องการข้อต่อของท่อชนิดนี้บานปลายที่เรียกว่า ปากระฆัง

การต่อท่อชนิดที่มีคุณภาพดีก็คือ เมื่อสวมปลายข้างที่เรียบลงไปในข้อต่อปากระฆังแล้ว ใช้หมัน (เช่น เชือกปอ) อัดเข้าไปในช่องว่างรอบๆ ท่อที่ข้อต่อด้านใน แล้วเทตะกั่วที่ละลายลงไปบนหมันรอบๆ ท่อจนเต็มข้อต่อ เมื่อตะกั่วเย็นแล้วใช้ค้อนทุบตะกั่วให้รัดเข้าไปในรอยต่อให้แน่น รอยต่อชนิดนี้แข็งแรง หากท่อตันก็สามารถยิงลมเข้าไปด้วยแรงอัดกว่า 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อขับไล่สิ่งติดขวางให้หลุดออกไปได้โดยข้อต่อไม่แตก

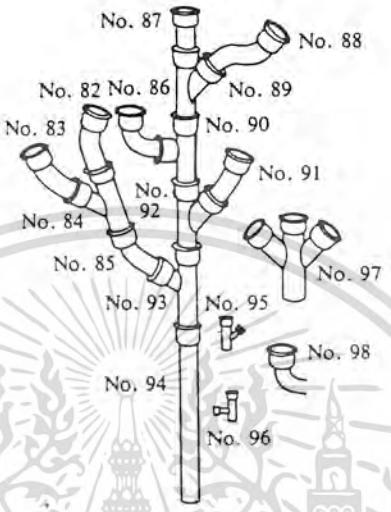
การต่อชนิดคุณภาพรองลงมาคือ ใช้หมันสำหรับต่อท่อโดยเฉพาะมีลักษณะเหมือนเชือก ทำด้วยใยหินผสมซีเมนต์ เมื่อจะใช้ให้นำเชือกหมันนี้ใส่ลงไปในช่องว่างระหว่างท่อที่รอยต่อ แล้วใช้ค้อนทุบอัดลงไปเบาๆ ให้แน่นแล้วใช้น้ำพรมลงไปให้เปียก เพื่อให้ซีเมนต์ที่ผสมอยู่ในเชือกหมันนั้นทำปฏิกิริยาและแข็งตัวทำให้รอยต่อแน่น

การต่อชนิดง่ายที่สุดแต่ไม่แข็งแรงคือ ใช้ซีเมนต์ 1 ส่วน ผสมทราย 4 ส่วน ผสมน้ำคลุกเคล้าให้เข้ากันดีจนเหนียวและมีความชันคล้ายๆ ปูนก่อแล้ว จึงใช้อัดเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อ

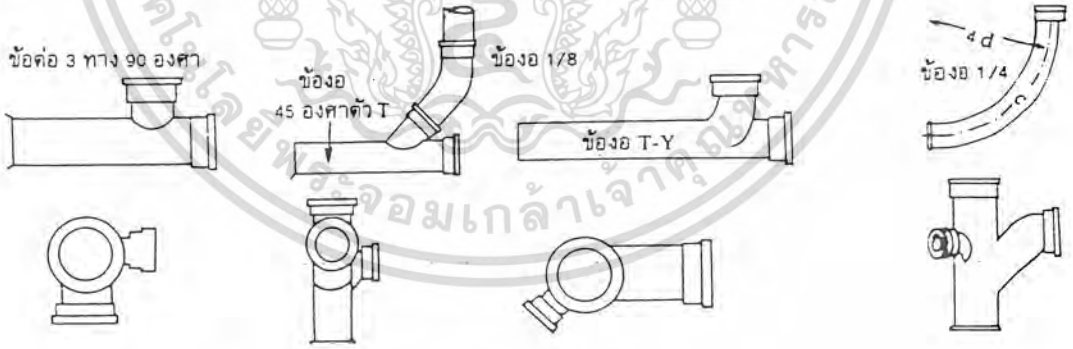


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 การต่อท่อเหล็กด้วยหมันและตะกั่ว (ใช้ในงานชนิดดี)



รูปที่ 4.5 ลักษณะของข้อต่อเหล็กหล่อชนิดต่างๆ



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างของข้องอเหล็กหล่อที่ใช้เป็นท่อของโสโครก (ท่อส้วม) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป

ลักษณะของข้อต่อชนิดต่างๆ มีดังรูปที่ 4.5 และเพื่อสะดวกในการระบุชื่อ จึงมีเลขหมายประจำชนิดของข้อต่อไว้ เช่น ข้อต่อตรง No. 87 ข้อต่องอ 90 องศา No. 86 เป็นต้น

2.2 ท่อเหล็กอาบสังกะสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ท่อเหล็กอาบสังกะสีเป็นท่อซึ่งใช้ในการเดินท่อน้ำใช้ น้ำทิ้งและท่อระบายอากาศ เพราะแข็งแรงทนทาน เป็นสนิมได้ยาก ราคาพอสมควร

ท่อเหล็กอาบสังกะสี มักจะทำจากเหล็กกล้า ซึ่งเป็นสนิมได้ยาก และทำเกลียวได้ง่ายกว่าเหล็กชนิดอื่นๆ การทำท่อชนิดนี้อาจทำได้ทั้งวิธีมีตะเข็บและไม่มีตะเข็บ วิธีที่มีรอยตะเข็บเชื่อมนั้น ทำโดยวิธีส่งเหล็กแผ่นที่กำลังร้อนเข้าไปในเครื่องทำท่อ ก่อนที่จะนำแผ่นเหล็กร้อนเข้าเครื่องต้องทำปลายทางที่จะเข้าเครื่องห่อให้เป็นรูปตัว V ก่อน ขณะที่ผ่านเข้าไปในเครื่องก็จะมีเครื่องเชื่อม เชื่อมรอยแผ่นเหล็กที่งอเข้าหากันจนเป็นท่อออกมา

วิธีทำอีกวิธีหนึ่งเรียกว่าเชื่อมทาบ (lap welding) วิธีนี้ทำโดยให้แผ่นเหล็กผ่านลูกกลิ้ง 2 ลูก ทำให้แผ่นเหล็กโค้งมาจรดกันเป็นรูปท่อ หลังจากทำให้ร้อนอีกครั้งหนึ่งแล้ว นำมาผ่านเครื่องทำท่อตามขนาดและในขณะเดียวกันก็มีเครื่องเชื่อม เชื่อมตะเข็บให้ติดกันไปด้วย ท่อซึ่งหล่อโดยวิธีนี้ผลิตออกมาในขนาดตั้งแต่เส้นผ่านศูนย์กลาง 2-16 นิ้ว

วิธีผลิตท่ออีกวิธีหนึ่ง ซึ่งผลิตออกมาโดยท่อไม่มีตะเข็บเลย เรียกว่าวิธีดันเหล็กเข้าเครื่องทำท่อ (piercing) วิธีนี้ทำโดยนำเหล็กกลมตันดันผ่านเข้าเครื่องนำท่อขณะที่เหล็กร้อน ซึ่งจะได้ท่อออกมาโดยไม่มีตะเข็บเลย ท่อชนิดนี้ผิวภายในท่อเรียบเพราะไม่มีตะเข็บ แต่ขนาดที่ผลิตออกมาโตไม่เกินเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว

ท่อเหล็กอาบสังกะสีส่วนมากผลิตออกมายาว 6 เมตร เพื่อสะดวกในการขนส่งที่ปลายท่อจะทำเกลียวมาเสร็จ ที่ด้านนอกของท่อ เพื่อต่อกับข้อต่อซึ่งมีเกลียวภายใน การต่อท่อชนิดนี้ใช้ข้อต่อซึ่งมีแบบต่างๆ เช่น ข้อต่อตรง ข้อต่องอ 90 องศา

2.3 ท่อซีเมนต์ใยหิน

ท่อซีเมนต์ใยหินนี้เดิมเรียกว่าท่อกระเบื้องกระดาษ ผลิตโดยบริษัทกระเบื้องกระดาษไทย จำกัด ปัจจุบันผลิตออกมาเป็นท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดันตามมาตรฐาน มอก. 81-2517 โดยบริษัทกระดาษไทยจำกัดผลิตออกมาใช้ ตราช้าง เป็นเครื่องหมาย ลักษณะของท่อเป็นเนื้อเดียวกันโดยตลอด ไม่มีตะเข็บ ท่อชนิดนี้ ใช้ในงานระบายน้ำโสโครก งานส่งน้ำตามโรงงานอุตสาหกรรม

2.3.1 วิธีการผลิต ท่อกระเบื้องใยหินตราช้างผลิตโดยใช้ปูนซีเมนต์ผสมกับแร่ใยหิน และน้ำ เมื่อผสมวัสดุทั้ง 3 ชนิด ดังกล่าวแล้วให้เข้ากันดีแล้วส่งเข้าเครื่องจักรสำหรับม้วนท่อ ส่วนผสมของวัสดุจะถูกแผ่ออกเป็นแผ่นบางๆ แล้วม้วนเข้ากับแบบเหล็กตามขนาด การม้วนจะม้วนซ้อนกันไปเรื่อยๆ จนได้ความหนาตามที่กำหนดไว้ ในระหว่างการม้วนแต่ละชั้นจะมีลูกกลิ้งอัดตามกรรมวิธีทางไฮโดรลิก หลังจากนั้นจะถอดท่อที่ได้ออกจากแบบเหล็กแล้วสวมด้วยแบบไม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

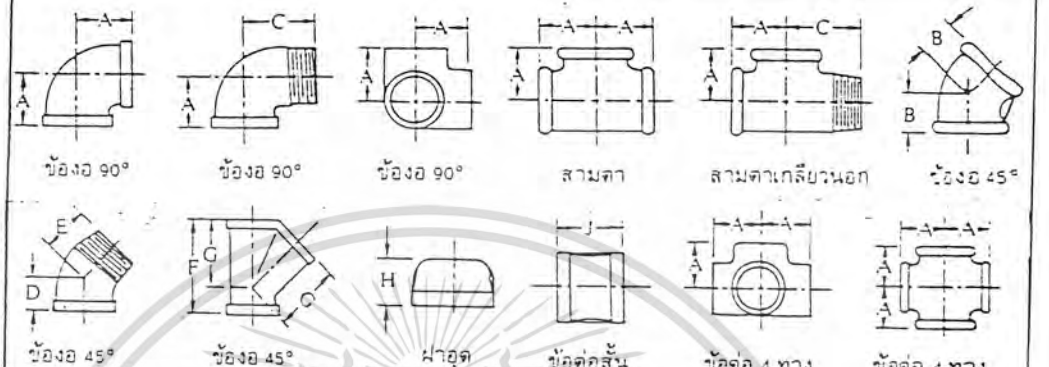
ตารางที่ 4.2 แสดงขนาดของท่อเหล็กอาบสังกะสีตามมาตรฐาน มอก.

	ขนาดท่อ*	เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก				ความหนา	
		สูงสุด		ต่ำสุด			
	นิ้ว	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.	นิ้ว	มม.
อย่างบาง (คาดสีเลือดหมู)	1/2	.841	21.4	.825	21.0	.080	2.0
	3/4	1.059	26.9	1.041	26.4	.092	2.35
	1	1.328	33.8	1.309	33.2	.104	2.65
	1 1/4	1.670	42.5	1.650	41.9	.104	2.65
	1 1/2	1.903	48.4	1.882	47.8	.116	2.9
	2	2.370	60.2	2.347	59.6	.116	2.9
	2 1/2	2.991	76.0	2.960	75.2	.128	3.25
	3	3.491	88.7	3.460	87.9	.128	3.25
	4	4.481	113.9	4.450	113.0	.144	3.65
อย่างกลาง (คาดสีน้ำเงิน)	1/2	.856	21.7	.831	21.1	.104	2.65
	3/4	1.072	27.2	1.047	26.6	.104	2.65
	1	1.346	34.2	1.316	33.4	.128	3.25
	1 1/4	1.687	42.9	1.657	42.1	.128	3.25
	1 1/2	1.919	48.8	1.889	48.0	.128	3.25
	2	2.394	60.8	2.354	59.8	.144	3.65
	2 1/2	3.014	76.6	2.969	75.4	.144	3.65
	3	3.524	89.5	3.469	88.1	.160	4.05
	4	4.524	114.9	4.469	113.3	.176	4.5
อย่างหนา (คาดสีเหลือง)	3/4	1.072	27.2	1.047	26.6	.128	3.25
	1	1.346	34.2	1.316	33.4	.160	4.05
	1 1/4	1.687	42.9	1.657	42.1	.160	4.05
	1 1/2	1.919	48.8	1.889	48.0	.160	4.05
	2	2.394	60.8	2.354	59.8	.176	4.5
	2 1/2	3.014	76.6	2.969	75.4	.176	4.5
	3	3.524	89.5	3.469	88.1	.192	4.85

*ขนาดท่อที่เรียก เป็นขนาดที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงระยะขนาดต่างๆของข้อต่อท่อเหล็กอาบสังกะสีชนิดต่างๆ

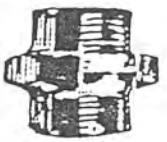


ขนาดท่อ*	A	B	C	D	E	F	G	H	J
1/8	11/16	1/2	1	11/16	13/16			9/16	15/16
1/4	13/16	3/4	13/16	5/8	15/16			5/8	11/16
3/8	15/16	13/16	17/16	11/16	11/16	21/8	17/16	3/4	13/16
1/2	1 1/8	7/8	15/8	13/16	13/16	27/16	1 11/16	7/8	15/16
3/4	15/16	1	17/8	15/16	15/16	27/8	2	1 1/16	1 1/2
1	1 1/2	1 1/8	2 1/8	1 11/16	1 1/2	33/8	2 7/16	1 3/16	1 11/16
1 1/4	1 3/4	1 5/16	2 7/16	1 1/4	1 11/16	41/16	2 15/16	1 1/4	1 15/16
1 1/2	1 15/16	1 7/16	2 11/16	1 3/8*	1 7/8	41/2	3 5/16	1 5/16	2 1/8
2	2 1/4	1 11/16	3 1/4	1 11/16	2 1/4	57/16	4	1 7/16	2 1/2
2 1/2	2 11/16	1 15/16	3 13/16			61/4	4 11/16	1 13/16	2 7/8
3	3 1/8	2 3/16	4 1/2			71/4	5 9/16	1 15/16	3 3/16
3 1/2	3 7/16	2 3/8						1 15/16	
4	3 3/4	2 5/8	5 11/16			87/8	6 15/16	2 1/16	3 11/16
5	4 1/2	3 1/16						2 5/16	
6	5 1/8	3 7/16						2 9/16	

* ขนาดของท่อเป็นนิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ชนิดของข้อต่อเหล็กอาบสังกะสี

ข้อลดกลม	สี่ทางตลอด	นอตอัด
ข้อลดเหลี่ยม	ข้อต่อ	 ยูเนียน
ข้อลดตาก	เกลียวต่อเหลี่ยม	เกลียวต่อ
ข้อโค้ง 90° (ผ.ม.)	ข้อต่อแบบอัด	
ข้อโค้ง 90° (ม.ม.)	เหล็กรัดท่อ	
หน้าแปลนรูปไข่	เหล็กรัดท่อ	
เหล็กรัดท่อ	หน้าแปลนกลม	

หมายเหตุ ผ.ม. หมายถึง ข้อต่อแบบผู้เมีย (เกลียวนอก 1 ด้าน เกลียวใน 1 ด้าน)
ม.ม. หมายถึง ข้อต่อแบบเมียเมีย (เกลียวใน 2 ด้าน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อรักษารูปทรงและนำไปทำให้แข็งตัวโดยเร็วในเตาอบจากนั้นเมื่อเอาท่อออกจากเตาอบก็จะทำการตัดกลึงให้ได้ความยาวตามขนาด แล้วนำท่อเรียงมัดเข้าเป็นตั้งนำไปบ่มในน้ำอีกประมาณ 7 วัน แล้วนำขึ้นมาบ่มในอากาศอีก 7 วัน หลังจากนั้นนำเข้าทดสอบแรงดันให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ครบทุกประการ จึงพร้อมที่จะนำออกจำหน่ายได้

2.3.2 ชนิดของท่อและข้อต่อ มีดังนี้คือ

1) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน ของบริษัทกระเบื้องกระดาษไทย จำกัด ตราช้างแบ่งคุณภาพออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพด้วยกันคือ

ชั้น 10 สามารถรับแรงดันทดสอบได้ 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบนี้ใช้ 5 กิโลเมตรต่อตารางเซนติเมตร ท่อชนิดนี้ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 - 600 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร ตราที่ประทับบนท่อเพื่อบอกรายละเอียดของท่อจะเป็นสีขาว ท่อชนิดนี้ใช้งานทั่วๆ ไป กรมชลประทาน เช่น ท่อส่งน้ำให้เกษตรกร

ชั้น 15 สามารถรับแรงดันทดสอบได้ 15 กิโลกรัมตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบใช้ 7.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 - 600 มิลลิเมตร ความยาวมี 4 เมตร และ 5 เมตร ตราที่ประทับบอกรายละเอียดของท่อจะเป็นสีเขียว ใช้กับงานส่งน้ำทั่วไป เช่น การประปาชนบท ประปาเทศบาล งานชลประทาน เป็นต้น

ชั้น 20 สามารถรับแรงทดสอบได้ 20 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบ 10 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 - 600 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร และ 5 เมตร ตราที่ประทับบอกรายละเอียดท่อจะเป็นสีแดง ใช้ในงานประปาทั่วไป เช่น การประปานครหลวง การส่งน้ำในการประปาส่วนภูมิภาค

ชั้น 25 สามารถรับแรงดันทดสอบได้ 25 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบใช้ 12.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 - 600 มิลลิเมตร ตราประทับบอกรายละเอียดของท่อจะเป็นสีน้ำเงิน

2) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนแรงดันต่ำ ท่อชนิดนี้สามารถรับแรงทดสอบได้ 5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร แรงดันใช้งานหรือแรงดันในการออกแบบ 2.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ผลิตตั้งแต่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 - 600 มิลลิเมตร ความยาว 4 เมตร ตราที่ประทับบอกรายละเอียดของท่อจะเป็นสีเหลือง ท่อชนิดนี้ใช้กับการส่งน้ำที่มีความดันต่ำทั่วๆไป

3) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดเคลือบบิทูเมน (bitumen) ผลิตออกมาเพื่อใช้ในกรณีที่ต้องการป้องกันการกัดกร่อนของกรดหรือด่าง ใช้ในงานบริเวณที่มีสารกัดกร่อน เช่นในบริเวณที่มีน้ำเสียไหลผ่านหรือชายทะเล ส่วนขนาดและความสามารถในการรับความดันนั้นเป็นไปตามข้อที่ 1 และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ท่อซัลเฟต (ประเภท 5) เป็นท่อตามชั้นคุณภาพและความสามารถในการรับแรงดันเป็นไปตามข้อที่ 1 และ 2 แต่ท่อประเภท 5 นี้มีสารซึ่งสามารถทนการกัดกร่อนของสารซัลเฟตได้ ผลิตออกมาความยาว 4 เมตร

5) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดธรรมดา ท่อชนิดนี้ผลิตตามมาตรฐาน มอก. 106-2517 การผลิตนั้นใช้วัสดุผสมเช่นเดียวกับท่อซีเมนต์ใยหินทนความดัน ผิดกันตรงที่ส่วนผสมเท่านั้น ท่อชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานระบายน้ำโดยทั่วไปทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น ใช้เป็นท่อระบายน้ำจากห้องน้ำหรือส้วมใช้ระบายน้ำฝนจากรางน้ำที่ชายคา ผลิตออกมาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100, 150 และ 200 มิลลิเมตร ความยาวมีขนาด 4 เมตร ข้อต่อมีสองชนิดคือ แบบปลอก (sleeves) และระบบข้อต่อแหวนยางซึ่งใช้ในกรณีที่ข้อต่อต้องการความยืดหยุ่นบ้างเล็กน้อย

6) ท่อซีเมนต์ใยหินชนิดร้อยสายใน A3 เป็นท่อซีเมนต์ใยหินซึ่งผลิตโดยใช้วัตถุดิบและขั้นตอนการผลิตเช่นเดียวกับท่อระบายน้ำตราช้าง เหมาะสำหรับร้อยสายโทรศัพท์ ท่อร้อยสายไฟฟ้าเป็นท่อปลายเรียบเช่นเดียวกับท่อระบายน้ำ ผลิตออกมาในขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80, 100, 115 และ 140 มิลลิเมตร ใช้ฝังในดินเพื่อร้อยเดินสายโทรศัพท์ สายไฟฟ้าใต้ดินข้อต่อของท่อนี้มีแนวข้อต่อตรงแบบปลอก ข้อต่อตรงปรับมุมได้ (deflection couplings) และข้อต่อแบบปากระฆัง (end bell)

ขนาดของท่อซีเมนต์ใยหิน ข้อต่อต่างๆแสดงดังตารางที่ 4.5

ท่อซีเมนต์ใยหินตราช้าง ต่อโดยการใช้ข้อต่อและทาน้ำยาประสานรอยต่อ ข้อต่อซีเมนต์ใยหิน มี 2 ชนิดคือ

1) ข้อต่อแบบที่ 1 เป็นข้อต่อแบบธรรมดาใช้กับท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 250 มิลลิเมตร หรือโตกว่า

2) ข้อต่อแบบที่ 2 เป็นข้อต่อแบบทำมุมได้ ใช้กับท่อซีเมนต์ใยหินชนิดทนความดัน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 80 -200 มิลลิเมตร ผิวในข้อต่อถูกกลึงไว้ให้ท่อปรับมุมได้ 10 - 20 องศา

ข้อต่อทั้งสองแบบมีร่อง 3 ร่องสำหรับใส่แหวนยางกันรั่วซึมในร่องริม 2 ร่อง ใช้แหวนยางเป็นหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู ส่วนแหวนยางที่ใส่ร่องกลางเป็นแหวนยางหน้าตัดกลม

2.3.3 การต่อท่อ ท่อซีเมนต์ใยหินต่อโดยการใช้ข้อต่อ ซึ่งข้อต่อและตัวท่อจะติดกันได้โดยใช้น้ำยาต่อท่อซึ่งบริษัทผลิตท่อได้ผลิตขึ้น น้ำยาบรรจุในกระป๋องขนาด 1 กิโลกรัมและ 4 กิโลกรัม สำหรับปริมาณการใช้งานของน้ำยานั้น น้ำยาจุกระป๋องขนาด 1 กิโลกรัมจะใช้ต่อท่อขนาดต่างๆ ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ต่อได้ 40 ท่อ

ตารางที่ 4.5 แสดง ขนาด น้ำหนัก และข้อต่อของท่อซีเมนต์ใยหินตราช้าง

ชั้นความดันที่ทดสอบ	ชนิดของข้อต่อ	เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (D)	ความหนาของท่อ (S)	เส้นผ่านกลางภายนอกท่อ (De)	เส้นผ่านกลางภายในข้อต่อ (D)	น้ำหนัก กก.		
						ข้อต่อ	ท่อ 4 เมตร	ท่อ 5 เมตร
15 กก./ซม.²	II	100	9	118	122	3.0	30.0	–
		150	10	170	174	4.6	47.0	59.0
		200	13	226	230	7.2	80.0	100.0
	I	250	15	280	284	9.7	114.0	142.0
		300	17	334	338	12.7	154.0	192.0
		400	22	444	448	20.2	263.0	329.0
		500	30	560	564	29.1	448.0	560.0
		600	35	670	674	40.3	624.0	780.0
		80	9	98	101	2.8	25.4	–
20 กก./ซม.²	II	100	10	120	124	3.6	33.0	–
		150	13	176	180	6.1	61.0	76.0
		200	17	234	238	9.1	106.0	132.0
	I	250	19	288	292	12.5	145.0	181.0
		300	22	344	348	16.5	200.0	250.0
		400	30	460	464	26.7	363.0	454.0
		500	40	580	584	39.9	605.0	756.0
		600	47	694	697	58.7	851.2	1,064.0
		80	11	102	105	3.5	31.4	–
25 กก./ซม.²	II	100	13	126	130	4.8	42.0	–
		150	17	184	188	7.5	81.0	101.0
		200	22	244	248	12.1	139.0	173.0
	I	250	25	300	304	15.7	195.0	243.0
		300	30	360	364	21.2	285.0	356.0
		400	40	480	484	34.6	494.0	617.0

หมายเหตุ สำหรับท่อรูบด้วยบิทูเมนและท่อทนซัลเฟต (ผลิตจากปูนซีเมนต์ type V) ผลิตทุกชั้นเช่นเดียวกับท่อซีเมนต์ใยหินแบบธรรมดา

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 150 มิลลิเมตร ต่อได้ 28 ท่อ

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ต่อได้ 21 ท่อ

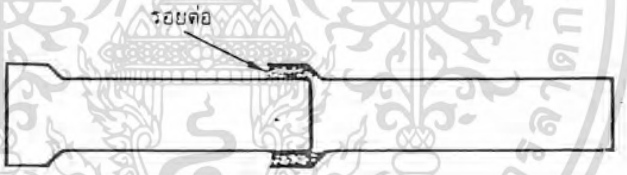
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 250 มิลลิเมตร ต่อได้ 17 ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 300 มิลลิเมตร ต่อได้ 14 ท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 400 มิลลิเมตร ต่อได้ 11 ท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 500 มิลลิเมตร ต่อได้ 9 ท่อ
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 600 มิลลิเมตร ต่อได้ 7 ท่อ

2.4 ท่อซีเมนต์

ท่อซีเมนต์เป็นท่อซึ่งผลิตขึ้นโดยใช้ซีเมนต์ผสมกับทรายและน้ำ เมื่อคลุกเคล้าส่วนผสมให้เข้ากันดีแล้วเทลงไปในแบบ เมื่อซีเมนต์แข็งตัวและถอดแบบออกแล้ว บ่มไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งก็ใช้งานได้ ท่อชนิดนี้ผลิตง่าย ร้านขายวัสดุก่อสร้างหลักๆ ก็มีผลิตจำหน่ายทั่วไป แม้ในชนบทก็มีแพร่หลาย ขนาดของท่อส่วนมากยาว 45 เซนติเมตร ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนั้นมีหลายขนาด เช่น 3 นิ้ว 4 นิ้ว 5 นิ้ว 6 นิ้ว 8 นิ้ว ที่หัวของท่อทำปากบานเป็นปากระฆังเพื่อต่อได้สะดวก รอยต่อยาด้วยซีเมนต์ผสมทรายดังรูปที่ 4.7 ท่อชนิดนี้ราคาถูก ใช้ในการระบายน้ำทิ้งทั่วๆ ไป



รูปที่ 4.7 ท่อซีเมนต์

2.5 ท่อดินเผา

ท่อดินเผาเป็นท่อที่ทำด้วยดินเผา ขั้นตอนในการผลิตเหมือนกับการผลิตอิฐ คือ ต้องนำดินมาเตรียมและนำเข้าอัดในแบบ หลังจากนั้นนำออกจากแบบผึ่งให้แห้งแล้วนำไปเข้าเตาเผาด้วยความร้อนสูงจนขึ้นมันเคลือบผิวจึงใช้ได้ ท่อชนิดนี้ส่วนมากทำออกมาในขนาดที่ไม่โตมาก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว 4 นิ้ว ความยาวไม่เกิน 50 เซนติเมตร ใช้เป็นท่อระบายน้ำ

2.6 ท่อทองแดง

ท่อทองแดงผลิตออกมาโดยวิธีที่ไม่มีตะเข็บ เป็นท่อที่มีคุณภาพในการทนต่อการผุกร่อนได้ดี ไม่เป็นสนิม ทนทาน ราคาถูกกว่าท่อทองเหลือง ผนังท่อมีความหนากว่าท่อทองเหลือง ท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทองแดงอาจต่อโดยวิธีใช้ข้อต่อ หรือด้วยวิธีบัดกรี ท่อทองแดงมีการสึกหรอได้ มีปฏิกิริยาเมื่อดูดซึมออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แอมโมเนีย หรือคลอรีนเข้าไป ท่อทองแดงมักนิยมใช้ในการใช้เป็นท่อน้ำร้อนเพราะ ทนทานและเก็บความร้อนได้ดี

ขนาดของท่อทองแดงนั้นผลิตออกมาจำหน่ายเป็นสองประเภท ประเภทที่หนึ่งเป็นขนาดเล็กซึ่งสามารถขดเป็นวงได้ ขอหนึ่งๆ มีความยาว 50 ฟุต ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกมีตั้งแต่ 1/8, 1/4, 3/8, 5/8, 7/8 นิ้ว

ส่วนขนาดที่ขนาดใหญ่ขึ้นไปนั้นผลิตออกมาในความยาว 6 เมตรเหมือนกับท่อเหล็กอาบสังกะสีมีขนาดโตไปจนถึง 4 นิ้ว ข้อต่อของท่อทองแดงมีเช่นเดียวกับข้อต่อของท่อเหล็กอาบสังกะสี

ท่อทองแดงราคาสูงกว่าท่อเหล็กอาบสังกะสีหรือท่อพี. วี. ซี. เช่น ราคาท่อทองแดงปี พ.ศ. 2532 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/2 นิ้ว ยาว 6 เมตร ราคาท่อนละ 280 บาท ถ้าเป็นท่อเหล็กอาบสังกะสีอย่างหนาจะราคาเพียงท่อนละ 167 บาทเท่านั้น ข้อต่อท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว งอ 90 องศา อันละ 25 บาท ส่วนข้อต่อท่อเหล็กอาบสังกะสีขนาดเดียวกันราคาเพียง 10 บาท ถ้าเป็นข้อต่อ พี.วี.ซี. จะราคาเพียง 5 บาทเท่านั้น

2.7 ท่อทองเหลือง

ท่อทองเหลืองมีราคาสูงกว่าท่อทองแดง มักใช้ในส่วนที่เป็นวาล์วหรือประตูน้ำเป็นส่วนใหญ่ ท่อทองเหลืองโดยมากต่อโดยวิธีทำเกลียว และมีข้อต่อเป็นพิเศษ ไม่ค่อยได้ใช้ในการก่อสร้าง ความยาวผลิตออกมาในขนาดเช่นเดียวกับท่อทองแดง

3. ความต้องการน้ำต่อวันของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

ความต้องการใช้น้ำต่อวันของแต่ละสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน จะขึ้นอยู่กับปริมาณผู้โดยสารที่ใช้บริการ ควรศึกษาจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่สร้างมาแล้วว่า รองรับปริมาณคนเท่าใด มีคนใช้เท่าใด ต้องการปริมาณน้ำเท่าใด แล้วนำสถิติข้อมูลนั้นมาเป็นพื้นฐานในการหาปริมาณน้ำที่ต้องการต่อไป ทั้งนี้เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้มาคำนวณขนาดของถังน้ำที่ต้องการ และเพื่อสำรองน้ำให้มีปริมาณและความดันเพียงพอต่อระบบดับเพลิง

4. ขั้นตอนในการหาขนาดของท่อประปาอย่างคร่าวๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบท่อต้องได้รับการออกแบบให้สามารถจ่ายน้ำให้กับเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์อย่างเพียงพอ ขนาดของท่อควรที่จะหาจากรูปที่ 4.2 หรือ รูปที่ 4.3 ตัวประกอบอื่นๆ ที่อาจจะมีผลต่อขนาดของท่อคือ

1. ความดันของแหล่งน้ำที่ได้จากท่อประปาสาธารณะและจากระดับความสูงที่แตกต่างกันของท่อประปาสาธารณะกับเครื่องสุขภัณฑ์ และอุปกรณ์แต่ละชนิด

2. ความดันที่ต้องการของเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์แต่ละชนิด

3. ความดันลดภายในท่ออันเนื่องมาจากความเสียดทาน

4. ข้อจำกัดเกี่ยวกับความเร็วของน้ำภายในท่อ เพื่อป้องกันเสียงและการสึกกร่อน โดยเฉพาะความเร็วสูงจะมีผลต่อการสึกกร่อนที่บ่าวาวล์เป็นอย่างมาก

5. อัตราความต้องการน้ำของระบบทั้งหมด

โดยทั่วไปแล้วขั้นตอนการหาขนาดของท่อประปาควรจะเป็นดังต่อไปนี้

1. รวมจำนวนหน่วยสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ของท่อเมนหรือท่อแยกที่ต้องการโดยอาศัยตารางที่ 4.8

2. หาความต้องการใช้น้ำสูงสุดที่เป็นข้อมูลที่ได้จากสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่สร้างไว้แล้ว

3. หาขนาดของท่อเมนหรือท่อแยก โดยใช้รูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 โดยให้ความเร็วของน้ำภายในท่อไม่เกิน 3 m/s ความเร็วของน้ำที่เหมาะสมควรอยู่ระหว่าง 1.2 ถึง 2.4 m/s

4. หาขนาดของท่อย่อยโดยใช้ความต้องการใช้น้ำสูงสุด ส่วนขนาดของท่อที่จะต่อเข้ากับเครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ให้เป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิต

5. คำนวณหาความดันลดสูงสุดของท่อเมนหรือท่อแยกโดยอาศัยรูปที่ 4.2 หรือ รูปที่ 4.3 เพื่อใช้ตรวจสอบความดันของน้ำให้แก่ระบบ โดยทั่วไปแล้วความดันลดสูงสุดจะอยู่ที่ท่อแยกที่จ่ายให้กับอุปกรณ์หรือเครื่องสุขภัณฑ์ที่อยู่ไกลแหล่งความดันน้ำที่สุด

6. ถ้าความดันลดในระบบสูงเกินไปจนไม่เหมาะสมทางหลักเศรษฐศาสตร์หรือเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ความดันในท่อประปาสาธารณะรวมกับความดันเนื่องจากความสูงของถังน้ำมีค่าน้อยกว่าความดันลด ถ้าติดตั้งpumpน้ำแล้วไม่คุ้มก็ให้ปรับขนาดท่อ แล้วทำการคำนวณตามขั้นตอนเดิม จนกว่าจะได้ความดันลดที่พอเหมาะ ซึ่งจะต้องอาศัยประสบการณ์ของวิศวกรระบบท่อโดยเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Note: For fixtures not listed, loads should be assumed by comparing the fixture to one listed using water in similar quantities and at similar rates. The assigned loads for fixtures with both hot and cold water supplies are given for separate hot- and cold-water loads and for total load, the separate hot-and cold-water loads being three-fourths the total load for the fixture in each case.

Source: National Standard Plumbing Code, Appendix B, Table B.5.2.

ตาราง 4.8 Load values assigned to fixtures

บทที่ 5
ระบบระบายน้ำ
(DRAINAGE)

1 ระบบระบายน้ำในสถานี (DRAINAGE IN STATION)

โดยภาพรวมแล้วระบบระบายน้ำในสถานีจะให้น้ำไหลลงบ่อพักก่อน แล้วจึงปั๊มขึ้นไปสู่ระดับข้างบน โดยจะทำการบำบัดข้างบนมิได้ทำการบำบัดข้างล่าง ดังรูปที่ 5.1

1.1 ชนิดน้ำทิ้ง

ในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินจะระบายน้ำอยู่ 3 ชนิด คือ

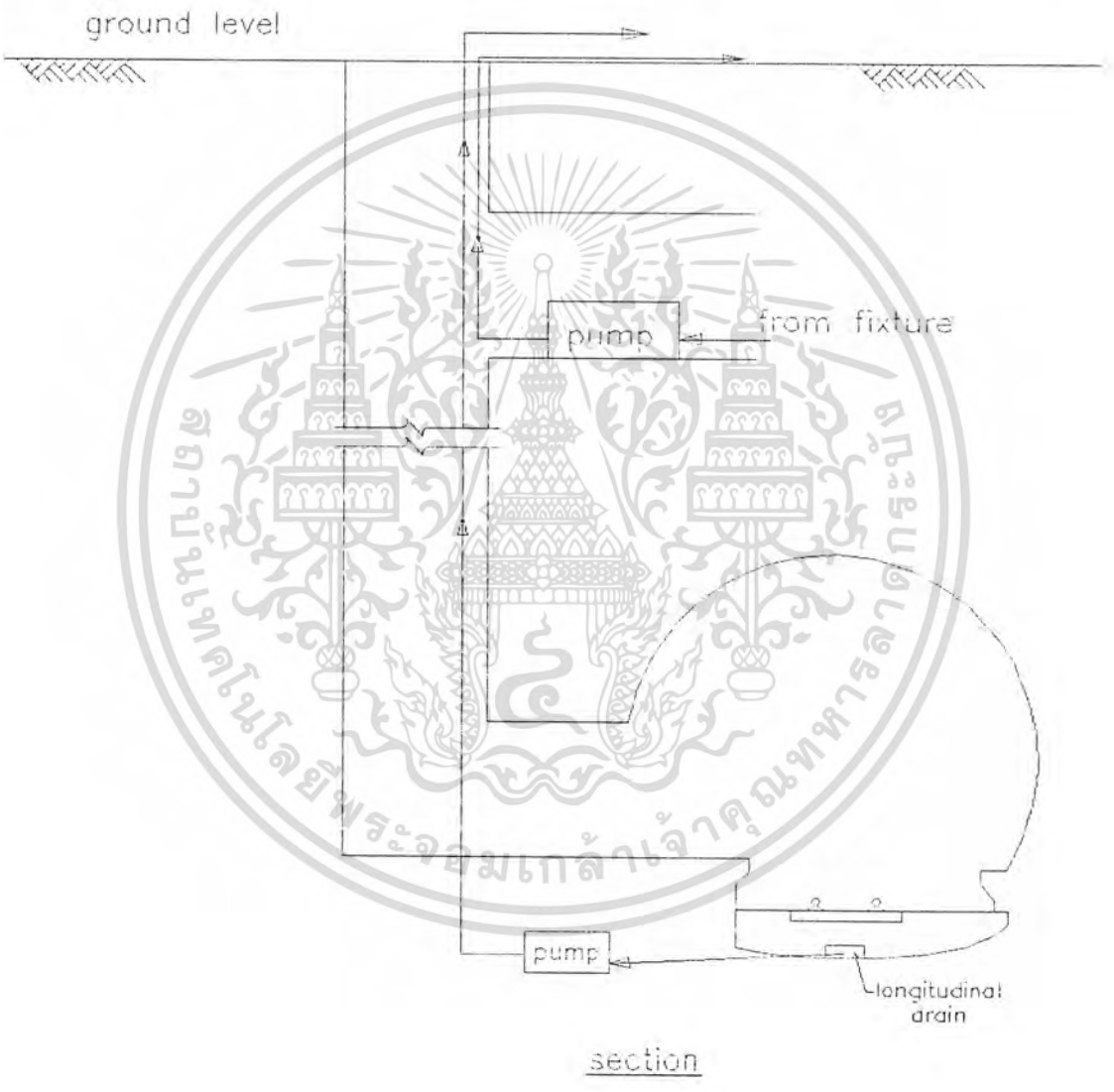
1) น้ำโสโครก (Sewage Water or Soil) ซึ่งเป็นน้ำที่ผ่านการใช้จากเครื่องสุขภัณฑ์ในห้องสุขา เช่น โถส้วม, ที่ปัสสาวะ อ่างล้างสิ่งสกปรก, ที่ล้างเบดแพน (bed pan) และบิเดท์ (bidets) จะให้ไหลมารวมกันในบ่อพักน้ำโสโครก เมื่อมีปริมารน้ำมากพอจึงใช้ Sewage pump pumpขึ้นสู่ระบบบำบัดข้างบน โดยอัตโนมัติ(ใช้สวิตซ์ลูกลอย) ซึ่งน้ำเสียชนิดนี้จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณการใช้ สำหรับข้อมูลปริมาณการใช้นี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผู้โดยสารที่มาใช้บริการห้องสุขา ผู้ออกแบบหรือผู้สนใจควรศึกษาจากข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วจากสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่สร้างมาแล้วว่า รองรับปริมาณคนเท่าใด มีคนใช้เท่าใด มีปริมารน้ำโสโครกเท่าใด ข้อมูลนี้เพื่อนำมาคำนวณหาขนาดบ่อพักน้ำโสโครก และขนาดของ Sewage pump

2) น้ำทิ้ง (Waste Water) คือ น้ำที่ระบายมาจากเครื่องสุขภัณฑ์อื่นๆ นอกเหนือจากน้ำโสโครก นั่นก็คือ เครื่องสุขภัณฑ์ทั่วๆ ไปในห้องน้ำ อ่างล้างหน้า และครัว น้ำที่ระบายออกจากเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือเครื่องมือเครื่องใช้อื่นๆ เช่น หม้อกำเนิดไอน้ำ หรือเครื่องสูบน้ำก็จัดอยู่ในประเภทนี้

3) น้ำที่ที่เกิดจากการซึมของน้ำจากชั้นดินและน้ำฝน คือน้ำที่ซึมเข้ามาในโครงสร้างรวมทั้งน้ำฝนซึ่งอาจสาดเข้ามาในกรณีที่เกิดพายุและฝนตกหนักมาก และจากการใช้น้ำในการดับเพลิง จะระบายลงบ่อพัก แล้ว pump น้ำนี้สู่ระบบบำบัดข้างบนเมื่อมีปริมาณมากพอโดยอัตโนมัติ หรืออาจ pump ไปรวมไว้ที่บ่อพักน้ำโสโครกก่อน แล้วจึง ใช้ Sewage pump pumpขึ้นไปไว้ข้างบนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ประเภทของระบบระบายน้ำ



รูปที่ 5.1 แสดงภาพการระบายน้ำในตัวสถานีโดยสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบระบายน้ำมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบรวมและระบบแยก ระบบแรกหมายถึงการรวมเอาน้ำโสโครกและน้ำทิ้งไว้ในท่อเดียวกัน แล้วระบายน้ำลงสู่ท่อระบายน้ำเดียวกัน สำหรับระบบหลังน้ำโสโครกและน้ำทิ้งจะระบายโดยแยกท่อของใครของมัน

1.) ระบบรวม ระบบรวมเป็นระบบที่มีท่อระบายน้ำโสโครกและน้ำทิ้งร่วมกัน

2.) ระบบแยก สำหรับระบบนี้ ท่อระบายน้ำภายในอาคารจะแบ่งออกเป็นท่อส้วมและท่อน้ำทิ้ง ซึ่งต่างก็ระบายโดยระบบท่อของตนเอง ถ้าอาคารตั้งอยู่ในบริเวณที่อยู่นอกเขตที่มีบริการท่อระบายน้ำโสโครกสาธารณะแล้วจึงระบายทิ้งพร้อมกันไปกับน้ำทิ้ง

1.3 ส่วนประกอบระบบระบายน้ำแบบใช้เครื่องสูบน้ำ

เป็นระบบที่ระบายน้ำที่อยู่ระดับต่ำกว่าท่อน้ำสาธารณะ การระบายน้ำจากที่ต่ำโดยปกติวิธีนี้จะนำน้ำมาเก็บไว้ที่บ่อพักก่อน แล้วจึงสูบด้วยเครื่องสูบเพื่อระบายทิ้งต่อไป ระบบนี้มีส่วนประกอบหลักดังนี้

1.3.1 บ่อพัก

การระบายน้ำจากระดับที่อยู่ต่ำกว่าระบบท่อซูเออร์ทำได้ด้วยการระบายลงสู่บ่อพักโดยแรงโน้มถ่วง ก่อนแล้วจึงระบายสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะ โดยใช้เครื่องสูบน้ำหรือใช้อุปกรณ์อย่างอื่น

มีบ่อพักหลายชนิด เช่น บ่อรับน้ำโสโครกจากส้วม บ่อรับน้ำทิ้งจากอ่างล้างหน้าหรืออ่างล้างสิ่งของและบ่อซึ่พเพจ (seepage pit) ซึ่งเก็บกักน้ำที่ซึมเข้ามาภายในตัวสถานี ถ้าระบบระบายน้ำภายในตัวสถานีเป็นระบบรวม อาจมีบ่อพักบ่อเดียวก็เป็นการเพียงพอ ในกรณีที่เป็นระบบแยก บ่อพักเหล่านี้จะต้องแยกจากกันแม้แต่ในกรณีที่เป็นระบบรวมก็ตาม

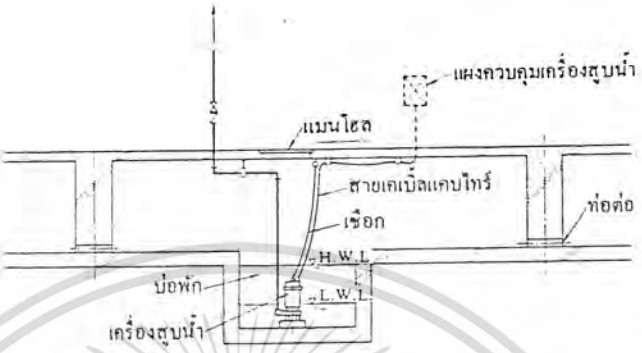
บ่อพักจะต้องมีน้ำรั่วไม่ได้ และต้องกันกลิ่นได้พร้อมด้วยมีท่อระบายอากาศ ไม่ว่าจะเป็นบ่อพักอย่างใดก็ตาม ไม่อนุญาติให้สร้างบ่อพักติดกับถังเก็บน้ำเพื่อการประปา โดยมีแต่เพียงกำแพง หรือสิ่งหนึ่งสิ่งใดในทำนองเดียวกัน กั้นไว้เท่านั้น

รูปที่ 5.2 เป็นภาพแสดงการสร้างบ่อ บ่อพักโดยทั่วไปสร้างด้วยคอนกรีตเสริมเหล็ก กรณีที่จำเป็นต้องมีท่อระบายน้ำในแนวระดับเป็นระยะทางไกลๆ อาจแบ่งบ่อพักเป็นหลายๆ บ่อ และต้องจัดอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับบ่อพักไว้ด้วย เช่น แมนโฮลท่อระบายอากาศ เครื่องควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำโดยอัตโนมัติด้วยอิเล็คโทรด หรือสวิตช์ลูกลอยตลอดจนอุปกรณ์ส่งสัญญาณเตือนเมื่อระดับสูงหรือต่ำเกินกว่าปกติ

ต้องติดตั้งแมนโฮลขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 45 เซนติเมตร สำหรับตรวจซ่อมบำรุงรักษาภายในบ่อพักและอุปกรณ์ แมนโฮลควรอยู่ในตำแหน่งที่มองเห็น และเข้าถึงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ จะนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การผลิต การโฆษณา หรือการใช้

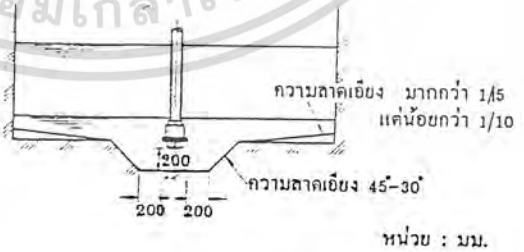
โดยสะดวก ขนาดที่เหมาะสมควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 60 เซนติเมตร เพราะคนงานอาจจะต้องลงไปในบ่อพร้อมทั้งเครื่องมือด้วยฝาปิดควรเป็นแบบกันกลิ่นได้ด้วย



รูปที่ 5.2 แสดงการสร้างบ่อพัก

ก้นของบ่อพักควรมีลักษณะที่ทำให้เครื่องสูบน้ำสามารถดูดเอาน้ำและสิ่งสกปรกออกได้หมด มิฉะนั้นตะกอนของสิ่งสกปรกจะเน่า และส่งกลิ่นเหม็นความลาดเอียงจึงควรอยู่ระหว่าง 1/15 - 1/10 และมีส่วนลึกที่มีขนาดเหมาะสมสำหรับตั้งเครื่องสูบถ้าเป็นแบบจุ่มในน้ำหรือท่อดูดของเครื่องสูบน้ำ ถ้าเป็นเครื่องสูบแบบอื่น ทั้งนี้เพื่อให้สามารถทำความสะอาดก้นบ่อได้ โดยสะดวกไม่มีตะกอนตกค้างอยู่ได้ ขนาดของส่วนลึกดังกล่าวโดยทั่วไปควรเป็นดังนี้

1) ควรมีที่ว่างประมาณ 200 มิลลิเมตร โดยรอบและต่ำกว่าฟุตวาล์วของเครื่องสูบแบบนอน หรือสวนดูดน้ำในกรณีของเครื่องสูบแบบจุ่มอยู่ในน้ำ ดูรูปที่ 5.3



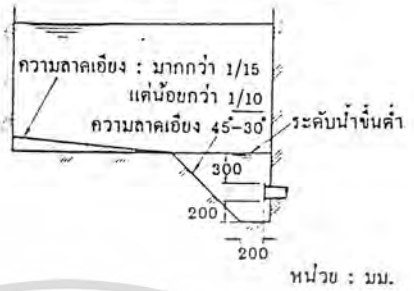
รูปที่ 5.3 แสดงรายละเอียดของบ่อพักที่มีเครื่องสูบแบบจุ่มอยู่ในน้ำ

2) ปลายท่อดูดควรอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำต่ำสุดภายในบ่อพักอย่างน้อยที่สุด 300 มิลลิเมตร อยู่ห่างจากผนังและก้นบ่ออย่างน้อย 200 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 5.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ควรติดตั้งท่อระบายอากาศของบ่อพัก ควรติดตั้งเข้ากับบ่อพักเพื่อระบายออกสู่อากาศภายนอกเพื่อให้ถูกสุขลักษณะวัตถุประสงค์ของท่อระบายอากาศมีดังนี้

1) เพื่อระบายก๊าซออกสู่อากาศภายนอก



รูปที่ 5.4 แสดงรายละเอียดของปลายท่อดูดของบ่อพัก

2) เพื่อถ่ายเทอากาศบริสุทธิ์เข้าไปภายในบ่อพัก

3) เพื่อป้องกันมิให้กลิ่นเน่าเหม็นตกค้างอยู่ในบ่อพัก

4) เพื่อให้อากาศไหลเข้ามาในบ่อพักได้ในขณะที่เครื่องสูบน้ำทำงาน และไหลออกจากถังในขณะที่น้ำทิ้ง หรือน้ำโสโครกระบายลงถังขนาดของท่อระบายอากาศไม่ควรเล็กกว่า 50 มิลลิเมตร และเทอร์มินัลของท่อควรเป็นเช่นเดียวกับท่อระบายอากาศโดยทั่วไป

1.3.2 เครื่องสูบน้ำจากบ่อพัก

เครื่องสูบน้ำจากบ่อพัก แบ่งออกได้เป็น เครื่องสูบน้ำโสโครก เครื่องสูบน้ำทิ้ง เครื่องสูบระบายน้ำและบิ๊ลจ์ปั๊ม ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการสูบ ถ้าพิจารณาจากลักษณะโครงสร้าง อาจแบ่งออกได้เป็นเครื่องสูบแบบแนวนอน แนวตั้ง และแบบจมในน้ำ หรือถ้าพิจารณาจากการติดตั้งก็อาจแบ่งออกได้เป็นเครื่องสูบแบบ บ่อเปียก (wet pit) หรือบ่อแห้ง (dry pit) ก็ได้

<u>การแบ่งตามลักษณะการใช้</u>

1) เครื่องสูบน้ำโสโครก เครื่องสูบน้ำชนิดนี้ถ้าเป็นเครื่องสูบแบบหอยโข่งที่มีใบพัดหลายๆ ใบอาจเกิดปัญหาจากการอุดตันได้เพื่อหลีกเลี่ยง จึงควรใช้เครื่องสูบน้ำแบบชนิดไม่อุดตัน (non-clog) หรือแบบที่มีใบพัดเป็นเบลด (blade) ใบพัดของเครื่องสูบน้ำโสโครกมักจะหนักกว่าของเครื่องสูบเพื่อระบายน้ำ จึงจำต้องใช้มอเตอร์ขนาดใหญ่กว่า และสูบได้หัวต่ำกว่าโดยทั่วไป

เครื่องสูบแบบไม่อุดตัน (non-clog pump) เครื่องสูบชนิดนี้มีช่องน้ำผ่านที่ขยายให้กว้างเพื่อให้ของแข็งผ่านได้โดยสะดวกโดยไม่อุดตัน และออกแบบให้มีใบพัดเพียงใบเดียว หรือสองใบโดยพิจารณาเป็นพิเศษเกี่ยวกับรูปร่างของใบพัด อย่างไรก็ตามเนื่องจากการอุดตันเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ถ้ามีใบพัดจึงควรใช้เครื่องสูบที่ไม่มีใบพัด หรือคลือกเลส ปั๊มสำหรับสูบน้ำโสโครกมากกว่าใช้เครื่องสูบชนิดนี้

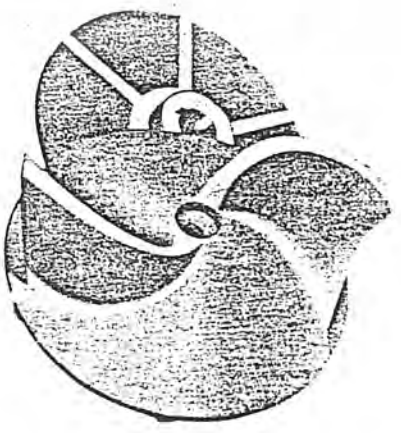
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องสูบแบบไม่มีใบพัด หรือคล็อกเลส ปั๊ม (bladeless and clogless pumps)

- เครื่องสูบชนิดนี้ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษให้ไม่มีใบพัด มีแต่ช่องทางไหลของน้ำที่มีรูปร่างเป็นพิเศษ และมีขนาดกว้างพอที่ของแข็งจะถูกสูบผ่านไปได้ รูปที่ 5.5 แสดงตัวอย่างอิมเพลเลอร์ (impeller) ของเครื่องสูบแบบไม่มีใบพัด และรูปที่ 5.6 ตัวอย่างของคล็อกเลส ปั๊ม รูปที่ 5.7 ก็แสดงตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบไม่มีใบพัดเช่นกัน แต่เป็นเครื่องสูบแบบจมในน้ำ รูปที่ 5.8 เป็นตัวอย่างของเครื่องสูบน้ำแบบคล็อกเลส ชนิดแนวดิ่งเครื่องสูบที่แสดงในรูปที่ 5.7 (ข) เรียกว่า แบบถอดออกได้ โครงสร้างของเครื่องสูบทำให้สามารถถอดตัวเครื่องสูบออกโดยทิ้งท่อส่งน้ำไว้ในบ่อ(แสดงไว้ทางด้านขวา)

ก) ข)

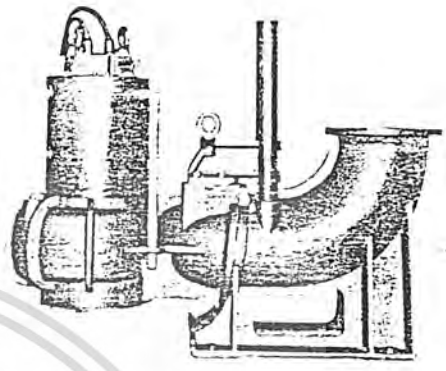
รูปที่ 5.5 ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส
ก) ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำความดันต่ำ (เบลดเลสปั๊ม)
ข) ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบความดันสูบ



รูปที่ 5.6 ตัวอย่างใบพัดของเครื่องสูบน้ำแบบคลอกเลส

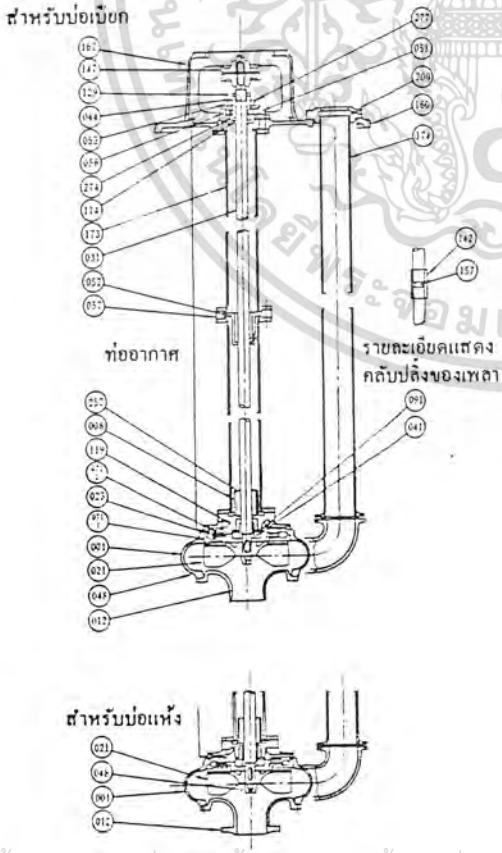
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ก) ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส (จุ่มในน้ำได้)



(ข) ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส (จุ่มในน้ำและถอดออกได้)

รูปที่ 5.7 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส
ก) ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส (จุ่มในน้ำได้)
ข) ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำแบบเบลดเลส (จุ่มในน้ำและถอดออกได้)



หมายเลข	ชื่อ	หมายเลข	ชื่อ
277	วีริง	031	เพลา
274	รีเทนนิ่ง ริง	023	ปั๊มเฮาท์เวน
200	หน้าแปลนด้านจ่ายน้ำ	021	ใบพัด
174	ท่อจ่ายน้ำ	012	ซัคชั่นคัฟเวอร์
173	ท่อคอลัมน์	008	สตัฟฟิ่งบ็อกซ์
162	โครงของมอเตอร์	001	เคสซิ่ง
160	แผ่นรองรับ		
157	เทเปอร์พิน		
147	คับปลิ้งของเพลา		
142	คับปลิ้งของเพลา		
129	น็อตของเพลา		
119	ปะเก็น		
114	ซีลน้ำมัน		
091	แกลนด์		
072-2	แผ่นข้าง		
071-1	แผ่นข้าง		
057	แบริ่งของเพลา		
056	บอลล์แบริ่ง		
053	ที่ครอบแบริ่ง		
052	ปลอกแบริ่ง		
051	แบริ่งเฮาซิ่ง		
048	น็อตขอบใบพัด		
044	แบริ่ง		
041	ปลอกเพลา		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.8 ตัวอย่างแสดงโครงสร้างของคลอเลสปั๊ม (แบบตั้ง)

2) เครื่องสูบน้ำทิ้ง เครื่องสูบชนิดนี้ใช้สำหรับสูบระบายน้ำที่ไม่มีของแข็งปนอยู่มากเหมือนน้ำโสโครก เช่นน้ำที่ซึมเข้ามาภายในอาคาร น้ำหล่อเย็นสำหรับเครื่องจักร และน้ำคอนเดนเสท

3) บิลจ์สปริงปั๊ม (bilge spring pump) เครื่องสูบชนิดนี้ใช้สำหรับสูบน้ำที่ซึมเข้ามาภายในอาคาร ซึ่งโดยทั่วๆไปไม่มีของแข็งปนมาด้วย จึงมักเป็นเครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง

<u>การจำแนกเครื่องสูบน้ำออกตามลักษณะโครงสร้าง</u>

1) เครื่องสูบน้ำตามแนวนอน เครื่องสูบชนิดนี้มีแกนหมุนตามแนวนอน ในการใช้จำต้องมีฟุตวาล์วและตะแกรงกรองผงและถึงแม้ว่าจะมีตะแกรงกรองผงแล้วก็ตาม ฟุตวาล์วจะเสียอยู่เสมอๆ เนื่องจากมีตะกอนไปจับตัวอยู่ดังนั้นจึงมักจะใช้เครื่องสูบชนิดนี้เป็น บิลจ์ปั๊มเป็นส่วนใหญ่ ปัญหาจะลดน้อยลงไปถ้าใช้เครื่องสูบแบบที่ล่อน้ำได้ด้วยตนเอง (self-priming) หรือมีถังสำหรับล่อน้ำ (priming tank) ติดตั้งอยู่ด้วย

2) เครื่องสูบแบบแนวตั้ง เครื่องสูบชนิดนี้มีแกนหมุนอยู่ในแนวดิ่ง มีมอเตอร์ตั้งอยู่บนพื้น ส่วนตัวเครื่องสูบน้ำจะจมอยู่ในบ่อพัก จึงไม่จำเป็นต้องมีฟุตวาล์ว ทำให้มีความแน่นอนสูงกว่าเครื่องสูบแบบแนวนอน ถ้าเป็นการสูบน้ำโสโครก หรือน้ำทิ้งควรใช้เครื่องสูบน้ำชนิดนี้ อย่างไรก็ตามในกรณีที่บ่อค่อนข้างลึก เพลาของเครื่องสูบจะต้องยาวทำให้มีโอกาสสั่นได้มากในขณะทำงาน ถ้าใช้เครื่องสูบชนิดนี้ควรต้องมีตะขอยึดติดแน่นกับโครงสร้างสำหรับยกเครื่องสูบและมอเตอร์ ในขณะติดตั้งและบำรุงรักษา

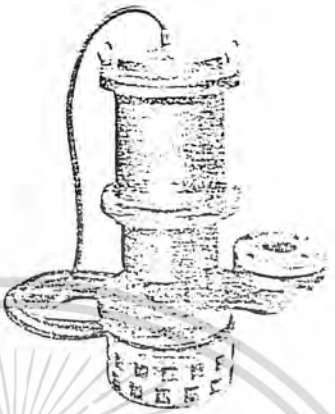
3) เครื่องสูบแบบจมในน้ำ ปัจจุบันเครื่องสูบน้ำชนิดนี้มีใช้กันอย่างกว้างขวาง เครื่องสูบชนิดนี้ไม่ต้องการพื้นที่สำหรับติดตั้งเครื่องสูบหรือมอเตอร์ เพราะทั้งเครื่องสูบและมอเตอร์จะจมอยู่ในบ่อพักไม่มีเสียง หรือความสั่นสะเทือนการติดตั้งก็ทำได้โดยง่ายและสะดวก บนพื้นจะต้องการเนื้อที่เพียงเพื่อเดินท่อและติดตั้งวาล์วเท่านั้นข้อไม่สะดวกที่อาจมีบ้างในเวลาตรวจซ่อม เพราะจะต้องยกขึ้นมาจากน้ำนั้น ในปัจจุบันก็ได้รับการปรับปรุงแก้ไข เช่น มีเครื่องสูบแบบไม่มีใบพัดที่สามารถถอดตัวเครื่องสูบออกจากท่อส่งน้ำได้โดยง่าย เป็นต้น

ดังแสดงในรูปที่ 5.9 และรูปที่ 5.10 แสดงโครงสร้างของเครื่องสูบแบบไม่มีใบพัด

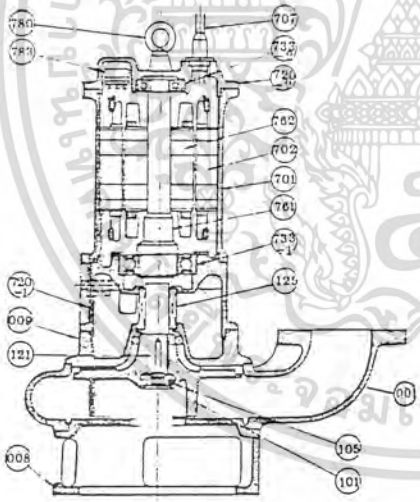
<u>การจำแนกตามการติดตั้ง</u>

มีเครื่องสูบแบบแนวตั้งอยู่ 2 ชนิด สำหรับใช้ในบ่อเปียกหรือบ่อแห้งในทั้ง 2 กรณี มอเตอร์จะตั้งอยู่บนพื้นในขณะที่ตัวเครื่องสูบจะหย่อนลงมาข้างล่าง (ปัจจุบันมีเครื่องสูบแบบจมในน้ำที่สามารถติดตั้งในบ่อแห้งผลิตออกจำหน่ายและใช้กันอย่างกว้างขวางด้วย) ในกรณีนี้ควรมีตะขอติดอยู่สำหรับดึงเครื่องสูบน้ำขึ้น หรือหย่อนเครื่องสูบน้ำลงไปในบ่อพัก ไม่ว่าจะเป็นแบบบ่อแห้งหรือบ่อเปียกก็ตาม

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ตัวอย่างแสดงเครื่องสูบแบบจุ่มในน้ำ



หมายเลข	ชื่อ	หมายเลข	ชื่อ
001	เคสซิ่ง	707	สายไฟ
008	ซัคชั่นคัฟเวอร์	720–1	เอ็นด์แบรคเก็ต (ตัวล่าง)
009	แบรคเก็ต	720–2	เอ็นด์แบรคเก็ต (ตัวบน)
101	ใบพัด	733–1	บอลล์แบริ่ง (ตัวล่าง)
105	โบลท์ยึดใบพัด	733–2	บอลล์แบริ่ง (ตัวบน)
121	คีย์	761	เพลา
125	ซีลเมคแคนิคัล	762	โรเตอร์
701	เฮาส์ซิ่ง	780	รูสำหรับยก
702	สเตเตอร์	783	คัทรีเลย์อัตโนมัติ

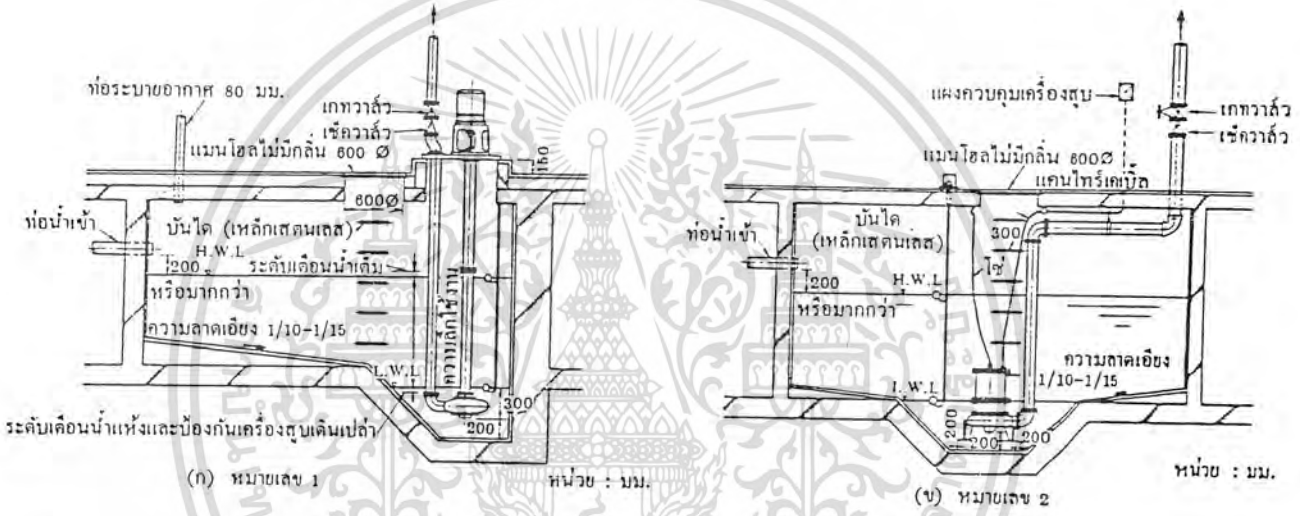
รูปที่ 5.10 ตัวอย่างแสดงเครื่องสูบจุ่มในน้ำแบบเบลดเลส

1) แบบบ่อเปียก เครื่องสูบจะจมอยู่ในท่อระบายน้ำโดยมีทางดูดของเครื่องสูบอยู่ทางด้านล่างเข้าหาก้นบ่อ การซ่อมแซมบำรุงรักษาเครื่องสูบชนิดนี้ทำได้ด้วยการดึงเครื่องสูบขึ้นมาเป็นครั้งคราว ซึ่งในแต่ละครั้งตัวเครื่องสูบหรือเพลาของเครื่อง จะนำเอาสิ่งสกปรกติดขึ้นมาด้วย ทำให้พื้นและบริเวณโดยรอบเปรอะเปื้อนไปด้วยรูปที่ 5.11แสดงการติดตั้งเครื่องสูบชนิดนี้

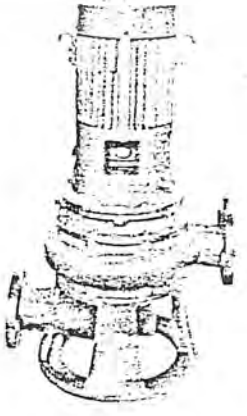
2) แบบบ่อแห้ง เครื่องสูบสำหรับบ่อแห้งมีมอเตอร์ตั้งอยู่บนพื้นในขณะที่ตัวเครื่องสูบจะจมอยู่ในบ่อติดกับบ่อพักน้ำแทนที่จะจมอยู่ในบ่อพักโดยตรง หรือมิฉะนั้นทั้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเครื่องสูบจะติดตั้งอยู่ในบ่อข้างเคียงบ่อพักทั้งหมด โดยสาเหตุนี้การบำรุงรักษาจึงทำได้โดยไม่ยุ่งยาก หรือทำให้พื้นและบริเวณโดยรอบเปรอะเปื้อน แต่วิธีการนี้ต้องการพื้นที่มากกว่ากรณีของบ่อเปียก รูปที่ 5.11 แสดงการติดตั้งแบบนี้ใช้เครื่องสูบแบบจมในน้ำที่สามารถติดตั้งในบ่อแห้ง ซึ่งมีผลิตขึ้นจำหน่ายเมื่อไม่นานมานี้เอง (บางครั้งเรียกว่า แบบยืน) รูปที่ 5.12 เป็นรูปของเครื่องสูบชนิดนี้ รูปที่ 5.13 แสดงการติดตั้ง

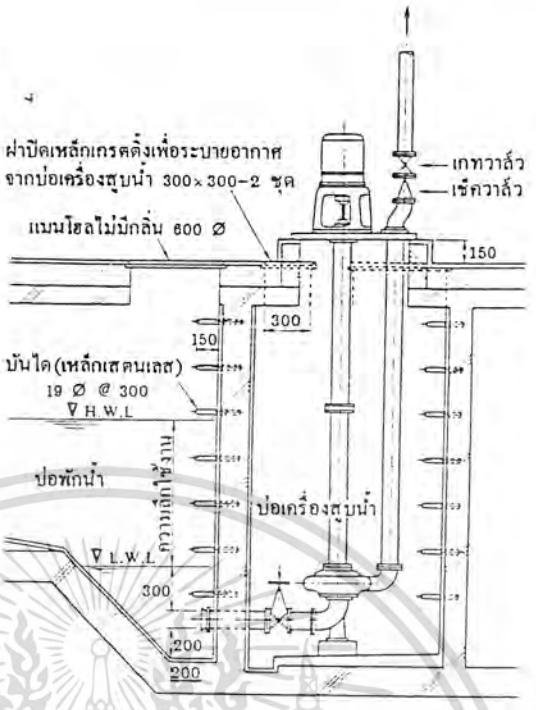


รูปที่ 5.11 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำบ่อแห้ง



รูปที่ 5.12 ตัวอย่างเครื่องสูบน้ำจากบ่อพักแบบจุ่มในน้ำสำหรับบ่อแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน่วย : มม.

รูปที่ 5.13 ตัวอย่างแสดงการติดตั้งเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มในน้ำสำหรับบ่อแห้ง

ขนาดของเครื่องสูบน้ำ

ขนาดของเครื่องสูบน้ำโสโครก ควรกำหนดขึ้นโดยยึดถือความสามารถในการสูบตะกอน และของแข็งเป็นเกณฑ์มากกว่าความสามารถในการสูบ และขนาดที่เล็กที่สุดควรเท่ากับ 75 มิลลิเมตร 100 มิลลิเมตรจะเหมาะสมกว่า ไม่ว่ากรณีใดๆ เครื่องสูบน้ำโสโครกโดยทั่วไปจะสามารถสูบของแข็งขนาดสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ใหญ่ที่สุดประมาณ 1/3 ของเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องสูบ

ขนาดของเครื่องสูบระบายน้ำ อาจใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเล็กลงได้เป็นอย่างมากขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำที่ต้องการระบาย

ขนาดของเครื่องสูบแบบบิลจ์ ขนาดของเครื่องสูบชนิดนี้ควรเป็นไปตามปริมาณน้ำที่ไหลออกมาจากน้ำซึมหรือน้ำพุที่ต้องการจะระบาย ซึ่งถึงแม้ว่าจะไม่มีของแข็งระบายมาด้วยก็ตาม ขนาดของท่อไม่ควรเล็กกว่า 40 มิลลิเมตร

ขนาดของเครื่องสูบน้ำแบบจุ่มในน้ำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องที่มีผลิตขึ้นจำหน่ายมีตั้งแต่ 40 มิลลิเมตร ถึง 150 มิลลิเมตร เครื่องสูบบางเครื่องสามารถสูบได้สูงถึงกว่า 40 เมตร หรือมีเอาท์พุท (output) ถึง 30 kw

หลักการขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับขนาดของเครื่องสูบระบายน้ำ

หลักการนี้ใช้ได้ในกรณีที่เครื่องสูบทำหน้าที่สูบระบายน้ำ หรือสูบระบายจากบ่อพักที่รับทั้งน้ำทิ้งและน้ำโสโครก หรือเครื่องสูบแบบบิลจ์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1) ในกรณีที่เป็นการสูบระบายน้ำล้นจากถังเก็บน้ำประปาหรือจากบ่อน้ำใช้จะต้องประมาณหา ปริมาณน้ำล้นเสียก่อน แล้วจึงใช้เครื่องสูบน้ำที่มีขนาดเท่ากัน หรือมากกว่าอัตราการไหลล้นนี้ อย่างไรก็ดีเนื่องจากไม่เกิดการไหลล้นของน้ำบ่อยครั้งนัก จึงควรใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเพียงครึ่งหนึ่งของอัตราไหลล้น สองเครื่องแทนที่จะใช้เครื่องสูบน้ำเต็มขนาด 1 เครื่อง และเครื่องสูบสำรองขนาดเท่ากันอีก 1 เครื่อง

2) ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องสูบน้ำดับเพลิง หรือเครื่องสูบน้ำสปริงเกอร์ จะมีน้ำปริมาณมากไหลลงสู่ชั้นใต้ดินเมื่อเกิดภาวะฉุกเฉินต้องเดินเครื่องสูบเหล่านั้น ในกรณีเช่นนี้ขนาดของเครื่องสูบระบายน้ำควรเท่ากับ หรือมากกว่าขนาดของเครื่องสูบน้ำดับเพลิง หรือเครื่องสูบน้ำสปริงเกอร์เพื่อป้องกันมิให้ห้องเครื่องเกิดความเสียหายขึ้น

3) การสูบระบายน้ำฝน ในกรณีนี้จะต้องคำนวณหาค่าอัตราการไหลของน้ำฝนที่จะต้องสูบระบายออกเสียก่อน โดยทั่วไปขนาดของเครื่องสูบควรเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอัตราการไหลของน้ำฝนหรือใหญ่กว่า

ขนาดของเครื่องสูบจากบ่อพักต้องคำนวณหามาจากอัตราการไหลของน้ำสูงสุดที่หาได้จากกรณีต่างๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ทั้งนี้เพราะเป็นการยากที่น้ำจากที่ต่างๆ จะไหลในอัตราสูงสุดพร้อมๆ กัน อย่างไรก็ดีควรมีเครื่องสูบน้ำสำรองติดตั้งไว้ด้วย ซึ่งในกรณีเช่นนี้ควรใช้เครื่องสูบน้ำสลับกันไปในยามปกติ และใช้พร้อมกันในภาวะฉุกเฉิน อนึ่ง เนื่องจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นในการสูบระบายน้ำมีมากกว่าน้ำสะอาด หัวของการสูบส่งน้ำจึงควรมีการเผื่อไว้ประมาณ 100 % ของหัวที่คำนวณได้

1.3.3 ข้อพึงระวังในการติดตั้งท่อส่งน้ำ

1) การยกระดับท่อส่งน้ำจากเครื่องสูบน้ำแบบยืนควรเอียงเป็นมุม 45° กับพื้นถ้าสามารถทำได้

2) อาจต่อท่อส่งน้ำจากเครื่องสูบระบายน้ำขนาดเล็กเข้ากับท่อระบายน้ำตัวสถานีได้ แต่ถ้าเป็นเครื่องสูบขนาดใหญ่หรือเป็นเครื่องสูบน้ำโสโครก ควรติดตั้งที่บ่อพัก

3) ถ้าท่อส่งน้ำท่อนปลายเดินในแนวระดับเป็นระยะทางยาว ท่อส่วนนี้ควรมีความลาดเอียงเพียงพอที่จะให้น้ำไหลออกจากท่อโดยแกรวิตี้ได้โดยสะดวกเมื่อเครื่องสูบน้ำหยุดทำงาน

1.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของเครื่องสูบน้ำกับบ่อพัก

ขนาดของเครื่องสูบน้ำควรหามาจากอัตราการไหลของน้ำ และการเปลี่ยนแปลงของอัตรานี้ และจากขนาดของบ่อพักด้วย ความสัมพันธ์อาจอธิบายได้ดังนี้

1) ในกรณีที่น้ำไหลในอัตราคงที่ ขนาดของเครื่องสูบควรเท่ากับอัตราการไหลเฉลี่ยทำให้บ่อพักมีขนาดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ในกรณีที่การเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหลมีมาก แต่บ่อพักมีขนาดเล็ก ขนาดของเครื่องต้องสามารถสูบน้ำที่ระบายลงมาในอัตราสูงสุดได้ อย่างไรก็ดี ถ้าหากบ่อพักมีขนาดใหญ่ขึ้น อาจลดขนาดของเครื่องสูบน้ำลงได้

3) ถ้าอัตราการไหลเฉลี่ยของน้ำที่ต้องระบายมีค่ามาก และการเปลี่ยนแปลงของอัตรานี้ก็มากด้วยจะเป็นการประหยัดกว่า ถ้าใช้บ่อพักที่มีขนาดใหญ่ และเครื่องสูบขนาดเล็ก

4) ในกรณีที่สามารถหาอัตราการไหล และการเปลี่ยนแปลงของอัตราได้อย่างแม่นยำ ขนาดของบ่อพักและเครื่องสูบที่ประหยัดที่สุดจะหาได้จากการสร้างไดอะแกรมแสดงกราฟ การไหลของน้ำที่ต้องสูบระบาย อย่างไรก็ตาม เป็นการยากที่จะหาข้อมูลที่มีความแม่นยำได้ตามต้องการ เนื่องจากมีแฟคเตอร์ที่ไม่แน่นอนอยู่มาก

5) ในกรณีที่บ่อพักสร้างอยู่ที่ชั้นใต้ดิน ขนาดของเครื่องสูบน้ำควรเท่ากับอัตราการไหลสูงสุดของน้ำหรือมากกว่า เพราะถ้าน้ำไหลล้นจากบ่อพักจะทำให้เกิดปัญหาขึ้นกับห้องเครื่องที่ชั้นนี้ได้ นอกจากนี้ปริมาตรของบ่อพักควรใหญ่พอที่จะรับน้ำไหลในอัตราสูงสุดได้เป็นเวลา 15 ถึง 60 นาทีในกรณีที่เครื่องสูบทำงานแบบแมนนวล ขนาดของบ่อพักควรใหญ่พอที่กักน้ำได้ถึง 24 ชั่วโมง และพึงระมัดระวังด้วยว่า ถ้ากักน้ำไว้เป็นเวลานานอาจเกิดการเน่าเหม็นได้

6) ขนาดของบ่อพักน้ำโสโครกควรใหญ่เพียงพอที่จะกักน้ำไว้พอสำหรับการทำงานของเครื่องสูบน้ำโสโครกเป็นเวลา 10 - 15 นาที หรือน้อยกว่า ถ้าบ่อพักมีขนาดใหญ่กว่านี้อาจทำให้เกิดการเน่าเหม็นได้

7) ในกรณีของบ่อพักน้ำทิ้งที่มีอัตราการไหลคงที่สม่ำเสมอ ขนาดของเครื่องสูบน้ำควรเป็น 1.5 เท่าของอัตราการไหลนี้ หรือมากกว่าและขนาดของบ่อพักก็ควรเท่ากับอัตราการสูบเป็นเวลา 10 - 20 นาที แต่ถ้าขนาดเล็กเกินไป เครื่องสูบน้ำจะทำงานถี่ขึ้น ทำให้ใช้กระแสไฟฟ้าในการสตาร์ทมากกว่าใช้ในการสูบน้ำ และทำให้สวิตช์สึกหรอเร็วขึ้นด้วย จึงควรหลีกเลี่ยงการใช้บ่อพักที่มีขนาดเล็กเกินไป

8) เครื่องอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ติดตั้งอยู่ในบ่อพักมีทั้งแบบที่เป็นอิเล็คโทรดและแบบสวิตช์ลูกลอย

การควบคุมโดยใช้แบบอิเล็คโทรด (บางครั้งก็เรียกว่าแท่งอิเล็คโทรด) ข้อพึงระวังก็คือ กระแสไฟฟ้าลัดวงจร เพราะความสกปรกที่สะสมอยู่ระหว่างแท่งอิเล็คโทรด ถ้าระยะนี้ค่อนข้างแคบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าไม่เอาใจใส่อย่างระมัดระวังในการทำความสะอาด

ถ้าควบคุมโดยใช้สวิตช์ลูกลอย เช่น ในกรณีของบ่อกักน้ำซึม ที่เก็บกักน้ำที่ไม่มีของแข็งปะปนอยู่ในบ่อจะมีลูกลอยเคลื่อนที่ขึ้นลงโดยมีก้านบังคับ แต่ถ้าเป็นบ่อที่มีน้ำโสโครกและของแข็งปะปนอยู่ควรให้ทั้งลูกลอย และก้านบังคับเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยกัน เพื่อป้องกันมิให้ลูกลอยค้าง เนื่องจากของแข็งและสิ่งสกปรกมาขวางมิให้สวิตช์ไฟฟ้าทำงานได้โดยสะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 หลักการออกแบบระบบท่อระบาย

การออกแบบระบบท่อระบายที่ดี กล่าวโดยกว้างๆ ก็คือการจัดทำและก่อสร้างระบบที่สามารถระบายน้ำให้ออกไปได้หมดที่ภาวะอัตราน้ำสูงยอดโดยไม่เป็นอุปสรรค รวมทั้งสามารถทำให้น้ำไหลในเส้นท่อด้วยความเร็วที่ล้างท่อโดยตัวเอง (self cleansing velocity) ได้และไม่มีสิ่งตกค้างอยู่ในท่อ นอกจากนี้ยังต้องมีการระบายอากาศที่ดีพอซึ่งจะเป็นการช่วยลดปัญหาการกัดกร่อนของท่อและวัสดุอื่นๆในระบบระบายได้ หัวข้อที่วิศวกรควรพิจารณาเพื่อประกอบการตัดสินใจในการจัดการวางขอบข่ายระบบท่อ คือ

1). สถานที่และตำแหน่ง ตำแหน่งและแนวท่อที่จะวางเป็นส่วนสำคัญที่มีผลกระทบต่อราคาของโครงการแนวท่อระบายที่ดีควรสั้นและตื้นที่สุด โดยยังสามารถรับระบายน้ำเสียได้จากทุกจุดแหล่งกำเนิด

2) ขนาดท่อ ท่อที่มีขนาดใหญ่มีขีดความสามารถในการระบายได้มากกว่าท่อเล็ก แต่ก็มีราคาสูงกว่าเป็นธรรมดา วิศวกรจักต้องคำนวณหาท่อขนาดเล็กที่สุดที่ยังสามารถใช้งานได้ในกรณีฉุกเฉิน และไม่ใหญ่เกินไปสำหรับกรณีเมื่อมีอัตราน้ำไหลน้อยๆ ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไปในบทนี้

3). ความลาดของท่อ หัวข้อนี้มีบทบาทในด้านที่มีผลกระทบต่อความลึกของท่อ ท่อมีความชันมากจะลึกมากตามไปด้วยเมื่อระยะทางหรือความยาวของท่อยืดยาวออกไป ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องมีบ่อสูบเป็นระยะๆ เพื่อยกระดับน้ำให้สูงขึ้นแทนการขุดดินวางท่อที่นับแต่จะลึกลงตามลำดับ

4). ความลึกของท่อ ส่วนนี้เป็นผลกระทบโดยตรงจากความลาดของท่อ ตามข้อ 3 และมีส่วนอย่างมากในการควบคุมงบประมาณของโครงการ การวางท่อแบบขุดเปิดหน้าดินธรรมดาโดยไม่มีมาตรการป้องกันและลึกมากกว่า 3 เมตร อาคารข้างเคียงอาจเกิดการทรุดตัวและแตกร้าวเนื่องจากการไหลตัวของดินข้างเคียงได้ วิศวกรจำต้องออกแบบให้มีการป้องกันดังกล่าวที่ดีเพียงพอ ในกรณีที่ท่อมีความลึกมากอาจต้องใช้ระบบอุโมงค์ที่ขุดเจาะโดยไม่มีการขุดเปิด สำหรับในกรณีหลังนอกจากจะมีปัญหาในการก่อสร้างแล้วยังเป็นอุปสรรคต่อการจราจร ซึ่งมีผลกระทบสืบเนื่องต่อสภาพจิตของประชาชนและยังผลเสียทางเศรษฐกิจอีกด้วย

5). ชนิดของท่อ ท่อต่างชนิดกันมีประโยชน์การใช้งาน อายุความเสียดทาย ความคงทนและราคาไม่เหมือนกัน วิศวกรควรทำความคุ้นเคยกับท่อที่มีอยู่ในท้องตลาดทั้งในประเทศและต่างประเทศและทำการเลือกให้เหมาะสมกับโครงการนั้นๆ

ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเป็นส่วนที่วิศวกรมักกระทำกันในช่วงวางแผนหรือจัดทำโครงการเสนอของบประมาณแต่เมื่อมาถึงการออกแบบระบายโดยเนื้อแท้แล้ว วิศวกรจำเป็นที่ต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาในแง่มุมที่ละเอียดเฉพาะตัวและเป็นทางเทคนิคมากขึ้น ปัจจัยที่วิศวกรผู้ออกแบบต้องคำนึงอาจสรุปได้ดังนี้

1). ระบบระบายหรือตัวท่อเทศบาลหรือท่อสาธารณะต้องมีความลึกพอ โดยเฉพาะในส่วนต้นท่อ ทั้งนี้ก็เพื่อให้ประชาชนสามารถระบายน้ำเสียออกจากตัวอาคารได้อย่างสะดวกไม่ติดขัด แต่ในกรณีของระบบรถไฟฟ้าใต้ดินระดับท่อจะอยู่ต่ำกว่าระดับของท่อสาธารณะมาก จึงจำเป็นต้องสูบเข้าสู่ระบบระบายของส่วนรวมต่อไป

2). การออกแบบต้องสามารถป้องกันมิให้เกิดการกัดกร่อนและสึกกร่อนได้ การวางท่อต้องคาดหวังว่าจะสามารถทำให้ใช้งานได้ในระยะยาว ถ้าการออกแบบระบบท่อไม่ดีและท่อมีการกัดกร่อนหรือสึกกร่อนสูง จะทำให้อายุใช้งานของระบบสั้นกว่าที่ตั้งใจไว้ อย่าลืมว่าการขุดเพื่อวางท่อใหม่แทนท่อเก่าจะมีราคาแพงกว่าการทำให้ดีเสียตั้งแต่ต้นอย่างมาก

3). วิศวกรต้องเลือกชนิดท่อให้เหมาะสมกับงาน ตัวโครงสร้างของท่อต้องสามารถรับน้ำหนักได้ทั้งน้ำหนักถาวรและน้ำหนักจร ซึ่งต้องรวมไปถึงแรงกระแทกอันอาจเกิดขึ้นได้ และการทรุดตัวรวมทั้งการแตกร้าวอันเนื่องมาจากการทรุดตัวนั้นๆ

4). ขนาดและความลาดของท่อก็มีส่วนสำคัญในการออกแบบ วิศวกรต้องจัดให้พอเหมาะที่ระบบระบายจะสามารถรับน้ำได้ในช่วโมงวิกฤติ และป้องกันการทับถมและตกตะกอนในเส้นท่อในกรณีน้ำน้อยได้ การออกแบบดังกล่าวขึ้นอยู่กับความเร็วของการไหลในเส้นท่อ

5). รอยต่อหรือรอยเชื่อมเป็นตัวที่กำหนดอัตราน้ำไหลรั่วเข้าระบบท่อ อันมีผลสืบเนื่องถึงราคาโครงการด้วยวิศวกรอาจต้องศึกษาและคำนวณหาทางเลือกหลายประการและกระทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อหาข้อสรุปที่ให้ผลประโยชน์มากที่สุด

6). งบประมาณและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเป็นอีกหัวข้อหนึ่งที่มีความสำคัญ และมักได้รับการละเลยทั้งนี้อาจจะโดยไม่ทราบหรือโดยการตั้งใจของวิศวกรก็ตาม ปัจจัยนี้มีผลกระทบต่องบลงทุนของโครงการได้อย่างมากเพราะการออกแบบท่อระบายให้มีความสะดวกและง่ายรวมทั้งเสียค่าใช้จ่ายน้อยในการดูแลรักษามักทำให้ต้องลงทุนในระยะแรกสูง แต่วิธีการนี้เป็นวิธีถูกต้องและวิศวกรควรให้ความสนใจมากขึ้น มากกว่าเพียงแต่ต้องการให้โครงการได้มีโอกาสได้รับการก่อสร้าง

7). ความปลอดภัยทั้งต่อสาธารณชนและบุคลากรที่เกี่ยวข้องก็เป็นปัญหาสำคัญและมักได้รับการละเลยเช่นกัน การออกแบบท่อให้มีความปลอดภัยสูงต้องอาศัยความเข้าใจในระบบท่อ ความรู้ทางซลศาสตร์ ทางชีวเคมี และประสบการณ์ของผู้ออกแบบ

8). ปัจจัยสุดท้ายที่ดูจะมีความสำคัญที่สุดก็คือ หัวข้อที่ว่าด้วยเงิน วิศวกรจะต้องออกแบบระบบท่อ ให้มีหลายทางเลือก และทางเลือกเอาวิธีที่ใช้งบประมาณน้อยที่สุดทั้งด้านการลงทุนและการดูแลรักษามาใช้ในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

2 การระบายน้ำในอุโมงค์

ระบบการระบายน้ำในตัวอุโมงค์ มี 2 องค์ประกอบหลัก คือ

1). Transverse Collection System

2). Longitudinal Gallery

การออกแบบการระบายน้ำของอุโมงค์ที่อยู่ใต้ระดับน้ำอาจทำโดยการ pump น้ำที่ซึมเข้ามานั้นออกเป็นพักๆ หรืออาจต้องpumpตลอดเวลา ซึ่งต่างๆกับอุโมงค์ที่เจาะผ่านภูเขาที่การระบายน้ำทำได้โดยอาศัยแรงโน้มถ่วงของโลก น้ำที่ซึมเข้าในอุโมงค์นั้นจะต้องรวบรวมเก็บไว้เพื่อระบายออกนอกอุโมงค์ซึ่งอาจทำได้โดยการกันซึมที่มีประสิทธิภาพหรือโดยการให้มีสิ่งปกคลุมด้านหลังกำแพง เพื่อให้น้ำระบายไปสู่ช่องระบายตามแนวยาวได้ ซึ่งทำให้ลดแรงดันของน้ำที่กระทำต่อ lining ด้วย (รูปที่ 5.14)

การจัดให้ทางระบายน้ำแยกออกมานั้น ทำโดยให้มีช่องว่างระหว่างกำแพงและดินบริเวณรอบๆ และทำการฉาบกันซึม (waterproof plaster) ที่ผิวด้านนอกหนาประมาณ 2.5 - 5 cm หรือ 1 in - 2in โดยตลอด และจะใส่พวกหินที่แข็งและแห้งลงไปด้านหลังกำแพงหนาประมาณ 20 - 30 cm หรือ 8in -12in น้ำก็จะซึมเข้ามาไม่ได้แต่จะซึมผ่านมาตามช่องว่างของหิน และไหลเข้าสู่ช่องระบายน้ำด้านข้างซึ่งมีอยู่ห่างกันประมาณ 8 - 20 m หรือ 25 - 60 ft ซึ่งต่อกับทางระบายน้ำตามยาว แต่อย่างไรวิธีนี้ก็มีปัญหาเกิดขึ้นได้ เช่น เกิดจากการฉาบกันซึมที่ไม่ดี น้ำก็จะซึมเข้าอุโมงค์ตามรอยร้าวของผนังได้ และยังเกิดจากการที่น้ำซึมออกไปนั้น ก็จะเกิดช่องว่างขึ้น ก็เลยเกิดการทรุดตัวอัดลงมา ซึ่งเป็นการเพิ่มแรงดันขึ้นอีกด้วย ดังนั้นในการทำกำแพงอุโมงค์ต้องหล่อให้แน่นเพื่อป้องกันในส่วนนี้ด้วย

น้ำที่ซึมมาและถูกรวบรวมไว้นั้นจะถูกระบายออกไปตามทางระบายน้ำตามยาว ซึ่งตั้งอยู่ที่

1). ใต้แนวกลางของถนนหรือทางรถไฟ

2). ติดกับฐานของผนัง

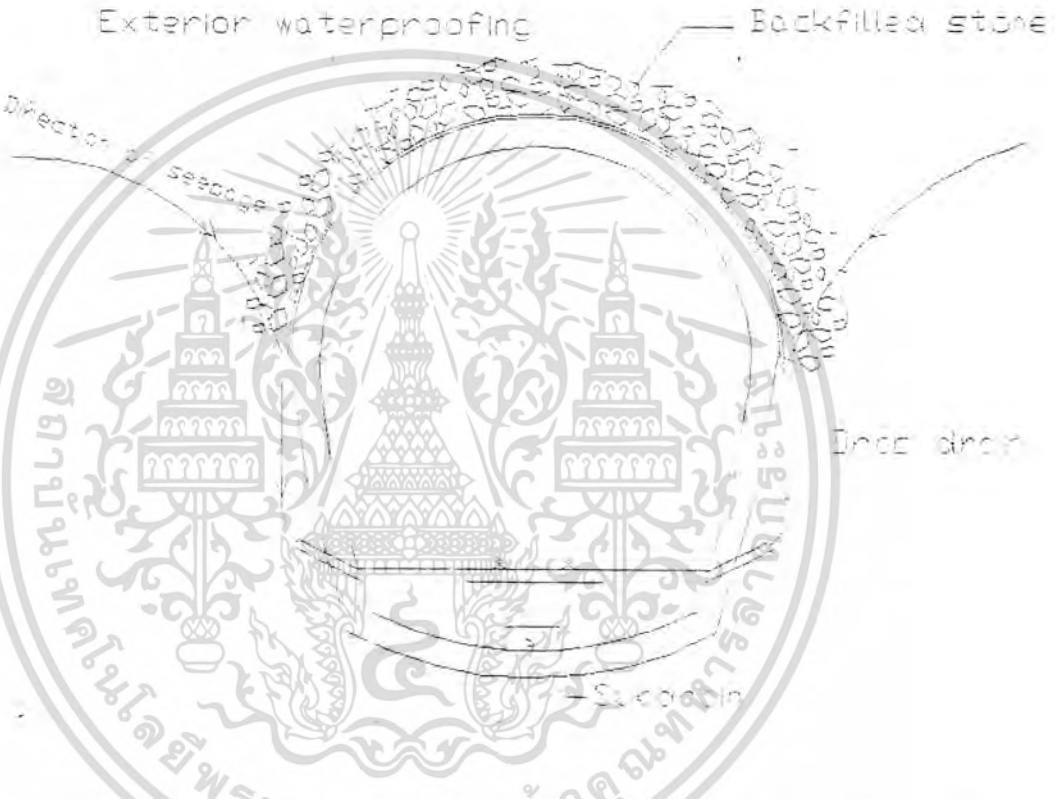
ในการทำทางระบายน้ำมีการทำ

1). แบบแรก คือ ช่องระบายที่สร้างด้วยหิน หรือ คอนกรีต จะสร้างไว้เหนือส่วนโค้งอุโมงค์ ซึ่งมีข้อเสียคือในการทำความสะอาดหรือซ่อมแซมจำเป็นต้องเคลื่อนย้ายส่วนของผิวทางออก

2). แบบที่สอง คือ ส่วนของช่องระบายน้ำนั้นจะถูกสร้างให้เป็นส่วนหนึ่งของกำแพง แม้ว่าแบบนี้จะทำความสะอาดง่ายกว่า แต่ข้อเสียคือ จะเกิดหน้าตัดวิกฤตขึ้น ซึ่งถ้าเกิด

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอยแตกร้าวในช่องระบายนี้ ก็จะส่งผลถึงส่วนอื่นๆ เช่น เกิดการทรุดตัว การเอียงของกำแพงและการเกิดรอยร้าวบนส่วนโค้งของอุโมงค์ขึ้นได้



รูปที่ 5.14 แสดงการใช้สิ่งปกคลุมด้านหลังกำแพง เพื่อให้น้ำระบายตามแนวยาวได้

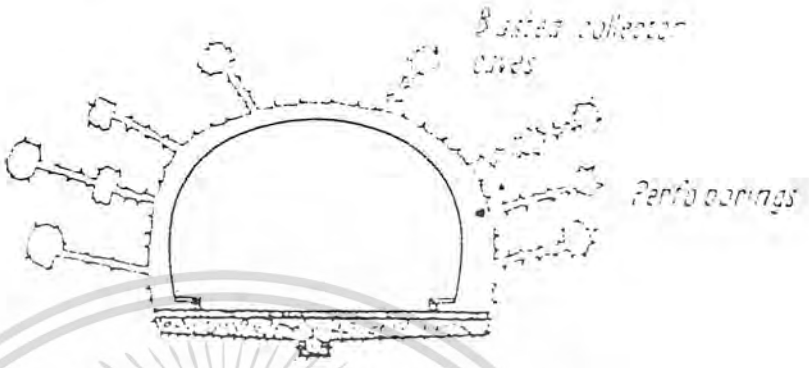
ในกรณีแนวการขุดเจาะอุโมงค์ลาดขึ้น น้ำในช่องระบายอาจไหลมาตามแรงโน้มถ่วงเข้าสู่ทางเข้าใหญ่หรือบ่อรับน้ำ ในกรณีนี้เราต้องมีการปั๊มน้ำออก (โดยตลอดเวลาหรือเป็นพักๆ)

ในกรณีถ้ามีน้ำไหลเข้ามามากก็จะยุ่งยากขึ้น และจะมีช่องระบายน้ำพิเศษขึ้นขนานไปกับตัวอุโมงค์

ถ้าจะเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายน้ำให้ดีขึ้นนั้นก็จะมีการเจาะรูโดยรอบเอียงไปตามผนังอุโมงค์ลึกประมาณ 2 - 5 m หรือ 7 - 17 ft และจะมีการระเบิดที่ปลายออกเป็นหลุม (รูปที่ 5.15) ซึ่งจะช่วยรับน้ำที่ซึมเข้ามาจากบริเวณรอบๆ ส่วนด้านในจะทำเป็นช่องกว้างประมาณ 40 cm ซึ่งภายในจะถูกแบ่งกั้นออกเป็น 2 ส่วน ส่วนด้านนอกจะเป็นที่รวบรวมน้ำที่ซึมเข้ามาตามรู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจาะเพื่อระบายออกต่อไป ส่วนห้องด้านในจะเป็นพวกอุปกรณ์แสงสว่าง ระบบระบายอากาศ และพวกสายเคเบิ้ล (รูปที่ 5.16)



รูปที่ 5.15 แสดงหลุมที่ปลายท่อรอบผนังอุโมงค์

J.C. SHARP[1] กล่าวว่าเพื่อให้การระบายน้ำนั้นดีขึ้น ตำแหน่งที่เหมาะสมของช่องเก็บน้ำ (gallery) นั้น ควรจะอยู่ที่

1). ที่ที่มีประสิทธิภาพในการระบายจากพื้นที่บริเวณข้างเคียง

2). ติดกับผิวหน้าที่สุดเท่าที่จะทำได้

3). ระดับเดียวกันหรือมากกว่าส่วนโค้งล่างของอุโมงค์

ได้มีการคำนวณหาปริมาณน้ำที่ซึมเข้ามาในตัวอุโมงค์โดยประมาณ[2] ซึ่งใช้กฎของ Darcy 's Law เกี่ยวกับเรื่องการซึมของน้ำใต้ดิน และ Ohm's Law ในเรื่องของกระแสไฟฟ้า โดยปริมาณของน้ำ (Discharge of ground water : Q) ที่ไหลเข้าอุโมงค์เป็นปัญหาใหญ่ในรูปแบบ 3 มิติ ซึ่งอาจจะหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$Q = keHT / R_m T_m = q_i kHT$$

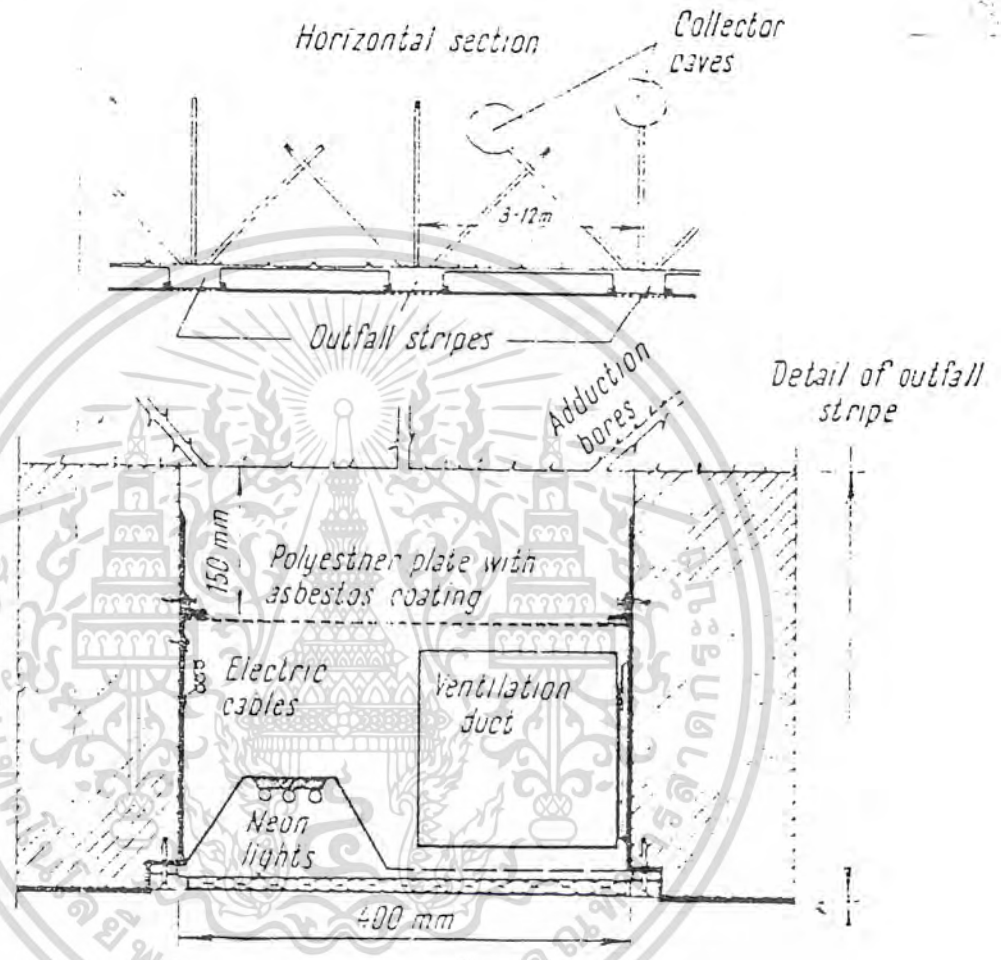
โดย k = ค่าสัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดิน

หมายเหตุ

[1] SHARP, J.C. : Drainage Characteristics of Subsurface Galleries. Proc. 11. Int. Conf. Rock Mech. Belgrade, 1970 เล่ม 3 , 197

[2] NYKOLSKIJ, I.S. : Computation of the amount of water infiltraing into a tunnel (Raschot pritoka roduf tonneli, Russ.) Transp. Stroitel. 1961 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 แสดงการระบายน้ำด้านในตัวอุโมงค์

e = ความต้านทานไฟฟ้าจำเพาะของตัวอย่าง

R_m = ความต้านทานไฟฟ้าเต็มที่ของตัวอย่าง

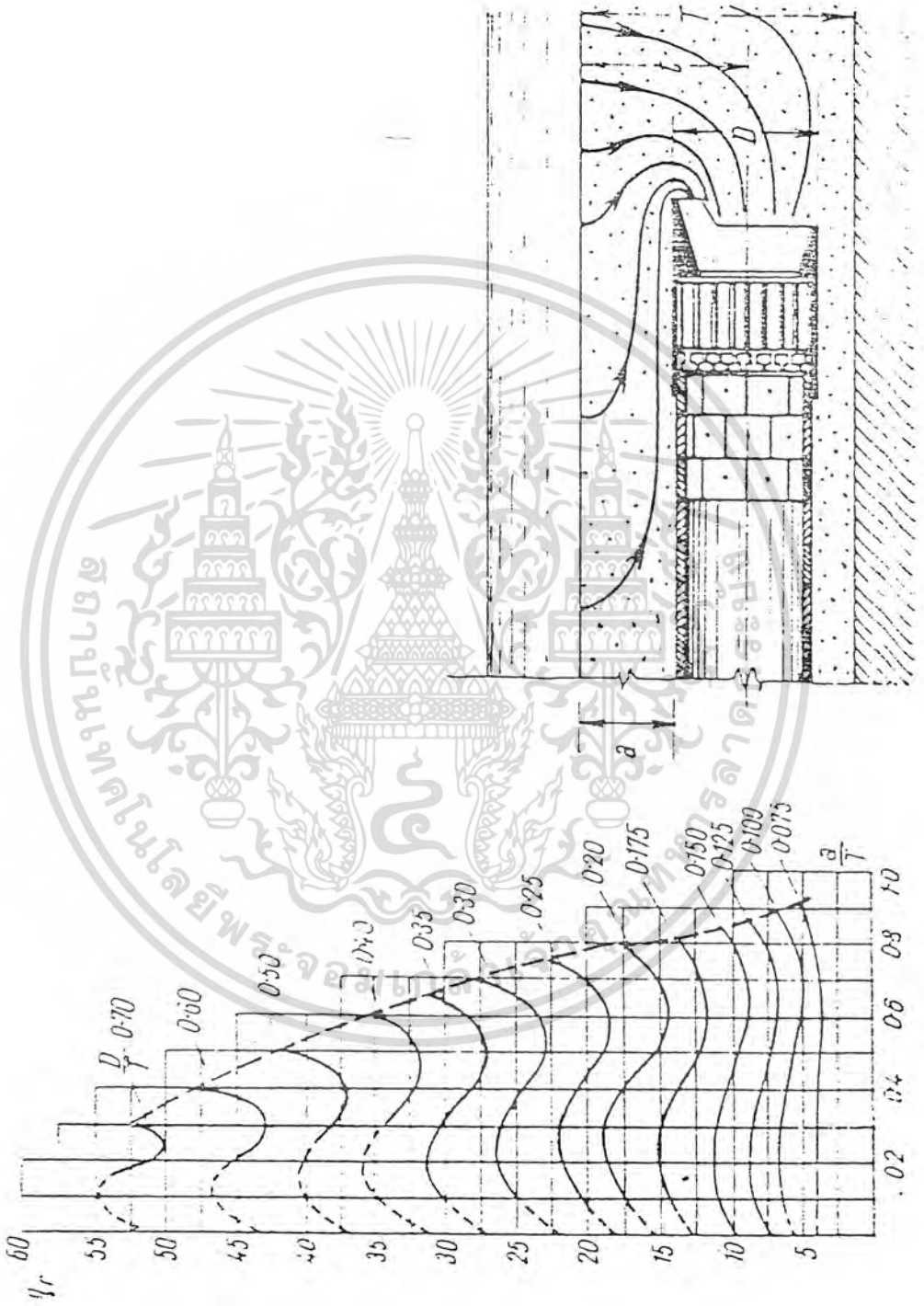
H = piezometric pressure head

T = ความหนาของชั้นที่น้ำกระทำ

T_m = ความหนาของชั้นที่น้ำกระทำของชั้นตัวอย่าง

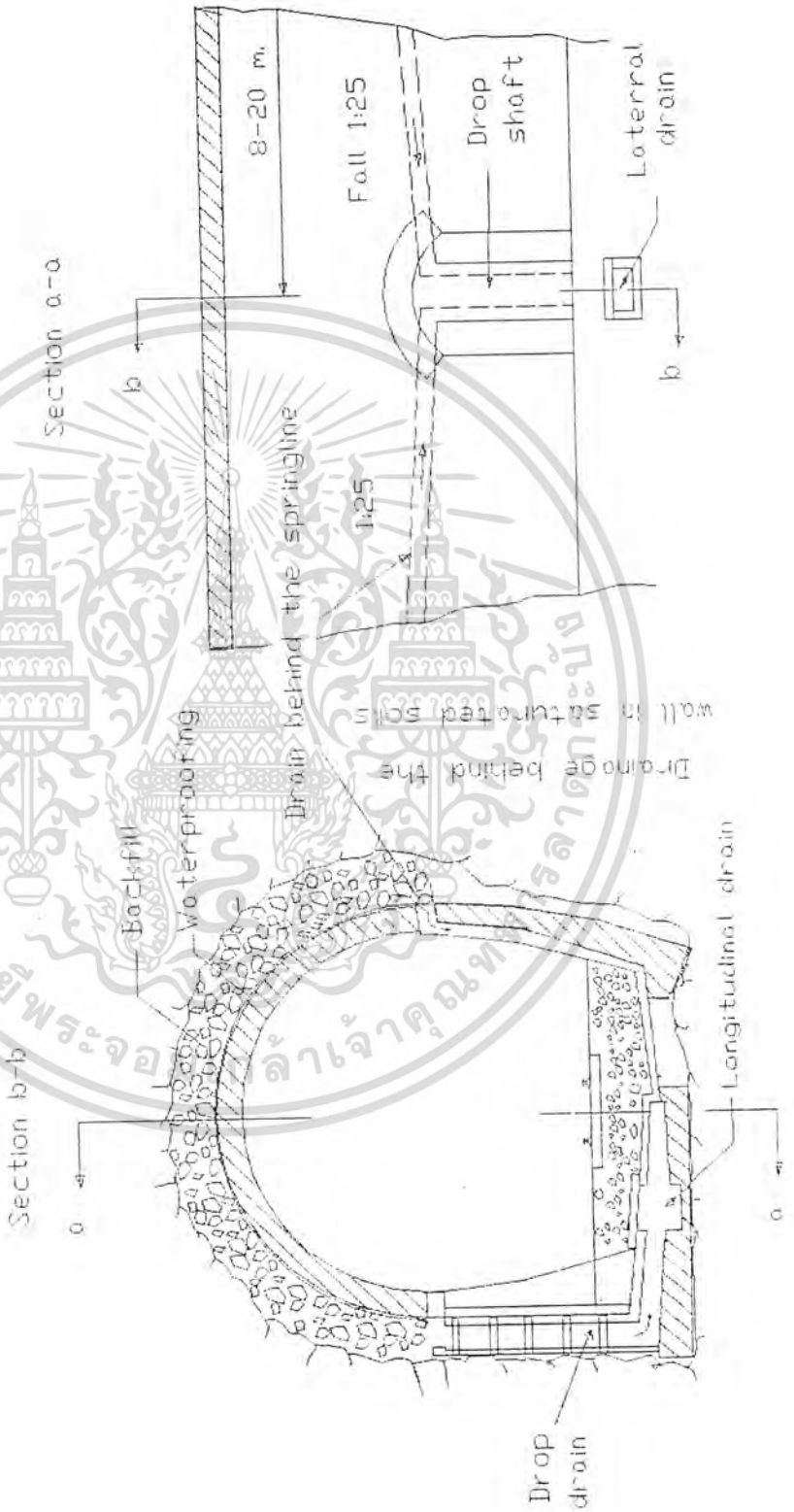
q_r = ค่าสัมประสิทธิ์ที่แสดงการที่น้ำเข้าสู่ผิวหน้าของอุโมงค์ เมื่อ k = 1 , H = 1, T = 1, ในดินที่มีเนื้อเดียวกันตลอดค่า q_r จะขึ้นกับพื้นที่ผิวหน้าเพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 กราฟแสดงการหาค่า q_r

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.18 แสดงรูปตัดในการระบายน้ำในตัวอุโมงค์

เดียว จะไม่ขึ้นกับค่า k, H, T

ได้มีการศึกษาทดลองในสถาบัน EKDA เพื่อหาค่า q_r ผลการทดลองได้แสดงออกมาดังกราฟ (รูปที่ 5.17) โดยค่า q_r จะชี้ออกมาในรูปของ a/T และ D/T (a คือ ความหนาของดินข้างบนอุโมงค์, D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของอุโมงค์, T คือ ความหนารวมของชั้นที่น้ำได้กระทำ) ถ้ามีชั้นดินตามแนวราบอยู่หลายชั้น ค่าเฉลี่ยของสัมประสิทธิความซึมได้ของดิน (k) ก็หาได้จาก

$$k = \frac{h_1+h_2+\ldots.h_n}{h_1/k_1+h_2/k_2+\ldots..+h_n/k_n}$$

โดย h_n = ความหนาของดินชั้นที่ n

k_n = สัมประสิทธิ์ความซึมได้ของดินชั้นที่ n

ส่วนปริมาณน้ำที่ซึมผ่านทางผนังอุโมงค์เข้ามานั้น เมื่อเปรียบเทียบกับที่เข้ามาทางด้านหน้านั้น ถือว่าเล็กน้อยเท่านั้น แต่เราก็สามารถหาโดยประมาณได้จาก

$$Q' = \frac{a_1k_1\,HL}{1/(2\pi) * \ln(\,tg\,\pi[(4t-d)/8T * \cot an\,(\,\pi[D/8T])}$$

เมื่อ L = ความยาวของอุโมงค์ และ a_1k_1 = เป็นค่าที่แสดงความต้านทานต่อการซึมได้ของกำแพงอุโมงค์ ซึ่งหาได้จาก

$$a_1k_1 = \frac{1}{1/k_b * \ln(D_e/D_i)+ 1/k*4t/d}$$

โดย k_b = สัมประสิทธิความซึมได้ของคอนกรีต

D_e = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของอุโมงค์ (ในการขุดเจาะ)

D_i = เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของอุโมงค์

t = ระยะระหว่างพื้นท้องน้ำกับแนวแกนกลางของอุโมงค์

d = ความหนาของกำแพงอุโมงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการนี้ใช้กับเฉพาะค่า piezometric head ที่คงที่และอยู่ในช่วงของ D/T $\leq$ 0.15 และ D/t $\leq$ 0.15

ถ้าต้องเลี่ยงหรืองดเว้นการใช้ pump สูบน้ำออก หรือ ต้องเผชิญกับการจราจรที่มากและการเสื่อมสภาพที่รวดเร็วของ lining ควรต้องมีการจัดการกับปัญหาเรื่องน้ำใต้ดินออกให้ได้โดยสมบูรณ์ จากตัวอุโมงค์ อาจจะโดยการใช้ระบบการกันซึมที่ดีที่สุดในการป้องกันส่วนนี้ แต่ถึงอย่างไร ก็ต้องมีการเตรียมส่วนที่จะระบายน้ำที่ซึมเข้ามาไว้ด้วย ซึ่งอาจพิจารณาจากข้อมูลต่อไปนี้

ในระหว่างการก่อสร้างที่หยุดรถชั่วคราว ของ Budapest Subway น้ำที่ซึมเข้ามามีจำนวนประมาณ 20 - 25 ลิตร/m^2 /วัน สำหรับ lining คอนกรีต (ไม่มีการกันซึม) และ 1.3-1.5 ลิตร/m^2 / วัน สำหรับ cast-iron lining (มีการ grout ขั้นแรกเรียบร้อยแล้ว) ซึ่งตั้งอยู่ในชั้น Torton clay และอยู่ใต้ระดับน้ำ 20-30 m. ในดินเหนียวชนิดอื่น น้ำจะซึมเข้ามาประมาณ 0.9-3.5 ลิตร/m^2 /วัน และใน fissured chalky clay จะประมาณ 48.5 ลิตร/m^2 /วัน ซึ่งหลังจากมีการ grout แล้ว ค่าเหล่านี้ลดลงเหลือ 2-5, 0.2-0.6, 0.02-0.5 และ 14.8 ลิตร/m^2 /วัน ตามลำดับ ซึ่งสามารถลดไปได้ 50% -80% ถ้ามีการกันซึมที่ดีของ concrete lining ระบบการระบายน้ำของ Budapest Subway นี้ได้ออกแบบเผื่อจำนวนของน้ำที่ใช้ทำความสะอาดผิวด้านในของ lining ด้วย ซึ่งใช้ประมาณ 1.0-1.5ลิตร/m^2 /สัปดาห์ ใน Budapest Subway นี้ ทางระบายน้ำตามยาวจะอยู่ใต้ไม้หมอนรางรถไฟซึ่งยึดติดในคอนกรีต

ถ้าน้ำที่ซึมเข้ามามีปริมาณของพวกโคลน, ฝุ่นอยู่มาก ซึ่งจะไปตกตะกอนอยู่ตามทางระบายน้ำ และก่อให้เกิดปัญหาได้ จึงต้องมีการคำนึงถึงเรื่องการทำความสะอาดและการบำรุงรักษาด้วย จึงต้องมีห้องทำความสะอาด (Washroom) และอุปกรณ์ทางสุขาภิบาล อยู่ที่ทุกสถานีไว้ด้วย ซึ่งของเสียที่ต้องจัดการจะมีประมาณ 50 ลิตร/คน หรือประมาณ 1000 ลิตร/วัน

3. การบำบัดน้ำทิ้ง

หลังจากที่ทำการระบายน้ำจากที่ต่างๆมาแล้ว น้ำที่สกปรกก็ต้องได้รับการบำบัดก่อนเพื่อให้น้ำทิ้งมีมาตรฐานพอที่จะปล่อยลงสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะต่อไป

หลักวิธีการที่ใช้กันในระบบบำบัดน้ำทิ้งมีอยู่ 3 หลักใหญ่ๆ ดังต่อไปนี้

1). Physical unit operations คือวิธีการบำบัดน้ำเสียที่ใช้วิธีนี้เป็นขบวนการแรกที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ การดักด้วยตะแกรง การกวน การรวมตัวกันของตะกอน การตกตะกอน การทำให้ลอย การกรอง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). Chemical unit processes คือ วิธีการบำบัดน้ำเสีย โดยการกำจัดหรือการเปลี่ยนสภาพของที่ไม่ต้องการในน้ำเสีย โดยการเติมสารเคมีลงไป หรือโดยปฏิกิริยาทางเคมีอื่นๆ ได้แก่ การตกตะกอน การเติมอากาศหรือก๊าซ การถูกดึงดูด และการฆ่าเชื้อโรค

3). Biological unit processes คือวิธีการบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางชีววิทยา ในทางพื้นฐานแล้วจะกำจัดพวกสารอินทรีย์ ซึ่งสามารถย่อยสลายได้โดยพวกจุลินทรีย์ พวกสารอินทรีย์จะอยู่ในรูปของ colloidal หรือ dissolved ในน้ำเสียทั่วๆไป โดยทางพื้นฐานแล้ว สารต่างๆเหล่านี้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซซึ่งสามารถถูกขับออกไปในอากาศ และพวกเนื้อเยื่อของเซลทางชีววิทยา ซึ่งสามารถใช้ในการกำจัดไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำเสียได้อีกด้วย ซึ่งเป็นตัวการสำคัญในการทำให้สภาพแวดล้อมตามแม่น้ำลำคลองเกิดความเสียหาย

ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียโดยๆทั่วไปแล้วจะแยกออกเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

1). ระบบบำบัดก่อนขั้นต้น (Preliminary treatment)

2). ระบบบำบัดขั้นต้น (Primary treatment)

3). ระบบบำบัดขั้นที่สอง (Secondary treatment)

4) ระบบบำบัดขั้นสุดท้าย(ขั้นสูง) (Tertiary treatment or Advanced treatment)

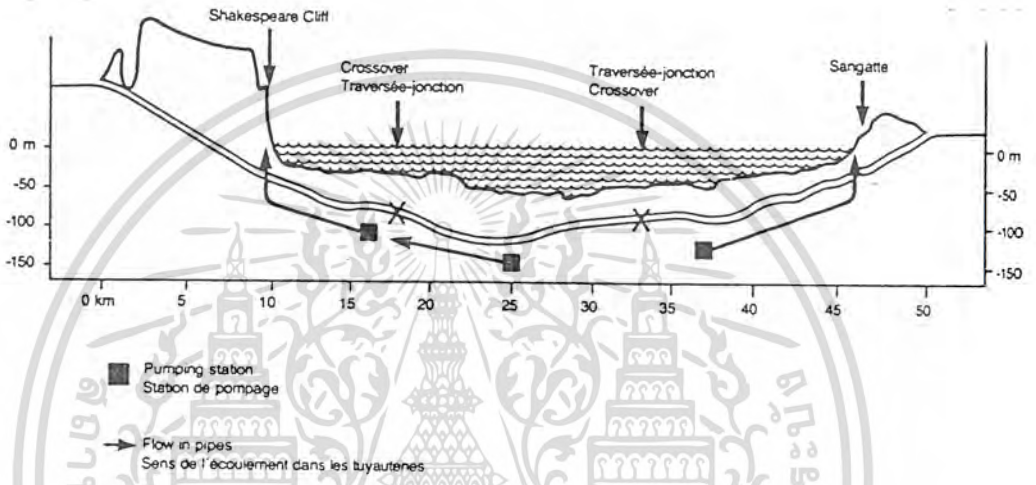
ซึ่งการบำบัดน้ำเสียจากสถานีรถไฟใต้ดินนั้น ไม่จำเป็นต้องบำบัดถึงขั้นสุดท้าย ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเกินไป

4. ตัวอย่างระบบระบายน้ำที่อุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ

จากตัวอย่างอุโมงค์ใต้ทะเลตามรูปที่ 5.19 นี้ จะมีสถานีปั๊ม (pumping stations) อยู่ตามความยาวของอุโมงค์ที่ใต้ทะเลคอยปั๊มน้ำที่มาจากแหล่งต่างๆ เช่น น้ำที่ซึมเข้ามาตามผนังอุโมงค์, น้ำที่ใช้ทำความสะอาดอุโมงค์ น้ำดับเพลิง หรือจากแหล่งอื่นๆ ปั๊มน้ำเหล่านี้ขึ้นไปด้านชายฝั่งของฝั่งใดฝั่งหนึ่งเพื่อระบายทิ้งลงสู่ทะเลต่อไป

สถานีปั๊ม (pumping stations) นั้นจะใช้แหล่งไฟฟ้าจากฝั่งอังกฤษหรือไม่ก็ฝั่งฝรั่งเศษโดยท่อระบายน้ำจากการปั๊มน้ำจะวิ่งไปใน Service tunnel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 แสดงระบบระบายน้ำของอุโมงค์ใต้ทะเลระหว่างอังกฤษและฝรั่งเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
POWER SUPPLY

เป็นระบบที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับ อุปกรณ์ของระบบต่างๆ เช่น ระบบขนส่ง (ลิฟต์, บันไดเลื่อน) เพื่อให้ระบบเหล่านั้นสามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติ ระบบ power supply แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ (ดังรูปที่ 6.1) คือ

1. ระบบกระแสไฟฟ้าหลัก

จะต้องมี traction step-down substations ประจำทุกสถานี ทั้งนี้เพื่อจ่ายพลังงานกระแสไฟฟ้าให้กับระบบต่างๆ เช่น ระบบระบายอากาศ ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบระบายน้ำ ระบบควบคุม ระบบสื่อสาร ให้กับสถานีนั้นๆ รวมทั้งระบบกระแสไฟฟ้าจ่ายให้กับขบวนรถ

สำหรับระบบกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขบวนรถไฟฟ้านั้นจะต้องแปลงกระแสไฟฟ้าจาก AC เป็นกระแสไฟฟ้า DC เช่น ในกรณีเมืองไทยใช้กระแสไฟฟ้าระบบ AC 24 KVAC ความถี่ 50 H_z ก็จะแปลงกระแสไฟฟ้ามาเป็น กระแสไฟฟ้าระบบ DC 750 V ป้อนเข้าที่รางที่ 3 เพื่อจ่ายให้กับขบวนรถไฟฟ้าต่อไป[1]

สำหรับการจ่ายไฟฟ้าให้กับขบวนรถไฟฟ้าจะมีการจ่ายให้ 2 ประเภท คือ

1) จ่ายผ่าน Contract Rail วิธีนี้จะใช้กับระบบที่อยู่ใต้ดินทั้งหมด

2) จ่ายผ่านสายไฟที่พาดอยู่ด้านบนของ lining ระบบนี้จะใช้กับอยู่ใต้ดินและผสมกับบนดินและลอยฟ้า

ในวงจรไฟ DC จะมีวงจรตัดไฟทันทีเมื่อเกิดการลัดวงจรในสายไฟที่ป้อนให้กับขบวนรถไฟ

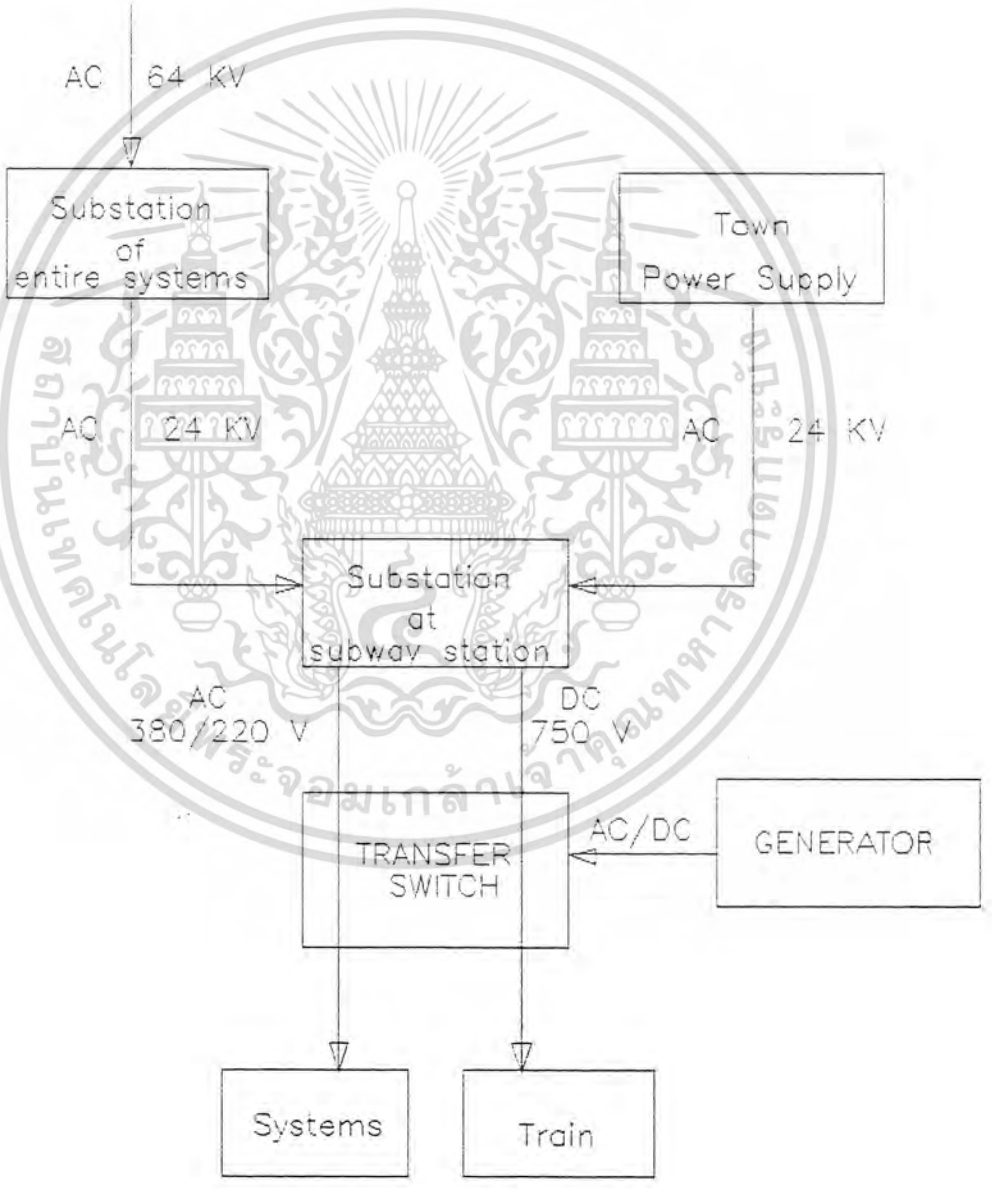
Substation จะรับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของเมือง เช่น ในกรณีเมืองไทยก็จะแปลงกระแสไฟฟ้าจาก 24 KVAC เป็น 380/220 VAC[1] โดยจะต้องมีการรับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายกระแสไฟที่เป็นอิสระต่อกันอย่างน้อย 2 แห่ง ทั้งนี้เพื่อความมั่นคงของระบบกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวสถานี

สายไฟควรร้อยอยู่ในท่อร้อยสายและฝังอยู่ในช่อง CABLE CELLAR วัสดุที่นำมาหุ้มสายไฟฟ้าและวัสดุที่นำมาทำ CABLE CELLAR จะต้องเป็นวัสดุที่ทนไฟและไม่ติดไฟได้ง่าย ทั้งนี้เพื่อป้องกัน

หมายเหตุ

[1] ที่มา: รายงานสาระสำคัญทางด้านเทคนิค โครงการระบบรถไฟฟ้ามหานคร ระยะแรก, องค์การรถไฟฟ้ามหานคร ,29 มิถุนายน 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.1 แสดงระบบไฟฟ้าในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินโดยสังเขป

มิให้เมื่อเกิดเพลิงไหม้ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ไฟลามมาตามสายไฟฟ้าหรือ CABLE CELLAR ได้ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อตัวสถานีใต้ดินได้ และผู้โดยสารได้

2. ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือระบบไฟฟ้าสำรอง

ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือระบบไฟฟ้าสำรอง เป็นระบบไฟฟ้าที่จัดเตรียมการไว้สำหรับอุปกรณ์หรือส่วนสำคัญของระบบไฟฟ้าโดยเฉพาะในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน โดยระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือระบบไฟฟ้าสำรอง จะทำงานก็ต่อเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดความเสียหายหรือผิดปกติโดยไม่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินได้ตามปกติ ซึ่งอาจนำมาซึ่งอันตรายต่อผู้โดยสารและระบบอุปกรณ์ต่างๆได้ ระบบไฟฟ้าฉุกเฉินหรือระบบไฟฟ้าสำรองนี้จะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ

1) สวิตซ์โอนย้าย (TRANSFER SWITCH) เป็นอุปกรณ์หนึ่งที่ใช้โอนย้ายโหลดจากระบบไฟฟ้าหลักไปยังแหล่งจ่ายไฟอื่นๆ โดยจะโอนย้ายเมื่อเกิดเหตุการณ์ผิดปกติขึ้นในระบบไฟฟ้าหลัก หรือเพื่อทำให้ระบบไฟฟ้าถูกแยกออกจากระบบได้ อันจะทำให้การบำรุงรักษาและทดสอบระบบต่างๆเป็นไปได้ง่าย และสวิตซ์โอนย้ายนี้จะโอนย้ายจากแหล่งจ่ายไฟอื่นๆกลับมายังระบบไฟฟ้าหลัก เมื่อระบบไฟฟ้าหลักได้แก้ไขสิ่งผิดปกติแล้ว ในการทำงานโอนย้ายนี้จะเป็นไปอย่างอัตโนมัติหรืออาจจะเป็นแบบไม่อัตโนมัติก็ได้โดยรับคำสั่งจากศูนย์ควบคุม

2) ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองนี้จะเตรียมไว้เพื่อใช้ในกรณีที่ระบบไฟปกติมีปัญหา โดยการเตรียมการจะต้องประกอบไปด้วย

(1) จะต้องสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง เมื่อระบบไฟปกติไม่มี

(2) การจ่ายไฟสำรองให้แก่ระบบฉุกเฉินนั้น จะต้องจ่ายได้อย่างรวดเร็วภายหลังเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดผิดปกติไม่สามารถจ่ายไฟได้ตามปกติ

3. เทคนิคการให้แสงสว่าง

เทคนิคการให้แสงสว่างภายในอาคารนั้น สิ่งที่ต้องพิจารณาคือระดับความสว่างที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน การเลือกชนิดการกระจายแสงของดวงโคม จะต้องคำนึงถึงสภาวะแวดล้อม ได้แก่ สีของห้องที่เหมาะสมกับพื้นที่ ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง และอุปกรณ์แสงสว่างที่ดี ได้แก่ เลือกหลอดที่ให้แสงสว่างมาก อายุการใช้งานยาวนาน ความถูกต้องของสีของแสงสูง และที่สำคัญก็คือต้องประหยัดพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น การอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 ชนิดการกระจายแสงของดวงโคม

เป็นการแยกเปอร์เซ็นต์การกระจายแสงของดวงโคมว่าส่องขึ้นบนและลงล่างกี่เปอร์เซ็นต์ สามารถจำแนกได้ 6 แบบ ได้แก่

1) แบบโดยตรง (direct)

2) แบบกึ่งตรง (semi-direct)

3) แบบโดยตรง-โดยอ้อม (direct-indirect)

4) แบบกระจายทุกทิศทาง (general diffuse)

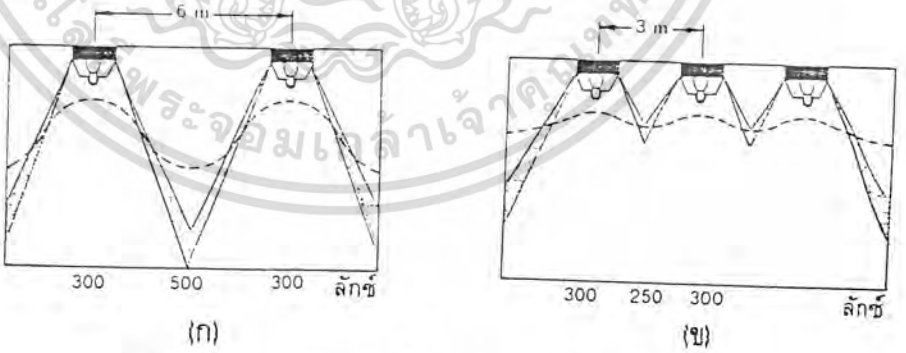
5) แบบกึ่งอ้อม (semi-indirect)

6) แบบโดยอ้อม (indirect)

โดยแสดงชนิดของการกระจายดังตารางที่ 6.1

3.2 ความสม่ำเสมอของแสงสว่าง

แสงสว่างที่ไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งห้องนั้นการมองเห็นจะเกิดเงามืด และในบางจุดก็จะมีแสงสว่างจ้าเกินไปทำให้การมองเห็นนั้นไม่ค่อยสบายตานัก ดังรูปที่ 6.2 (ก) ส่วนในพื้นที่ที่ต้องการให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอนั้นการติดตั้งระยะห่างระหว่างดวงโคมต้องอยู่ในระยะที่เหมาะสม ดังรูปที่ 6.2 (ข)



รูปที่ 6.2 แสดงความสม่ำเสมอของแสงสว่าง

ก) ติดตั้งโคมห่างเกินไป

ข) ระยะห่างติดตั้งเหมาะสมทำให้แสงสว่างสม่ำเสมอ

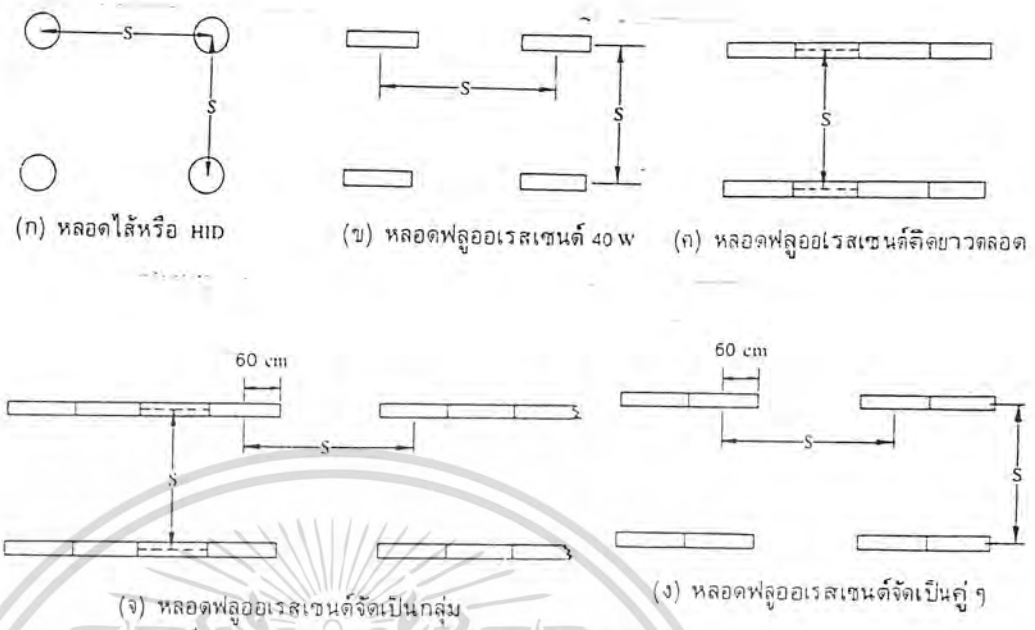
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.1 แสดงการแบ่งชนิดการกระจายแสงดวงโคม

ชนิดของการกระจายแสง	% แสงส่องขึ้นบน	% แสงส่องลงล่าง	การกระจายความเข้มแสงสว่าง	รูปร่างดวงโคม	การนำไปใช้งาน
แบบโดยตรง	0-10	90-100			โคมแบบนี้ให้แสงสว่างมากที่สุดเหมาะสำหรับอาคารเพดานสูง และมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงต่ำ แต่อาจเป็นปัญหา เนื่องจากแสงจ้าสูงและคุณภาพแสงไม่สม่ำเสมอทั่วพื้นที่นัก
แบบกึ่งตรง	10-30	60-90			การใช้งานเหมือนกับแบบโดยตรง แต่ใช้แสงบางส่วนสะท้อนจากเพดานแก้ปัญหาเงามืด จึงเหมาะกับที่ทำงานห้องเรียน
แบบโดยตรง-โดยอ้อม	40-60	60-40			เป็นการให้แสงอยู่ระหว่างโดยตรงและโดยอ้อมเพื่อแก้ไขในเรื่องคุณภาพของแสงและแสงสว่างน้อย
แบบกระจายทุกทิศทาง	60-40	40-60			ชนิดนี้เป็นแบบที่กระจายความสว่างทุกทิศทางเท่ากันหมด
แบบกึ่งอ้อม	60-90	10-30			แบบนี้แสงส่วนใหญ่จะพุ่งขึ้นเพดานแล้วสะท้อนสู่พื้นที่ทำงาน มีส่วนน้อยที่พุ่งลงสู่พื้นที่ทำงานโดยตรงทำให้คุณภาพแสงและความสม่ำเสมอดีไม่มีแสงจ้า ข้อสำคัญคือ ให้แสงน้อย เพดานต้องมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงสูง
แบบโดยอ้อม	90-100	0-10			แบบนี้ให้แสงน้อยที่สุด เหมาะสำหรับอาคารเพดานต่ำ เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงต้องสูง คุณภาพของแสงดีมาก ไม่มีแสงจ้าและเงามืด

อัตราส่วนระยะห่างระหว่างดวงโคม (S) และความสูงของดวงโคมเหนือพื้นที่ทำงาน (MH) จำเป็นต้องมีการพิจารณาให้อยู่ในกฎเกณฑ์ที่เป็นที่ยอมรับได้ เช่น S/MH = 0.9, S/MH = 1.1 หรืออื่นๆ โดยมีระยะห่างระหว่างดวงโคมเป็นไปตามรูปที่ 6.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

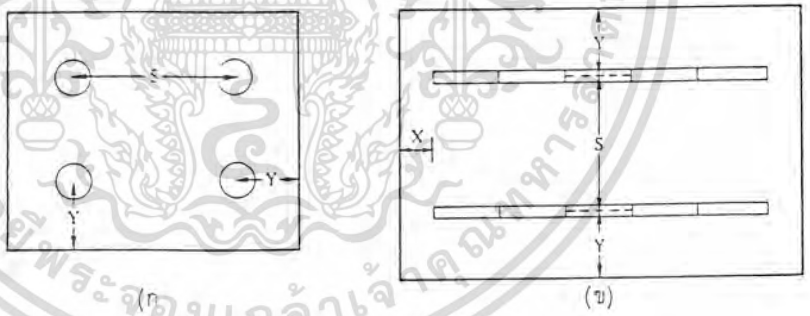


(ก) หลอดไส้หรือ HID (ข) หลอดฟลูออเรสเซนต์ 40 W (ค) หลอดฟลูออเรสเซนต์ติดยาวตลอด

(จ) หลอดฟลูออเรสเซนต์จัดเป็นกลุ่ม (ง) หลอดฟลูออเรสเซนต์จัดเป็นคู่ ๆ

รูปที่ 6.3 แสดงการจัดระยะห่างระหว่างดวงโคม

อย่างไรก็ตามที่ผนังถ้าต้องการความสม่ำเสมอของแสง จะต้องให้มีระยะห่างจากผนังไม่เกินครึ่งหนึ่งของระยะห่างระหว่างดวงโคม แต่ถ้าเป็นโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ควรเป็นไปตามรูปที่ 6.4 (ข)



(ก) (ข)

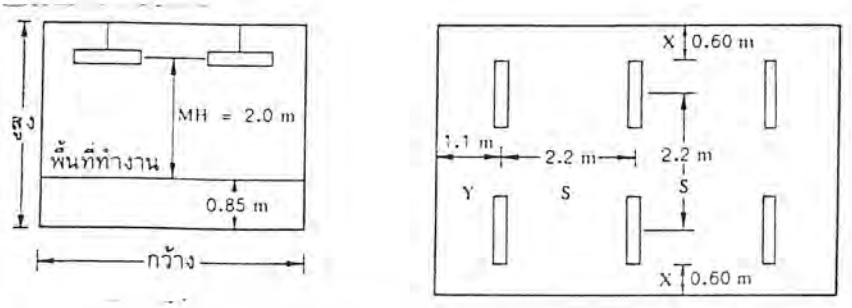
ระยะห่างจากผนังที่แนะนำให้ใช้เพื่อความสม่ำเสมอของแสงสว่าง

ระยะ	แนะนำให้ใช้	สูงสุด
X	15 ถึง 30 cm	60 cm
Y	76 ถึง 90 cm	S/2

รูปที่ 6.4 แสดงระยะดวงโคมห่างจากผนังเพื่อความสม่ำเสมอของแสงสว่าง

ดังนั้นถ้า S/MH = 1.1 สูงสุดสามารถจัดดวงโคมเพื่อให้ความสม่ำเสมอของแสงสว่างดังรูปที่ 6.5 ซึ่งหมายถึงถ้าความสูงของดวงโคมเหนือพื้นที่ทำงาน 1 m ระยะระหว่างดวงโคมต้องไม่เกิน 1.1 m แต่ถ้าความสูงของการแขวงดวงโคมเหนือพื้นที่ทำงาน 2 m ระยะห่างระหว่างดวงโคมต้องไม่เกิน (1.1*2) หรือ 2.2 m ระยะ S m ทั้งตามความยาวหลอดและตามขวางหลอดควรให้มีระยะห่างเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.5 แสดงการจัดดวงโคมเมื่อ S/MH = 1.1 สูงสุดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40W

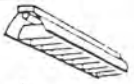
ประเภทของดวงโคม

ได้แบ่งตามลักษณะของดวงโคมและลักษณะการติดตั้งเป็น

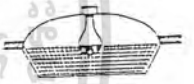
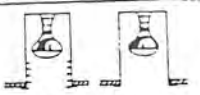
1) โคมฟลูออเรสเซนต์ติดซ่อน
2) โคมหลอดไส้ติดซ่อน
3) โคมฟลูออเรสเซนต์แบบกึ่งตรงติดเสมอผิว
4) โคมหลอดไส้ติดแขวน
5) โคมหลอดดีสชาร์จความเข้มแสงสูง (HID)
6) โคมฟูลออเรสเซนต์แบบกึ่งตรงติดแขวน
7) โคมฟูลออเรสเซนต์แบบโดยตรง-อ้อมและกระจายทุกทิศทางติดแขวน
8) โดยอ้อมติดแขวน (ฟูลออเรสเซนต์ หรือ หลอดไส้)
9) โคมฟูลออเรสเซนต์แบบกึ่งอ้อมติดแขวน
10) โคมฟูลออเรสเซนต์แบบโดยอ้อมติดผนัง
11) โคมซ่อติดแขวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมฟลูออเรสเซนต์ติดซ่อน

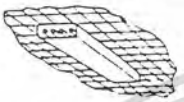
ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคม และค่าการบำรุงรักษา(MF)
1 0% 60% S/MH = 1.1 สูงสุด	 โคมหลอดเดี่ยวตะแกรงอะลูมิเนียม MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
2 0% 50% S/MH = 1.1 สูงสุด	 โคมหลอดคู่ตะแกรงอะลูมิเนียม MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
3 0% 55% S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคมหลอดคู่ฝาครอบกว้าง 30 cm แก้ว พลาสติกหรือบานเกล็ด 30° MF: ดี .75 (บานเกล็ด) .70 (ปิดแน่น) / ปานกลาง .70 / .65 / ต่ำ .65 / .55
4 0% 45% S/MH = 0.9 สูงสุด	 โคมหลอดคู่ฝาครอบกว้าง 30 cm บานเกล็ดโลหะ 45° MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
5 0% 65% S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคมหลอดคู่ฝาครอบกว้าง 60 cm ด้วยเลนส์พริสเมติก MF: ดี .70 / ปานกลาง .65 / ต่ำ .55
6 0% 60% S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคม 3 หลอด ฝาครอบกว้าง 60 cm ด้วยแผ่นพลาสติกกระจายแสง MF: ดี .70 / ปานกลาง .65 / ต่ำ .55

โคมหลอดไส้ติดซ่อน

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคม และค่าการบำรุงรักษา(MF)
7 0% 65% S/MH = 1.1 สูงสุด	 กระจายแสงลำแสงปานกลางและเลนส์ MF: ดี .75 / ปานกลาง .65 / ต่ำ .55
8 0% 50% S/MH = 1.1 สูงสุด	 กระจายแสงลำแสงกว้างเลนส์หรือบานเกล็ด MF: ดี .80 (บานเกล็ด) .75 (เลนส์) / ปานกลาง .70 / .65 / ต่ำ .65 / .55
9 0% 60% S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคมตะแกรงบานเกล็ดด้วยหลอดฉาบเงิน MF: ดี .70 / ปานกลาง .60 / ต่ำ .55
10 0% 70% S/MH = 0.6 สูงสุด	 โคมสปอร์ตไลต์ PAR-38 ตะแกรงเกล็ดโลหะ MF: ดี .65 / ปานกลาง .60 / ต่ำ .55
11 0% 35% S/MH = 0.6 สูงสุด	 โคมสปอร์ตไลต์ทรงกระบอก R40 MF: ดี .70 / ปานกลาง .65 / ต่ำ .60
12 0% 65% S/MH = 0.6 สูงสุด	 โคมสปอร์ตไลต์ทรงกระบอก PAR-38 MF: ดี .70 / ปานกลาง .65 / ต่ำ .60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมฟลออเรสเซนต์แบบกึ่งตรงติดเสมอผิว

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
13 10% 50% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมพลาสติกครอบ 2 และ 4 หลอด MF: ดี .70; ปานกลาง .65; ต่ำ .55
14 10% 55% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมครอบแก้วพริสเมติก MF: ดี .70 (ครอบปิด) .75 (ครอบบานเกล็ด); ปานกลาง .65 .70; ต่ำ .55 .55
15 10% 60% S/MH = 1.4 สูงสุด	 ฝาครอบพริสเมติกกระจายด้านข้างและด้านล่าง MF: ดี .70; ปานกลาง .65; ต่ำ .55
16 10% 80% S/MH = 1.3 สูงสุด	 หลอดโคมเปลือย MF: ดี .80; ปานกลาง .75; ต่ำ .70

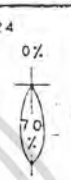
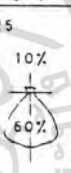
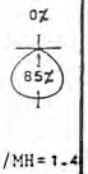
โคมหลอดไส้ติดแขวน

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
17 10% 85% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมสารเคลือบกระเบื้องใช้หลอดไส้ MF: ดี .80 (ติดแนวดิ่ง) .75 (ไม่ติดแนวดิ่ง); ปานกลาง .75 .65; ต่ำ .65 .55
18 0% 70% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมละห้อนแสงใช้หลอดไส้ MF: ดี .80; ปานกลาง .75; ต่ำ .70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

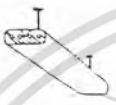
โคมหลอดดีสชาร์จความเข้มแสงสูง (HID)

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
19 S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคมไฮเบย์อะลูมิเนียม ลำแสงปานกลางขนาด 400 W แสงจันทร์ โซเดียม MF ดี .65 0.70 ปานกลาง .60 0.65 ต่ำ .55 0.60
20 S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมไฮเบย์อะลูมิเนียม ลำแสงกว้างขนาด 400 W แสงจันทร์ โซเดียม MF ดี 0.65 0.70 ปานกลาง 0.60 0.65 ต่ำ 0.55 0.60
21 S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมอะลูมิเนียมหลอดแสงจันทร์ชุด MF ดี .60 ปานกลาง .55 ต่ำ .50
22 S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมกระจายแสงพร้อมหลอด HID ชนิดสปอร์ตไลต์ลำแคบ MF ดี .80 ปานกลาง .75 ต่ำ .70
23 S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมกระจายแสงพร้อมหลอด HID ชนิดสปอร์ตไลต์ลำกว้าง MF ดี .80 ปานกลาง .75 ต่ำ .70

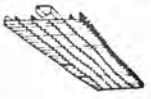
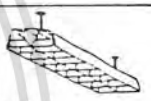
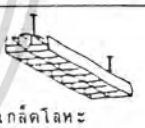
ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
24  S/MH = 0.6 สูงสุด	 โคมไฮเบย์อะลูมิเนียม หลอดแสงจันทร์ MF ดี .65 ปานกลาง .60 ต่ำ .55
25  S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมไลว์เบย์หลอดแสงจันทร์ MF ดี .65 ปานกลาง .60 ต่ำ .55
26 S/MH = 0.9 สูงสุด	 โคมกระจายแสงลำแคบพร้อมหลอด HID ชนิดสปอร์ตไลต์ MF ดี .80 ปานกลาง .75 ต่ำ .70
27  S/MH = 1.4 สูงสุด	 โคมกระจายแสงพร้อมหลอด แสงจันทร์ชนิดสปอร์ตไลต์ 400 W 1000 W MF ดี .65 .60 ปานกลาง .60 .55 ต่ำ .55 .50
28 S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมกระจายแสงเปิดตอนบน หลอดแสงจันทร์ชนิดสปอร์ตไลต์ 400 W 1000 W MF ดี .65 .60 ปานกลาง .60 .55 ต่ำ .55 .50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โคมฟลอออเรสเซนต์แบบกึ่งตรงติดแขวน

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคม และค่าการบำรุงรักษา(MF)
29 15% 45% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมกรอบพลาสติก MF: ดี .70 / ปานกลาง .60 / ต่ำ .50
30 10% 70% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมโรงงาน สารเคลือบกระเบื้อง MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
31 20% 70% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมโรงงาน สารเคลือบกระเบื้อง MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
32 20% 60% S/MH = 1.2 สูงสุด	 โคมโรงงาน สารเคลือบกระเบื้อง MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .60

โคมฟลอออเรสเซนต์แบบโดยตรง-อ้อมและกระจายทุกทิศทางติดแขวน

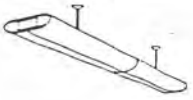
ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคม และค่าการบำรุงรักษา(MF)
33 30% 35% S/MH = 1.4 สูงสุด	 โคมบานเกล็ดคอนล่าง MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
34 30% 40% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมบานเกล็ดโลหะ มุมกันแสง 40 องศา MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
35 45% 35% S/MH = 1.5 สูงสุด	 โคมบานเกล็ดโลหะ มุมกันแสง 45 องศา MF: ดี .75 / ปานกลาง .70 / ต่ำ .65
36 36% 58% S/MH = 1.3 สูงสุด	 โคมเปลือย 4 หลอด MF: ดี .80 / ปานกลาง .75 / ต่ำ .70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบโดยอ้อมติดแขวน

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
40 65% 5% S/CH = 1.5 สูงสุด	 โคมโดยอ้อม MF { ดี .70 ; ปานกลาง .60 ; ต่ำ .50 }
41 80% 5% S/CH = 1.5 สูงสุด	 โคมโดยอ้อมหลอดไส้ MF { ดี .70 ; ปานกลาง .60 ; ต่ำ .50 }
42 85% 0% S/CH = 1.5 สูงสุด	 โคมโดยอ้อมหลอดไส้ฉาบเงิน MF { ดี .75 ; ปานกลาง .70 ; ต่ำ .65 }

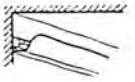
แบบกึ่งอ้อมติดแขวน

ชนิดการกระจายแสงและระยะห่างดวงโคมสูงสุด*	ชนิดของดวงโคมและค่าการบำรุงรักษา(MF)
38 60% 15% S/CH = 1.5 สูงสุด	 โคมโปร่งแสง MF { ดี .70 ; ปานกลาง .60 ; ต่ำ .50 }
39 65% 10% S/CH = 1.5 สูงสุด	 โคมตาข่าย MF { ดี .70 ; ปานกลาง .60 ; ต่ำ .50 }

โคมซ่อติดแขวน

37 35% 65% S/CH = 1.3 สูงสุด	 โคมซ่อ MF { ดี .80 ; ปานกลาง .75 ; ต่ำ .70 }

แบบโดยอ้อมติดผนัง

43 ติดใต้เพดาน 30 ถึง 45 cm	 กระบังแสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ MF { ดี .70 ; ปานกลาง .60 ; ต่ำ .50 }

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
ระบบป้องกันไฟ
(FIRE PREVENTION)

1 บทนำ

โดยปกติการเผาไหม้เกิดจากการสลายตัวของวัสดุเชื้อเพลิง อันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความร้อน ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นได้จากการขัดสี การแผ่รังสีความร้อน การเปลี่ยนแปลงทางเคมี ประกายไฟ เปลวไฟ และ อื่นๆ การสลายตัวของวัสดุเชื้อเพลิงนี้จะก่อให้เกิดแก๊สที่ติดไฟได้ และจะลุกเป็นเปลวไฟเมื่อไปทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ ปฏิกิริยานี้จะทำให้เกิดความร้อนซึ่งเป็นผลให้เกิดการสลายตัวของวัสดุเชื้อเพลิงมากขึ้น และเกิดแก๊สมากขึ้นเป็นลูกโซ่ตามไปด้วย องค์ประกอบ 3 ประการที่ทำให้เกิดการลุกไหม้ หรือที่เรียกว่า Fire Triangle ก็คือ

1) เชื้อเพลิง
2) ความร้อน
3) ออกซิเจนในอากาศ

ในการดับไฟจะต้องใช้สารซึ่งไปทำหน้าที่อย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้ คือ

1) ทำให้เชื้อเพลิงเย็นลงจนไม่ถึงจุดติดไฟ
2) ไปครอบคลุมเชื้อเพลิงไม่ให้สัมผัสกับอากาศโดยใช้สารเคลือบที่ไม่ติดไฟ
3) ไปขจัดหรือขับไล่ออกซิเจนตรงส่วนที่ติดไฟให้น้อยลงหรือหมดไป

ประเภทของเชื้อเพลิง

Class A : เป็นเชื้อเพลิงประเภทของแข็ง เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า เป็นต้น

Class B : เป็นเชื้อเพลิงประเภทของเหลวที่ไหม้ไฟ เช่น น้ำมัน สี เป็นต้น

Class C : เป็นเชื้อเพลิงประเภทก๊าซที่ไหม้ไฟ เช่น มีเทน โพรเพน อะเซธิลีน เป็นต้น

Class D : เป็นเชื้อเพลิงประเภทโลหะที่ไหม้ไฟ เช่น สังกะสี อะลูมิเนียม ยูเรเนียม มักนีเซียม เป็นต้น

Class E : เป็นไฟที่เกิดจากระบบไฟฟ้า

ชนิดของสารที่ใช้ดับไฟ

ชนิดสารดับไฟ	ประเภทของเชื้อเพลิงที่ให้
น้ำ	A และ B(บางชนิดเท่านั้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟม (foam)	B
เคมีแห้ง (dry chemicals)	A,B,C,D,E
ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์	B,C,E
Halons	B,C,E

2 ระบบสัญญาเตือนไฟอัตโนมัติ

หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถรับรู้ถึงไฟที่เกิดขึ้นและส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม พร้อมที่จะสั่งให้กระดิ่งหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันไฟไหม้ทำงานได้โดยอัตโนมัติ

หลักใหญ่ๆ 2 ประการที่จำเป็นสำหรับอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ คือ

1). จะต้องไม่ระเบิดหรือเกิดความเสียหายอันเนื่องมาจากเพลิงไหม้ แต่จะต้องรับรู้ถึงเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้น และต้องส่งสัญญาณกลับไปยังชุดควบคุมได้

2). จะต้องสามารถป้องกันการเกิดข้อผิดพลาดอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้หรือเกิดจากสัญญาณหลอกที่มาจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้ได้

ระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้นี้จะสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 7 1 และรูปที่ 7.2จะพบว่ามีอุปกรณ์หลายอย่างที่ประกอบขึ้นเป็นระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ รายละเอียดจะสามารถพิจารณาได้ดังนี้

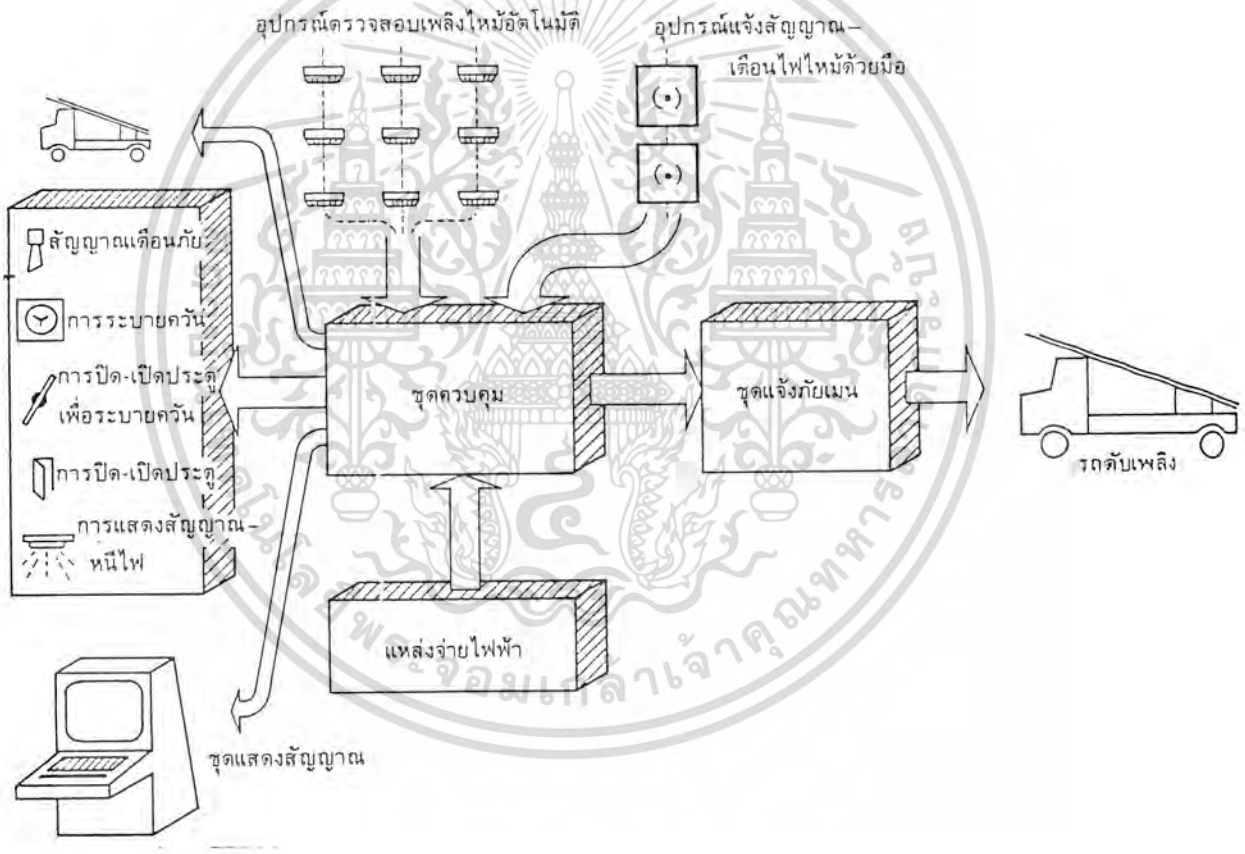
2.1 อุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติ

จะมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ แต่จะกล่าวถึงระบบที่ใช้ในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน คือ

1) อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ (Fixed temperature heat detector) อุปกรณ์นี้จะเป็นแบบธรรมดาที่สุด ราคาถูกที่สุด และมีความไวในการตรวจสอบน้อยที่สุด ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดเหตุให้ระบบดับเพลิงทำงานโดยที่ไม่มีเพลิงไหม้น้อยที่สุดด้วย โดยส่วนมากแล้วอุปกรณ์ตรวจสอบตัวนี้จะทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 60 ถึง 70 ตารางเมตร เหมาะกับการติดตั้งในห้องเครื่องจักร pump ห้องน้ำ

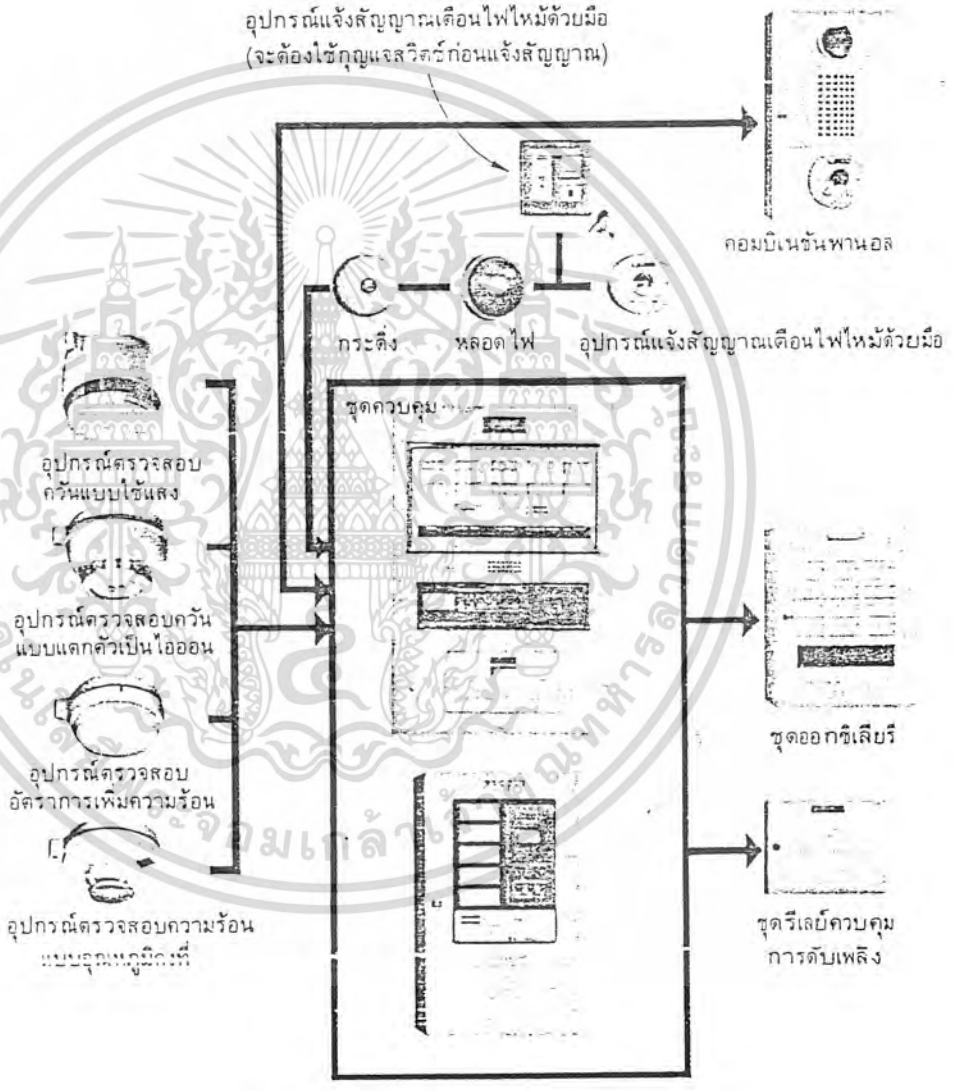
2). อุปกรณ์ตรวจสอบอัตราการเพิ่มความร้อน (rate of rise heat detector) อุปกรณ์นี้จะมีความไวในการทำงานมากกว่าอุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ และควรเลือกใช้ในกรณีที่เพลิงมีความร้อนสูง และคาดว่าจะลุกลามได้รวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของห้องอันเนื่องมาจากการใช้งานตามปกติหรือจากแหล่งความร้อนภายในห้องอาจจะมีปัญหาต่อการใช้อุปกรณ์ชนิดนี้ เช่น การปิดเปิดพัดลมระบายอากาศ ซึ่งอัตราการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อาทิ ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ แจกจ่าย ทำซ้ำ หรือดัดแปลง



รูปที่ 7.1 แสดงไดอะแกรมของระบบสัญญาณเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 แสดงระบบสัญญาณเตือนภัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความร้อนมากพอที่จะทำให้อุปกรณ์ตัวนี้ทำงานได้ อุปกรณ์นี้จะสามารถทำงานครอบคลุมพื้นที่ได้ประมาณ 70 ถึง 90 ตารางเมตร ตัวอย่างเช่น ใช้สำหรับจับความร้อนที่เกิดขึ้น ทำงานเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ภายใน 1 นาที ครอบคลุมพื้นที่ได้ 90 ตารางเมตร เหมาะกับการติดตั้งในห้องเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหรือแหล่งจ่ายไฟสำรอง ห้องเก็บของ ห้องเครื่องปรับอากาศ ห้องเครื่องจักร pump

3). อุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบใช้แสง (Photoelectric Smoke detector) อุปกรณ์ตัวนี้จะใช้กับเพลิงที่คาดว่าจะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และมีควัน เช่น ในห้องโถงผู้โดยสาร ชานชลารถไฟฟ้าใต้ดิน ทางเดิน ช่องลิฟต์ ท่อ ท่อสายไฟ ห้องขายตั๋ว ห้องน้ำ ห้องไฟฟ้า ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องสื่อสาร ห้องเครื่องจักร pump ห้องเครื่องปรับอากาศ

2.2 อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ (manual alarm)

อุปกรณ์ตัวนี้มักจะติดตั้งตามจุดที่สามารถเห็นได้ง่ายๆ โดยจะทำงานก็ต่อเมื่อกดปุ่มสัญญาณที่อยู่ภายใน นอกจากนี้ยังมีแผ่นพลาสติกใสปกปิดอยู่บนปุ่มสัญญาณ สัญญาณที่เกิดจากการกดปุ่มสัญญาณจะถูกส่งมายังตู้ควบคุมและในอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือนี้อาจจะใช้โทรศัพท์เพื่อติดต่อแจ้งข่าวสารด้วยก็ได้ โดยจะมีช่องเสียบโทรศัพท์สำหรับผู้ติดต่อโดยตรงกับตู้ควบคุมได้ ดังแสดงในรูปที่ 7.3

ชนิดติดตั้งลอยติดฝาผนัง ชนิดติดตั้งฝังในฝาผนัง ชนิดที่ต้องใช้กุญแจสวิตช์ก่อนแจ้งสัญญาณ

รูปที่ 7.3 แสดงอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ

2.3 ชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์ (combination box)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นกล่องที่ติดตั้งในตำแหน่งที่สามารถเห็นได้อย่างชัดเจน โดยภายในกล่องจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ หลอด และกระดิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 7.4

รูปที่ 7.4 แสดงชุดคอมบิเนชันบ๊อกซ์

2.4 ชุดกระดิ่งหรือไซเรน (sounding device หรือ Audible device)

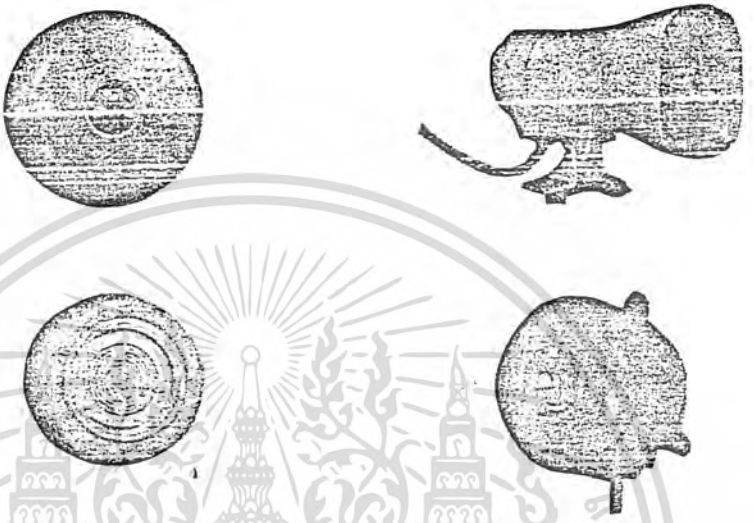
เป็นอุปกรณ์ที่จะทำงานก็ต่อเมื่อได้รับสัญญาณจากชุดตู้ควบคุมส่งมายังกระดิ่งหรือไซเรน เพื่อบอกให้ทราบว่าขณะนี้ได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นและ ส่วนมากอุปกรณ์ชุดนี้จะทำงานโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งเกิดจากชุดควบคุม เช่น ที่แรงดัน 24 โวลต์ ชุดกระดิ่งหรือไซเรนนี้แสดงได้ดังรูปที่ 7.5

2.5 ชุดควบคุม (control panel)

อุปกรณ์ชุดนี้อาจเปรียบได้กับเป็นอุปกรณ์ศูนย์กลางหรือหัวใจของชุดระบบสัญญาณเตือนไฟไหม้อัตโนมัติ มีหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติและอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ หลังจากที่ได้รับสัญญาณแล้วชุดควบคุมก็จะทำหน้าที่เป็นตัวเตือนภัยเพื่อแจ้งให้แก่บุคคลทราบ การเตือนภัยอาจจะออกมาในรูปแบบของการแสดงบนชุดควบคุมเองและที่ชุดรีโมตแอนนันซิเอเตอร์ และอาจจะแสดงด้วยเสียงบนชุดกระดิ่งหรือไซเรนก็ได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อเกิดเพลิงไหม้ สัญญาณที่เกิดจากอุปกรณ์ตรวจสอบ (อาจจะมาจากแบบอัตโนมัติหรือแบบมือ) จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมและรีโมตไฟแอนนันซิเอเตอร์ และอุปกรณ์กระดิ่งหรือไซเรนซึ่งจะตรงกันกับที่โซนของชุดควบคุมจะทำงานนอกจากนี้ชุดควบคุมอาจจะสั่งการในแบบที่ให้กระดิ่งหรือไซเรนที่อยู่เหนือหรือใต้บริเวณที่เกิดเพลิงไหม้และบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานก่อน เมื่อไม่สามารถควบคุมได้จึงให้กระดิ่งหรือไซเรนบริเวณอื่นๆทำงาน เพื่อให้ผู้โดยสารหนีออกได้ทัน



รูปที่ 7.5 แสดงชุดกระดิ่งหรือไซเรน

3. ระบบดับเพลิง(fire extinguish system)

ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ขึ้นมีความจำเป็นที่จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับต่อสู้และดับเพลิง ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้ระบบนี้จะมาจ่ายแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง ทั้งนี้เพราะเมื่อเกิดเพลิงไหม้ขึ้น จะมีการตัดกระแสไฟฟ้าหลักออกบางส่วนหรือทั้งหมดขึ้นอยู่กับไฟไหม้ส่วนไหนของสถานี เช่น ถ้าไฟไหม้ชานชลา ก็จะตัดไฟส่วนนั้นออก รวมทั้งระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับขบวนรถเฉพาะส่วนที่จ่ายจากสถานีนี้ ถ้าไหม้บริเวณทางเดินก็ตัดไฟส่วนทางเดินแต่ส่วนอื่นยังไม่ตัด แต่ถ้าควบคุมไม่ได้ก็จะตัดกระแสไฟฟ้าทุกส่วน สำหรับอุปกรณ์ดับเพลิงเหล่านี้มีทั้งแบบอัตโนมัติและไม่อัตโนมัติ ในที่นี้จะกล่าวถึงระบบดับเพลิงที่ใช้กันในสถานีระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน คือ

3.1 ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ (hydrant and standpipe system)

มนุษย์เรารู้จักใช้น้ำในการดับเพลิงมาเป็นเวลานานแล้ว ทั้งนี้เพราะน้ำเป็นสิ่งที่หาได้ง่ายในปริมาณมาก และประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด น้ำเหมาะสำหรับใช้ในการดับเพลิงสำหรับเชื้อเพลิงประเภทที่เป็นสารประกอบของธาตุคาร์บอน เช่น ไม้ กระดาษ ผ้า ขยะ เป็นต้น เหตุที่น้ำสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดับเพลิงได้ก็เพราะน้ำอาศัยผ่านความเย็นเข้าไปดึงเอาความร้อนออกจากวัสดุเชื้อเพลิง จนกระทั่งถึงจุดที่ไม่สามารถติดไฟได้ ระบบดับเพลิงที่ใช้น้ำอาจจะแยกออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1) แบบท่อแห้ง (dry pipe system) เป็นระบบชนิดที่ไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อในภาวะปกติ แต่จะมีอุปกรณ์ควบคุมที่จะส่งน้ำมาในท่อดับเพลิงได้เมื่อระบบต้องการน้ำ ระบบนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้นักโดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในเขตอากาศอบอุ่นซึ่งไม่มีปัญหาเกี่ยวกับการแข็งตัวของน้ำ เนื่องจากจะทำให้เวลาปกตินำในระบบท่อเกิดการแข็งตัวขึ้นได้ ทำความเสียหายให้กับท่อได้

2) แบบท่อเปียก (wet pipe system) เป็นระบบดับเพลิงชนิดที่มีน้ำอยู่ภายในท่อที่ความดันซึ่งพร้อมที่จะใช้งานได้ตลอดเวลา ความดันภายในท่อดับเพลิงแบบนี้อาจจะได้มาจากการใช้ความดันจากถังน้ำที่สำรองน้ำไว้ข้างบน

สำหรับความดันที่จ่ายจะได้ความดันมาจากความสูงจากระดับถังน้ำ ถ้าความดันไม่พอต้องติดตั้งปั๊มไว้สำหรับสูบน้ำเพื่อการดับเพลิงโดยเฉพาะ ความดันน้ำนี้ควรไม่ต่ำกว่า 3 บาร์ และจะต้องมีน้ำสำรองเพื่อใช้ในการดับเพลิงอย่างน้อย 15 ลูกบาศก์เมตร จำนวนและความยาวของสายสูบขึ้นอยู่กับระยะทางและพื้นที่ซึ่งจะป้องกันอัคคีภัย ส่วนข้อต่อดับเพลิงนอกอาคารจะติดตั้งเอาไว้ที่ด้านนอกที่ระดับพื้นดินในตำแหน่งที่สามารถเข้าถึงได้สะดวก เพื่อให้พนักงานดับเพลิงสามารถต่อท่อน้ำส่งขึ้นไปใช้ในภายในสถานีได้สะดวก ข้อต่อดับเพลิงภายนอกอาคารนี้มีลักษณะดังรูปที่ 7.6

มาตรฐาน NFPA 14 ได้แยกระบบของท่อยืนตามลักษณะของการใช้งานออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

Class I : สำหรับการใช้โดยพนักงานดับเพลิงและผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมให้ใช้สายสูบขนาดใหญ่โดยเฉพาะ(สายสูบขนาด 65 มม.)

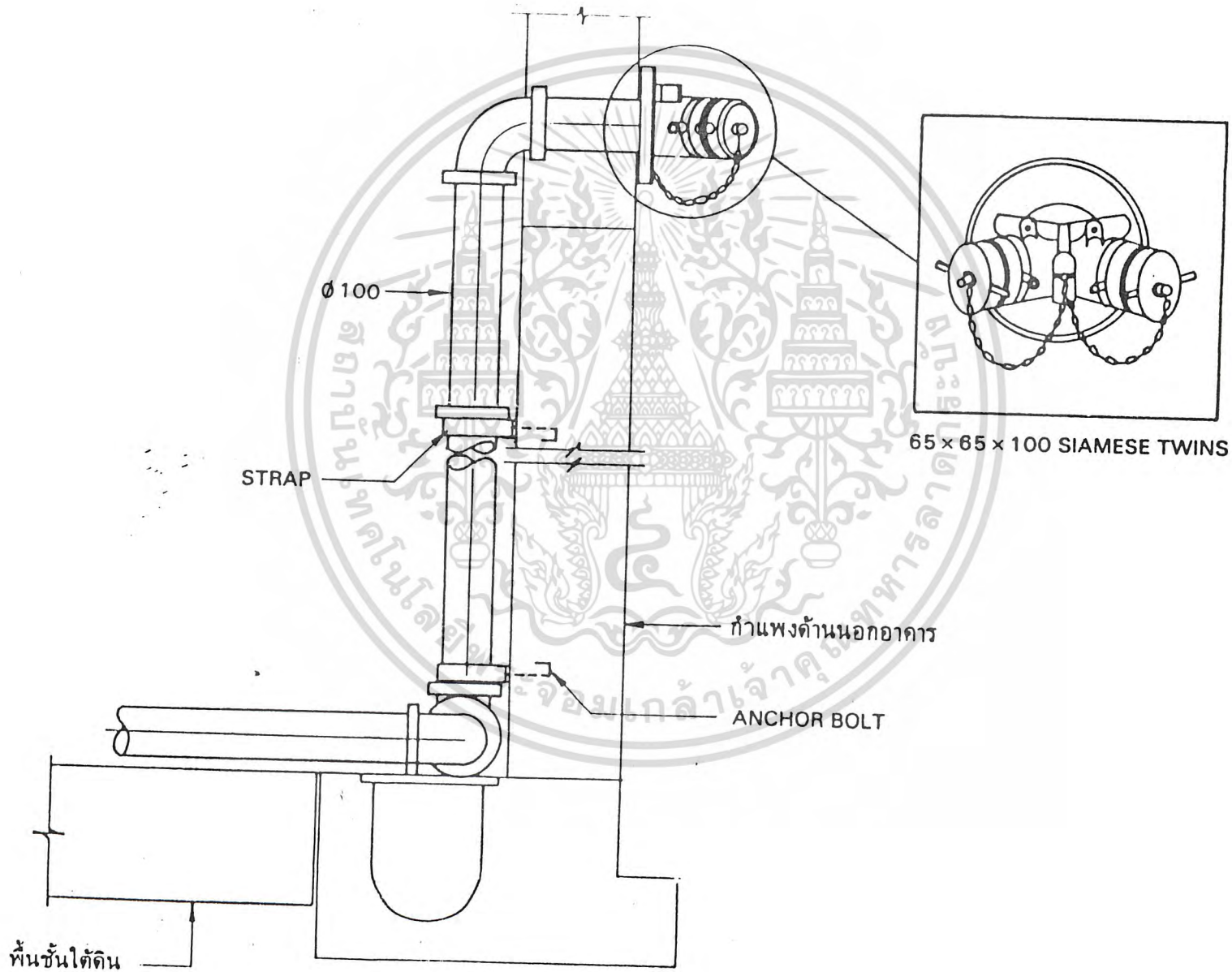
Class II : สำหรับการใช้โดยผู้ที่อยู่ภายในอาคารจนกว่าพนักงานดับเพลิงจะมาถึง (สายสูบขนาดเล็ก)

Class III : สำหรับการใช้โดยพนักงานดับเพลิงหรือผู้ได้รับการฝึกอบรมให้ใช้สายสูบขนาดใหญ่ หรือผู้ที่อยู่ภายในอาคาร (ใช้สายสูบ 2 ขนาด)ของถังน้ำจะต้องสูงเพียงพอแก่การให้ความดันกับสาย

การใช้งานของท่อยืนตามการใช้งาน Class I และ III ต้องการอัตราน้ำเพื่อการดับเพลิงมากกว่า Class II และสามารถที่จะดับไฟที่ลุกลามขึ้นมากแล้วได้อย่างดี ส่วนการใช้งานตาม Class II จะสามารถดับเพลิงในขณะเพิ่งเริ่มได้เป็นอย่างดี แต่สำหรับในกรณีที่ไฟได้ลุกลามขึ้นมากแล้ว Class II จะช่วยควบคุมมิให้ไฟขยายออกไปอย่างรวดเร็วจนกว่าพนักงานดับเพลิงจะมาถึงเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ขนาดและการออกแบบระบบท่อยืน



รูปที่ 7.6 แสดงหัวดับเพลิงนอกอาคาร (SIAMESE CONNECTION)

3.1.1.1 ระบบท่อยืนสำหรับการใช้งาน Class I และ Class III ขนาดของท่อยืนในแต่ละกรณีขึ้นอยู่กับจำนวนและขนาดของสายสูบที่อาจจะใช้งานพร้อมกันและระยะทางจากหัวจ่ายไปยังแหล่งน้ำ ถ้าไม่มีปัญหาเรื่องการแบ่งกั้นห้องออกเป็นส่วนต่างๆ แล้วก็อาจจะกำหนดจำนวนท่อยืนโดยใช้พื้นที่ของอาคารแต่ละชั้นเป็นหลักได้ ด้วยเหตุนี้จำนวนของท่อยืนจึงขึ้นอยู่กับการที่จะตั้งตำแหน่งของสายสูบ เพื่อให้สามารถลากสายสูบเข้าไปถึงทุกๆ ส่วนของอาคารได้ NFPA 14 กำหนดเอาไว้ว่า สายสูบจะต้องมีความยาวให้ลากเข้าถึงระยะอย่างต่ำ 10 เมตร จากพื้นที่ซึ่งไม่มีสายสูบอยู่ หรืออีกนัยหนึ่ง ถ้าอาคารมีการแบ่งห้องมากขึ้น จำนวนท่อยืนและสายสูบก็จะเพิ่มขึ้นตามด้วย เพื่อให้สามารถเข้าทำการดับเพลิงทุกห้องได้ ขนาดของสายสูบที่ผลิตเป็นมาตรฐานสำหรับใช้ภายในอาคาร ส่วนใหญ่จะมีความยาว 23 เมตร (75ฟุต) และ 30 เมตร (100 ฟุต) สำหรับการใช้งาน Class I และ III นี้ท่อยืนแต่ละท่อจะต้องมีขนาดเพื่อให้อัตราการไหลของน้ำได้อย่างต่ำ 32 lps (500 gpm) ในกรณีที่มีท่อยืนอยู่หลายท่อ ท่อร่วมของท่อยืนเหล่านี้จะต้องมีขนาดสำหรับการไหลของน้ำเพิ่มขึ้นจากท่อยืนแรก ท่อละ 16 lps (250 gpm) แต่รวมกันแล้วให้ไม่เกิน 160 lps (2500 gpm) ดังนั้นขนาดของเครื่องสูบน้ำดับเพลิงควรจะเป็นดังนี้

ท่อยืนหนึ่งท่อ	32 lps (500 gpm)
ท่อยืน 2 ท่อ	48 lps (750 gpm)
ท่อยืน 3 ท่อ	64 lps (1000 gpm)
ท่อยืน 4 ท่อ	80 lps (1250 gpm)
ท่อยืน 5 ท่อ	96 lps (1500 gpm)
ท่อยืน 6 ท่อ	112 lps (1750 gpm)
ท่อยืน 7 ท่อ	128 lps (2000 gpm)
ท่อยืน 8 ท่อ	144 lps (2250 gpm)

นอกจากอัตราการไหลของน้ำในท่อดับเพลิงแล้ว NFPA ยังวางกำหนดเกี่ยวกับท่อยืนอีก ดังนี้

1) ท่อยืนที่มีความสูงไม่เกิน 30 เมตร จะต้องมีขนาดอย่างน้อย 100 มม.

2) ส่วนของท่อยืนที่มีความสูงเกิน 30 เมตร จะต้องมีขนาดอย่างน้อย 150 มม.

3) ให้ท่อยืนมีความสูงไม่เกิน 84 เมตร (275 ฟุต) ถ้าอาคารมีความสูงมากกว่านี้ให้ออกแบบระบบท่อยืนที่แบ่งเขตการจ่ายน้ำออกเป็นเขตๆ

4) ในกรณีที่ใช้ท่อยืนจ่ายน้ำให้กับระบบสายสูบขนาด 65 มม. และระบบหัวโปรยน้ำอัตโนมัติ (automatic sprinkler) ร่วมกัน ท่อยืนจะต้องมีขนาดอย่างน้อย 150 มม.

5) ในกรณีที่เครื่องสูบน้ำดับเพลิงของเขตสูง ตั้งอยู่ที่ระดับเดียวกันกับเครื่องสูบน้ำดับเพลิงของเขตต่ำ ท่อจ่ายน้ำให้แก่เครื่องสูบน้ำของแต่ละเขตจะต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารนี้ก่อนนำไปใช้

มม. ส่วนเขตสูงที่มีท่อยืนตั้งแต่ 2 ท่อขึ้นไป ควรมีท่อจ่ายน้ำโดยตรงขนาดไม่เล็กกว่า 200 มม. อย่างน้อย 2 ท่อ เพื่อจ่ายให้กับท่อยืน

การที่จำกัดความสูงของท่อยืนเอาไว้ ก็เพื่อที่จะจำกัดความดันภายในท่อดับเพลิงของเขตต่ำให้อยู่ในระดับที่สามารถใช้อุปกรณ์ที่จัดหาได้ทั่วไป และมีราคาไม่สูงนัก เช่น เครื่องสูบน้ำดับเพลิงแบบหอยโข่ง ข้องอ ข้อต่อ และวาวล์ เป็นต้น ในกรณีที่ท่อส่วนที่จะต่อเข้าสายสูบส่วนใดมีความดันเกิน 7 บาร์ ก็จะต้องใช้อุปกรณ์หรือวาวล์ลดความดันลงเสียก่อนที่จะต่อเข้ากับวาวล์ของสายสูบ ส่วนวาวล์กันน้ำไหลย้อนกลับ (check valve) ควรจะใช้แบบทำงานด้วยสปริง (silent check valve) แทนที่จะเป็นแบบ swing check valve ทั้งนี้เพื่อลดการกระแทกของน้ำ (water hammer) ในระบบท่อลงอีกประการหนึ่งวาวล์กันย้อนแบบใช้สปริงนี้สามารถที่จะติดตั้งได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอนจึงมีความเหมาะสมกว่า

3.1.1.2 ระบบท่อยืนสำหรับการใช้งาน Class II ระบบดับเพลิงชนิดสายสูบที่ใช้ท่อยืนสำหรับการใช้งาน Class II ยังคงมีลักษณะทั่วไปเช่น เดียวกับท่อยืนสำหรับการใช้งาน Class I และIII แต่เนื่องจากระบบนี้มีจุดประสงค์ให้ผู้ใช้สอยหรือผู้ดูแลอาคารทั่วไปซึ่งมิได้รับการฝึกฝนให้ใช้สายสูบดับเพลิงสามารถใช้สายสูบได้ เพราะฉะนั้นขนาดของสายสูบจึงเล็กลงเพื่อให้มีความดันกลับของน้ำที่หัวฉีดอยู่ในระดับที่ใช้งานได้ ชนิดของสายสูบที่ใช้มีอยู่ 2 ชนิด คือ

แบบสายอ่อนพับแขวนเก็บอยู่ในตู้ ขนาดสายสูบเท่ากับ 40 มม.

แบบสายยางแข็งม้วนเป็นขด ขนาด 20 มม. หรือ 25 มม.

เกณฑ์มาตรฐานของ NFPA 14 ได้กำหนดท่อยืนสำหรับการใช้งานลักษณะนี้เอาไว้ว่า ขนาดของท่อยืนแต่ละท่อจะต้องเพียงพอแก่การจ่ายน้ำได้อย่างน้อย 6.3 lps (100 gpm) และ

1) ท่อยืนที่มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร จะต้องมีขนาดอย่างน้อย 50 มม.

2) ท่อยืนที่มีความสูงเกิน 15 เมตรจะต้องมีขนาดอย่างน้อย 65 มม.

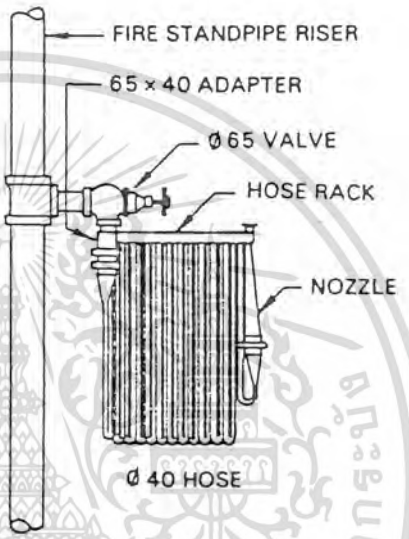
การที่จะใช้ท่อระบบดับเพลิงสำหรับการใช้งาน Class II นี้ ขนาดเท่าใด ย่อมขึ้นอยู่กับลักษณะของอาคาร ประกอบกับจำนวนสายสูบที่อาจจะใช้งานพร้อมกัน ทั้งนี้ผู้ออกแบบระบบดับเพลิงจะต้องใช้ความรู้ความชำนาญ และข้อพิจารณาอื่นๆ เพื่อให้ได้ระบบดับเพลิงที่เหมาะสมที่สุด แต่โดยทั่วไปขอแนะนำว่าขนาดของท่อยืนไม่ควรเล็กกว่า 65 มม.

3.1.2 ชนิดและตำแหน่งของสายสูบดับเพลิง

สายสูบดับเพลิงที่ใช้สำหรับการดับเพลิงภายในอาคารมีอยู่ 2 ชนิด คือ ชนิดสายอ่อนแบบพับได้ (flexible hose) และชนิดสายยางแข็งม้วนเป็นขด (hose reel) สายสูบอ่อนแบบพับได้มีอยู่ 2 ขนาด คือ ขนาด 65 มม. พร้อมหัวฉีดขนาด 25 มม. สำหรับการใช้งานโดยผู้ที่ได้รับการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ หรือ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น โดยไม่ได้รับอนุญาตจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฝึกอบรมวิธีการใช้สายสูบและพนักงานดับเพลิงโดยเฉพาะ (Class I และIII) และขนาด 40 มม. พร้อมหัวฉีดขนาด 10 มม. (3/8 นิ้ว) หรือ 12.5 มม. (1/2นิ้ว) สำหรับบุคคลทั่วไปใช้ (Class II) ลักษณะทั่วไปคล้ายคลึงกับที่แสดงอยู่ในรูปที่ 7.7 สายสูบในรูปนี้มี adapter ขนาด 65 * 40 มม. ติดตั้งอยู่ด้วยเพื่อปรับขนาดท่อให้เข้ากับสายสูบขนาด 40 มม. ในกรณีที่จะใช้สายสูบขนาด 65 มม. ก็ไม่ต้องใส่ adapter ดังกล่าว

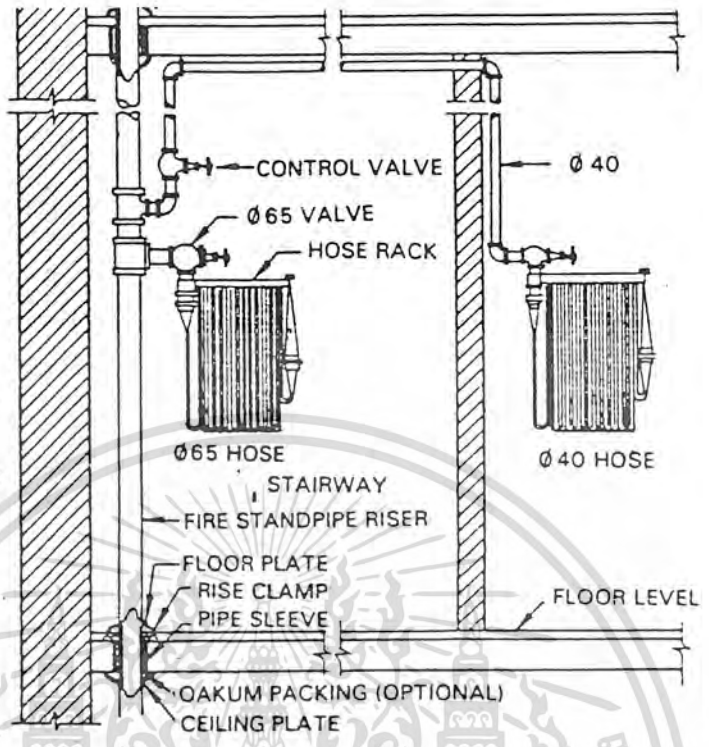


รูปที่ 7.7 การติดตั้งสายสูบดับเพลิงขนาด 40 มม.

ถึงแม้ว่าสายสูบจะมีขนาด 40 มม. ก็ควรที่จะใช้ adapter นี้อยู่เสมอ ทั้งนี้เพราะพนักงานดับเพลิงสามารถที่จะถอดสายสูบขนาด 40 มม.ออกเพื่อนำสายสูบขนาด 65 มม. ของพนักงานดับเพลิงเองเข้ามาต่อได้อย่างง่ายดาย ยิ่งทำให้การผจญเพลิงมีประสิทธิผลยิ่งขึ้น สำหรับการติดตั้งระบบดับเพลิงเพื่อการใช้งาน Class III จะต้องมีสายสูบทั้ง 2 ขนาด ติดตั้งอยู่ในบริเวณที่เหมาะสม ลักษณะของการติดตั้งสายสูบสำหรับการใช้งานประเภทนี้แสดงอยู่ในรูปที่ 7.8

สายสูบชนิดสายยางแข็งมีอยู่ 2 ขนาดคือ ขนาด 20 และ 25 มม. พร้อมหัวฉีดขนาด 10 หรือ 12.5 มม. สายสูบชนิดนี้ติดตั้งเพื่อการใช้งาน Class II โดยเฉพาะ โดยม้วนเป็นขดยึดติดอยู่กับผนังที่แข็งแรงดังรูปที่ 7.9 สายสูบทุกชนิดที่ติดตั้ง ไม่ควรจะมีความยาวมากจนเกินไป เพราะจะก่อให้เกิดความไม่คล่องตัวในการใช้งานและมักจะมีจุดที่พับงอมาก ซึ่งจะเป็นอุปสรรคต่อการดับเพลิง ความยาวของสายสูบที่นิยมใช้ในการออกแบบส่วนใหญ่มีความยาว 15 เมตร (50 ฟุต) 23 เมตร (75 ฟุต) และ 30 เมตร (100 ฟุต) สำหรับสายสูบที่ยาวกว่านี้มักจะต้องสั่งเป็นพิเศษ เช่นขนาดความยาว 45 เมตร เป็นต้น แต่ก็ไม่ควรจะใช้โดยไม่มีความจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 78 การติดตั้งสายสูบดับเพลิงสำหรับการใช้งาน Class III

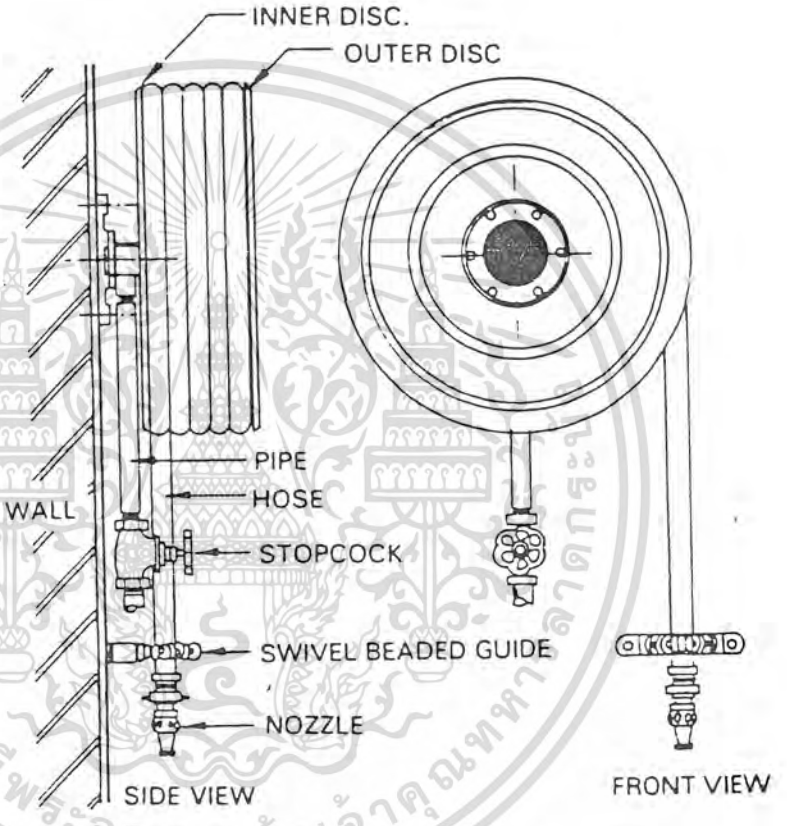
สายสูบดับเพลิงส่วนใหญ่จะติดตั้งไว้ในตู้ดับเพลิง ซึ่งจะมีอุปกรณ์อื่นๆ ที่จำเป็นอยู่ด้วย เช่น ขวาน เครื่องดับเพลิงเคมีแบบมือถือ (portable extinguisher) เป็นต้น ความสูงของสายสูบดับเพลิงไม่ควรเกิน 1.5 เมตร จากพื้นเพื่อความสะดวกในการใช้งาน ตู้ดับเพลิงจะต้องติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ไม่มีสิ่งกีดขวางต่างๆ และมีป้ายบอกให้แลเห็นได้ชัดเจน ตรงบริเวณทางออกจากอาคาร บันไดหนีไฟหรือทางออกฉุกเฉินต่างๆ เป็นบริเวณที่เหมาะกับการติดตั้งสายสูบอย่างยิ่ง ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้สายสูบสามารถหลบไฟออกมาได้อย่างปลอดภัยหลังจากการใช้สายสูบแล้ว

3.2 ระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอย (Sprinkier Systems)

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติแบบโปรยน้ำฝอยเป็นระบบที่มีประสิทธิผลในการป้องกันทรัพย์สินและชีวิตอันอาจจะเกิดขึ้นจากอัคคีภัยได้ดี ทั้งนี้เพราะระบบจะทำการดับเพลิงโดยอัตโนมัติโดยไม่ต้องมีคนอยู่เลย แหล่งน้ำที่ใช้ในการดับเพลิงผู้ออกแบบควรตรวจดูว่าถังน้ำที่สำรองไว้ข้างบนมีปริมาณและความดันเพียงพอที่จะจ่ายน้ำให้กับจุดสูงสุดของตัวสถานี เช่น บริเวณห้องโถงผู้โดยสาร เป็นต้น ระบบดับเพลิงชนิดนี้ยังจำแนกออกไปเป็นหลายแบบ แต่ระบบที่จะใช้มากที่สุดก็คือ ระบบท่อเปียก รายละเอียดของระบบมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สำคัญของระบบประกอบด้วยท่อน้ำที่เดินไปตามฝ้าเพดานของอาคาร ในลักษณะแบบตะแกรงตาข่าย โดยเว้นระยะของท่อเพื่อให้หัวฉีด (sprinker) กระจายน้ำออกมาเป็นฝอยจนสามารถคลุมพื้นที่ได้ทุกจุดของอาคารที่ต้องการป้องกัน การรักษาระดับความดันภายในท่อให้พอเหมาะนี้ เครื่องสูบน้ำสำหรับดับเพลิง และห้องอัดความดัน ในกรณีที่ความดันไม่เพียงพอที่จะจ่ายให้กับระบบ



รูปที่ 7.9 สายสูบชนิดสายยางแข็ง

ห้องอัดความดัน (pressure chamber) ซึ่งเป็น hydro-pneumatic tank ขนาดเล็ก ที่ห้องอัดความดันนี้มีสวิตซ์ความดันติดตั้งอยู่ ถ้าระดับความดันของน้ำภายในท่อต่ำกว่าที่ได้ตั้งเอาไว้ สวิตซ์ความดันจะควบคุมให้เครื่องสูบน้ำทำงานจนกระทั่งได้ระดับความดันตามที่ต้องการจึงจะหยุดทำงาน

โดยปกติหัวฉีดจะมีจุกอุดอยู่เพื่อมิให้ฉีดน้ำออกมาได้ จนกว่าจะได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนดเอาไว้ เมื่อถึงอุณหภูมิดังกล่าวนี้ จุกที่อุดหัวฉีดก็จะเปิดให้น้ำฉีดออกมาได้โดยอัตโนมัติ จุกที่อุดหัวฉีดนี้อาจจะถูกยึดเอาไว้ด้วย

1) ก้านโลหะที่หลอมละลายเมื่อถูกความร้อนพอเหมาะ (fusible metal alloy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). จุกหลอดแก้วบรรจุน้ำยาที่ขยายตัวดันหลอดแก้วให้แตกออกเมื่อถูกความร้อน (expandable organic liquid in frangible glass ampule)

เมื่อจุกเปิดออก น้ำก็จะถูกฉีดออกไปกระทบ deflector ที่ปลายหัวฉีด ซึ่งเป็นผลให้น้ำกระจายออกมาเป็นฝอย ครอบคลุมพื้นที่ในรัศมีที่ต้องการ เมื่อมีน้ำไหลผ่านท่อออกไป วาวล์สัญญาณเตือนภัยก็จะทำให้สวิตช์เตือนภัย (alarm valve) ส่งสัญญาณหรือเสียงดังเพื่อบอกให้รู้ว่าได้เกิดเพลิงไหม้ขึ้นแล้ว ที่ปลายของแต่ละท่อน้ำเหล่านี้ควรจะมีวาวล์ทดสอบ (test valve)ติดตั้งเอาไว้พร้อมกับมาตรวัดความดันน้ำภายในท่อ เพื่อใช้ในการทดสอบระบบควบคุมและการทำงานของอุปกรณ์อื่นๆ ของระบบ สำหรับการทดสอบหัวฉีดโดยตรงนั้นไม่สามารถจะกระทำได้ เพราะเมื่อหัวฉีดเปิดออกเนื่องจากความร้อนแล้วก็จะต้องเปลี่ยนหัวฉีดใหม่ทั้งชุดด้วย

3.2.1 ชนิดของระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอย

NFPA 13 ได้จำแนกระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอยออกเป็น 6 แบบ แต่แบบที่สำคัญมีอยู่เพียง 4 แบบดังต่อไปนี้

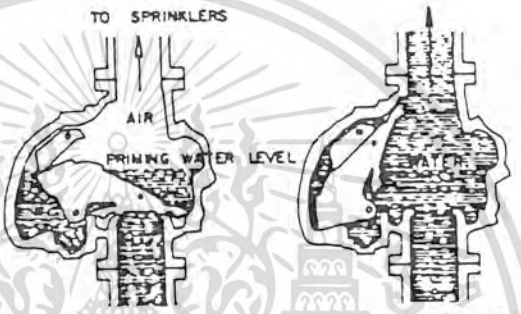
1) ระบบท่อเปียก (Wet Pipe Systems) ระบบดับเพลิงท่อเปียก เป็นระบบที่ใช้หัวฉีดน้ำอัตโนมัติซึ่งต่ออยู่กับท่อที่มีน้ำอยู่เต็มด้วยความดันที่ต้องการตลอดเวลา เมื่อเกิดเพลิงไหม้ความร้อนจะทำให้หัวฉีดแต่ละหัวเปิดออกเพื่อโปรยน้ำฝอยออกไปทันที ส่วนหัวใดจะทำงานบ้างก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในบริเวณนั้น ระบบท่อเปียกนี้เป็นระบบที่ง่ายที่สุดเมื่อเทียบกับระบบโปรยน้ำฝอยแบบอื่นๆ เนื่องจากระบบนี้มีน้ำอยู่ในท่อตลอดเวลาดังนั้นถ้าทำการติดตั้งในประเทศที่อากาศเย็น จะต้องมิให้ท่อส่วนหนึ่งส่วนใดอยู่นอกอาคาร หรือในตำแหน่งที่จะทำให้เกิดการแข็งตัวของน้ำได้ ระบบดับเพลิงชนิดนี้เหมาะสำหรับติดตั้งในพื้นที่ทั่วไปของอาคาร

2) ระบบท่อแห้ง (Dry Pipe Systems) ระบบดับเพลิงท่อแห้ง เป็นระบบที่ไม่มีน้ำอยู่ภายในท่อจนถึงหัวฉีดในภาวะปกติ แต่ท่อน้ำซึ่งมีหัวฉีดอัตโนมัติติดอยู่ จะถูกอัดเอาไว้ด้วยลมที่ความดันพอเหมาะ เมื่อความร้อนทำให้หัวฉีดเปิดออก ลมอัดจะระบายออกไปทางหัวฉีด ทำให้ความดันของลมอัดภายในท่อลดลง เมื่อความดันลมลดลง ความดันน้ำก็จะดันให้วาวล์ท่อแห้ง (Dry-pipe valve) เปิดออกและส่งน้ำไปยังหัวฉีดที่ทำงานระบบนี้เหมาะสำหรับติดตั้งในส่วนของอาคารในประเทศหนาวซึ่งน้ำภายในท่ออาจจะกลายเป็นน้ำแข็งได้สำหรับวาวล์ท่อแห้งนี้จะต้องติดตั้งอยู่ในบริเวณที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ ทั้งนี้เพราะท่อซึ่งต่อกับวาวล์ท่อแห้งด้านหนึ่งจะเป็นลมอัดและอีกด้านหนึ่งเป็นน้ำ เนื่องจากการควบคุมระบบยุ่งยากกว่าแบบท่อเปียกและยังโปรยน้ำออกจากหัวฉีดได้ช้ากว่าด้วย จึงไม่ควรจะนำมาใช้ นอกเสียจากว่ามีความจำเป็นดังเช่นที่กล่าวมาแล้ว รูปที่ 7.10 แสดงให้เห็นถึงลักษณะภายในของวาวล์ท่อแห้งดังกล่าว

3) ระบบแบบชลอการฉีดน้ำ (Preaction Systems) โดยปกติแล้ว ระบบแบบชลอการฉีดน้ำจะเป็นระบบท่อแห้ง ซึ่งภายในท่ออาจจะมีหรือไม่มีลมอัดอยู่ก็ได้ เมื่อเกิดเพลิงไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบนี้จะไม่ส่งน้ำมายังหัวฉีดทันที แต่จะปล่อยให้ระบบสัญญาณเตือนภัยทำงานก่อนเป็นระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะส่งน้ำมายังหัวฉีด หรือในบางครั้งจะจัดระบบให้ส่งน้ำมาเตรียมไว้ที่หัวฉีดพร้อมๆ กับสัญญาณเตือนภัยที่ดังขึ้นล่วงหน้า ข้อแตกต่างกับระบบท่อแห้งปกติก็คือ วาวล์น้ำเปิดโดยสัญญาณจาก automatic fire detection system มิใช่จากการเปิดของหัวฉีด การชลอระยะเวลาฉีดน้ำนี้ ก็เพื่อให้พนักงานทำการดับเพลิงโดยใช้สารเคมีหรือสิ่งอื่นๆ เสียก่อน ซึ่งถ้าสามารถดับเพลิงได้ก่อน ก็จะสามารถหยุดการทำงานของระบบได้ ทำให้ทรัพย์สินไม่เสียหายเนื่องจากถูกน้ำฉีดในปริมาณมาก



ก) ขณะปิด ข) ขณะเปิด

รูปที่ 7.10 ลักษณะทั่วไปของวาวล์ท่อแห้ง

4) Deluge Systems เป็นระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอยชนิดท่อแห้ง ซึ่งทำการโปรยน้ำพร้อมๆ กันทุกหัว ระบบนี้ทำงานโดยสัญญาณจากอุปกรณ์จับความร้อน (heat detector) หรืออุปกรณ์ตรวจควัน (smoke detector) ซึ่งจะมาเปิด deluge valve เพื่อให้น้ำไหลไปยังหัวฉีดแบบไม่มีจุกอุด และเหมาะกับการใช้กับพื้นที่ไม่กว้างนัก เพราะระบบจะโปรยน้ำคลุมพื้นที่ทั้งหมดพร้อมกัน เช่น โรงเก็บเครื่องบิน ห้องหม้อแปลงไฟฟ้า ห้องเครื่องจักรกล และบริเวณที่ต้องการจะแยก fire zone เป็นต้น

จากระบบทั้งหมดที่กล่าวมานี้ ในประเทศที่มีอากาศอบอุ่นมักจะใช้แต่ระบบท่อเปียกและ deluge system เท่านั้น ส่วนบริเวณที่เก็บของมีค่าอื่นๆ มักจะใช้แต่ระบบที่ใช้แก๊สแทน

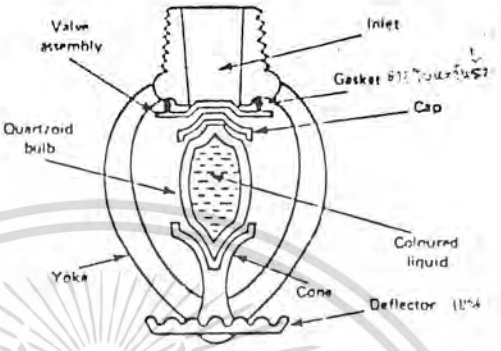
3.2.2 ชนิดของหัวฉีดน้ำ sprinkler

ชนิดของหัวฉีดน้ำ sprinkler แบ่งเป็น 3 แบบคือ

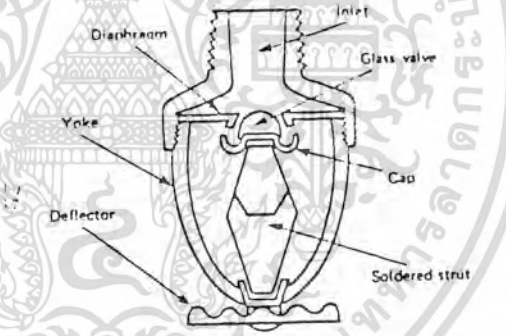
1) ชนิด Quartzoid bulb ประกอบด้วยกระเปาะที่ทำด้วยแก้วชนิดพิเศษจะบรรจุของเหลวที่มีสีอยู่ภายในกระเปาะ เมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงถึงค่าหนึ่งของเหลวก็จะขยายตัวดันให้กระเปาะนั้นแตกออก ทำให้วาลว์น้ำเปิดออก เพื่อดับไฟได้ สำหรับอุณหภูมิที่จะทำให้กระเปาะแตกได้นั้นขึ้นอยู่กับ สีของของเหลวในกระเปาะ คือ ของเหลวสีส้ม สำหรับที่อุณหภูมิ 57 °C, สี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แดงที่ 68 °C, สีเหลืองที่ 79 °C, สีเขียวที่ 93 °C, สีฟ้าที่ 141 °C, สีม่วงที่ 182 °C, และสีดำที่ 227 ถึง 288 °C ลักษณะเป็นดังรูปที่ 7.11



รูปที่ 7.11 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำSPRINKLER ชนิด QUARTZOID BULB



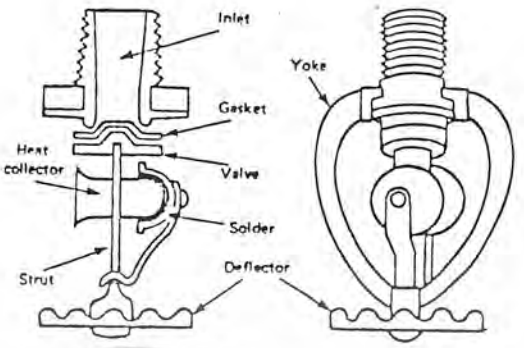
รูปที่ 7.12 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำSPRINKLER ชนิด FUSIBLE SOLDERED STRUT

2) ชนิดFusible soldered strut จะมีชิ้นโลหะ (metal strut) ค้ำส่วนของวาลว์น้ำอยู่ ความร้อนจากไฟจะละลายรอยเชื่อม (solder) ของตัวชิ้นโลหะค้ำนั้น ทำให้ตกลงมาซึ่งเป็นการเปิดวาลว์น้ำให้ทำงาน ปล่อยให้น้ำไหลลงมาเพื่อทำการดับไฟ ลักษณะเป็นดังรูปที่ 7.12

3) ชนิด Duraspeed soldered จะใช้ตัวเก็บความร้อน (heat collector) เก็บความร้อนจากไฟที่เกิดขึ้นความร้อนจากตัวเก็บจะไปละลาย solder ซึ่งมีตัว cap ติดอยู่ ตัว cap ก็จะตกลงและดึงเอาตัว strut ตามลงมา ทำให้น้ำจากวาลว์ไหลลงมาสู่หัวฉีดน้ำได้ ลักษณะเป็นดังรูปที่ 7.13

3.2.3 คุณลักษณะของหัวฉีด คุณลักษณะแรกของหัวฉีดที่ผู้ออกแบบจะต้องระบุก็คือ อุณหภูมิที่หัวฉีดจะเปิดออก โดยปกติผู้ผลิตแสดงอุณหภูมินี้ไว้ที่ตัวหรือก้านของหัวฉีด พร้อมกับใช้สีแสดงถึงช่วงอุณหภูมิไว้ที่ก้านด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.13 แสดงชนิดของหัวฉีดน้ำSPRINKLER DURASPEED ชนิด SOLDERED

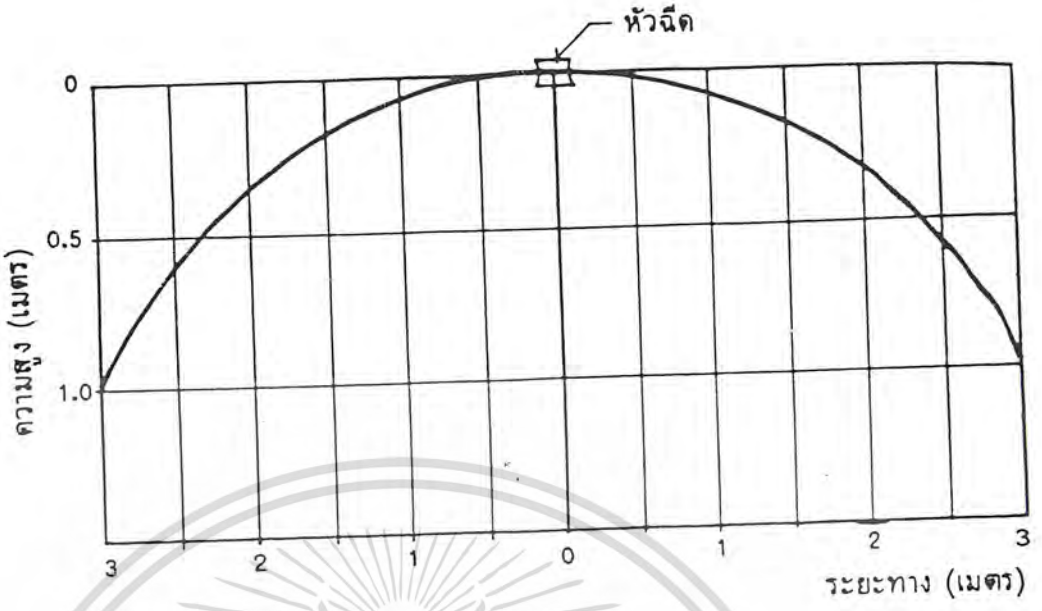
การเลือกอุณหภูมิที่หัวฉีดทำงานนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดของฝ้าเพดานที่หัวฉีดติดตั้งอยู่ถ้าเลือกอุณหภูมิของหัวฉีดใกล้กับอุณหภูมิของเพดานมากเกินไป อาจจะเกิดอุบัติเหตุทำให้หัวฉีดเปิดออกในขณะที่ไม่มีเพลิงไหม้ได้ NFPA 13 แนะนำให้เลือกอุณหภูมิของหัวฉีดไว้ดังนี้

อุณหภูมิสูงสุดเพดาน °C	อุณหภูมิหัวฉีด °C	สี
38 (100 °F)	57-77	ไม่มีสี
66 (150 °F)	79-107	ขาว
107 (225 °F)	121-149	น้ำเงิน
149 (300 °F)	163-190	แดง
190 (375 °F)	204-246	เขียว
246 (475 °F)	260-302	ส้ม

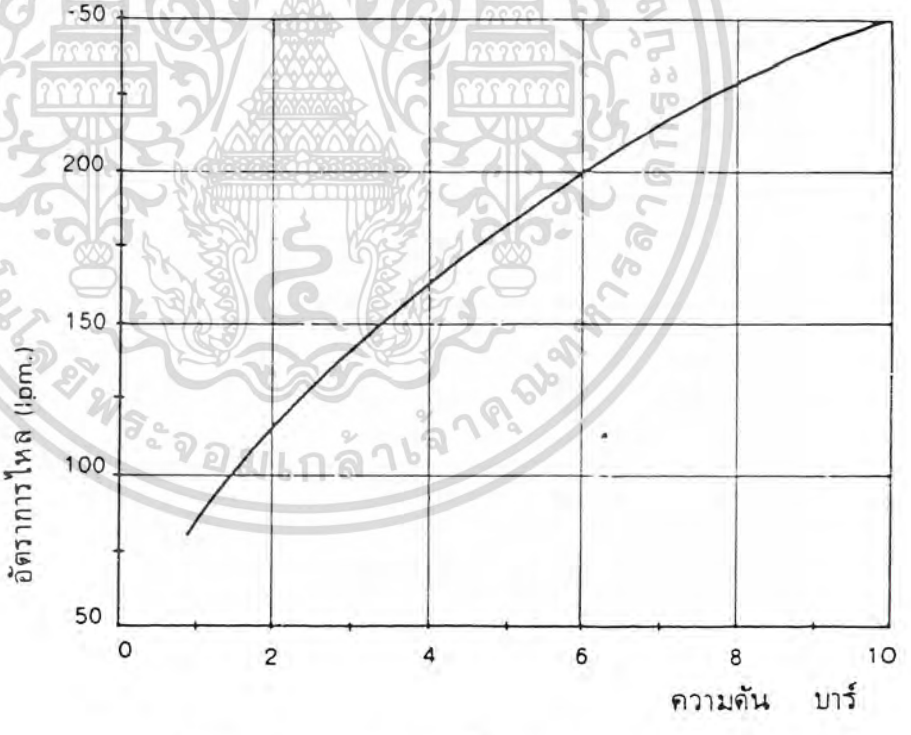
คุณลักษณะของหัวฉีดที่ผู้ออกแบบจะต้องรู้อีกก็คือ รัศมีการกระจายน้ำ อัตราการไหล และความดันที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วหัวฉีดมาตรฐานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.5 มม. (1/2 นิ้ว) จะฉีดน้ำในอัตราประมาณ 80 lps เมื่อมีความดันของน้ำที่หัวฉีดเท่ากับ 1 บาร์ รูปที่ 7.14 แสดงถึงลักษณะการกระจายน้ำของหัวฉีดดังกล่าวนี้ของผู้ผลิตแห่งหนึ่ง ส่วนรูปที่ 7.15 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอัตราการไหลของหัวฉีดเดียวกันนี้ ในแคตตาล็อคของผู้ผลิตมักจะบอกอัตราการไหลด้วยตัวประกอบ K (K factor) ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังนี้ คือ

$$Q = K\sqrt{P} \qquad (7.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.14 รัศมีการกระจายของน้ำ (หัวฉีด 12.5 มม.)



รูปที่ 7.15 อัตราการไหลของหัวฉีดขนาด 12.5 มม.

โดยที่ Q = อัตราการไหล lpm (gpm)

P = ความดันน้ำที่หัวฉีด บาร์ (psi)

หัวฉีดขนาด 12.5 มม. นี้เป็นขนาดมาตรฐานที่ใช้กันมากที่สุด ในกรณีที่ต้องการอัตรา
การไหลน้ำมากหรือน้อยกว่านี้ ก็ให้ใช้หัวฉีดขนาดอื่นๆ ตารางที่ 7.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 ค่า K สำหรับหัวฉีดขนาดต่างๆ

ขนาดรูหัวฉีด มม. (นิ้ว)	K	อัตราการฉีดคิดเป็น % ของหัวฉีดขนาด 12.5 มม.
6.4 (1/4)	18.6-21.4 (1.3-1.5)	25
7.8 (5/16)	25.7-28.6 (1.8-2.0)	33.3
9.4 (3/8)	37.1-41.4 (2.6-2.9)	50
11.0 (7/16)	57.1-62.8 (4.0-4.4)	75
12.5 (1/2)	75.7-82.8 (5.3-5.8)	100
13.3 (17/32)	105.6-117.1 (7.4-8.2)	140

3.2.4 น้ำสำหรับระบบดับเพลิงแบบSPRINKLER

ระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอยมีความต้องการน้ำเท่าใด เป็นปัญหาที่ไม่มีผู้ใดสามารถที่จะให้คำตอบที่แน่นอนได้ เว้นเสียแต่ว่าเป็นระบบชนิดที่ออกแบบให้หัวฉีดทุกหัวทำงานพร้อมกัน (deluge system) ถ้าแหล่งน้ำมีจำนวนไม่จำกัดก็จะไม่มีปัญหาในการออกแบบระบบ แต่ในทางปฏิบัติมักจะเป็นไปได้ยาก ความต้องการน้ำที่แท้จริงของระบบขึ้นอยู่กับจำนวนหัวฉีดที่คาดว่าจะทำงานในการดับเพลิงและขนาดของหัวฉีดที่ใช่ จากการสำรวจและเก็บสถิติของ NFPA ได้พบว่าส่วนใหญ่แล้วในพื้นที่หนึ่งหัวฉีดที่ต้องทำงานในแต่ละครั้งจะไม่เกิน 20 หัว ถ้าคิดให้เป็นหัวฉีดซึ่งมีอัตราการฉีด 80 lpm แล้วอัตราการไหลของน้ำจะเท่ากับ 1600 lpm อัตราความต้องการน้ำนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้สอยของอาคารและลักษณะของตัวอาคารเองซึ่ง NFPA ได้แบ่งเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1) Light Hazard Occupancies (อาคารปกติ) ตัวอย่างของอาคารที่ถือได้ว่าเป็นชนิดนี้ ได้แก่ อาคารอะพาตเม้นท์ หอพัก อาคารสำนักงาน โรงพยาบาล โรงแรม พิพิธภัณฑ์ โรงเรียน ห้องสมุดที่ไม่มีกองหนังสือทับถมกันสูง เป็นต้น

2) Ordinary Hazard Occupancies (อาคารชนิดการเสี่ยงภัยสูง) อาคารประเภทนี้ได้แก่อาคารซึ่งมีสิ่งของที่อาจจะติดไฟได้ง่าย มีการใช้งานที่อาจจะเกิดอัคคีภัยได้ง่าย หรือมีเพดานสูงที่อาจจะทำให้การทำงานของหัวฉีดไม่รวดเร็วเท่ากับอาคารที่มีเพดานสูงตามปกติ ตัวอย่าง เช่น โรงงานทำขนมปัง โรงซักรีด ภัตตาคาร โรงงานสิ่งทอ โรงงานกระดาษ โรงผลิตน้ำอัดลม โรงหล่อ โรงงานยาสูบ โกดัง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Extra Hazard Occupancies (อาคารชนิดเสี่ยงภัยสูงมาก) จัดอยู่ในอาคารประเภทที่อาจจะเกิดอันตรายจากเพลิงไหม้ได้ง่ายและมีอัตราการเผาไหม้สูง ตัวอย่าง เช่น โรงงานผลิตวัตถุระเบิด โรงเก็บและซ่อมบำรุงเครื่องบิน โรงกลั่นน้ำมัน โรงงานสกัดน้ำมันพืช เป็นต้น

เป็นการยากที่จะวางกฎเกณฑ์เพื่อแยกอาคารออกเป็นลักษณะการเสี่ยงภัยจากเพลิงไหม้ดังกล่าวมาแล้ว เช่น โรงแรมจัดอยู่ในประเภท Light Hazard Occupancies แต่เนื่องจากในโรงแรมมักจะมีโรงซักรีด และโรงครัวรวมอยู่ด้วย ผู้ออกแบบจึงควรจะถือว่าส่วนนี้ของโรงแรมเป็น Ordinary Hazard Occupancies เป็นต้อน ดังนั้นการวางแผนและออกแบบเกี่ยวกับระบบดับเพลิงที่เหมาะสมจึงขึ้นอยู่กับความชำนาญและข้อพิจารณาที่เหมาะสมของวิศวกรเครื่องกลหรือวิศวกรระบบดับเพลิงเป็นสำคัญ NFPA 13 ได้แนะนำเอาไว้ว่าหัวฉีดซึ่งอยู่สูงสุดจะต้องมีความดันอย่างต่ำ 1 บาร์ และอัตราการไหลของน้ำที่ท่อยืนจะต้องมีปริมาณอย่างต่ำดังต่อไปนี้

Light Hazard Occupancies	32-48 lps (500-750 gpm)
Ordinary Hazard Occupancies	32-96 lps (500-1500 gpm)
Extra Hazard Occupancies	ให้ขึ้นอยู่กับผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ

สำหรับอาคารประเภท Light Hazard Occupancies ซึ่งมีพื้นที่ไม่มากนัก หรือ ตัวอาคารสร้างด้วยวัสดุที่ไม่ติดไฟ ก็อาจจะลดอัตราการไหลของน้ำที่ท่อยืนลงเป็นอย่างต่ำ 16 lps (250 gpm) ได้ สำหรับการจัดระยะระหว่างหัวฉีดของอาคารทุกประเภทนั้นจะต้องให้ได้ความหนาแน่นของน้ำที่โปรยออกมาอยู่ระหว่าง 4 lpm/m^2 (0.1 gpm/ft^2) ถึง 20 lpm/m^2 (0.5 gpm/ft^2) จึงจะทำให้เกิดผลในการดับเพลิงได้ดี

3.2.5 ขนาดของท่อน้ำสำหรับระบบโปรยน้ำฝอย

ขนาดของท่อน้ำสำหรับจ่ายให้กับหัวฉีดอาจจะคำนวณได้จากวิธีการที่เรียกว่า hydraulic calculation หรือหาได้จากประสบการณ์ ประกอบกับการทดลองซึ่งใช้งานได้ผลดีมาแล้วในอดีต สำหรับ hydraulic calculation นั้นเหมาะสำหรับใช้กับระบบขนาดใหญ่ที่ต้องการอัตราน้ำมาก เพราะจะให้การกระจายน้ำที่สม่ำเสมอดีและยังสามารถออกแบบขนาดท่อได้อย่างประหยัดอีกด้วย นอกจากนี้ยังสามารถที่จะใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการหาขนาดท่อซึ่งเหมาะสมที่สุด (optimum size) ได้ แต่ว่าการคำนวณย่อมจะสิ้นเปลืองเวลาเพิ่มขึ้นด้วย วิธีการที่ง่ายแก่การปฏิบัติก็คือการใช้ประสบการณ์การศึกษาระบบที่ใช้งานอยู่และผลการทดลองประกอบ แล้วจัดทำเป็นตารางขนาดท่อ (pipe schedule) เอาไว้ NFPA ได้แนะนำขนาดท่อเหล็กสำหรับจำนวนหัวฉีดต่างๆ กันเอาไว้ดังตารางที่ 7.2

สำหรับ light Hazard และ Ordinary Hazard เมื่อท่อมีขนาด 100 มม. และ 200 มม. ตามลำดับ จะจำกัดการจ่ายน้ำด้วยพื้นที่ซึ่งติดตั้งหัวฉีดในหนึ่งชั้นหรือหนึ่งส่วนที่จ่ายโดยท่อเมนเดียวกันไม่ว่าหัวฉีดนี้จะมีจำนวนเท่าใด จำนวนพื้นที่ดังกล่าวนี้ทาง NFPA 13 กำหนดให้ไม่

เอกสารนี้เป็นไม่ว่ากรณี ไม่ว่ากรณี

เกิน 4800 ตารางเมตร ส่วน Extra Hazard จะไม่เกิน 2300 ตารางเมตร สำหรับระบบ deluge system เป็นระบบที่มีอัตราความต้องการน้ำสูง จึงให้ใช้ขนาดท่อของ extra Hazard ในตารางนี้

ตารางที่ 7.2 ขนาดท่อเหล็กสำหรับหัวฉีด : NFPA 13

ขนาดท่อ มม. (นิ้ว)	จำนวนหัวฉีดที่อนุญาต		
	Light Hazard	Ordinary Hazard	Extra Hazard
25 (1)	2	2	1
30 ($1\frac{1}{4}$)	3	3	2
40 ($1\frac{1}{2}$)	5	5	5
50 (2)	10	10	8
65 ($2\frac{1}{2}$)	30	20	15
80 (3)	60	40	27
90 ($3\frac{1}{2}$)	100	65	40
100 (4)	จำกัดโดยพื้นที่	100	55
125 (5)	-	160	90
150 (6)	-	275	150
200 (8)	-	จำกัดโดยพื้นที่	จำกัดโดยพื้นที่

3.2.6 การจัดระบบท่อและระยะของหัวฉีด

ผู้ออกแบบควรจัดระบบท่อให้จ่ายอยู่กลางกลุ่มของหัวฉีด ทั้งนี้เพื่อลด friction loss ภายในท่อให้อยู่ในระดับที่พอเหมาะทางด้านปฏิบัติ รูปที่ 7.16 แสดงถึงวิธีการเดินท่อสำหรับหัวจ่ายที่เหมาะสม 4 แบบ คือ

1) แบบ ก. เรียกว่า central feed

2) แบบ ข. เรียกว่า side central feed

3) แบบ ค. เรียกว่า central end feed

4) แบบ ง. เรียกว่า side end feed

ถึงแม้ว่าในรูปที่ 7.16 นี้พื้นที่ทั้ง 4 ส่วนจะเป็นอาคารเดียวกัน ซึ่งอาจจะใช้ท่อแนวเพียงท่อเดียวในการทำการจ่ายน้ำได้ แต่ก็ไม่เป็นที่นิยมกระทำกันทางด้านปฏิบัติ ยกเว้นเสียแต่ว่าแต่ละส่วนมีพื้นที่และจำนวนหัวฉีดน้อยเท่านั้น ในลักษณะพื้นที่กว้าง เช่นนี้ ควรจะจัดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

ดิ่งแมนสำหรับจ่ายแต่ละพื้นที่โดยเฉพาะทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการซ่อมบำรุงทีละส่วน ตลอดจนแบ่งเขตการป้องกันเพลิงให้พอเหมาะ สำหรับตำแหน่งของหัวฉีดจะต้องจัดให้พอเหมาะโดยคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1) จำนวนพื้นที่ป้องกันเพลิงสูงสุดของแต่ละหัวฉีด

2) จัดหัวฉีดไม่ให้มีสิ่งกีดขวางทิศทางของการโปรยน้ำ เช่น คาน โคมไฟ ท่อลม ปรับอากาศ เป็นต้น

3) ระยะห่างของหัวฉีดจากระดับเพดาน

สำหรับระยะห่างระหว่างแต่ละแถวของหัวฉีด ระยะห่างระหว่างหัวฉีดในแถวเดียวกัน และพื้นที่ที่แต่ละหัวฉีดควรจะครอบคลุม อาจจะจัดแบ่งได้ตามลักษณะการเสี่ยง ซึ่งใช้ได้ดีทางด้านปฏิบัติมาแล้วโดยมีข้อแนะนำดังแสดงอยู่ในตารางที่ 7.3

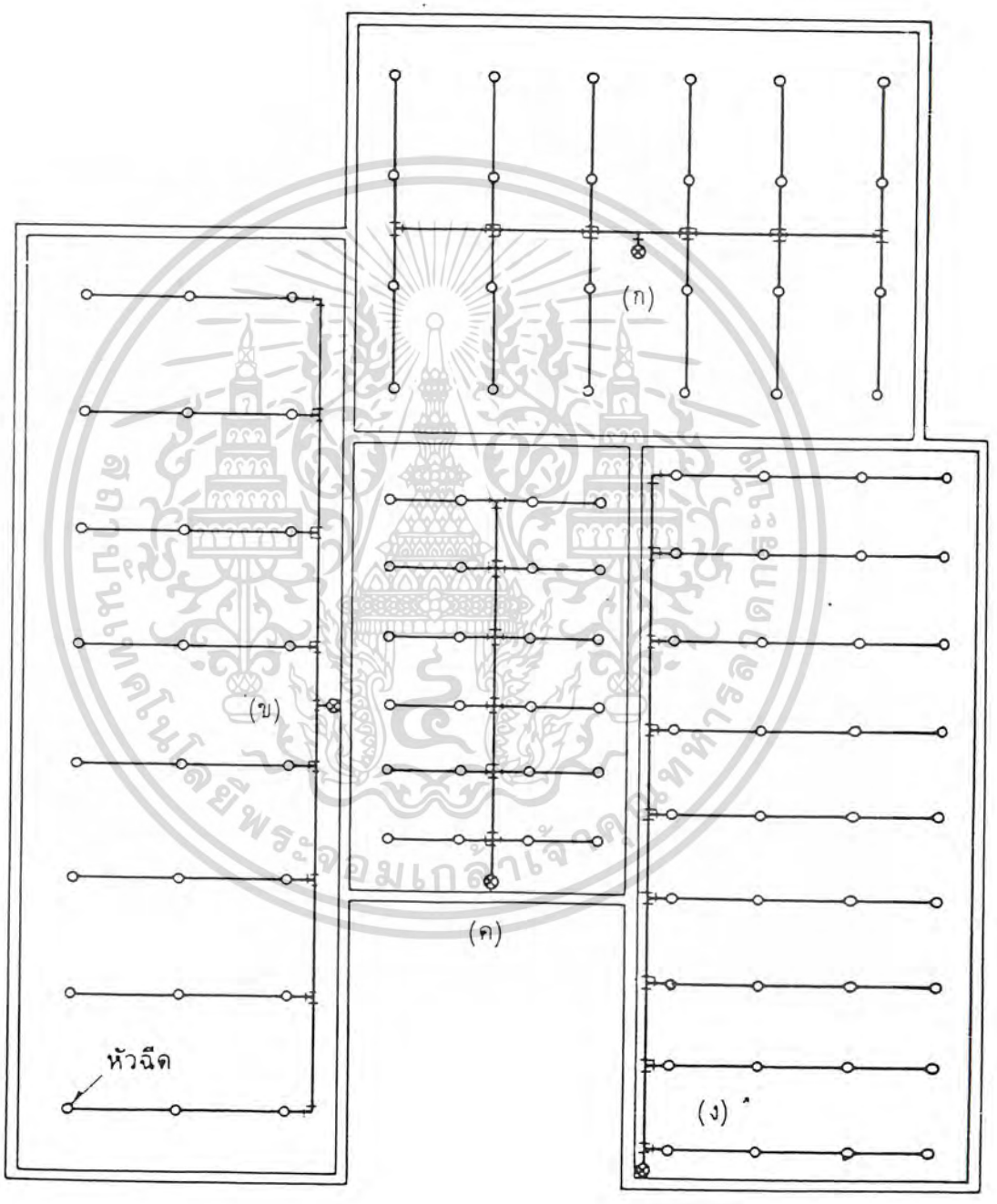
ตารางที่ 7.3 การกำหนดระยะหัวฉีด

ลักษณะการเสี่ยง	Light Hazard	Ordinary Hazard	Extra Hazard
ระยะห่างระหว่างแถวสูงสุด	4.5 m	4.5 m	3.6 m
ระยะห่างสูงสุดของหัวฉีดในแถว	4.5 m	4.5 m	3.6 m
พื้นที่สูงสุดต่อหัวฉีด	18.6 m^2	12.0 m^2	8.4 m^2

3.3 ระบบดับเพลิงชนิดพ่นน้ำเป็นฝอย (Water Spray System)

ระบบดับเพลิงอัตโนมัติชนิดพ่นน้ำฝอยมีลักษณะคล้ายคลึงกับระบบโปรยน้ำฝอยแบบ deluge ที่กล่าวมาแล้ว ข้อแตกต่างกันก็คือคุณลักษณะของหัวฉีด ระบบโปรยน้ำฝอยใช้ในการป้องกันเพลิงสำหรับพื้นที่ทั่วๆไป ส่วนระบบฉีดน้ำฝอยจะได้รับการออกแบบสำหรับพื้นที่ซึ่งจำเพาะเจาะจงเป็นพิเศษ เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า ถังเก็บน้ำมัน ถังเก็บน้ำยาเคมีที่ติดไฟได้ง่าย เป็นต้น หัวฉีดแบบโปรยน้ำฝอยจะฉีดน้ำออกมากระทบ Deflector เพื่อให้น้ำกระจายตกลงมาในแนวดิ่งในลักษณะเดียวกับร่มที่กางออก แต่หัวฉีดแบบพ่นน้ำฝอยสามารถที่จะพ่นน้ำออกมาในทิศทางใดก็ได้ การฉีดจะฉีดออกมาโดยตรง แต่น้ำจะกระจายออกไปเป็นเม็ดเล็กๆ หัวฉีดชนิดนี้มีหลายแบบ และกระจายน้ำออกไปเป็นมุมต่างๆกัน หัวฉีดบางชนิดแสดงอยู่ในรูปที่ 7.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.16 การจัดท่อสี่แบบของระบบโปรยน้ำฝอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) แบบพ่นกระทบ DEFLECTOR ข) แบบพ่นกระทบแผ่นเกลียว ค) แบบพ่นผ่านรูสี่เหลี่ยม

รูปที่ 7.17 หัวฉีดแบบพ่นน้ำฝอย

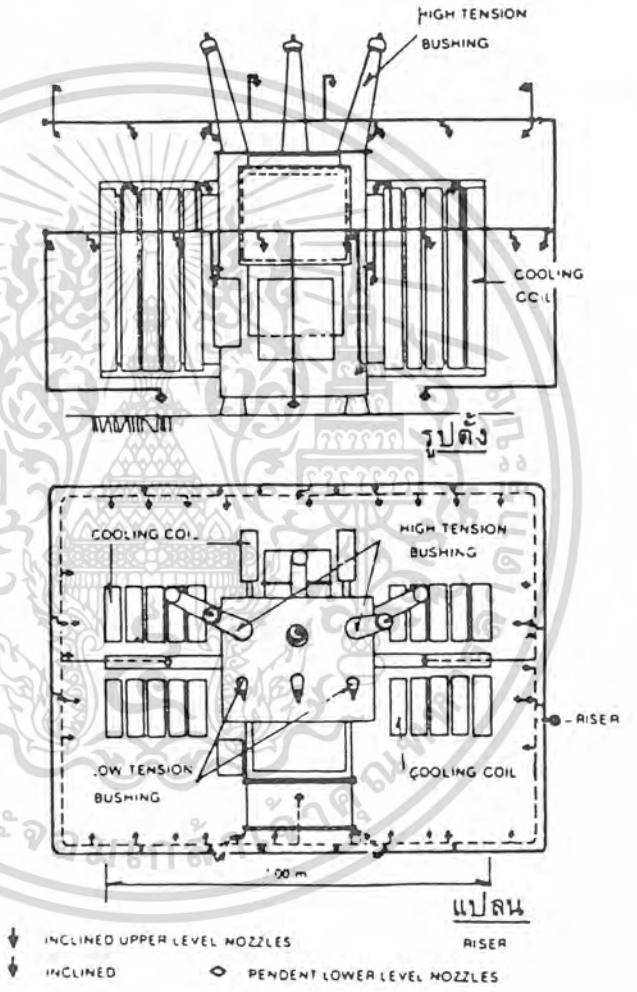
ในระบบแบบพ่นน้ำฝอย หัวฉีดทุกหัวจะทำงานพร้อมกัน เช่น ในการป้องกันถังเก็บน้ำมันหัวฉีดเหล่านี้จะติดตั้งอยู่รอบๆ ถังน้ำมัน โดยมีระยะห่างที่พอเหมาะ ในกรณีที่เกิดเพลิงไหม้ที่บริเวณใกล้เคียงจนอุณหภูมิรอบๆ ถังสูงขึ้นจนอาจจะเป็นอันตรายได้ อุปกรณ์ตรวจความร้อนจะเปิดวาวล์น้ำและหัวฉีดทุกหัวจะทำการพ่นน้ำตรงไปยังพื้นผิวของถัง เพื่อทำการหล่อผิวของถังให้เย็นลง เป็นต้น ตำแหน่งของท่อและหัวฉีดเมื่อเทียบกับผิวที่จะหล่อเย็นจะต้องจัดตามลักษณะและขนาดของผิวนั้น ซึ่งไม่มีกฎเกณฑ์ที่จะกำหนดให้แน่นนอนลงไปได้ โดยปกติแล้วระบบนี้จะต้องการอัตราการไหลของน้ำสูงกว่าระบบโปรยน้ำฝอยมาก ส่วนความดันน้ำที่ต้องการมักจะอยู่ระหว่าง 3 บาร์ ถึง 10 บาร์ ซึ่งขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของระบบ หลังจากที่สามารถกำหนดตำแหน่งของหัวฉีด และอัตราความต้องการน้ำได้แล้ว ก็จะสามารถคำนวณหาขนาดท่อและอุปกรณ์ที่ให้ความดันแก่น้ำได้ รูปที่ 7.18 แสดงถึงระบบพ่นน้ำฝอยที่ใช้สำหรับป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดใหญ่ซึ่งเป็นแบบกันน้ำได้

3.4 ระบบดับเพลิงฮาล่อน 1301

แก๊สฮาล่อนเป็นน้ำยาดับเพลิงชนิด "สะอาด" โดยปกติจะเก็บไว้ในถังอัดความดันซึ่งจะอยู่ในสภาพของเหลว เมื่อทำการฉีดออกมาก็จะแปรสภาพเป็นแก๊ส และกระจายแทรกเข้าไปในอนูของอากาศอย่างรวดเร็ว หลังจากไฟดับแล้วจะไม่ทิ้งร่องรอยใดๆ หรือทำความเสียหายให้กับบริเวณนั้นๆ เลย ซึ่งแตกต่างจากการใช้น้ำ หรือโฟม แก๊สฮาล่อน 1301 ได้รับการเลือกใช้เพราะเป็นแก๊สที่มีอันตรายต่อมนุษย์น้อยที่สุด และสามารถดับเพลิงได้โดยใช้ปริมาณ 5 ถึง 10 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาตรอากาศภายในห้องเท่านั้น ในภาวะปกติฮาล่อน 1301 เป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และหนักกว่าอากาศประมาณ 5 เท่า ผู้ที่อยู่ในบรรยากาศซึ่งมีแก๊สนี้ผสมอยู่ไม่เกิน 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

% ในระยะเวลาอันสั้นจะไม่มีอาการอะไร ถ้าอยู่เป็นระยะเวลานานอาจจะมีอาการมึนงงได้ แต่เมื่อออกมาสู่อากาศบริสุทธิ์แล้วอาการเหล่านี้ก็จะหายไปในเวลาอันสั้น กลไกที่ทำให้แก๊สนี้ใช้ดับเพลิงได้ยังไม่เป็นที่เข้าใจกันอย่างถ่องแท้ แต่ได้มีทฤษฎีที่ใช้อธิบายว่า แก๊สนี้เมื่อได้รับความร้อนพอเหมาะจะแตกตัวออกเป็นไอออน(ion) และเกิดปฏิกิริยายาลูกโซ่กับออกซิเจนในอากาศ แก๊สฮาล่อน 1301 ใช้กับเชื้อเพลิงได้เกือบทุกชนิดได้แก่



รูปที่ 7.18 การจัดระบบพ่นน้ำฝอยเพื่อป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้า
เส้นเต็ม แสดงถึงท่อด้านบน เส้นประ แสดงถึงท่อด้านล่าง

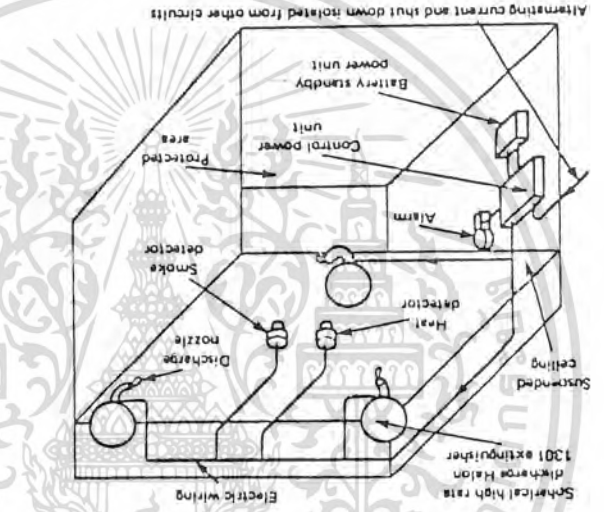
1) Class A ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้สารที่มีคาร์บอนทั่วไป เช่น ไม้ กระดาษ ขยะ เป็นต้น

2) Class B ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของของเหลวที่ติดไฟได้ เช่น น้ำมัน สี ทินเนอร์ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) Class E ซึ่งเกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ไฟลัดวงจร หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ เป็นต้น

สำหรับเพลิง Class D ซึ่งเกิดจากโลหะที่ไหม้ไฟได้ เช่น แมกนีเซียม ติตาเนียม เซอร์โคเนียม โปตัสเซียม ยูเรเนียม หรือวัสดุที่มี oxidizing agent อยู่ในตัวเอง เช่น ดินปืน เชื้อเพลิงแข็งสำหรับจรวด



รูปที่ 7.19 แสดงตัวอย่างการติดตั้งระบบดับเพลิง Holon 1301

ตารางที่ 7.4 แสดงถึงความเข้มอย่างน้อยที่สุดของแก๊สฮาล่อน 1301 ซึ่งควรที่จะใช้ในการออกแบบสำหรับการดับเพลิงที่เกิดจากของเหลวและแก๊สบางชนิด ความเข้มข้นนี้คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตรของอากาศภายในห้องนั้นที่ความดันหนึ่งบรรยากาศ อุณหภูมิ 21 °C (70 °F) ปริมาณของแก๊สฮาล่อนในตารางประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ปริมาณที่ใช้ในการดับเพลิง และปริมาณที่ทำให้เชื้อเพลิงเฉื่อย (inerting)

ปริมาณที่ใช้ในการดับเพลิง หมายถึง ปริมาณของแก๊สฮาล่อนซึ่งจะสามารถดับเพลิงที่กำลังลุกไหม้อยู่ได้ ส่วนปริมาณที่ทำให้เชื้อเพลิงเฉื่อย หมายถึงปริมาณของแก๊สฮาล่อน ซึ่งจะทำให้เชื้อเพลิงที่อาจจะอยู่ในบริเวณนั้นไม่ติดไฟขึ้นมาอีก หรือเกิดการระเบิดขึ้นได้ ตัวเลขในตารางนี้ได้มีการเผื่อเอาไว้ 10 % แล้ว

สำหรับการดับเพลิงซึ่งเกิดจากเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งนั้น จะใช้ปริมาณของแก๊สฮาล่อนค่อนข้างต่ำ โดยปกติแล้วใช้เพียง 5% ก็เป็นการเพียงพอ สำหรับเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็งที่มีการเผาไหม้ที่ผิว เช่น กระดาษ เป็นต้น ไฟจะดับในเวลาอันรวดเร็ว ส่วนเชื้อเพลิงบางอย่าง เช่น ท่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม้เมื่อได้ติดไฟไประยะเวลาหนึ่งแล้วจะเกิดการร้อนแดงอยู่ภายใน เปลวไฟภายนอกจะดับไปอย่างรวดเร็ว แต่ส่วนที่ร้อนแดงอยู่ภายในนั้นจะดับไปได้ในระยะเวลาประมาณ 10 นาที ถ้าหากว่าความเข้มข้นของแก๊สฮาล่อน รอบๆ ท่อนไม้ยังคงมีอยู่เพียงพอ ระยะเวลานี้เรียกว่า soaking time

ตารางที่ 7.4 ปริมาณฮาล่อน 1301 ที่ใช้ออกแบบ คิดเป็น % : NFPA 12A

ของเหลวหรือแก๊ส	% ใช้ดับเพลิง	% ใช้ทำให้เชื้อเพลิงเฉื่อย
Acetone	-	5.3
Benzene	-	4.3
Isobutane	3.3	8.0
N-Butane	2.9	-
Carbon disulfide	12.0	12.0
Carbon monoxide	1.0	-
Diethyl ether	-	6.3
Ethane	3.3	-
Ethyl alcohol	4.0	4.0
Ethylene	7.2	11.0
N-Heptane	3.7	8.0
Hydrogen	20.0	20.0
JP-4	-	6.6
Kerosene	2.8	-
Methane	2.0	2.0
Isopentane	-	6.3
Petroleum naptha	6.6	-
Propane	3.2	6.5
Ethyl acetate	-	4.6

3.4.1 การกำหนดขนาดท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดนปกติฮาล่อน 1301 จะถูกเก็บอยู่ในถังในรูปของเหลว ความดันไอของฮาล่อนนี้เท่ากับ 14 บาร์ ณ อุณหภูมิ 21° C ถึงแม้ว่าความดันนี้จะเพียงพอที่จะดันของเหลงออกมา แต่ความดันลดอันเนื่องมาจากความสูงและความเสียดทานของท่อส่ง อาจจะทำให้ฮาล่อนกลายเป็นแก๊ส เพื่อที่จะให้ฮาล่อน 1301 ภายในท่อส่งอยู่ในรูปของของเหลว จึงจำเป็นต้องอัดความดันภายในถังให้สูงกว่าความดันไอโดยใช้แก๊สไนโตรเจน ความดันนี้เราเรียกว่า Super-pressuring โดยทั่วไปผู้ผลิตจะอัดให้ถังมีความดัน 42 บาร์ (600 psig) หรือ 25 บาร์ (360 psig) เพราะฉะนั้นการคำนวณการไหลของฮาล่อนเหลวภายในท่อจึงถือเอาความดัน ณ ถังเก็บเป็นค่าใดค่าหนึ่งดังกล่าวมาแล้ว

ถึงแม้ว่าฮาล่อนภายในระบบท่อจะอยู่ในสภาพของเหลว ซึ่งช่วยให้การคำนวณเกี่ยวกับความดันลดง่ายขึ้นแล้วก็ตาม แต่เนื่องจากไนโตรเจนที่ละลายผสมอยู่กับฮาล่อนเหลวบางส่วนจะแยกตัวออกจึงทำให้เกิด two-phase flow ขึ้น ด้วยเหตุนี้การหาขนาดท่อและหัวฉีดจึงต้องอาศัยข้อมูลจากการทดลองเป็นหลัก ความดันลดภายในท่อประกอบด้วยความดันลดเนื่องจากความเสียดทาน ซึ่งหาได้จากรูปที่ 7.20 ส่วนความดันลดเนื่องจากความสูงของท่อให้คิดประมาณ 0.16 บาร์ ต่อความสูงหนึ่งเมตร (0.7 psig ต่อความสูงหนึ่งฟุต) สำหรับอัตราการฉีดของหัวฉีดให้คำนวณหรือเลือกตามข้อมูลของผู้ผลิตเท่านั้น

3.4.2 การหาอัตราการฉีดแก๊สฮาล่อน 1301

ในกรณีที่ห้องซึ่งใช้ระบบดับเพลิงฮาล่อน 1301 และคิดให้หยุดการระบายอากาศในห้องนี้ขณะเกิดเพลิงไหม้ ผู้ออกแบบสามารถที่จะหาปริมาณแก๊สฮาล่อนที่ต้องการให้มีความเข้มข้นตามต้องการได้โดยอาศัย flooding factor ในรูปที่ 7.21 ส่วนอัตราการฉีดก็จะประมาณได้โดยการกำหนดระยะเวลาฉีดแก๊สจนหมดตามต้องการได้ สำหรับห้องซึ่งมีการระบายอากาศอย่างสม่ำเสมอส่วนหนึ่งของแก๊สจะถูกพาออกไปกับอากาศ ดังนั้นเพื่อที่จะให้ได้ความเข้มข้นของแก๊สฮาล่อนตามต้องการจะต้องใช้แก๊สฮาล่อนมากกว่าในกรณีที่หยุดการระบายอากาศ หรือไม่มีการระบายอากาศ อัตราการฉีดแก๊สฮาล่อนเพื่อที่จะให้มีความเข้มข้นตามที่ต้องการภายในระยะเวลาที่กำหนดจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$R = \frac{0.0627\ CE}{1 - e^{(-EW)}} \qquad (7.2)$$

เมื่อ R = อัตราการฉีดฮาล่อน 1301 kg/min

C = เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของฮาล่อน 1301

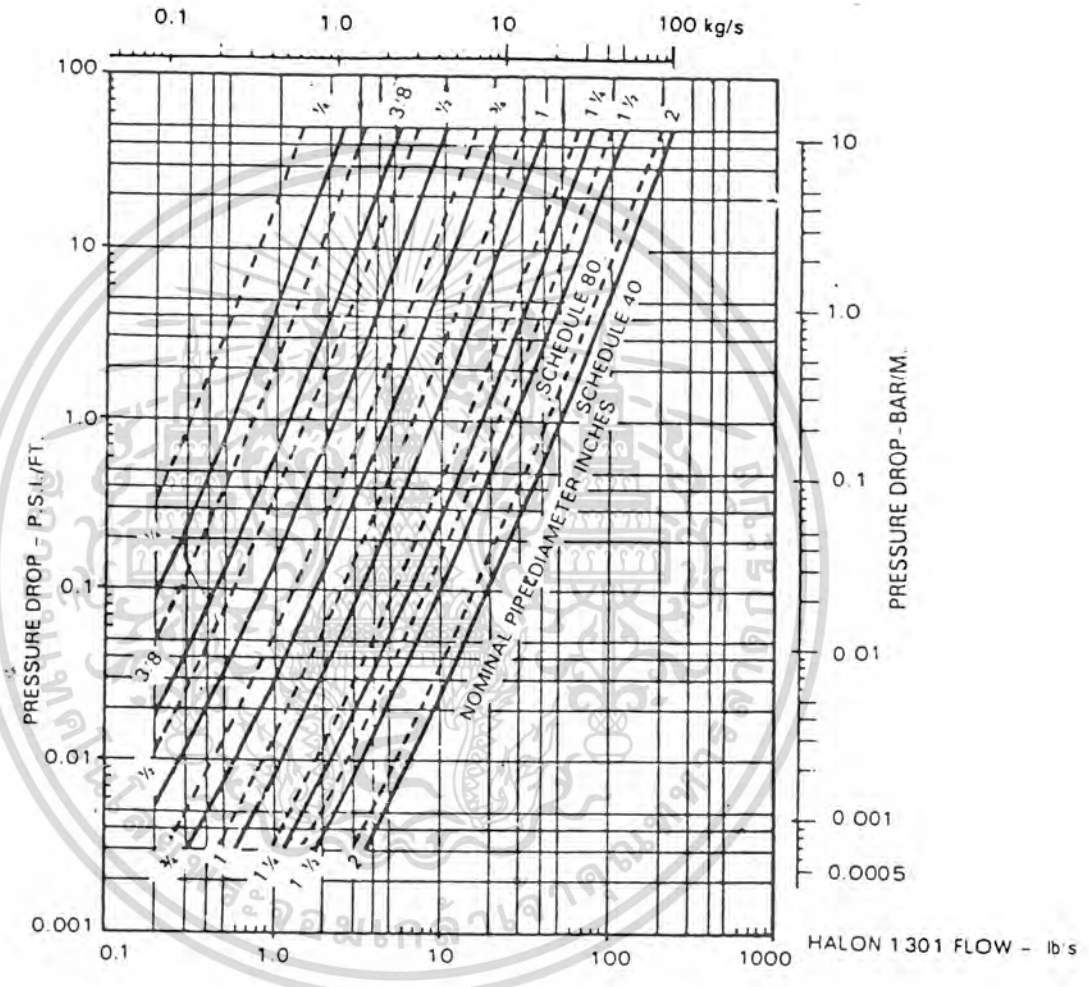
E = อัตราการระบายอากาศ m^3/min

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = ปริมาตรของห้อง m^3

t = ระยะเวลา min

e = natural logarithm base = 2.71828



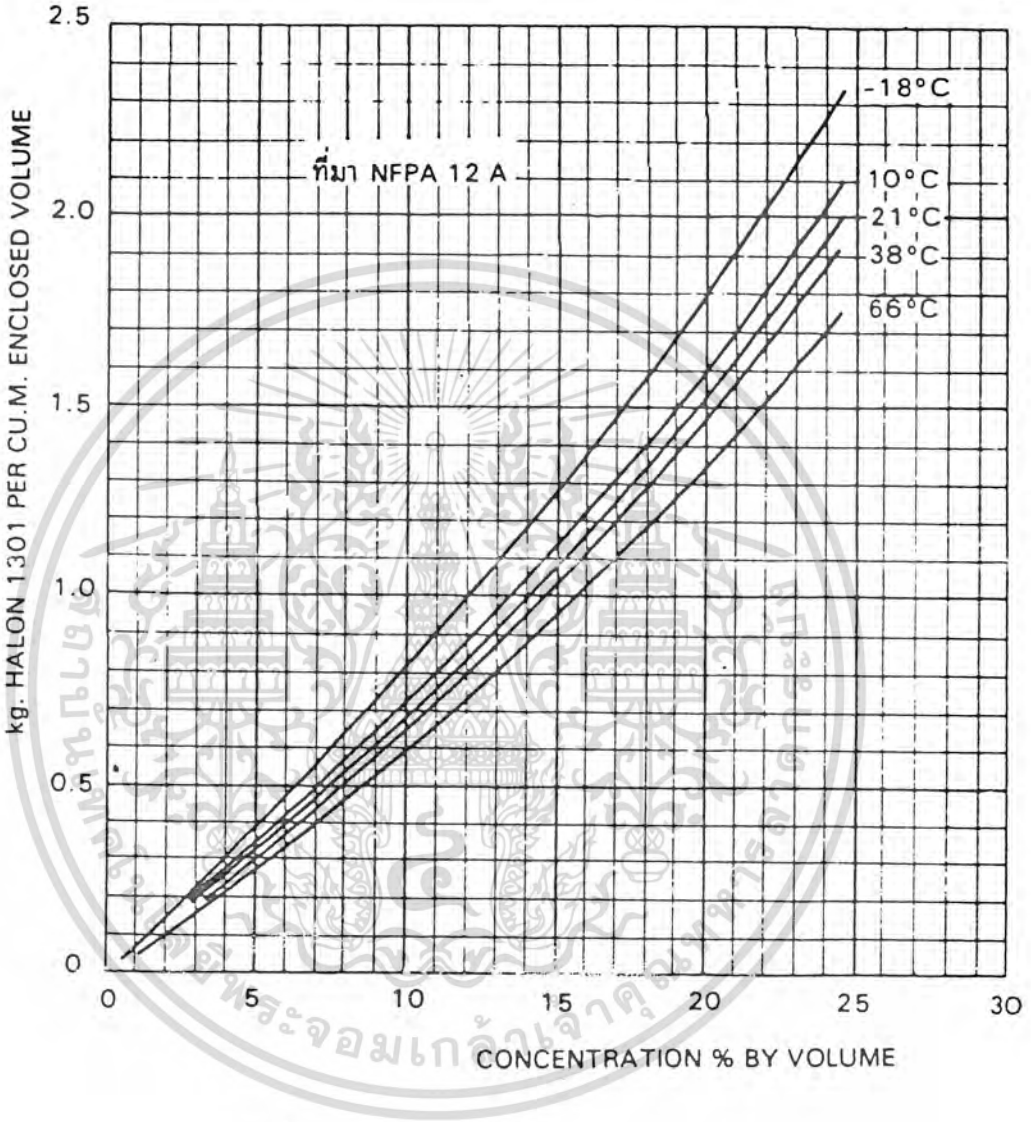
รูปที่ 7.20 ความดันลดของฮาล่อน 1301 ในท่อเหล็ก : NFPA 12A

หลังจากที่ฉีดแก๊สฮาล่อนจนภายในห้องมีความเข้มข้นของแก๊สฮาล่อนตามต้องการแล้ว แต่การระบายอากาศยังคงมีอยู่ต่อไป ถ้าต้องการที่จะรักษาระดับความเข้มข้นนี้เอาไว้ก็จะต้องฉีดแก๊สฮาล่อนต่อไปอีก ซึ่งอัตราการฉีดจะหาได้จาก

$$R = 0.0627CE \qquad (7.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น จำนวนฮาล่อน 1301 ที่ต้องการทั้งหมดจะเป็นผลรวมของปริมาณที่คำนวณได้จากสมการที่ 7.2 และ7.3 รวมกัน



รูปที่ 7.21 MASS FLOODING FACTOR HALON 1301

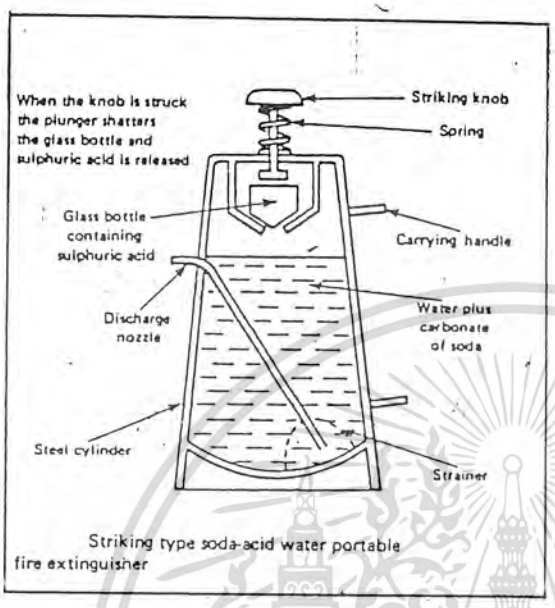
3.5 เครื่องดับเพลิงประเภทมือถือ (Portable fire extinguishers)

ในบางจุดและตามทางออกฉุกเฉินและตามจุดแจ้งไฟไหม้ด้วยมือควรมีระบบดับเพลิงประเภทมือถือติดตั้งไว้ด้วย เพื่อใช้ในกรณีฉุกเฉินและจำเป็น เครื่องอับเพลิงประเภทมือถือมี 4 แบบ คือ

3.5.1 Striking Type Soda-Acid Water

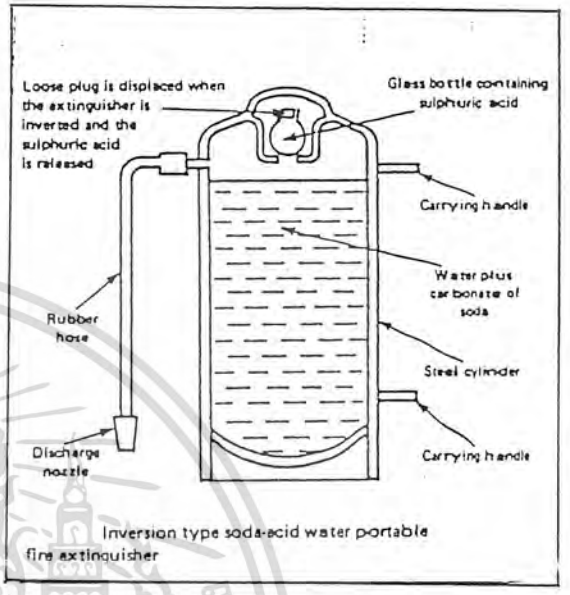
จะมีกรดซัลฟูริก (sulphuric acid) บรรจุอยู่ในขวดแก้วเล็กๆ เมื่อกดที่ปุ่มกดข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



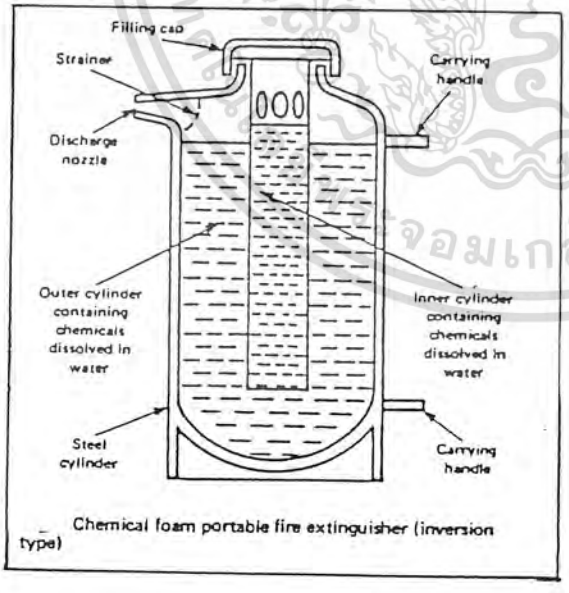
Striking type soda-acid water portable fire extinguisher

(a)



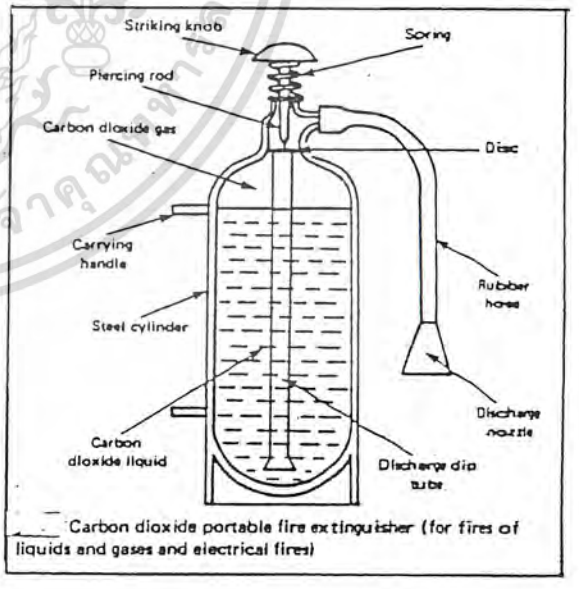
Inversion type soda-acid water portable fire extinguisher

(b)



Chemical foam portable fire extinguisher (inversion type)

(c)



Carbon dioxide portable fire extinguisher (for fires of liquids and gases and electrical fires)

(d)

รูปที่ 7.22 แสดงเครื่องดับเพลิงประเภทมือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนจะทำให้ขวดแก้วนี้แตกออกแล้วกรดซัลฟูริกจะลงไปผสมกับน้ำและsoda carbonate ในถัง ข้างล่าง เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งจะผ่าน Strainer ไหลออกทางหัวฉีดต่อไป ดังรูปที่ 7.22 (a)

3.5.2 Inversion Type Soda-Acid Water

จะคล้ายกับแบบแรกแต่กรดซัลฟูริกจะอยู่ในขวดที่มีช่องด้านบน การใช้งานทำได้โดยคว่ำถังดับเพลิง(steel cylinder) เพื่อให้กรดซัลฟูริกไหลออกจากขวดไปผสมกับน้ำและ soda carbonate ในถังข้างล่าง เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นเช่นกัน ไหลออกทางสายฉีดและหัวฉีดต่อไป ดังรูปที่ 7.22 (b)

3.5.3 Chemical foam

foam ที่ได้จะเกิดจากการทำปฏิกิริยาเคมีในถังดับเพลิงของสารละลายโซเดียมไปคาร์บอเนต และสารละลายอลูมิเนียมซัลเฟต ซึ่งจะเก็บไว้แยกส่วนกันในดังดับเพลิงเวลาใช้งานจะต้องคว่ำถังดับเพลิงเพื่อให้สารละลายทั้งสองชนิดมาผสมกันเกิดเป็น foam ขึ้น ซึ่งจะเกิดแรงดันอัด foam ออกไปทางหัวฉีดดับเพลิง ดังรูปที่ 7.22 (c)

3.5.4 Carbon dioxide

จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว บรรจุอยู่ในตัวถังดับเพลิงซึ่งอัดความดันไว้ เวลาใช้งานก็ให้กดปุ่มกดที่ด้านบนลงทำให้หมุดเจาะลงไปบน disc เป็นรู ทำให้อากาศไหลเข้าไปได้ เมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เหลวในถังอยู่ในความดันอากาศทั่วไป ก็จะเปลี่ยนสถานะไปเป็น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ดังรูปที่ 7.22 (d)

4 ระบบระบายควันและทางหนีไฟ (fire ventilation system)

ในขณะที่เกิดไฟไหม้ขึ้น ระบบระบายควันก็จะมีส่วนสำคัญอย่างหนึ่งในระบบควบคุมเพลิง เพราะจะเป็นระบบที่ให้ความปลอดภัยในการรักษาบริเวณบันไดหนีไฟ

ในบันไดหนีไฟในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน จะเป็นบริเวณที่นำผู้โดยสารจากส่วนต่างๆของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินออกมาสู่ภายนอกได้ และบริเวณนี้จะไม่ใช้ช่องบันไดเลื่อนที่ใช้ประจำในการขนส่งคนเข้าออกตัวสถานีโดยเฉพาะในกรณีที่มีเพลิงไหม้ขวางบันไดเลื่อน ดังนั้นบริเวณนี้จะต้องไม่มีควันและไฟไม่สามารถลามมาทางบันไดหนีไฟนี้ได้ โดยการใช้ระบบลมอัดลงในช่องบันไดหนีไฟ เพื่อให้ความดันอากาศในช่องบันไดหนีไฟมีความดันอากาศมากกว่าอากาศภายนอกโดยเฉพาะบริเวณที่เกิดเพลิงไหม้ และกระแสไฟฟ้าที่ให้กับระบบอัดลมในบันไดหนีไฟนี้จะเป็นคนละระบบกับระบบระบายอากาศของตัวสถานี ทั้งนี้เพราะระบบอัดลมในบันไดหนีไฟจะใช้เฉพาะ

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้ามคัดลอกเพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่เกิดเพลิงไหม้และจำเป็นต้องตัดกระแสไฟหลักที่จ่ายให้กับตัวสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน กระแสไฟที่จ่ายให้กับระบบอัดลมในบันไดหนีไฟนี้มาจากแหล่งจ่ายไฟสำรอง

วัสดุทุกชนิดที่ใช้ก่อสร้างและตกแต่งตัวสถานีควรจะถูกสร้างจากวัสดุที่กันไฟหรือวัสดุที่ติดไฟยาก โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้ทำบันไดหนีไฟ

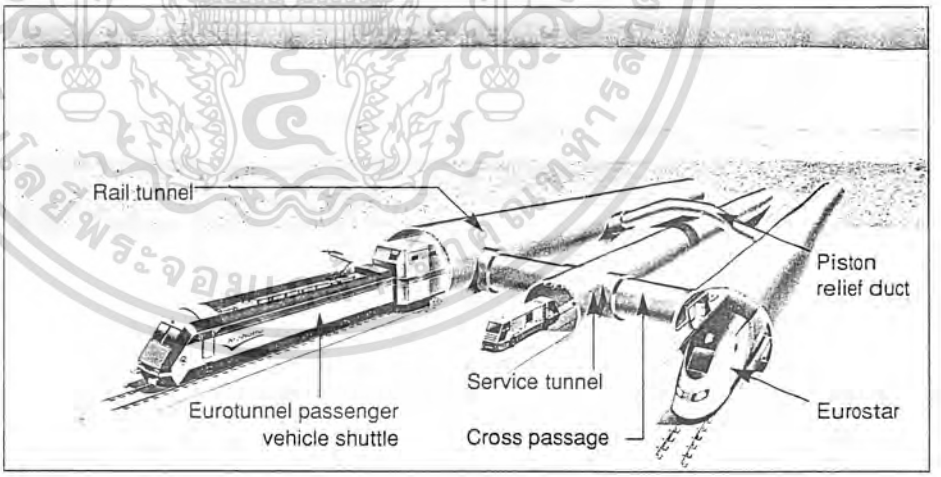
ในตัวสถานีใต้ดิน ถ้าเกิดเพลิงไหม้ที่ห้องโถงผู้โดยสาร อาจจะให้ผู้โดยสารหนีทางรถไฟฟ้าหรือทางออกทางบันไดหนีไฟ มุ่งสู่ที่ปลอดภัย เช่น ชานชลา หรือบนพื้นถนน และถ้าเกิดไฟไหม้ในรถไฟฟ้าหรือชานชลา ควรให้ผู้โดยสารหนีทางบันไดหนีไฟมุ่งสู่ที่ปลอดภัยที่ห้องโถงผู้โดยสาร หรือภายนอก

สำหรับทางออกฉุกเฉินของตัวอุโมงค์มี 2 ทาง คือ

1) ใช้ช่องเปิดระบายอากาศ (shaft) เป็นช่องหนีไฟ

2) ใช้ Service tunnel เป็นทางหนีไฟ โดยจะมีรถมารับผู้โดยสารหรือเป็นทางเดินสู่ทางออกต่อไป (shaft) ดังรูปที่ 7.23

4.1 รายละเอียดทางออกฉุกเฉิน (Emergency Exit Details)



รูปที่ 7.23 แสดง Service tunnel ใช้เป็นทางออกฉุกเฉิน

ข้อมูลรายละเอียดทางออกฉุกเฉินนี้อิงกับข้อกำหนดของ NFPA 130

4.1.1 ทางออกฉุกเฉินจะนำผู้โดยสารจากตัวอุโมงค์ออกมายังจุดที่ปลอดภัย ในตัวอุโมงค์ จุดที่ปลอดภัยมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) บริเวณทางออกสู่ทางสาธารณะ หรือตำแหน่งที่ปลอดภัยสู่ภายนอกอุโมงค์ และไม่มีไฟล้อมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จุดที่แบ่งชั้นให้พ้นจากตัวโครงสร้าง (An at-grade point beyond any enclosing structure)

3) ทางผ่านอื่นๆ ที่สามารถป้องกันผู้โดยสารได้อย่างพอเพียง

4.1.2 บันไดทางออก จะต้องมีติดตั้งตลอดความยาวของอุโมงค์ โดยมีระยะห่างกันจะต้องไม่มากกว่า 1,250 ft หรือ 381 m หรือตามที่พนักงานผู้มีอำนาจในท้องถิ่นกำหนด บันไดจะต้องถูกออกแบบตามข้อกำหนด NFPA 101 (Life Safety Code Class A) บันไดจะนำผู้โดยสารมาสู่ภายนอกหรือพื้นที่ที่ปลอดภัย

4.1.3 อุโมงค์อาจถูกกั้นโดยกำแพงที่ทนไฟอย่างน้อยที่สุด 2 ชั่วโมง (คือเป็นระบบอุโมงค์คู่) และมีทางไปมาระหว่างอุโมงค์อย่างพอเพียง และมีการป้องกันไฟอย่างพอเพียงสำหรับผู้โดยสาร ซึ่งจะใช้ประโยชน์ในกรณีที่มีเหตุการฉุกเฉินไม่สามารถใช้บันไดหนีไฟได้ หรือในกรณีที่ระบบระบายอากาศไม่ทำงานซึ่งไม่สามารถจัดอากาศให้เพียงพอกับผู้โดยสารในส่วนทางออกนี้ได้ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1) crosspassageways ต้องไม่ห่างกันเกินกว่า 800 ft หรือ 244 m

2) ตรงทางเข้ามายังทางผ่านจะต้องมีระบบป้องกันไฟอย่างน้อย 1 ชั่วโมง 30 นาที

3) ระบบระบายอากาศจะต้องให้อากาศที่บริสุทธิ์แก่อุโมงค์

4) ระบบระบายอากาศที่สกปรกจะต้องควบคุมด้วยมิให้เป็นอันตรายต่อผู้โดยสารได้

5) วิธีที่ขนผู้โดยสารมายังอีกอุโมงค์หนึ่ง จะต้องป้องกันมิให้ผู้โดยสารเป็นอันตรายจากการเดินรถปกติ และนำผู้โดยสารออกมายังสถานีที่ใกล้ที่สุดหรือทางออกฉุกเฉิน

4.1.4 ประตู จะเปิดได้ในทิศทางออกเพียงอย่างเดียว ยกเว้นในกรณีที่ crosspassageways ถูกปิด และต้องเป็นไปตามรายละเอียด NFPA 101 (Lift Safety Code) แรงที่ต้องการใช้เปิดประตูจะต้องให้น้อยที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ และต้องไม่มากกว่า 50 lb หรือ 222 N ตัวประตูและโครงสร้างจะต้องทนต่อแรงดัน positive และ negative ที่เกิดจากการวิ่งของขบวนรถได้

4.1.5 ฝาครอบทางออก (Exit Hatches) จะต้องสามารถเปิดได้ทันทีจากข้างในแรงที่เปิดหรือปิดต้องไม่น้อยกว่า 30 lb หรือ 133 N ในการถอนกลอน จะถูกเปิดจากภายในออกได้ก็ต้องใช้พนักงานเท่านั้น

4.1.6 ทางออกจะต้องมีสิ่งอำนวยความสะดวกโดยเฉพาะและต้องได้รับการดูแลรักษาตามจุดประสงค์การใช้

4.1.7 แสงสว่าง ในอุโมงค์ฉุกเฉินระดับความส่องสว่างจะต้องไม่น้อยกว่า 0.25 footcandles หรือ 2.69 lx

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
ระบบขนส่ง
(CONVEYER SYSTEM)

ระบบนี้จะเป็นระบบขนส่งผู้โดยสารจากตัวสถานีออกมายังภายนอก และจากภายนอกเข้าไปยังตัวสถานี รวมทั้งการขนส่งภายในสถานีด้วย เช่น การเดินเปลี่ยนเส้นทางในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ปกติแล้วจะใช้บันไดเลื่อนเป็นหลักเพราะสามารถขนผู้โดยสารได้มาก แต่ในกรณีลิฟต์ก็มีบ้าง เพื่อไว้ขนอุปกรณ์และคนพิการ เปลหรือเตียงผู้ป่วย หรือในพื้นที่ที่ด้านบนมีที่จำกัดมาก

1 ลิฟต์ (Lift)

1.1 ลิฟต์แบ่งออกได้ตามการใช้งาน

1). ลิฟต์โดยสาร (PASSENGER LIFTS) ใช้สำหรับขนส่งผู้โดยสารในอาคารต่างๆ มีรูปห้องเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาดตั้งแต่ 6 คนถึง 30 คน (450กก. ถึง 2000กก.) และความเร็วตั้งแต่ 1 เมตร/วินาที ถึง 5 เมตร/วินาที

2). ลิฟต์เอนกประสงค์ (MULTI PURPOSE LIFTS) ใช้ทั้งขนผู้โดยสารและสิ่งของ ดังรูปที่ 8.1 รูปร่างสี่เหลี่ยมที่ค่อนข้างจะมีความลึกมากกว่าความกว้าง ขนาด และความเร็วก็มีคล้ายกับแบบแรก

3). ลิฟต์ขนของชนิดพิเศษ (FREIGHT LIFTS) ใช้ขนของ เช่น ขยะ เอกสาร อาหาร (ขนาดเล็ก) เตียงคนไข้ (stretcher) รถยนต์ขึ้นที่จอดรถ (ขนาดใหญ่) ความเร็วไม่สูงนัก (ต่ำกว่า 2 เมตร/วินาที เป็นส่วนมาก) ถ้าแบ่งตามระบบควบคุมจะได้ดังนี้

ระบบควบคุมในปัจจุบันเป็นระบบไมโครโปรเซสเซอร์ (micro processor) ซึ่งเข้ามาใช้แทนระบบรีเลย์แทบจะหมดสิ้นแล้วในปัจจุบัน แต่การจัดการควบคุมก็ยังต้องถือหลักดังต่อไปนี้

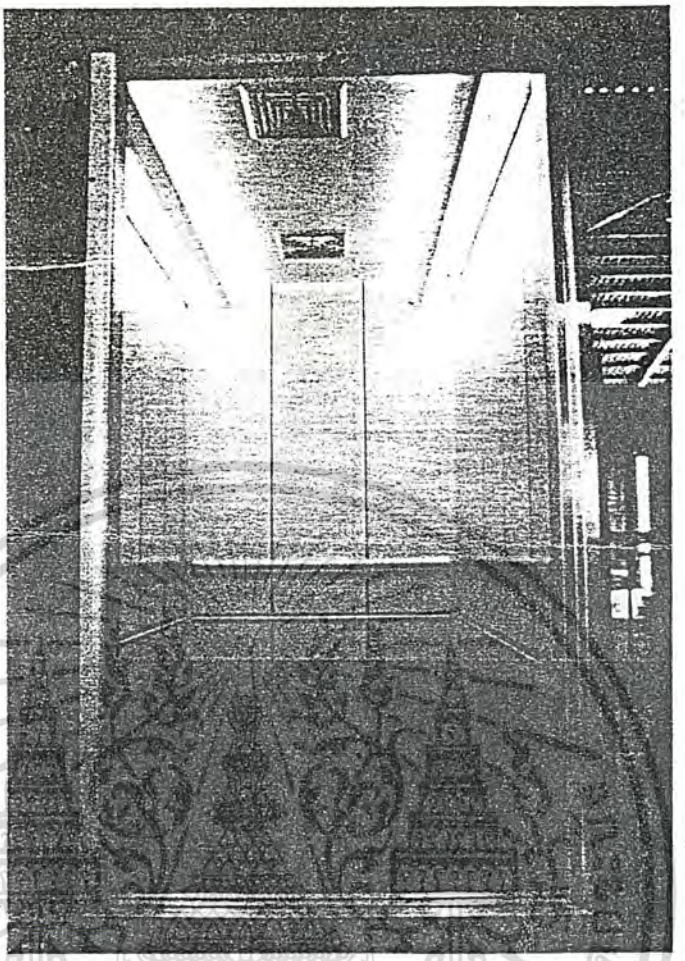
ก. SIMPLEX กลุ่มละตัวเดียว

ข. DUPLEX กลุ่มละสองตัว

ค. TRIPLEX กลุ่มละสามตัว

ง. GROUP CONTROL กลุ่มละสี่ตัวขึ้นไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.1 แสดงลิฟต์บรรทุกกึ่งโดยสาร

1.2 อุปกรณ์ประกอบที่สำคัญของลิฟต์โดยสาร (ลิฟต์ไฟฟ้า)

มีตัวลิฟต์ สายแขวนโยงลิฟต์ น้ำหนักถ่วง ช่องลิฟต์ บ่อลิฟต์ ห้องเครื่อง รางลิฟต์ เครื่องขับลิฟต์ สัญญาณต่างๆ และอุปกรณ์ต่างๆเป็นต้น

1.2.1 ตัวลิฟต์

ลักษณะเป็นตู้สี่เหลี่ยม สร้างด้วยโลหะน้ำหนักเบาประกอบเป็นโครงที่แข็งแรง ส่วนบนจะใช้แขวนสายโยงดึงตัวลิฟต์ให้เลื่อนขึ้นหรือต่ำลง ในช่องลิฟต์ประกอบด้วยอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัย มีความสะดวกสบายต่อการใช้งาน ตัวลิฟต์จะมีประตูที่ให้ความปลอดภัยสูงมีอุปกรณ์บังคับการขึ้น-ลง แผงปุ่มกดภายในเป็นสัญญาณตัวเลข

การตกแต่งภายในตัวลิฟต์ อาจบุด้วยโลหะไร้สนิม เคลือบสี หรือวัสดุอย่างอื่นที่ให้ความสวยงาม และง่ายต่อการรักษา พื้นปูด้วยแผ่นบางพรมหรือวัสดุอย่างอื่นที่ให้ความสวยงาม หรือสามารถเลือกใช้ได้มากมาย ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ออกแบบที่อาจจะประกอบติดตั้งภายในตัวลิฟต์เพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.2 น้ำหนักถ่วง

ส่วนที่เป็นน้ำหนักถ่วงหรือเคาร์เตอร์เวท ประกอบด้วยโครงเหล็กและมีแท่งน้ำหนักเป็นแท่งเหล็กหล่อ รูปลูกบาศก์สี่เหลี่ยมผืนผ้า ซ้อนบรรจุอยู่ภายในโครงสำหรับเป็นเครื่องถ่วงตัวลิฟต์ รวมกับน้ำหนักอีกประมาณ 40% ซึ่งจะมีน้ำหนักพอเพียงที่จะชดลากทั้งตัวลิฟต์เปล่าและเมื่อมีน้ำหนักบรรทุก ทั้งนี้เพื่อช่วยให้เกิดสมดุลโดยไม่ต้องใช้แรงขับเคลื่อนมากนัก ซึ่งจะทำให้ประหยัดทั้งในด้านการใช้พลังงาน และอายุการใช้งานของเครื่องขับลิฟต์

1.2.3 ช่องลิฟต์

เป็นช่องสำหรับตัวลิฟต์ และถ้าเป็นน้ำหนักถ่วงวิ่งขึ้น-ลงที่ผนังลิฟต์ลิฟต์จะติดตั้งรางลิฟต์ เพื่อให้ตัวลิฟต์วิ่งขึ้นลงตามรางนี้ การก่อสร้างช่องลิฟต์จะต้องก่อสร้างช่องไว้สำหรับติดตั้งประตูลิฟต์

1.2.4 บ่อลิฟต์

เป็นส่วนที่อยู่ล่างสุดของลิฟต์ต้องสามารถก่อสร้างกันน้ำซึมได้ ขนาดความลึกต้องไม่น้อยกว่าที่แต่ละบริษัทผู้ผลิตลิฟต์กำหนด และขนาดความลึกของบ่อลิฟต์จะเปลี่ยนไปตามความเร็วของลิฟต์ ถ้าความเร็วมากก็ต้องการความลึกมากขึ้น และการออกแบบจะต้องพิจารณาที่จะรองรับปลายรางลิฟต์ที่พื้นกันบ่อลิฟต์ และตำแหน่งที่ติดตั้งระบบกันสะเทือนด้วย

1.2.5 ห้องเครื่อง

จะเป็นห้องสำหรับวางติดตั้งเครื่องขับลิฟต์ แผงบังคับควบคุมลิฟต์และอุปกรณ์บังคับควบคุมส่วนประกอบอื่น ห้องเครื่องจะอยู่ในห้องใต้ดิน ในกรณีของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ความกว้าง ความยาว ความสูงของห้องเครื่องควรให้ได้ขนาดตามข้อกำหนดของลิฟต์ที่ติดตั้ง โดยทั่วไปจะมีขนาดใหญ่กว่าลิฟต์มีช่องประตูทางเข้าสำหรับติดตั้งดูแลรักษา

1.2.6 การจัดวางเครื่องขับลิฟต์

รอกขับลิฟต์ และสายแขวนโยงลิฟต์ เครื่องขับลิฟต์ที่ใช้กับลิฟต์โดยทั่วไปจะติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องอยู่ชั้นบนสุดหรือหลังคา อาจจะวางเครื่องขนานกับห้องลิฟต์หรือวางเอียงทำมุมกับผนังห้องเครื่องก็ได้ขึ้นอยู่กับลิฟต์แต่ละประเภทสำหรับการวางรอกขับลิฟต์ เป็นแบบที่ใช้กับเครื่องขับลิฟต์ที่วางบนหลังคาใช้สำหรับกรณีห้องเครื่องอยู่ชั้นใต้ดิน

1.2.7 ระบบความปลอดภัย

จะใช้ป้องกันตัวลิฟต์ตกลงไปเบื้องล่าง โดยมีระบบแยกอิสระกับเครื่องขับลิฟต์ ซึ่งมีเบรกติดตั้งไว้กับเพลาของเครื่องขับลิฟต์โดยตรงอยู่แล้ว

1.2.8 เครื่องขับลิฟต์ประเภทมีเกียร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นเครื่องขับลิฟต์ที่ประกอบด้วยเกลียวตัวหนอนและเฟืองติดตั้งอยู่ระหว่างมอเตอร์ขับ และรอกขับลิฟต์ ความเร็วมอเตอร์จะมีความเร็วตั้งแต่ 600 - 1800 รอบ/นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของลิฟต์ และอัตราเฟืองทด

การควบคุมการทำงานของมอเตอร์เครื่องขับลิฟต์ ในสมัยก่อนลิฟต์ความเร็วที่ใช้มอเตอร์ ใช้ความเร็วเพียง 60 เมตร/นาที ในสมัยปัจจุบัน ซึ่งมีการพัฒนาทางด้านการออกแบบสูงขึ้น มอเตอร์สามารถใช้ความเร็ว 150 เมตร/นาที เข้ามาช่วยทำให้การหยุด และการออกตัวของลิฟต์ นุ่มนวลๆไม่กระชากหรือกระตุก

1.2.9 ประตูลิฟต์

สำหรับประตูลิฟต์โดยสาร โดยทั่วไปจะเป็นระบบอัตโนมัติที่ให้ความปลอดภัยสูง ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายขนาด การตกแต่งบานประตู อาจจะพ่นสี บุด้วยไวนีล บุด้วยฟอร์ไมก้า หรือ เป็นโลหะไร้สนิม

1.2.10 ปุ่มกดและสัญญาณต่างๆ

มีแบบต่างๆ กันตามที่บริษัทผู้ผลิตออกแบบ เราแบ่งได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) แผงสวิตช์ปุ่มกดภายนอกตัวลิฟต์ แผงสวิตช์จะติดตั้งฝังในผนังลิฟต์ด้านหน้า โดยทั่วไปจะเป็นปุ่มกดการเรียกลิฟต์ขึ้นและลงมีไฟแสดงลูกศรขึ้น-ลง และมีตัวเลขปรากฏแสดงชั้นลิฟต์เลื่อนถึง

2) แผงสวิตช์ปุ่มกดภายในตัวลิฟต์ แบบทั่วไปจะเป็นแผงแสดงปุ่มกด เพื่อเป็นสัญญาณให้ลิฟต์ทำงาน

รูปที่ 8.2 แสดงtypical layout ส่วนประกอบต่างๆที่จำเป็นของลิฟต์

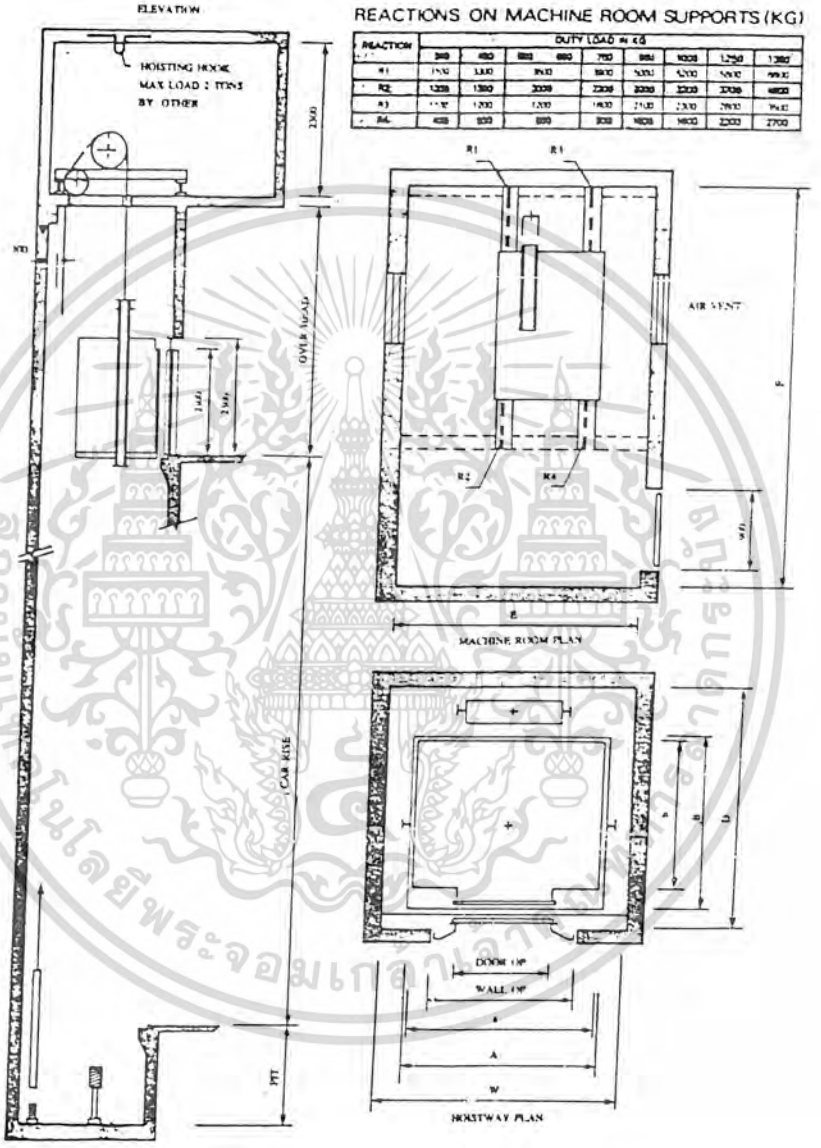
1.3 ลิฟต์ระบบ Oil - Hydraulic

เป็นลิฟต์ประเภทใหม่ของลิฟต์ hydraulic ลิฟต์ระบบนี้ใช้หลักในการอัดแรงดันให้น้ำมันที่อยู่ใน steel cylinder เพื่อยกตัว ram ซึ่งต่อกับตัวห้องโดยสารให้ยกห้องโดยสารนั้นขึ้น ลิฟต์แต่ละตัวก็จะมี pumping unit และ controller ของแต่ละตัว ซึ่งปกติห้องเครื่องเหล่านี้ก็จะตั้งอยู่ที่ระดับล่างสุด หรือตั้งห่างออกไปจากตัวลิฟต์ได้บ้าง

ลิฟต์ประเภทนี้จะให้ความเร็วระดับปานกลาง คืออยู่ในช่วง 0.12 m/s ถึง 1 m/s และให้ระยะทางได้ไม่สูงนัก (travel distance) ปรกติแล้วระยะมากที่สุดคือ 21 m. ตัวซ่องลิฟต์ (shaft) ของลิฟต์ประเภทนี้จะไม่เป็นส่วนที่รับน้ำหนักของตัวลิฟต์ ดังนั้นโครงสร้างของซ่องลิฟต์นี้จึงง่ายและถูกกว่าประเภทอื่น แต่ก็ต้องสร้างให้สามารถกันไฟได้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวลิฟต์แบบนี้จะเคลื่อนที่ได้อย่างเรียบมาก คือไม่กระตุกเวลาเคลื่อนที่ขึ้นหรือลงหรือตอนหยุดจึงเหมาะกับงานประเภทของลิฟต์ตามโรงพยาบาล หรือลิฟต์สำหรับคนชรา เป็นต้น



รูปที่ 8.2 แสดงtypical layout ของลิฟต์

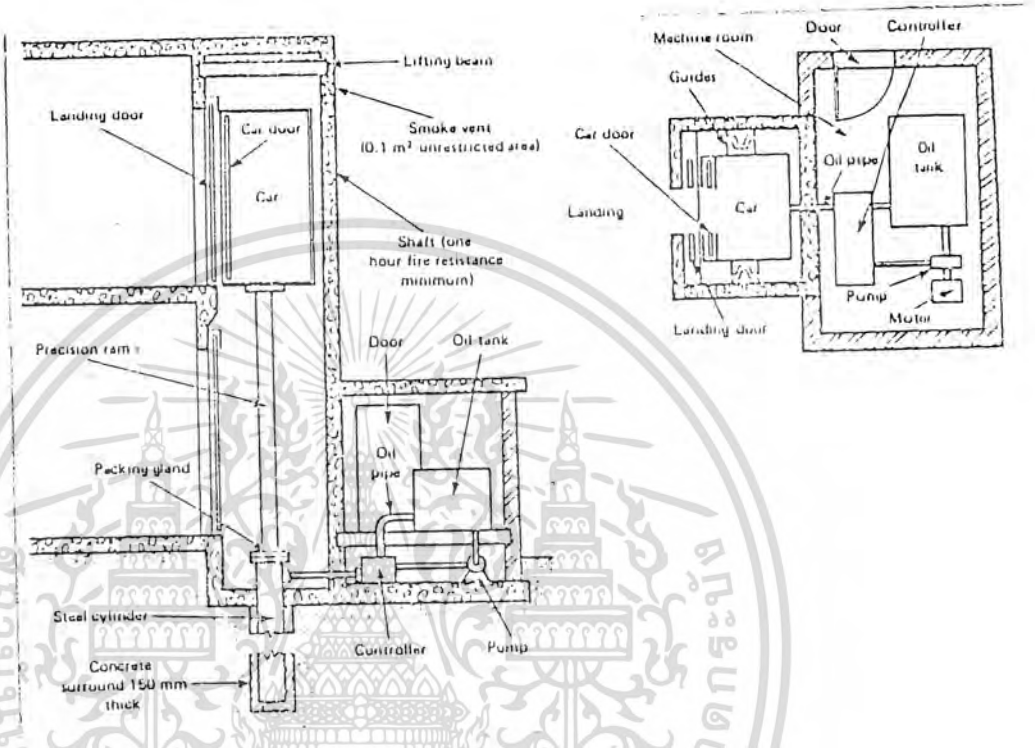
1.3.1 ลักษณะของลิฟต์ระบบ Oil - Hydraulic

มีอยู่ 4 แบบ คือ

1.3.1.1 Direct acting เป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ใช้อยู่ อุปกรณ์และโครงสร้างหลักๆ ที่มี คือ ตัวลิฟต์ (car), บ่อ (pit), ram ซึ่งเป็นก้านสำหรับยกตัวลิฟต์ขึ้นลง, cylinder เป็นท่อเหล็กที่ใส่ ram, ห้องเครื่อง ข้างในจะมีอุปกรณ์ เช่น pumping unit, controller, oil

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

tank, oil pipe, ประตูห้อง ลักษณะของลิฟต์ชนิดนี้จะต้องขุดรูลงไปสำหรับใส่ cylinder ลึกกว่าชนิดอื่น ดูรูปที่ 8.4 (a)



รูปที่ 8.3 แสดงลักษณะของลิฟต์ระบบ Oil - Hydraulic

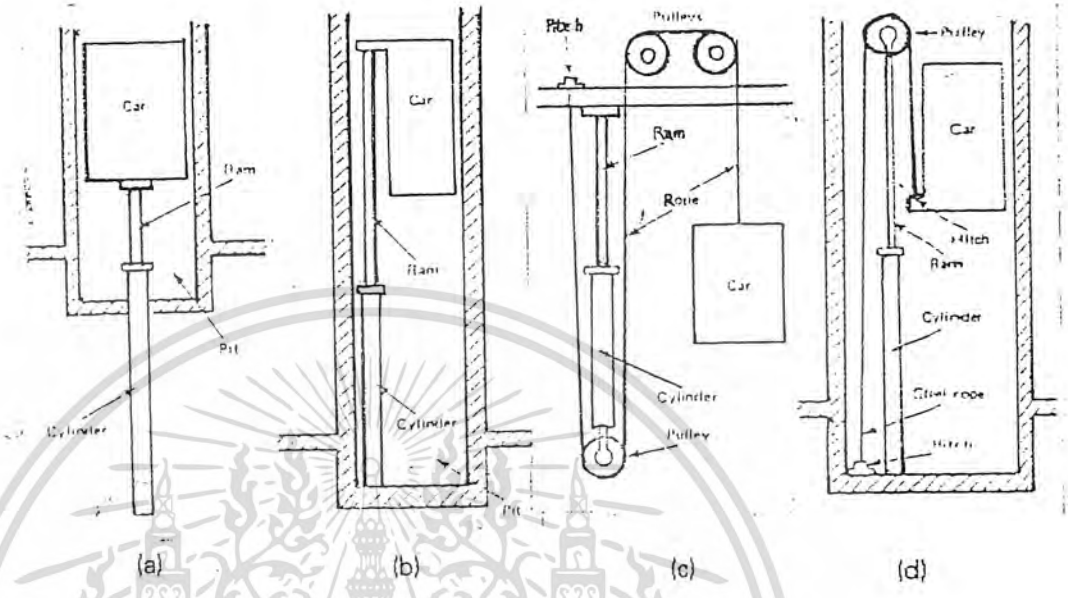
1.3.1.2 Side acting โดย ram จะอยู่ด้านข้างของตัวลิฟต์ที่ด้านบนทำให้ไม่ต้องขุดรูสำหรับช่องของ cylinder เลยถ้าระยะไม่สูงนัก ram ที่ติดตั้งทางด้านข้างจะมีทั้งแบบตัวเดียวหรือใช้ 2 ตัว สำหรับลิฟต์ที่ต้องใช้รับน้ำหนักที่มากกว่า และขนาดของตัวลิฟต์ก็จะต่างกันออกไปด้วย ส่วนประกอบหลักก็จะคล้ายกับแบบ Direct acting ดูรูปที่ 8.4 (b)

1.3.1.3 Direct side acting ตัวลิฟต์ของระบบนี้จะถูกแขวนไว้ด้วย steel rope ซึ่งพาดมาตามระบบรอก และจะยึดปลายด้านหนึ่งกับ hitch ที่อยู่ที่ระดับบน ตามรูปที่ 8.4 (c)

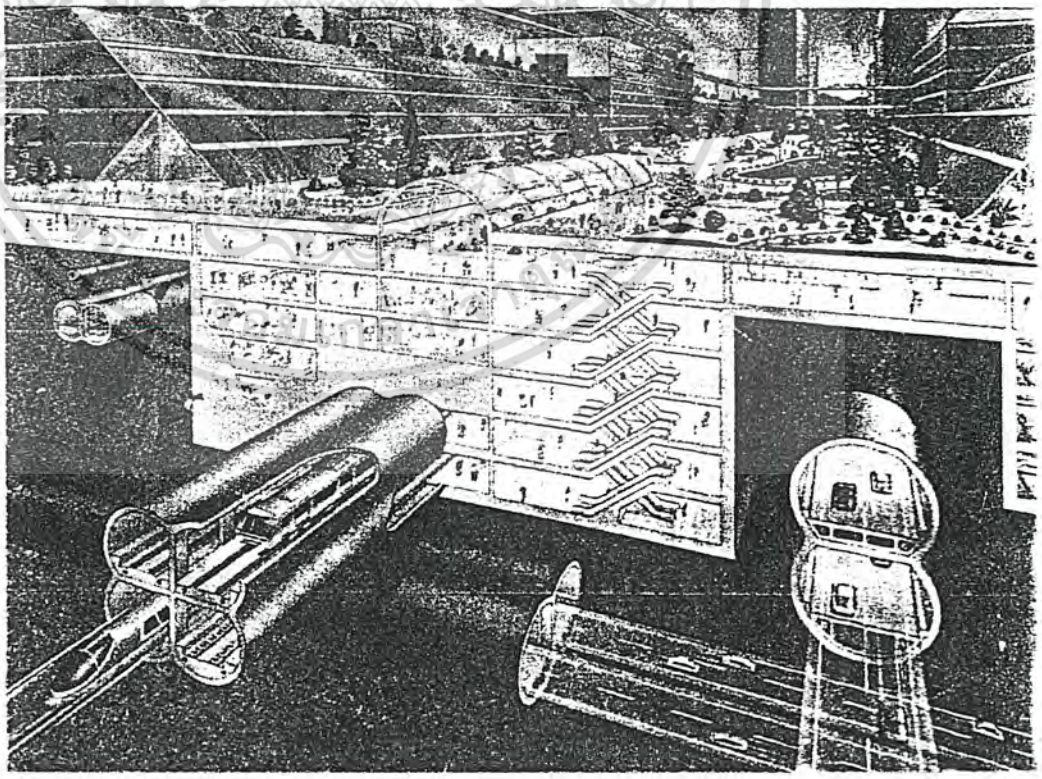
1.3.1.4 Indirect side acting ลักษณะของลิฟต์ระบบนี้คล้ายกับแบบ Side action และ Direct Side action รวมกัน คือ จะใช้ระบบรอกเข้ามาช่วยเสริมกับระบบ Side action โดยปลาย steel rope อีกด้านจะยึดไว้ในบ่อลิฟต์ ดังรูปที่ 8.4 (d)

2 บันไดเลื่อน (ESCALATOR)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.4 แสดงลักษณะต่างๆ ของลิฟต์ระบบ Oil - Hydraulic



รูปที่ 8.5 แสดงการติดตั้งบันไดเลื่อนในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินจำเป็นต้องขนถ่ายคนจำนวนมากในเวลาเร่งด่วน ดังนั้น ระบบบันไดเลื่อนจึงสามารถรองรับตรงจุดนี้ได้ดีกว่าระบบลิฟต์ ดังจึงนิยมใช้ระบบบันไดเลื่อนเป็นระบบหลักรูปที่ 8.5 และ 8.6

2.1 การเลือกตำแหน่งบันไดเลื่อน

รูปที่ 8.6 แสดงบันไดเลื่อนและทางเลื่อนในตัวสถานี

เนื่องจากบันไดเลื่อนเคลื่อนไหวอยู่กับที่ และโดยทั่วไปจะเป็นการสัญจรทางแนวราบและแนวดิ่งรวมกัน ฉะนั้นตำแหน่งของบันไดเลื่อนจำเป็นจะต้องวางอยู่ที่ศูนย์กลางการสัญจรซึ่งสามารถเข้าถึงและใช้ประโยชน์ได้ง่าย ซึ่งการเลือกตำแหน่งที่จะวางบันไดเลื่อนนั้น ควรพิจารณาจากสิ่งต่อไปนี้ประกอบ

1). การวางทิศทางของบันไดเลื่อน

2). ปลายทางของบันไดเลื่อนควรวางพาดอยู่ในตำแหน่งใด

3). ใช้ง่ายและให้ความสะดวกสบาย สามารถเดินติดต่อกับบันไดเลื่อนตัวอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

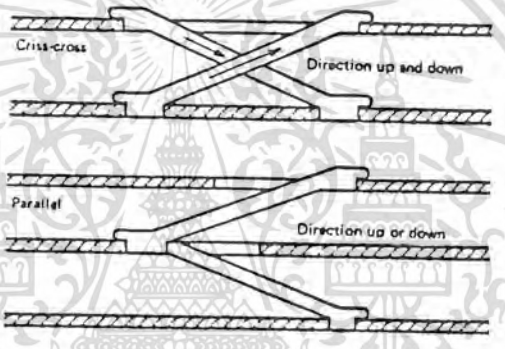
2.2 การวางบันไดเลื่อน

โดยทั่วไปการจัดวางบันไดเลื่อนมีอยู่ 2 แบบ คือ

1). การวางแบบขนาน

2). การวางแบบกากบาทไขว้ตัดกัน

การจัดวางทั้งสองแบบอาจจะมีบันไดสำหรับเดินขึ้นลงควบคู่ไปด้วยกัน ในกรณีของการจัดแบบกากบาทไขว้ตัดกัน ราคาถูก สิ้นเปลืองเนื้อที่น้อย สำหรับการวางแบบขนานจะให้ประสิทธิภาพน้อยกว่าและแพงกว่ามาก (ดูรูปที่ 8.7)



รูปที่ 8.7 แสดงการจัดวางบันไดเลื่อนทั้งแบบ parallel และ criss-cross

2.3 วิธีการวางบันไดเลื่อน

ส่วนประกอบที่สำคัญของบันไดเลื่อนดังแสดงในรูปที่ 8.8 และ 8.9 ส่วนวิธีการวางบันไดเลื่อนมีขั้นตอนดังนี้

1). พิจารณาตำแหน่งที่เหมาะสมที่จะวางบันไดเลื่อน

2). วัดระยะและขนาดตามสูตร เพื่อจะหาพื้นที่ในการจัดวาง

3). เจาะพื้นตามที่คำนวณไว้

4). ทำบ่ารับโครงสร้างของบันไดเลื่อน

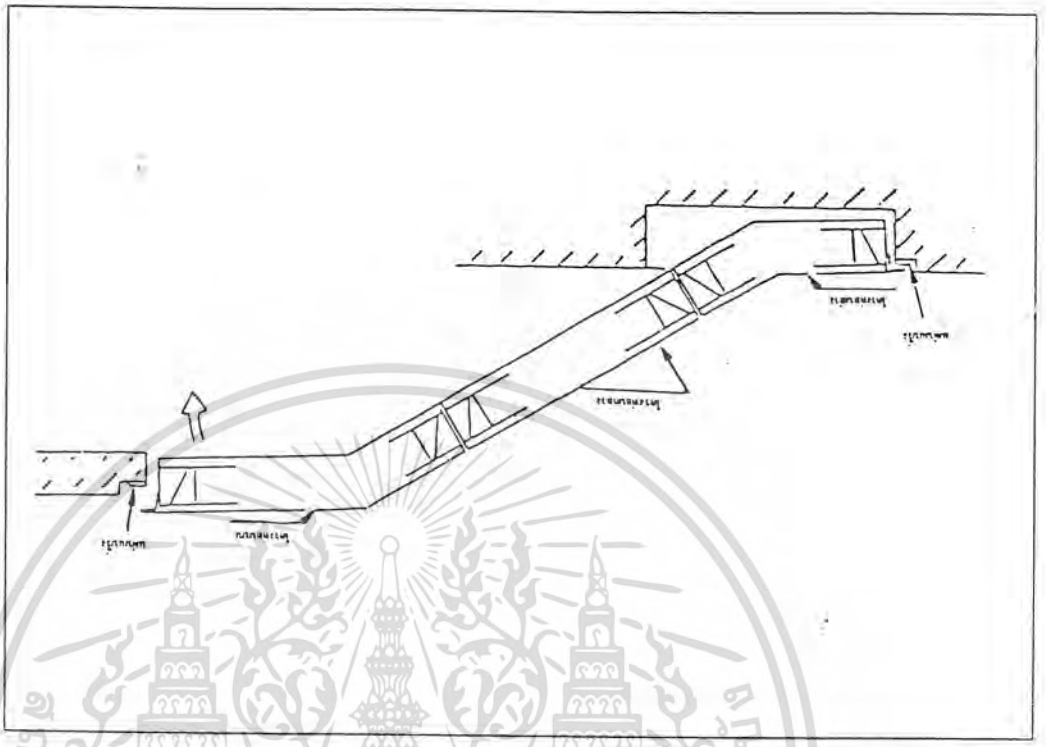
5). นำโครงบันไดเลื่อนมาวาง

6). นำชิ้นส่วนต่างๆ มาประกอบกันให้เรียบร้อย

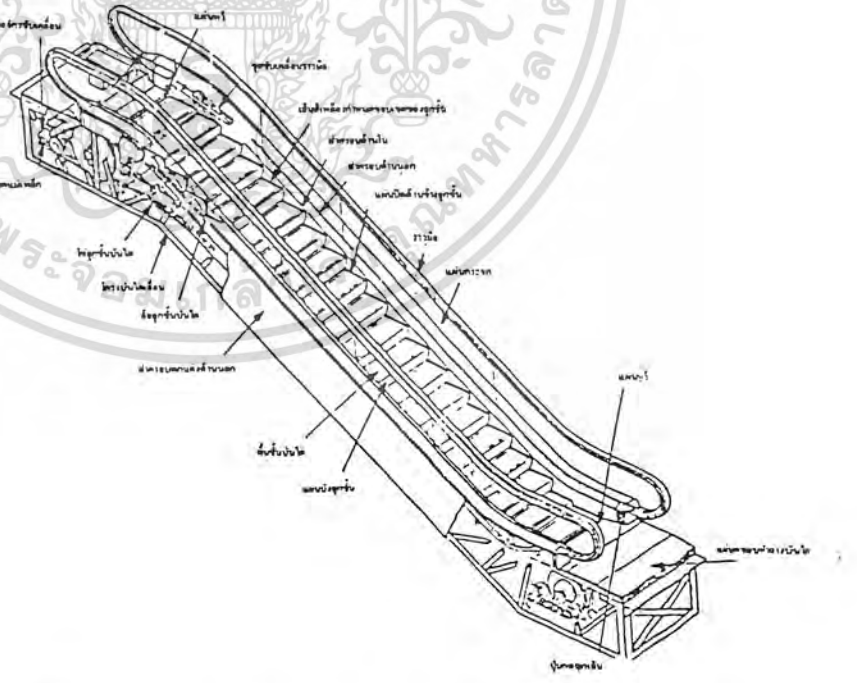
7). ต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อให้บันไดเลื่อนทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ขนาดและความสะอาดในการขนส่งและความเร็วของบันไดเลื่อน



รูปที่ 88 แสดงโครงสร้างบันไดเลื่อน



รูปที่ 89 แสดงส่วนประกอบของโครงสร้างบันไดเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วๆ ไป บันไดเลื่อนจะติดตั้งทำมุม 30 องศากับแนวระดับ ทางด้านมาตรฐานความปลอดภัยจะจำกัดความเร็ว 12.5 ฟุต/นาที แต่ที่ใช้งานกันมีขนาดความเร็ว 90 ฟุต/นาที ใช้ในช่วงเวลาที่มีคนน้อย ส่วนความเร็ว 120 ฟุต/นาที ใช้ในช่วงเวลาที่มีคนใช้มาก

ขนาดความกว้างโดยทั่วไป มี 2 ขนาด คือ 32 นิ้ว และ 48 นิ้ว (แต่ในปัจจุบัน มีบางบริษัทผลิตขนาด 40 นิ้ว) การวัดขนาดความกว้างจะวัดระยะจากแผงลูกกรงกั้นจากข้างหนึ่งไปยังอีกข้างหนึ่ง

2.5 อัตราการบรรทุก

ขนาด 32 นิ้ว จะบรรทุกได้ 1 1/4 คน/ขั้น ใช้ 1 คน/ขั้น หรือประมาณ 75% ของจำนานสูงสุด

ขนาด 48 นิ้ว จะบรรทุกได้ 2 คน/ขั้น ซึ่งมีการลดอัตราการบรรทุกเหลือประมาณ 75 % เหมือนกันทั้งนี้เป็นการเผื่อขั้นที่ว่าง หรือการถือสิ่งของ กระเป๋าติดตัวไปด้วย สิ่งของพวกนี้จะทำให้กินเนื้อที่การยืนบนบันไดเลื่อน

2.6 การเลือกบันไดเลื่อน

หลังจากที่ตัดสินใจเลือกใช้บันไดเลื่อนแล้ว ขั้นต่อไปจะต้องกำหนดจำนวน ขนาดและความเร็วของบันไดเลื่อนด้วย โดยจะต้องคำนึงถึงความสามารถในการให้บริการแก่ผู้ใช้ในช่วงเวลาเร่งรีบได้อย่างพอเพียง การกำหนดจำนวนของบันไดเลื่อน จะต้องทราบถึงกำลังความสามารถของบันไดเลื่อนก่อน

จากตารางจะเห็นว่า ความสามารถที่กำหนดมาจากผู้ผลิตจะสูงกว่าความสามารถที่ใช้จริงซึ่งได้จากการทดลองหาข้อมูลโดยละเอียดของการใช้บันไดเลื่อนในช่วงเวลาเร่งรีบ

สำหรับในสถานีรถไฟใต้ดิน ใช้ได้ทั้ง 2 ความเร็ว คือ 90 หรือ 120 ฟุต/นาที และควรคำนึงถึงการใช้บันไดเลื่อนเพื่อรองรับการสัญจรของผู้คนในช่วงเวลาเร่งรีบจะต้องควบคุมให้บันไดเลื่อนเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน จึงควรทำบันไดไว้ในบริเวณใกล้กับบันไดเลื่อนด้วย เพื่อใช้เป็นทางสัญจรของผู้ที่เดินทางตรงกันข้ามกับบันไดเลื่อน ซึ่งมีน้อยกว่ามาก ดังรูปที่ 8.10

นอกจากนี้ ถ้าขั้นที่จะทำการติดตั้งบันไดเลื่อนมีความสูงมาก จึงทำให้ตัวบันไดเลื่อนมีความยาวเกินขีดจำกัด จำเป็นจะต้องทำโครงรับไว้ตอนกลางของบันไดเลื่อนเพิ่มเติมขึ้นอีกซึ่งขีดจำกัดของความยาวของบันไดเลื่อนนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้ผลิตแต่ละราย แต่ข้อควรพิจารณาโดยทั่วไป คือ บันไดเลื่อนขนาดกว้าง 32 นิ้ว จะต้องมีโครงรับเสริมเพิ่มเมื่อขั้นมีความสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่า 23 ฟุต และสำหรับบันไดเลื่อนขนาดกว้าง 48 นิ้ว จะต้องมีโครงเสริมรับเพิ่มเมื่อชั้นมีความสูงมากกว่า 18 ฟุต

ตารางที่ 8.1 แสดงอัตราความเร็วและอัตราบรรทุกของบันไดเลื่อน

ความกว้างของบันไดเลื่อน นิ้ว (มม.)	ความเร็ว ฟุต/นาที	อัตรากำหนด คน /ชั่วโมง	อัตราการใช้งาน คน/ชั่วโมง
32 (800)	90	5000	3600
32 (800)	120	6700	4200
48 (1200)	90	8000	5400
48 (1200)	120	10700	6500

รูปที่ 8.10 แสดงการใช้บันไดธรรมดาช่วยเสริมบันไดเลื่อน

สำหรับบันไดเลื่อนที่ใช้งานหนักและมีความสูงมาก เครื่องจักรที่ขับเคลื่อนต้องมีขนาดใหญ่มาก จึงจำเป็นต้องติดตั้งเครื่องจักรดังกล่าวไว้ในห้องภายนอกโครงของบันไดเลื่อน ซึ่งห้องดังกล่าวจะตั้งอยู่ใต้โครงตอนบน หรือเหนือโครงตอนบนของบันไดเลื่อนก็ได้ แต่ต้องตั้งอยู่ในตำแหน่งที่สามารถใส่โซ่เพื่อส่งกำลังจากเครื่องจักรไปขับเฟืองหมุนบันไดเลื่อนได้ และห้องเครื่องจะต้องมีเนื้อที่เหลือสำหรับให้ช่างเข้าไปตรวจ ซ่อมแซมแก้ไขเครื่องจักรได้สะดวกด้วย

2.7 หลักการทำงานของบันไดเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของบันไดเลื่อนมีดังนี้

1). ลักษณะของตัวขั้นจะเป็นรูปสามเหลี่ยม และมีล้อเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นของส่วนที่รองรับโครงสร้าง

2). การเคลื่อนตัวของบันไดเลื่อนอาศัยแรงจากมอเตอร์

3). การเคลื่อนตัวของราวบันได จะไปพร้อมกับการเคลื่อนตัวของบันไดเลื่อน เพราะใช้มอเตอร์ตัวเดียวกันกับมอเตอร์ขับเคลื่อนบันได เพียงแต่นำเอาเฟืองทดมาใส่แล้วแยกเฟืองออกมา

4). การขับเคลื่อนบันไดใช้มอเตอร์ 2 ตัว ข้างบน 1 ตัว ข้างล่าง 1 ตัว

2.8 วิธีการทำงานของบันไดเลื่อน

วิธีทำงานของบันไดเลื่อนมีดังนี้

1). เมื่อเปิดสวิตช์ควบคุม มอเตอร์จะทำการฉุดโซ่ให้เคลื่อนตัว เป็นลักษณะคล้ายโซ่จักรยานโดยการหมุนวนไปเรื่อยๆ

2). ตัวขั้นที่ติดอยู่กับโซ่ก็จะเคลื่อนที่ตามไปด้วย

3). ถ้าไม่มีพื้นรองรับล้อบันไดเลื่อน บันไดเลื่อนก็จะอยู่ในลักษณะพับเรียบเป็นแผ่น ผิวของบันไดเลื่อนจะเรียบเสมอกัน

4). ถ้ามีพื้นมารองรับล้อของบันไดเลื่อน บันไดเลื่อนก็จะเคลื่อนนออกมามีลักษณะเป็นขั้นตามพื้นที่รองรับ จนกระทั่งสุดพื้นที่รองรับ บันไดเลื่อนก็จะตกมาเรียบเสมอกันแบะพับเป็นแผ่น

5). เมื่อบันไดเลื่อนเคลื่อนมาถึงจุดมีพื้นก็จะเป็นขั้นๆ เมื่อไม่มีพื้นก็จะพับลง เป็นอย่างนี้วนไปเรื่อยๆ

2.9 ระบบความปลอดภัย

ในปัจจุบัน บันไดเลื่อนได้มีการออกแบบติดตั้ง เพื่อให้การใช้งานเป็นไปอย่างปลอดภัย พอสรุปได้ตามรายละเอียดดังนี้

1). ราวบันไดเลื่อน กับขั้นบันไดจะเคลื่อนไปด้วยอัตราความเร็วเดียวกัน ซึ่งจะเป็นการประกันความเที่ยงตรงสม่ำเสมอและสมดุลย์ในการขึ้นลง

2). ขั้นบันไดใหญ่ มั่นคงแข็งแรง และไม่ลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3). ขั้นบันไดได้ระดับกับพื้นรับที่มีลักษณะเป็นซี่ compact ในพื้นแต่ละระดับเพื่อประกันความปลอดภัยเวลาก้าวเข้าหรือก้าวออกจากบันไดเลื่อน

4). ลูกกรงบันไดเลื่อนที่มีที่กั้น ที่ให้ความปลอดภัยทั้ง 2 ข้าง มาจากโรงงานรวมทั้ง EXTERIOR DECK COVER,INTERIOR PANEL , SKIRT GUARD, HANDRAIL, GUARD HANDRAIL และ Compact รายละเอียดอุปกรณ์เหล่านี้จะออกแบบให้สามารถป้องกันเสื้อผ้าเข้าไปติดได้

5). ระบบควบคุมอัตโนมัติของเบรกจะช่วยให้บันไดเลื่อนหยุดอย่างนิ่มนวล ถ้าไฟฟ้าขัดข้องหรือเครื่องชำรุด ผู้ใช้บันไดเลื่อนจะสามารถเดินบนบันไดเลื่อนได้ เช่น เดียวกับบันไดธรรมดา

6) ในกรณีที่มีความเร็วเกินหรือต่ำในทันทีทันใด จะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ความปลอดภัยอัตโนมัติ เพื่อปรับให้มีความเร็วปกติ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการหกล้ม หรือลื่นไถลเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น หรือน้อยลง

7) สวิตช์ควบคุมเมื่อมีเหตุฉุกเฉินจะติดตั้งไว้ใกล้ๆ ตัวบันไดเลื่อน หรือในที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน ผู้ใช้สามารถกดให้บันไดเลื่อนหยุดได้ ถ้ามีอุบัติเหตุเกิดขึ้นจากการใช้บันไดเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
ระบบอื่น ๆ

เป็นระบบที่ช่วยเสริมให้ระบบรถไฟฟ้าใต้ดินสมบูรณ์เร็วขึ้น ในที่นี้คือ

1 ระบบการจำหน่ายตั๋วและการตรวจตั๋ว (FARE COLLECTION)

การจำหน่ายตั๋วในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินมี 2 ระบบ คือ

1) ระบบขายตั๋วผ่านพนักงานขาย ระบบนี้ในการติดตั้งราคาถูกกว่าระบบใช้เครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ แต่ไม่เหมาะกับประเทศที่มีค่าแรงแพง และประสิทธิภาพในการจำหน่ายแก่ผู้โดยสารในชั่วโมงเร่งด่วนต่ำ ต้องใช้พื้นที่มาติดตั้งระบบมาก การติดต่อประสานงานระหว่างสถานีไม่มีประสิทธิภาพ รวมทั้งระหว่างสถานีกับศูนย์ควบคุม ซึ่งจะเห็นได้ชัดในระบบการขายตั๋วของการรถไฟฟ้าแห่งประเทศไทย และอาจสูญเสียรายได้จากผู้โดยสาร และทำการตรวจสอบด้านบัญชีได้ยาก

แต่สามารถใช้เป็นระบบเสริมกับระบบขายตั๋วอัตโนมัติ โดยเฉพาะในกรณีที่เครื่องขายตั๋วอัตโนมัติเกิดขัดข้อง หรือในกรณีที่ผู้โดยสารไม่มีเศษเงินสำหรับหยอดซื้อตั๋วจากเครื่องอัตโนมัติ หรือต้องการซื้อตั๋วประเภทประจำหรือประเภทพิเศษ เช่น ตั๋วเดือน เป็นต้น

2) ระบบขายตั๋วผ่านเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ ระบบนี้ในการติดตั้งราคาสูงกว่า แต่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย เหมาะกับที่ที่มีพื้นที่จำกัด เช่น ในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ตั๋วที่ใช้จะมีการบันทึกข้อมูลโดยบันทึกในแถบแม่เหล็ก เพื่อตรวจสอบข้อมูลในการเดินทาง

ระบบนี้จะมีประสิทธิภาพในชั่วโมงเร่งด่วน ไม่มีการสูญเสียรายได้จากผู้โดยสาร และสามารถตรวจสอบด้านบัญชีและสถิติการใช้เส้นทาง/จำนวน ในแต่ละวันได้ง่ายและรวดเร็วกว่า ระบบนี้ประกอบด้วย

1.1. การควบคุมรายรับจากการขายตั๋วที่สถานี

โดยปกติการซื้อขายตั๋วจะกระทำผ่านเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ (Automatic Ticket Vending Machine) ซึ่งจะสามารถบริการผู้โดยสารจำนวนมากได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมและตรวจเช็ดรายรับจากการขายตั๋วได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติจะทำการบันทึกข้อมูลการขายตั๋วไว้ในตัวเครื่องทุกครั้งที่มีการขายตั๋วให้ผู้โดยสาร ในแต่ละวันจะมีการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่เครื่องบันทึกไว้มาเปรียบเทียบกับจำนวนเงินที่รวบรวมได้จริง ซึ่งจำนวนเงินจะต้องถูกต้องตรงกัน เป็นการควบคุมรายรับจากการขายตั๋วได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 เครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ (Automatic Ticket Vending Machine)

เครื่องขายตั๋วโดยสารชนิดใช้เดินทางได้ครั้งเดียว (Single Journey Tickey) จะเป็นเครื่องที่สามารถทอนเงินได้โดยอัตโนมัติ การซื้อตั๋วจากเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ มีขั้นตอนดังนี้

1). กดปุ่มเลือกโซนของสถานีปลายทาง

2). ราคาของตั๋วจะปรากฏให้เห็นบนจอภาพเล็กๆ ที่ติดมากับเครื่องขายตั๋ว

3). ผู้โดยสารหยอดเหรียญ ลงในเครื่องขายตั๋วตามราคาตั๋วที่ปรากฏ

4). เมื่อหยอดเหรียญครบตามราคาตั๋วแล้ว เครื่องขายตั๋วจะปล่อยตั๋วโดยสารออกมา ผู้โดยสารสามารถนำตั๋วดังกล่าวไปใช้ผ่านประตูเข้า - ออกได้

5). ในกรณีที่ผู้โดยสารหยอดเหรียญมากกว่าราคาของตั๋วที่ปรากฏ เครื่องขายตั๋วก็จะทอนเงินส่วนที่เกินออกมาพร้อมกับตั๋วโดยสารด้วย

สำหรับเครื่องขายตั๋วโดยสารชนิดใช้เดินทางได้หลายครั้ง (Mutiple Journey Ticket) เครื่องแบบนี้จะเป็นเครื่องที่สามารถรับธนบัตรได้ แต่ต้องสอดเข้าไปในเครื่องให้ตรงกับราคาค่าตั๋วที่ต้องการซื้อเท่านั้น เพราะเครื่องขายตั๋วชนิดนี้โดยทั่วไปจะถูกออกแบบให้ไม่สามารถทอนเงินส่วนเกินได้

1.3 เครื่องแลกเหรียญ

เพื่อให้บริการแก่ผู้โดยสารที่ไม่มีเหรียญหรือมีไม่เพียงพอ และมีแต่ธนบัตรใช้บริการในการแลกเปลี่ยนธนบัตรเป็นเหรียญ เพื่อจะได้นำเหรียญนั้นไปใช้บริการซื้อตั๋วโดยสารผ่านทางเครื่องซื้อตั๋วอัตโนมัติต่อไป

1.4 ประตูทางเข้าออกอัตโนมัติ (Automatic Gate)

ประตูทางเข้าออกอัตในมัติ จะเป็นแบบบานกั้น (Barrier type) โดยปกติบานกั้นจะอยู่ในตำแหน่งเปิด เมื่อผู้โดยสารสอดตั๋วโดยสารเข้าในประตูแล้ว บานกั้นจะเปิดค้างไว้ให้ผู้โดยสารผ่านเข้าออกได้ แต่ถ้าผู้โดยสารไม่สอดตั๋วหรือใช้ตั๋วปลอมหรือตั๋วชำรุด บานกั้นจะปิดทันที เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้โดยสารผ่านไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 เครื่องตรวจตั๋วโดยสารชนิดมือถือ (Portable Ticket Reader)

เพื่อป้องกันผู้โดยสารบางกลุ่ม ที่อาจจะใช้บริการโดยไม่มีการซื้อตั๋วหรือใช้วิธีการปลอมแปลงตั๋วโดยสาร จึงได้จัดให้มีเจ้าหน้าที่คอยตรวจสอบตั๋วโดยสารในรถเป็นครั้งคราวโดยเจ้าหน้าที่จะใช้เครื่องตรวจตั๋วโดยสารชนิดมือถือ ซึ่งจะมีขีดความสามารถตรวจสอบความถูกต้องของตั๋วได้เช่นเดียวกับเครื่องที่ติดตั้งอยู่ตามสถานี เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมรายรับจากการให้บริการได้อีกวิธีหนึ่ง

1.6 ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องขายตั๋วภายในสถานี

ในห้องควบคุม (Station Operating Room) ของแต่ละสถานีจะมีระบบคอมพิวเตอร์คอยควบคุมและติดตามการทำงานของเครื่องขายตั๋ว โดยจะมีหน้าที่และขีดความสามารถ ดังนี้

1) แสดงสภาพการทำงานของเครื่องขายตั๋วทุกเครื่องในสถานี

2) สั่ง ปิด-เปิด การทำงานของเครื่องขายตั๋วทุกเครื่องได้

3) บันทึกข้อมูลและปัญหาในการใช้งานของเครื่องขายตั๋ว

4) ป้องกันมิให้บุคคลที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องเข้าไปยุ่งเกี่ยวกับระบบควบคุมการทำงานของเครื่องขายตั๋วได้

5) บันทึกและแก้ไขข้อมูลเกี่ยวกับราคาค่าตั๋วโดยสารได้ รวมทั้งสามารถบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับตั๋วโดยสารที่ไม่อนุญาติให้ใช้ได้อีกต่อไป (Ticket Blacklist)

6) เรียกดูและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนตั๋วโดยสารที่ขายไปโดยเครื่องขายตั๋วทุกเครื่องได้

7) พิมพ์รายการแสดงความขัดข้องของเครื่องขายตั๋วทุกเครื่องได้

8) เชื่อมต่อระบบควบคุมกับศูนย์คอมพิวเตอร์รวม (Central Audit Computer) ได้

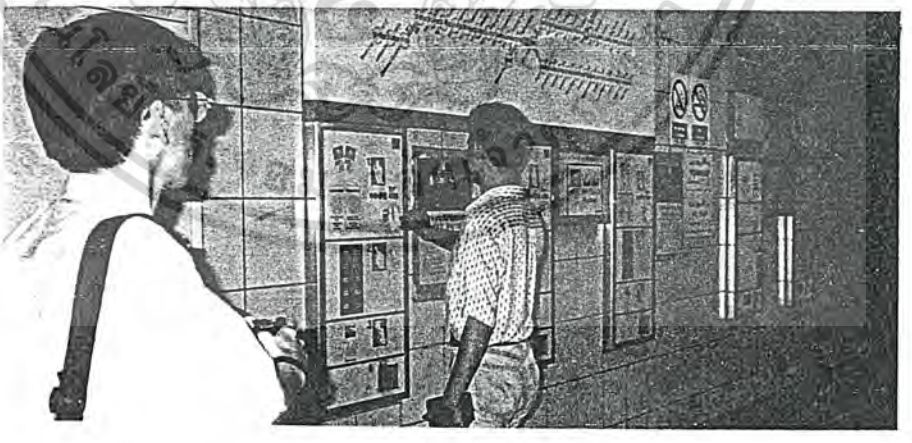
9) จัดทำระบบแฟ้มข้อมูลสำรอง (Data Back-up Facilities)

1.7 ระบบการขนถ่ายเงินจากการจำหน่ายตั๋ว

เจ้าหน้าที่จะขนกล่องเก็บเงินจากเครื่องขายตั๋วทุกเครื่อง โดยใช้รถเข็นซึ่งออกแบบไว้เป็นพิเศษ สำหรับรวบรวมกล่องเก็บเงินหลายๆ กล่องไปเก็บไว้ในห้องเก็บเงิน (Cash Room) ของแต่ละสถานี เพื่อรอการขนส่งไปยังฝ่ายการเงินที่สำนักงานใหญ่ในบริเวณโรงซ่อมบำรุงต่อไป โดยกล่องเก็บเงินดังกล่าวจะถูกออกแบบไว้เป็นพิเศษ เพื่อให้สามารถเปิดกล่องได้ โดยเจ้าหน้าที่ฝ่ายการเงินที่รับ

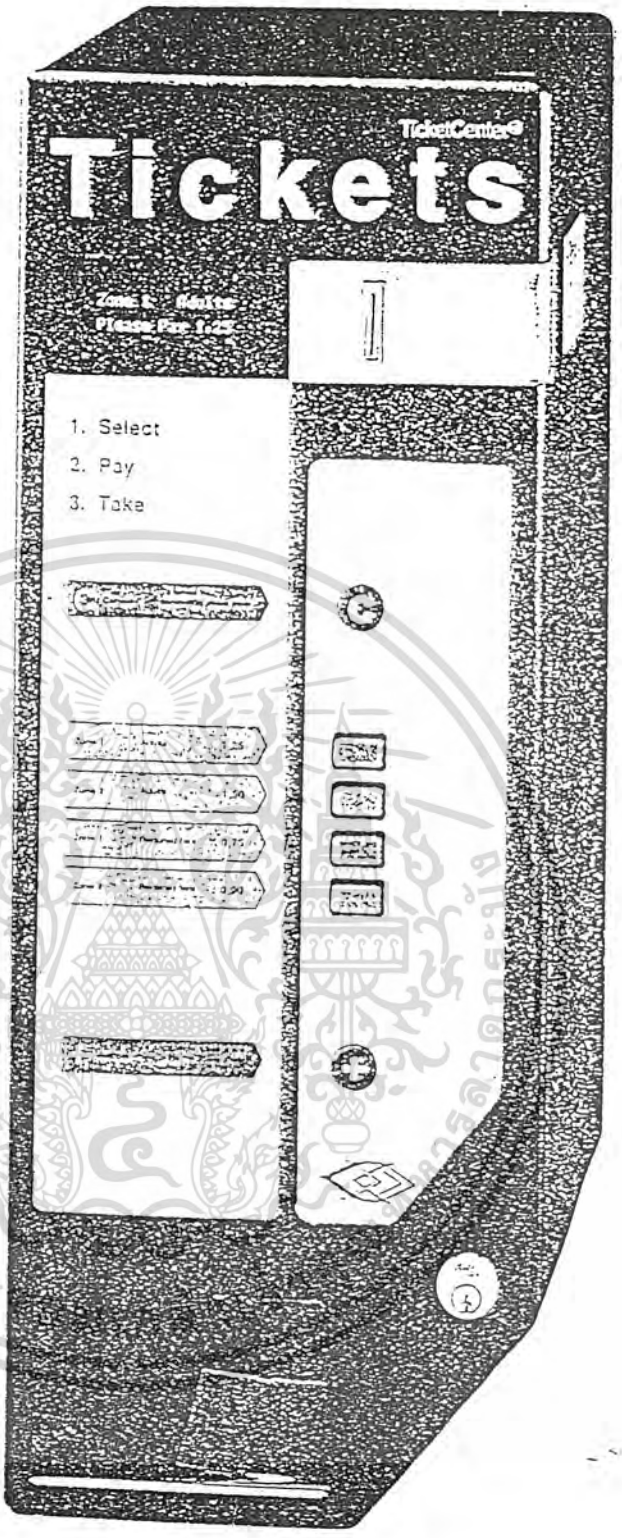
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

รูปที่ 9.1 ตัวอย่างตั๋วโดยสารสำหรับรถไฟฟ้า



รูปที่ 9.2 ตู้ขายตั๋วโดยสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 9.3 เครื่องจำหน่ายตั๋ว

(AUTOMATIC TICKET VENDING MACHINE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

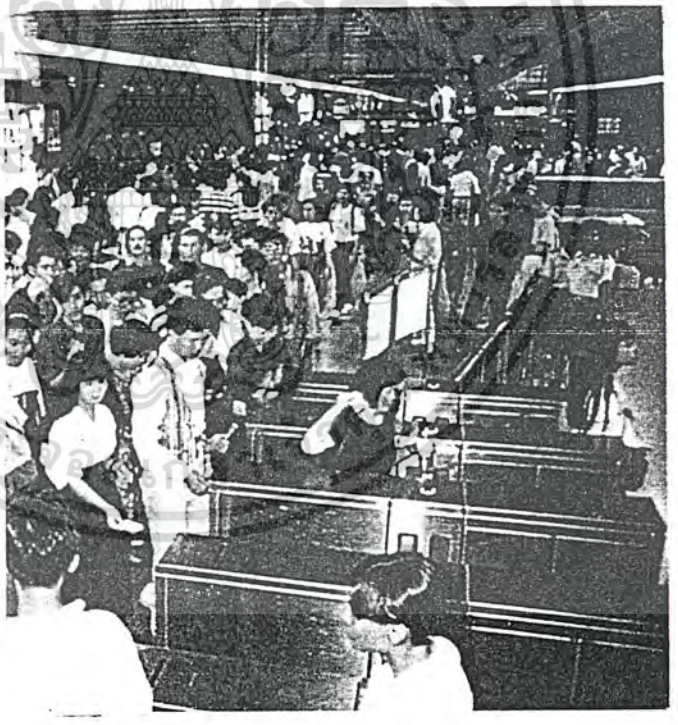
รูปที่ 9.4 ตัวอย่างประตูเข้า - ออกชานชลาสถานีอัตโนมัติ
(AUTOMATIC GATE)

ผิดชอบอยู่ ณ สำนักงานใหญ่เท่านั้น

ในแต่ละวันจะมีขบวนรถไฟฟ้าเที่ยวพิเศษ ซึ่งจะมีตู้รถขนเงินต่อพ่วงมาด้วย เพื่อทำหน้าที่ขนถ่ายกล่องเก็บเงินที่รวบรวมไว้จากห้องเก็บเงินของแต่ละสถานีไปยังสำนักงานใหญ่ ซึ่งที่สำนักงานใหญ่นี้จะมีเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบโดยตรงเท่านั้นเป็นผู้เปิดกล่องเก็บเงิน และจะมีเครื่องตรวจนับเงิน รวมทั้งเครื่องบรรจุเงินลงถุง สำหรับนำไปฝากเข้าธนาคารต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9.5 สถานีใหญ่ๆจะมีประตูเข้าชานชลาจำนวนมาก



รูปที่ 9.6 ประตูทางเข้าชานชลา

2. การสื่อสาร

ใช้เพื่อจุดประสงค์ในการติดต่อสื่อสาร แจ้งข่าวสาร และติดตามตรวจสอบเพื่อความปลอดภัย สามารถแยกเป็นระบบย่อยดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9.7 ระบบขายตั๋วผ่านพนักงานขาย

2.1 ระบบประกาศข่าวสารต่อสาธารณะ (Public Address)

ระบบนี้สามารถประกาศข่าวได้จากศูนย์ควบคุมการเดินรถและสถานี โดยสามารถเลือกประกาศได้ในบางพื้นที่หรือทั่วทั้งพื้นที่ เช่น บริเวณซื้อตั๋วโดยสาร ชานชลา ห้องนายสถานี เป็นต้น แต่ละพื้นที่ในสถานีนั้นๆ จะต้องมีเครื่องขยายเสียง 2 ตัว เป็นอย่างน้อย เพื่อป้องกันเครื่องขยายเสียงตัวใดตัวหนึ่งชำรุด ระบบสายนำสัญญาณจะใช้ Fiber Optic Cable เพื่อป้องกัน Line Failure ในกรณีที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉินระบบนี้จะทำการประกาศเตือน รวมถึงการให้ข้อมูล ซึ่งถูกบันทึกไว้ก่อนล่วงหน้าในการอพยพผู้โดยสารด้วย

2.2 ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit Television)

ระบบนี้จัดไว้เพื่อตรวจดูความปลอดภัยในบริเวณสถานี ชานชลา บริเวณซื้อตั๋วโดยสาร เป็นต้น โดยดูจากศูนย์ควบคุมการเดินรถและที่สถานี และมีจอภาพติดตั้งไว้ในตัวรถด้วย เพื่อดูความปลอดภัยขณะรถไฟฟ้าเข้าออกสถานี

ในขณะที่เกิดเหตุการณ์ฉุกเฉิน กล้องนี้จะสามารถจับภาพเหตุการณ์ดังกล่าวได้โดยอัตโนมัติ และจะบันทึกเหตุการณ์นั้นไว้ด้วยเครื่องบันทึกภาพ

2.3 ระบบการแจ้งเวลา (Clock System)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบรถไฟฟ้าต้องการเวลาเข้าออกที่ค่อนข้างจะแน่นอน ดังนั้นทุกๆ สถานี จะต้องได้รับการแจ้งเวลาที่เหมือนกัน จึงต้องมีการจัดระบบนาฬิกาให้เป็นระบบเดียวกัน โดยมี Master Clock เป็น Reference และ Slave Clock ซึ่งเป็นนาฬิกาที่ได้รับข้อมูลจาก Master Clock อีกที

2.4 ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

1) โทรศัพท์ทั่วๆ ไป เป็นระบบ PABX (Private Automatic Branch Exchange) โดยการติดต่อสื่อสารที่ใช้ระบบโทรศัพท์ภายในห้องควบคุมการเดินรถจะถูกบันทึกเสียงไว้ด้วย

2) โทรศัพท์สายตรงจะถูกจัดไว้ระหว่างห้องปฏิบัติการที่สถานี (Station Operation 's Room) กับศูนย์ควบคุมการเดินรถและระหว่างห้องควบคุมที่โรงซ่อมบำรุงกับศูนย์ควบคุมการเดินรถ

2.5 ระบบวิทยุ (Radio System)

ถูกจัดไว้เพื่อให้ศูนย์ควบคุมการเดินรถ คนขับรถ เจ้าหน้าที่สถานี พนักงานที่ศูนย์ซ่อมบำรุง พนักงานชุดบำรุงรักษาเคลื่อนที่และหน่วยบริการความปลอดภัยติดต่อซึ่งกันและกันได้ โดยข้อความทั้งหมดที่มาจากศูนย์ควบคุมจะถูกบันทึกไว้ทั้งหมด

2.6 การพิจารณาใช้ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ส่วนบุคคลในระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน

การใช้โทรศัพท์มือถือในสถานีรถไฟใต้ดิน อาจทำได้โดยการติดตั้ง base ไว้ที่ระดับของสถานีใต้ดินเพราะถ้าไม่ตั้ง base คงจะรับสัญญาณไม่ได้ เนื่องจากตัวอุโมงค์อยู่ในระดับลึกจากผิวดินมากเกินไปที่สัญญาณจะไปถึง การติดตั้ง base นั้น จะมีส่วนของเครื่องรับคลื่นสัญญาณ ซึ่งประกอบด้วย เสาอากาศ เครื่องแปลงคลื่นสัญญาณมาเป็นกระแสไฟฟ้า เป็นต้น คอยรับคลื่นสัญญาณจากพื้นที่ข้างบนและแปลงเป็นกระแสไฟฟ้าส่งไปยังพื้นที่ในสถานีใต้ดิน ซึ่งจะมีส่วนของเครื่องส่งสัญญาณประกอบด้วย เสาอากาศ เครื่องแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นคลื่นสัญญาณ ทำให้ผู้โดยสารสามารถใช้โทรศัพท์มือถือได้

การติดตั้ง base นั้นอาจจะไม่จำเป็นต้องติดตั้งที่ทุกสถานีรถไฟใต้ดิน ขึ้นกับปัจจัยหลายๆ ด้าน เช่น ระยะทางที่คลื่นสัญญาณสามารถส่งไปได้ ระยะทางระหว่างสถานีรถไฟใต้ดิน สิ่งกีดขวางคลื่นสัญญาณ เช่น ความโค้งของอุโมงค์ ก็ทำให้สัญญาณหักเหหรือเบนไป อาจเกิดคลื่นแทรกซ้อนได้ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ถึงอย่างไรการใช้โทรศัพท์มือถือในขบวนรถไฟฟ้า ก็อาจจะไม่ควรกระทำเพราะคลื่นสัญญาณอาจไปรบกวนระบบติดต่อสื่อสารของเจ้าหน้าที่ขบวนรถและศูนย์ควบคุมได้

3) SCDA (Supervisory Control and Data Acquisition)

เป็นระบบที่ใช้ในการตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบรถไฟฟ้า ยกเว้นเฉพาะการเดินรถไฟฟ้า โดยลักษณะการควบคุมจะเป็นทำนองเดียวกับระบบ Signalling คือ คอมพิวเตอร์จะทำการควบคุมดูแลไปโดยอัตโนมัติแล้วแจ้งผลการดำเนินการ และสถานะของอุปกรณ์ต่างๆ ให้เจ้าหน้าที่ที่ศูนย์ควบคุมทราบเจ้าหน้าที่สามารถเข้าแทรกแซงการดำเนินการของคอมพิวเตอร์ได้ ระบบ SCDA นี้จะมีการบันทึกผลการทำงานของระบบทั้งหมด เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ได้ในภายหลังถึงสาเหตุของความผิดปกติที่เกิดขึ้น ทั้งยังเป็นข้อมูลที่มีประโยชน์สำหรับการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่างๆ หากระบบ SCDA ขัดข้องเจ้าหน้าที่ก็ยังสามารถควบคุมอุปกรณ์เหล่านั้นได้ที่ตัวอุปกรณ์เอง

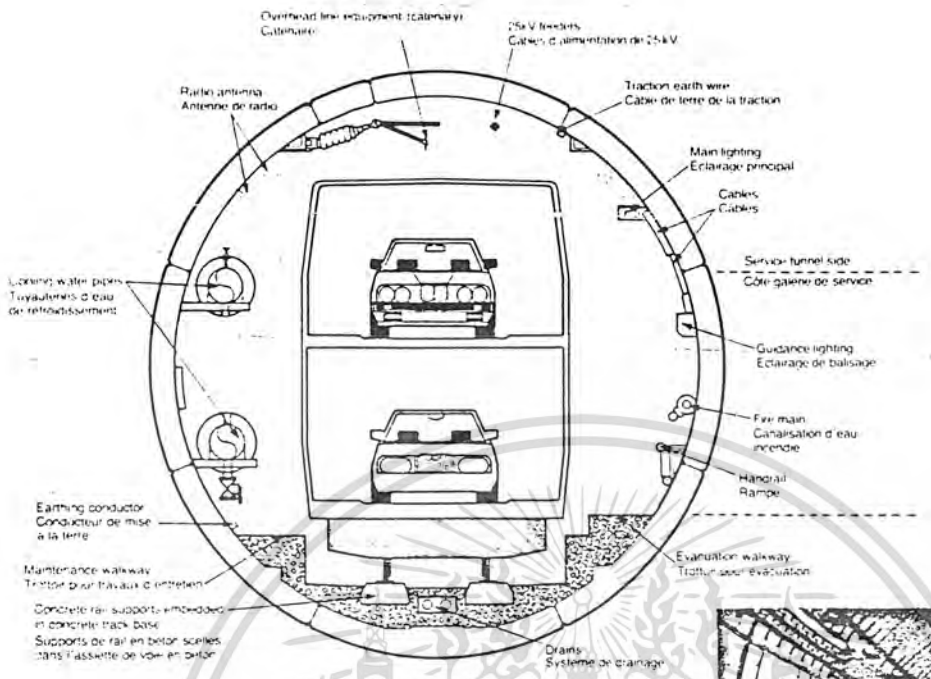
อุปกรณ์ต่างๆ ที่ควบคุมโดยระบบ SCDA ประกอบด้วย

- FIRE ALARM AND FIRE PROTECTION SYSTEMS
- AUXILIARY POWER SUPPLIES
- EMERGENCY LIGHTING SYSTEMS
- ESCALATORS หรือ LIFTS
- PUMPING SYSTEMS
- AUTOMATIC FARE COLLECTION EQUIPMENT
- TELECOMMUNICATION SYSTEMS
- ENVIRONMENTAL CONTROL SYSTEMS EQUIPMENT
- EMERGENCY GENERATOR
- TRACTION POWER SUBSTATIONS
- UTILITIES METERING

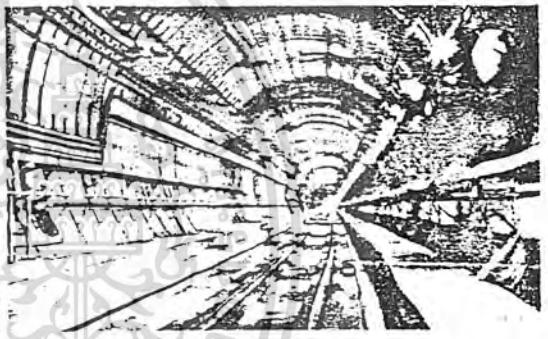
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9.8 แสดงห้องควบคุม SCDA (Supervisory Control and Data Acquisition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

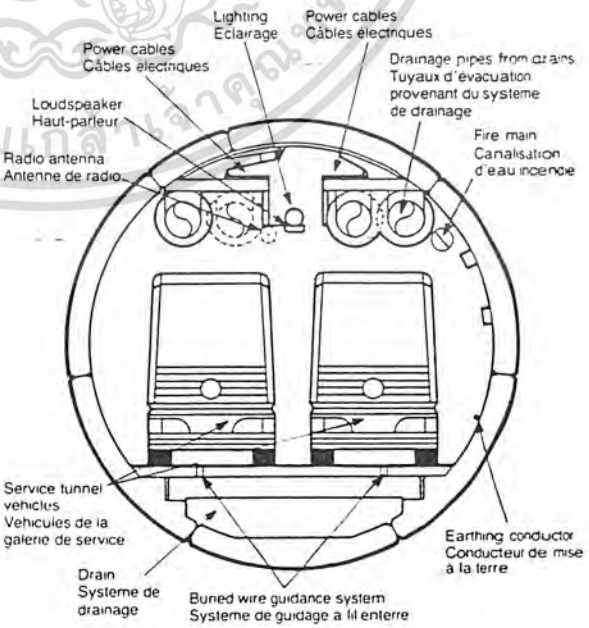


Section through a rail tunnel showing installations
Coupe d'un tunnel ferroviaire montrant les installations



A rail tunnel with permanent track, pipework and catenary installed
Tunnel ferroviaire montrant la voie permanente, la tuyauterie et la caténaire

The service tunnel, which provides access to the two rail tunnels
Galerie de service qui donne accès aux deux tunnels ferroviaires



Section through the UK service tunnel showing installations
Coupe de la galerie de service, côté britannique, montrant les installations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 9.9 แสดงระบบต่างๆใน Rail tunnel และ Service tunnel

สถานีรถไฟใต้ดิน

มหานครใหญ่ๆ ของโลกมักมีปัญหาการจราจรติดขัด เนื่องจากมีผิวการจราจรไม่เพียงพอ และไม่มีที่ว่างสำหรับตัดถนนเพิ่มอีกแล้ว ดังนั้นนักวางผังเมืองจึงสร้างระบบรถไฟใต้ดินขึ้นเพื่อให้การเดินทางเข้าเมืองและภายในตัวเมืองสะดวกรวดเร็วยิ่งขึ้น

ผู้ใช้บริการรถไฟใต้ดินจะใช้ระบบโครงข่ายอุโมงค์ โดยเข้าทางสถานีรถไฟใต้ดินซึ่งมีหลายแห่ง ผู้โดยสารจะเดินทางถึงจุดหมายปลายทางด้วยรถไฟซึ่งแล่นไปตามอุโมงค์อย่างรวดเร็ว แล้วออกมาสู่แสงภายนอกคล้ายตัวตุ่นที่โผล่ออกมาจากโพรง รถไฟใต้ดินดูเหมือนเป็นประดิษฐกรรมสมัยใหม่ แต่อันที่จริงได้เปิดบริการเป็นครั้งแรกเมื่อกว่า 125 ปีมาแล้วที่กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ

ทางเข้าจากถนน
บันไดจากถนนเข้าสู่สถานีจะกว้างพอสำหรับฝูงชนจำนวนมากในชั่วโมงเร่งด่วน ป้ายที่เห็นได้ชัดเจนแห่งทางเข้าแสดงให้ผู้โดยสารทราบว่าจะเข้าสถานีได้ตรง

โทรศัพท์
สถานีรถไฟใต้ดินส่วนใหญ่จะมีโทรศัพท์สาธารณะไว้บริการ

ห้องควบคุม
เจ้าหน้าที่ในห้องควบคุมตรวจสอบการเดินทางของรถไฟแต่ละขบวนจากแผงควบคุมการเดินรถ และสามารถตรวจดูจุดต่างๆ ในสถานีทางโทรทัศน์วงจรปิดว่ามีปัญหาขัดข้องหรือไม่

สถานีไฟฟ้าย่อย
สถานีไฟฟ้าย่อยจำนวน 114 แห่ง จ่ายไฟฟ้าให้กับขบวนรถที่แล่นไปตามราง

พัดลมระบายอากาศ
พัดลมระบายอากาศขนาดใหญ่กว่า 100 เครื่อง จะคอยดูดอากาศบริสุทธิ์เข้าสู่ระบบโครงข่ายอุโมงค์รถไฟใต้ดิน

โครงสร้างของอุโมงค์
อุโมงค์รถไฟใต้ดินหลายแห่งสร้างด้วยเหล็กหล่อยึดติดกันเป็นท่อยาว อุโมงค์บางช่วงอาจไม่ได้สร้างเป็นท่อยาวเช่นนี้ เช่น ช่วงที่อยู่ใกล้ผิวดิน อาจขุดเป็นคูลึก แล้วปิดทับด้านบนด้วยแผ่นคอนกรีต

เก็บตั๋ว
เมื่อผู้โดยสารเดินทางถึงจุดหมายปลายทางและจะออกจากสถานี ประตูอัตโนมัติจะเก็บตั๋วที่ผู้โดยสารสอดเข้าไปในเครื่อง โดยที่บนตั๋วมีแถบแม่เหล็กบันทึกราคาตั๋วและสถานีต้นทางไว้ ผู้โดยสารที่เดินทางเกินระยะของตั๋วจะผ่านประตูอัตโนมัติออกมาไม่ได้จนกว่าจะเสียค่าโดยสารเพิ่มเสียก่อน

สายเคเบิลไฟฟ้า
รถไฟใต้ดินยุคแรกใช้เครื่องจักรไอน้ำ แต่ทุกวันนี้รถไฟใต้ดินทั้งหมดใช้พลังงานไฟฟ้า รถไฟใต้ดินแห่งกรุงลอนดอนมีสถานีจ่ายไฟฟ้าของตัวเอง ซึ่งสามารถจ่ายไฟฟ้าสำหรับเมืองที่มีประชากร 200,000 คนทีเดียว

อุโมงค์เชื่อม
อุโมงค์เชื่อมระหว่างอุโมงค์รถไฟทั้งสองข้าง เป็นทางรับอากาศบริสุทธิ์ให้ขบวนรถไฟที่วิ่งสวนทางกัน

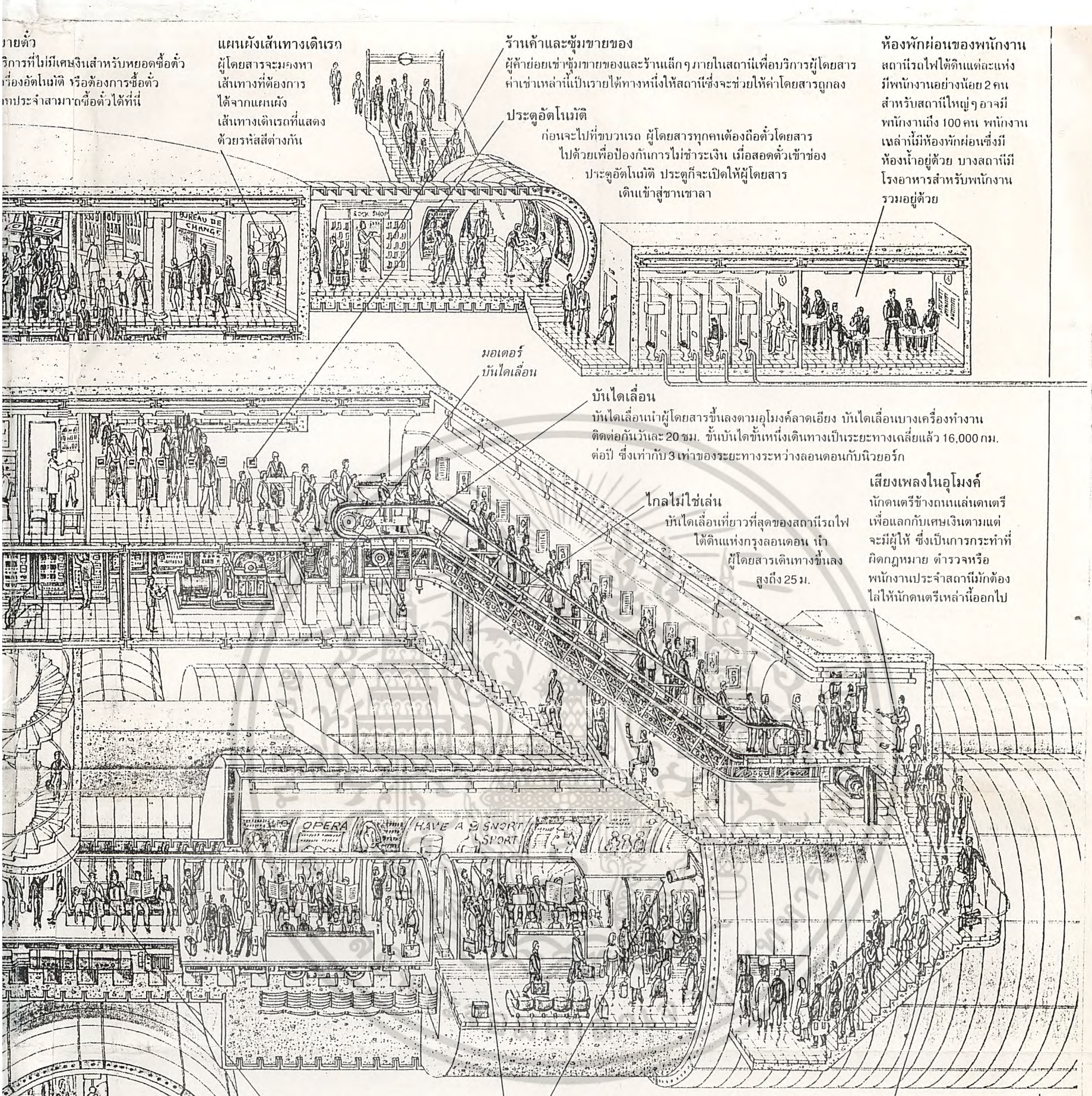
จอแจ้งเวลาเดินรถ
จอที่มีแสงไฟสว่างจะแจ้งเวลาขบวนรถโดยสารเที่ยวต่อไป

ราง
เพื่อป้องกันไฟฟ้าดูด

รางรถไฟ
นอกจากรางรถไฟคู่หนึ่งที่รองรับล้อรถไฟแล้ว ยังมีรางอีกคู่หนึ่งสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้า 630 โวลต์ให้กับขบวนรถ

ความลึกของอุโมงค์
อุโมงค์รถไฟใต้ดินอยู่ลึกลงไปประมาณ 25 ม. แต่รถใต้ดินบางสายอยู่ไม่ลึกเท่านี้ ส่วนมากจะอยู่ลึกลงไปไม่เกิน 7.5 ม. รถไฟใต้ดินแห่งกรุงลอนดอนไม่ได้อยู่ใต้ดินตลอดเส้นทาง เมื่อออกนอกเมืองออกไป ขบวนรถจะแล่นอยู่บนผิวดินเหมือนรถไฟธรรมดา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น



ายตั๋ว
ริการที่ไม่มีเศษเงินสำหรับหยอดซื้อตั๋ว
เครื่องอัตโนมัติ หรือต้องการซื้อตั๋ว
เทประจำสามารถซื้อตั๋วได้ที่นี่

แผนผังเส้นทางเดินรถ
ผู้โดยสารจะมองหาเส้นทางที่ต้องการได้จากแผนผังเส้นทางเดินรถที่แสดงด้วยรหัสสีต่างกัน

ร้านค้าและซุ้มขายของ
ผู้ค้าย่อยเช่าซุ้มขายของและร้านเล็กๆ ภายในสถานีเพื่อบริการผู้โดยสาร ค่าเช่าเหล่านี้เป็นรายได้ทางหนึ่งให้สถานีซึ่งจะช่วยให้ค่าโดยสารถูกลง

ประตูอัตโนมัติ
ก่อนจะไปที่ขบวนรถ ผู้โดยสารทุกคนต้องถือตั๋วโดยสารไปด้วยเพื่อป้องกันการไม่ชำระเงิน เมื่อสอดตั๋วเข้าช่องประตูอัตโนมัติ ประตูก็จะเปิดให้ผู้โดยสารเดินเข้าสู่ชานชาลา

ห้องพักผ่อนของพนักงาน
สถานีรถไฟใต้ดินแต่ละแห่งมีพนักงานอย่างน้อย 2 คน สำหรับสถานีใหญ่ๆ อาจมีพนักงานถึง 100 คน พนักงานเหล่านี้มีห้องพักผ่อนซึ่งมีห้องน้ำอยู่ด้วย บางสถานีมีโรงอาหารสำหรับพนักงานรวมอยู่ด้วย

มอเตอร์
บันไดเลื่อน

บันไดเลื่อน
บันไดเลื่อนนำผู้โดยสารขึ้นลงตามอุโมงค์ลาดเอียง บันไดเลื่อนบางเครื่องทำงานติดต่อกันวันละ 20 ชม. ขั้นบันไดขั้นหนึ่งเดินทางเป็นระยะทางเฉลี่ยแล้ว 16,000 กม. ต่อปี ซึ่งเท่ากับ 3 เท่าของระยะทางระหว่างลอนดอนกับนิวยอร์ก

ไกลไม่ใช่เล่น
บันไดเลื่อนที่ยาวที่สุดของสถานีรถไฟใต้ดินแห่งกรุงลอนดอน นำผู้โดยสารเดินทางขึ้นลงสูงถึง 25 ม.

เสียงเพลงในอุโมงค์
นักดนตรีข้างถนนเล่นดนตรีเพื่อแลกกับเศษเงินตามแต่จะมีผู้ให้ ซึ่งเป็นการกระทำที่ผิดกฎหมาย ตำรวจหรือพนักงานประจำสถานีมักต้องไล่ให้นักดนตรีเหล่านี้ออกไป

บันไดฉุกเฉิน
สถานีบางแห่งมีทันไดฉุกเฉินเพื่อให้ผู้โดยสารหนีออกมาได้หากเกิดไฟไหม้ขวางบันไดเลื่อน นอกจากนี้ยังมีบันไดพิเศษสำหรับเข้าไปบำรุงรักษาส่วนต่างๆ ของสถานี

ประตูเลื่อน
ประตูเลื่อนจะเปิดออกเมื่อขบวนรถมาถึงสถานี และรถไฟจะเคลื่อนขบวนไปไม่ได้จนกว่าประตูทุกบานจะปิดสนิทเสียก่อน เพื่อความปลอดภัยของผู้โดยสาร

ตู้โดยสาร
ตู้โดยสารรถไฟใต้ดินรุ่นใหม่ๆ สามารถบรรทุกผู้โดยสารยืนได้ 100 คน และนั่งได้ 37 คน รถไฟแต่ละขบวนมีผู้โดยสาร 8 ตู้ สามารถขนส่งผู้โดยสารได้ราว 1,100 คน

มองตัวเองในทีวี
พนักงานขับรถไฟใต้ดินต้องดูแลให้แน่ใจว่าผู้โดยสารทุกคนขึ้นรถแล้ว ทางสถานีจึงติดตั้งกล้องโทรทัศน์วงจรปิดถ่ายภาพฝูงชนที่ก้าวขึ้นลงรถ เพื่อให้พนักงานขับรถมองเห็นทางจอทีวีที่อยู่สุดปลายด้านหนึ่งของชานชาลาใกล้กับที่นั่งคนขับ

บริเวณที่ยืน
ที่นั่งในขบวนรถไม่เพียงพอสำหรับผู้โดยสารทุกคน ดังนั้นผู้โดยสารจำนวนมากจึงต้องยืนโดยเฉพาะในการเดินทางช่วงสั้นๆ ผู้โดยสารที่ยืนสามารถใช้มือจับห่วงที่ติดกับราวไว้เพื่อไม่ให้ล้มเมื่อรถออกวิ่งหรือหยุด

บันได
สถานีส่วนมากจะมีบันไดให้ผู้โดยสารเดินขึ้นลงสู่ชานชาลาอีกทอดหนึ่ง

ข้อมูลสำคัญ
รถไฟใต้ดินแห่งกรุงลอนดอน

ความยาวของรางทั้งระบบ	408 กม.
ความยาวของรางใต้ดิน	167 กม.
ความเร็วเฉลี่ยของขบวนรถ	33 กม./ชม.
อุโมงค์ที่ลึกที่สุด	67.4 ม.ใต้ผิวดิน
ผู้ใช้บริการต่อปี	765 ล้านคน
จำนวนสถานีรถไฟใต้ดิน	272 แห่ง
จำนวนผู้โดยสารในสถานีที่จอแจที่สุด	200,000 คนต่อวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
กรณีกรุงเทพฯ

บทนี้จะกล่าวถึงงานระบบในกรณีของกรุงเทพฯโดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแนวเส้นทาง ส่วนที่สองข้อจำกัดในการออกแบบในกรณีศึกษากรณีนี้ และส่วนสุดท้ายก็คือ งานระบบต่างๆในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินในกรณีกรุงเทพฯ

1. แนวเส้นทาง

แนวเส้นนี้ไม่เป็นแนวเส้นทางตามแนวคิดของProf. Dr. Felix E.H. Haser แห่งสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยเสนอเป็นระบบใต้ดินทั้งหมดดังนี้

แนวที่ 1 จากอู่ซ่อมรถบริเวณสถานีขนส่งสายใต้ใหม่ มาตามแนวถนนบางกอกน้อยนครชัยศรี ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานกรุงธน แล้วมาตามแนวถนนราชวิถี ถนนดินแดง ถนนพระราม 9 เข้าถนนรามคำแหง ไปสิ้นสุดบริเวณมีนบุรี

แนวที่ 2 จากอู่ซ่อมรถบริเวณสถานีขนส่งสายใต้ใหม่ มาตามแนวถนนปิ่นเกล้า ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพระปิ่นเกล้าแล้วมาตามถนนพระราม 4 แล้วขึ้นตามแนวถนนรัชดาภิเษก แล้วแยกขนานกับถนนพหลโยธินบริเวณกรมส่งเสริมการส่งออก ไปสิ้นสุดบริเวณอนุสรณ์สถาน

แนวที่ 3 จากบริเวณจัตุจักรมาตามแนวถนนลาดพร้าว แล้วตามแนวถนนศรีนครินทร์ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณด้านใต้ โรงเรียนนายเรือมาตามแนวถนนสุขสวัสดิ์ถนนพระเจ้าตากสินข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณสะพานพุทธมาตามสนามหลวง เข้ามาตามแนวถนนสามเสน ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณเหนือสะพานกรุงธน ขนานกับแนวถนนจรัสสนิทวงศ์ ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณ สะพานพระราม 6 แล้วไปยังนนทบุรี

แนวที่ 4 จากบริเวณจัตุจักรมาตาม ถนนพหลโยธิน บางซื่อ ข้ามแม่น้ำเจ้าพระยาบริเวณด้านใต้สะพานพระราม 6 มาตามแนวถนนจรัสสนิทวงศ์ตัดกับแนวที่ 3 แล้วมาตามแนวถนนจรัสสนิทวงศ์ แล้วบรรจบแนวที่ 3 ใหม่บริเวณเชิงสะพานกรุงเทพ

โดยแสดงแนวเส้นทางไว้ในรูปที่ 10.1

2. ข้อจำกัดในการออกแบบงานระบบของกลุ่มผู้จัดทำในกรณีกรุงเทพฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1). เนื่องจากไม่มีข้อมูล traffic analysis และปัจจัยอื่นๆ เช่น การใช้การขนส่งระบบอื่นในการเดินทางต่อ และการยินยอมของเจ้าของที่ดิน ข้อมูลน้ำท่วมในแต่ละบริเวณ เป็นต้น จึงใช้หลักกำหนดตำแหน่งสถานีได้คร่าวๆ ดังนี้

1.1 ตามทางร่วม (จุดตัด) ของเส้นทางตั้งแต่ 2 เส้นทาง

1.2 แต่ละสถานีควรอยู่ห่างกันประมาณ 800 - 1,200 m. ล

2) จะอิงข้อมูลการเดินรถและให้บริการตามข้อมูลขององค์การรถไฟฟ้ามหานคร ดังนี้

2.1 ความสามารถขนคนได้สูงสุด 50,000 คน/ชั่วโมง/ทิศทาง

2.2 ประมาณ 4-6 นาที มีขบวนรถไฟฟ้าวิ่ง 1 ขบวนในหนึ่งทิศทาง

3) จากข้อมูลข้างต้นทำให้ไม่สามารถกำหนดลงไปได้ว่าในแต่ละสถานีจะมีปริมาณผู้โดยสารใช้บริการประมาณกี่คน จึงใช้ข้อมูลจากข้อ 2 คือ ประมาณผู้โดยสารจากเส้นทางเป็นหลัก คือในหนึ่งเส้นทางมี 2 ทิศทาง ก็จะให้บริการให้ผู้โดยสารได้สูงสุดประมาณ 100,000 คน/ชั่วโมง ถ้าสถานีที่อยู่ตำแหน่งจุดตัด 2 เส้นทางก็จะให้บริการผู้โดยสารได้สูงสุดประมาณ 200,000 คน/ชั่วโมง

4) จากข้อ 3 จึงแบ่งสถานีตามปริมาณจำนวนผู้โดยสาร ในกรณีศึกษาในที่นี้ได้ 2 แบบ คือ

สถานีหลัก คือ สถานีที่ใช้ขนส่งผู้โดยสารได้ประมาณ 200,000 คน/ชั่วโมง

สถานีย่อย คือ สถานีที่ใช้กระจายผู้โดยสารจะให้บริการสูงสุดได้ 100,000 คน/ชั่วโมง

5) ในที่นี้สมมุติตัวห้องโถงของสถานีอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 13-16 m. ส่วนตัวชานชลาอยู่ที่ระดับความลึกประมาณ 20-25 m.

3. งานระบบสำหรับกรณีรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพฯ

3.1 ระบบปรับอากาศ

ใช้เป็นระบบน้ำและอากาศ (water - air systems) ทั้งนี้เพราะระบบน้ำและอากาศนี้ได้นำลักษณะเด่นของระบบอากาศล้วน คือ ความสามารถในการควบคุมปริมาณความชื้น และระบบน้ำล้วน คือ ขนาดท่อและอุปกรณ์มีขนาดเล็กกว่าแบบอื่น จึงใช้พื้นที่การติดตั้งน้อยกว่า ส่วนระบบของการติดตั้งจะใช้เป็นระบบศูนย์กลาง (central station) ซึ่งเป็นระบบที่ส่วนประกอบต่างๆ ได้รวมอยู่ในห้องเครื่องหลักและจะส่งอากาศที่ถูกปรับสภาวะแล้วผ่านตามท่อเข้าสู่ในพื้นที่ ซึ่งพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ที่ปรับอากาศนี้จะเป็นส่วนชั้นห้องโถง ส่วนวิธีการต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้ากับระบบท่อจะใช้วิธีสองท่อกลับย้อน ดูรูปที่ 2.5 เพราะจะมีสมดุลย์ของอัตราการไหลของระบบดีกว่า

3.2 ระบบระบายอากาศ

จะใช้แบบ mechanical ventilation โดยมีพัดลมดูดอากาศ เป็นชนิดแอ็กเซียล ชนิดใบดัดลม ซึ่งถ้าอุโมงค์อยู่ตามเส้นทางของถนนข้างบน ปล่องสำหรับดูดอากาศดีเข้ามาสู่ตัวอุโมงค์ ก็อาจติดตั้งบริเวณเกาะกลางถนน โผล่ส่วนช่องดูดอากาศไว้เหนือดินโดยจะต้องก่อสร้างให้สูงกว่าระดับน้ำท่วมสูงสุดในบริเวณนั้น โดยปล่องนี้จะดูดอากาศเข้าสู่ตัวอุโมงค์โดยตรง โดยปล่องนี้จะมีใกล้ๆ บริเวณของตัวสถานี หรืออาจจะมีที่ระหว่างสถานีในกรณีที่อุโมงค์ยาวกว่าปกติ (คือระยะห่างของสถานีนั้นตั้งแต่ประมาณ 900 m.ขึ้นไปจะมีปล่องดูดอากาศเข้าอโมงค์รถไฟฟ้า) สำหรับอากาศตามท้องถนนที่ดูดเข้าสู่ตัวอุโมงค์ใต้ดินนั้น อาจจะไม่สะอาดเท่าที่ควรอาจต้องมีการติดตั้งตัวกรองอากาศ(ชนิดแห้ง) ในปล่องสำหรับดูดอากาศด้วย

3.3 ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าหลักจะได้มาจาก 2 แหล่งที่เป็นอิสระต่อกัน คือรับ 69 KVAC จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต มาแปลงไฟฟ้าเป็นไฟขนาด 24 KVAC ที่ traction step-down substations ที่ตัวอู่ซ่อมบริเวณสถานีขนส่งสายใต้ใหม่ และส่งมาตามอุโมงค์ ส่วนอีกแหล่งรับโดยตรงในแต่ละสถานีจากการไฟฟ้านครหลวงขนาด 24 KVAC แล้วจะเลือกใช้แหล่งใดแหล่งหนึ่งมาจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์ต่างรวมทั้งแปลงเป็นไฟ DC 750 V จ่ายไปตาม Contract Rail ทุกสถานี ในแต่ละสถานีเองจะมี traction step-down substations ของตัวเอง

ทุกสถานีจะมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสำรองของตัวเอง โดยจะทำงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้องไม่สามารถทำงานได้ตามปกติทั้งสองแหล่ง โดยจะจ่ายให้กับอุปกรณ์สำคัญเช่น ระบบระบายอากาศ ระบบขายตั๋ว ระบบจ่ายไฟให้กับขบวนรถ ระบบสื่อสารต่างๆที่จำเป็น รวมทั้งระบบควบคุมในสถานี

3.4 ระบบการจ่ายน้ำ

จากท่อประปาสาธารณะจะเก็บน้ำไว้ในถังเก็บน้ำก่อน แล้วจ่ายลงตามท่อเข้าสู่เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ใช้น้ำต่างๆ คล้ายกับการจ่ายน้ำให้ตามห้องใต้ดินของอาคารทั่วๆไป (โดยมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น รวมทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันได้มาจากสองแหล่ง คือ ความดันในท่อเมนประปาของกรุงเทพฯประมาณ 2 บาร์ และความดันอีกส่วนเนื่องจากความสูงในที่นี้อยู่ที่ระดับ 10 m. หรือ 1 บาร์ รวมสองแหล่งได้ประมาณ 3 บาร์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องติดวาวล์ลดความดันที่ท่อเมนของระบบ) แต่ห้องน้ำตามสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น จะตั้งอยู่บริเวณชั้นบนๆ ของสถานีจะไม่อยู่ในระดับชานชลาหรืออุโมงค์ เนื่องจากเหตุผลทางการระบายน้ำและเหตุผลทางด้านความปลอดภัย ส่วนความต้องการน้ำใช้ของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินในกรุงเทพฯ นั้นขึ้นกับปริมาณผู้โดยสารที่ใช้บริการอาจจะศึกษาจากข้อมูลเดิมของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่ต่างประเทศว่า รองรับปริมาณคนเท่าใดมีคนใช้น้ำเท่าใด แล้วนำข้อมูลนั้นมาประกอบในการหาปริมาณน้ำที่ต้องการต่อไป

3.5 ระบบระบายน้ำ

ในกรุงเทพฯ ซึ่งเกิดน้ำท่วมขังตามถนนได้ถ้าเกิดฝนตกหนัก นับเป็นปัญหาหนึ่งสำหรับทางลงสู่สถานีใต้ดิน ในกรณีนี้อาจป้องกันได้โดยทำเป็นลักษณะบันไดขึ้นไปก่อนให้สูงเลยพอที่จะป้องกันน้ำเข้าทางลงสถานีได้ แล้วค่อยเป็นบันไดลงปกติสู่ชานพัก ที่ชานพักนี้มีรางน้ำคอยดักน้ำที่เกินเข้ามาแล้วให้ไหลลงบ่อพัก เมื่อระดับน้ำขังภายนอกหลังแล้วจึงสูบออกไป จากชานพักนี้ก็เป็นบันไดลงสู่สถานีด้านล่างต่อไป ส่วนน้ำทิ้งจากห้องน้ำจะรวมเข้าบ่อพักด้านล่างก่อน แล้วทำการสูบขึ้นไปเข้าถังบำบัดสำเร็จรูปที่ด้านบน ซึ่งสามารถปล่อยน้ำทิ้งจากการบำบัดแล้วให้เข้าสู่ท่อระบายน้ำสาธารณะได้เลย ส่วนการระบายน้ำที่ซึมเข้ามาในอุโมงค์ จะให้น้ำซึมและไหลเข้าทางช่องระบายน้ำด้านข้าง เข้าสู่ช่องระบายน้ำตามยาวไหลไปตามความลาดเอียงของอุโมงค์ไปสู่จุดที่ทำการปั๊มน้ำนั้นออกซึ่งอยู่ที่ตัวสถานี (ดูรูปที่ 5.1 และ 5.14)

3.6 ระบบขนส่งผู้โดยสาร

ทางลงสู่ตัวสถานีจะเป็นบันไดธรรมดาก่อน ถัดลงไปเรื่อยๆ จะเป็นบันไดเลื่อนคู่ไปกับบันไดธรรมดา ที่ใช้บันไดธรรมดาด้วยเพราะช่วยเสริมในชั่วโมงเร่งด่วน (ดูรูปที่ 8.10) ส่วนลักษณะการติดตั้งจะใช้แบบกากบาทไขว้กัน (ดังรูปที่ 8.5) เพราะราคาถูกกว่า สิ้นเปลืองเนื้อที่น้อยกว่าแบบขนาน จะจัดให้มีบันไดเลื่อนลงไปถึงระดับของชานชลาหรือตัวอุโมงค์ เพื่อความสะดวกของผู้โดยสารรถไฟฟ้า และในบางสถานีที่มีปริมาณคนมากอาจจัดให้มีลิฟต์เพิ่มขึ้น แต่เป็นลิฟต์เอนกประสงค์ ใช้ขนทั้งผู้โดยสารและสิ่งของ จะมีความลึกมากกว่าความกว้าง ซึ่งสามารถให้บริการกับผู้พิการนั่งรถเข็น หรือขนเตียงผู้ป่วยได้ในกรณีฉุกเฉิน เช่น สถานีย่อยบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น
ไม่ว่ากรณีใดๆ จะนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ หรือหาประโยชน์ในเชิงธุรกิจมิได้ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 ระบบป้องกันไฟและระบบดับเพลิง

ในการตรวจสอบเพลิงไหม้จะใช้อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ กับบริเวณในห้องเครื่องจักรต่างๆ ห้องน้ำ และใช้อุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบใช้แสง กับบริเวณห้องโถงผู้โดยสาร ห้องขายตั๋ว ทางเดิน ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องสื่อสาร เป็นต้น (ดูรูปที่ 7.2) และจะมีชุดอุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ ติดตั้งตามจุดที่สามารถเห็นได้ง่ายๆ (ดูรูปที่ 7.3)

ระบบดับเพลิงจะไม่ใช้น้ำในการดับเพลิง เพราะจะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าหรือระบบไฟฟ้าซึ่งเชื่อมโยงกับระบบอื่นๆ อยู่ได้ จะใช้พวกสารเคมี พวก Halon 1301 ซึ่งเมื่อทำการฉีดออกมาจะเป็นก๊าซ ไม่เป็นอันตรายต่อผู้โดยสารและเครื่องมือต่างๆ การติดตั้งดูตัวอย่างได้จากรูปที่ 7.19 ในบางจุดและตามทางออกฉุกเฉินหรือตามจุดแจ้งไฟไหม้ด้วยมือ ควรมีระบบดับเพลิงประเภทมือถือไว้ด้วย เป็นประเภทที่คนไทยคุ้นเคยคือเป็น Dry chemical และตามสถานีจะมีช่องทางหนีไฟ โดยจะเป็นช่องเปิดต่างห่างไม่เกี่ยวกับช่องเปิดอื่นๆโดยสามารถเปิดได้ทิศทางเดียวจากภายในและจะต้องมีพัดลมอัดอากาศ(ไม่ใช้พัดลมเดียวกับระบบระบายอากาศ)ลงไปในช่องหนีไฟนี้ ส่วนในตัวอุโมงค์ควรเป็นระบบอุโมงค์คู่โดยแต่ละอุโมงค์จะมีรางหนึ่งคู่ทั้งนี้เพื่อมี crosspassageways เชื่อมระหว่างตัวอุโมงค์ เพื่อในกรณีเกิดเพลิงไหม้หรืออุบัติเหตุในอุโมงค์ก็สามารถใช้อีกอุโมงค์หนีออกมาสู่ที่ปลอดภัย และเพื่อตัดปัญหาการสร้างช่องเปิดเพื่อการหนีไฟในอุโมงค์กระจายตลอดเส้นทาง (NFPA 130 กำหนดไว้ว่าทางหนีไฟควรอยู่ห่างกันมากที่สุดไม่เกิน 1,250 ft หรือ 381 m)

3.8 ระบบอื่น ๆ

3.8.1 ระบบจำหน่ายตั๋ว

ระบบหลักจะขายตั๋วผ่านเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ แต่ถ้าผู้โดยสารไม่มีเหรียญสำหรับใช้บริการกับเครื่อง อาจจะต้องมีเครื่องแลกเงินอัตโนมัติแยกออกมาอีก แต่สำหรับในประเทศไทยค่าแรงยังไม่สูงมากนัก อาจจะให้มีพนักงานขายมาช่วยเสริมในการขายตั๋ว และจะมีประตูทางเข้าออกอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 9.2 และ 9.4) และเครื่องตรวจตั๋วแบบมือถือเพื่อให้พนักงานนายตรวจคอยตรวจบนขบวนรถ

3.8.2 ระบบสื่อสาร

1) การประกาศแจ้งข่าวสาร (Public Address) บริเวณซื้อตั๋วโดยสาร ชานชลา เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2). ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit Television) เพื่อตรวจสอบดูความปลอดภัยทั่วไปและไว้บนขบวนรถเพื่อให้พนักงานขับรถทราบว่าผู้โดยสารขึ้นขบวนรถหมดแล้วหรือยัง

3). ระบบการแจ้งเวลา (Clock System) ทุกๆ สถานีต้องได้รับการแจ้งเวลาที่เหมือนกัน เพราะเป็นระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ที่มีเวลาเข้าออกของขบวนรถที่ค่อนข้างแน่นอน จึงต้องจัดระบบนาฬิกาให้ตรงกัน โดยมี Master Clock เป็นมาตราฐาน (อยู่ที่อู่ซ่อมใหญ่) และมี Slave Clock (แต่ละสถานีจะมีเป็นของตนเอง) เป็นนาฬิกาที่ได้รับข้อมูลจาก Master Clock อีกที

4). ระบบโทรศัพท์ (Telephone System) จะมีโทรศัพท์ทั่วๆไป เป็นระบบ PABX และโทรศัพท์สายตรงซึ่งถูกจัดไว้ระหว่างห้องปฏิบัติการที่สถานีกับศูนย์ควบคุมการเดินรถและระหว่างห้องควบคุมที่โรงซ่อมบำรุงกับศูนย์ควบคุมการเดินรถ ส่วนการใช้โทรศัพท์มือถือควรหลีกเลี่ยงเพราะอาจไปรบกวนคลื่นสัญญาณการติดต่อของเจ้าหน้าที่ได้

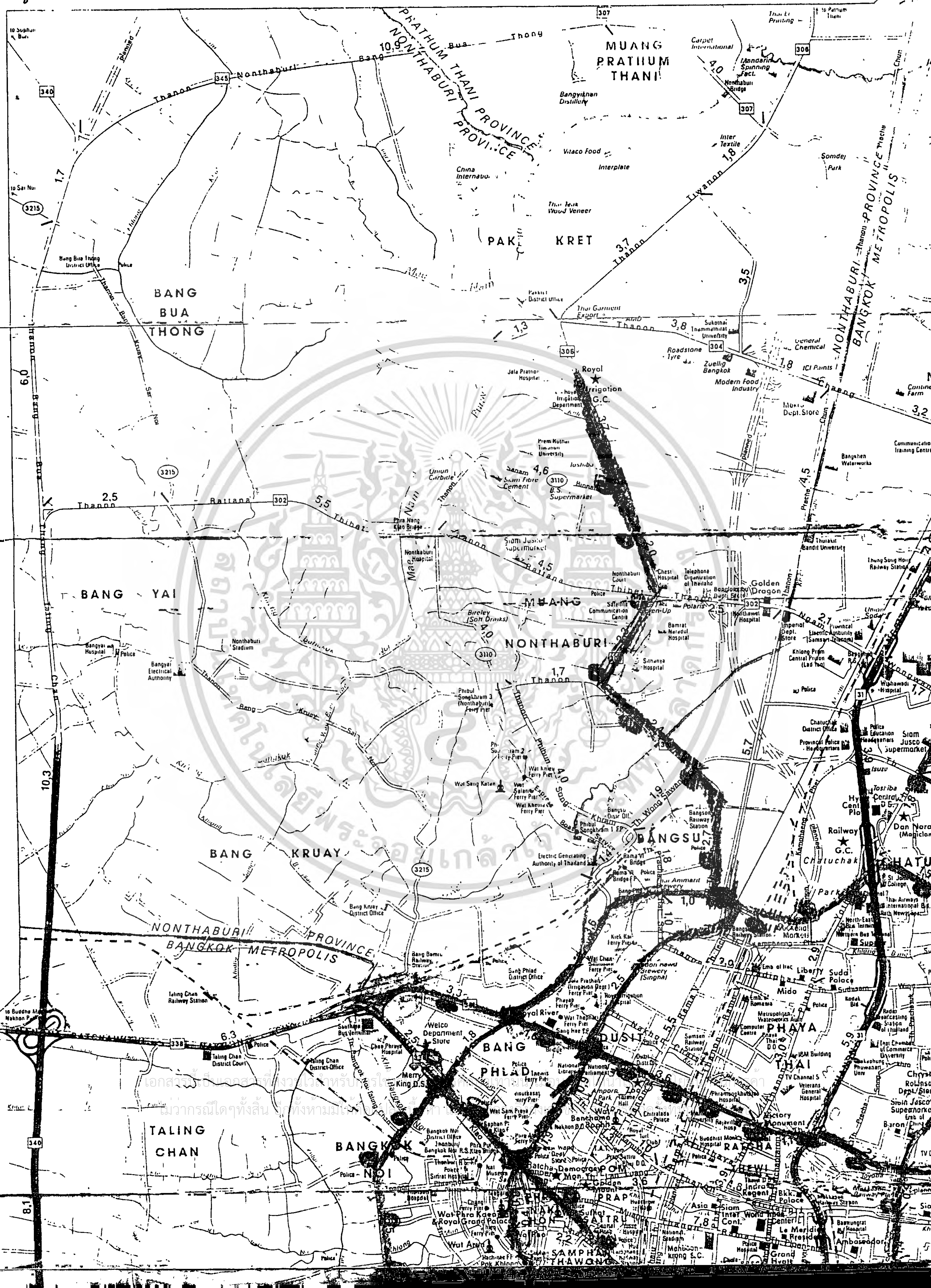
5). ระบบวิทยุ (Radio System) เพื่อการติดต่อระหว่างศูนย์ควบคุมการเดินรถ เจ้าหน้าที่สถานี หน่วยบริการความปลอดภัย พนักงานต่างๆ เป็นต้น

ทุกระบบที่ติดต่อกับศูนย์ควบคุมการเดินรถจะมีการบันทึกข้อมูลไว้เป็นหลักฐานเสมอ

3.8.3 ระบบ SCDA

เป็นระบบการตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ยกเว้นการเดินรถไฟฟ้าโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมดูแลโดยอัตโนมัติ แล้วแจ้งผลการดำเนินการและสถานะของอุปกรณ์ต่างๆให้เจ้าหน้าที่ที่ศูนย์ควบคุม (ตั้งอยู่บริเวณอู่ซ่อมรถบริเวณสถานีขนส่งสายใต้ใหม่)ทราบ ซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถเข้าแทรกแซงการดำเนินการของคอมพิวเตอร์ได้ในกรณีฉุกเฉิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รวบรวมไว้สำหรับ...

LAM LUKKA

PRATHUM THANI PROVINCE

BANGKOK METROPOLIS

DON MUANG

BANGKHEN

LAD PHRAO

BUNG KUM

BANG KAPI

LAD KRABANG

MINBURI

Air Force Golf Course

Thupa Thermi Stadium

Thai Carpet Fact.

Bangkok Scout Camp

Airport

Don Muang International Terminal

Don Muang Railway Station

Royal Thai Air Force Academy

Domestic Terminal

Cargo Terminal

Airport Authority of Thailand

BAFS Oil Depot

Chumphot Hospital

Robinson Department Store

Wiphawadi Centre

Don Muang District Office

Siam Jusco Supermarket

Anutsawari Thanon

Sinakarin Tharawirot University

Bangkhen District Office

Army 17 Golf Course

Rama Gardens

Siphrathum College

Expressway & Mass Transit Authority of Thailand

Thai Blanket Industry

Mayo Hospital

Thai Suzuki Motor

Exhibition Hall

Cholachai

Crime Suppression Bureau

Lad Phrao District Office

Nawathani Golf Course

Siam City Park

Mazda

Honda

Fuji

Sigma Paint

United Coating

Banychan Telephone Junction

Wanthai Food Industry

Bunkum Distr. Off.

Foodland Department Store

National Housing Authority

Makro Dept. Store

Imperial

Pip Inn

Plaza Department Store

The Mall 3 D.S.

The Mall 2 Department Store

Bangkok Hospital

Petchawej Hospital

Phaiphayap Hospital

Bangkok Club Golf Course

Unico

Thai Vinyl

Nopparat Ratchathani Hospital

Acme Industry

A.N.B. Laboratory

Asphalt Products

Thai Carpet Factory

Di Nippon Chemical

Thai Mass Products

United Carbon

Sinclair Paint Thailand

Sisson Paint

Dyna Metal

P.S. Metal Work

Minburi Concrete Industry

Minburi Electric Authority

Jonnich Plastic Factory

Berlin Pharmaceutical

Minburi Highway Department

Gas Control Station 15

Gas Control Station 16

Lam Lukka District Office

Somaphu Scout Camp

Safari World

Lam Thanon

Lukka Thanon

Thanon Sukhaphiban 5

Thanon Hat Hanat

Thanon Lam Luk Ka

Thanon Khlong Thanon

Thanon Sukhaphiban 1

Thanon Sukhaphiban 2

Thanon Sukhaphiban 3

Thanon Phahon Yothin

Thanon Watthana

Thanon Inthra

Thanon Nimit Mai

Thanon Ram Inthra

Thanon Sutthisan Winitchai

Thanon Chaeng Watthana

Thanon Kaset Navamin

Thanon Lat Phrao

Thanon Ratchadaphisek

Thanon Ratchada Phisek

Thanon Phetchaburi

Thanon Phetchaburi Mai

Thanon Ramkhamhaeng

Thanon Rama IX

Thanon Si Nakharin

Thanon Si Wara

Thanon Suwinthawong

Thanon Nuanchan

Thanon Khu Khot

Thanon Khu Khot Phatthana

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 1

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 2

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 3

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 4

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 5

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 6

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 7

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 8

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 9

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 10

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 11

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 12

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 13

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 14

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 15

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 16

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 17

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 18

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 19

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 20

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 21

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 22

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 23

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 24

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 25

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 26

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 27

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 28

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 29

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 30

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 31

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 32

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 33

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 34

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 35

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 36

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 37

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 38

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 39

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 40

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 41

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 42

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 43

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 44

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 45

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 46

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 47

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 48

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 49

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 50

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 51

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 52

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 53

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 54

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 55

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 56

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 57

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 58

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 59

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 60

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 61

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 62

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 63

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 64

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 65

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 66

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 67

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 68

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 69

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 70

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 71

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 72

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 73

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 74

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 75

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 76

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 77

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 78

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 79

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 80

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 81

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 82

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 83

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 84

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 85

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 86

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 87

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 88

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 89

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 90

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 91

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 92

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 93

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 94

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 95

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 96

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 97

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 98

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 99

Thanon Khu Khot Phatthana Soi 100

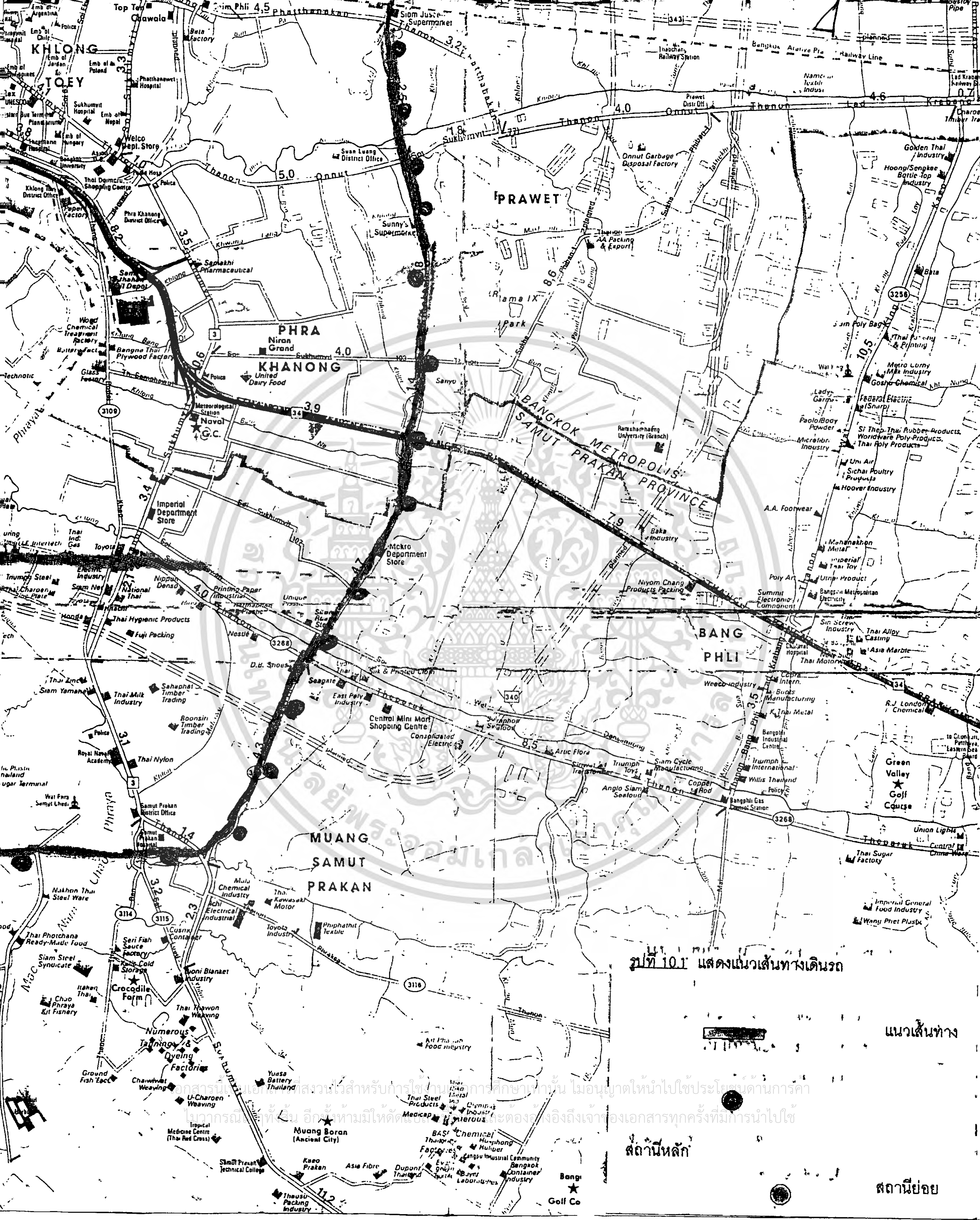
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำ ดัดแปลง และอ้างอิงถึงในสื่อต่างๆ ก่อนได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

GREATER BANGKOK

1:75 000

0 1 2 3 4 5 km

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10.1 แสดงแนวเส้นทางเดินรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลง ... และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 11
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในระบบรถไฟฟ้าใต้ดินนอกจากจะมีวิธีการก่อสร้าง การเลือกแนวเส้นทาง และระบบตัวรถไฟฟ้าแล้ว ยังมีส่วนสำคัญอีกส่วนที่จะขาดเสียมิได้ ซึ่งจะทำให้ระบบรถไฟฟ้านี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในการบริการผู้โดยสารได้อย่างปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ งานระบบนี้ได้กล่าวถึงอย่างละเอียดมาแล้วในบทต้นๆ ในบทนี้จะกล่าวถึงงานระบบโดยสรุปเพื่อความเข้าในและเห็นภาพได้อย่างชัดเจนยิ่ง นอกจากนี้ในบทนี้ยังมีอีกส่วนหนึ่งกล่าวถึงข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สนใจและผู้ที่ต้องการจะศึกษาใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้สมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น

1. สรุปเนื้อหา

1.1 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศจะต้องปรับและควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมความชื้นสัมพันธ์ ระบายอากาศเสีย หมุนเวียนอากาศบริสุทธิ์ กำจัดฝุ่นละอองควัน กลิ่น เป็นต้น

ระบบปรับอากาศสำหรับสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ใช้แบบระบบศูนย์กลาง (Central Station) แบบใช้น้ำและอากาศ ซึ่งมีวิธีการต่ออุปกรณ์ปลายทางเข้ากับระบบท่อแบบมูลฐานสำหรับระบบน้ำและอากาศ แบ่งได้ 3 วิธี คือ วิธีสองท่อกลับตรง วิธีสองท่อกลับย้อน วิธีระบบสามท่อ

1.2 ระบบระบายอากาศ

ระบบระบายอากาศมีอยู่ 2 ระบบคือ ระบบระบายอากาศโดยใช้ธรรมชาติ (Natural Ventilation) ระบบระบายอากาศโดยใช้เครื่องช่วย (Mechanical Ventilation) ส่วนพัดลมดูดอากาศมีสองแบบคือ พัดลมชนิดแอ็กเซียล ชนิดใบดัดลม ใบพัดแฉก ใบแกนกระบอก และพัดลมชนิดเซ็นตริฟูกอล ก็มีด้วยกันหลายแบบคือ ใบพัดโค้งหน้า ใบพัดโค้งหลัง ใบพัดแนวรัศมี แอร์ฟอยล์ เป็นต้น

การระบายอากาศระหว่างการก่อสร้างก็มีอยู่ด้วยกันสามวิธี คือ Blowing Method Exhausting Method และทั้งสองวิธีรวมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับปริมาณอากาศที่ดีที่ต้องการพิจารณาได้จาก จำนวนคนที่ทำงานในแต่ละผลัด ระบบเครื่องจักรกล ชนิดและปริมาณของวัตถุระเบิด ประเภทของการทำงาน ปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในอุโมงค์

1.3 ระบบการจ่ายน้ำ

จากท่อประปาสาธารณะจะเก็บน้ำไว้ในถังเก็บน้ำก่อน แล้วจ่ายลงตามท่อเข้าสู่เครื่องสุขภัณฑ์และอุปกรณ์ใช้น้ำต่างๆ คล้ายกับการจ่ายน้ำให้ตามห้องใต้ดินของอาคารทั่วๆไป โดยจะมีความดันที่จ่ายให้กับระบบสองส่วนคือ ความดันเนื่องจากความสูง และความดันในท่อประปาสาธาณะเอง ดังนั้นผู้ออกแบบต้องตรวจสอบความดันทั้งสองรวมกันนี้อย่างให้มากเกินไปจนอาจเป็นอันตรายต่ออุปกรณ์ต่างๆได้ ส่วนห้องน้ำตามสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น จะตั้งอยู่บริเวณชั้นบนๆ ของสถานีจะไม่อยู่ในระดับชานชลาหรืออุโมงค์ เนื่องจากเหตุผลทางการระบายน้ำและเหตุผลทางด้านความปลอดภัย ส่วนความต้องการน้ำใช้ของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินนั้น ขึ้นกับปริมาณผู้โดยสารที่ใช้บริการอาจจะศึกษาจากข้อมูลเดิมของสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่มีอยู่เดิมว่า รองรับปริมาณคนเท่าใดมีคนใช้น้ำเท่าใด แล้วนำข้อมูลนั้นมาประกอบในการหาปริมาณน้ำที่ต้องการต่อไป

1.4 ระบบระบายน้ำ

น้ำที่ต้องการระบายมีอยู่สามประเภทคือ น้ำโสโครก น้ำทิ้ง น้ำที่ซึมเข้ามาจากชั้นดิน โดยแบ่งประเภทของระบบระบายน้ำได้ 2 ระบบคือ ระบบรวม และระบบแยก แล้วส่วนประกอบของระบบระบายน้ำมีส่วนสำคัญสองส่วน คือ บ่อพัก เครื่องสูบน้ำ

เครื่องสูบน้ำยังแบ่งตามลักษณะการใช้งานออกเป็น เครื่องสูบน้ำโสโครก เครื่องสูบน้ำทิ้ง บิ๊ลจ์สปิงปั๊ม หรืออาจแบ่งตามลักษณะโครงสร้าง เป็นเครื่องสูบน้ำตามแนวนอน แบบแนวตั้ง แบบจมในน้ำ หรืออาจแบ่งตามการติดตั้งเป็น แบบบ่อเปียก บ่อแห้ง

การระบายน้ำในอุโมงค์มี 2 องค์ประกอบหลักคือ Transverse Collector System Longitudinal Gallery

1.5 ระบบการจ่ายกระแสไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสไฟฟ้าหลักจะได้มาจาก 2 แหล่งที่เป็นอิสระต่อกัน แล้วมี traction step-down substations ที่ตัวอู่ซ่อม แปลงไฟจากแหล่งหนึ่งแล้วส่งมาตามอุโมงค์ ส่วนอีกแหล่งรับโดยตรงในแต่ละสถานี แล้วจะเลือกใช้แหล่งใดแหล่งหนึ่งมาจ่ายพลังงานให้แก่อุปกรณ์ต่างรวมทั้งแปลงเป็นไฟ DC สำหรับจ่ายให้กับตัวรถไฟฟ้า โดยมีสองวิธีคือไปตาม Contract Rail และOverhead ทุกสถานี และในแต่ละสถานีเองจะมี traction step-down substations ของตัวเอง

ทุกสถานีจะมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าสำรองของตัวเอง โดยจะทำงานเมื่อระบบไฟฟ้าหลักเกิดขัดข้องไม่สามารถทำงานได้ตามปกติทั้งสองแหล่ง โดยจะจ่ายให้กับอุปกรณ์สำคัญเช่น ระบบระบายอากาศ ระบบขายตั๋ว ระบบจ่ายไฟให้กับขบวนรถ ระบบสื่อสารต่างๆที่จำเป็น รวมทั้งระบบควบคุมในสถานี

1.6 ระบบขนส่งผู้โดยสาร

มีอยู่ด้วยกัน 2ระบบคือ

แบบบันไดเลื่อน มีการจัดวางอยู่ 2 แบบขนานและแบบกากบาท ส่วนขนาดความกว้างโดยทั่วไปคือ 32 นิ้วและ 48 นิ้ว มีความเร็วสองระดับ คือ 90 ฟุต/นาที และ 120ฟุต/นาที โดยทั่วไปจะติดตั้งทำมุม 30 องศากับแนวระดับ และสามารถสร้างบันไดธรรมดาคู่ไปกับบันไดเลื่อน เพื่อเสริมการบริการขณะชั่วโมงเร่งด่วน

แบบลิฟต์ แบ่งตามการใช้งานได้สามประเภทคือ ลิฟต์โดยสาร ลิฟต์เอนกประสงค์ ลิฟต์ขนของพิเศษ แต่ถ้าแบ่งตามประเภทของระบบจะมีสองประเภทคือ ลิฟต์ไฟฟ้า ลิฟต์ไฮดรอลิค

1.7 ระบบป้องกันไฟและระบบดับเพลิง

ระบบสัญาณเตือนไฟไหม้มีอุปกรณ์หลายอย่างได้แก่

อุปกรณ์ตรวจสอบเพลิงไหม้อัตโนมัติ เช่นตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ ตรวจสอบอัตราการเพิ่มความร้อน ตรวจสอบควันแบบใช้แสงในการตรวจสอบเพลิงไหม้จะใช้อุปกรณ์ตรวจสอบความร้อนแบบอุณหภูมิคงที่ กับบริเวณในห้องเครื่องจักรต่างๆ ห้องน้ำ และใช้อุปกรณ์ตรวจสอบควันแบบใช้แสง อุปกรณ์แจ้งสัญญาณเตือนไฟไหม้ด้วยมือ ชุดคอมบิเนชั่นบ๊อกซ์ ชุดกระดิ่งหรือไซเรน ชุดควบคุม

ส่วนระบบดับเพลิงมีด้วยกันหลายแบบได้แก่ ระบบดับเพลิงด้วยน้ำชนิดสายสูบ มีแบบท่อแห้งและท่อเปียก ระบบดับเพลิงแบบโปรยน้ำฝอย มีด้วยกันหลายระบบ เช่น ระบบท่อเปียก ท่อแห้ง แบบชลอการฉีดน้ำ Deluge Systems และแบ่งหัวฉีดออกเป็นสามแบบ คือ แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา

Quartzoid buid, Fusible Soldered Strut, Duraspreed เป็นต้น ระบบดับเพลิงฮาล่อน 1301 และนอกจากนี้ตามทางออกต่างๆควรมีเครื่องดับเพลิงแบบมือถืออยู่ด้วย

สำหรับทางหนีไฟ โดยจะเป็นช่องเปิดต่างห่างไม่เกี่ยวกับช่องเปิดอื่นๆโดยสามารถเปิดได้ทิศทางเดียวจากภายในและจะต้องมีพัดลมอัดอากาศ(ไม่ใช้พัดลมเดียวกับระบบระบายอากาศ) ลงไปในช่องหนีไฟนี้

1.8 ระบบอื่นๆ

1.8.1 ระบบจำหน่ายตั๋ว

ระบบหลักจะขายตั๋วผ่านเครื่องขายตั๋วอัตโนมัติ แต่ถ้าผู้โดยสารไม่มีเหรียญสำหรับใช้บริการกับเครื่อง อาจจะต้องมีเครื่องแลกเงินอัตโนมัติแยกออกมาอีก แต่สำหรับในประเทศไทยค่าแรงยังไม่สูงมากนัก อาจจะให้มีพนักงานขายมาช่วยเสริมในการขายตั๋ว และจะมีประตูทางเข้าออกอัตโนมัติ (ดูรูปที่ 9.2 และ 9.4) และเครื่องตรวจตั๋วแบบมือถือเพื่อให้พนักงานนายตรวจคอยตรวจบนขบวนรถ

1.8.2 ระบบสื่อสาร

1). การประกาศแจ้งข่าวสาร (Public Address) บริเวณซื้อตั๋วโดยสาร ชานชลา เป็นต้อน

2). ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Close Circuit Television) เพื่อตรวจสอบดูความปลอดภัยทั่วไปและไว้บนขบวนรถเพื่อให้พนักงานขับรถทราบว่าผู้โดยสารขึ้นขบวนรถหมดแล้วหรือยัง

3). ระบบการแจ้งเวลา (Clock System) ทุกๆ สถานีต้องได้รับการแจ้งเวลาที่เหมือนกัน เพราะเป็นระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ที่มีเวลาเข้าออกของขบวนรถที่ค่อนข้างแน่นอน จึงต้องจัดระบบนาฬิกาให้ตรงกัน โดยมี Master Clock เป็นมาตราฐาน (อยู่ที่อู่ซ่อมใหญ่) และมี Slave Clock (แต่ละสถานีจะมีเป็นของตนเอง) เป็นนาฬิกาที่ได้รับข้อมูลจาก Master Clock อีกที

4). ระบบโทรศัพท์ (Telephone System) จะมีโทรศัพท์ทั่วๆไป เป็นระบบ PABX และโทรศัพท์สายตรงซึ่งถูกจัดไว้ระหว่างห้องปฏิบัติการที่สถานีกับศูนย์ควบคุมการเดินรถและระหว่างห้องควบคุมที่โรงซ่อมบำรุงกับศูนย์ควบคุมการเดินรถ ส่วนการใช้โทรศัพท์มือถือควรหลีกเลี่ยงเพราะอาจไปรบกวนคลื่อนสัญญาณการติดต่อของเจ้าหน้าที่ได้

5). ระบบวิทยุ (Radio System) เพื่อการติดต่อระหว่างศูนย์ควบคุมการเดินรถ เจ้าหน้าที่สถานี หน่วยบริการความปลอดภัย พนักงานต่างๆ เป็นต้น

ทุกระบบที่ติดต่อกับศูนย์ควบคุมการเดินรถจะมีการบันทึกข้อมูลไว้เป็นหลักฐานเสมอ

1.8.3 ระบบ SCDA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นระบบการตรวจสอบและควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ยกเว้นการเดินรถไฟฟ้าโดยใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมดูแลโดยอัตโนมัติ แล้วแจ้งผลการดำเนินการและสถานะของอุปกรณ์ต่างๆให้เจ้าหน้าที่ที่ศูนย์ควบคุมทราบ ซึ่งเจ้าหน้าที่สามารถเข้าแทรกแซงการดำเนินการของคอมพิวเตอร์ได้ในกรณีฉุกเฉิน

2. ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการค้นคว้าวิจัยต่อไปในอนาคตมีดังนี้

1). ศึกข้อมูล traffic analysis และปัจจัยอื่นๆ ต่อการตั้งตัวสถานีและเส้นทาง ตลอดจนระดับความลึกของตัวอุโมงค์และตัวสถานี เพื่อเป็นของมูลในการประมาณผู้ใช้บริการในแต่ละสถานี ทั้งนี้เพื่อการประโยชน์ในการออกแบบรายละเอียดของงานระบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ประกาศกระทรวงมหาดไทย
เรื่อง
ความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า

อาศัยอำนาจตามความในข้อ 2 (7) แห่งประกาศของคณะปฏิวัติฉบับที่ 103 ลงวันที่ 16 มีนาคม พุทธศักราช 2515 กระทรวงมหาดไทย จึงกำหนดสวัสดิการเกี่ยวกับสุขภาพอนามัยและความปลอดภัยสำหรับลูกจ้างไว้ ดังต่อไปนี้

ความทั่วไป

ข้อ 1. ในประกาศนี้

'ฉนวน' หมายความว่า ฉนวนไฟฟ้า คือวัสดุที่มีคุณสมบัติในการกั้นหรือขัดขวางต่อการไหลของกระแสไฟฟ้า หรือวัสดุที่กระแสไฟฟ้าไม่สามารถไหลผ่านได้ง่าย เช่น ยางไฟเบอร์ พลาสติด ฯลฯ

'แรงดัน' หมายความว่า แรงดันไฟฟ้า คือค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า ระหว่างสายกับสาย หรือสายกับดิน หรือระหว่างจุดหนึ่งกับจุดอื่น ๆ อีกแห่งหนึ่ง โดยมีหน่วยวัดค่าความต่างศักย์เป็นโวลต์

'กระแส' หมายความว่า กระแสไฟฟ้า คืออัตราการไหลของอิเลคตรอนในวงจรไฟฟ้าจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งโดยมีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์

'เครื่องกำเนิดไฟฟ้า' หมายความว่า เครื่องจักรที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้าใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า

'มอเตอร์' หมายความว่า เครื่องเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานกล ใช้ในการขับเคลื่อน เครื่องจักรหรือเครื่องมือกลอื่น ๆ ทำให้เกิดการหมุน การฉุด การดึง เพื่อให้เกิดกำลังงาน

'อุปกรณ์ไฟฟ้า' หมายความว่า เครื่องมือ เครื่องใช้ หรือเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลัง หรือเป็นส่วนประกอบ หรือใช้เกี่ยวเนื่องกับไฟฟ้า

'ขดลวดจำกัดกระแส' (reactor) หมายความว่า อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับจำกัดกระแสไฟฟ้า

'เครื่องปรับแรงดัน' (Regulator) หมายความว่า อุปกรณ์ใช้สำหรับปรับแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

'หม้อแปลง' หมายความว่า อุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือต่ำลง โดยเกี่ยวเหนี่ยวนำของแม่เหล็ก

'หม้อแปลงเครื่องวัด' (Intrument Transformer) หมายความว่า เครื่องปิด/เปิดวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้า อาจจะทำงานโดยอาศัยอำนาจแม่เหล็กหรือทำงานโดยใช้มือสับโยกก็ได้

'แผงสวิทซ์' หมายความว่า แผงที่รวมของสวิทซ์ต่าง ๆ มีหน้าที่รับไฟฟ้าจากต้นกำเนิดและแจกจ่ายไปยังสายวงจรต่าง ๆ

'ฟิวส์' หมายความว่า เครื่องตัดวงจรไฟฟ้า โดยอาศัยการหลอมละลายของโลหะ

'สายเคเบิล' หมายความว่า สายตัวนำหุ้มด้วยฉนวน สายเดียวหรือหลายสายรวมกัน และอาจจะมีสิ่งอื่น ห่อหุ้มอยู่อีกชั้นหนึ่ง เพื่อความแข็งแรงทนทานด้วยก็ได้

'สายอ่อน' หมายความว่า สายเคเบิลอ่อน ที่ตัวนำมีพื้นที่หน้าตัดไม่เกิน 4 ตารางมิลลิเมตร

'สายดิน' หมายความว่า ตัวนำที่ต่อจากโครงโลหะของอุปกรณ์และเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือสิ่งที่เกี่ยวข้อง เพื่อจะนำกระแสไฟฟ้าที่ไม่ต้องการให้ไหลลงสู่ดิน

'สายศูนย์' (Neutral) หมายความว่า สายใดสายหนึ่ง ในระบบไฟฟ้าสามสาย หรือสี่สายซึ่งแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายนั้นไปยังสายอย่างน้อยอีก 2 สาย ต้องเท่ากันและสายนั้นต้องต่อลงดิน สำหรับระบบไฟฟ้า 2 สาย ถ้าสายใดสายหนึ่งไม่ได้ต่อมาจากศูนย์ของวงจรอื่นแล้ว ให้กำหนดเอาสายนั้นเป็นสายศูนย์ได้ และสายนั้นต้องต่อลงดินด้วย

'สายล่อฟ้า' หมายความว่า อุปกรณ์ที่ติดตั้งขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากฟ้าผ่า ซึ่งจะต้องประกอบด้วย หลักล่อฟ้า สายนำประจุ ตัวจับยึดสายนำประจุ และหลักดิน

'สายนำประจุ' (Conductor) หมายความว่า สายนำที่ติดตั้งไว้เพื่อนำประจุไฟฟ้าระหว่างหลักล่อฟ้ากับดิน

'หลักล่อฟ้า' (Air Terminal) หมายความว่า หลักโลหะที่ติดตั้งที่ส่วนบนของโครงอาคาร หรือสิ่งก่อสร้าง และมีโลหะปลายแหลม เพื่อคายประจุไฟฟ้า หรือหลักอย่างอื่นที่มีวัตถุประสงค์อย่างเดียวกัน

'หลักดิน' (Ground Rod) หมายความว่า แห่งโลหะ ซึ่งปักลงไปในดินเพื่อที่จะนำประจุหรือกระแสไฟฟ้าให้ไหลลงสู่ดิน

'นายจ้าง' หมายความว่า ผู้ซึ่งตกลงรับลูกจ้างเข้าทำงานโดยจ่ายค่าจ้างให้ และหมายความรวมถึง ผู้ซึ่งได้รับมอบหมายให้ทำงานแทนนายจ้างในกรณีที่นายจ้างเป็นนิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บุคคล หมายความว่า ผู้มีอำนาจกระทำการแทนนิติบุคคลนั้น และหมายความรวมถึงผู้ซึ่งได้รับมอบหมายให้ทำงานแทนผู้มีอำนาจกระทำการแทนนิติบุคคล

'*ลูกจ้าง*' หมายความว่า ผู้ซึ่งตกลงทำงานให้แก่นายจ้างเพื่อรับค่าจ้าง ไม่ว่าจะเป็นผู้รับจ้างด้วยตนเองหรือไม่ก็ตาม และหมายความรวมถึงลูกจ้างประจำและลูกจ้างชั่วคราว แต่ไม่รวมถึงลูกจ้างซึ่งทำงานเกี่ยวกับงานบ้าน

'*ลูกจ้างประจำ*' หมายความว่า ลูกจ้างซึ่งนายจ้างตกลงจ้างไว้เป็นการประจำ

'*ลูกจ้างชั่วคราว*' หมายความว่า ลูกจ้างซึ่งนายจ้างตกลงไว้ไม่เป็นการประจำ เพื่อทำงานอันมีลักษณะเป็นครั้งคราว เป็นการจร หรือเป็นไปตามฤดูกาล

หมวด 1
ข้อกำหนดทั่วไป

ข้อ 2 นายจ้างต้องจัดทำแผนผังวงจรไฟฟ้าทั้งหมด ภายในสถานประกอบการและได้รับรองจากการไฟฟ้าประจำท้องถิ่น ไว้ให้ตรวจสอบได้ตลอดเวลา หากมีการแก้ไขเพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงให้ผิดจากเดิมต้องดำเนินการแก้ไขแผนผังนั้นให้ถูกต้อง

ข้อ 3 นายจ้างจะต้องจัดให้มีการตรวจสอบสภาพของสายไฟฟ้าและสภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้า ถ้าหากพบว่า ชำรุด หรือมีกระแสไฟฟ้ารั่วให้ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนแปลงใหม่ทันที

ข้อ 4 ให้นายจ้างจัดให้มีป้ายเตือนอันตราย ติดตั้งในบริเวณที่จะเกิดอันตรายจากไฟฟ้าให้เห็นได้อย่างชัดเจน

ข้อ 5 ห้ามมิให้นายจ้างให้ลูกจ้างเข้าใกล้ หรือนำสิ่งที่เป็นตัวนำซึ่งไม่มีที่ถือเป็นฉนวนอย่างดีหุ้มอยู่ เข้าใกล้สิ่งที่มีไฟฟ้า น้อยกว่าระยะห่างที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ยกเว้น

(1) ลูกจ้างผู้นั้นสวมใส่เครื่องป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าซึ่งเป็นฉนวน ที่ใช้ต้านทานแรงดันได้สูง พอกับส่วนที่เป็นไฟฟ้านั้นหรือ

(2) ได้ปิดหรือนำฉนวนมาหุ้มที่มีไฟฟ้า โดยฉนวนที่ใช้หุ้มนั้นป้องกันแรงดันไฟฟ้านั้น ๆ ได้หรือ

(3) ลูกจ้างที่ปฏิบัติงานกับสิ่งที่มีไฟฟ้า ด้วยเทคนิคการปฏิบัติงานด้วยมือเปล่า และอยู่ภายใต้การควบคุม จากผู้ที่ได้รับใบอนุญาตเป็นผู้ประกอบวิชาชีพควบคุมสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า (แขนงไฟฟ้ากำลัง) จาก กว.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1

ระยะห่างต่ำสุด ในการปฏิบัติงานและการใช้ยทอสติก (Hot Stic) สำหรับไฟฟ้ากระแสสลับ

ระดับแรงดันไฟฟ้าจากสายถึงสาย (กิโลโวลต์)	ระยะระหว่าง (เมตร)
12.1 ถึง 15	0.65
15.1 ถึง 35	0.75
35.1 ถึง 46	0.80
46.1 ถึง 72.5	0.95
72.6 ถึง 121	1.05
138 ถึง 145	1.10
161 ถึง 169	1.15
230 ถึง 242	1.55
345 ถึง 362	2.15
500 ถึง 552	2.35
700 ถึง 765	4.60

ข้อ 6 ในกรณีที่มีการปฏิบัติงานตรวจสอบ ซ่อมแซม ติดตั้งไฟฟ้า นายจ้างต้องผูกป้ายห้ามสับสวิตซ์ พื้นสีแดงไว้ที่สวิตซ์ หรือใส่กุญแจป้องกันการนับสวิตซ์ไว้

ข้อ 7 ในกรณีใช้ลมที่มีกำลังดันสูง ทำความสะอาดอุปกรณ์ที่มีไฟฟ้าอยู่ ต้องใช้ท่อและหัวฉีดที่เป็นฉนวน

ข้อ 8 ไฟฉายที่นายจ้างจัดให้ลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า ต้องเป็นไฟฉายชนิดที่กระบอกไฟฉายมีฉนวนหุ้มตลอด

ข้อ 9. ห้ามมิให้ลูกจ้างสวมใส่เครื่องนุ่งห่มที่เปียกน้ำ หรือเป็นสื่อไฟฟ้า ปฏิบัติงานขณะมีไฟฟ้า (Hot Line) ยกเว้นเมื่อแรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า 50 โวลต์ หรือสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล หรือใช้เครื่องมือที่เป็นฉนวน

ข้อ 10. เทสำหรับวัดที่นายจ้างให้ลูกจ้างใช้ปฏิบัติงานใกล้กับสิ่งที่มีไฟฟ้า ต้องเป็นเทปชนิดที่ไม่เป็นโลหะ

ข้อ 11 มาตรฐานและข้อกำหนดที่กำหนดขึ้นในหมวด 2 ถึงหมวด 4 มีผลบังคับใช้ภายในบริเวณสถานประกอบการที่ใช้ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังและมีแรงดันไฟฟ้าไม่เกิน 600 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากร...

หมวด 2
สายไฟฟ้า

ข้อ 12. สายไฟฟ้าชนิดเปลือย ต้องเป็นสายทองแดงหรือสายอลูมิเนียม และมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ที่ มอก. 64-2517 และ มอก. 85-2517

ข้อ 13.สายไฟฟ้าที่ใช้ในอาคาร จะต้องเป็นสายที่มีฉนวนหุ้ม และมีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ มอก. 11-2518 ห้ามใช้สายเปลือย ยกเว้นสายส่งกำลังสำหรับเครน (Crene)

ข้อ 14. สายไฟฟ้าที่เดินสายใต้ดิน ต้องใช้สายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวนหุ้มสองชั้น และมีเปลือกนอกกันความชื้นได้ ไม่ผุกร่อนง่าย

ข้อ 15. สายไฟฟ้าชนิดที่มีฉนวนหุ้มชั้นเดียว ให้ใช้เดินเฉพาะบนลูกถ้วย บนตุ้มพุก ประกับหรือร้อยในท่อเท่านั้น

ข้อ 16. สายไฟฟ้าชนิดอ่อนที่มีฉนวนหุ้ม เป็นเทอร์โมพลาสติก หรือวัตถุอย่างอื่น ที่มีคุณสมบัติไม่น้อยกว่าเทอร์โมพลาสติกให้ใช้กับอุปกรณ์ที่ยกย้ายเคลื่อนที่ได้และโคมแขวน

ข้อ 17 สายเมนภายใน และสายที่เดินสำหรับเต้าเสียบ จะต้องมีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไม่น้อยกว่า 2 ตารางมิลลิเมตร

ข้อ 18. สายไฟฟ้าที่ใช้ในสถานประกอบการ ต้องใช้สายไฟฟ้าขนาดให้เหมาะสมกับกระแสไฟฟ้าสูงสุด ที่กำหนดไว้ตามตารางที่ 2, 3 และ 4

ข้อ 19. การเดินสายที่กำหนดในตารางที่ 2 เฉพาะการเดินสายในท่อ ในผนัง ในราง เมื่อเดินสายมากกว่า 3 เส้น จะต้องลดกระแสภายในสายลง โดยใช้ตัวคูรตามตาราง 3

ข้อ 20. การเดินสายภายในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส กระแสสูงสุดที่กำหนดในตารางที่ 2 จะต้องลดกระแสภายในสายลงโดยใช้ตัวคูณลดกระแส ตามตารางที่ 4

ข้อ 21. สายไฟฟ้าที่ใช้เดินในสถานประกอบการที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 40 องศาเซลเซียส จะต้องใช้สายที่ทนอุณหภูมิใช้งานสูงสุด ดังนี้

(1) บริเวณเดินสายอุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียส ให้ใช้สายที่ทนอุณหภูมิใช้งานสูงสุดไม่ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส

(2) บริเวณเดินสายอุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ให้ใช้สายที่ทนอุณภูมิใช้งานสูงสุดไม่ต่ำกว่า 75 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) บริเวณเดินสายอุณหภูมิไม่เกิน 75 องศาเซลเซียส ให้ใช้สายที่ทนอุณภูมิใช้งานสูงสุดไม่ต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส

ข้อ 22. สายไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องทำความร้อนชนิดต่าง ๆ ต้องเป็นสายที่มีฉนวนหุ้มชนิดที่ทนความร้อนได้

หมวด 3
การเดินสายและเครื่องประกอบการเดินสาย

ข้อ 23.การเดินสายและเครื่องประกอบที่กำหนดในหมวดนี้ ไม่ให้ใช้สถานที่ซึ่งอาจจะเกิดอันตรายเนื่องจากวัตถุไวไฟ หรือในสถานที่ที่อาจเกิดอันตรายจากจากการระเบิดได้ง่าย

ข้อ 24. การเดินสายในอาคาร

(1) การเดินสายเกาะไปตามผนังโดยใช้พุกประกับ ตุ้มลูกถ้วยหรือเข็มขัดรัดสายพุกประกับ ตุ้ม หรือลูกถ้วย ต้องเป็นชนิดที่สามารถทนแรงดันไฟฟ้าที่ใช้วงจรนั้นได้ และให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. กำเดินสายบนพุกประกับ

1. สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไม่เกิน 6 มิลลิเมตร
2. ระยะระหว่างช่วงพุกประกับไม่เกิน 1 เมตร 50 เซนติเมตร
3. ระยะระหว่างสายไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 2 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

ข. การเดินสายบนตุ้ม

1. สายไฟฟ้าที่ใช้ต้องมีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไม่เกิน 70 ตารางมิลลิเมตร
2. ระยะระหว่างช่วงตุ้มไม่เกิน 2 เมตร 50 เซนติเมตร
3. ระยะระหว่างสายไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร
4. ระยะระหว่างสายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้างไม่ต่ำกว่า 2 เซนติเมตร 5 มิลลิเมตร

ค. การเดินสายบนลูกถ้วย

1. ระยะระหว่างช่วงลูกถ้วยไม่เกิน 5 เมตร
2. ระยะระหว่างสายไฟฟ้าไม่ต่ำกว่า 15 เซนติเมตร
3. ระยะระหว่างสายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้างไม่ต่ำกว่า 5 เซนติเมตร

ง การเดินสายโดยใช้เข็มขัดรัดสาย ต้องใช้สายไฟฟ้าที่มีฉนวนหุ้มสองชั้น และยึดด้วยเข็มขัดรัดสายให้มั่นคง โดยมีระยะระหว่างใช้เข็มขัดรัดสายไม่เกิน 20 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 2

จำนวนกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายไฟฟ้าขนาดต่าง ๆ ที่เดินสายในบริเวณที่อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส

ขนาดพื้นที่หน้าตัด (mm^2)		กระแสสูงสุดสำหรับสายหุ้มเดินในอากาศ (แอมแปร์)		กระแสสูงสุดสำหรับสายหุ้มเดินในท่อในเพดาน ในผนัง ในราง หรือสายหลายแกนและใช้สายไม่เกิน 3 เส้น (แอมแปร์)	
		สายที่ใช้งานไม่ได้ไม่เกินอุณหภูมิสูงสุด			
สายทองแดง	สายอลูมิเนียม	60 °C	75 °C	60 °C	75 °C
0.5		7	7	4	4
1		10	10	6	6
1.5		13	13	8	8
2.5		18	19	14	15
4		24	27	19	21
6		35	41	27	30
10	16	53	66	37	45
16	25	72	94	49	63
25	35	96	122	63	84
35	50	120	152	78	104
50	70	152	194	94	129
70	95	191	241	122	159
95	120	233	295	147	190
120	150	270	304	170	220
150	185	300	356	192	248
185	240		430		260
240	300		478		292
300	400		552		336
400	500		652		392
500	652		748		436

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3

ค่าตัวคูณลดกระแสเกี่ยวกับจำนวนสาย

จำนวนสายเป็นเส้นหรือแกน	ตัวคูณ
4 ถึง 6	0.80
7 ถึง 24	0.70
25 ถึง 42	0.60
43 และมากกว่า	0.50

ตารางภาคผนวกที่ 4

ค่าตัวคูณลดกระแสเกี่ยวกับอุณหภูมิ

อุณหภูมิบริเวณเดินสาย (องศาเซลเซียส)	ตัวคูณสำหรับสายซึ่งทนอุณหภูมิใช้งานสูงสุด	
	40 °C	75 °C
45	0.866	0.932
50	0.707	0.850
55	0.5	0.761
60	-	0.659
70	-	0.398
75	-	

(2) การเดินสายฝังในผนังตึก ต้องใช้สายไฟฟ้าชนิดฉนวนหุ้มสองชั้น ที่มีเปลือกนอกกันความชื้น และต้องเป็นแบบใช้ฝังในผนัง

(3) การเดินสายในท่อโลหะอย่างหนา (Rigid Metal Conduit) ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. ให้ใช้ท่อและส่วนประกอบ ต้องเป็นชนิดสำหรับเดินสายไฟฟ้าโลหะ ซึ่งมีผิวภายในเรียบและผลิตจากโลหะที่ไม่ผุกร่อนได้ง่าย หรือมีการป้องกันการผุกร่อนที่เหมาะสม

ข. ห้ามใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร (0.5")

ค. การวางท่อฝังในดิน ในคอนกรีต ในที่เปียก หรือในที่มีเถ้าถ่านต้องใช้ท่อ กล่อง ตู้ ข้อต่อ หัวต่อ เครื่องจับยึด น็อต สกรู แหวน และส่วนประกอบต่าง ๆ ชนิดที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องกันการผุกร่อนอย่างเหมาะสม หรือทำด้วยวัสดุที่ไม่ผุกร่อนได้ง่าย ในสภาพเช่นนั้น และกันน้ำได้

ง. ปลายทอทุกแห่งที่มีการตัดและทำเกลียว ต้องลบคมภายใน

จ. ทุกแห่งที่มีสวิตช์ เต้าเสียบ จุดต่อสายออก จุดดึงสายร้อย ท่อและการต่อสาย ต้องใช้กล่องที่มีขนาดและชนิดที่เหมาะสม

ฉ. ท่อ ข้อต่อ หัวต่อ กล่อง ตู้ และส่วนประกอบต่าง ๆ ต้องต่อติดกัน โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ตลอด และยึดอยู่กับที่อย่างมั่นคง พร้อมทั้งมีการต่อลงดินตามหมวด 6

ช. สายไฟฟ้าภายในต่อต้องเป็นเส้นเดียวตลอด ไม่มีรอยต่อการต่อสายต้องทำในตู้ กล่องต่อสาย กล่องสวิตช์ กล่องเต้าเสียบ หรือในร่างต่อสายที่เหมาะสม

(4) การเดินสายในท่อโลหะอย่างบาง (Electrical Metallic Tubing) ห้ามเดินท่อโลหะอย่างบาง ในบริเวณที่ท่ออาจได้รับการกระทบกระแทกได้ เช่น บริเวณขนถ่ายสินค้า บริเวณที่ยานพาหนะผ่าน ข้อต่อ และหัวต่อชนิดที่ไม่มีเกลียว เมื่อสวมกับท่อต้องกระชับแน่น และห้ามใช้ท่อขนาดเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร หรือใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร นอกจากนี้แล้วให้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์การเดินสายในท่อโลหะอย่างหนาตาม (3)

(5) การเดินสายในท่อโลหะชนิดอ่อนตัว (Flexible Metal Conduit) ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. ให้ใช้ท่อและส่วนประกอบชนิดที่ใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ ซึ่งมีผิวภายในเรียบและผลิตจากโลหะที่ไม่ผุกร่อนได้ง่าย หรือมีการป้องกันการผุกร่อนที่เหมาะสม

ข. ห้ามใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร เว้นแต่ท่อที่ใช้สำหรับร้อยสายอ่อน ที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไม่เกิน 6 ตารางมิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร ในกรณีที่ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือท่อที่เป็นส่วนประกอบของดวงโคม อาจใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 0.95 เซนติเมตร ได้

ค. ห้ามเดินท่อในบริเวณที่ท่ออาจจะถูกกระทบกระแทกได้ง่ายในดินหรือที่พื้นหรือในบริเวณที่เปียกชื้น หรือภายในห้องแบตเตอรี่ หรือห้องที่มีไอของกรด หรือ ด่าง

(6) การเดินสายในท่อโลหะ ชนิดอ่อนตัวได้แบบกันน้ำ (Liguidtight Flexible Metal Conduit) ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. ให้ใช้ท่อและส่วนประกอบชนิดใช้สำหรับเดินสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ มีลักษณะเช่นเดียวกับท่อโลหะชนิดอ่อนตัวได้ แต่มีเปลือกนอกเป็นอโลหะกันน้ำและทนแสงอาทิตย์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. ห้ามใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร หรือใหญ่กว่า 10 เซนติเมตร เว้นแต่ท่อที่ใช้สำหรับร้อยสายอ่อน ที่มีพื้นที่หน้าตัดของตัวนำไม่เกิน 6 ตารางมิลลิเมตร ยาวไม่เกิน 2 เมตร ในกรณีที่ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ไฟฟ้า หรือท่อที่เป็นส่วนประกอบของดวงโคม อาจใช้ท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เล็กกว่า 0.95 เซนติเมตรได้

ค. ห้ามเดินท่อในบริเวณที่ท่ออาจถูกกระทบกระแทกได้ง่าย ในที่ซึ่งมีอุณหภูมิของบริเวณเดินท่อ หรืออุณหภูมิของสายในท่อหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน เกินอุณหภูมิใช้งานสูงสุดของสาย หรือท่อและในดินหรือที่พื้น

(7) การเดินสายในท่อที่ไม่ใช่โลหะ (Rigid Non-metallic Conduit) จะต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. ให้ใช้ท่อที่ทำด้วยวัสดุชนิดแข็ง ติดไฟได้ยาก และไม่ผุกร่อน หรือเสื่อมสภาพได้ง่าย

ข. ห้ามใช้ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1.27 เซนติเมตร นอกจากจะใช้ร้อยสายเพื่อฝังในคอนกรีต

ค. ห้ามเดินท่อในบริเวณที่ท่ออาจได้รับกระทบกระแทกได้

ง. ห้ามเดินท่อประเภทพลาสติกในที่ซึ่งถูกแสงอาทิตย์ นอกจากท่อนั้นจะทำด้วยพลาสติกที่สามารถทนต่อแสงอาทิตย์ได้ โดยไม่เสื่อมคุณภาพ หรือมีการป้องกันที่เหมาะสม

จ. ห้ามเดินท่อพลาสติกในบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงเกินกว่าอุณหภูมิใช้งานของท่อนั้น

ฉ. ข้อต่อ และหัวต่อ จะเป็นชนิดเกลียวหรือชนิดสวมก็ได้ ถ้าเป็นชนิดสวมจะต้องหาน้ำยายึดหัวต่อให้แน่น

ช. การต่อท่อที่ไม่ใช่โลหะเข้ากับท่อหรือกล่องโลหะ ให้ทำได้แต่กล่องโลหะนั้นจะต้องมีการต่อลงดินด้วย

ซ. การเดินสายที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงเกิน 600 โวลต์ขึ้นไป ให้หุ้มท่อที่ใช้เดินสายนี้ด้วยคอนกรีตหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร

(8) การเดินสายในรางเดินสาย (Wire Way) ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. รางเดินสาย เป็นรางที่ทำด้วยโลหะ มีพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมและเป็นชนิดที่ใช้สำหรับงานเดินสายไฟฟ้าโดยเฉพาะ ผลิตจากโลหะที่ผุกร่อนได้ยาก หรือมีการป้องกันการผุกร่อนที่เหมาะสม ถ้าใช้ภายนอกอาคารต้องเป็นชนิดกันน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. การต่อรางเดินสายต้องต่อให้ยึดกันเองอย่างมั่นคง และห้ามติดตั้งรางเดินสายในบริเวณที่อาจมีการกระทบกระเทือนได้โดยง่าย

ค. ห้ามวางสายในรางเดียวเกินกว่า 30 เส้น ไม่ว่าจะเป็นขนาดเท่าใด และผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายรวมเปลือกนอกต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสายไว้แต่

- สายของระบบลิฟท์ ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดของสายรวมเปลือกนอก ต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย

- สายวงจรสัญญาณ หรือสายวงจรควบคุม ที่ต่อระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้า กับสตาร์ทเตอร์ (Starter) ของอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้ถือว่าสายไม่มีกระแสไฟฟ้าไหล จึงไม่ต้องนับจำนวน

- ถ้าใช้ตัวคูณลดกระแสตามตารางที่ 3 ในการกำหนดกระแสสูงสุดของสาย ให้วางสายเกิน 30 เส้นได้ แต่พื้นที่หน้าตัดของสายรวมเปลือกนอกต้องไม่เกินร้อยละ 20 ของพื้นที่หน้าตัดภายในของรางเดินสาย

ง. การต่อสายภายในรางเดินสายสามารถทำได้ แต่ต้องใช้หัวต่อสายและพันฉนวนทับให้เรียบร้อย พื้นที่หน้าตัดของหัวต่อรวมฉนวนต้องไม่เกินร้อยละ 75 ของพื้นที่หน้าตัดภายในรางเดินสาย ณ จุดนั้น

จ. รางเดินสายช่วงที่ทะลุ ผ่านผนัง ต้องเป็นชิ้นเดียวตลอด และปลายสุดของรางเดินสายต้องมีแผ่นผิด

ข้อ 25. การเดินสายภายนอกอาคาร ณ สถานประกอบการ ต้องจัดทำให้เหมาะสมตามวิธีการ ดังต่อไปนี้

ตารางภาคผนวกที่ 5

ช่วงสาย	ระยะระหว่างสายไฟฟ้าไม่น้อยกว่า	ระยะระหว่างสายไฟฟ้ากับสิ่งก่อสร้าง	ขนาดพื้นที่หน้าตัดเล็กที่สุดที่ใช้
ไม่เกิน 10 เมตร	15 เซนติเมตร	5 เซนติเมตร	2 ตารางมิลลิเมตร
10 - 25 เมตร	20 เซนติเมตร	5 เซนติเมตร	4 ตารางมิลลิเมตร
26 - 40 เมตร	30 เซนติเมตร	5 เซนติเมตร	6 ตารางมิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) การเดินสายบนต้ม ให้ใช้สายเดี่ยวหุ้มฉนวน ต้องปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 24 (1) ข. เว้นแต่เดินผ่านที่โล่ง ให้ใช้ช่วงระหว่างตุ้มไม่เกิน 5 เมตร และขนาดของสายที่ใช้เดินต้องไม่เล็กกว่า 2 ตารางมิลลิเมตร

(2) การเดินสายบนลูกถ้วย ให้ใช้สายเดี่ยวหุ้มฉนวน ถ้าเดินเกาะไปตามสิ่งก่อสร้างต้องปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 24 (1) ค. เว้นแต่ถ้าเดินผ่านที่โล่ง ต้องปฏิบัติตามตารางที่ 5 ดังนี้

(3) การเดินสายด้วยพุกประกับ และเข็มขัดรัดสาย ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 24 (1) ก. และ ง

(4) การเดินสายฝังลงไปในผนังตึก ให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 24 (2) (3) และ (4)

(5) การเดินสายภายนอกอาคารด้วยวิธีอื่น ๆ อาจทำได้ แต่ต้องได้รับการรับรองจากการไฟฟ้าของท้องถิ่นนั้น ๆ

(6) สายที่เดินในระดับที่สูงกว่าพื้นดินไม่เกิน 2 เมตร 50 เซนติเมตร ต้องเดินในท่อโลหะหรือท่อพลาสติกอย่างหนา หรือท่อไฟเบอร์ หรือครอบด้วยรางโลหะ

(7) สายไฟฟ้าที่เดินผ่านที่โล่ง และเป็นบริเวณที่มียานพาหนะผ่าน ต้องสูงไม่น้อยกว่า 5 เมตร 60 เซนติเมตร

ข้อ 26. การเดินสายฝังดิน อาจร้อยในท่อโดยปฏิบัติตามข้อ 24 (3) (4) และ (7) ส่วนการเดินสายฝังดินโดยตรงต้องใช้สายชนิดที่มีฉนวนหุ้มอย่างน้อยสองชั้น และฉนวนชั้นนอกต้องเป็นเทอร์โมพลาสติก หรือตะกั่ว โดยต้องฝังให้ลึกไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร และใช้ทรายกลบแล้ววางแผ่นคอนกรีตหรือแผ่นอิฐทับตลอดสายก่อนใช้ดินกลบ ตอนที่สายโผล่จากพื้นดินจะต้องป้องกันโดยการร้อยผ่านท่อโลหะหรือวิธีอื่นที่เหมาะสม

ข้อ 27. การเดินสายขนาดต่าง ๆ ไม่เท่ากัน อาจเดินรวมกันในท่อเดียวกันได้ ในกรณีต่อไปนี้

(1) ขนาดพื้นที่หน้าตัดของตัวนำของสายไฟฟ้ารวมกันไม่เกินร้อยละ 10 ของขนาดพื้นที่หน้าตัดของท่อ

(2) พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า ซึ่งรวมฉนวนและเปลือกนอกรวมกันไม่เกินร้อยละ 30 ของพื้นที่หน้าตัดของท่อ

ข้อ 28. การเดินสายในท่อที่เป็นสารแม่เหล็ก ถ้าเป็นไฟฟ้าระบบ 3 ยก (ThreePhases) ให้เดินรวมไปในท่อเดียวกัน ห้ามเดินแยก

ข้อ 29. การเดินสายในท่อโลหะที่เป็นสารแม่เหล็ก ต้องจัดให้เส้นแรงแม่เหล็ก (Electromagnetic Flux) ที่เกิดจากการไหลของกระแสในท่อนั้นสมดุลกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 30 การโค้งท่อเดินสายต้องไม่ทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อตรงส่วนโค้งเล็กลง รัศมีความโค้งด้านในของท่อที่ใช้ร้อยชนิดที่มีปลอกตะกั่วจะต้องไม่น้อยกว่า 10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ เว้นแต่ท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร

รัศมีความโค้งต้องไม่น้อยกว่า 12 เท่า สำหรับสายที่มีปลอกตะกั่วหุ้ม

ข้อ 31 ในกรณีที่เดินสายผ่านทะลุสิ่งก่อสร้าง เช่น ผนังตึก หรือฝาสังกะสี จะต้องมีปลอกฉนวนป้องกันสาย

ข้อ 32. ความต้านทานของฉนวน ที่วัดระหว่างสายกับสาย และสายดิน ต้องเป็นดังนี้

(1) การวัดความต้านทานของฉนวนของสายไฟฟ้าในขณะที่สับสวิทช์ และต่อฟิวส์ไว้ เมื่อถอดหลอดไฟฟ้า และเครื่องใช้ไฟฟ้าออกทั้งหมด ต้องวัดได้ไม่ต่ำกว่า 0.5 เมกโอห์ม

(2) การติดตั้งสายไฟฟ้าทั้งหมดหรือวงจรย่อยต้องให้มีความต้านทานไม่ต่ำกว่า 0.5 เมกโอห์ม มิฉะนั้น ต้องแบ่งวงจรย่อยเพิ่มขึ้นอีก จนกระทั่งมีความต้านทานของแต่ละวงจรย่อยไม่ต่ำกว่า 0.5 เมกโอห์ม

(3) การวัดค่าความต้านทานของฉนวนให้กระทำโดยใช้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไม่ต่ำกว่า 500 โวลต์ เป็นเวลาต่อเนื่องกันไม่น้อยกว่า 30 วินาที

หมวด 4
ระบบการป้องกันกระแสไฟฟ้าเกินขนาด

ข้อ 33. การเดินสายไฟฟ้าในสถานประกอบการ จะต้องมีเครื่องตัดกระแสติดตั้งไว้ ณ ที่ดังต่อไปนี้

(1) ระหว่างเครื่องวัดไฟฟ้า กับ สายภายในสถานประกอบการ ในกรณีที่มีมากกว่าหนึ่งอาคารขึ้นไป จะต้องติดตั้งไว้ระหว่างสายภายนอกอาคารกับสายภายในอาคารด้วย

(2) จุดที่มีการเปลี่ยนขนาดสาย ยกเว้นกรณีที่

ก. เมื่อขนาดของเครื่องตัดกระแสไฟเกินขนาดต้นทางสามารถตัดกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้ใช้สำหรับสายต่อแยกนั้น

ข. สายที่ต่อลงเครื่องตัดกระแสชนิดอัตโนมัติ ซึ่งมีความยาวไม่เกิน 3 เมตร

ค. สายที่ต่อแยกมีความยาวไม่เกิน 7 เมตร 50 เซนติเมตร และมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 1/3 ของสายเมนที่จ่ายไฟฟ้าให้กับสายแยกนั้น

ข้อ 34. เครื่องตัดกระแสต้องมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) ต้องสามารถตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรได้ (Interrupting Capacity) ไม่น้อยกว่ากระแสลัดวงจร ณ จุดนั้นโดยไม่ระเบิด

(2) ต้องตัดกระแสไฟฟ้าลัดวงจรในสายขนาดเล็กที่สุดในวงจรนั้นได้ก่อนที่จะร้อน

(3) ทำหน้าที่ตัดกระแสไฟฟ้าเกินขนาดได้ทันทีก่อนที่สายจะร้อน

(4) เครื่องตัดกระแสในระบบ 3 ยก ต้องใช้เครื่องตัดกระแสชนิดที่ออกแบบใช้เฉพาะสำหรับระบบ 3 ยกเท่านั้น และห้ามติดตั้งเครื่องตัดกระแสในเส้นศูนย์

ข้อ 35. เครื่องตัดกระแสชนิดมือโยก แบบใบมีด ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

(1) ติดตั้งไว้ในตู้เหล็กมีฝาปิดมิดชิด และมีเครื่องป้องกันมิให้ฝาเปิดก่อนที่จะยกใบมีด

(2) ติดตั้งในลักษณะที่ใบมีดไม่สามารถสับสวิตซ์ด้วยตัวเองได้ และเมื่อยกใบมีดแล้วด้านใบมีดต้องไม่มีกระแสไฟฟ้า

(3) เครื่องตัดกระแสที่ใช้กับไฟฟ้ากำลัง ใบมีดมีเครื่องป้องกันมิให้ใบมีดหลุดออกเอง

ข้อ 36. เมื่อใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดพร้อมกัน ในวงจรแต่ละวงจร จะต้องมีกระแสไฟฟ้าไม่เกินขนาดของกระแสไฟฟ้าสูงสุดที่ยอมให้ใช้กับสายไฟฟ้าของวงจรนั้น และต้องไม่ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกเกินร้อยละ 2 ระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า กับสายภายในตอนใดตอนหนึ่งเมื่อใช้กระแสไฟฟ้าเต็มที่

ข้อ 37. การต่อสายต้องต่อให้แน่นด้วยวิธีบีบอัด หรือแบบสลักเกลียว หือแบบบัดกรีหรือเชื่อม หรือใช้อุปกรณ์อื่นด้วยวิธีที่ถูกต้อง เพื่อให้ได้ผลดีทางไฟฟ้าและทางกล และต้องใช้ฉนวนหุ้มรอยต่อให้มีคุณสมบัติเท่ากับฉนวนที่หุ้มตัวนำนั้น ขณะใช้งานอุณหภูมิของรอยต่อต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิของสาย

ข้อ 38. การต่อสายทุกแห่งต้องทำในที่ซึ่งตรวจได้สะดวก การต่อสายในรางเดินสาย (Wire Way) รางเดินสายต้องเป็นแบบที่เปิดฝาออกตรวจได้

ข้อ 39. การเดินสายบนตุ้ม หรือพุกประกับ รอยต่อแยกต้องอยู่ห่างจากตุ้มหรือพุกประกับไม่เกิน 15 เซนติเมตร

ข้อ 40. การเดินสายด้วยบัสเวย์ (Bus Way) หรือบัสดัคท์ (Bus Duct) ตัวนำที่ใช้ในรางจะหุ้มฉนวนหรือไม่ก็ได้ แต่ต้องมีฉนวนรองรับ การต่อสายแยกให้ใช้บัสเวย์ (Bus Way) ถ้าหากจะต่อด้วยสายต้องใช้สายที่มีฉนวนหุ้มโดยร้อยในท่อ หรือใช้สายประเภทที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าเคลื่อนย้ายได้ แต่ต้องมีการป้องกันไม่ให้ฉนวนหุ้มสายชำรุด จากการเสียดสีกับราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 41. สายเคเบิ้ลอ่อน (Flexible Cable) และสายอ่อน (Flexible Cord) ที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้ายได้ ต้องเป็นเส้นยาวโดยตลอด ไม่มีรอยต่อหรือรอยต่อแยก

ข้อ 42. เต้เสียบและกระจุ๊ปเสียบหลายทาง หรือทางเดียว ห้ามใช้กระแสไฟฟ้าเกินขนาดของสายที่ต่อแยกเข้าเต้าเสียบ และกระจุ๊ปเสียบเหล่านั้น และตัวเต้าเสียบหรือกระจุ๊ปเสียบที่ใช้ต้องมีขนาดที่สามารถทนกระแสไฟฟ้าไม่ต่ำกว่ากระแสไฟฟ้าที่กำหนดให้ใช้สำหรับสายนั้น

ข้อ 43. ในสถานประกอบการ ต้องติดตั้งเต้าเสียบไว้ให้เพียงพอแก่การใช้งาน เพื่อมิให้มีการต่อไฟใช้โดยวิธีที่ไม่ปลอดภัย

ข้อ 44. อุปกรณ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบ ต้องมีขนาดการใช้กระแสไฟฟ้าไม่เกินกระแสไฟฟ้าที่ยอมให้ใช้ ณ จุดนั้น

ข้อ 45. ส่วนของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้แรงดันตั้งแต่ 50 โวลต์ขึ้นไปต้องที่ปิดกันอันตรายในกรณีที่ส่วนที่มีไฟฟ้านั้นไม่มีที่ปิด ต้องมีแผ่นยาง (Rubber Matting) ปูไว้ที่พื้นเพื่อป้องกันอันตรายจากการสัมผัสโดยไม่ตั้งใจ

ข้อ 46. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งหรือนำไปใช้งานในบริเวณที่มีไอระเหยของสารที่มีความไวไฟ หรือบริเวณที่อาจเกิดเพลิงไหม้ได้ ต้องใช้อุปกรณ์ชนิดที่กันไอระเหยได้ (Explosion Proof)

ข้อ 47. อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ติดตั้งหรือนำไปใช้งานที่มีละอองน้ำ หรือมีความชื้นหรือไอระเหยกรด ต้องใช้อุปกรณ์ชนิดที่ป้องกันน้ำหรือไอระเหยของกรดได้

ข้อ 48. เครื่องมอไฟฟ้าชนิดถือ หรือชนิดเคลื่อนย้ายได้ ต้องมีลักษณะดังนี้

(1) ต้องมีสายดินติดอยู่ที่ครอบโลหะของเครื่องมือนั้น อย่างถาวร หรือ

(2) เป็นแบบที่มีฉนวนหุ้ม 2 ชั้น และประทับคำว่า 'ฉนวน 2 ชั้น' ด้วย หรือ

(3) เครื่องมอนั้นใช้ไฟฟ้าที่มีแรงดันไม่เกิน 50 โวลต์ ซึ่งต่อจากหม้อแปลงแบบแยกขดลวด และขดลวดทางด้านแรงต่ำไม่ได้ต่อลงดิน

(4) ใช้กับวงจรที่ใช้เครื่องตัดกระแสไฟฟ้ารั่วโดยอัตโนมัติ (Ground Fault Circuit Interrupter)

หมวด 6
การออกแบบติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้า

ข้อ 49. หม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงเครื่องวัด ขดลวดจำกัดกระแส และเครื่องปรับแรงดันเมื่อติดตั้งใช้งาน ต้องต่อเปลือกหุ้มที่เป็นโลหะลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 50. หม้อแปลงไฟฟ้า (Power Transformer) ที่มีแรงดันสูงกว่า 600 โวลต์ขึ้นไป

(1) ติดตั้งภายนอกอาคาร ต้องให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. การติดตั้งบนเสาหรือโครงสร้างที่มีเสา ต้องปฏิบัติดังนี้

1. เสาหรือโครงสร้างต้องสามารถรับน้ำหนักของหม้อแปลงไฟฟ้าได้โดยปลอดภัย

2. ไม่กีดขวางการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานไฟฟ้า

3. ต้องไม่อยู่ในบริเวณที่สำรองไว้สำหรับการปีนเสา

4. ส่วนที่มีไฟฟ้าของหม้อแปลงและส่วนประกอบ ต้องมีระยะห่างจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ ตามระยะที่กำหนดดังนี้

- แรงดันไม่เกิน 5 กิโลโวลต์ ระยะห่างต่ำสุด 1 เมตร ถ้าเป็นผนังปิดมิดชิดระยะห่างต่ำสุด 30 เซนติเมตร

- แรงดันไม่เกินกว่า 5 กิโลโวลต์ ถึง 8.75 กิโลโวลต์ ระยะห่างต่ำสุด 1 เมตร

- แรงดันไม่เกินกว่า 8.75 กิโลโวลต์ ถึง 15 กิโลโวลต์ ระยะห่างต่ำสุด 1 เมตร 50 เซนติเมตร

- แรงดันไม่เกินกว่า 15 กิโลโวลต์ ถึง 50 กิโลโวลต์ ระยะห่างต่ำสุด 2 เมตร 50 เซนติเมตร

5. ถ้าอยู่ในสถานที่ที่ไม่มียานพาหนะผ่าน ต้องสูงเหนือพื้นไม่น้อยกว่า 3 เมตร 40 เซนติเมตร ถ้าอยู่ในสถานที่ที่ยานพาหนะผ่านได้ ต้องสูงไม่น้อยกว่า 4 เมตร

ข. การติดตั้งกับกำแพงอาคาร ต้องได้รับการรับรองจากการไฟฟ้าในเขตนั้นก่อน

ค. การติดตั้งบนพื้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1. จัดให้มีรั้วล้อมรอบ ป้องกันมิให้ผู้ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไป

2. รั้วต้องห่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เมตร และถ้าเป็นรั้วโลหะต้องต่อลงดิน

3. ประตูรั้วต้องเปิดออกข้างนอกได้

4. จัดให้มีแสงสว่างในเวลากลางคืน

(2) ติดตั้งภายในอาคาร ต้องให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

ก. ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าประเภทที่บรรจุน้ำมันซึ่งติดไฟได้ต้องติดตั้งในห้องที่มีฝาทั้ง 4 ด้านและฝาผนังต้องมีระยะห่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1.10 เมตร และประตูต้องมีธรณีเพื่อกันน้ำมันที่อาจรั่วออกมาหรือจัดให้มีทางระบายน้ำมันโดยเฉพาะ ผนัง

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของ [illegible] ไม่ว่ากรณีใดๆ ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรเท่านั้น

ห้อง และเพดานต้องทนไฟได้นานไม่น้อยกว่า 3 ชั่วโมง หม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีช่องระบายอากาศเพียงพอโดยไม่ทำให้อุณหภูมิหม้อแปลงไฟฟ้าสูงเกินกำหนด

ข. หม้อแปลงไฟฟ้า ประเภทบรรจุของเหลวที่ไม่ติดไฟ ถ้าขนาดเกิน 25 เค.วี.เอ. ต้องมีท่อระบายความดัน (Pressure Relief Vent) ห้องหม้อแปลงต้องมีทางระบายอากาศเพียงพอ โดยไม่ทำให้อุณหภูมิของหม้อแปลงสูงเกินกำหนด และถ้าการระบายอากาศไม่ดีพอต้องต่อท่อจากทางระบายความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอก หรือมิฉะนั้น ก็ต้องให้มีสารดูดซึมแก๊ส ซึ่งเกิดจากประกายไฟอยู่ในหม้อแปลงไฟฟ้าด้วยและต้องมีผนังล้อมรอบทุกด้านป้องกันบุคคลผู้ไม่มีหน้าที่เข้าไป และมีระยะห่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 1 เมตร

ค. หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง (Dry Type Transformer) หรือหม้อแปลงไฟฟ้าประเภทบรรจุของเหลวที่ไม่ติดไฟและขนาดต่ำกว่า 25 เค.วี.เอ. ติดตั้งที่ใดก็ได้แต่ต้องมีรั้วล้อมรอบป้องกันมิให้บุคคลที่ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไปได้ และต้องมีระยะห่างจากหม้อแปลงไฟฟ้าอย่างน้อย 1 เมตร

ข้อ 51 หม้อแปลงเครื่องวัด (Instrument Transformer) ที่มีแรงดันสูงกว่า 600 โวลต์ขึ้นไป ต้องปฏิบัติตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

(1) สายทางด้านแรงดันต่ำต้องต่อลงดิน เว้นแต่สายแรงดันต่ำนั้นเป็นสายหุ้มฉนวน ชนิดมีเปลือกโลหะซึ่งต่อลงดินและร้อยอยู่ในท่อโลหะที่ต่อลงดินด้วย หรือท่อชนิดอื่นที่เหมาะสม

(2) ถ้าเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าประเภทแปลงกระแส (Current Transformer) วงจรทางด้านแรงดันต่ำต้องต่อให้เป็นวงจรปิดอยู่เสมอ

ข้อ 52. แผงสวิตช์ ต้องมีลักษณะและติดตั้งตามกฎเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

(1) สวิตช์ทุกตัวและทุกแบบ ที่ติดตั้งบนแผงสวิตช์ต้องสามารถตัดกระแสไฟฟ้าได้ตามอัตราที่กำหนดไว้สำหรับสวิตช์นั้น ถ้าเป็นชนิดที่ไม่ได้ออกแบบให้ทำงานตัดวงจรขณะที่กระแสไฟ จะต้องเขียนระบุไว้ให้ชัดเจน

(2) สวิตช์ทุกตัวต้องมีอัตรากระแส (Ampere Rating) สูงพอที่จะใช้กับกระแสสูงสุดที่ยอมให้ใช้ในวงจรที่สวิตช์นั้นควบคุมอยู่ ถ้าเป็นสวิตช์ประเภทอัตโนมัติต้องมีความสามารถตัดกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่ากระแสไฟฟ้าลัดวงจรสูงสุด ณ จุดที่ติดตั้งสวิตช์นั้น

(3) สวิตช์ทุกตัวบนแผงสวิตช์ ต้องเข้าถึงได้ง่ายเพื่อความสะดวกในการปลดและสับ

(4) ต้องมีพื้นที่ทำงานเพียงพอที่จะทำการซ่อมแซม หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5) แผงสวิตช์ต้องมีตู้ปิดมิดชิด และต้องติดตั้งห่างจากเครื่องจักรหรือที่ผู้ปฏิบัติงานจะไม่ได้รับอันตรายจากเครื่องจักร และต้องมีแสงสว่างเพียงพอในกรณีที่ไม่มีตู้ปิดมิดชิด ต้องมีรั้วล้อมรอบเพื่อป้องกันมิให้ผู้ไม่มีหน้าที่เกี่ยวข้องเข้าไป

(6) แผงสวิตช์ต้องทำด้วยวัสดุทนไฟและไม่ดูดความชื้น

(7) แผงสวิตช์ต้องติดตั้งให้มีความแข็งแรงเพียงพอที่จะทนแรงปลดและสับได้เป็นอย่างดี

(8) การติดตั้งและการต่อสายที่แผงสวิตช์ต้องเป็นระเบียบ สวิตช์ทุกตัวต้องมีอักษรกำกับบอกถึงวงจรที่สวิตช์นั้นควบคุมอยู่ และต้องมีแผนผังทางไฟฟ้าให้ตรวจสอบได้

(9) ส่วนที่เป็นโลหะของแผงสวิตช์ต้องต่อลงดิน

ข้อ 53. เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(1) เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต้องติดตั้งในบริเวณพื้นที่กว้างพอที่จะปฏิบัติงานซ่อมแซมได้

(2) ถ้าติดตั้งภายในห้อง ต้องมีทางระบายอากาศเพียงพอ และท่อไอเสียจากเครื่องยนต์ต้องต่อออกภายนอก

(3) ต้องมีเครื่องป้องกันกระแสไหลเกินขนาด

(4) ต้องมีเครื่องดับเพลิง ชนิดที่ใช้ดับเพลิงซึ่งเกิดจากไฟฟ้า และต้องมีขนาดโตพอที่จะดับเพลิงที่เกิดจากน้ำมันที่เก็บไว้ในห้องเครื่องได้เพียงพอ

(5) ในกรณีที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง จะต้องต่อผ่านสวิตช์ 2 ทาง หรืออุปกรณ์อย่างอื่นซึ่งมีจุดประสงค์เหมือนกันเท่านั้น

หมวด 6
สายดินและการต่อสายดิน

ข้อ 54. ห้ามมิให้ใช้สายศูนย์เป็นสายดิน หรือใช้สายดินเป็นสายศูนย์

ข้อ 55. สายดินต้องเป็นโลหะที่ไม่ผุกร่อน

ข้อ 56. รอยต่อ หรือต่อแยก ต้องไม่เป็นเหตุให้เกิดความต้านทานสูงกว่าที่กำหนดไว้ในสายดินนั้น

ข้อ 57. ห้ามต่อฟิวส์หรือเครื่องตัดกระแสอัตโนมัติไว้ในสายดิน ยกเว้นในกรณีที่เครื่องตัดกระแสอัตโนมัตินั้น จะทำงานพร้อมกันกับเครื่องตัดกระแสที่จ่ายไฟฟ้าให้อุปกรณ์นั้นทุกทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 58. ห้ามต่อสวิตช์ไว้ในสายดิน ยกเว้นในกรณีที่ติดตั้งไว้ในที่เห็นได้ชัดและทำเครื่องหมายแสดงไว้ให้รู้ชัดเจนว่าเป็นสวิตช์สายดิน และให้ใช้ได้เฉพาะผู้มีหน้าที่โดยตรงเท่านั้น

ข้อ 59. สายดินของเครื่องล่อฟ้า (Lightning Arrester) ต้องตรงและสั้นเท่าที่จะทำได้โดยปราศจากมุม

ข้อ 60. ขนาดของสายดินที่ใช้ ต้องมีขนาดดังนี้

(1) สำหรับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดของสายดินต้องไม่เล็กกว่าสายตัวนำที่ใหญ่ที่สุดในวงจรนั้น และไม่เล็กกว่าสายทองแดงที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัด 8 ตารางมิลลิเมตร หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่านั้น

(2) สำหรับวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ขนาดของสายดินต้องไม่เล็กกว่า 1/5 ของสายตัวนำที่ใหญ่ที่สุดในวงจรนั้น และไม่เล็กกว่าสายทองแดงที่มีพื้นที่หน้าตัด 8 ตารางมิลลิเมตร หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่านั้น

(3) สำหรับวงจรของหม้อแปลงเครื่องวัด (Instrument Transformer) ขนาดของสายต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าสายทองแดงขนาด 3.6 ตารางมิลลิเมตร หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่านั้น

(4) สำหรับเครื่องล่อฟ้าแรงสูง (Lightning Arrester) ขนาดของสายดินต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าสายทองแดงขนาด 14 ตารางมิลลิเมตร หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่านั้น

(5) สำหรับอุปกรณ์ที่ห้อยแขวน หรือเคลื่อนย้ายได้ ซึ่งมีเครื่องตัดกระแสอัตโนมัติหรือฟิวส์ไม่เกิน 20 แอมแปร์ ขนาดของสายดินต้องมีพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่าสายทองแดงขนาด 0.8 ตารางมิลลิเมตร หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความแข็งแรงและความเป็นตัวนำไม่น้อยกว่านั้น

ข้อ 61. การต่อสายดิน ต้องต่อตัวนำอย่างถาวรกับดินโดยผ่านรอยต่อ ซึ่งมีความต้านทานกระแสไฟฟ้าต่ำเพียงพอ และสามารถรับกระแสที่ไหลผ่านลงดินได้ โดยไม่เกิดมีแรงดันไฟฟ้าขึ้นระหว่างสายกับดิน

ข้อ 62. สิ่งต่อไปนี้ ต้องต่อสายดิน

(1) สายศูนย์

(2) อุปกรณ์เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ ที่มีเปลือกหุ้มภายนอกเป็นโลหะ

(3) ส่วนของแผงสวิตช์ที่เป็นโลหะ

(4) โครงเหล็กหรือสิ่งที่เกี่ยวข้องที่เป็นโลหะ อันอาจมีกระแสไฟฟ้า ยกเว้นในกรณีดังต่อไปนี้ ไม่ต้องต่อสายดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(1) เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีลักษณะตามข้อ 48 (2) (3) และ (4)

(2) เครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าประจำสำนักงาน ที่ไม่ได้อยู่ในที่ชื้นแฉะ หรือบนพื้นที่ทำการซึ่งเป็นสื่อไฟฟ้า

ข้อ 63. ในกรณีที่ระบบจำหน่ายแรงต่ำมีการต่อลงดินที่หม้อแปลง หรือที่ใดที่หนึ่งแล้วสายดนิภายในอาคารอาจใช้สายดินร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ ถ้าเป็นไปตามข้อ 60.

ข้อ 64. สายดินสำหรับอุปกรณ์และวงจรที่กล่าวข้างล่างนี้ ต้องใช้สายดินแยกต่างหากเพื่อต่อกับหลักดิน หรือสิ่งอื่นที่เป็นโลหะ มีความคงทนและมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าได้ดีไม่น้อยกว่าหลักดินที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐาน

(1) เครื่องล่อฟ้าแรงสูง (Lightning Arrester) ยกเว้นในกรณีที่นายจ้างมีวิศวกรไฟฟ้ากำลังที่ได้รับใบอนุญาตจาก ก.ว. เป็นผู้ออกแบบ

(2) สายแรงต่ำ ที่ต่อใช้กับไฟกำลังและไฟแสงสว่าง ยกเว้นกรณีที่ระบบสายจำหน่ายแรงต่ำนั้น เป็นระบบที่มีสายดินไม่น้อยกว่า 2 แห่ง

(3) เปลือกโลหะของอุปกรณ์รถรางไฟฟ้าที่ใช้กระแสตรงและของอุปกรณ์ที่ใช้แรงดันสูงกว่า 600 โวลต์

(4) หลักล่อฟ้า

ข้อ 65. หลักดิน และสิ่งที่ใช้แทนหลักดิน ต้องมีมาตรฐานดังนี้

(1) แท่งเหล็กอาบโลหะชนิดกันผุกร่อน ต้องมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร 6 มิลลิเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 2 เมตร 40 เซนติเมตร

(2) ท่อเหล็กอาบสังกะสี หรืออาบโลหะกันผุกร่อนชนิดอื่น มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในไม่น้อยกว่า 1 เซนติเมตร 9 มิลลิเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 2 เมตร 40 เซนติเมตร และปลายข้างหนึ่งปักลึกลงดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร 40 เซนติเมตร

(3) โครงสร้างอาคารที่เป็นเหล็ก ซึ่งเชื่อมติดต่อกันทั้งอาคาร และมีการต่อลงดินอย่างถูกต้อง

(4) แผ่นเหล็กที่มีพื้นที่ไม่น้อยกว่า 1,300 ตารางเซนติเมตร ถ้าเป็นเหล็กอาบโลหะชนิดกันผุกร่อน ต้องหนาไม่น้อยกว่า 6 มิลลิเมตร ถ้าเป็นโลหะอื่นซึ่งไม่ผุกร่อนต้องหนาไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร ฝังลึกจากผิวดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร 40 เซนติเมตร

(5) เหล็กเส้นหรือสายทองแดงเปลือย ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่น้อยกว่า 25 ตารางมิลลิเมตร ยาวไม่น้อยกว่า 6 เมตร ม้วนเป็นขดแล้วฝังลึกลงดินไม่น้อยกว่า 2 เมตร 40 เซนติเมตร และเทคอนกรีตทับหนาไม่น้อยกว่า 5 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 66. ความต้านทานของดินต้องไม่เกิน 25 โอห์ม ณ จุดที่ปักหลักดิน

ข้อ 67. วงจรหรือระบบไฟฟ้าต่อไปนี้ ให้ยกเว้นไม่ต้องต่อลงดิน

(1) ระบบไฟฟ้ากระแสตรง

ก. เมื่อวงจรนั้นมีเครื่องมือชี้บอกกระแสไฟรั่ว (Ground Detector) และเป็นการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทางอุตสาหกรรมในบริเวณจำกัด

ข. เมื่อระบบจ่ายกระแสไฟฟ้านั้น มีความต่างศักย์ไม่เกิน 50 โวลต์ ระหว่างสายกับสาย

ค. เมื่อระบบจ่ายกระแสไฟฟ้านั้น มีความต่างศักย์เกิน 300 โวลต์ ระหว่างสายกับสาย

ง. ระบบไฟฟ้ากระแสตรงนั้น ได้มาจากเครื่องแปลงกระแสสลับเป็นกระแสตรง (Rectifier) ซึ่งด้านกระแสสลับได้ต่อลงดินไว้แล้ว

จ. วงจรที่ใช้กับสัญญาณแจ้งเพลิงไหม้ ซึ่งมีกระแสสูงสุดในวงจรไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์

(2) ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ

ก. เมื่อระบบไฟฟ้านั้นมีแรงดันไฟฟ้า ระหว่างสายกับสายน้อยกว่า 50 โวลต์

ข. ระบบไฟฟ้าที่จ่ายกระแสไฟให้กับเตาหลอมไฟฟ้า (Are Furnace)

ค. วงจรไฟฟ้าเหล่านั้น มีการป้องกันไว้ด้วยเครื่องตัดวงจรกระแสไฟรั่วโดยอัตโนมัติ (Ground Fault Circuit Interrupter)

หมวด 7
การติดตั้งสายล่อฟ้า

ข้อ 68. ปล่องควันที่เป็นโลหะ ต้องมีการป้องกันฟ้าผ่า ดังนี้

(1) ปล่องควันที่เป็นโลหะ ไม่จำเป็นต้องติดตั้งสายล่อฟ้า แต่ต้องมีสายดินต่อไว้ให้ถูกต้องตามหมวด 6

(2) สายลวดโลหะที่ยึดปล่องควัน (Metal Guy Wires) ต้องต่อลงดิน แต่ถ้าสายลวดโลหะยึดปล่องควันนี้ ยึดติดกับสมอเหล็กที่ฝังลึกลงไปในดิน และมีความต้านทานของดิน (Ground Resistance) ไม่เกิน 25 โอห์ม ให้ถือว่าได้ต่อลงดินแล้ว

ข้อ 69. ปล่องควันที่เป็นอิฐก่อ หรือคอนกรีต ต้องมีการป้องกันฟ้าผ่า ดังนี้

(1) ติดตั้งหลักล่อฟ้า (Air Terminal) ที่ปลายปล่องควัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. หลักล่อฟ้า ต้องเป็นหลักที่แข็งแรง ไม่เป็นสนิม หรือโลหะชนิดอื่นที่มีความคงทนต่อการผุกร่อนได้ และมีความนำไฟฟ้าไม่น้อยกว่าท่อทองแดงที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร และมีความหนาของท่อไม่น้อยกว่า 0.8 มิลลิเมตร

ข ติดตั้งรอบปล่องโดยให้มีระยะห่างกันไม่เกิน 2 เมตร 40 เซนติเมตร และมีสายต่อเชื่อมถึงกันให้ครบวงจร (Closed Loop) ถ้าปล่องควันที่มีฝาครอบโลหะอยู่ด้วยก็ให้ต่อกับหลักล่อฟ้าด้วย

ค. ความสูงของหลักล่อฟ้าเหนือขอบปล่องควัน ให้เป็นดังนี้

1. ปล่องควันทั่วไป สูงไม่น้อยกว่า 50 เซนติเมตร และไม่เกินกว่า 75 เซนติเมตร

2. ปล่องระบายควันที่เป็นฝุ่น ไอ หรือ แก๊ส ซึ่งระเบิดได้เมื่อมีประกายไฟจะต้องสูงไม่น้อยกว่า 1 เมตร 50 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นปล่องชนิดปลายเปิด หลักล่อฟ้าจะต้องติดตั้งให้สูงกว่าปลายปล่องไม่น้อยกว่า 4 เมตร 50 เซนติเมตร

(2) หลักล่อฟ้าต้องต่อลงดินด้วยสายดิน ดังนี้

ก. สายดินที่ใช้ต้องเป็นทองแดง ชนิดที่มีคุณสมบัติใช้ในงานไฟฟ้า ซึ่งมีความนำไฟฟ้าได้ได้มาตรฐานอุตสาหกรรมที่ มอก 64-2517 และต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 70 ตารางมิลลิเมตร

ข. สายดินที่เป็นท่อกลวงต้องเป็นทองแดง โดยมีพื้นที่หน้าตัดของเนื้อทองแดง และความนำไฟฟ้าไม่น้อยกว่าข้อ ก. และความหนาของผ่อต้องไม่น้อยกว่า 1.5 มิลลิเมตร

ค. สายดินที่เป็นแผ่นยาวหรือสายถัก ความหนาต้องไม่น้อยกว่า 2 มิลลิเมตร โดยต้องมีพื้นที่หน้าตัดของเนื้อทองแดงและความนำไฟฟ้าไม่น้อยกว่าข้อ ก

ง. ถ้ามีหลักล่อฟ้ามากกว่าหนึ่งหลัก ต้องมีสายดินอย่างน้อย 2 สาย ตรงข้ามกัน โดยต่อจากสายที่ต่อเชื่อมครบวง (Closed Loop) จากส่วนบนของปล่องไปยังดิน สายดินทั้ง 2 นี้จะต้องเชื่อมกันที่ฐานของปล่องควัน และแต่ละสายแยกต่อกับหลักดิน

จ. ถ้าปล่องควันสูงตั้งแต่ 50 เมตรขึ้นไป ต้องต่อเชื่อมครบวงสายดิน ที่ตรงจุดกึ่งกลางของปล่องควันให้ถึงกัน

(3) ตัวจับยึดสายดิน ต้องมีระยะห่างและลักษณะดังนี้

ก. ต้องเป็นทองแดงหรือโลหะผสมทองแดง

ข. ระยะห่างระหว่างตัวจับยึดในการยึดลงดินต้องห่างไม่เกิน 1 เมตร 20 เซนติเมตร ตามแนวตั้ง และ 60 เซนติเมตรตามแนวนอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 70. หลักล่อฟ้าที่เป็นทองแดง สายดินและตัวจับยึดจะต้องฉาบผิวด้วยตะกั่วหนาอย่างน้อย 1.6 มิลลิเมตร ในระยะ 7 เมตร 50 เซนติเมตร จากปลายปากปล่องมา และสูงขึ้นไปตลอดจนถึงปลายหลักล่อฟ้า

ข้อ 71. สายดินต้องมีรอยต่อน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ และต้องมีความแข็งแรงรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของความแข็งแรงของสายและจะต้องไม่มีมุม

ข้อ 72. การต่อลงดิน จะต้องทำเช่นเดียวกับการต่อสายดินตามหมวด 6

ข้อ 73. ส่วนของสายดินที่สูงจากพื้นดิน 2 เมตร 50 เซนติเมตร ต้องมีการป้องกันการกระทบกระแทก โดยใช้ไม้หรือวัสดุที่ไม่เป็นสารแม่เหล็กห่อหุ้ม ถ้าใช้ท่อโลหะที่เป็นสารแม่เหล็กห่อหุ้มสายดินต้องต่อเชื่อมปลายด้านบนและล่างของท่อเข้ากับสายด้วย

ข้อ 74. ปล่องควันที่บุผิวด้วยโลหะหรือมีปันไดเป็นโลหะ ต้องต่อผิวโลหะ หรือปันไดนั้นเข้ากับสายดินด้วย ทั้งส่วนบนและส่วนล่าง

ข้อ 75. ปล่องควันที่อยู่ในกรวดรัศมีคุ้มกันของระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งมีรัศมีที่พื้นดินเป็น 2 เท่าของความสูงของสายหรือหลักล่อฟ้า ไม่ต้องติดตั้งสายล่อฟ้า

ข้อ 76. ถังซึ่งเก็บของเหลวไวไฟหรือแก๊สไวไฟ ต้องมีการป้องกันอันตรายจากฟ้าผ่าถัง โดยติดตั้งระบบล่อฟ้า ในกรณีที่เป็นถังเหล็กและมีหลังคาไม่เป็นโลหะ ต้องติดหลักล่อฟ้าหรือสายล่อฟ้า หรือทั้งสองอย่างให้มีความสูงและจำนวนเพียงพอที่จะป้องกันฟ้าผ่าลงได้ โดยตัวถังต้องอยู่ภายในกรวยของรัศมีคุ้มกันของหลักล่อฟ้า หรือสายล่อฟ้าซึ่งทำมุมไม่เกิน 45 องศากับแนวดิ่ง สายล่อฟ้าและ/หรือหลักล่อฟ้าต้องต่อเชื่อมกับถังเหล็กและต่อลงดินโดยถูกต้อง

ยกเว้นในกรณีที่ถังนั้น ตั้งอยู่ภายในรัศมีคุ้มกันของสายล่อฟ้าหรือเสาล่อฟ้า (Mast) ที่ติดตั้งอยู่แล้ว

กรณีที่หลังคาที่มีบางส่วนเป็นโลหะอยู่บ้าง ให้ต่อเชื่อมส่วนที่เป็นโลหะนั้น เข้ากับระบบสายล่อฟ้าด้วย

ยกเว้นในกรณีต่อไปนี้

(1) ถังเหล็กซึ่งมีหลังคาเป็นโลหะ มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ก. ทุก ๆ รอยต่อระหว่างแผ่นเหล็ก จะต้องยึดโดยใช้หมุดย้ำ สลักยึด หรือเชื่อมถึงกัน

ข. ท่อทุกแห่งที่ต่อกับถัง จะต้องมีการต่อซนิดโลหะต่อโลหะกับถังทุกจุดที่ต่อ

ค. ทางออกของไอหรือแก๊ส จะต้องปิดแน่น

ง. หลังคาจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 2.7 มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. หลังคาส่วนบนของถัง จะต้องเชื่อมหรือย้ำหมุด หรือใช้สลักเกลียวยึดกับเปลือกถัง และอุดรอยรั่วตามตะเข็บกันรั่ว ทุกส่วนจะต้องมีการต่อเนื่องทางไฟฟ้าถึงกันตลอด

ฉ. ตัวถังต้องต่อลงดินโดยถูกต้อง

(2) ถังเก็บของเหลวไวไฟ ภายใต้ความกดดัน ไม่จำเป็นต้องมีการป้องกันฟ้าผ่า

หมวด 8
การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า

ข้อ 77. นายจ้างต้องจัดหาอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า เช่น ถุงมือยาง แขนเสื้อยาง ถุงมือหนัง ถุงมือทำงาน แผ่นยาง ผ้าห่มยาง ฉนวนครอบลูกถ้วย ฉนวนหุ้มสาย หมวกแข็งกันไฟฟ้า ฯลฯ ให้แก่ลูกจ้างที่จะปฏิบัติเกี่ยวกับงานไฟฟ้า ตามความเหมาะสมของงานในเมื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านั้นมีแรงดันไฟฟ้ามากกว่า 50 โวลต์ หรือในกรณีที่อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีแรงดันต่ำกว่า 50 โวลต์ แต่มีโอกาสที่จะเกิดแรงดันสูงเพิ่มขึ้นในกรณีผิดปกติ

ข้อ 78. ลูกจ้างที่ต้องขึ้นปฏิบัติงานสูงกว่าพื้นดินตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป นายจ้างจะต้องจัดหาเข็มขัดนิรภัย (Safety Belt) หมวกแข็งชนิด ค. ตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง มาตรฐานของอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลว่าด้วยหมวกแข็งและอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เหมาะสมกับงานนั้น ๆ ให้ลูกจ้างสวมใส่ตลอดเวลาที่ปฏิบัติงานอยู่ เว้นแต่อุปกรณ์นั้นจะทำให้ลูกจ้างเสี่ยงอันตรายมากกว่าเดิมในกรณีนี้ให้ใช้อุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยอย่างอื่นแทน

ข้อ 79. นายจ้างต้องจัดหารองเท้าพื้นยางหุ้มข้อ ชนิดมีส้น ให้กับลูกจ้างสวมใสตลอดเวลาของการทำงาน

ข้อ 80. อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้า จะต้องมีคุณสมบัติได้มาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) อุปกรณ์ฉนวนที่ใช้กันกระแสไฟฟ้า จะต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับแรงดันสูงสุดในบริเวณที่ปฏิบัติงานใกล้เคียง และมีมาตรฐานตามข้อกำหนดในมาตรฐานอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

(2) อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลที่เกี่ยวกับไฟฟ้าต้องมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับแรงดันสูงสุดในบริเวณที่ปฏิบัติงาน หรือบริเวณใกล้เคียง และมีมาตรฐานตามข้อกำหนดในมาตรฐานอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

(3) ถุงมือหนังที่ใช้สวมทับถุงมือยาง ต้องมีความยาวหุ้มถึงข้อมือ มีลักษณะใช้สวมทับถุงมือยางได้พอเหมาะ และมีความคงทนต่อการฉีกขาดได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) ถุงมือยางกันไฟฟ้า มีลักษณะสวมกับนิ้วมือได้ทุกนิ้วและต้องใช้คู่กับถุงมือหนังตามข้อ (3) ทุกครั้งที่ใช้ปฏิบัติงาน โดยต้องมีคุณสมบัติที่กำหนดไว้ตามมาตรฐานอุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล

หมวด 9
เบ็ดเตล็ด

ข้อ 81 ข้อกำหนดมาตรฐานและการปฏิบัติงานเพื่อความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้าที่กำหนดไว้ในประกาศนี้ เป็นมาตรฐานขั้นต่ำที่จะต้องปฏิบัติเท่านั้น

ข้อ 82 นายจ้างต้องจัดทำข้อบังคับเกี่ยวกับวิธีปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัย โดยให้มีมาตรฐานไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในประกาศนี้เพื่อแจกจ่ายให้เป็นคู่มือสำหรับลูกจ้างถือปฏิบัติ

ข้อ 83 นายจ้างต้องจัดให้มีการฝึกอบรมให้กับลูกจ้างที่ทำงานเกี่ยวข้องกับไฟฟ้ามีความรู้และความสามารถในเรื่องต่อไปนี้

(1) วิธีปฏิบัติ เมื่อมีลูกจ้างประสบอันตรายจากไฟฟ้า

(2) การปฐมพยาบาลและการช่วยชีวิตโดยวิธีใช้ปากเป่าอากาศเข้าทางปากหรือจมูกของผู้ประสบอันตราย และวิธีการนวดหัวใจจากภายนอก

ข้อ 84 ถ้าปฏิบัติงานในเวลากลางคืน นายจ้างต้องจัดให้มีแสงสว่างในบริเวณที่ปฏิบัติงานอย่างเพียงพอ โดยให้เป็นไปตามประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่อง ภาวะแวดล้อมเกี่ยวกับเรื่องแสง

ข้อ 85 เมื่อลูกจ้างต้องปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้าในบริเวณที่อยู่ใกล้หรือเหนือน้ำ จะต้องจัดให้มีเครื่องชูชีพกันจมน้ำด้วย

ข้อ 86 งานใดที่มีลักษณะไม่เหมาะสมแก่การที่จะให้ลูกจ้างใช้อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล ดังที่ระบุไว้ในหมวดนี้ นายจ้างอาจผ่อนผันให้ลูกจ้างระงับการใช้อุปกรณ์นั้นเฉพาะการปฏิบัติงานในลักษณะเช่นนั้นเป็นการชั่วคราวได้ แต่นายจ้างต้องเป็นผู้รับผิดชอบตามประกาศนี้

ข้อ 87 สถานประกอบการใดที่มิได้ปฏิบัติให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในประกาศนี้ พนักงานเจ้าหน้าที่อาจออกคำเตือน หรือคำแนะนำเป็นลายลักษณ์อักษร ให้นายจ้างปฏิบัติให้ถูกต้องภายในระยะเวลาที่กำหนดก่อนก็ได้

ข้อ 88 ข้อความใดในประกาศนี้ ที่อาจตีความได้หลายนัย นัยใดจะทำให้เกิดความปลอดภัยแก่ชีวิต หรือทรัพย์สิน ให้ถือเอานัยนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อ 89. ให้นายจ้างเป็นผู้ออกค่าใช้จ่ายตามประกาศนี้

ข้อ 90. ประกาศกระทรวงมหาดไทยฉบับนี้ ให้ใช้บังคับเมื่อพ้นกำหนดหนึ่งร้อยแปดสิบวันนับตั้งแต่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 8 มีนาคม 2522

(ลงชื่อ)

ดำริ น้อยมณี

(นายดำริ น้อยมณี)

รัฐมนตรีว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงมหาดไทย

ประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เล่มที่ 96 ตอนที่ 84 วันที่ 21 พฤษภาคม 2522

มีผลใช้บังคับตั้งแต่ วันที่ 7 พฤศจิกายน 2522

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Ka´roly Sze´chy, THE ART OF TUNNELLING, Akade´Miaikiado´, Budapest, 1973.

Benjamin Stein, John S. Reynolds, William J. McGaimness, MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS, Volame II.John Wiley & Sens. Singapore, 1986.

พิบูลย์ ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, การออกแบบระบบแสงสว่าง, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, การออกแบบระบบไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

สมศักดิ์ สุโมตยกุล, เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533.

ศุลี บรรจงจิตร, อุปกรณ์และการติดตั้งในระบบไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535.

บริษัท เอ็มแอนอี จำกัด, คู่มือวิศวกรรมไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2531.

บริษัท เอ็มแอนอี จำกัด, คู่มือวิศวกรรมเครื่องกล, พิมพ์ครั้งที่ 3, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2531.

ดร ไพบูลย์ หัวสพฤกษ์, ดร. เฮอิโซ ไซโต, การปรับอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 5, บริษัท สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด, 2537.

ผศ. สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ, หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2529.

อัครเดช สินธุภัค, การปรับอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.

องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, "รายงานสาระสำคัญทางเทคนิค โครงการระบบรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก", องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, 2536.

องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, "METROPOLITAN RAPID TRANSIT AUTHORITY INITIAL SYSTEM PROJECT", Tender Invitation Documents Contract 103 Underground Structures, Volume 4, องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, 1993.

ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 6, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2536.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ, วัสดุก่อสร้าง, หจก. เอช-เอน การพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

ลออง ศิริพัฒน์, ระบบอุปกรณ์อาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด, 2538.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Ka´roly Sze´chy, THE ART OF TUNNELLING, Akade´Miaikiado´, Budapest, 1973.

Benjamin Stein, John S. Reynolds, William J. McGaimness, MECHANICAL AND ELECTRICAL EQUIPMENT FOR BUILDINGS, Volame II.John Wiley & Sens. Singapore, 1986.

พิบูลย์ ดิษฐอุดม, การออกแบบระบบแสงสว่าง, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, การออกแบบระบบแสงสว่าง, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533.

ธนบูรณ์ ศศิภานุเดช, การออกแบบระบบไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

สมศักดิ์ สุโมตยกุล, เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2533.

ศุลี บรรจงจิตร, อุปกรณ์และการติดตั้งในระบบไฟฟ้า, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2535.

บริษัท เอ็มแอนอี จำกัด, คู่มือวิศวกรรมไฟฟ้า, พิมพ์ครั้งที่ 2, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2531.

บริษัท เอ็มแอนอี จำกัด, คู่มือวิศวกรรมเครื่องกล, พิมพ์ครั้งที่ 3, บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2531.

ดร.ไพบูลย์ หัวสพฤกษ์, ดร. เฮอิโซ ไซโต, การปรับอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 5, บริษัท สำนักพิมพ์ดวงกมล จำกัด, 2537.

ผศ. สุรพล พฤกษพานิช, การปรับอากาศ, หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 2529.

อัครเดช สินธุภัค, การปรับอากาศ, พิมพ์ครั้งที่ 1, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2535.

องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, "รายงานสาระสำคัญทางเทคนิค โครงการระบบรถไฟฟ้ามหานคร ระยะแรก", องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, 2536.

องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, "METROPOLITAN RAPID TRANSIT AUTHORITY INITIAL SYSTEM PROJECT", Tender Invitation Documents Contract 103 Underground Structures, Volume 4, องค์การรถไฟฟ้ามหานคร, 1993.

ดร. วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, การออกแบบระบบท่อภายในอาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 6, โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิยาลัย, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, 2536.

พงศ์พัน วรสุนทโรสถ, วัสดุก่อสร้าง, หจก. เอช-เอน การพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

ลออง ศิริพัฒน์, ระบบอุปกรณ์อาคาร, พิมพ์ครั้งที่ 1, บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด, 2538.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศ.ดร. สุรินทร์ เศรษฐมานิต, ทาเคโอะ มอริมูระ, วิศวกรรมงานท่อภายในอาคาร การออกแบบติดตั้งและการบำรุงรักษา, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2535.

F Hall, "Building Services and Equipment 4 Checkbook", Butterworths, 1980.

ธงชัย พรรณสวัสดิ์, คู่มือออกแบบระบบระบายน้ำเสียและน้ำฝน, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์และสมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2531.

วิลเบอร์ สมิธ แอสโซซิเอทส์. บริษัทเดอลิว คาร์เธอร์ ระหว่างประเทศ จำกัด. บริษัท ไทย ดีซีไอ . จำกัด. บริษัท ทีมคอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียร์ จำกัด, แผนแม่บทระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร, สำนักงานคณะกรรมการจัดระบบการจราจรทางบก, กรกฎาคม 2537.

MR. Lloyd Read-Brain, "เอกสารอ้างอิง", บริษัทไมนฮาร์ท (ประเทศไทย) จำกัด.

Prof. Dr. Felix E.H. Haser, "เอกสารอ้างอิง", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คุณวิโรจน์ และพี่ๆ, "เอกสารอ้างอิง", สำนักเลขานุการคณะกรรมการจัดระบบการขนส่งขนาดใหญ่.

คุณสุทักษ์ วิชญกุลวงศ์, "เอกสารอ้างอิง", บริษัทคริสเตียรีและนีลเส็น(ไทย) จำกัด.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้