แนวทางการออกแบบร้านค้าย่อยภายในสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธิน

CONCEPT DESIGN OF RETAIL SHOP IN PHAHONYOTHIN RAPID TRANSIT STATION

ธเนศ ประเสริฐวัฒนะ
THANET PRASERTWANTTANA

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-980-1

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แนวทางการออกแบบร้านค้าย่อยภายในสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธิน

CONCEPT DESIGN OF RETAIL SHOP IN PHAHONYOTHIN RAPID TRANSIT STATION

ธเนศ ประเสริฐวัฒนะ
THANET PRASERTWANTTANA

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 47834
วัน, เดือน, ปี 26 ส.ค. 2546

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2545

ISBN 974-648-980-1

CONCEPT DESIGN OF RETAIL SHOP IN PHAHONYOTHIN RAPID TRANSIT STATION

THANET PRASERTWANTTANA

A THESIS SUBMITTED IN PATRIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2002

ISBN 974-648-980-1

GOPYRIGHT 2002
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการออกแบบร้านค้าย่อยภายในสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธิน
ชื่อนักศึกษา	นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ
รหัสประจำตัว	40064023
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
พ.ศ.	2545
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	อาจารย์สุทัศน์ จุฬามาณี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ ผศ.สมพล ดำรงเสถียร

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนใต้ดินสายแรกของประเทศไทย เพื่อเป็นการบรรเทาการติดขัดของการจราจรในกรุงเทพฯที่นับวันจะมีแต่เพิ่มมากขึ้นทุกวัน ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนซึ่งเป็นระบบใต้ดินขึ้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ศึกษาจำนวน 110 ท่าน ได้แก่ พนักงานฝ่ายออกแบบสถานี 5 ท่าน ผู้อยู่อาศัยในบริเวณปากทางลาดพร้าว 100 ท่าน และผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน 5 ท่าน และนำข้อมูลที่ได้จากการตอบแบบสอบถามมาวิเคราะห์สรุปผลและเสนอแนะเป็นแนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีในอนาคตให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสม

เมื่อทำการวิจัยทำให้เราทราบถึงความต้องการของผู้ใช้สถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน และสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครที่ต้องการ ซึ่งผู้วิจัยจะได้รวบรวมข้อมูลและข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อตอบสนองต่อผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

Thesis Title	Concep t Design Of Retail Shop In PhahonYothin Rapid Transit Station
Student	Mr.Thanet Prasertwanttana
Student ID.	40064023
Degree	Master of Industrial Education
Programme	Architecture
Year	2545
Thesis Advisor	Mr.Sutas Chufamanee
Thesis Co-advisor	Associate Professor Dr.Preeyaporm Wonganutrohd. Assistant Professor Sompol Dumrongsatian

ABSTRACT

The purposes of this research were to study the concept design approach of Metropolitan Rapid Transit Station in Phahon Yothin Station. This Metropolitan Rapid Transit Station was the first underground mass transmission of Thailand which was designed to help relieving traffic problem in Bangkok which seemed to be the more severe. Thus far, it was necessary to generate the mass electronic car system to the public.

The conducted survery will be handed out to the interviewed group with total 110 interviewees which include 5 Metropolitan Rapid Transit Station designers, 100 residents who live in the area of Ladprao District,and 5 experts in using the subway. After gathering information, those surveys were analyzed, summarized and evaluated to be the useful and effective design approach for the future.

Analyzing the reseach makes us know the "needs" and "wants" as well as the needed facilities requested by the users of Metropolitan rapid transit staion Phahon Yothin Station. The researcher also provided the necessary information and suggestion to determine the design approach of Metorpolitan rapid transit staion to respond appropriately to the users which were the main goal of conducting this research.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก อาจารย์สุทัศน์ จุฬ้ามาณี ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และรศ.ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ ผศ.สมพล ดำรงเสถียร ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วมที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ให้ความช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และตรวจแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนการปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆจนวิทยานิพนธ์นี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยมีรายนามดังต่อไปนี้

คุณเติมศักดิ์ ขันการไกร วิศวกรฝ่ายออกแบบอาวุโสรถไฟฟ้ามหานคร

คุณกฤษกร สว่างฤทธิ์ ฝ่ายข้อมูลและเอกสารรถไฟฟ้ามหานคร

คุณอาซว สุนทรสีมะ ฝ่ายข้อมูลและเอกสารรถไฟฟ้ามหานคร

ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์สุรศักดิ์ กังขาว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

สถาปนิกทุกท่านและวิศวกรทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามเป็นอย่างดี และผู้ที่สัญจรในบริเวณปากทางลาดพร้าว

ขอขอบพระคุณผู้ที่เป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ คือ บิดา มารดา และเพื่อนๆทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจจนงานวิจัยนี้สำเร็จ

คุณค่าและประโยชน์ใดๆที่เป็นผลจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธเนศ ประเสริฐวัฒนะ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VI

สารบัญภาพ VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 รถไฟฟ้ามหานคร 6

2.2 รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร 16

2.3 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานี 28

2.4 การรักษาความปลอดภัยของสถานี 39

2.5 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี 51

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 53

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 53

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 53

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 55

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 55

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 56

ตอนที่ 1 วิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 56
โดยการแจกแจงความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 วิเคราะห์ความเหมาะสมและความต้องการ 58
สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับ 62
สถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 63

5.1 สรุปผลการวิจัย 63

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 64

5.3 ข้อเสนอแนะ 74

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป 75

5.5 การนำเสนอแนวความคิดในการออกแบบ 75

บรรณานุกรม 93

ภาคผนวก 95

ภาคผนวก ก. เอกสารทางราชการที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข. แบบสัมภาษณ์และแบบสอบถาม

ประวัติผู้เขียน 113

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงต่างกัน.....29
2.2 แสดงเกณฑ์ในการเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์.....32
2.3 แสดงการเปรียบเทียบการสะท้อนของสีต่างๆเพื่อประกอบการให้สีภายในอาคาร.....34
2.4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังของเสียงกับระยะทาง.....36
2.5 แสดงระดับความดังของเสียง.....36
2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดเสียงของวัตถุ.....39
2.7 แสดงคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ.....42
4.1 แสดงค่าความถี่และร้อยละของข้อมูลทั่วไป.....56
4.2 แสดงค่าความถี่และร้อยละของที่ตั้งสถานีและสิ่งอำนวยความสะดวก.....59
5.1 อัตราส่วนที่จอดรถสำหรับคนพิการ.....69
5.2 ที่นั่งสำหรับคนพิการ.....71

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ตราสัญลักษณ์รถไฟฟ้ามหานคร 7
2.2 แผนที่เส้นทางโครงการรถไฟฟ้ามหานครทั้ง 4 โครงการ 9
2.3 ลักษณะโครงการแนวเส้นทาง 11
2.4 ข้อมูลจำเพาะ 1 แห่งที่ลาดพร้าว จอดรถได้มากกว่า 2,000 คัน 12
2.5 รูปรถไฟฟ้า 14
2.6 ผังโครงสร้างการจัดแบ่งส่วนงานรถไฟฟ้ามหานคร 16
2.7 รูปแบบชานชาลากลาง 17
2.8 ชานชาลาข้าง 17
2.9 ชานชาลา 2 ชั้น 18
2.10 ลักษณะของอุโมงค์ 19
2.11 สถานีที่มีรูปแบบชานชาลา 2 ชั้น 19
2.12 หัวขุดเจาะอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน 20
2.13 การขุดเจาะอุโมงค์ 24
2.14 ระบบจ่ายไฟฟ้าที่สถานีและทางวิ่ง Third Rail 44
2.15 ระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสารที่ใช้ในโครงการ 46
2.16 เครื่องขายตั๋วแบบอัตโนมัติ 51
2.17 ประตูทางเข้าอัตโนมัติ 51
2.18 ประตูชานชาลา 52
4.1 แสดงค่าร้อยละของเพศ 57
4.2 แสดงค่าอายุ 58
4.3 วุฒิการศึกษา 58
4.4 ประกอบอาชีพ 58
4.5 ที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน 61
4.6 สิ่งอำนวยความสะดวกที่ต้องการให้มีภายในสถานี 62
5.1 ประตู Platform Screen Door 64
5.2 มาตรการป้องกันน้ำท่วมขังปกติ 65

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

5.3 มาตรการป้องกันน้ำท่วมกรณีอุทกภัย 66
5.4 ทางลาดและทางเข้าสู่อาคาร 67
5.5 ประตูและด้ามเปิดประตู 67
5.6 ลิฟท์สำหรับคนพิการ 68
5.7 ห้องน้ำและอ่างล้างมือ 69
5.8 ที่จอดรถสำหรับคนพิการ 70
5.9 ป้ายบอกการเดินรถ 71
5.10 ป้ายบอกการเดินรถ 72
5.11 สัญลักษณ์ภายในสถานี 72
5.12 ป้ายบอกทางภายในสถานี 73
5.13 ป้ายสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่สิงคโปร์ 73
5.14 ป้ายสัญลักษณ์ที่สิงคโปร์ 74
5.15 ทางขึ้น-ลงสถานีพหลโยธิน 77
5.16 แบบแปลนสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธิน 78
5.17 รูปตัดสถานีรถไฟฟ้ามหานคร 79
5.18 แปลนสถานีขึ้น-ลงและรูปตัดสถานี 80
5.19 รูปด้านทางหนีไฟ 81
5.20 รูปตัดทางหนีไฟ 82
5.21 ที่จอดรถชั่วคราวขึ้น-ลงสถานี 84
5.22 บริเวณร้านค้าย่อยในชั้น Retail 85
5.23 ร้านค้าย่อยในชั้น Retail 86
5.24 รูปตัดร้านค้าย่อยภายในสถานี 87
5.25 รูปตัดร้านค้าย่อยภายในสถานี 88
5.26 ทัศนียภาพสถานีขึ้น-ลง 89
5.27 ทัศนียภาพสถานีขึ้น-ลง 90
5.28 ทัศนียภาพภายในสถานีรอรถไฟฟ้ามหานคร 91

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

5.29 ทัศนียภาพทางเข้าภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร..... 92

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก (สายสีน้ำเงิน) สายหัวลำโพง-ศูนย์การประชุมฯสิริกิติ์-บางซื่อ เป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนใต้ดินสายแรกของประเทศไทย แต่เดิมโครงการนี้ได้ออกแบบให้มีสายทางในลักษณะยกระดับเหนือดินทั้งหมด โดยรัฐบาลเป็นผู้ลงทุนโครงการเองทั้งหมดต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงนโยบายการลงทุน โดยให้เอกชนเป็นผู้ลงทุนโครงการทั้งหมด และได้มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโครงสร้างประมาณครึ่งหนึ่งของสายทางให้เป็นระบบใต้ดิน ท้ายสุดคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2538 ให้ก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้ามหานครนี้เป็นระบบใต้ดินตลอดสาย โดยให้รถไฟฟ้ามหานครดำเนินการจ้างผู้รับเหมาดำเนินการออกแบบและก่อสร้างไปพร้อมกัน โดยในส่วนของเงินลงทุนให้กระทรวงการคลังและสำนักงบประมาณรับไปพิจารณาจัดหาจากแหล่งเงินกู้เงื่อนไขผ่อนปรน

ในขณะนี้ความปราถนาของคนกรุงเทพฯที่จะมีระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ที่เป็นระบบรถไฟฟ้าใต้ดินสายแรกของประเทศไทยได้เริ่มเป็นความจริงขึ้นมา เมื่อโครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรกสายสีน้ำเงินซึ่งดำเนินงานก่อสร้าง โดยองค์การรถไฟฟ้ามหานคร (รฟม.) รัฐวิสาหกิจในสังกัดสำนักนายกรัฐมนตรีกำลังจะเกิดเป็นรูปเป็นร่างขึ้น เนื่องจากขณะนี้ได้ลงมือก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินแล้วและเป็นที่แน่นนอนว่าจะมีผลกระทบต่อการจราจรบริเวณใกล้เคียง ซึ่งผู้ใช้รถใช้ถนนคงจะต้องใช้ความอดทนสักระยะหนึ่งจนกว่าการก่อสร้างจะแล้วเสร็จ และเปิดให้บริการในปี พ.ศ. 2545

โครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรกสายสีน้ำเงิน ช่วงหัวลำโพง-ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์-บางซื่อ เป็นโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินตลอดสายมีระยะทางทั้งสิ้น 20 กิโลเมตร เริ่มต้นที่สถานีหัวลำโพง ผ่านพระราม4 เลี้ยวเข้าถนนรัชดาภิเษก ผ่านศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ ถนนอโศก สี่แยกพระราม9 สี่แยกสุทธิสาร เลี้ยวเข้าถนนลาดพร้าวที่แยกรัชดา-ลาดพร้าว ที่แยกรัชดา-ลาดพร้าวผ่านห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล สวนจตุจักร สถานีขนส่งหมอชิด เข้าถนนกำแพงเพชรสิ้นสุดที่สถานีรถไฟบางซื่อ มีสถานีทั้งสิ้น 18 สถานี คือ สถานีหัวลำโพง สถานีสามย่าน สถานีสีลม สถานีลุมพินี สถานีบ่อนไก่ สถานีศูนย์การประชุมฯสิริกิติ์ สถานีสุขุมวิท สถานีเพชรบุรี สถานีพระราม9 สถานีร่วมมิตร สถานีประชาราษฎร์บำเพ็ญ สถานีสุทธิสาร สถานีรัชดา สถานีลาดพร้าว สถานีพหลโยธิน สถานีหมอชิต สถานีกำแพงเพชรและสิ้นสุดที่สถานีบางซื่อ

จากจำนวน 18 สถานีดังกล่าวจะแบ่งเป็น 2 โครงการ คือ โครงการส่วนใต้ ช่วงหัวลำโพง-ห้วยขวาง ประกอบด้วย 9 สถานี และโครงการส่วนเหนือ ช่วงห้วยขวาง-บางซื่อ ประกอบด้วย 9 สถานีเช่นกัน ขณะนี้การก่อสร้างส่วนใต้มีความคืบหน้าไปแล้วและโครงการส่วนเหนือก็มีความคืบหน้าไปแล้วตามแนวทางเช่นกัน บริเวณถนนพระราม4 และถนนรัชดาภิเษก

การจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ ในปัจจุบันก่อให้เกิดความสูญเสียโดยตรงทางเศรษฐกิจ คิดเป็นมูลค่าประมาณวันละ 447 ล้านบาทหรือปีละ 163,000 ล้านบาท ซึ่งเป็นความสูญเสียจากค่าใช้จ่ายในการใช้รถที่เพิ่มขึ้นและความสูญเสีย จากค่าจ้างคนขับและพนักงานประจำรถที่เพิ่มขึ้นมูลค่าความสูญเสียดังที่กล่าวมามากกว่า 3.5% ของผลิตภัณฑ์มวลรวม (Gross Domestic Product,GDP) ของประเทศไทย

การติดขัดของการจราจรในกรุงเทพฯยังเป็นสาเหตุทำให้รถยนต์ประเภทต่างๆ บนท้องถนนต้องเลือกใช้ทางอ้อมอื่นๆ ทำให้เดินทางมากขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น คิดเป็นระยะทาง 1,713 ล้าน กิโลเมตรต่อปี (ประมาณ 45 % ของการใช้น้ำมันประจำวัน) โดยการสูญเสียน้ำมันทั้งหมดจากการติดขัดของการจราจรจะคิดเป็นมูลค่ารวม ประมาณ 12,000 ล้านบาทต่อปี จากการสูญเสียดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนซึ่งเป็นระบบใต้ดินขึ้น เพื่อบรรเทาปัญหาการจราจร

เนื่องด้วยสภาพทางภูมิศาสตร์ของเขตจตุจักร ซึ่งมีเนื้อที่ 173.81 ตารางกิโลเมตร ประชากรประมาณ 170,480 คน และมีพลเมืองอยู่อาศัยอย่างหนาแน่นมีแน้วโน้มจะเพิ่มมากขึ้นและมีโรงเรียน ห้างสรรพสินค้าและธุรกิจต่างๆเพิ่มมากมาย และเส้นทางคมนาคมที่สำคัญในพื้นที่เขตจตุจักร ได้แก่ ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพฯ (BTSC) สถานีขนส่งหมอชิต สถานีรถไฟบางเขนและทางยกระดับดอนเมืองโทลเวลย์ พื้นที่ทั่วไปของเขตจตุจักรทั่วไปเป็นที่ราบ เนื่องจากอยู่ในเขตที่ราบลุ่มแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีคลูคลองสายเล็กสายน้อยหลายสาย มีอาณาเขตติดต่อดังนี้

ทิศเหนือ ติดต่อแขวงทุ่งสองห้อง แขวงตลาดบางเขน เขตหลักสี่ และแขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน

ทิศใต้ ติดต่อเขตพญาไท เขตดินแดง เขตห้วยขวาง

ทิศตะวันออก ติดต่อแขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน แขวงจรเข้บัว เขตลาดพร้าว

ทิศตะวันตก ติดต่อคลองประปา เขตบางซื่อ

จากสภาพปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สถานีพหลโยธิน เพื่อหาความเหมาะสมและแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ที่สามารถตอบสนองต่อผู้ใช้สถานีให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับร้านค้าย่อย
2. ศึกษาความต้องการผู้ที่คาดว่าจะใช้รถไฟฟ้ามหานคร
3. เพื่อเสนอแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1.3 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาลักษณะสภาพแวดล้อมนั้น วิมลสิทธิ์ หรยางกูล (2528:292-293) ได้ให้ความสำคัญกับข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อม กายภาพ อาจได้จากอาคารต่างๆที่เป็นอาคารประเภทเดียวกันกับอาคารของโครงการ ทั้งสภาพทางกายภาพของตัวอาคารและระบบวิศวกรรมต่างๆที่เกี่ยวข้อง อาจได้จากที่ตั้งของโครงการและบริเวณแวดล้อมอาคารที่ทำการค้นหาข้อมูลสำหรับโครงการใหม่อาจเป็นอาคารที่มีอยู่แล้วในโครงการอื่นๆ หรืออาจเป็นอาคารเดิมในข้อมูลที่ได้จากสภาพแวดล้อมกายภาพ เป็นข้อมูลปรนัยที่ได้มาตามปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น มีความแน่นนอนชัดเจนกว่าข้อมูลที่ได้จากมนุษย์ เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตจากสภาพแวดล้อมโดดเดี่ยวหรือจากหลายๆสภาพแวดล้อม สามารถใช้การสังเกตโดยตรงในการค้นหาองค์ประกอบต่างๆ

ตรึงใจ ปาณินท์ (2525:172-173) ได้อธิบายถึงลักษณะสถาปัตยกรรมเมืองร้อน เขตเมืองร้อนชื้นว่า ลักษณะอาคารส่วนใหญ่ควบเบาบางที่สุด นอกจากผนังภายนอกที่ประกอบด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนจากดวงอาทิตย์โดยตรง(แสงแดด) ใช้วัสดุที่มีความจุความร้อนต่ำไม่เก็บความร้อน ผนังสองชั้นที่มีช่องว่างตรงกลางเป็นอากาศ สีภายนอกอาคารเป็นสีเพื่อสะท้อนความร้อน

พีระ จูน้อยสุรรณ (2539:10) ได้อธิบายถึงสภาพแวดล้อมทางกายภาพว่า สภาพสิ่งแวดล้อมทั้งภายในภายนอกอาคารที่มีผลกระทบต่อผู้ใช้อาคาร ได้แก่ การจัดที่ว่าง แสงสว่างและการระบายอากาศ เสียงสะท้อน เสียงดัง กลิ่น สีและวัสดุที่ใช้

ตรึงใจ บูรณสมภพ (2521:114,134) กล่าวไว้ว่า การระบายอากาศคือ การเปลี่ยนเอาอากาศเก่าภายในห้องออกไปและมีอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่การออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้น ก็ต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิธีธรรมชาติให้มากที่สุด

วราวุทธ วัฒนายุทธ (2540:35-36) ได้อธิบายถึงการระบายอากาศจากกฎหมาย ฉบับที่ 33/2535 ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 กำหนดไว้ว่า การระบายอากาศในอาคาร ต้องจัดให้มีการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติหรือโดยวิธีกล

วีระเดช พะเยาว์ศิริพงศ์ (ม.ป.ป :147,151) ได้กล่าวถึง ระบบป้องกันอัคคีภัย ในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 ไว้ว่า อาคารสาธารณะต้องติดตั้งเครื่องดับเพลิงแบบมือถืออย่างใดอย่างหนึ่งตามชนิดและขนาดที่กำหนดไว้ ต้องติดตั้งในที่มองเห็นสามารถอ่านคำแนะนำการใช้ได้ และสามารถนำไปใช้งานได้โดยสะดวก และต้องอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ตลอดเวลา

จากความสำคัญของแนวความคิดในการออกแบบ ที่มีความสำคัญต่อกระบวนการออกแบบและความสำคัญของการศึกษาสภาพแวดล้อมกายภาพ ผู้วิจัยได้ใช้เป็นกรอบในการศึกษาวิจัยเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อให้ตอบสนองต่อผู้ใช้ได้อย่างเหมาะสมอันจะสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อทำการศึกษาสภาพพื้นที่ภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน ดังนี้
   1.1 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
   1.2 ระบบการรักษาความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
   1.3 โดยศึกษาจากสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
2. สำหรับพฤติกรรมผู้ที่คาดว่าจะใช้รถไฟฟ้ามหานคร

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาองค์ประกอบภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธินเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่
   1.1 พนักงานฝ่ายออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
   1.2 ผู้อยู่อาศัยภายในบริเวณปากทางลาดพร้าว
   1.3 ผู้ที่มีประสพการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน
2. ตัวแปรที่ศึกษาองค์ประกอบภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน 3 องค์ประกอบ คือ
   2.1 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานี
   2.2 การรักษาความปลอดภัยของสถานี
   2.3 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สถานีรถไฟฟ้ามหานคร หมายถึง สถานีรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคลสายสีน้ำเงิน (สถานีพหลโยธิน)

2. องค์ประกอบภายในสถานีรถไฟฟ้า หมายถึง องค์ประกอบภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร 3 องค์ประกอบ ได้แก่

2.1 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานี หมายถึง วัสดุที่กันเสียงดูดซับเสียง หลอดไฟและการใช้สีในอาคารภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

2.2 การรักษาความปลอดภัยของสถานี หมายถึง การป้องกันการเกิดอัคคีภัยและระบบการป้องกันภัยเมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น การระบายอากาศภายในสถานีและระบบไฟฟ้า

2.3 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี หมายถึง เครื่องขายตั๋ว ลิฟท์ บันไดเลื่อน ห้องน้ำ ร้านค้าย่อยและสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ

3. พนักงานฝ่ายออกแบบ หมายถึง พนักงานฝ่ายออกแบบส่วนสถานีรถไฟฟ้าสถานีพหลโยธิน

4. ผู้อยู่อาศัย หมายถึง ผู้ที่พักอาศัยในชายคา อาคาร บ้าน คอนโดมิเนียมเพื่อใช้ในการหลับนอนทำกิจกรรมต่างๆ

5. ผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน หมายถึง ผู้ที่เคยโดยสารรถไฟฟ้าใต้ดิน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ผู้วิจัยได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสาร ตลอดจนงานวิจัยต่างๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ค้นคว้าและรวบรวมไว้จำแนกเป็นหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

2.1 รถไฟฟ้ามหานคร

2.2 รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

2.3 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานี

2.4 การรักษาความปลอดภัยของสถานี

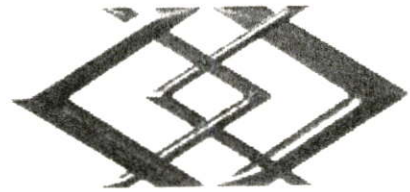
2.5 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี

2.1 รถไฟฟ้ามหานคร

2.1.1 ประวัติความเป็นมาของรถไฟฟ้ามหานคร

พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้ตราพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งองค์การรถไฟฟ้ามหานคร เรียกโดยย่อว่า "รฟม." และให้ใช้ชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า "Metropolitan Rapid Transit Authority" หรือ "MRTA" ซึ่งมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 21 สิงหาคม 2535 โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดระบบขนส่งมวลชนในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล โดยการสร้างหรือจัดให้มีด้วยวิธีการใดๆ ซึ่งการขนส่งโดยรถไฟฟ้า และดำเนินการหรือให้บริการ อันเกี่ยวกับการขนส่งโดยรถไฟฟ้าดังกล่าว กับดำเนินธุรกิจที่เกี่ยวเนื่องเพื่อประโยชน์ของรถไฟฟ้ามหานคร และได้มอบหมายให้ดำเนินโครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก สายสีน้ำเงิน ช่วงหัวลำโพง - ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ - บางซื่อ ระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร ต่อมาพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้า ฯ ให้สมเด็จพระบรมโอรสาธิราช ฯ สยามมกุฎราชกุมาร เสด็จพระราชดำเนินแทนพระองค์ ทรงประกอบพิธีวางศิลาฤกษ์ โครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก ณ พลับพลาพิธีบริเวณหน้าสถานีรถไฟฟ้าหัวลำโพง เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2539 และรถไฟฟ้ามหานครได้มีการลงนามสัญญาว่าจ้างบริษัทผู้รับเหมา เพื่อก่อสร้างระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน โดยเริ่มต้นที่สถานีบ่อนไก่ และสถานีอื่น ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นนิมิตหมายที่ดีสำหรับการพัฒนาประเทศและสังคมไทย โดยสามารถเริ่มงานก่อสร้าง โครงการขนส่งมวลชนขนาดใหญ่ ได้สำเร็จตามนโยบายของรัฐบาล รวมทั้งถือเป็นจุดเริ่มต้นของการดำเนินงาน โครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน สายแรกของประเทศไทยด้วย ต่อมาพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานชื่อ

โครงการรถไฟฟ้ามหานครระยะแรก สายสีน้ำเงิน ว่า "โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล" นับเป็นสิริมงคลต่อโครงการฯ เป็นอย่างยิ่ง



ภาพที่2.1 ตราสัญลักษณ์ รถไฟฟ้ามหานคร

2.1.2 ความหมายของตราสัญลักษณ์ รถไฟฟ้ามหานคร

คือความเคลื่อนไหวเป็นมวลรวมในแนวระนาบไปในทิศทางต่างกัน ซึ่งตรงกับ ความหมายของระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ที่สามารถขนส่งผู้โดยสารได้คราวละมากๆ มีทางวิ่งเป็นของตนเอง ซึ่งสามารถเล่นไปในทิศทางต่างๆ ได้สะดวก รวดเร็ว และตรงต่อเวลา

ภารกิจของรถไฟฟ้ามหานครและวิสัยทัศน์

"จัดให้มีและให้บริการระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ที่มีประสิทธิภาพ ทันสมัย และได้มาตรฐานสากล ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เพื่อลดปัญหาการเดินทาง และบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด และเพื่อคุณภาพชีวิตและคุณภาพสิ่งแวดล้อมที่ดีกว่า"

2.1.3 เป้าหมายของรถไฟฟ้ามหานคร

1. ก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินสายแรก (20 กม .) ของประเทศไทยให้แล้วเสร็จภายในปี พ.ศ.2545

2. ขยายโครงข่ายรถไฟฟ้าในเส้นทางตามแผนแม่บทระบบรถไฟฟ้า

3. ลดภาระการลงทุนของภาครัฐให้มากที่สุด โดยให้เอกชนร่วมลงทุนและดำเนินกิจการเดินรถ

4. เดินรถบริการประชาชนด้วยความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย แน่นอน และมีประสิทธิภาพ เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนใช้บริการขนส่งสาธารณะให้มากที่สุด

5. ลดปัญหาการเดินทางและบรรเทาปัญหาการจราจรติดขัด

6. ปรับปรุงคุณภาพสิ่งแวดล้อมและคุณภาพชีวิตของประชาชนให้ดีขึ้น สร้างบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมในการทำงานที่ดี พัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพ ความรู้ ประการณ์ คุณธรรมและ

จริยธรรม รวมทั้งมีประสิทธิภาพและความมั่นคงทัดเทียมรัฐวิสาหกิจและบริษัทชั้นดี และพัฒนาองค์การให้มีภาพลักษณ์ที่ดีต่อสังคม

2.1.4 นโยบายสำคัญในการดำเนินงาน

เนื่องจากรถไฟฟ้ามหานคร เป็นองค์กรของรัฐที่จัดตั้งโดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างหรือจัดให้มี และให้บริการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถขนส่งผู้โดยสารได้คราวละมาก ๆ ด้วยความสะดวก รวดเร็ว ปลอดภัย และประหยัด รวมทั้งช่วยลดการสูญเสียทางเศรษฐกิจและสังคม และผลกระทบสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการจราจรแออัดและติดขัด ประกอบกับคณะรัฐมนตรี ได้มีมติให้เร่งรัดดำเนินการ โครงการทางรถไฟฟ้าดังกล่าว คณะกรรมการ รฟม. จึงได้กำหนดนโยบายในการดำเนินงานของรถไฟฟ้ามหานคร ดังนี้

1. ให้รถไฟฟ้ามหานคร เป็นผู้นำในการจัดให้มีระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่มีประสิทธิภาพ ทันสมัย ได้มาตรฐานสากลในกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล

2. ให้รถไฟฟ้ามหานคร เร่งรัดการดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าต่าง ๆ ที่ได้รับการอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีให้แล้วเสร็จทันตามเป้าหมายที่กำหนด

3. ให้รถไฟฟ้ามหานคร ดำเนินงานโครงการรถไฟฟ้าต่าง ๆ โดยคำนึงถึงผลกระทบสิ่งแวดล้อมของโครงการเพื่อส่งเสริมให้สภาวะแวดล้อมของเมืองดีขึ้น และเพิ่มคุณภาพชีวิตให้แก่ประชาชน

4. ให้รถไฟฟ้ามหานคร เป็นองค์กรของรัฐที่มีประสิทธิภาพสูง มีระบบการทำงานที่คล่องตัวและมีความยืดหยุ่นในการทำงาน สามารถวางแผนทั้งระยะสั้นและระยะยาวและนำไปสู่การปฏิบัติได้อย่างรวดเร็วต่อเนื่อง มีความถูกต้องและมีคุณภาพได้มาตรฐานสากล

5. ให้รถไฟฟ้ามหานคร เป็นองค์กรที่ทำประโยชน์ต่อประชาชนโดยส่วนรวม มีภาพพจน์ที่ดีต่อสังคมและตอบสนองต่อนโยบายของรัฐบาลได้อย่างเป็นระบบและมีเหตุผล

6. ให้รถไฟฟ้ามหานคร พัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพ ความรู้ ประสบการณ์ คุณธรรมและจริยธรรม รวมทั้งมีประสิทธิภาพทัดเทียมรัฐวิสาหกิจหรือบริษัทชั้นดี

7. ให้รถไฟฟ้ามหานคร จัดอัตรากำลัง และสรรหาบุคลากรที่มีศักยภาพและประสิทธิภาพ ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับแผนงานโครงการต่างๆ

8. ให้รถไฟฟ้ามหานคร ดำเนินการต่าง ๆ เพื่อส่งเสริมให้ประชาชนใช้บริการขนส่งสาธารณะแทนการใช้รถส่วนตัว รวมทั้งการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อเชื่อมต่อการเดินทางกับระบบขนส่งต่าง ๆ บริเวณสถานี

9. ให้รถไฟฟ้ามหานคร ดำเนินการประหยัดค่าใช้จ่าย ทั้งงบทำการและงบลงทุน ตามนโยบายของรัฐบาลในสภาวะเศรษฐกิจตกต่ำ

โครงการรถไฟฟ้ามหานคร

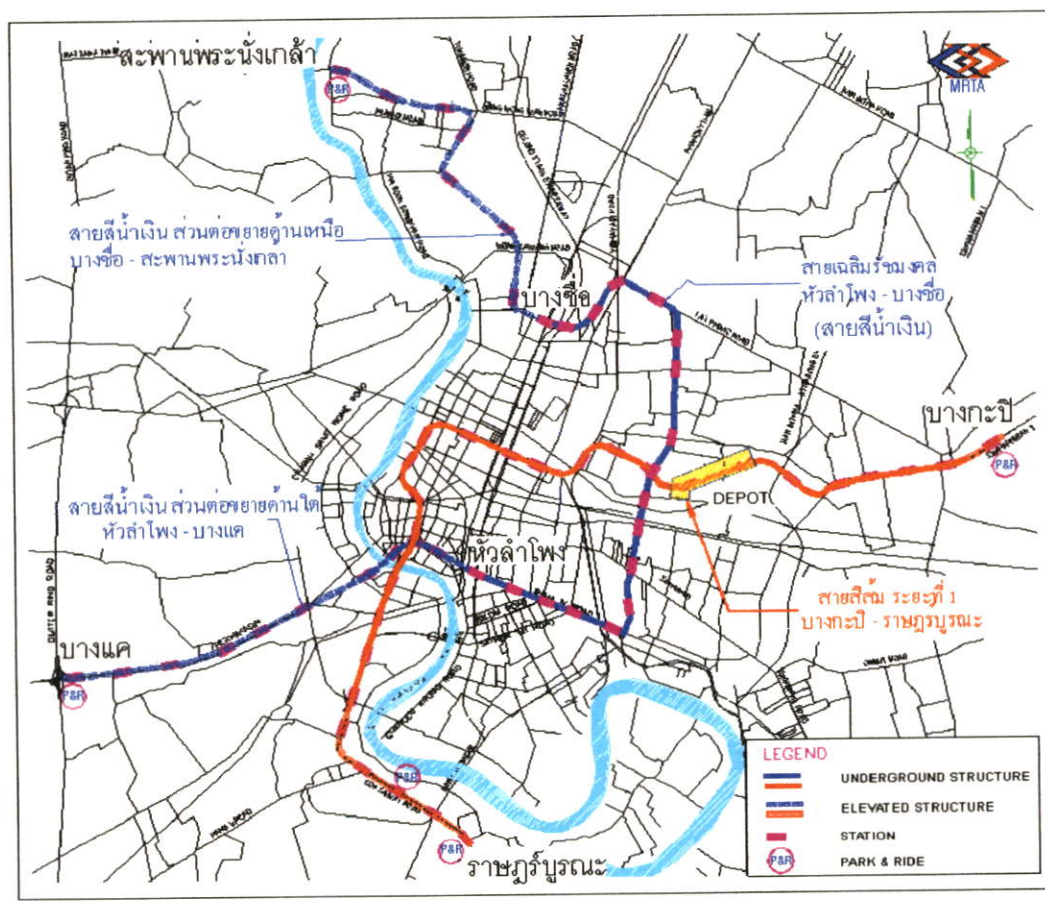
องค์การรถไฟฟ้ามหานคร ได้รับมอบหมายให้รับผิดชอบ ดำเนินโครงการรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนรวมทั้งสิ้น 4 โครงการ คือ

1. โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล (สายสีน้ำเงิน ช่วงหัวลำโพง - ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ - บางซื่อ) ระยะทางประมาณ 20 กิโลเมตร (กำลังดำเนินการก่อสร้าง ซึ่งจะแล้วเสร็จและเปิดให้บริการบางส่วนปลายปี 2545 และเปิดบริการเต็มระบบในปี 2546)

2. โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายสีน้ำเงิน ช่วงหัวลำโพง - บางแค

3. โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายสีน้ำเงิน ช่วงบางซื่อ - สะพานพระนั่งเกล้า

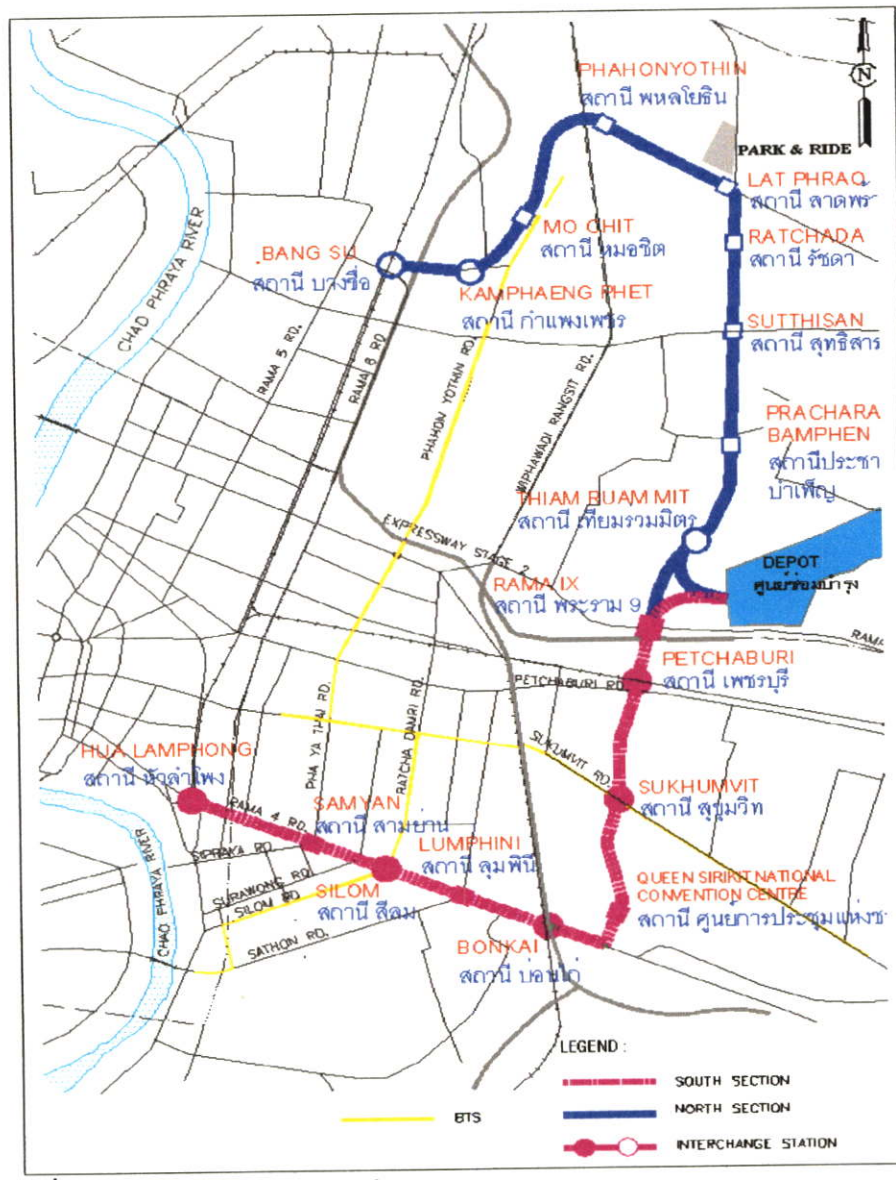
4. โครงการรถไฟฟ้าสายสีส้ม ช่วงบางกะปิ - ราษฎร์บูรณะ



ภาพที่2.2 แผนที่เส้นทางโครงการรถไฟฟ้ามหานครทั้ง 4 โครงการ

ความเป็นมาของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล

โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล (เดิมเรียกว่า โครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายหัวลำโพง-ศูนย์การประชุมสิริกิตติ์-บางซื่อ(สายสีน้ำเงิน)) เป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนใต้ดินสายแรกของประเทศไทย แต่เดิมโครงการนี้ได้ออกแบบให้มีสายทางในลักษณะยกระดับเหนือดินทั้งหมด โดยรัฐเป็นผู้ลงทุนโครงการเองทั้งหมด ต่อมาได้มีการเปลี่ยนแปลงนโยบายการลงทุนโดยให้เอกชนเป็นผู้ลงทุนโครงการทั้งหมด และได้มีการเปลี่ยนแปลง รูปแบบของโครงสร้างประมาณครึ่งหนึ่งของสายทาง ให้เป็นระบบใต้ดิน ท้ายสุดคณะรัฐมนตรี ได้มีมติเมื่อวันที่ 12 กันยายน 2538 ให้ก่อสร้างโครงการฯ เป็นระบบใต้ดินตลอดสาย โดยให้ รฟม. ลงทุนก่อสร้างงานโยธา ซึ่งได้แก่ อุโมงค์ ทางวิ่ง สถานี และศูนย์ซ่อมบำรุง และให้สัมปทานกับบริษัทเอกชนลงทุนงานระบบรถไฟฟ้า ทั้งนี้ให้ รฟม. ดำเนินการจ้างผู้รับเหมาดำเนินการออกแบบ และก่อสร้างไปพร้อมกัน (Design & Build) โดยในส่วนของเงินลงทุนให้กระทรวงการคลัง และสำนักงบประมาณรับไปพิจารณาจัดหาจากแหล่งเงินกู้



ภาพที่2.3 ลักษณะโครงการแนวเส้นทาง

ลักษณะโครงการแนวเส้นทาง

ข้อมูลจำเพาะสถานีรถไฟหัวลำโพง - สามย่าน - สีลม - ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ - อโศก - ห้วยขวาง - สุทธิสาร - ลาดพร้าว - สถานีขนส่งสายเหนือ - สถานีรถไฟบางซื่อ

ระยะทาง

ข้อมูลจำเพาะ ประมาณ 20 กิโลเมตร

สถานี

ข้อมูลจำเพาะ 18 สถานี มีทั้งแบบชานชาลากลาง ชานชาลาด้านข้าง และชานชาลาซ้อนกัน มีความยาวประมาณ 200 เมตร กว้าง 23 เมตร (สถานีมาตรฐาน) มีประตูชานชาลา ที่จอดรถสำหรับผู้โดยสาร

ภาพที่2.4 ข้อมูลจำเพาะ 1 แห่ง ที่ลาดพร้าว จอดรถได้มากกว่า 2,000 คัน

ระบบรถ

รถไฟฟ้าขนาดใหญ่ (heavy rail) ใช้ล้อเหล็กวิ่งบนรางเหล็ก เป็นรถปรับอากาศขนาดกว้าง 3.2 เมตร ยาว 19-23 เมตร สูงประมาณ 3.8 เมตร ความจุ 320 คน/คัน วิ่ง 3-6 คันต่อขบวน ใช้ไฟฟ้า 750 โวลท์ กระแสตรงป้อนระบบขับเคลื่อนรถ ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขับเคลื่อนตัวรถ ควบคุมการเดินรถด้วยระบบอัตโนมัติจากศูนย์ควบคุม ความเร็วสูงสุด 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

ความถี่ของขบวนรถ

ชั่วโมงเร่งด่วน 2 - 4 นาทีต่อขบวน

ชั่วโมงปกติ 4 - 6 นาทีต่อขบวน

ความเร็วเฉลี่ย

ความเร็วของขบวนรถไฟฟ้าในการเดินทางเฉลี่ย 35 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

ช่วงเวลาเปิดบริการ

ให้บริการเดินรถช่วงเวลาตั้งแต่ 5.00 น. - 24.00 น.

ระบบราง

รางคู่ขนาดมาตรฐาน (Standard Guage) กว้าง 1.435 เมตร โดยมีรางที่ 3 (Third rail) วางขนานกันไปกับรางวิ่ง สำหรับจ่ายไฟฟ้าให้ตัวรถ

อุโมงค์ทางวิ่ง

เป็นอุโมงค์คู่วางตามแนวราบ และตามแนวดิ่ง (ช่วงสถานีสามย่าน ถึงสถานีลุมพินี) เส้นผ่านศูนย์กลาง ภายในอุโมงค์ 5.7 เมตร ความลึกของอุโมงค์ 15-25 เมตร ผนังอุโมงค์หนา 0.30 เมตร มีทางเดินฉุกเฉินในอุโมงค์ กว้าง 0.6 เมตร สูง 2.0 เมตร

เครื่องขุดเจาะอุโมงค์

เป็นแบบสมดุลแรงดันดิน (Earth Pressure Balance Shield) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 6.46 เมตร จำนวนเครื่องขุดเจาะอุโมงค์ที่ใช้ในโครงการทั้งสิ้น 8 ชุด

ระบบเก็บค่าโดยสาร

ใช้ระบบเก็บและตรวจตั๋วอัตโนมัติ (และสามารถใช้ตั๋วร่วมกับระบบอื่นได้ในอนาคต)

ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้า

รับกระแสไฟฟ้ากระแสสลับจากการไฟฟ้านครหลวงแรงดัน 69 KV จำนวน 2 แหล่งจ่าย ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขับเคลื่อนรถไฟฟ้าผ่านรางที่สาม (Third rail) แรงดัน 750 V ใช้ไฟฟ้ากระแสสลับในอาคารสถานี แรงดัน 380/220 V

ระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสาร

มีระบบเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Operation), ระบบป้องกันอัตโนมัติ (Automatic Train Protection), ระบบกำกับการเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Supervision) และระบบ SCADA

สิ่งอำนวยความสะดวก

ลิฟต์ บันไดเลื่อน ห้องน้ำ ร้านค้าย่อย สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับผู้พิการ

ข้อมูลรถไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการ

2.1.5 ข้อมูลรถไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการ

เป็นรถไฟฟ้าขนาดใหญ่ ชนิดล้อเหล็ก ตัวรถจะมีน้ำหนักเบา ทำด้วย Aluminum Alloy หรือ Stainless Steel ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ โดยรับไฟฟ้ากระแสตรงจาก รางที่ 3 (third Rail) รถไฟฟ้าที่นำมาประกอบเป็นรถไฟฟ้า 1 ขบวนจะประกอบด้วยรถลากจูง (Motor car) และรถพ่วง (Trailler Car) รถไฟฟ้าแต่ละคันจะมีประตูข้างละ 4 ประตู สำหรับรถที่มีความยาว 20 เมตร และ 5 ประตู สำหรับรถที่มีความยาวมากกว่า 20 เมตร โดยประตูแต่ละบานจะมีความกว้างประมาณ 1.6 เมตร การเปิดปิดประตูควบคุมโดยคนขับ

ภาพที่2.5 รูปรถไฟฟ้า

ขนาดของตัวรถโดยประมาณ

- ความยาว 19-23 เมตร
- ความกว้าง 3.2 เมตร
- ความสูงจากสันรางถึงหลังคา 3.8 เมตร ความจุประมาณ 380 คน/คัน

การจัดรูปแบบขบวนรถ

สามารถจัดได้ 2 แบบ คือ แบบขบวนละ 3 คัน และแบบขบวนละ 6 คัน

- แบบขบวนละ 3 คัน จะจัดโดยประกอบด้วยรถลากจูง (Motor Car : M) 2 คัน และรถพ่วง (Trailler Car : T) 1 คัน จัดขบวนแบบ M - T - M
- แบบขบวนละ 6 คัน จะประกอบด้วย รถลากจูง (Motor Car : M) 4 คัน และรถพ่วง (Trailler Car : T) 2 คัน จัดรูปแบบขบวนได้ดังนี้ M - T - M - M - T - M

การจัดขบวนทั้ง 2 แบบ รถลากจูงที่หัวและท้ายขบวนจะเป็นแบบมีห้องคนขับ

ภายในตัวรถ

มีเก้าอี้วางตามแนวยาวตลอด 2 ข้างตัวรถ 56 ที่นั่ง แต่ถ้าเป็นรถลากจูงแบบมีห้องขับด้วย จะมี 46 ที่นั่ง สำหรับผู้โดยสารยืนมีห่วงมือจับร้อยติดอยู่กับรางเหล็กไร้สนิม ยึดติดกับเพดานรถไฟตลอดความยาวตัวรถ 2 ห่วง 3 แถว และมีบานหน้าต่างกระจกชนิด Clear Safety Glass ตลอด 2 ข้าง ความยาวตัวรถ กระจกหน้ารถของห้องขับจะเป็นชนิด Impact Resistance พื้นรถปูด้วยแผ่น Polymer หรือวัสดุอื่นที่มีคุณภาพทัดเทียมกัน รถไฟฟ้าจะมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 2 ชุด บนหลังคาด้านหัวและท้ายของตัวรถ เพื่อว่า หากมีชุดใดชุดหนึ่งเสีย ชุดที่เหลือจะ

ยังคงทำงานได้ โดยจะปรับอุณหภูมิไว้ที่ 26 C และหากเครื่องปรับอากาศเสียทั้ง 2 ชุด จะมีพัดลมระบายอากาศฉุกเฉินทำหน้าที่ระบายอากาศภายในตัวรถ

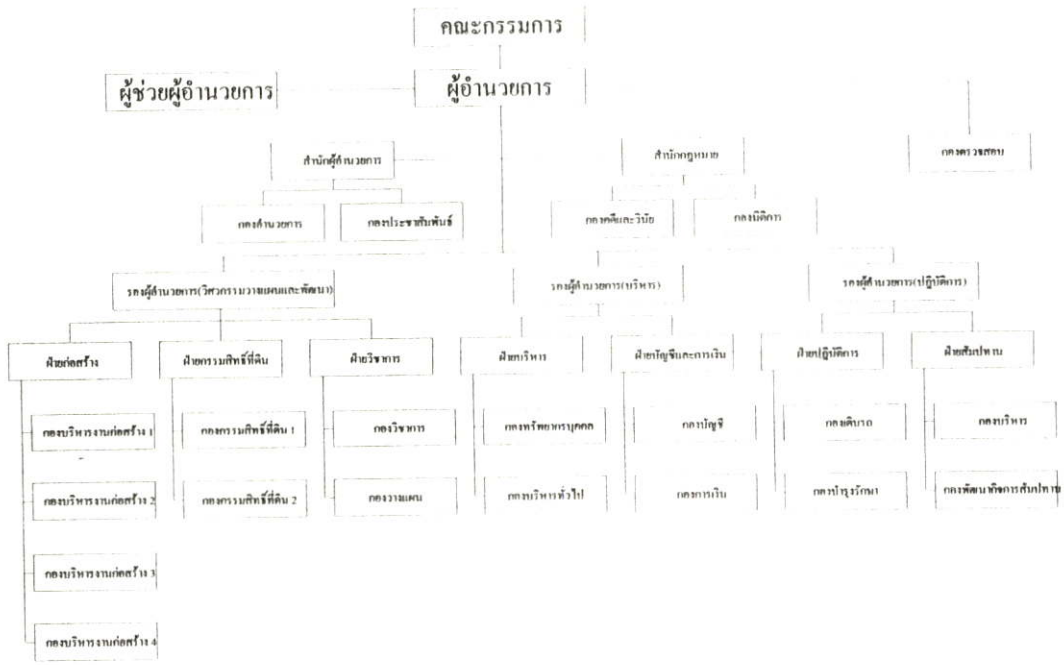
การขับเคลื่อนและห้ามล้อ

รถไฟฟ้าจะขับเคลื่อนเนื่องจากกระแสไฟฟ้าจากรางที่ 3 (Third rail) แรงดันไฟฟ้า 750 โวลท์ โดยผ่านอุปกรณ์รับกระแสไฟฟ้า (Shoe Gear) ไปยัง Aysnchronous มอเตอร์กระแสสลับและอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อนขบวนรถ การห้ามล้อขบวนรถมี 2 ชนิดคือ ห้ามล้อลม (Pneumatic Brake) และห้ามล้อไฟฟ้า (Electric Brake) ซึ่งติดตั้งอยู่ที่แคร่ของตัวรถ ปกติจะใช้งานร่วมกัน ยกเว้นในกรณีที่ห้ามล้อไฟฟ้าเสีย ห้ามล้อลมยังคงใช้งานได้โดยเอกเทศ จะทำให้รถหยุดได้โดยปลอดภัยเช่นกัน

ระบบความปลอดภัย

ความปลอดภัยที่กำหนดไว้ทั่วไปได้แก่ ระบบควบคุมความเร็ว ระบบความปลอดภัยในการขับขี่ ระบบสัญญาณเตือนภัยจากผู้โดยสาร

- ระบบควบคุมรถไฟอัตโนมัติ (Automatic Train Control, ATC) เป็นระบบคอมพิวเตอร์ที่นำมาใช้ควบคุมการเดินรถอัตโนมัติ เพื่อให้การบริหารมีประสิทธิภาพ สะดวก รวดเร็ว และปลอดภัยสูงสุด
- ระบบความปลอดภัยในการขับขี่ (Driver Safety Device DSD/Vigilace System) จะมีอุปกรณ์ Vigilance Divice ติดตั้งอยู่ที่รถทุกคัน อุปกรณ์ดังกล่าวจะทำงานเมื่อรถอยู่ใน Shunt หรือ Manual mode ทั้งนี้ เพื่อจะให้มั่นใจว่าคนขับรถไฟฟ้าจะตื่นตัวอยู่ตลอดเวลา โดยคนขับจะต้องเหยียบคัน Vigilance เป็นระยะ หากไม่ปฏิบัติรถไฟฟ้าจะลงห้ามล้อหยุดขบวนรถและส่งสัญญาณไปยังศูนย์ควบคุมทันที ระบบสัญญาณเตือนภัยจากผู้โดยสาร (Passenger Alarm System) ในกรณีที่มีเหตุฉุกเฉินขึ้นบนขบวนรถ เมื่อผู้โดยสารบิด Handle ของ Passenger Alarm จะปรากฏไฟที่ห้องคนขับ และคนขับจะต้องกดปุ่มตอบรับ จะสามารถพูดติดต่อกับผู้ที่บิด Handle ได้ ซึ่งถ้าคนขับไม่ตอบรับภายใน 10วินาที รถจะถูกห้ามล้อและหยุดขบวนรถโดยอัตโนมัติ



ภาพที่2.6 ผังโครงสร้างการจัดแบ่งส่วนงานรถไฟฟ้ามหานคร

2.2 รูปแบบของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

2.2.1 สถานีรถไฟฟ้าใต้ดินส่วนใหญ่ ประกอบด้วยชั้นต่างๆ 3 ชั้นคือ

ชั้นรวมผู้โดยสาร เป็นชั้นแรกเมื่อลงจากทางขึ้น-ลง ระดับผิวดินมีลักษณะเป็นพื้นที่โล่ง เป็นส่วนของทางเข้าหรือชั้นบริการค้าปลีก

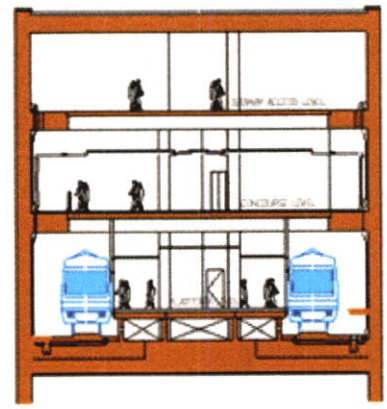
ชั้นโถงผู้โดยสาร เป็นชั้นที่ 2 จัดไว้เป็นสถานที่สำหรับซื้อและตรวจตั๋วโดยสารและแสดงแผนภูมิการเดินทาง

ชั้นชานชาลา เป็นชั้นล่างสุด เป็นชั้นที่รถไฟฟ้าจอดเทียบรับ-ส่งผู้โดยสาร โดยปกติจะมีแผงประตูกระจกกั้นระหว่างชานชาลากับรางรถไฟฟ้า เมื่อรถไฟฟ้าจอดเทียบสถานีประตูนี้จึงจะเปิดโดยอัตโนมัติซึ่งเป็นระบบความปลอดภัยสำหรับผู้โดยสาร และเป็นการประหยัดพลังงานในการใช้ระบบปรับอากาศในการขึ้น-ลง แต่ละชั้นจะใช้บันไดเลื่อน และรถไฟฟ้ามหานครได้จัดให้ทุกสถานีติดตั้งลิฟท์สำหรับคนพิการด้วย

สำหรับบางสถานีที่มี 2 ชั้น จะประกอบไปด้วยชั้นโถงผู้โดยสารและชั้นชานชาลาตามความจำเป็นของพื้นที่ก่อสร้างและการอำนวยความสะดวกของผู้โดยสาร

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

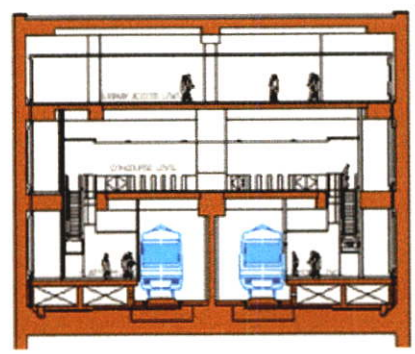
รูปแบบสถานี มี 18 สถานี แบ่งเป็น 3 รูปแบบ โดยคำนึงถึงสภาพใต้ดินที่จะมีการก่อสร้าง คือ แบบชานชาลากลาง ชานชาลาด้านข้าง และชานชาลาซ้อนกัน ยาวประมาณ 150-200 เมตร และมีประตูชานชาลา (Platform Screen Door)



ภาพที่2.7 รูปแบบชานชาลากลาง

1. **รูปแบบที่มีชานชาลากลาง** (Station With Central Platform)

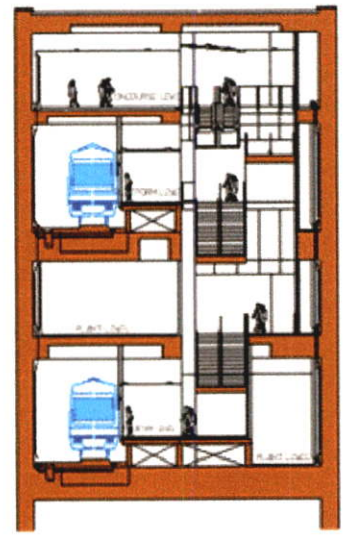
เพื่อให้ผู้โดยสารใช้ชานชาลาร่วมกันทั้งขาไปและขากลับ โดยทั่วไปสถานีมีความกว้างประมาณ 21-25 เมตร ลึกจากผิวดินประมาณ 14-22 เมตร สถานีที่มีลักษณะแบบนี้ ได้แก่ สถานีหัวลำโพง สถานีศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ สถานีสุขุมวิท สถานีเพชรบุรี สถานีพระราม 9 สถานีเทียมร่วมมิตร สถานีประชาราษฎร์ สถานีสุทธิสาร สถานีรัชดา สถานีลาดพร้าว สถานีพหลโยธิน สถานีหมอชิต และสถานีกำแพงเพชร



ภาพที่2.8 ชานชาลาข้าง

2. **รูปแบบที่มีชานชาลาข้าง** (Station With Side Platform)

ลักษณะนี้จะแยกชานชาลาสำหรับขาไปและขากลับ สถานีจะมีความกว้างประมาณ 28.50 เมตร ลึกจากผิวดินประมาณ 20 เมตร สถานีที่มีลักษณะแบบนี้คือ สถานีบ่อนไก่ และสถานีบางซื่อ



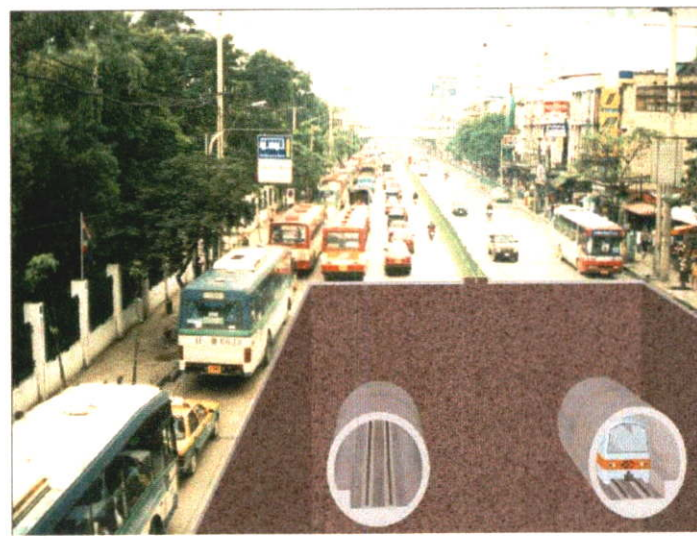
ภาพที่2.9 ชานชาลาสองชั้น

3. **รูปแบบที่ชานชาลาสองชั้น** (Station With Stack Platform)

รูปแบบนี้จะใช้ก่อสร้างในกรณีที่ไม่มีพื้นที่ในการก่อสร้างเพียงพอ เนื่องจากสภาพภูมิประเทศบังคับ เช่น ท่ออุโมงค์ส่งน้ำของการประปา เสาเข็มยาวของสะพานลอย และอาคารสูง เป็นต้น ตัวสถานีจะมีความกว้างประมาณ 18 เมตร ชั้นล่างสุดลึกจากผิวดินประมาณ 26 เมตร สถานีที่มีลักษณะแบบนี้มี 3 สถานี คือ สถานีสามย่าน สถานีสีลม สถานีลุมพินี

2.2.2 ลักษณะของอุโมงค์

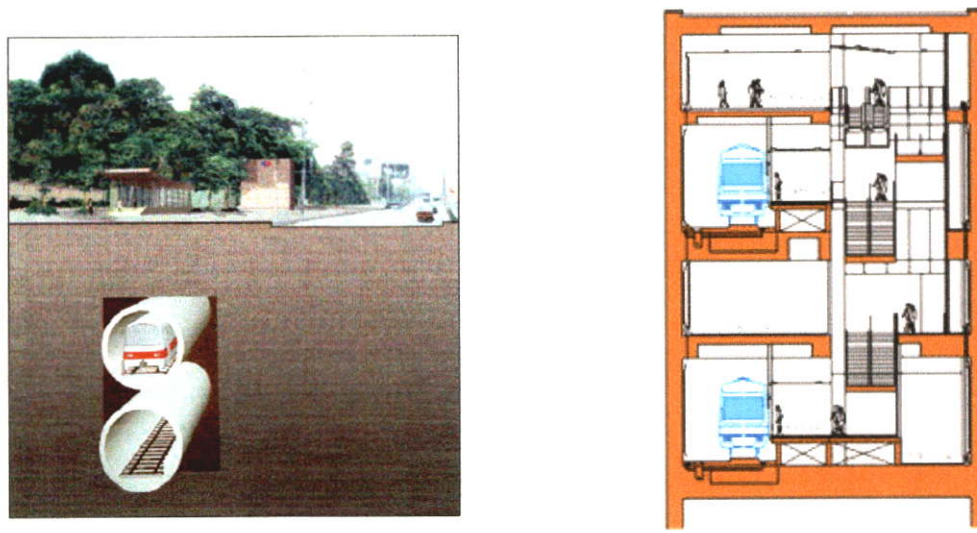
อุโมงค์ตามแนวราบ รูปแบบของสถานีที่ใช้กับอุโมงค์ในแนวราบมีอยู่ 2 รูปแบบคือ สถานีที่มีรูปแบบชานชาลากลาง (Station With Cental Platform) และสถานีที่มีรูปแบบชานชาลาข้าง (Station With Side Platform)



ภาพที่2.10 ลักษณะของอุโมงค์

อุโมงค์ตามแนวดิ่ง

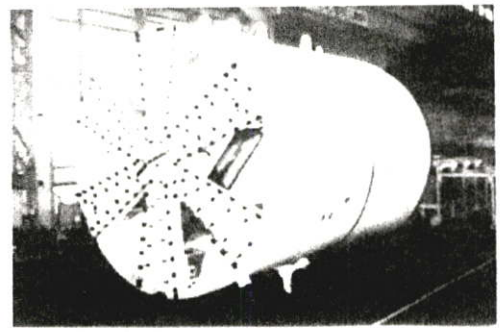
รูปแบบของสถานีที่ใช้กับอุโมงค์ในแนวดิ่งมีอยู่ 1 รูปแบบคือ สถานีที่มีรูปแบบชานชาลาสองชั้น (Station With Stack Platform)



ภาพที่2.11 สถานีที่มีรูปแบบชานชาลาสองชั้น

2.2.3 หัวขุดเจาะอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

ประเทศญี่ปุ่นเป็นหนึ่งในประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจในระดับสูง แต่มีพื้นที่ดินจำนวนน้อย เมื่อประชากรจำนวนมาก ซึ่งมีมาตรฐานการครองชีพสูง อาศัยอยู่ในพื้นที่ซึ่งจำกัด การใช้ประโยชน์จากที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่ง โดยทั่วไปแนวทางในการใช้ที่ดินที่มีอยู่จำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุดมีอยู่ 2 แนวทาง กล่าวคือ การก่อสร้างอาคารสูงและการก่อสร้างใต้ดิน ซึ่งในบทความพิเศษชิ้นนี้จะขอกล่าวถึงเทคนิควิธีการขุดอุโมงค์ โดยการใช้หัวขุดซึ่งนับเป็นสิ่งสำคัญยิ่งต่อการก่อสร้างระบบใต้ดิน



ภาพที่2.12 หัวขุดเจาะอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน

ตัวอย่างของการก่อสร้างโครงการซึ่งใช้พื้นที่ว่างใต้ดิน ได้แก่ โครงการก่อสร้างศูนย์สรรพสินค้าใต้ดินขนาดมโหฬารบนฝั่ง Yaesu ของสถานีโตเกียว และโครงการก่อสร้างศูนย์สรรพสินค้าใต้ดิน Umeda ใกล้กับสถานี Osaka โดยมีสาธารณูปโภคหลัก เช่น ระบบรถไฟฟ้าใต้ดิน ระบบประปา และระบบการระบายน้ำติดตั้งด้านล่างผิวดินทั้งสิ้น การใช้หัวขุดนับว่าเป็นที่สุดของความก้าวหน้าทางวิศวกรรมโยธาที่ใช้ในการขุดอุโมงค์และระบบใต้ดิน ซึ่งอาจจะอธิบายอย่างง่ายๆ ว่าการใช้หัวขุดคือ การนำท่อนเหล็กรูปทรงกระบอก ซึ่งเรียกกันว่า หัวขุด ลงไปติดตั้งด้านล่างใต้พื้นดินเพื่อใช้ขุดดินไปตามแนวนอน ณ ระดับความลึกที่ต้องการ โดยมีคนงานประจำอยู่ภายในแท่งทรงกระบอกนั้น สำหรับอุโมงค์รถไฟใต้ดินจะใช้หัวขุดขนาดใหญ่ ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 10 เมตร

วิธีการก่อสร้างอุโมงค์ซึ่งใช้กันทั่วไปอีกวิธีหนึ่ง คือ วิธีขุดและกลบ "Cut and cover" ซึ่งใช้เครื่องมือระบบไฮดรอลิก ในการขุดเปิดหน้าดิน โดยที่คนงานสามารถผ่านเข้าออกทางปล่องซึ่งเปิดหน้าดินไว้เพื่อเข้าไปทำงานขุดในอุโมงค์ และขณะที่ขุดอุโมงค์ต่อออกไป คนงานจะใช้เครื่องมือระบบไฮดรอลิก ในการขุดและกลบกลับผิดดินสลับกันไป อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของวิธีก่อสร้างแบบขุดและกลบนี้ กีดขวางการจราจรบริเวณใกล้เคียง ซึ่งตรงข้ามกับการใช้หัวขุดที่จะ

ไม่มีการรบกวนผิวดิน อีกทั้งระหว่างที่หัวขุดทำงานอยู่ด้านล่าง ประชาชนที่อยู่ด้านบนจะไม่รู้สึกใดๆ ฉะนั้นการใช้หัวขุดจึงเหมาะสมกับการก่อสร้างในเมืองใหญ่อย่างมาก

การประดิษฐ์หัวขุดในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม

การใช้หัวขุดเกิดขึ้นในยุคปฏิวัติอุตสาหกรรม ในช่วงครึ่งศตวรรษแรกของศตวรรษที่ 19 โดยนำมาใช้เป็นครั้งแรกในการก่อสร้างอุโมงค์ที่ลอดข้ามแม่น้ำเทมส์ในกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ซึ่งอาจถือว่าการพัฒนาเทคนิคการใช้หัวขุดเป็นการเริ่มยุคใหม่ทางวิศวกรรม

หัวขุดได้ถูกนำมาใช้เป็นครั้งแรกในประเทศญี่ปุ่นเมื่อปี ค.ศ. 1910 ในการก่อสร้างอุโมงค์ Oriwatari ของรถไฟสาย Ou กระนั้นก็ตามเทคนิคดังกล่าวเพิ่งจะนำมาใช้เต็มรูปแบบเมื่อปี ค.ศ. 1942 ในการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟขบวน Kanmon ซึ่งวิ่งระหว่างเกาะ Honshu และ Kyushu และด้วยเหตุที่พื้นที่ส่วนใหญ่ในเขตเมืองของประเทศญี่ปุ่นเป็นดินอ่อน ซึ่งเป็นประเด็นที่สำคัญอย่างหนึ่งในการพิจารณาเพื่อออกแบบวางแผนระบบสาธารณูปโภคในเขตเมือง วิธีการก่อสร้างอันทรงประสิทธิภาพจึงเป็นสิ่งที่นักวางแผนรอคอย ฉะนั้น ภายหลังจากโครงการก่อสร้างอุโมงค์ลอดผ่านย่านอยู่อาศัยในเมือง Nagoya ประสบความสำเร็จ การก่อสร้างโดยใช้หัวขุดจึงเป็นที่ยอมรับในแง่ที่เป็นเทคนิคการก่อสร้างที่มีประสิทธิภาพ และแพร่หลายในเวลาต่อมา และปัจจุบันนี้นิยมใช้กันทั่วไปในงานก่อสร้างประปา ระบบการระบายน้ำ และระบบใต้ดิน

ในขณะนี้มีการใช้หัวขุดในงานก่อสร้างทางด่วนลอดข้ามอ่าวโตเกียว Tokyo Cross-Bay Expressway จากเมือง Kawasaki ในเขต Kanogawa ไปยังเมือง Kisarazu ในเขต Chiba ซึ่งงานก่อสร้างก้าวหน้าเป็นอันมาก ในสมัยก่อนการเดินทางระหว่างเมือง Kawasaki และเมือง Kisarazu ต้องใช้เรือเฟอร์รี่ แต่ในช่วงฤดูฝนมีหลายครั้งที่เรือเฟอร์รี่ไม่สามารถให้บริการได้ ซึ่งทำให้เสียเวลา ด้วยเทคนิคของหัวขุดเจาะดังกล่าวจึงทำให้การข้ามผืนน้ำขนาดใหญ่เป็นสิ่งที่กระทำได้ในทุกฤดูกาล นอกไปจากนี้ในการก่อสร้างอุโมงค์ลอดข้ามช่องแคบ Dover ระหว่างประเทศอังกฤษและประเทศฝรั่งเศส ก็ใช้หัวขุดเช่นกัน จึงอาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาการก่อสร้างระบบสาธารณูปโภคนั้น เกี่ยวข้องโดยตรงกับพัฒนาการของเทคนิคการใช้หัวขุดนี้

การใช้หัวขุดในการเจาะอุโมงค์

ขั้นตอนแรกในการพิจารณาถึงการใช้หัวขุด คือ สภาพดินที่ถูกขุด การสำรวจอย่างละเอียดมีความสำคัญ เนื่องจากการจะเปลี่ยนวิธีขุดเมื่องานเริ่มไปแล้วเป็นเรื่องยาก ข้อพิจารณาประการสำคัญในการสำรวจดิน ได้แก่ สภาพดิน สภาพทางภูมิศาสตร์ คุณภาพของดินและน้ำใต้ดิน การใช้หัวขุดเป็นเสมือนการทำสงครามกับธรรมชาติ ฉะนั้นการรู้ถึงสภาพตามธรรมชาติที่ต้องเผชิญจึงจำเป็นการขุดเจาะหลุมเพื่อสำรวจดิน จะบ่งชี้สภาพของดินว่าเป็นดินเหลวหรือดินแข็ง

ซึ่งจำเป็นต่อการเลือกชนิดหัวขุดที่เหมาะสม นอกจากนี้การทราบถึงระดับความดันของน้ำใต้ดินและแก๊สอันตรายก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน นอกเหนือจากการสำรวจสภาพดินตามธรรมชาติ การทราบว่ามีสิ่งใดบ้างถูกฝังอยู่ใต้พื้นดิน เป็นสิ่งที่สำคัญด้วย เพราะใต้เมืองใหญ่มักจะมีท่อประปา ท่อระบายน้ำ และสายไฟสื่อสารโทรคมนาคม ซึ่งการทำงานของหัวขุดจะต้องไม่ไปสัมผัสกับสิ่งเหล่านี้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละสถานการณ์ หากจำเป็นก็อาจรื้อถอนสิ่งเหล่านั้นก่อนเริ่มงานก่อสร้าง ภายหลังจากสำรวจเป็นที่เรียบร้อย จึงเริ่มงานขุดอุโมงค์ โดยมีขั้นตอนแรกคือ ขุดหลุมเพื่อนำหัวเจาะลงไปด้านล่างหลุมดังกล่าวนี้เรียกว่า ฐานเริ่มปล่อย "Launch base" ช่องซึ่งต่อมาจากปากหลุมลงมายังช่องว่าง ที่ขุดเตรียมไว้ตามแนวนอนภายในอุโมงค์ เรียกว่า ปล่องเริ่มต้น Starting shaft" ภายในปล่องดังกล่าวนี้จำเป็นต้องมีพื้นที่ว่างสำหรับการทำงานหลายอย่าง เช่น นำหัวเจาะและชิ้นส่วนอุโมงค์ลงไปประกอบติดตั้ง ขนย้ายดินและทรายที่ได้จากการขุด และใช้เป็นทางเข้าออกของคนงาน ประเภทของหัวขุดมีด้วยกัน 3 ประเภท แตกต่างกันตรงโครงสร้างส่วนหน้าที่ครอบหัวเจาะที่ใช้ขุด และจะเรียกชื่อต่างกัน ตามประเภทของฝาครอบที่เปิดหรือปิด ได้แก่

1. **หัวขุดชนิดหน้าเปิด**

จะสามารถเห็นดินที่ถูกขุดได้จากภายในหัวขุดโดยตรง หัวขุดชนิดนี้ใช้กับสถานการณ์ที่มีแรงดันดินปริมาณมาก เกินกว่าที่แม่แรงจะทนรับได้ ซึ่งจะต้องมีการทำงานเพิ่มเพื่อเตรียมงานอุโมงค์ด้วย

2. **หัวขุดชนิดหน้าเปิดบางส่วน**

จะมีฝาครอบปิดไว้บางส่วน และจะใช้ในกรณีที่ต้องทำงานอื่นเพิ่มเพื่อเสริมความแข็งแกร่งของดินที่อยู่รอบๆ

3. **หัวขุดชนิดหน้าปิด**

ใช้กับสภาพดินอ่อน ซึ่งไม่ต้องทำงานเพิ่มอย่างอื่น ในส่วนของหัวขุดเองสามารถรับแรงดันของทั้งดินและน้ำ และเสริมความแข็งแกร่งของดินไปขณะเดียวกับที่ทำการขุดวิธีการก่อสร้างโดยหัวขุดนี้นับเป็นสุดยอดของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และในยุคปัจจุบันนี้หัวขุดแบบที่นิยมใช้มากที่สุดเป็นประเภทหน้าปิด แม้ประเทศญี่ปุ่นเคยล้าหลังในการนำหัวเจาะมาใช้ แต่ขณะนี้ถือว่าเป็นประเทศชั้นนำที่ประสบความสำเร็จในการใช้หัวขุดชนิดหน้าปิดในการก่อสร้าง ในหัวขุดประเภทหน้าปิด ส่วนที่ใช้ขุดและส่วนประกอบภายในอื่นๆ จะแยกกันโดยมีผนังกั้น โดยมีส่วนหน้าสุดของหัวขุดที่ปิดไว้ คนงานจะไม่สามารถมองเห็นดินที่ถูกขุดได้โดยตรง การขุดจะกระทำในลักษณะของการหมุนอุปกรณ์ที่ใช้ในการกัด ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านหน้าของหัวเจาะเพื่อใช้ขุดดินในแนวดิ่งตามหน้าตัดทั้งหมดใน 1 รอบ อุปกรณ์ที่ใช้ในการกัดนี้เรียกว่า ฟันกัด "Cutter" ช่องว่างระหว่างฟันกัดและส่วนหน้าของหัวขุดเรียกว่าโถงห้องฟัน "Cutter chamber" ดินที่ขุดได้จะออก

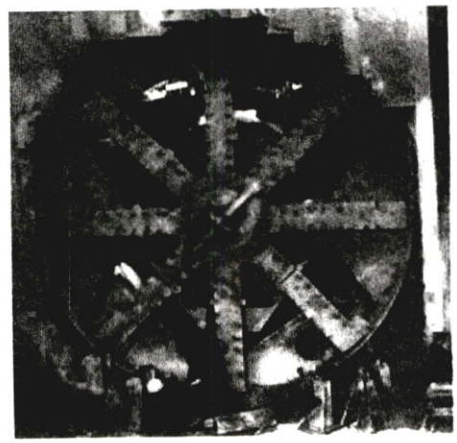
มาตามฟันกัดและถูกนำเข้าไปไว้ตามโถงห้องฟัน ซึ่งใต้ฟันกัดจะมีวงแหวนรองประกบติดตั้งไว้ส่วนหน้าของหัวขุดด้วย

เทคโนโลยีหัวขุดชนิดหน้าปิด

หัวขุดชนิดหน้าปิด มี 2 ประเภท แตกต่างกันในแง่ของความสามารถ ในการรับแรงดันดินและแรงดันน้ำ ได้แก่ 1) Earth Presure Shield และ 2) Slurry Shield สำหรับหัวขุดชนิด Earth Pressure Shield ในโถงห้องฟันจะเต็มไปด้วยดินที่ขุดออกมา ซึ่งดินเหล่านี้จะใช้รับแรงดันของดินและน้ำด้านนอกด้วย ระหว่างช่วงหน้าของหัวขุดถึงช่วงหลังมีการติดตั้งท่อเกลียวเพื่อใช้ลำเลียงดินออกมาข้างนอกหัวขุด กล่าวคือดินจะถูกส่งออกมาด้านหลังของหัวขุด และระหว่างขั้นตอนดังกล่าวนี้ดินที่ขุดออกมาได้จะถูกเก็บไว้บริเวณส่วนหน้าของหัวขุดเพื่อใช้รับแรงดันของน้ำและดิน จุดสำคัญที่สุดของระบบหัวขุดชนิดรับแรงดันดินก็คือการรักษาระดับความสมดุลย์ของปริมาณดินที่ขุดได้กับดินที่อยู่ในโถงห้องฟัน และดินที่ถูกส่งออกไปยังด้านหลังของหัวขุดผ่านทางท่อเกลียวลำเลียงดินนั้นเอง

สำหรับหัวขุดชนิด Slurry Shield ดินที่ขุดออกมาจะถูกนำไปปั่นกับน้ำ และอัดฉีดเข้าไปในหัวขุดเพื่อทำให้เป็นโคลน และน้ำโคลนเหล่านี้จะถูกส่งออกมา เพื่อใช้รับแรงดันของดินและน้ำ ภายหลังจากที่ขุดดินออกมาแล้ว การเสริมความมั่นคงให้กับอุโมงค์เพื่อไม่ให้ดินถล่มเป็นเรื่องสำคัญมาก วัสดุซึ่งใช้ในการค้ำอุโมงค์ ได้แก่ โครงสร้างถาวรที่เป็นแผ่นที่อยู่ภายในซึ่งทำหน้าที่ต้านแรงดันภายนอกด้วย แผ่นเหล่านี้จะเรียกว่า แผ่นหล่อคอนกรีต เมื่อนำแผ่นคอนกรีตแต่ละแผ่น มาเรียงเข้าด้วยกัน จะได้รูปทรงกระบอกซึ่งใช้ค้ำยันภายในอุโมงค์ การประกอบแผ่นคอนกรีตภายในอุโมงค์จะใช้เครื่องจักรประกอบเรียกว่า เครื่องยก “Erector” ซึ่งติดตั้งอยู่ด้านท้ายสุดของหัวขุด เครื่องยกนี้เป็นเครื่องมือที่ใช้ยึดติดแผ่นคอนกรีตให้เหมาะสม โดยมีมือที่หมุนได้ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เป็นตัวจับแผ่นคอนกรีต หากจะกล่าวอีกนัยหนึ่ง หัวขุดนี้จะทำงานขุดใต้ดิน โดยใช้ฟันกัดด้านหน้า และเสริมความแข็งแรงโดยการติดตั้งแผ่นคอนกรีตบนพื้นผิวของอุโมงค์ โดยใช้เครื่องยกที่ติดตั้งอยู่ด้านหลังหัวขุด เมื่อหัวขุดเดินทางมาถึงจุดปลายทางจะมีปล่องนำขึ้น เรียกว่า “Arrival shaft” ซึ่งเป็นช่องที่ขุดเปิดไว้สำหรับยกหัวขุดขึ้นมา เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตของการอาศัยอยู่ในเมืองใหญ่ที่แออัดในประเทศญี่ปุ่น โครงการให้บริการทางด้านการขนส่งสมัยใหม่จึงนิยมก่อสร้างเป็นระบบใต้ดิน ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ การใช้หัวขุดจะมีบทบาทสำคัญยิ่งในการขุดเจาะอุโมงค์ในอนาคต ซึ่งเป็นการสร้างนิมิตใหม่ของเมืองใต้ดินที่ปราศจากการรบกวนจากผู้คนด้านบน (“The Shield Method of Tunnel Construction” นิตยสาร Kenshu-In Periodical for Jica Ex-Participants ฉบับ No.71 ค.ศ. 1994)

2.2.4 เทคนิคการก่อสร้างอุโมงค์รถไฟฟ้าด้วยระบบ Earth Pressure Balance(E.P,B)



ภาพที่2.13 การขุดเจาะอุโมงค์

การขุดเจาะอุโมงค์ในกรุงเทพมหานครด้วยระบบหัวขุดเจาะ ได้เริ่มเข้ามาดำเนินการก่อสร้างตั้งแต่ปี พ.ศ. 2519 ในโครงการอุโมงค์ส่งน้ำของการประปานครหลวง ซึ่งกลุ่มบริษัท I.O.N. เป็นกลุ่มแรกที่เข้ามาดำเนินการก่อสร้าง โดยใช้หัวขุดเจาะอุโมงค์ประเภท Semi Mechanical Shield จากประสบการณ์ก่อสร้างอุโมงค์ในกรุงเทพฯ ที่ผ่านมาทำให้ได้ทราบปัญหาในการใช้หัวขุดเจาะประเภท Semi Mechanical (Open Type Shield) ที่มีขีดจำกัดไม่เหมาะสมกับการขุดเจาะอุโมงค์สำหรับโครงการรถไฟฟ้ามหานคร ซึ่งมีสภาพของชั้นดินหลายประเภท ดังนั้น จึงได้มีการพิจารณาเลือกใช้หัวขุดเจาะอุโมงค์ประเภทสมดุลย์แรงดันดิน (Earth Pressure Balance Shield) (E.P.B.) ซึ่งเป็นหัวขุดเจาะที่เหมาะสำหรับการขุดเจาะในทุกสภาพของชั้นดินในกรุงเทพฯ

โครงการที่ได้ดำเนินการก่อสร้างอุโมงค์ด้วยหัวขุดเจาะอุโมงค์ชนิด E.P.B. ซึ่งได้ดำเนินการแล้วเสร็จรวมระยะทาง 12 ก.ม. ในชั้นดินอ่อนและดินแข็งของโครงการบำบัดน้ำเสียระยะที่ 1 กรุงเทพมหานคร สามารถยืนยันได้ว่าหัวขุดเจาะชนิด E.P.B. เหมาะสมกับการก่อสร้างอุโมงค์ในกรุงเทพฯ

เทคนิคการขุดเจาะอุโมงค์ด้วยวิธี Earth Pressure Balance (EPB)

ลักษณะของหัวขุดแบบ Earth Pressure Balance เป็นหัวขุดแบบปิดหน้า เพื่อกันการพังทลายของหน้าดิน การขนถ่ายดินอาศัยดินที่อยู่ใน SoilChamber ถูกดูดผ่าน Screw Conveyor เป็นตัวขนถ่ายดินผ่านระบบสายพานอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งทางออกของ Screw Con veyor มีประตูปิด-เปิด ด้วยระบบไฮดรอลิกอีกชั้นหนึ่ง ความเร็วของการขนถ่ายดินด้วยระบบ Screw Conveyor ขึ้น

อยู่กับแรงดันดินใน Soil Chamber กล่าวคือ ถ้าสภาพดินดีจะไม่มีแรงดันดิน ถ้าสภาพดินเหลวจะทะลักเข้ามาใน Soil Chamber ทำให้เกิดแรงดัน ซึ่งแรงดันนี้จะไปกำหนดความเร็วรอบของ Screw-Conveyor ให้ช้าลง เพื่อต้านดินให้ทะลักเข้ามาน้อยลงหรือปิด Slide Gate ถ้าสภาพดินเหลวและสามารถทะลักผ่าน screw conveyor ได้

1. การควบคุมหัวขุดเจาะอุโมงค์ อุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนตัวของหัวขุดประกอบด้วย

- Shield Jack เป็นแม่แรงขนาดตั้งแต่ 80 ตัน จำนวนขึ้นอยู่กับขนาดของหัวขุดติดตั้งด้านหลังหัวขุด เพื่อใช้ในการถีบตัวไปข้างหน้า โดยอาศัยเปลือกอุโมงค์เป็นตัวรับแรงการบังคับแนวซ้าย-ขวา หรือ ขึ้นบนและลงข้างล่าง ให้พิจารณาเลือกตำแหน่งของ Shield Jack เช่น ต้องการให้หัวขุดเลี้ยวซ้ายให้เลือก Shield Jack ในตำแหน่งขวามือโดยยึดถือการหันหน้าเข้าหัวขุด

- Copy cutter คือ ฟันสามารถยืดตัวออกทางด้านรัศมี เพื่อเพิ่มการกัดหน้าดินให้เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้น เพื่อช่วยให้หัวขุดสามารถเลี้ยวตัวได้มากขึ้น

- Articulated Steering Jack คือ ส่วนของหัวขุดที่สามารถหักงอเพื่อลดรัศมีความโค้งของอุโมงค์

- ระบบควบคุมหัวขุดเจาะอุโมงค์ (TBM Driving control System) ใช้อุปกรณ์ Gyro-Compass & Computerize Level Control System

2. เทคนิคการคำนวณออกแบบความดันที่หัวเจาะ เพื่อต้านทานแรงดันดินในขณะที่ขุดเจาะ ซึ่งในการคำนวณโครงสร้างของหัวขุดจะต้องพิจารณาแรงดันดิน แรงต้านทานขณะขุดเจาะ ความหนาของ skin plate ความแข็งแรงของ ring girder และความสามารถในการดันและบิดของ cutter head เป็นต้น

3. วิธีเลือกตำแหน่งที่จะนำเครื่องมือขุดเจาะอุโมงค์ลงไป และนำดินที่ขุดเจาะออกไปทิ้ง (Construction shaft) จะต้องคำนึงถึงขนาดพื้นที่รวมทั้งทางเข้าออก เพื่อขนถ่ายวัสดุและอุปกรณ์ในการก่อสร้างที่เพียงพอและสะดวก ระยะทางระหว่าง Construction Shaft และ Reception Shaft จะต้องสัมพันธ์กับประสิทธิภาพของหัวขุดและระยะเวลาการก่อสร้าง

4. เทคนิคการวางแผนและลำดับขั้นตอนการนำดินที่ขุดเจาะอุโมงค์ไปทิ้ง โดยส่งผลกระทบต่อการจราจรน้อยที่สุด การจราจรในกรุงเทพมีผลต่อการก่อสร้างอุโมงค์มาก ไม่เพียงแต่การขนถ่ายดินเพียงอย่างเดียว การขนถ่ายชิ้นส่วนอุโมงค์ก็มีผลกระทบมาก การวางแผนจะต้องพิจารณาส่วนประกอบดังนี้

- ขนาดของพื้นที่ทำงานต้องมีขนาดที่เหมาะสมและการจัดการที่ดี เช่น พื้นที่ที่เก็บดินต้องเพียงพอต่อการขุดเจาะอุโมงค์ในตอนกลางวันและจะต้องมีการจัดการขนย้ายดินให้หมดในเวลากลางคืน ซึ่งจะไม่กระทบกับการจราจร

- การขนย้ายชิ้นส่วนอุโมงค์จากโรงงานผลิต จะต้องขนย้ายในเวลากลางคืนและไม่ส่งผลกระทบกับการขนย้ายดิน ระยะทางจากสถานที่ทิ้งดินและหน่วยงาน ต้องสัมพันธ์กับปริมาณรถในการขนถ่าย จะต้องมีที่ทิ้งดินสำรองเพื่อป้องกันผลกระทบต่อการขุดเจาะอุโมงค์

ปัญหาอุปสรรคและวิธีการแก้ไขในขณะดำเนินงานขุดเจาะอุโมงค์

1. เมื่อหัวเจาะเคลื่อนย้ายออกไปจากแนวที่กำหนด สาเหตุที่หัวเจาะผิดไปจากแนวที่กำหนดมีดังนี้

- ขาดความรู้และความเข้าใจของวิศวกรและผู้ควบคุมในการควบคุมหัวเจาะ

- ความผิดพลาดในการสำรวจและการคำนวณ

- ขาดความชำนาณและประสบการณ์ ในการควบคุมและประกอบชิ้นส่วนอุโมงค์ การแก้ไขโดยใช้เทคนิคการควบคุมหัวเจาะ

2. เมื่อพบชั้นทราย, ชั้นดินปนทรายหรือน้ำใต้ดิน ในขณะขุดเจาะลักษณะของหัวขุดแบบ Earth Pressure Balance นั้น สามารถขุดได้ในทุกสภาพชั้นดิน (ยกเว้นชั้นที่เป็นหิน) วิธีการแก้ไขปัญหากรณีนี้ที่พบชั้นดินแต่ละประเภท ทำดังนี้

1) ชั้นดินแข็ง (Stiff Clay) ความจริงหัวขุดประเภทนี้เหมาะสำหรับขุดในชั้นดินอ่อน หากเจอสภาพดินแข็ง จำเป็นต้องฉีดน้ำเข้าไปเพื่อย่อยสลายดินให้อ่อนตัว มิฉะนั้นดินก้อนใหญ่จะก่อปัญหาให้ Screw Conveyor อุดตันได้

2) ชั้นดินเหนียว (Medium Dlay) เป็นชั้นดินที่เหมาะสมกับหัวขุดประเภทนี้ ปัญหามีน้อย ดินที่ออกมาจะเป็นแท่งอย่างต่อเนื่อง จะต้องตักดินให้ขาด

3) ชั้นทราย (Sandy Clay) หากเป็นทรายร่วนจะต้องฉีด Bentonite เข้าไปผสมเพื่อกันไม่ให้หน้าดินบริเวณหน้าหัวขุดพัง การขุดจะต้องมีแรงดันดินหน้าหัวขุดเพื่อป้องกันดินพัง

4) ชั้นดินปนทราย ทำเช่นเดียวกับข้อ 3

5) น้ำใต้ดิน น้ำใต้ดินโดยเฉพาะในระดับ 20 ม. มีน้อยหากพบก็จะพบในลักษณะที่ซึมเข้ามาตามสภาพชั้นดินยังคงปกติ ถ้าเป็นกรณีที่สภาพดินอ่อนตัวมากวิธีแก้ปัญหาคือ การฉีดน้ำยาประเภท Quick setting compound หรือการทำ Ground treatment

3. เมื่อพบอุปสรรคขวางหน้า (Obstruction)

ในกรณีที่พบอุปสรรคขวางแนวขุดเจาะอุโมงค์ หากทราบล่วงหน้า (Known obstruction) เช่น เสาเข็มเขื่อน ถ้ารู้ว่าจำเป็นจะต้องตัดเสาเข็มจะต้องทำ Ground Treatment ไม่ว่ากรณีที่อยู่

ในชั้นดินอ่อนหรือดินแข็ง จำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงของเสาเข็มโดยเพิ่ม Bearing load แทน Friction load ของเข็มในส่วนที่ถูกตัดออก เมื่อหัวขุดๆ ไปถึงตำแหน่งเสาเข็มก็จะเปิดประตู Soil chamber เพื่อให้คนเข้าไปสกัดนำเอาเสาเข็มออก

วิธีการตรวจสอบการทรุดตัวของชั้นดิน (Ground Settlement)

การดำเนินการและป้องกันการทรุดตัวของชั้นดินขณะดำเนินการก่อสร้าง มีวิธีการตรวจสอบ ดังนี้

1. **ตรวจสอบการทรุดตัวของบ่อก่อสร้าง** (Working Shaft)

ขณะดำเนินการก่อสร้างบ่อสร้าง (Working Shaft) ไม่ว่าจะด้วยวิธีการก่อสร้างแบบการจมบ่อ (Sinking Shaft) หรือการสร้างผนังบ่อก่อนการขุดดินภายในบ่อออก การตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินสามารถตรวจสอบด้วยการติดตั้งอุปกรณ์ ดังนี้

- Inclinometer สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินในแนวราบ
- Extensometer สำหรับตรวจสอบการเคลื่อนตัวของดินในแนวดิ่ง

2. **ตรวจสอบการทรุดตัวของสิ่งก่อสร้างข้างแนวขุดเจาะอุโมงค์**

โดยปกติก่อนการดำเนินการขุดเจาะอุโมงค์ จะมีการสำรวจระดับของผิวดิน หรือผิวจราจรล่วงหน้าก่อนหัวขุดเจาะอุโมงค์จะขุดไปถึง และมีการสำรวจระดับของผิวดิน หรือผิวจราจรหลังจากที่หัวขุดเจาะอุโมงค์ได้ขุดผ่าน โดยแบ่งระยะเวลาในการตรวจสอบ 1, 3, 5 และ 7 วัน ตามลำดับ การตรวจสอบโดยทั่วไปใช้กล้องระดับ ในกรณีที่มีสิ่งก่อสร้างอาคารอยู่ด้านข้างการขุดเจาะอุโมงค์ จะต้องมีการบันทึกสภาพอาคาร และสิ่งก่อสร้างดังกล่าว ก่อนการดำเนินการก่อสร้าง รวมถึงค่าระดับตัวอาคารและสิ่งก่อสร้าง

3. **การดำเนินการและป้องกัน** (Operation Method & Prevention)

การขุดเจาะอุโมงค์จำเป็นต้องเกิดช่องว่างขณะที่ปลอกเหล็ก (Tail Shield) ของหัวขุดเลื่อนตัวไปข้างหน้า ช่องว่างที่เกิดจากความหนาของปลอกเหล็กและการขุดในกรณีที่ใช้ Over Cutter จำเป็นต้องได้รับการเติมให้เต็มด้วยวิธีการเกร๊าท์ (Grouting) สารที่ใช้ในการเกร๊าท์ ถ้าใช้วัสดุที่แข็งตัวเร็วจะช่วยลดการทรุดตัวได้มาก โดยปกติจะใช้น้ำยาโซเดียมซิลิเกต (Sodiumsilicate) เข้มข้น 10% เจือจางกับน้ำฉีดพร้อมกับน้ำปูนเข้าไปในช่องว่างผ่านรูเกร๊าท์ (Grout Hole) สารทั้งสองจะฟอร์มตัวในทันที ในกรณีที่จะมีการบรรจบท่อเข้ากับอุโมงค์ โดยเฉพาะอุโมงค์ที่อยู่ในชั้นดินอ่อน จำเป็นต้องเสริมความแข็งแรงของดิน ในบริเวณที่จะบรรจบ การฉีดน้ำปูนด้วยแรงดันสูง (Jet Grouting) หรือแม้กระทั่งการเริ่มดันหัวขุดเจาะอุโมงค์ จากบ่อก่อสร้างในกรณีที่เตรียมช่องเปิด (Bulkhead) ด้วยเหล็กซึ่งจะต้องตัดเหล็กเพื่อเปิดช่อง

เงื่อนไขและข้อกำหนดสำหรับหัวขุดเจาะอุโมงค์ จำนวนของหัวขุดเจาะที่ใช้ทั้งหมด 8 หัว สำหรับโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน มีดังต่อไปนี้

1. สภาพดินบริเวณที่จะทำการขุดเจาะ (Ground condition)
2. ชั้นดิน (Earth profile)
3. ความลึกของดินบริเวณขุดเจาะอุโมงค์ 15-20 m
4. ระดับน้ำใต้ดิน (Ground Water Level) 0.5-3 m
5. ค่าความถ่วงจำเพาะของดิน (Specific Gravity of Soil) 1.45-2.3
6. ค่าความเหนียวของดิน (Soil Cohesion) 0.2-32 ton/m2
7. ค่า N (N Value) 0-50
8. ค่าสัมประสิทธิ์มุมเสียดทานภายในของดิน (Internal Friction Angle of Soil) 0 ค่าน้ำหนักกดทับ (Surcharge Load) 2.0 ton/m2

2.3 การใช้วัสดุในการก่อสร้างภายในสถานี

2.3.1 แนวความคิดเรื่องแสงสว่างภายในอาคาร

วิจิตร วรุตบางกูร(2524 : 152) ได้ให้แนวความคิดในการจัดแสงสว่างในอาคารว่า เนื่องจากแสงสว่างมีบทบาทสำคัญในการสื่อความรู้ จึงจำเป็นต้องจัดให้แสงสว่างในอาคารมีระดับการมองเห็นที่ดี ซึ่งหมายความว่ามองเห็นได้เร็ว สบายตาและชัดเจน ความเข้มของแสงไม่ใช่ปัจจัยอย่างเดียวที่จะสร้างสภาพเช่นนี้ได้ แต่ความสว่างที่พอดีกับห้องหรือบริเวณ การพรางความจ้าของแสงและความเด่น หรือตัดกันระหว่างวัตถุกับสีพื้น จะช่วยให้มองได้ชัดเจนและสบายตาได้เช่นกัน

อัมพร ปั้นศรีและนนทนา เผือกผ่อง (2515 : 71) ได้กล่าวว่าห้องสมุดควรมีแสงสว่างพอเพียง ไม่สว่างจนเกินไป หากแสงสว่างจากธรรมชาติมากเกินไป อาจจะใช้ม่านกั้นหรือสร้างที่กรองแสงนอกหน้าต่าง หากแสงสว่างไม่เพียงพอจะต้องใช้แสงสว่างจากไฟฟ้าช่วย โดยปกติจะใช้แสงสว่างจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยเฉลี่ยควรมีแสงสว่าง 50 ฟุตแรงเทียน (foot-candles)

2.3.1.1 แสงธรรมชาติ

แสงอาทิตย์เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่มีการสิ้นเปลืองหรือหมดไป ประเทศไทยอยู่ในเขตที่มีแสงสว่างค่อนข้างแรงกล้าตลอดปี ควรนำเอาแสงธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์มากที่สุด เพื่อเป็นการประหยัดไม่ต้องสิ้นเปลืองกับการใช้แสงไฟฟ้า ทั้งแสงในจำนวนพอเหมาะ ยังทำให้รู้สึกสบายตากว่าแสงไฟ อย่างไรก็ดีต้องมีการควบคุมหรือกรองแสงที่ส่องลงมาโดยตรง เพื่อเป็นการลดความร้อนมิให้เข้ามาในอาคารด้วย (ตรึงใจ บูรณะสมภพ 2521 : 100)

ตรึงใจ บูรณะสมภพ (2521 : 100) กล่าวการให้แสงสว่างธรรมชาติในอาคาร คือการจัดปริมาณการส่องสว่างภายในอาคาร ให้เพียงพอกับการมองเห็นโดยปราศจาก แสงสะท้อนเข้าตา ควรจัดความเข้มของแสงภานนอกมีปริมาณ ไม่แตกต่างกับแสงภายในมากนัก เพื่อให้สายตาสามารถปรับได้ทันท่วงที เมื่อออกไปภายนอกอาคารหรือเข้ามาในอาคาร ถ้าแสงภายนอกมีความจัดจ้ามาก ต้องหาวิธีลดความแรงกล้าของแสงด้วยการปลูกต้นไม้ และใช้สีอาคารช่วย คือไม่ทาสีที่สว่างหรือมืดเกินไป แสงจ้าที่ทำให้เคืองตา นอกจากจะเกิดจากปริมาณของแสงที่มากเกินไปในเวลากลางวันแล้ว ยังเกิดจากปริมาณความแตกต่างของแสงในที่ใกล้ๆกัน

ธนิต จินดาวณิค (2540 : 27-28) ได้กล่าวถึงแสงธรรมชาติว่า สำหรับภูมิอากาศในประเทศไทยแสงธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันนั้น มีมากเพียงพอตลอดปี ในการพิจารณาแสงธรรมชาติ ผู้ออกแบบต้องแบ่งแยกพิจารณาแสงธรรมชาติ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองประเภท คือ แสงแดด(Sunlight) และแสงสว่างธรรมชาติ(Daylight) ในสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นของประเทศไทย ภาระการทำความเย็นให้กับอาคารจำเป็นตลอดปี ในการออกแบบอาคารให้เข้ากับภูมิอากาศของประเทศไทย จึงจำเป็นต้องหลีกเลี่ยงแสงแดด(Sunlight) เข้ามาภายในอาคารเพื่อป้องกันความร้อนเข้ามาในอาคาร (Heat Gain) และแสงแดด (Sunlight) มีความส่องสว่างมากเกินการใช้งาน แสงแดด(Sunlight) ที่ตกตั้งฉากกับพื้นผิวมีความส่องสว่าง 6,000-10,000 ฟุต-แรงเทียน (Foot-candles) ในขณะที่ความต้องการแสงสว่างภายในอาคารอยู่ประมาณ 10-100 ฟุต-แรงเทียน (Foot-candles)เท่านั้น ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของการใช้งานในส่วนต่างๆของอาคาร แต่การนำแสงสว่างธรรมชาติ(Daylight) เพื่อมาส่องสว่างพื้นที่ใช้งานนั้นเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการช่วยประหยัดพลังงานแก่อาคาร ทั้งนี้เนื่องจากแสงสว่างธรรมชาติมีประสิทธิภาพ(Efficacy) สูงกว่าแสงประเภทอื่นๆ ดังตารางที่ 1

ตารางที่2.1 แสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงที่ต่างกัน

Lightsource	Efficacy (lumen/watt)
Sun (altitude>25 degree)	117 lm / w
Sky (clear)	50 lm / w
Sky (average)	125 lm / w
Incandescent (150 w)	16-40 lm / w
Fluorescent	50-80 lm / w

จากตารางข้างต้นจะเห็นว่า แสงสว่างธรรมชาติที่มาจากท้องฟ้านั้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงแดดและแสงไฟจากหลอดประเภท Incandesent และ Fluorescent ดังนั้นในปริมาณแสงที่เท่ากันพลังงานความร้อนจากการส่องสว่างจากแหล่งต่างๆ นั้น แสงสว่างธรรมชาติ (Daylight) จะมีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงประดิษฐ์ (Artificial Light) การนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารจึงเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับแสงประดิษฐ์ ลดปริมาณความร้อน(Heat Gain) ที่เกิดจากแสงประดิษฐ์ซึ่งเป็นการลดภาระการทำความเย็น (Cooling Load) แก่อาคาร และลดขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เล็กลง ในการออกแบบอาคารสูงจึงควรพิจารณานำ Daylight เข้ามาทางด้านข้างหน้าต่าง ส่วนอาคารขนาดใหญ่ที่แผ่ราบพื้นที่หลังคาส่วนใหญ่สามารถถูกออกแบบให้นำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาภายในอาคารได้ ทั้งนี้และทั้งนั้นต้องระมัดระวังมิให้แสงแดดเข้ามาภายใน

การควบคุมความสว่างจากแสงธรรมชาติ ตรึงใจ บูรณะสมภพ (2521 : 101) กล่าวว่าควรจัดให้มีแสงส่องเข้าทุกส่วนของอาคาร โดยให้มีการกระจายของแสงที่สม่ำเสมอกันให้มากเท่าที่จะทำได้ ห้องที่ต้องการใช้แสงมากเป็นพิเศษเพราะต้องใช้สายตามาก การใช้แสงธรรมชาติอย่างเดียวอาจไม่เพียงพอในบางที่ และบางเวลา เช่นเวลาอากาศครึ้ม ขมุกขมัว จึงอาจใช้แสงธรรมชาติ ควบคู่กับแสงประดิษฐ์ได้วิธีที่จะควบคุมปริมาณของแสงสว่างที่สาดส่องเข้ามาภายในอาคาร สามารถทำได้ด้วยการติดม่านที่ช่องเปิด เช่น ติดม่านปรับแสงเป็นเกล็ดแนวตั้งหรือมู่ลี่อลูมิเนียมตามแนวนอน ซึ่งจะปรับความสว่างให้กระจายได้อย่างสม่ำเสมอ ต่างกับม่านบังตาที่รูดปิดเปิดได้ตามขนาดของช่องแสงที่ต้องการ ไม่สามารถช่วยควบคุมความสว่างได้ แต่การเฉลี่ยของแสงสม่ำเสมอเหมือนมู่ลี่

การใช้กระจกตัดแสงก็ช่วยลดความจ้าของแสงภายนอก แต่มีข้อเสียตรงที่ตัวกระจกเป็นตัวนำความร้อนที่ดี และมีประจุความร้อนสูงสามารถเก็บความร้อนไว้ได้มาก ซึ่งจะแผ่รังสีความร้อนให้กับภายในอาคาร ถ้าใช้ในเนื้อที่น้อยๆหรือในด้านที่ไม่โดนแดดโดยตรงก็จะมีประโยชน์

ผุสดี ทิพทัส (2541 : 16) กล่าวว่าการเจาะช่องแสงหรือช่องประตูหน้าต่างบนตัวอาคารนั้น มีหลักใหญ่เพื่อเป็นการควบคุมปริมาณของแสงธรรมชาติ ควบคุมทิศทางและการกระจายแสงภายในอาคาร และการมองเห็นทิวทัศน์ภายนอก

Ching (1975 : 11-21) ได้กล่าวว่า แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์บางครั้งมีความเข้มของแสง มืดครึ้ม หรือนุ่มนวล คุณภาพของแสงจะเปลี่ยนไปตามช่วงเวลา และความแตกต่างกันในฤดูกาล การนำแสงธรรมชาติมาใช้งานจึงต้องขึ้นกับการจัดทิศทางของอาคาร และตำแหน่งของช่องเปิด หากด้านหนึ่งของอาคารมีแสงสว่างเข้าทางด้านเดียวตลอดเวลาจะทำให้ไม่สบายตา ควรมีแสงส่องเข้าทางด้านอื่นอีกด้านหนึ่ง เพื่อลดปริมาณของแสงที่เข้าตาและจะเป็นการดี

กว่าการให้แสงเข้าทางด้านข้างด้านเดียว การให้แสงสว่างไม่เพียงจัดทำช่องแสงหรือเปิดหน้าต่างประตูเท่านั้นครึ่งหนึ่งของปริมาณความส่องสว่าง ขึ้นอยู่กับการตกแต่งภายในและสีต่างๆของผนัง และเครื่องเรือนภายในอาคารด้วย ควรจะทาห้องด้วยสีอ่อนซึ่งจะทำให้ห้องสว่างขึ้น

2.3.1.2 แสงประดิษฐ์ (Artificial Lighting)

พวา พันธุ์เมฆา (2528 : 75) กล่าวว่าแสงสว่างประดิษฐ์คือ แสงจากหลอดไฟฟ้าซึ่งอาจเป็นไฟดวงกลม หรือหลอดฟลูออเรสเซนท์ (Fluorescent) เพราะเป็นแสงใกล้เคียงธรรมชาติมากที่สุด อายุการใช้งานนานถึง 5,000 ชั่วโมง แสงที่ให้จะปรากฏเงาน้อยแต่การติดตั้งควรติดตั้งแบบหลอดคู่ เพราะจริงๆแล้วหลอดฟลูออเรสเซนท์จะมีการกระพริบวินาทีละ 50 ครั้ง ถ้าติดตั้งควบสองหลอดจังหวะกระพริบไม่พร้อมกันจะทำให้เกิดแสงสว่างที่นิ่งไม่เป็นอันตรายต่อสายตา

Turner (1998 : 98) กล่าวถึงจุดมุ่งหมายของการออกแบบการจัดแสงในห้องสมุดว่า สีของพื้นและผนังควรเป็นสีกลาง บรรยากาศของแสงมีผลจากสีและผิวพื้นของห้อง ซึ่งมีส่วนช่วยในการสะท้อนแสง สีอ่อนและผิวพื้นที่มันจะสะท้อนแสงมากกว่าสีเข้ม และพื้นผิวที่ด้านหรือขรุขระการคำนวณแสงภายในห้องจึงต้องคำนึงถึงเรื่องสี ลักษณะพื้นผิวของผนัง พื้นและเพดานห้อง เช่น เดียวกับผิวพื้นของเฟอร์นิเจอร์ที่จะใช้ในห้องนั้นๆด้วย

วิจิตร วรุตบาง (2524 : 157) กล่าวว่าความสมดุลย์ของแสงภายในอาคารนั้นอยู่ที่การจัดแสงภายใน ให้มีความสว่างทั่วถึงและมีความแตกต่างกันน้อย การติดตั้งแหล่งแสงเช่นหลอดไฟฟ้าแขวนอยู่บนเพดาน แสงจากหลอดไฟฟ้าจะให้แสงสว่างขึ้นไปบนเพดานด้วย ซึ่งจะลดความแตกต่างของแสงบนเพดานและด้านล่าง ระยะห่างของดวงไฟมีส่วนช่วยให้แสงกระจายออกไปเท่าๆกัน ขนาดของหลอดไฟ ความเข้มของแสงแต่ละหลอด เป็นปัจจัยพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับความสว่างในบริเวณนั้นๆทั้งสิ้น จุดที่ไม่ควรลืมคือรอบๆเพดาน ควรติดตั้งแหล่งแสงไว้รอบๆเพดาน เช่นเดียวกับบริเวณตรงกลาง การออกแบบที่ดีจะช่วยเพิ่มความสว่างของผนังห้อง

ระบบการจัดแสงสว่างยังมีจุดอ่อนและมีความฟุ่มเฟือยอยู่มาก และประสิทธิภาพยังมีน้อย เช่นให้แสงมากเกินจำเป็น และไม่มีการควบคุมความจ้าของแสง เคยมีการสาธิตในอเมริกาเพื่อแสดงให้เห็นว่า เพียงร้อยละ 6 ของแสงสว่างที่ติดตั้งสามารถให้ความสุขสบายและชัดเจนตามต้องการ ส่วนอีกร้อยละ 94 นั้นกลายเป็นความจ้าและพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นสิ่งสูญเปล่าและสร้างความไม่สบายให้เกิดขึ้นโดยยากที่จะขจัดออกได้

แสงมีบทบาทมากกว่าที่จะทำให้เรามองวัตถุได้เท่านั้น แสงยังช่วยทำให้เกิดอารมณ์และบรรยากาศ การติดตั้งระบบแสงสว่างที่ให้ประโยชน์ ประหยัดและมีประสิทธิภาพดีจะต้องเอาใจผู้ใช้อาคารด้วย

แสงสว่างนอกจากจะมีประโยชน์ในการทำให้เราได้เห็นสิ่งต่างๆแล้ว ยังทำให้เกิดความรู้สึกต่างๆในด้านจิตใจและอารมณ์ เช่น (ตรึงใจ บูรณะสมภพ.2521 : 109)

- แสงสีที่สวยงามสว่างไสวทำให้เกิดความชื่นบาน
- พลุไฟ ทำให้เกิดความเร้าใจ
- สัญญาณไฟ ทำให้เกิดความตื่นเต้น

ประเภทของหลอดไฟ Linton (1985 : 100) กล่าวว่าการใช้แสงประดิษฐ์จากหลอดไฟปัจจุบัน มีประเภทของหลอดไฟพื้นฐานอยู่สามประเภทคือ หลอดฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent) หลอดอินแคนเดสเซนต์(Incandescent) และหลอดบรรจุก๊าซแรงดันสูง (High-intensity discharge lamp) ซึ่งหลอดอินแคนเดสเซนต์จะเป็นหลอดที่ให้ทั้งแสงสว่างและความร้อน ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์จะให้แสงสว่างที่สว่างมากแต่ให้ความร้อนน้อย ซึ่งเป็นการประหยัดในเรื่องของพลังงานไฟฟ้า ส่วนหลอดประเภทบรรจุก๊าซแรงดันสูงจะให้ความเข้มของแสงมากมีความร้อน นิยมใช้ในการเน้นความสว่างเฉพาะจุดเช่นหลอดฮาโลเจน หลอดแสงจันทร์ Linton (1985 : 102) ได้มีเกณฑ์ในการเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ไว้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่2.2 แสดงเกณฑ์ในการเลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์

ชนิดของหลอด Types of Lamps	ประสิทธิภาพในการส่องสว่าง	ผลกระทบที่ปรากฏบนพื้นผิวที่เป็นกลาง	ผลกระทบที่ปรากฏในบรรยากาศ	ที่ใช้งาน
Cool white (สีขาวคล้ายหิมะ)	สูง	ขาว	สีปานกลาง ไม่รุนแรง	สีขาวคล้ายหิมะ ใช้กับโรงงาน ร้านค้า สำนักงาน
Deluxe cool white (สีออกแดง)	กลาง	ขาว	สีปานกลาง ไม่รุนแรง	สีออกทางแดง ทำให้สีผิวมนุษย์น่าดู
Warm white (สีออกเหลือง)	สูง	ขาวเหลือง	สีดูอบอุ่น	สีออกทางเหลือง แจ่มใส
Deluxe warm white (สีออกแดงเรื่อ)	กลาง	ขาวเหลือง	สีดูอบอุ่น	สีออกทางแดงเรื่อๆใช้กับบ้านที่แสดงสินค้า

ตารางที่2.2(ต่อ)

Daylight (สีฟ้าอ่อน)	กลางค่อนข้างสูง	ขาวอมฟ้า	สีเย็นตา	สีคล้ายแสงธรรมชาติใช้กับโรงงานห้องทดลองห้องเขียนแบบ
White (สีเหลืองอ่อน)	สูง	เหลืองอมชมพู	สีอบอุ่นแต่ไม่รุนแรง	สีเหลืองอ่อนใช้กับคลังสินค้า บ้าน โรงเรียน
Soft white/natural (สีชมพูอ่อน)	กลาง	ชมพูอ่อน	อบอุ่น	สีชมพูอ่อนใช้กับโชว์รูม

การปรับความสมดุลย์ของแสงสว่าง ฐิติพัฒน์ ประทานทรัพย์ (ชัยพฤกษ์ นิลวรรณ. 2529 : 23) ได้วิจัยเรื่องแสงสว่างที่ใช้กับอาคารพบว่าประมาณร้อยละ 80 ของผู้ใช้อาคารให้ความเห็นว่า แสงธรรมชาติในเวลากลางวันนั้นเพียงพอต่อการใช้งานแล้ว ด้วยเหตุที่สภาวะแวดล้อมมีอิทธิพลต่อมนุษย์ มนุษย์จึงสามารถปรับตัวให้เข้ากับระดับแสงสว่างที่เป็นอยู่จนเกิดความเคยชิน ดังนั้นควรปรับแสงสว่างภายในอาคารให้อยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน นอกจากระดับความสว่างแล้ว มีปัจจัยที่มาเกี่ยวข้องกับเรื่องความสว่างนั่นคือความจ้า (Glare) ที่ใช้กับอาคารฮอบคินสัน อาร์.จี และคอลลินส์ เจ.บี (Hopkinson,R.G. and Collins,J.B) พบว่าความจ้าขึ้นกับองค์ประกอบหลายอย่างดังนี้

- เนื่องมาจากต้นกำเนิดแสงเอง
- เนื่องมาจากแสงสะท้อนของวัตถุ
- เนื่องมาจากตำแหน่งและจำนวนแสงสว่าง

ความจ้าของแสงจะไม่มีอันตรายถ้าบริเวณนั้นมีแสงสว่างอื่นๆเข้ามาช่วยลดความจ้าลง ตำแหน่งของดวงไฟจะต้องพิจารณาให้เหมาะสม เพื่อให้การสะท้อนของแสงจากฝ้าเพดานและผนังเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การป้องกันความจ้าอาจใช้วัสดุกรองแสงลดความจ้าลง

เพื่อให้เกิดความสมดุลย์ของแสงสว่างภายในบริเวณหนึ่งๆ การติดตั้งแสงสว่างควรพิจารณาตามหลักเกณฑ์ต่อไปนี้ คือ

1. ในบริเวณกว้างใหญ่ ความสว่างโดยรอบจะต้องมีความสว่างไม่ต่ำกว่า 1 ใน 3 ของความสว่างที่จุดทำงานซึ่งต้องใช้สายตา

2. บริเวณที่อยู่ใกล้หรืออยู่ติดกับจุดทำงาน ไม่ควรมีความสว่างเกินกว่า 3 เท่าของบริเวณหรือจุดที่ทำงาน

3. บริเวณใดๆที่มองเห็นได้ไม่ควรมีความสว่างเกินกว่า 5 เท่าของความสว่างของจุดที่ทำงาน

2.3.2 แนวความคิดเรื่องการใช้สีภายในอาคาร

สีสามารถช่วยจำกัดบริเวณ ทำให้ขนาดดูเล็กหรือใหญ่ขึ้นได้ พรางรูปร่างได้ สีช่วยเน้นส่วนต่อ ยกระดับความมืดสว่างโดยการสะท้อนแสง หากใช้สีอย่างถูกต้องด้วยความชำนาญ สีช่วยลดความเครียด และความไม่สบายตาอันเกิดจากความจ้าของแสงได้ด้วย (พีระ จูน้อย สุวรรณ 2539 : 42)

อัมพร ปั้นศรี และ นนทนา เผือกผ่อง (2515 : 72) กล่าวว่า ลักษณะของอาคารนอกจากจะให้ประโยชน์ใช้สอยแล้ว จะต้องมีลักษณะสวยงาม สีของอาคารก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ช่วยให้อาคารงดงาม การทาสีควรใช้สีที่ทำให้เบิกบานและเย็นตา ถ้าใช้หลายสีก็ควรให้สีกลมกลืนกัน การทาสีภายในห้องอ่านหนังสือนอกจากสวยงามแล้ว ยังจะช่วยให้แสงสว่างในการอ่านดีอีกด้วย ดังตารางที่ 1

ตารางที่2.3 แสดงการเปรียบเทียบการสะท้อนของสีต่างๆ เพื่อประกอบการให้สีภายในอาคาร

สี	อัตราการสะท้อน
ขาว	80-90
งาช้าง	70-80
เหลือง	65-75
ครีม	65-75
ชมพูอ่อนอมม่วง	60-65
เหลืองออกน้ำตาล	55-65
ชมพู	40-70
เทา	35-50
ฟ้า	35-50
เขียวอ่อน	25-50
เขียวแก่	15-25
น้ำเงินแก่	10-20

ตารางที่2.3(ต่อ)

น้ำตาล	8-12
แดง	15-25
แดงเข้ม	7
ดำ	2-5

Faber Birren (อ้างในพีระ จูน้อยสุวรรณ. 2539 : 43) ได้พยายามศึกษาค้นคว้าเรื่องสีในห้องมาเป็นเวลานานเพื่อหากฎเกณฑ์พื้นฐานเกี่ยวกับสี ซึ่งจะช่วยให้สามารถสร้างสรรค์บรรยากาศให้มีประสิทธิภาพ

วิจิตร วรุตบางกูร (2524 : 162) ได้ให้แนวความคิดเกี่ยวกับการให้สีพื้นห้องว่า ถ้าเป็นพื้นที่อ่อนนุ่ม หรือปูด้วยกระเบื้องยาง ควรใช้สีอ่อนที่มีสีขาวปน เพื่อให้พื้นช่วยสะท้อนแสงบ้าง เช่น สีขาวนวล สีเนื้อ ถ้ามีลายตัดเช่น ลายหินอ่อน จะช่วยพรางความสกปรกได้ดี ถ้าปูด้วยพรมควรเป็นพรมเนื้อแน่น ขนสั้น สีที่ใช้ควรเลือกสีระดับกลาง หรือค่อนมาทางสีอ่อน เช่น สีเท่ากลาง สีเทาอ่อน สีเนื้อ สีเขียว สีทอง สีน้ำทะเล สีส้มอมน้ำตาล จะเข้ากับการตกแต่งภายในได้ง่าย พยายามหลีกเลี่ยงสีหนัก สีเข้ม เพราะทำให้เมื่อยตาเนื่องจากสีตัดกับผนังมาก

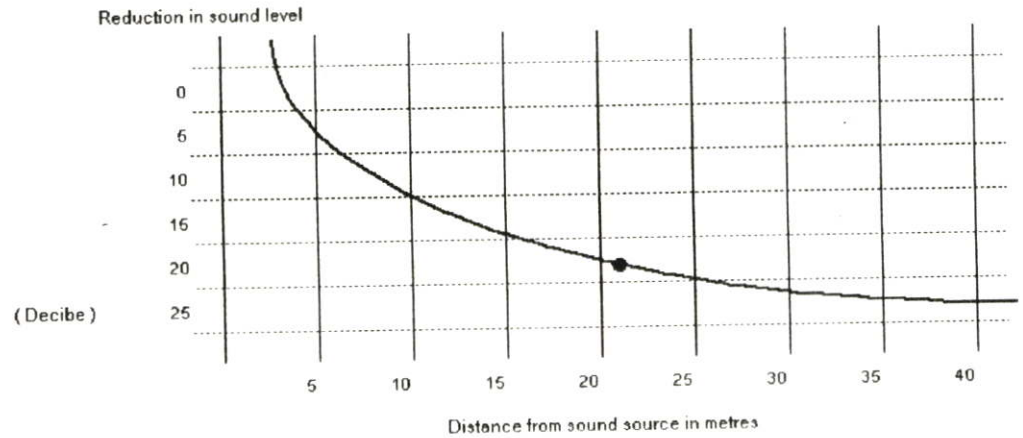
2.3.3 แนวความคิดเรื่องเสียงและการควบคุมเสียง

ลักษณะทางกายภาพของเสียง เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือน เสียงจะกระจายไปรอบทิศทาง จากแหล่งกำเนิดด้วยความเร็ว 341 เมตร/วินาที หรือ 1,229 กิโลเมตร/ชั่วโมง ความเร็วของเสียงจะต่างกันแล้วแต่อุณหภูมิในอากาศ เช่น เมื่ออุณหภูมิ 21 องศาเซนเซียส เสียงจะเดินทางได้ 344 เมตร/วินาที และเมื่ออุณหภูมิ 0 องศาเซนเซียส เสียงจะเดินทางได้เพียง 355 เมตร/วินาทีเท่านั้น คลื่นเสียงสามารถทะลุผ่านของแข็งที่กีดขวางได้เช่นเดียวกับผ่านอากาศ การที่คลื่นเสียงกระทบสิ่งกีดขวางได้เช่นเดียวกับผ่านอากาศจะเกิดภาวะ 3 ประการคือ เสียงจะถูกดูดกลืน เสียงจะทะลุผ่านไปได้โดยบางส่วนจะถูกดูดกลืน เสียงส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านไปได้และเสียงบางส่วนจะสะท้อนกลับทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นผิวของสิ่งกีดขวาง ซึ่งจะมีผลต่อการสะท้อนกลับและการดูดซับคลื่นเสียง เมื่อคลื่นเสียงไปกระทบผิวพื้นที่เรียบแข็ง แนวโน้มการสะท้อนเสียงจะสูง แต่พื้นผิวที่อ่อนนุ่มกลับดูดซึมเสียงได้มาก วัสดุควบคุมเสียงใช้เพื่อเน้นเสียงที่ต้องการให้ชัดเจนและขจัดเสียงที่ไม่ต้องการ ความสำเร็จในการควบคุมเสียงจึงขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำผิวพื้น ผนังห้อง ฝ้าเพดาน ขนาดและรูปร่างของห้อง (ชัยพฤกษ์ นิลวรรณ 2529 : 29)

ระดับของเสียงวัดได้เป็น เดซิเบล (Decibel) เป็นมาตราวัดชนิดหนึ่งเริ่มตั้งแต่ 1 เดซิเบล ซึ่งเทียบเท่ากับเสียงเบาแผ่วซึ่งหูของมนุษย์แทบจะไม่ได้ยิน และสูงขึ้นไปจนถึง 140 เดซิเบล

โดยทั่วเสียงที่มนุษย์ได้ยินและรู้สึกกำลังสบายควรอยู่ในระดับเพียง 50 ถึง 60 เดซิเบล (เอื้อม อนันตศานต์. 2539 : 53)

ตารางที่2.4 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดังของเสียงกับระยะทาง



นอกจากระดับของเสียงแล้ว ความถี่ของเสียงเป็นส่วนหนึ่งที่จะทำให้มนุษย์ได้ยินเสียงนั้นๆหรือไม่ ปกติเสียงที่ได้ยินถึงหูมนุษย์ได้นั้นจะมีความถี่ตั้งแต่ 20 ถึง 20,000 รอบ/วินาที หรือ 50 และ 10,000 รอบในระดับเสียงแผ่วเบา เสียงปกติบนท้องถนนก็จะมีความถี่ตั้งแต่ประมาณ 40 ถึง 8,000 รอบ/วินาที ขณะที่เสียงพูดปกติของมนุษย์อยู่ในเกณฑ์ 100 ถึง 3,000 รอบ/วินาทีเท่านั้น (เอื้อม อนันตศานต์. 2539 : 53)

ตารางที่2.5 แสดงระดับความดังของเสียง

แหล่งกำเนิดเสียง	ความดัง (Decibel)
1. เสียงเงียบกริบซึ่งมนุษย์ไม่ได้ยิน	0
2. เสียงกระซิบเบาๆ	10-20
3. เสียงในที่ทำงานที่ค่อนข้างเงียบ	20-40
4. เสียงรถยนต์กำลังวิ่ง	40-50
5. เสียงวิทยุ	50-60
6. เสียงบริเวณที่การจราจรคับคั่ง	70-80
7. เสียงฟ้าร้อง	110
8. เสียงเครื่องบิน	120-140

ที่มา : วิจิตร วรุตบางกูร,การวางแผนผังและพัฒนาสถานศึกษา, 2524 : หน้า 168-169

2.3.3.1 การควบคุมเสียงภายนอกอาคาร

เสียงที่เกิดจากภายนอก (Outdoor sounds) นั้นมีโอกาสที่จะเจือจางลงก่อนที่ จะถึงหูผู้ฟังสิ่งที่นับว่าก่อประโยชน์ให้แก่ผู้วางผังก็คือ การที่เสียงเกิดอาการเจือจางลงเนื่องจากการแผ่กระจายของเสียง เมื่อมันเริ่มเดินทางจากแหล่งที่เกิด ต่อระยะหนึ่งเท่าตัวระหว่างแหล่งที่เกิดกับผู้รับฟังทำให้ระดับเสียงตกลงไปนั่นก็คือ เสียงลดลง (เอื้อม อนันตศานต์. 2539 : 53)

วิจิตร วรุตบางกูร (2524 : 168) และเอื้อม อนันตศานต์ (2539 : 54) ได้มีแนวคิดว่าในการควบคุมเสียงภายนอกอาคารนั้นกระทำได้ดังนี้

2.3.3.2 การวางผังอาคาร โดยเลือกที่ตั้งให้เหมาะสมอยู่ไกลจากเสียงรบกวนพอสมควร อีกประการอาจทำได้โดยจัดบริเวณที่ต้องใช้เสียงหรือมีเสียงดังไว้ใกล้กับแหล่งเสียงรบกวนภายนอก ส่วนกลุ่มอาคาร หอสมุด สำนักงาน และห้องเรียน ควรอยู่ในบริเวณเงียบเสียงหากสถานศึกษามีพื้นที่ไม่กว้างขวางพอ อาจจะใช้วัสดุสกัดกั้นเสียง เพื่อไม่ให้รบกวนซึ่งกันและกันมากนัก

2.3.3.3 การปลูกต้นไม้ จะสามารถทำให้ลดเสียงที่เล็ดลอดออกไปได้บางส่วน การปลูกต้นไม้เป็นพืดจึงนับว่าเป็นประโยชน์ ที่ช่วยบรรเทาเสียงที่มีความถี่ค่อนข้างสูง ซึ่งมีขนาดความยาวคลื่นไม่ใหญ่เกินขนาดของใบไม้ และสิ่งกีดขวางอื่นๆมากนัก คือเสียงเกิน 10,000 รอบ/วินาที ผลจากการทดลองได้พิสูจน์ว่าป่าไม้มีความหนา 1,000 ฟุต ความทึบของป่าไม้ทำให้มองได้ไกลเพียงแค่ 70 ฟุต จะสามารถลดเสียงมีวงจร 200-1,000 รอบ/วินาที ลงได้เกินกว่าทางโล่งพียงประมาณ 20 เดซิเบลเท่านั้น

2.3.3.4 การสร้างสิ่งกีดขวาง เช่นกำแพง ดิน ฝาผนัง หรือตัวอาคาร ซึ่งมักจะได้ผลมากกว่าวิธีอื่น ถ้าเสียงไม่อาจผ่านสิ่งกีดขวางเข้ามาได้โดยตรงแล้ว ก็ต้องวิ่งวนสิ่งกีดขวางแล้วจึงมักเข้ามาถึงเครื่องรับฟัง เมื่อเทียบกับการปราศจากสิ่งกีดขวาง สิ่งกีดขวางจะเพิ่มประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ถ้าสิ่งนั้นสูงมากหรือถ้าขยับมาให้อยู่ใกล้แหล่งกำเนิดเสียงหรือเครื่องรับฟัง หรือในขณะที่ความถี่แห่งเสียงนั้นเพิ่มสูงขึ้น ดังเช่นกำแพงสูงตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดเสียง จะสามารถลดกำลังความถี่ได้ ในขณะเดียวกันหากเป็นกำแพงเตี้ยตั้งอยู่กึ่งกลางระหว่างแหล่งกำเนิดกับเครื่องรับจะได้ผลเพียงแต่น้อยสำหรับเสียงที่มีความถี่ต่ำ

2.3.3.5 การดูดซึมเสียง (Absorbed) เสียงภายนอกทุกชนิด บางส่วนจะถูกดูดซึม โดยพื้นดินและผิวกำแพง (Wall surfaces) ดังนั้น การทำให้เกิดผิวที่ไม่สะท้อนเสียงจึงเป็นผลสามารถที่จะลดระดับเสียงลงได้ แต่เป็นการแยกที่จะทำให้วัตถุมีคุณสมบัติกันน้ำ แล้วผิวนั้นจะต้องละเอียดพอที่จะดูดซึมเสียงได้อีก

2.3.3.6 ผนังอาคารต้องสามารถสกัดกั้นเสียงภายนอกได้ดี หน้าต่างต้องปิดสนิทมิดชิดรอยต่ออาคารต่างๆ ต้องมีการป้องกันได้อย่างดี หากใช้วิธีดังกล่าวต้องมีการปรับอากาศภายในที่ดีตามไปด้วยเพื่อลดความอึดอัด

2.3.4 การควบคุมเสียงภายในอาคาร

ที่มาของเสียงจะมาจากทั้งภายในและภายนอกอาคาร ได้แก่ เสียงจากเครื่องปรับอากาศ เสียงโทรศัพท์ เสียงพิมพ์ดีด เสียงสนทนา เสียงจากอุปกรณ์ต่างๆ การควบคุมเสียงสามารถทำได้โดย การเลือกใช้วัสดุในการทำพื้นผิวผนังห้อง ฝ้าเพดาน ให้เป็นพื้นผิวที่สามารถดูดซับเสียงได้มาก เช่น วัสดุที่อ่อนนุ่มจะสามารถลดการสะท้อนของเสียงได้มากกว่าวัสดุที่แข็ง หรือการใช้ผนังกั้นเป็นส่วนๆ (วราวุธ วัฒนายุทธ. 2540 : 35)

วิจิตร วรุตบางกูร (2524 : 167) ได้กล่าวถึงการควบคุมเสียงปกติแล้วนิยมเพ่งเล็งไปที่บริเวณเพดานและจะใช้วัสดุที่ควบคุมเสียงได้บริเวณเพดาน การทดลองและสาธิตในอเมริกาพบว่า เพดานมีส่วนสำคัญน้อยที่สุดในการปรับเสียงดังภายในห้อง ปัจจุบันการควบคุมเสียงภายในห้องที่ประสบผลดียิ่งคือการใช้พรมปูพื้น เพราะพรมสามารถดูดซับเสียงได้ดี ทำให้เสียงเดิน เสียงลากเลื่อนเก้าอี้ เลื่อนโต๊ะหรือของตก ไม่ก่อให้เกิดความรำคาญ ซึ่งเหมาะกับการใช้ควบคุมเสียงรบกวนในห้องสมุดเป็นอันมาก หากใช้ร่วมกับการปรับอากาศ

ชัยพฤกษ์ นิลวรรณ (2529 : 29) ได้กล่าวถึงการควบคุมเสียงภายในอาคาร สามารถกระทำได้ดังนี้

1. ควบคุมเสียงรบกวนที่แหล่งกำเนิด เช่น การใช้เครื่องมือ เครื่องจักรที่มีเสียงไม่ดัง หรือแยกเครื่องที่มีเสียงดังออกต่างหาก โดยใช้วัสดุซึมเสียงกั้นหรือห่อหุ้มเสียงไว้

2. ใช้วัสดุที่เป็นฉนวนกันเสียง เพื่อลดการกระจายของเสียงจากห้องหนึ่งไปยังอีกห้องหนึ่ง โดยผนัง พื้น และฝ้าเพดาน

3. กำจัดเสียงรบกวนโดยใช้วัสดุดูดซับเสียง เพื่อดูดซับเสียงที่ไม่ต้องการและลดเสียงสะท้อนภายในห้อง

2.3.4.1 วัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดกลืนเสียง

การใช้วัสดุควบคุมเสียง ปัจจุบันมี 3 ประเภท คือ

1. ชนิดเป็นแผ่น (Acousticl tiles) เรียกว่าวัสดุแผ่นซับเสียง อาจเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากเยื่อไม้ ชานอ้อย ใยหินอัดเป็นแผ่น ตัดเป็นขนาดรูปร่างต่างๆกัน มีความหนาตั้งแต่ 3/16 นิ้ว ถึง 1-1/2 นิ้ว ผิวของกระเบื้องมีรูพรุนใช้บุเพดาน โดยใช้กาวหรือตะปูยึด (วิจิตร วรุบางกูร. 2524 : 170)

2. ชนิดฉาบหรือพ่น เป็นพลาสติกและวัสดุที่มีรูพรุน Fiber ต่างๆใช้ฉาบหรือพ่น (Spray) บนผนัง หรือฝ้าเพดาน (ตรึงใจ บูรณะสมภพ. 2521 : 155)

3. ชนิดเป็นผืนยึดหยุ่นได้ เช่น วัสดุจำพวก พรม ใยแก้ว ฟองน้ำ

นรมิตร ลิ่วธนมงคล (อ้างในวราวุธ วัฒนายุทธ. 2540 : 34) กำหนดค่าสัมประสิทธิ์การดูดเสียงของวัตถุไว้ดังตารางที่ 2.6

ตารางที่2.6 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การดูดเสียงของวัตถุ

ชนิดของวัตถุ	แถบคลื่นความถี่เสียง (รอบ/วินาที)		
	128	512	2048
	ค่าสัมประสิทธิ์การดูดเสียง		
ผนังอิฐฉาบปูนและทาสี	0.012	0.017	0.023
ผนังอิฐไม่ฉาบปูน	0.024	0.030	0.049
พรม	0.090	0.200	0.270
สักหลาด	0.110	0.300	0.270
ผ้า ชนิด 340 กรัม/ตร.ม.	0.040	0.110	0.300
ผ้า ชนิด 475 กรัม/ตร.ม.	0.060	0.130	0.400
ผ้า ชนิด 610 กรัม/ตร.ม.	0.100	0.500	0.820
พื้นคอนกรีตหรือหินขัด	0.010	0.015	0.020
พื้นไม้	0.050	0.030	0.030
กระเบื้องยาง/พรมพีวีซีปูบนพื้นพรม	0.03-0.08		
กระจก/แก้ว	0.035	0.027	0.020
หินอ่อน	0.010	0.010	0.015
เวที/แท่นโชว์(ขึ้นอยู่กับเฟอร์นิเจอร์)	0.25-0.75		
ม้านั่งบุนวม	0.50-1.00		
ปูนฉาบ/ยิบซั่มผิวเรียบ	0.013	0.025	0.040
หนังสัตว์	0.020	0.030	0.040
เก้าอี้เหล็ก/ไม้	0.150	0.170	0.020

2.4 การรักษาความปลอดภัยของสถานี

2.4.1 แนวความคิดเรื่องอุณหภูมิและการถ่ายเทอากาศ

ความสำคัญของอุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นมาตราฐานวัดพื้นฐานต่อสภาวะน่าสบายของมนุษย์ และเป็นพื้นฐานหลักต่อการออกแบบในการเริ่มจัดการต่อผลกระทบของความชื้น รังสีดวงอาทิตย์และลม (ธนิต จินดาวณิค. 2539 : 7)

วิจิตร วรุตบางกูร (2524 : 171) กล่าวว่าในกระบวนปัจจัยแวดล้อมในสถานศึกษา สิ่งสำคัญที่จะทำให้เกิดความสุขสบายทางร่างกายก็คือปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นในอากาศอุณหภูมิภายในห้องระหว่าง 74-85 องศาฟาเรนไฮน์ ความชื้นระหว่าง 37-70 เปอร์เซ็นต์ เป็นอุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม กาเคลื่อนที่ของอากาศในระดับที่นั่ง (0.90-1.20 เมตร) ควรอยู่ระหว่าง 6-12 เมตร/นาที จะทำให้ร่างกายกำลังสบาย

2.4.2 ดวงอาทิตย์และพลังงานการส่งรังสี

อากาศบนผิวโลกเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เนื่องจากความร้อนที่โลกได้รับจากดวงอาทิตย์ได้แผ่กลับสู่ห้วงอากาศและเมฆ ดวงอาทิตย์ส่งรังสีอินฟาเรด(Infrared) และรังสีเอ็กซ์(X-rays) มาสู่โลก ส่วนหนึ่งถูกดูดซึมโดยเมฆและฝุ่น ในที่ท้องฟ้ากระจ่างปราศจากเมฆ อุณหภูมิจะขึ้นสูงสุดที่ช่วงเวลา 14.00-16.00 น. (ตรึงใจ ยูรณะสมภพ, 2524 : 49)

ธนิต จินดาวณิค(2539 : 7) ได้ศึกษาในเรื่องผลกระทบจากดวงอาทิตย์ที่มีต่ออาคารและที่ตั้ง คือพลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาบนที่ตั้งและการโคจรของดวงอาทิตย์ในที่ตั้งซึ่งประกอบด้วย

1. รังสีจากดวงอาทิตย์โดยตรง (Solar Radiation) ที่มาถึงภายนอกของบรรยากาศโลกมีค่า 429 BUT/sq.ft.hr. เมื่อพระอาทิตย์อยู่ตรงเหนือหัว Radiation ที่ตกลงมาจะผ่านชั้นบรรยากาศที่บางที่สุด ความเข้มของพลังงานก็ลดลงที่มุม Altitude 30 องศา Solar Radiation จะผ่านเข้าสู่ชั้นบรรยากาศที่เสมือนหนาสองเท่า ซึ่งจะลดความเข้ม(Intensity) ลงครึ่งหนึ่งที่มุม Altitude 19 องศา Radiation ที่ตกลงมาผ่านชั้นบรรยากาศสามชั้นจะถูกลดลงสามเท่าตัว

2. รังสีที่กระจัดกระจายจากท้องฟ้า (Disfused radiation) เป็นพลังงานดวงอาทิตย์ที่ตกลงมาถึงชั้นบรรยากาศ และถูกทำให้กระจัดกระจายโดยฝุ่นละอองและไอน้ำในอากาศ Disfused radiation ไม่กระจายสม่ำเสมอในท้องฟ้า แต่จะมีความเข้มสูงที่บริเวณรอบดวงอาทิตย์และที่ใกล้กับเส้นขอบฟ้า Disfused radiation มีปริมาณสูง 10-90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณพลังงานดวงอาทิตย์โดยรวมที่มาสู่อาคาร

3. รังสีที่สะท้อนจากพื้นดินและอาคารข้างเคียง (Reflected radiation) พลังงานแสงอาทิตย์ที่สะท้อนจากพื้นผิวขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของ Reflectivity ของพื้นผิวนั้น สีและลักษณะพื้นผิวและทิศทางของผังบริเวณโดยรอบ และของอาคารข้างเคียงมีผลต่อปริมาณของแสงและความร้อนที่สะท้อนลงบนผนังและหลังคา

2.4.3 ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิในอาคารสูงขึ้น

วิจิตร วรุตบางกูร (2524 : 172) กล่าวว่าปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิในอาคารเพิ่มสูงขึ้นได้แก่

1. แสงแดดส่องโดยตรง

2. อุณหภูมิภายนอกอาคารซึ่งสูงและไม่แน่นอน

3. ผนังอาคาร หากผนังเป็นสีเข้มจะดูดความร้อนมากกว่าสีอ่อน ผนังด้านทิศตะวันตกจะรับและเก็บความร้อนไว้มากกว่าผนังด้านทิศเหนือ

4. วัสดุที่ใช้ เช่น หลังคาเหล็ก หลังคากระเบื้อง กระจก หน้าต่างที่ถูกแดดโดยตรงจะรับความร้อนได้มาก

5. เครื่องอุปกรณ์เครื่องจักรต่างๆ ซึ่งเป็นบ่อเกิดของความร้อน

6. ความร้อนจากร่างกายมนุษย์ ที่แต่ละคนจะถ่ายเทความร้อนออกมาคนละประมาณ 300-400 B.T.U./วัน ทั้งนี้แล้วแต่กิจกรรม

2.4.4 วิธีป้องกันไม่ให้ความร้อนในอาคารเพิ่มขึ้น

เฉลิม สุจริต (2540 : 188) ได้เสนอแนะวิธีป้องกันมิให้ความร้อนในอาคารเพิ่มขึ้นไว้ดังนี้

1. ใช้กระจกชนิดซ้อนกันหรือใช้ชนิดดูดเก็บความร้อน ควรมีมู่ลี่ ม่านแผงกั้นประกอบ

2. หากใช้ผนังกระจก ควรป้องกันมิให้แสงแดดตกกระทบกระจกโดยตรง จะช่วยลดความร้อนจากแสงแดดได้ถึงร้อยละ 80

3. ใช้ฉนวนกันความร้อน ในส่วนที่ได้รับความร้อนโดยตรง เช่น หลังคา ผนัง

4. ทำผนังให้หนาเพื่อถ่วงมิให้การถ่ายเทความร้อนเร็วกว่า 12 ชั่วโมง

5. ป้องกันอาคารให้พ้นจากแดด เช่น ปลูกไม้ยืนต้นที่ให้ร่มเงาบังแดดได้

6. ระบายอากาศเนื้อที่เหนือเพดานเพื่อลดความร้อน และใส่ฉนวนกันความร้อนไว้บนเพดาน

7. ป้องกันความร้อนที่ลอด รั่วเข้ามาทางช่องประตู และจัดให้มีการถ่ายเทอากาศภายในอาคารที่ดี

8. ลดความร้อนจากแสงแดด ด้วยการทำผิวหลังคาให้สะท้อนแสงออกไป เช่น โลหะขัดมันหรือใช้สีขาวทา ถ้าหลังคาแบนควรมีการป้องกันแดดอีกชั้นโดยใช้แผ่นปิด วางคลุมบนหลังคาไม่ให้แดดตกกระทบผิวหลังคา และให้มีช่องว่างระหว่างแผ่นปิดกับหลังคาเพื่อให้อากาศถ่ายเทได้โดยสะดวก

ตารางที่2.7 แสดงคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุ	ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนความร้อน
แอสฟัสต์ใหม่	0.09
แอสฟัสต์เก่า	0.17
ปูนสอ	0.35-0.65
กระเบื้องแอสเบสตอสซิเมนต์ใหม่	0.58
กระเบื้องแอสเบสตอสซิเมนต์เก่า	0.29
อลูมิเนียม	0.46
สีน้ำปูน	0.79-0.91

ที่มา : เฉลิม สุจริต,วัสดุและการก่อสร้างสถาปัตยกรรม. 2540 : หน้า 189

สุนทร บุญญาธิการ (2524 : 76) ได้กล่าวข้อพิจารณา ในการเลือกผนังที่สามารถป้อกันความร้อนและความชื้นได้ดี เพราะวัสดุแต่ละชนิดเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้วจะพบว่ามีความแตกต่างกันมาก ในส่วนที่เป็นผนังโปร่งแสง ควรพิจารณาเลือกใช้กระจกที่ยอมให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาในอาคารได้มากแต่อยู่ในอัตราที่พอเหมาะ คือไม่มากจนเกินไป โดยควบคุมให้ความร้อนเข้ามาได้น้อยที่สุด

2.4.5 การควบคุมอุณหภูมิและการปรับอากาศ

ลักษณะของอาคารหอสมุดควรมีอากาศถ่ายเทได้สะดวก และอากาศสบายสิ่งที่ต้องคำนึงในการออกแบบอาคารคือการสร้างสรรค์ความสบายให้แก่ผู้ใช้ เราเรียกสภาพอากาศในช่วงระยะที่ทำให้ร่างกายมนุษย์รู้สึกสบายนี้ว่า เขตสบาย (ตรึงใจ บูรณะสมภพ. 2521 : 32) ซึ่งหากมีงบประมาณมากพอควรจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพราะสามารถปรับอุณหภูมิในระดับเดียวกันได้ตลอดเวลา รวมถึงสามารถป้องกันเสียง และรักษาหนังสือได้เป็นอย่างดี

เมื่อมองในเชิงของ การสร้างสภาวะความสบาย (Thermal Comfort) ผู้ออกแบบสามารถแสวงหาประโยชน์จากสภาพแวดล้อมและที่ตั้งออกแบบสร้างสภาวะความสบายภายในอาคารและออกแบบอาคารให้สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพบริเวณและที่ตั้งนั้นมากที่สุด เพื่อจะไม่ใช้หรือลดช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับอากาศให้น้อยที่สุด ลดขนาดเครื่องปรับอากาศให้เล็กลงที่สุด ก็จะใช้พลังงานในส่วนของเครื่องปรับอากาศอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพสูงสุด ผู้ออก

แบบสามารถนำประโยชน์จากการสร้างอากาศเย็น (Cool air pocket) มาสร้างเสริมสภาวะความสบายในอาคารและลดช่วงเวลาการใช้เครื่องปรับแขอากาศได้ถ้าอาคารได้รับการออกแบบที่เหมาะสม สำหรับอาคารที่ใช้ระบบปรับอากาศสามารถที่จะแสวงหาประโยชน์จากการสร้างอากาศเย็นได้ อาคารที่ปรับอากาศจะต้องปิดตัวเองเพื่อไม่ให้อากาศเย็นรั่วไหล แต่ก็ต้องมีการระบายอากาศ โดยการดึงอากาศดีจากภายนอกมาทดแทนอากาศภายในอาคารที่ถูกดูดออกไป ปริมาณความร้อนที่เข้ามาในอาคาร (Sensible Heat Gain) เนื่องจากการระบายอากาศจะมากหรือน้อยอยู่กับอัตราการระบายอากาศ ลักษณะการใช้งาน (ธนิต จินดาวณิค. 2540 : 35-39

2.4.6 การระบายอากาศ

การระบายอากาศคือการเปลี่ยนเอาอากาศเก่าภายในห้องออกไป และมีอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่าเข้ามาแทนที่ (ตรึงใจ บรูณะสมภพ. 2521 : 114) และลมคือปัจจัยสำคัญในการระบายกาศในภูมิอากาศร้อนชื้นลมจะช่วยลดความไม่น่าสบายของอากาศ การที่ผู้ออกแบบจะใช้ลมมาช่วยในการปรับและควบคุมสภาวะน่าสบายนั้นสามารถตัดสินในจากข้อมูลของทิศทางของกระแสลมความเร็วลม และความถี่ที่เกิด กระแสลมที่จะใช้ประโยชน์นำหรับการระบายอากาศ (Ventilation) ต้องการใช้ความเร็วลมอย่างน้อยที่ความเร็ว 5 ไมล์ต่อชั่วโมง หรือ 8 กิโลเมตรต่อชั่วโมง อย่างไรก็ตาม การออกแบบที่ตั้งและอาคารอาจช่วยเร่งกระแสลมที่อ่อนให้แรงขึ้นและใช้ประโยชน์ได้ (ธนิต จินดาวณิค. 2539 : 9)

วิจิตร วรุตบางกรู (2524 : 173) ได้กล่าวถึงการถ่ายเทอากาศโดยวิธีธรรมชาติ เท่าที่ทำอยู่โดยทั่วไปและได้ผลดี ได้แก่

1.วางอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางของลมประจำถิ่น ถ้าลมประจำถิ่นพัดมาจากทางทิศใต้ตัวอาคารควรวางไว้ให้ตั้งฉากกับทิศเหนือ-ใต้

2.การเจาะประตูหน้าต่างให้โปร่ง เพื่อให้ลมพัดผ่านได้โดยสะดวก ถ้าหน้าต่างอยู่ในระดับต่ำ ลมที่เข้ามาทางหน้าต่างจะตกที่พื้น ถ้าทางลมเข้าออกกว้างและอยู่ตรงกันลมจะพัดผ่านได้มากและเร็ว

3.ในอาคารเดี่ยวที่ห้องมีความสำคัญต่าง ๆ กัน ควรจัดให้ถูกกับทิศทางลมหรือใช้ต้นไม้ช่วยบังคับทิศทางลม

4.ในกรณีที่ไม่สามารถจัดให้มีการถ่ายเทอากาศโดยวิธีธรรมชาติได้ เช่น ห้องมือ ห้องน้ำ ห้องส้วม ก็ควรใช้อุปกรณ์เข้าช่วย เช่นพัดลมดูด พัดลมเป่า

5.อย่างไรก็ดีการระบายอากาศในส่วนที่มีการปรับอากาศ จะต้องจัดการระบายอากาศที่

เหมาะสม ลมอาจจะนำความร้อนและความชื้นเข้าสู่อาคารได้ ส่งผลให้เป็นภาระต่อเครื่องปรับอากาศในการรีดความชื้น และการวางทิศทางของอาคารที่ถูกปะทะจากช่องกระแสลมแรง หรือการออกแบบทิศทางอาคารที่ปะทะทางลมมากเกินไป เป็นผลทำให้เกิดการรั่วซึมของอากาศเข้ามาภายในอาคารตามรอยขอบประตูหน้าต่าง เป็นการเพิ่มภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศได้ (พรรณชลัท สุริโยธิน .2541 : 134)

2.4.7 ระบบจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการฯ

ระบบปรับไฟฟ้าที่ศูนย์ซ่อมบำรุง รับกระแสไฟฟ้าแรงดัน 69 KV ac จากการไฟฟ้านครหลวงฯ จำนวน 2 แหล่งจ่าย เพื่อสำรองกรณีแหล่งจ่ายแห่งใดแห่งหนึ่งขัดข้อง รฟม. มีสถานีย่อยแปลงแรงดันไฟฟ้าจาก 69 KV ac เป็น 24 KV ac แล้วส่งผ่านสาย Cable ไปยังแนวเส้นทางรถไฟฟ้าระบบจ่ายไฟฟ้า ที่สถานีและทางวิ่ง Third Rail

ภาพที่2.14 ระบบจ่ายไฟฟ้า ที่สถานีและทางวิ่ง Third Rail

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อการขับเคลื่อนรถไฟฟ้า ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดัน 750 V จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้รถไฟฟ้าผ่านทางรางที่สาม (Third Rail) ซึ่งแปลงมาจากไฟฟ้าแรงดัน 24 KV ac พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในอาคารสถานี จะรับไฟฟ้า แรงดัน 24 KV ac จากสถานีย่อย แปลงเป็นไฟฟ้าแรงดันต่ำ (380/220 V ac) จากหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว ติดตั้งอยู่ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของแต่ละสถานี โดยแบ่ง load ในระบบออกเป็น 3 ประเภท คือ

- Non Essential Load
- Essential Load
- Very Essential Load

1. Non Essential Load

เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญไม่มาก หากระบบจ่ายไฟฟ้าขัดข้อง จะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น

- ระบบแสงสว่างทั่วไป
- ระบบลิฟต์และบันไดเลื่อน
- ระบบปรับอากาศ
- ระบบสูบน้ำขึ้นถังบนหลังคา

2. Essential Load

เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญต่อระบบรถไฟฟ้าและความปลอดภัยของผู้โดยสาร หากระบบจ่ายไฟฟ้าในสถานีชุดใดชุดหนึ่งขัดข้อง จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายอีกชุดหนึ่งให้อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น

- ระบบระบายอากาศ ทั้งในสถานีและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบระบายน้ำ ทั้งในสถานีและอุโมงค์ทางวิ่ง
- ระบบปรับอากาศในห้องคอมพิวเตอร์
- เครื่องจำหน่ายตั๋ว
- UPS (Uninterrupted Power Supply)

3. Very Essential Load

เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งยวดต่อระบบรถไฟฟ้า และความปลอดภัยของผู้โดยสาร หากระบบจ่ายไฟฟ้าในสถานีทั้ง 2 ชุดขัดข้อง จะมีการจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก UPS (Uninterruptible Power Supply) ซึ่งจะจ่ายกระแสได้ประมาณ 3 ชั่วโมงให้อุปกรณ์เหล่านี้ เช่น

- ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย
- ระบบอาณัติสัญญาณและสื่อสาร
- ระบบแสงสว่างฉุกเฉิน
- ป้ายเปล่งแสงฉุกเฉิน (Emergency Illuminated Sign)
- ทางหนีภัย (Escape way)
- Ticket Office Machine
- Station Operation Computer

2.4.8 ระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสารที่ใช้ในโครงการ

ระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสารที่ใช้ในโครงการ แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ

- ระบบสัญญาณควบคุมการเดินรถ
- ระบบการสื่อสาร
- SCADA (Supervisory Control and Data Aquisition)

ภาพที่2.15 ระบบอาณัติสัญญาณและการสื่อสารที่ใช้ในโครงการ

ระบบสัญญาณควบคุมการเดินรถ

1) ระบบเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Operation , ATO) จะอยู่ในรถไฟแต่ละขบวน ทำหน้าที่เสมือนผู้ขับรถ

- ควบคุมการออกรถ การเบรค การใช้ความเร็วที่เหมาะสม การจอดรถ การเปิด - ปิดประตู
- รายงานข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในรถ ไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อตรวจสอบและแก้ไขต่อไป

2) ระบบป้องกันอัตโนมัติ (Automatic Train Protection , ATP) จะอยู่ในศูนย์ควบคุมการเดินรถ

- ควบคุมดูแลไม่ให้รถใช้ความเร็วเกินกำหนด เพื่อมิให้เกิดการชนหรือตกราง
- ควบคุมระยะห่างระหว่างขบวนรถ
- ต่างจากระบบ ATO ตรงที่มีความอิสระต่อกัน กรณีที่ระบบ ATO ขัดข้อง ต้องใช้คนควบคุมการเดินรถ ระบบ ATP จะยังคอยควบคุมการเดินรถต่อไป
- รายงานข้อขัดข้องของอุปกรณ์ในรถ ไปยังศูนย์ควบคุมเพื่อตรวจสอบและแก้ไขต่อไป

3) ระบบกำกับการเดินรถอัตโนมัติ (Automatic Train Supervision , ATS) จะอยู่ในศูนย์ควบคุมการเดินรถ

- ควบคุมการเดินรถให้เป็นไปตามตารางเดินรถ
- กำหนดข้อมูลควบคุมความเร็วรถ
- ติดตาม และแสดงตำแหน่งรถทุกขบวน

- จัดเตรียมขั้นตอนต่างๆในการควบคุมการเดินรถ เมื่อระบบการเดินรถมีเหตุขัดข้อง

ระบบการสื่อสาร

เพื่อใช้ติดต่อสื่อสาร แจ้งข่าวสาร และติดตามตรวจสอบ เพื่อความปลอดภัย แบ่งเป็นระบบย่อย 5 ระบบดังนี้

(1) ระบบประกาศข่าวสารต่อสาธารณะ (Public Address)

(2) ระบบโทรทัศน์วงจรปิด (Closed Circuit Television)

- ตรวจดูความปลอดภัยบริเวณสถานี ชานชาลา ฯลฯ
- ติดตั้งตามสถานี และตัวรถไฟฟ้า
- ควบคุมและสามารถเห็นได้จากศูนย์ควบคุมและที่สถานี

(3) ระบบการแจ้งเวลา (Clock System)

- ควบคุมเวลาให้ตรงกันทุกๆสถานี และศูนย์ควบคุม
- เพื่อควบคุมการเดินรถเข้าออกสถานีให้ตรงตามตารางการเดินรถ

(4) ระบบโทรศัพท์ (Telephone System)

- สำหรับการสื่อสารกันของผู้ปฏิบัติงาน

(5) ระบบวิทยุ (Radio System)

- สำหรับการสื่อสารกันของผู้ปฏิบัติงาน

2.4.9 มาตรการป้องกันไฟไหม้

เรื่องการเกิดเพลิงไหม้หรืออุบัติเหตุอื่น ๆ เป็นสิ่งที่น่าหวาดกลัว โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเกิด เหตุภายในอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน ดังนั้นในระหว่างการก่อสร้าง และการให้บริการการเดินรถจึงต้องมีความระแวดระวังเป็นพิเศษ ซึ่งกรุงเทพฯ มีการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน หลังประเทศอังกฤษและอเมริกา ประมาณ 100 ปี และตามหลังประเทศที่เจริญแล้ว และมีรถไฟฟ้าใช้หลายสิบปี จึงนับว่าเป็นโชคดีที่จะสามารถนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยล่าสุดมาใช้ ทั้งในการก่อสร้างและการเดินรถ ทำให้อุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัยต่าง ๆ น่าจะเกิดขึ้นน้อยลงหรือไม่เกิดขึ้นเลย จึงขออย่าให้ท่านผู้อ่านตระหนกตกใจจนเกินกว่าเหตุ เพราะถ้าระบบรถไฟฟ้าใต้ดินไม่ปลอดภัยและไม่สะดวกจริง คงจะไม่มีความนิยมที่จะใช้กันในเมืองใหญ่ ๆ ทั่วโลก มาตรการ ด้านการป้องกัน ไฟไหม้ สำหรับโครงการรถไฟฟ้าใต้ดิน ได้กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานสากล คือ มาตรฐาน NFPA (National Fire Protection Association) ซึ่งจะมีทั้งด้านการป้องกัน และการระงับอัคคีภัย

การป้องกันการเกิดอัคคีภัย

คือการลดโอกาสที่จะเกิดอัคคีภัย และหากมีอัคคีภัยเกิดขึ้นจะอยู่ในวงจำกัด โดยการกำหนดคุณลักษณะ และคุณสมบัติของวัสดุและรูปแบบของอาคาร เช่น การเลือกใช้วัสดุที่ไม่ติด

ไฟง่าย และไม่มีควันเมื่อติดไฟ มีทางหนีไฟที่พอเพียงและไม่ซับซ้อน มีการระบายอากาศและควันไฟออกทางปล่องระบายอากาศ (Ventilation Shaft) ซึ่งสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินของ ร.ฟ.ม. จะมีปล่องดังกล่าวอยู่ทุกสถานี สถานีละ 2 ปล่อง (นอกเหนือจากทางขึ้นลงปกติ) และระหว่างสถานีหากตัวสถานีห่างกันเกิน 1 กิโลเมตร ก็จะมีปล่องระบายอากาศและทางออกฉุกเฉิน (Intervention Shaft) สำหรับโครงการรถไฟฟ้ามหานคร สายเฉลิมรัชมงคล ระยะทาง 20 กิโลเมตร นี้มีปล่องระบายอากาศและทางออกฉุกเฉิน

การระงับเหตุอัคคีภัย

มีจุดประสงค์หลักเพื่อระงับการเกิดเพลิงไหม้ และรวมถึงการอำนวยความสะดวกต่อผู้ประสบเหตุ ในการหนีไฟให้รวดเร็วและปลอดภัยที่สุด โดยจัดให้มีระบบสัญญาณแจ้งเหตุและเตือนภัยอัตโนมัติ ระบบประกาศสาธารณะและบอกทิศทางในกรณีฉุกเฉิน

ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัย

ระบบป้องกันและระงับอัคคีภัยในสถานีและอุโมงค์ประกอบด้วยระบบต่าง ๆ ดังนี้

- ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย
- ระบบฉีดพ่นน้ำ
- ระบบท่อและสายฉีดน้ำดับเพลิง
- ระบบหัวดับเพลิงในอุโมงค์
- ระบบดับเพลิงโดยใช้แก๊ส
- ถังดับเพลิงแบบมือถือ

1. **ระบบสัญญาณเตือนอัคคีภัย**

เป็นระบบค้นหาตำแหน่งที่เกิดควันหรือความร้อนเพื่อจะได้แสดงตำแหน่งการตรวจจับเพลิงไหม้ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว โดยมีชุดอุปกรณ์เตือนอัคคีภัย ติดตั้งอยู่ที่ห้องควบคุมการเดินรถภายในสถานีของทุกสถานี ตัวจับสัญญาณมีทั้งเครื่องตรวจจับควัน เครื่องตรวจจับความร้อน และตู้อุปกรณ์ความร้อน และตู้อุปกรณ์ดับเพลิง ตามความเหมาะสม เครื่องตรวจจับดังกล่าวส่งสัญญาณมายังชุดอุปกรณ์เตือนอัคคีภัย เจ้าหน้าที่ต้องตรวจสอบเหตุการณ์ว่าเกิดอะไรขึ้น ควันและความร้อนดังกล่าวจะเป็นสาเหตุที่จะทำให้เกิดไฟไหม้ได้หรือไม่ ซึ่งจะมีการตัดไฟตั้งแต่ต้นลม เครื่องตรวจจับดังกล่าวจึงเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการตรวจสอบความผิดปกติ แม้จะยังไม่เกิดเพลิงไหม้และหากมีเหตุการณ์ถึงขั้นเพลิงไหม้แม้เพียงเล็กน้อย เครื่องจะส่งสัญญาณกระดิ่งที่ติดตั้งบริเวณต่าง ๆ ของสถานีเพื่อเตือนให้ผู้โดยสารและเจ้าหน้าที่ทราบเพื่อหนีไฟได้ทันท่วงทีก่อนที่ไฟจะไหม้ลุกลาม แต่อย่างไรก็ตามในระหว่างที่สัญญาณตรวจจับควันและความร้อนดังขึ้น ก่อนที่ไฟจะไหม้ลุกลามก็จะมีอุปกรณ์ดับไฟติดตั้งเพื่อดับไฟในขั้นต้น และสัญญาณเตือน

อัคคีภัยในนี้จะต่อเนื่องไปยังห้องควบคุมส่วนกลางเมื่อเกิดเหตุและจะต้องทำงานสัมพันธ์กับระบบดับเพลิง ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ และระบบลิฟต์ด้วย ด้วยระบบการป้องกันไฟไหม้ภายในสถานีและอุโมงค์ใต้ดินดังกล่าว ร.ฟ.ม. จึงหวังว่าโครงการรถไฟฟ้าใต้ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ จะเป็นโครงการที่ประชาชนมีความมั่นใจได้ว่าให้ความปลอดภัยมากที่สุดเท่าที่จะจัดให้ได้

2. **ระบบการฉีดพ่นน้ำ**

จะใช้เมื่อเกิดไฟไหม้จริง เป็นระบบดับเพลิงอัตโนมัติ จะติดตั้งหัวฉีดน้ำฝอยอัตโนมัติอยู่ตามที่ต่าง ๆ เช่น บริเวณค้าปลีก บริเวณผู้โดยสารและชานชาลา ตลอดจนห้องต่าง ๆ ซึ่งสามารถใช้น้ำฉีดในการดับเพลิงได้ ระบบนี้จะมีถังเก็บน้ำยาดับเพลิงทั้งหมดจำนวน 1 ถัง ตั้งอยู่ในชั้นชานชาลา และมีปั๊มน้ำไฟฟ้า ขนาด 12.5 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ตัว และมีปั๊มน้ำรักษาระดับความเร็วน้ำขนาด 0.75 กิโลวัตต์ จำนวน 1 ตัว เพื่อทำให้มีแรงดันน้ำในเส้นท่อคงที่ตลอดเวลา

3. **ระบบท่อและสายฉีดน้ำดับเพลิง**

ตู้ดับเพลิงจะติดตั้งอยู่บริเวณช่องบันได บริเวณด้านปลาย และด้านกลาง ของแต่ละชานชาลาสถานี น้ำสำหรับระบบท่อดับเพลิงจะมาจากถังเก็บน้ำดับเพลิงเดียวกันกับระบบการฉีดพ่นน้ำ และ จะแยกปั๊มน้ำโดยเฉพาะ เป็นปั๊มน้ำไฟฟ้าขนาด 35 กิโลวัตต์ จำนวน 2 ตัว และปั๊มน้ำรักษาระดับความดันน้ำ ขนาด 1.5 กิโลวัตต์

4. **ระบบหัวจ่ายน้ำดับเพลิงในอุโมงค์**

จะมีที่จ่ายน้ำดับเพลิงจากระบบและท่อและสายฉีดดับเพลิงจากสถานี ไปตามแนวอุโมงค์ทั้ง 2 ด้าน โดยมีหัวจ่ายน้ำดับเพลิงทุก ๆ 50 เมตร นอกจากนั้นยังสามารถจ่ายน้ำเข้าทางท่อรับน้ำในปล่องระบายอากาศระหว่างสถานีอีกด้วย

5. **ระบบดับเพลิงโดยใช้แก๊ส**

แก๊สที่ใช้ในระบบนี้คือ FM200 เป็น Non CFC Gas ซึ่งได้นำมาใช้แทน Halon Gas ซึ่งจะทำลายบรรยากาศชั้นโอโซน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ในห้องที่ใช้ระบบดับเพลิงโดยใช้แก๊สระบบนี้ จะใช้ในห้องปิดและไม่สามารถดับเพลิงโดยใช้น้ำหรือโฟม โดยไม่ทำให้อุปกรณ์ต่างๆ ที่ติดตั้งในห้องนั้น ๆ เสียหาย หรือเป็นอันตรายได้ เช่น

- ห้องหม้อแปลง และคันโยกบังคับทั้งหมด
- ห้องระบบไฟฟ้าสำรอง

- ห้องติดตามสื่อสารคมนาคมและอาณัติสัญญาณ

6. **ถังดับเพลิงชนิดมือ**

จะใช้ถังดับเพลิงชนิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ จะติดไว้ตามสถานที่ต่าง ๆ เช่น

- ห้องหม้อแปลง และคันโยกบังคับทั้งหมด
- ห้องเก็บอุปกรณ์ในชั้นชานชาลา
- ห้องเครื่องทุกห้อง
- ห้องควบคุมการเดินรถภายในสถานี
- ห้องติดต่อสื่อสาร

ด้วยมาตราการทางด้านการป้องกันและการระงับอัคคีภัยภายในสถานีและอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดินดังกล่าวตั้งแต่ด้านการป้องกัน คือการใช้วัสดุในการก่อสร้างที่ติดไฟยาก ระบบการตรวจจับควัน ความร้อน ระบบสัญญาณเตือนภัย เครื่องมือดับเพลิงชนิดต่าง ๆ รวมทั้งระบบการป้อนน้ำเพื่อดับไฟไปยังจุดต่าง ๆ ภายสถานีและตลอดอุโมงค์รถไฟฟ้าใต้ดิน คงจะพอทำให้ท่านผู้อ่านอุ่นใจได้ว่า หากเกิดไฟไหม้เพียงเล็กน้อย สัญญาณเตือนภัยก็จะดังขึ้นทั่วไปเพื่อเตือนให้คนทราบและหนีภัยก่อน ในขณะที่มาตราการเพื่อดับไฟต่าง ๆ จะถูกนำมาใช้เพื่อดับไฟก่อนที่จะลุกลาม ในเมื่อไฟไหม้เกิดได้ยากแล้ว เหตุใดจึงมีรายงานว่าเกิดไฟไหม้ที่สถานีใต้ดินต่างประเทศ โดยเฉพาะที่ประเทศอังกฤษ ก็อย่างที่กล่าวมาตอนต้นแล้วว่าในต่างประเทศเขาสร้างรถไฟฟ้าใต้ดินมานานแล้ว โดยเฉพาะในอังกฤษ สร้างรถไฟฟ้าใต้ดินมากว่า 100 ปี การก่อสร้าง และระบบควบคุมความปลอดภัยคงจะไม่ทันสมัย เมื่อเหตุขึ้นไฟจึงลุกลามได้ง่าย สำหรับในประเทศเราเป็นเทคโนโลยีสมัยใหม่กว่า 100 ปี เหตุการณ์ไฟไหม้อย่างสดนับร้อยคนคงเกิดขึ้นยากเต็มทน

2.4.9.1 การเคลื่อนย้ายผู้โดยสารในกรณีเกิดเพลิงไหม้

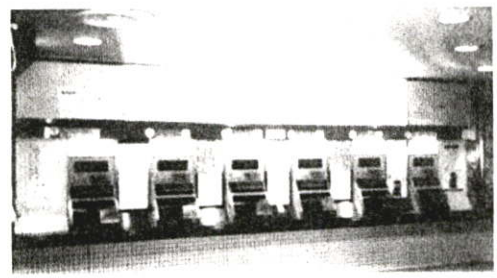
เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าระบบรถไฟฟ้าใต้ดินจะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการขับเคลื่อน จึงได้ออกแบบให้มีการใช้กระแสไฟฟ้า 2 วงจร จากการไฟฟ้านครหลวง โดยให้วงจรหนึ่งเป็นวงจรสำรอง หากวงจรแรกเกิดขัดข้องก็สามารถใช้วงจรสำรองทำงานอย่างต่อเนื่อง และขับเคลื่อนให้รถไฟฟ้าวิ่งต่อไปโดยปกติได้ แต่หากทั้ง 2 วงจร เกิดขัดข้องพร้อมกันรถไฟฟ้ามหานครก็ได้เตรียมมาตรการเคลื่อนย้ายผู้โดยสาร โดยให้ผู้โดยสารลงจากตัวรถและเดินไปตามทางเดินด้านข้างของอุโมงค์ที่เตรียมเอาไว้ ไปยังสถานีหรือปล่องทางออกฉุกเฉินที่ใกล้ที่สุด ซึ่งตลอดระยะทางภายในอุโมงค์และสถานีจะมีระบบไฟส่องสว่าง และระบบระบายอากาศซึ่งได้รับกระแสไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรอง ซึ่งได้จัดไว้ให้ทำงาน

2.5 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี

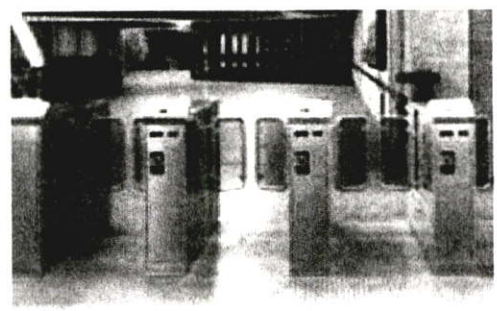
2.5.1 ระบบเก็บค่าโดยสาร

จะเป็นระบบตรวจตั๋วแบบประตูอัตโนมัติ (Automatic Gate) โดยผู้โดยสารสอดตั๋วในช่องรับตั๋ว และเครื่องตรวจสอบถูกต้อง ประตูอัตโนมัติก็จะเปิดให้ผ่านได้ ซึ่งจะประกอบด้วย

- เครื่องขายตั๋วแบบอัตโนมัติ (Ticket Vending Machine)
- ตั๋วแบบมีการบันทึกข้อมูลในแถบแม่เหล็ก
- พนักงานสำหรับจำหน่ายตั๋วสำรอง กรณีเครื่องขายตั๋วขัดข้อง
- ระบบคอมพิวเตอร์คอยควบคุมและติดตามการทำงานของเครื่องขายตั๋วในแต่ละสถานี



ภาพที่2.16 เครื่องขายตั๋วแบบอัตโนมัติ



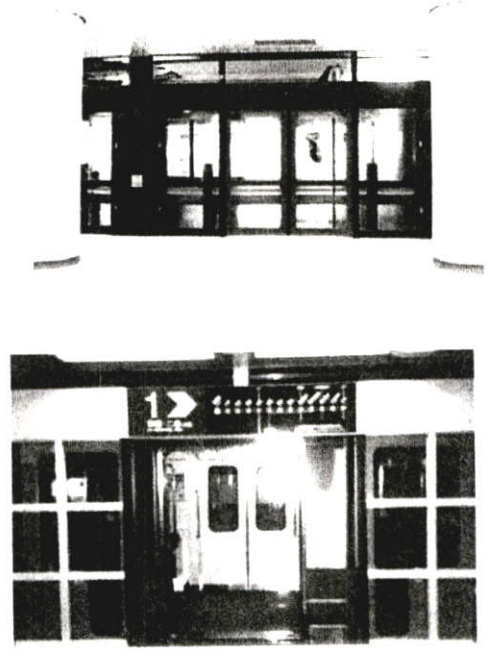
ภาพที่2.17 ประตูทางเข้าอัตโนมัติ

ประตูชานชาลา (Platform Screen Door)

ประตูกั้นชานชาลา จะกั้นระหว่างชานชาลากับทางวิ่งของรถไฟฟ้า มีหน้าที่คือ

1. ป้องกันไม่ให้อากาศเย็นภายในสถานีรถไฟฟ้า รั่วออกไปยังอุโมงค์ทางวิ่งของรถไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน
2. ป้องกันผู้โดยสารตกไปยังรางรถไฟฟ้า

ประตูชานชาลา จะเปิดออกเมื่อรถไฟฟ้าเข้ามาจอด โดยจะเปิดพร้อมๆ กับประตูรถไฟฟ้า และจะปิดก่อนที่ประตูรถไฟฟ้าจะปิด เพื่อป้องกันมิให้ผู้โดยสารติดอยู่ที่ประตูรถไฟฟ้า ทั้งนี้ ประตูรถไฟฟ้าจะไม่เปิด หากรถไฟฟ้ายังไม่จอดอยู่ในตำแหน่งที่กำหนด



ภาพที่2.18 ประตูชานชาลา

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research) เพื่อนำผลการวิจัยมาเป็นแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครในอนาคต โดยผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

3.2.2 การตรวจสอบเครื่องมือ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 ประชากรที่ศึกษา

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ บุคคลทั่วไปประกอบด้วยพนักงานฝ่ายออกแบบ ผู้อยู่อาศัยในบริเวณปากทางลาดพร้าวและผู้ที่สัญจรไปมาเพื่อต่อรถโดยสารประจำทางขึ้น-ลง

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

การกำหนดกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยโดยเป็นแบบเจาะจง ดังนี้

พนักงานฝ่ายออกแบบสถานี	5	ท่าน
ผู้อยู่อาศัยในบริเวณปากทางลาดพร้าว	100	ท่าน
ผู้ที่มีประสบการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน	5	ท่าน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบไปด้วย

1. เอกสารเกี่ยวกับแบบแปลนสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
2. แบบสัมภาษณ์
3. แบบสอบถาม

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

1. แบบสัมภาษณ์

ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบสัมภาษณ์ โดยการศึกษาจากทฤษฎีงานวิจัยและโครงสร้างทางการวิจัย มาเป็นกรอบในการสร้างแบบสัมภาษณ์ให้สอดคล้องและครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบบสัมภาษณ์ใช้สัมภาษณ์พนักงานฝ่ายออกแบบประกอบด้วย 3 ข้อต่อไปนี้

1. การใช้วัสดุในการก่อสร้างสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
2. การรักษาความปลอดภัยของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร
3. สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

2. แบบสอบถาม

ผู้วิจัยได้เลือกแบบสอบถามเฉพาะผู้อยู่อาศัยในบริเวณปากทางลาดพร้าวและผู้ที่มีประสพการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน เพื่อให้สอดคล้องและคลอบคลุมวัตถุประสงค์ของการวิจัย ด้วยเนื้อหาที่ใช้เป็นแบบสอบถาม คือ สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครที่ต้องการหรืออยากให้มีในอนาคต

3.2.2 การตรวจสอบเครื่องมือ

1. ผู้วิจัยนำเครื่องมือที่ที่สร้างเสร็จแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ทำการตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของถ้อยคำและสำนวนภาษา และความชัดเจนในข้อสัมภาษณ์

2. ดำเนินการแก้ไขแบบสัมภาษณ์อีกครั้ง แล้วจึงขอความอนุเคราะห์ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) เพื่อทำการตรวจสอบว่าได้ข้อมูลครบถ้วน เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบหรือไม่ และตรวจสอบสำนวนภาษาที่ใช้ โดยมีผู้ทรงคุณวุฒิ ดังรายชื่อต่อไปนี้

1. คุณเติมศักดิ์ ขันการไกร วิศวกรฝ่ายออกแบบอาวุโสรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน
2. คุณกฤษกร สว่างฤทธิ์ ฝ่ายข้อมูลและเอกสารรถไฟฟ้ามหานคร
3. คุณอาชว สุนทรสีมะ ฝ่ายข้อมูลและเอกสารรถไฟฟ้ามหานคร

4. ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. อาจารย์สุรศักดิ์ กังขาว สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3. หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้รวบรวมคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบสัมสัมภาษณ์ร่วมกับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ก่อนนำแบบสัมภาษณ์และการทดลองไปทดลองใช้ เพื่อหาปัญหาและข้อผิดพลาดในการตอบแบบสัมภาษณ์

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

3.3.1 ผู้วิจัยติดต่อทำหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทำหนังสือขอความร่วมมือในการวิจัยไปยังโรงเรียนเซนต์จอห์นเทคโนโลยี และฝ่ายประชาสัมพันธ์สถานีรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.2 การสังเกตและการบันทึกด้วยกล้องถ่ายรูปหรือวีดีโอ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การสังเคราะห์ข้อมูลต่างๆใช้ค่าอัตราส่วนร้อยละ ที่รวบรวมได้จากการสัมภาษณ์และแบบสอบถาม และรวบรวมสรุปเป็นเอกสารมาใช้ในการกำหนดแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครจากพฤติกรรมและความต้องการของผู้ใช้ภายในสถานีพหลโยธิน

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่อง แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน โดยใช้แบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์เป็นเครื่องมือใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนนี้ 1 วิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการแจกแจงความถี่และร้อยละ นำเสนอในรูปแบบตาราง

ตอนที่ 2 วิเคาระห์ความเหมาะสมและความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

ตอนที่ 1 วิเคราะห์เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยการแจกแจงความถี่และร้อยละของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่4.1 แสดงค่าความถี่และร้อยละของข้อมูลทั่วไป

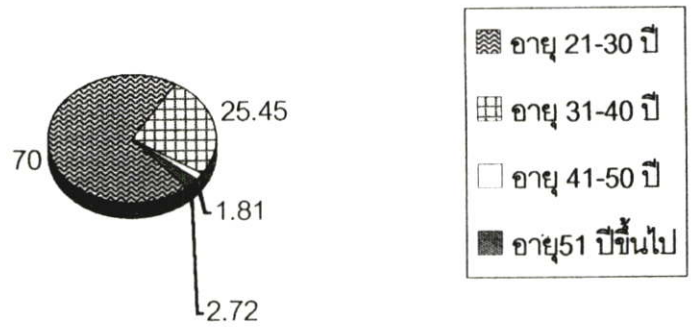
ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 110 คน	ค่าร้อยละ
1. เพศ		
1.1 ชาย	30	27.30
1.2 หญิง	80	72.72
2. อายุ		
2.1 อายุ 21-30 ปี	77	70
2.2 อายุ 31-40 ปี	28	25.45
2.3 อายุ 41-50 ปี	2	1.81
2.4 อายุ 51 ปีขึ้นไป	3	2.72
3. วุฒิการศึกษา		
3.1 อนุปริญญา	29	26.36
3.2 ปริญญาตรี	76	69.09

ตารางที่4.1 (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 110 คน	ค่าร้อยละ
3.3 ปริญญาโท	4	3.63
4. ประกอบอาชีพ		
4.1 ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ	9	8.18
4.2 นักเรียน/นักศึกษา	51	46.36
4.3 ประกอบธุรกิจส่วนตัว	12	10.90
4.4 บริษัท/พนักงานเอกชน	38	34.54

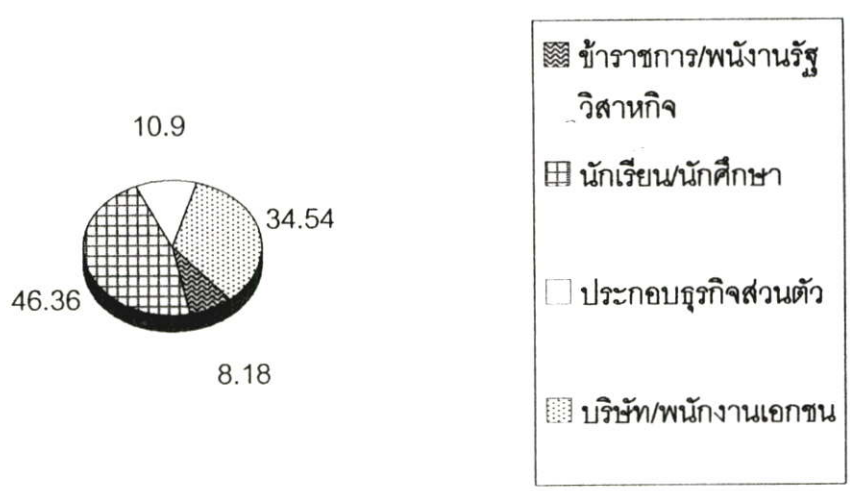
ตารางที่ 4.1 พบว่าข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 80 คน คิดเป็นร้อยละ 72.72 เพศชาย จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 27.30 อายุ 21-30ปี จำนวน 77 คน คิดเป็นร้อยละ 70 อายุ 31-40ปี จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 25.45 อายุ 41-50 ปี จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 1.81 อายุ 51 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 2.72 การศึกษา อนุปริญญา จำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละ 26.36 ปริญญาตรี จำนวน 76 คน คิดเป็นร้อยละ 69.09 ปริญญาโท จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 3.63 อาชีพราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.18 นักเรียน/นักศึกษา จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 46.36 ธุรกิจส่วนตัว จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 10.90 บริษัท/พนักงานเอกชน จำนวน 38 คน คิดเป็นร้อยละ 34.54

ภาพที่4.1 แสดงค่าร้อยละของเพศ



ภาพที่4.2 แสดงค่าอายุ

ภาพที่4.3 วุฒิการศึกษา



ภาพที่4.4 ประกอบอาชีพ

ตอนที่ 2 วิเคาระห์ความเหมาะสมและความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

ตารางที่4.2 แสดงค่าความถี่และร้อยละของที่ตั้งสถานีและสิ่งอำนวยความสะดวก

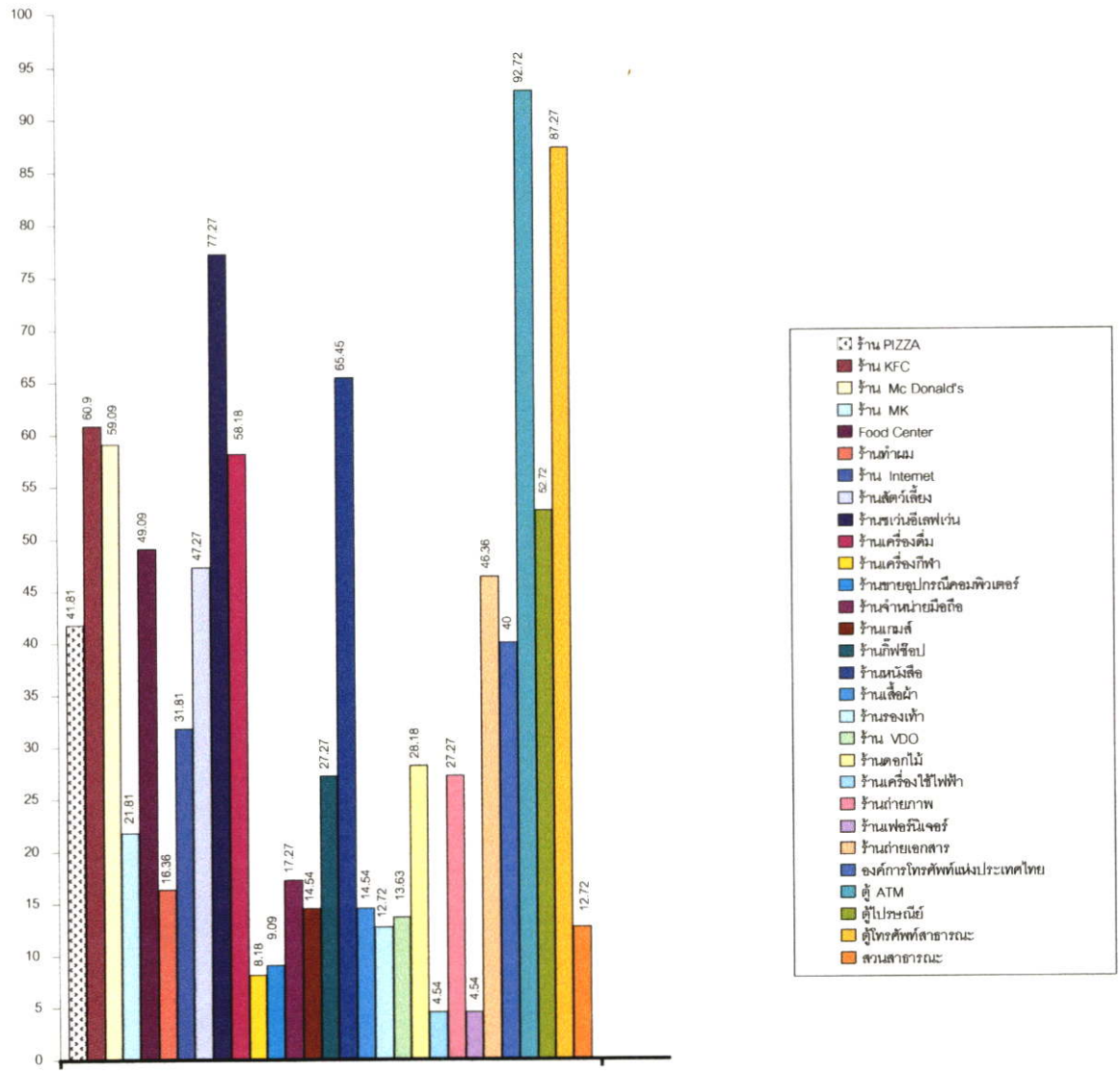
ข้อมูลทั่วไป	จำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 110 คน	ค่าร้อยละ
1. ที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน		
1.1 เหมาะสม	90	81.81
1.2 ไม่เหมาะสม	20	18.18
2. สิ่งอำนวยความสะดวกที่ต้องการให้มีภายในสถานี		
2.1 ร้าน PIZZA	46	41.81
2.2 ร้าน KFC	67	60.90
2.3 ร้าน Mc Donald's	65	59.09
2.4 ร้าน MK	24	21.81
2.5 Food Center	54	49.09
2.6 ร้านทำผม	18	16.36
2.7 ร้าน Internet	35	31.81
2.8 ร้านสัตว์เลี้ยง	52	47.27
2.9 ร้านเซเว่นอีเลฟเว่น	85	77.27
2.10 ร้านเครื่องดื่ม	64	58.18
2.11 ร้านเครื่องกีฬา	9	8.18
2.12 ร้านขายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์	10	9.09
2.13 ร้านจำหน่ายมือถือ	19	17.27
2.14 ร้านเกมส์	16	14.54
2.15 ร้านกิ๊ฟช็อป	30	27.27
2.16 ร้านหนังสือ	72	65.45
2.17 ร้านเสื้อผ้า	16	14.54
2.18 ร้านรองเท้า	14	12.72
2.19 ร้าน VDO	15	13.63
2.20 ร้านดอกไม้	31	28.18
2.21 ร้านเครื่องใช้ไฟฟ้า	5	4.54
2.22 ร้านถ่ายภาพ	30	27.27

ตารางที่4.2 (ต่อ)

2.23 ร้านเฟอร์นิเจอร์	5	4.54
2.24 ร้านถ่ายเอกสาร	51	46.36
2.25 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย	44	40
2.26 ตู้ ATM	102	92.72
2.27 ตู้ไปรษณีย์	58	52.72
2.28 ตู้โทรศัพท์สาธารณะ	96	87.27
2.29 สวนสาธารณะ	14	12.72

ตารางที่ 4.2 ที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน มีความเหมาะสม จำนวน 90 คน คิดเป็นร้อยละ 81.81 ไม่เหมาะสม จำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 18.18 สิ่งอำนวยความสะดวกที่ต้องการให้มีภายในสถานี ร้าน PIZZA จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 41.81 ร้าน KFC จำนวน 67 คน คิดเป็นร้อยละ 60.90 ร้าน Mc Donald's จำนวน 65 คน คิดเป็นร้อยละ 59.09 ร้าน MK จำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละ 21.81 Food Center จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 49.09 ร้านทำผม จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 16.36 ร้าน Internet จำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 31.81 ร้านสัตว์เลี้ยง จำนวน 52 คน คิดเป็นร้อยละ 47.27 ร้านเซเว่นอีเลฟเว่น จำนวน 85 คน คิดเป็นร้อยละ 77.27 ร้านเครื่องดื่ม จำนวน 64 คน คิดเป็นร้อยละ 58.18 ร้านเครื่องกีฬา จำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 8.18 ร้านขายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 9.09 ร้านจำหน่ายมือถือ จำนวน 19 คนคิดเป็นร้อยละ 17.27 ร้านเกมส์ 16 คน คิดเป็นร้อยละ 14.54 ร้านกิ๊ฟช็อป จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 ร้านหนังสือ จำนวน 72 คน คิดเป็นร้อยละ 65.45 ร้านเสื้อผ้า จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ14.54 ร้านรองเท้า จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 12.72 ร้านVDO จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 13.63 ร้านดอกไม้ จำนวน 31คน คิดเป็นร้อยละ 28.18 ร้านเครื่องใช้ไฟฟ้า จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54 ร้านถ่ายภาพ จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 27.27 ร้านเฟอร์นิเจอร์ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 4.54 ร้านถ่ายเอกสาร จำนวน 51 คน คิดเป็นร้อยละ 46.36 องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย จำนวน 44 คน คิดเป็นร้อยละ 40 ตู้ATM จำนวน 102 คน คิดเป็นร้อยละ 92.72 ตู้ไปรษณีย์ จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 52.72 ตู้โทรศัพท์สาธารณะ จำนวน 96 คน คิดเป็นร้อยละ 87.27 สวนสาธารณะ จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 12.72

ภาพที่4.5 ที่ตั้งสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน



ภาพที่4.6 สิ่งอำนวยความสะดวกที่ต้องการให้มีภายในสถานี

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

ในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครนั้นควรคำนึงถึงคนพิการให้มากๆ ควรมีสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการและห้องน้ำทุกชั้นให้คนพิการได้ใช้กัน และเมื่อออกจากสถานีรถไฟฟ้ามาควรจะมีป้ายรถโดยสารประจำทางที่สถานี เพื่อที่จะได้เดินทางได้ต่อเนื่องไม่ต้องเดินไปไกลเพื่อขึ้นรถ

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่อง แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน ที่ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยมาทั้งหมด คือ วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการดำเนินการวิจัย การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาองค์ประกอบภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานครพหลโยธิน
2. ศึกษาพฤติกรรมผู้ที่คาดว่าจะใช้รถไฟฟ้ามหานคร
3. เพื่อเสนอแนวความคิดในการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

5.1.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรที่ใช้ในการวิจัยจำนวน 110 คน โดยกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ พนักงานฝ่ายออกแบบสถานี ผู้อยู่อาศัยในบริเวณปากทางลาดพร้าวและผู้ที่มีประสพการณ์ในการใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยการศึกษาจากทฤษฎีงานวิจัยและโครงสร้างทางการวิจัย เพื่อให้สอดคล้องและครอบคลุมเนื้อหาวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยได้ผู้ทรงคุณวุฒิ 5 ท่าน ทำการพิจารณาตรวจทานแก้ไขปรับปรุงคำถาม แล้วนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามกลุ่มตัวอย่างจำนวน 200 คน แต่มีการตอบแบบสอบถามกลับมายังผู้วิจัยทั้งสิ้น 110 คน คิดเป็นร้อยละ 55

5.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ โดยการแจกแจงความถี่ (Frequency Distribution) และร้อยละ (Percent)

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ตอนดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
2. ความเหมาะสมและความต้องการสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี
3. ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับสถานีรถไฟฟ้ามหานครพหลโยธิน

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สถานีพหลโยธิน ซึ่งเป็นรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนใต้ดินสายแรกของประเทศไทย ผู้วิจัยขอเสนอการอภิปรายการวิจัยดังต่อไปนี้

5.2.1 จากการสัมภาษณ์

ทำให้ทราบถึงระบบต่างๆภายในรถไฟฟ้ามหานคร ระบบการรักษาความปลอดภัยต่างๆ ภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ซึ่งประกอบด้วย ระบบปรับอากาศและควบคุมอุณหภูมิการระบายอากาศ ระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการ ระบบการสื่อสาร มาตรการป้องกันน้ำท่วม มาตรการป้องกันไฟไหม้ และสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ

ระบบปรับอากาศและควบคุมอุณหภูมิการระบายอากาศภายในสถานีทุกสถานี(Air Condition and Ventilation System)จัดให้มีระบบปรับอากาศ มี Platform Screen Door เพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียความเย็น โดยมีระบบระบายอากาศจัดไว้ภายในสถานีและทางวิ่งใต้ดิน ระบบระบายอากาศภายในทางวิ่งใต้ดินจะจัดไว้ที่ทุกสถานีและระหว่างสถานีที่อยู่ห่างกันมากเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียความเย็น

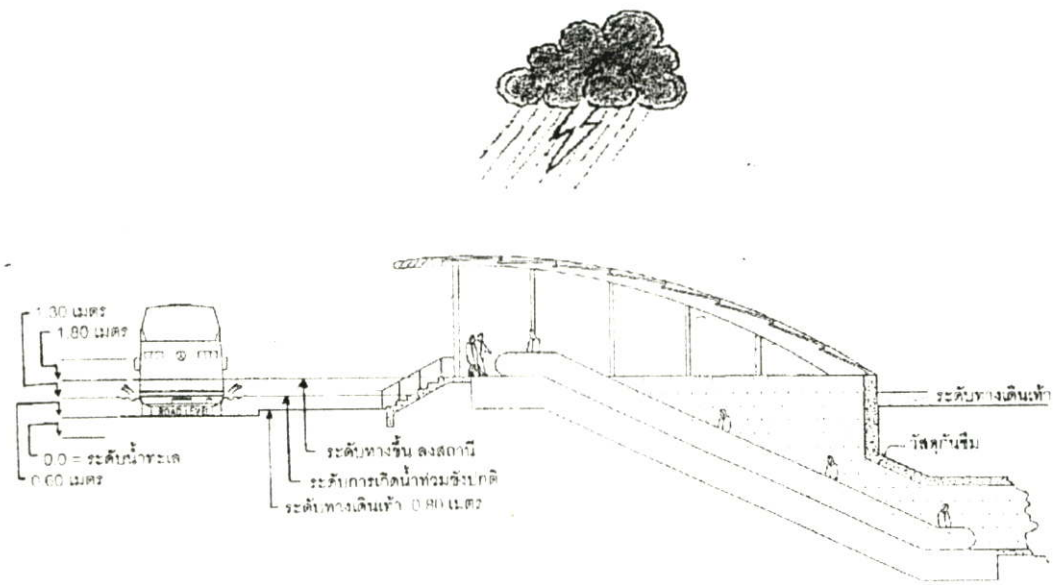
ภาพที่5.1 ประตู Platform Screen Door

ระบบการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในโครงการ เป็นระบบการส่งไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันขนาด 69 กิโลโวลท์(KVAC) จากการไฟฟ้านครหลวงฯ จำนวน 2 แหล่งจ่ายเพื่อสำรองกรณีแหล่งจ่ายแห่งใดแห่งหนึ่งขัดข้อง เพื่อไม่ให้ระบบการสัญจรเสียหายได้

มาตรการเพื่อป้องกันน้ำท่วม จากสถิติระดับน้ำสูงสุดในรอบ 200 ปีที่ผ่านมา พบว่าน้ำท่วมสูงสุดที่ระดับ 2.5 เมตร จากระดับพื้นถนนและระดับน้ำทะเลปานกลางตามปกติตะอยู่ที่ 0.5-1 เมตร ดังนั้น จึงมีการออกแบบเพื่อป้องกันบริเวณทางขึ้น-ลง ปล่องระบายอากาศและทางหนีภัยฉุกเฉินเพื่อป้องกันน้ำท่วม ซึ่งมี 2 มาตรการ คือ

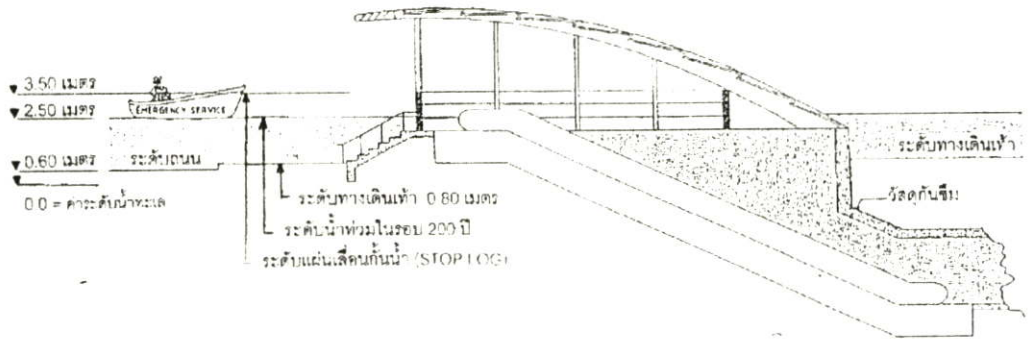
1. มาตรการป้องกันอุทกภัย พิจารณากำหนดระดับความสูงของทางขึ้น-ลง

เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวไว้ที่ระดับที่สูงสุดในรอบ 200 ปี อีก 1 เมตร คือ 3.5 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาทางด้านทัศนียภาพของทางขึ้น-ลงสถานี เนื่องจากมีระดับที่สูงกว่าพื้นดินมาก จึงได้กำหนดให้ทางขึ้น-ลงสถานี มีระดับความสูงเท่ากับค่าระดับน้ำฝนสูงสุดในรอบ 200 ปี คือ 2.5 เมตร และจะมีการติดตั้ง STOP LOG ที่มีความสูงขึ้นไปอีก 1 เมตร เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดกับการเดินรถอันเนื่องมาจากอุทกภัย ซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากน้ำไหลหลากมาจากทางภาคเหนือและไม่สามารถระบายออกสู่อ่าวไทยได้ทันท่วงที



ภาพที่5.2 มาตรการป้องกันน้ำท่วมกรณีน้ำท่วมขังปกติ

2. มาตรการป้องกันกรณีน้ำท่วมฉับพลัน แต่ระดับน้ำไม่เป็นอุปสรรคต่อการเดินรถ เนื่องจากโดยทั่วไประดับทางขึ้น-ลงสถานี จะอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลาง 1.8 เมตร หรือสูงกว่าระดับถนนประมาณ 1.2 เมตร แต่ลักษณะน้ำท่วมฉับพลันจะท่วมไม่เกิน 0.7 เมตร จากผิวถนน ดังนั้นทางขึ้น-ลงสถานีจะอยู่สูงกว่าระดับน้ำสูงสุดประมาณ 0.5 เมตร ซึ่งหากเกิดน้ำท่วมลักษณะนี้สามารถเดินรถได้ตามปกติ



ภาพที่5.3 มาตรการป้องกันน้ำท่วมกรณีน้ำท่วมกรณีอุทกภัย

สิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับคนพิการ

1. ทางเข้าสู่อาคาร

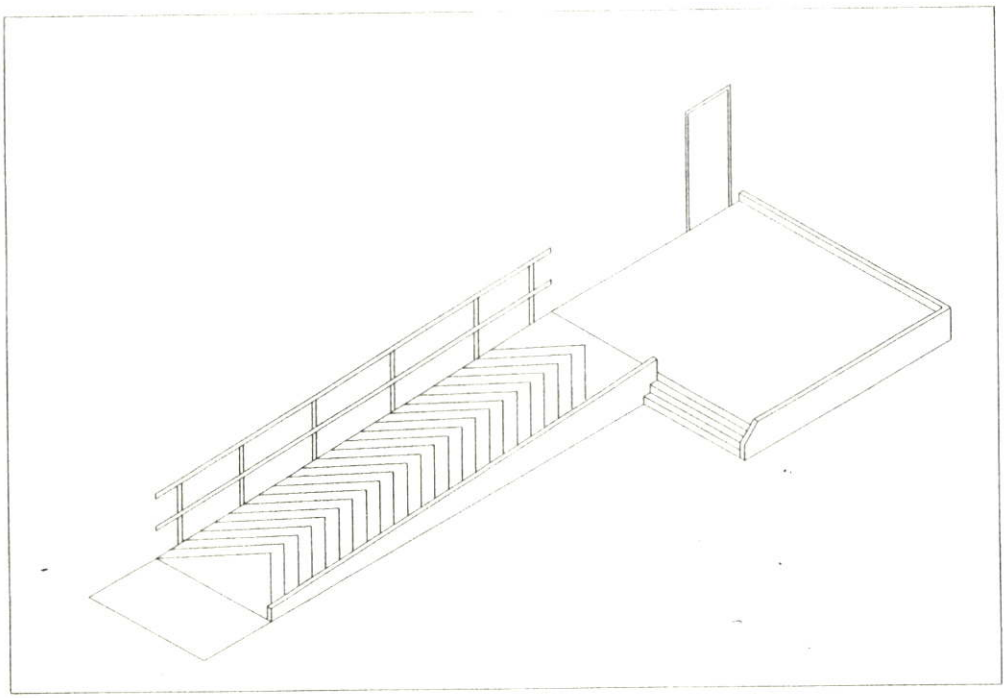
เป็นพื้นผิวเรียบเสมอกัน ไม่ขรุขระ ไม่มีสิ่งกีดขวางหรือส่วนของอาคารที่ยื่นล้ำออกมาทำให้การสัญจรไม่สะดวกหรืออาจเกิดอันตรายสำหรับคนพิการ ให้อยู่ในระดับเดียวกับพื้นลานจอดรถ หากอยู่ต่างระดับต้องมีทางลาดสามารถขึ้น-ลง และทางลาดนี้ให้อยู่ใกล้ที่จอดรถ ทางเดินจากบริเวณภายนอกเข้าสู่อาคาร หากมีพื้นที่ต่างระดับกันให้ใช้สีทาหรือติดเครื่องหมายให้เห็นชัดสำหรับผู้พิการทางการมองเห็น

2. ทางลาด

พื้นผิวทางลาดใช้วัสดุกันลื่นและความกว้างไม่น้อยกว่า 0.90 เมตร โดยมีสัดส่วนความลาดเอียงไม่เกินค่าที่กำหนด

ความยาวทางลาด	ความลาดเอียง
1-3 เมตร	1:12
3-6 เมตร	1:16
6-10 เมตร	1:20

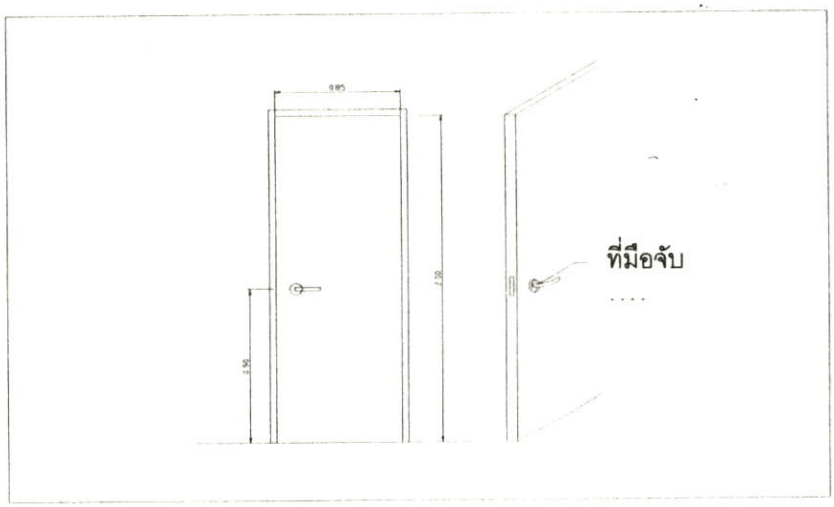
ให้มีชานพักยาวอย่างน้อย 1.50 เมตร ก่อนเข้าอาคารและก่อนเข้าสู่ถนน ถ้าทางลาดนั้นมีความยาวเกิน 6.00 เมตร และต้องใช้ทางลาดต่อให้มีชานพักยาว 1.50 เมตร ก่อนขึ้นทางลาดใหญ่ ทางลาดที่ไม่มีผนังกั้นให้ทำขอบสูงจากพื้นผิวไม่ต่ำกว่า 10 เซนติเมตร ราวจับทั้ง 2 ข้าง สูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ราวจับด้านที่อยู่ติดผนังให้มีระยะห่างจากผนังไม่น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร ราวจับให้มีลักษณะกลมเส้น ∅ 4.5-5 เซนติเมตร



ภาพที่5.4 ทางลาดและทางเข้าสู่อาคาร

3. ประตู

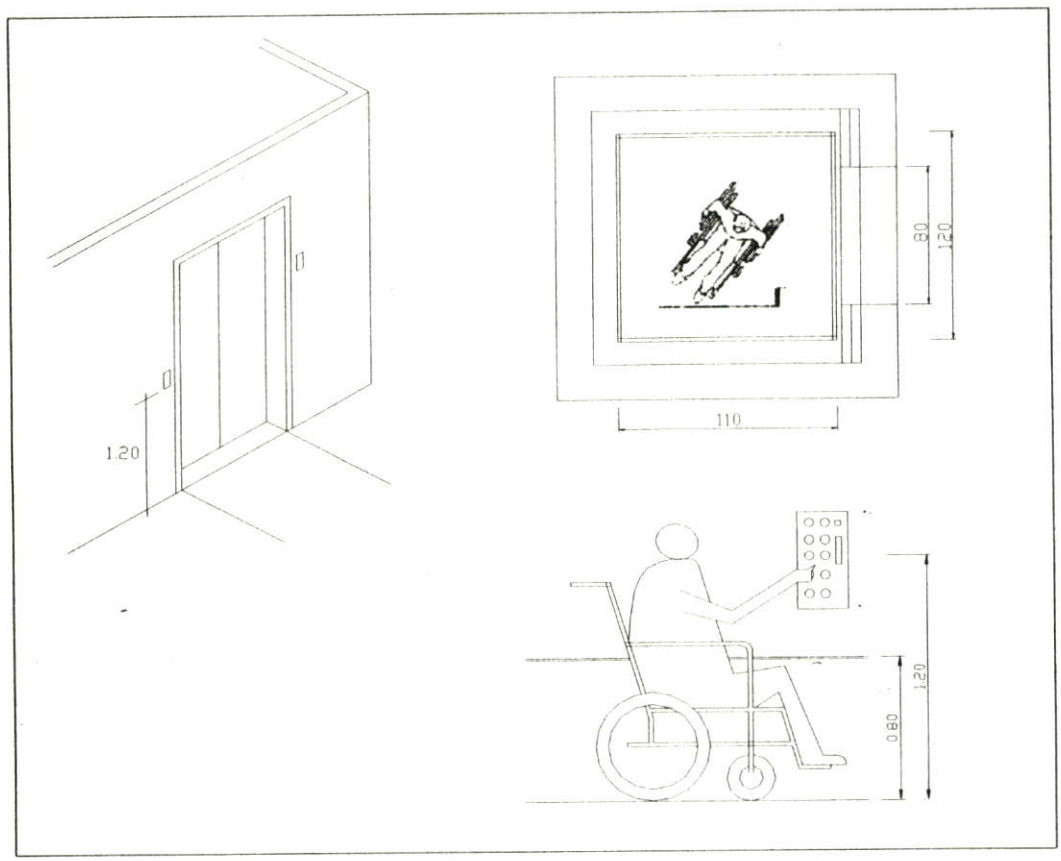
ธรณีประตูหากจำเป็นต้องมี ให้ขอบทั้งสองด้านมีความลาดเอียงให้สะดวกสำหรับเก้าอี้เข็นและคนพิการที่ใช้อุปกรณ์ช่วยเดิน ประตูมีความกว้างสุทธิไม่น้อยกว่า 85 เซนติเมตร กรณีลูกฟักเป็นกระจกให้ติดเครื่องหมายแถบสี หรือทำที่สังเกตให้เห็นชัดสำหรับผู้ที่พิการทางการมองเห็น มือจับปิดเปิดประตูควรเป็นชนิดก้านติดตั้งในแนวราบ และอยู่สูงจากพื้น 90 เซนติเมตร



ภาพที่5.5 ประตูและด้ามเปิดประตู

4. ลิฟท์

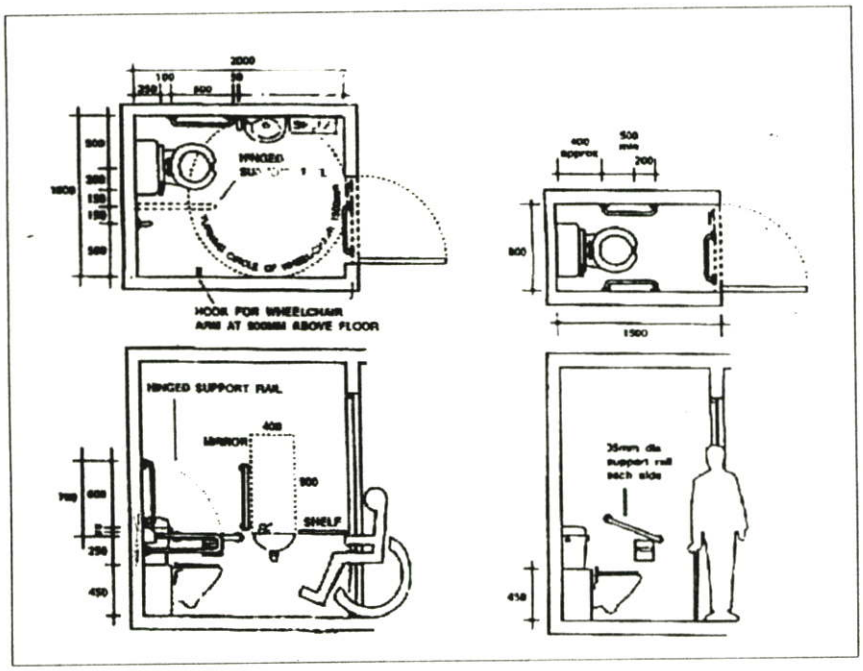
ประตูลิฟท์กว้างไม่น้อยกว่า 85 เซนติเมตร ขนาดของห้องลิฟท์กว้าง ยาวไม่น้อยกว่า 1.10x1.20 ปุ่มกดเรียกลิฟท์และปุ่มบังคับลิฟท์ให้อยู่สูงจากพื้นระหว่าง 0.90-1.20 เมตร และมีอักษรเบรลล์กำกับไว้ทุกปุ่มที่มีสิ่งตีพิมพ์ ภายในลิฟท์ทำให้มีราวจับสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร เมื่อลิฟท์หยุดตามชั้นต่างๆควรมีเสียงบอกเลขชั้นนั้นๆภายในห้องลิฟท์ กรณีที่ลิฟท์เสียควรให้มีเสียงและไฟกระพริบเตือนทั้งภายในและภายนอกห้องลิฟท์



ภาพที่5.6 ลิฟท์สำหรับคนพิการ

5. ห้องน้ำและอ่างล้างมือ

ประตูห้องน้ำที่จัดให้คนพิการควรเป็นบานเลื่อนหรือบานพับ ถ้าเป็นบานพับให้เปิดจากด้านนอก ไม่มีธรณีประตูมีความกว้างไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตร ติดอักษรเบรลล์เพื่อให้ทราบว่าเป็นห้องน้ำชายหรือห้องน้ำหญิงไว้ที่บริเวณใกล้ประตู ราวจับสูงไม่น้อยกว่า 80 เซนติเมตรและพื้นห้องน้ำให้ใช้วัสดุกันลื่น ติดตั้งสัญญาณไฟสำหรับเตือนภัยให้ผู้พิการ พื้นที่ภายในห้องส้วมกว้างยาวไม่น้อยกว่า 1.70x1.70 เมตร



ภาพที่5.7 ห้องน้ำและอ่างล้างมือ

6. สถานที่จอดรถ

ควรจัดให้มีสถานที่จอดรถสำหรับคนพิการในอาคารที่ควบคุมการใช้ตามกฎกระทรวง ในบริเวณที่สะดวกในการเข้าสู่อาคารมากที่สุด ให้มีปริมาณอย่างน้อยตามอัตราส่วนดังนี้

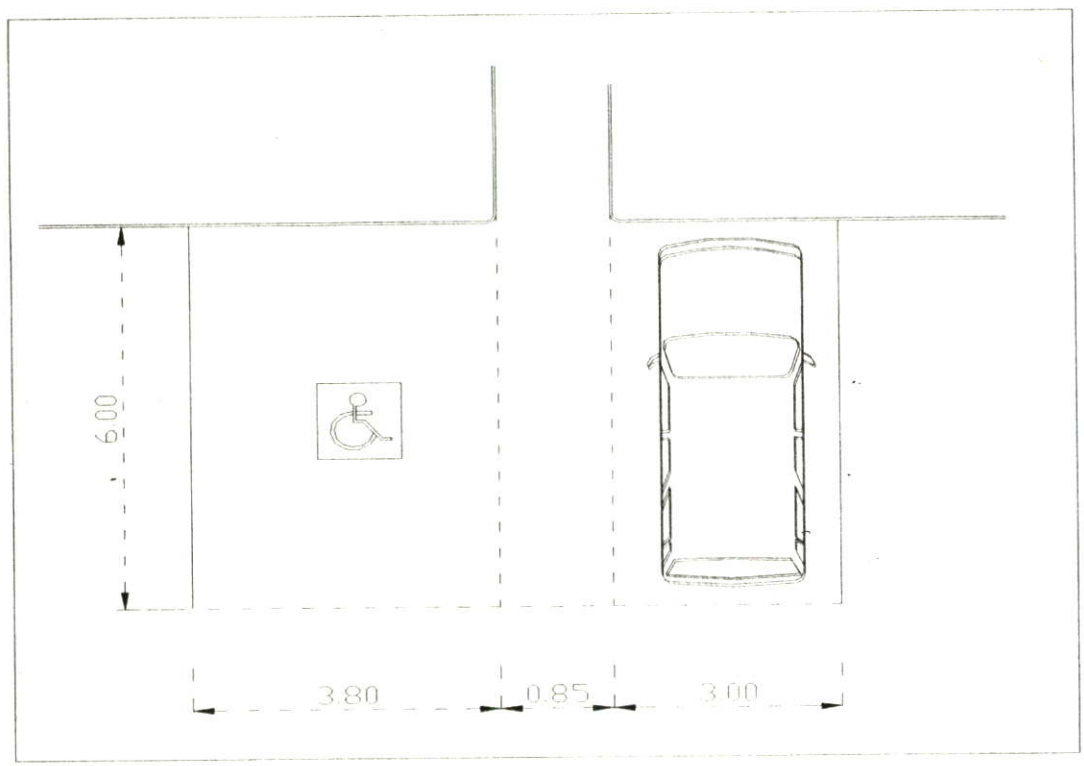
ตารางที่5.1 อัตราส่วนที่จอดรถสำหรับคนพิการ

ที่จอดรถปกติ	ที่จอดรถคนพิการ
1-25 คัน	1 คัน
26-50 คัน	2 คัน
51-75 คัน	3 คัน
76-100 คัน	4 คัน
101-150 คัน	5 คัน
151-200 คัน	6 คัน
201-300 คัน	7 คัน
301-400 คัน	8 คัน

ตารางที่5.1 (ต่อ)

ที่จอดรถปกติ	ที่จอดรถคนพิการ
401-500 คัน	9 คัน
501-1000 คัน	ร้อยละ 2 ของจำนวนรถทั้งหมด 20 คัน และ
1000 คัน ขึ้นไป	ทุกๆ 100 คัน ที่เพิ่มขึ้นจาก 100 คัน ให้จัดที่
	จอดรถสำหรับคนพิการ 1 คัน

ในกรณีที่จอดรถมีหลายชั้นให้จัดที่จอดรถสำหรับคนพิการไว้ในชั้นที่มีลิฟท์ หรือมีทางเข้าออกชั้นละ 1 คัน และจัดอุปกรณ์หรือสิ่งอำนวยความสะดวกให้พร้อม ที่จอดรถคนพิการให้จัดไว้ใกล้ทางเข้าอาคารให้มากที่สุด และพื้นลานจอดรถให้มีพื้นผิวเรียบเสมอกัน พร้อมทั้งทำสัญลักษณ์แสดงให้ชัดเจนว่าเป็นที่สำหรับคนพิการ พื้นที่จอดรถให้มีขนาด 3.80x6.00 เมตร ต่อรถ 1 คัน



ภาพที่5.8 ที่จอดรถสำหรับคนพิการ

7. ที่นั่งสำหรับคนพิการ

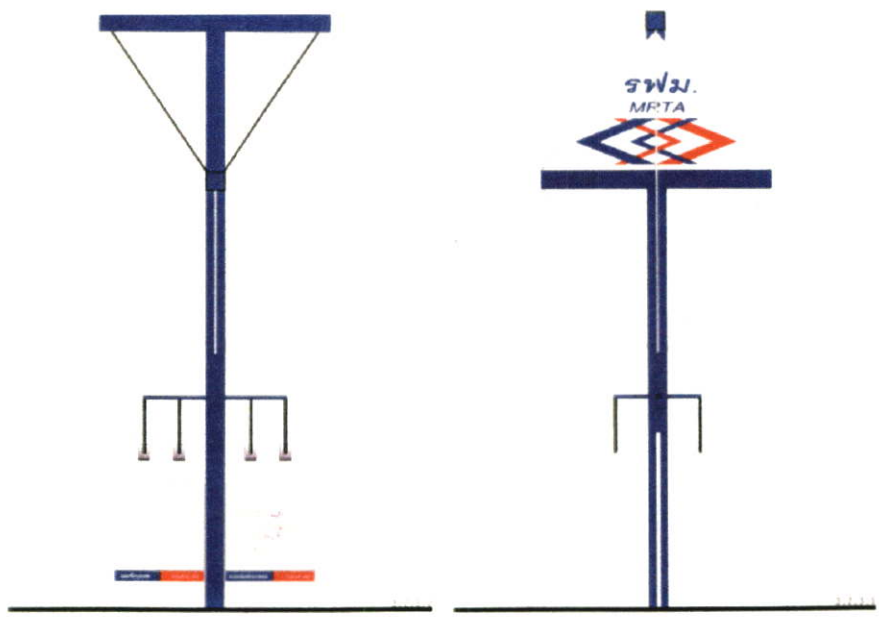
อาคารและสถานที่ต่างๆที่มีการกำหนดที่นั่งไว้แน่นอนให้จัดที่ว่างไว้สำหรับเก้าอี้เข็นคนพิการ ดังนี้

ตารางที่5.2 ที่นั่งสำหรับคนพิการ

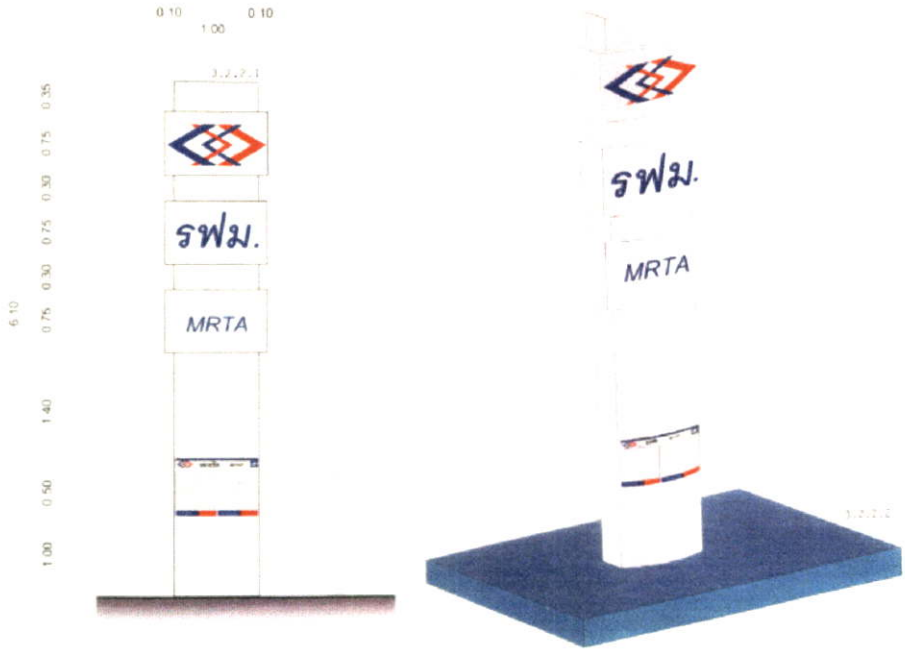
ขนาดของสถานที่ (ที่นั่ง)	จำนวนที่สำหรับเก้าอี้เข็น (คัน)
4-25	1
26-50	2
51-300	4
301-500	6

* หากมีที่นั่งเกินกว่า 500 ที่นั่งขึ้นไปให้เพิ่งที่นั่งสำหรับเก้าอี้เข็น 1 คัน ต่อทุก 100 ที่นั่งเพิ่มขึ้น

ป้ายบอกทางและสัญลักษณ์ต่างๆที่ใช้ภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ซึ่งจะช่วยให้ผู้ที่สัญจรไปมาได้รับรู้ว่าควรจะเดินทางไปในเส้นทางไหน ดังตัวอย่างต่อไปนี้



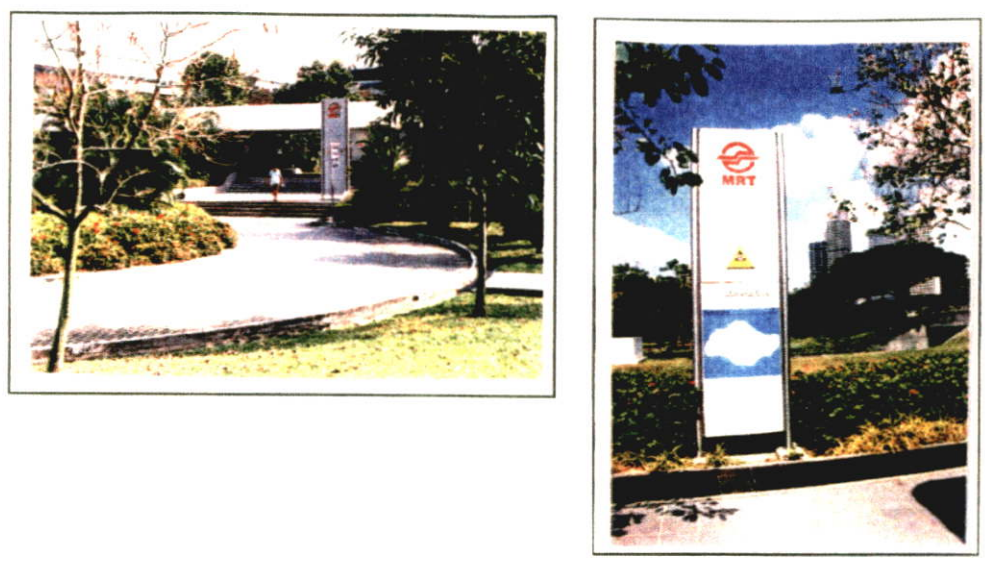
ภาพที่5.9 ป้ายบอกการเดินรถ



ภาพที่5.10 ป้ายบอกการเดินรถ

ภาพที่5.11 สัญลักษณ์ภายในสถานี

ภาพที่5.12 ป้ายบอกทางภายในสถานี



ภาพที่5.13 ป้ายสถานีรถไฟฟ้าใต้ดินที่ สิงคโปร์

ภาพที่5.14 ป้ายสัญลักษณ์ของสิงคโปร์

5.2.2 จากแบบสอบถาม

ทำให้ทราบถึงความต้องการของผู้ที่จะใช้รถไฟฟ้าใต้ดิน โดยได้ทำการแจกแจงออกมาเป็นค่าร้อยละ โดยได้กำหนดค่าไว้ที่เกินร้อยละ 40 เพื่อที่จะได้นำมาทำการศึกษาออกแบบให้เหมาะสมกับความต้องการและตรงกับมาตราฐาน NFPA 130 (Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Pail Systems 2000 Edition) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาออกแบบร้านค้าย่อยภายในสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธินให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้

5.3 ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อเสนอแนะจากแบบสอบถาม จากการสัมภาษณ์ และผลสรุปของการวิจัย พร้อมทั้งข้อเสนอแนะของผู้วิจัยเพิ่มเติม ดังต่อไปนี้

1. ควรมีสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่คนพิการบ้าง เช่น ห้องน้ำและห้องส้วมควรจะให้มีสำหรับคนพิการ สัญลักษณ์หรือเสียงที่สามารถทำให้คนพิการทางสายตาหรือการได้ยินสามารถรับรู้ได้ว่าเป็นสิ่งใด

2. ควรที่จะเชื่อมระบบขนส่งทุกระบบให้เป็นหนึ่งเดียวกันไม่ควรที่จะแยกจากกัน เพราะจะทำให้ระบบการขนส่งไม่ต่อเนื่องกันทำให้การจราจรติดขัดได้

3. อยากให้มีตำรวจหรือยามรักษาความปลอดภัยภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร และให้ประจำแต่ละสถานีเพื่อป้องกันการโจรกรรม

4. อยากให้มีการเดินรถไฟฟ้าใต้ดินตลอด 24 ชม. เพื่อคนที่ทำงานกลางคืนได้อาศัยรถไฟฟ้าใต้ดินเดินทางกลับบ้าน

5. จัดให้มีการอบรม สัมมนาพนักงานที่ดูแลสถานีได้รู้ถึงการป้องกันอัคคีภัย และให้มีการทดสอบสัญญาณเตือนภัยต่างๆทุก 6 เดือนและมีการซักซ้อมการหนีภัย

5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมโดยรอบของสถานีรถไฟฟ้ามหานคร เพื่อให้เหมาะสมกับย่านนั้นๆและการจัดทัศนียภาพให้ดูดี

2. ควรมีการศึกษามาตรฐาน NFPA 130 ว่าเหมาะสมกับบ้านเราหรือไม่

3. ควรมีการศึกษางานระบบต่างๆภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร ว่าพอเพียงกับความต้องการภายในสถานีมากน้อยแค่ไหน

4. ควรมีการศึกษาเฉพาะจุด เช่น ทางหนีไฟ บันไดหนีไฟ การระบายอากาศและวัสดุที่ใช้ภายในสถานี เป็นต้น

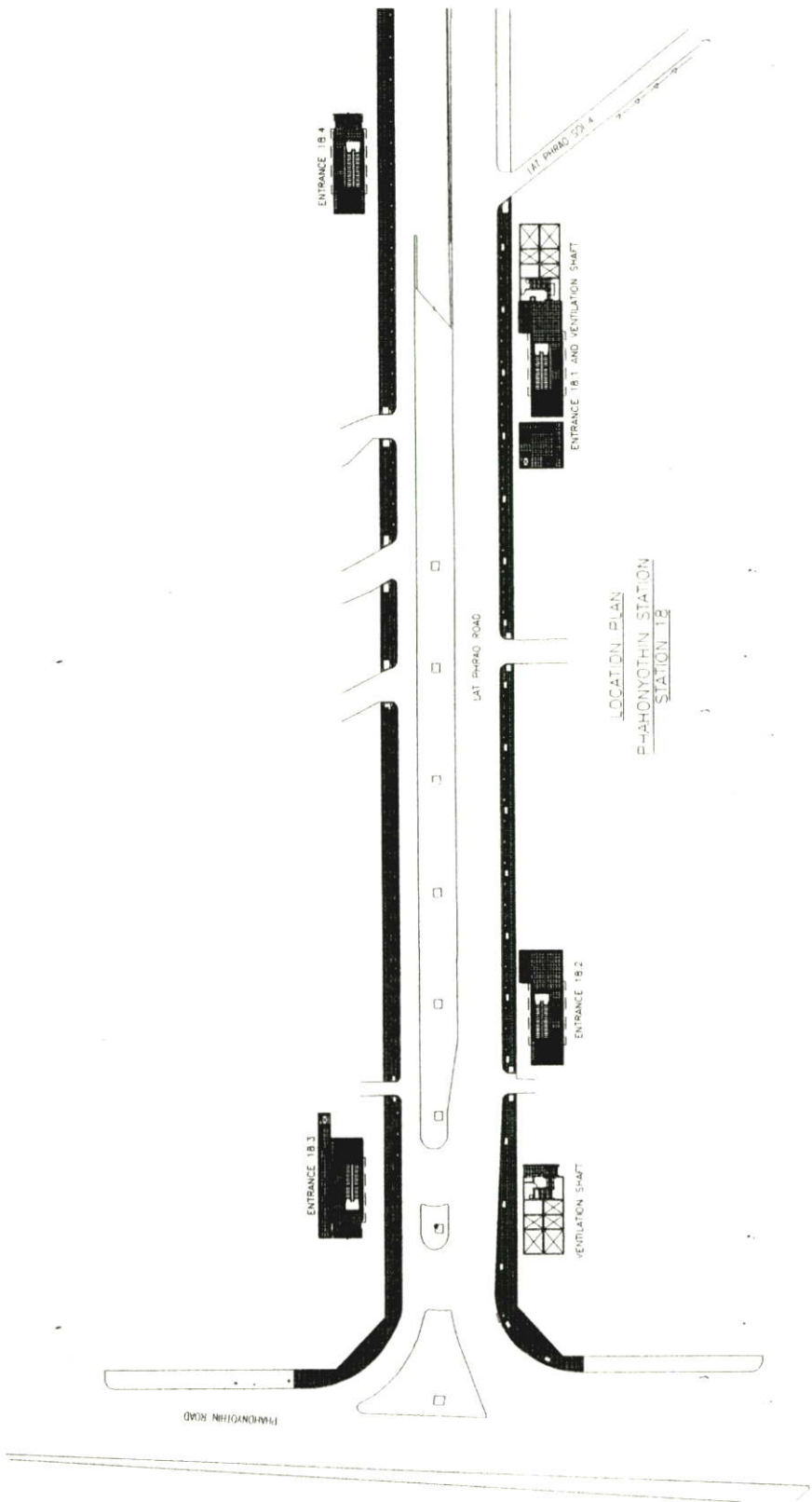
5.5 การนำเสนอแนวความคิดในการออกแบบ

จากผลการศึกษาวิจัยได้กำหนดแนวทางออกเป็น 2 แนวทาง คือ

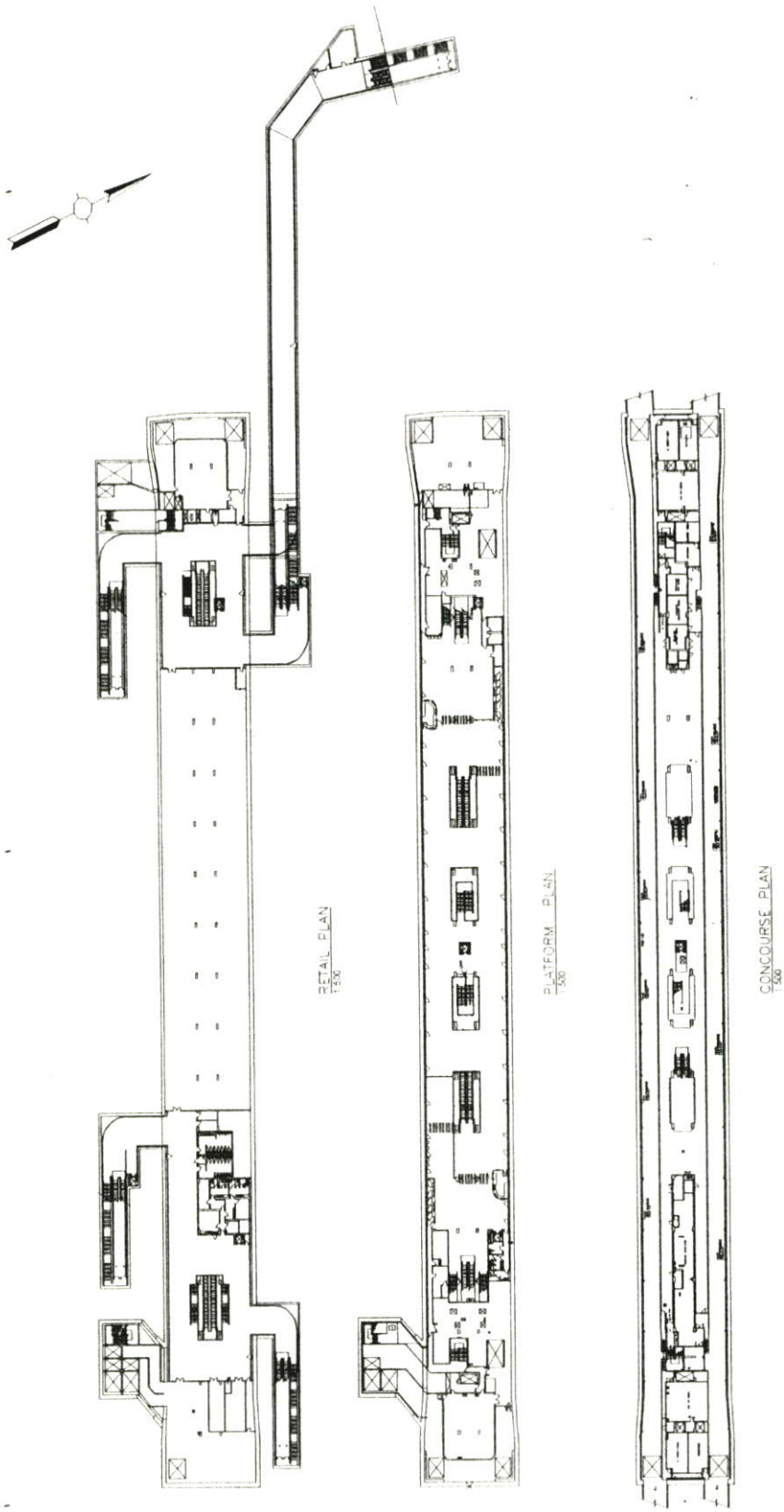
1. แนวทางเดิมตามนโยบายของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร

2. แนวทางการเสนอแนะและปรับปรุงสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

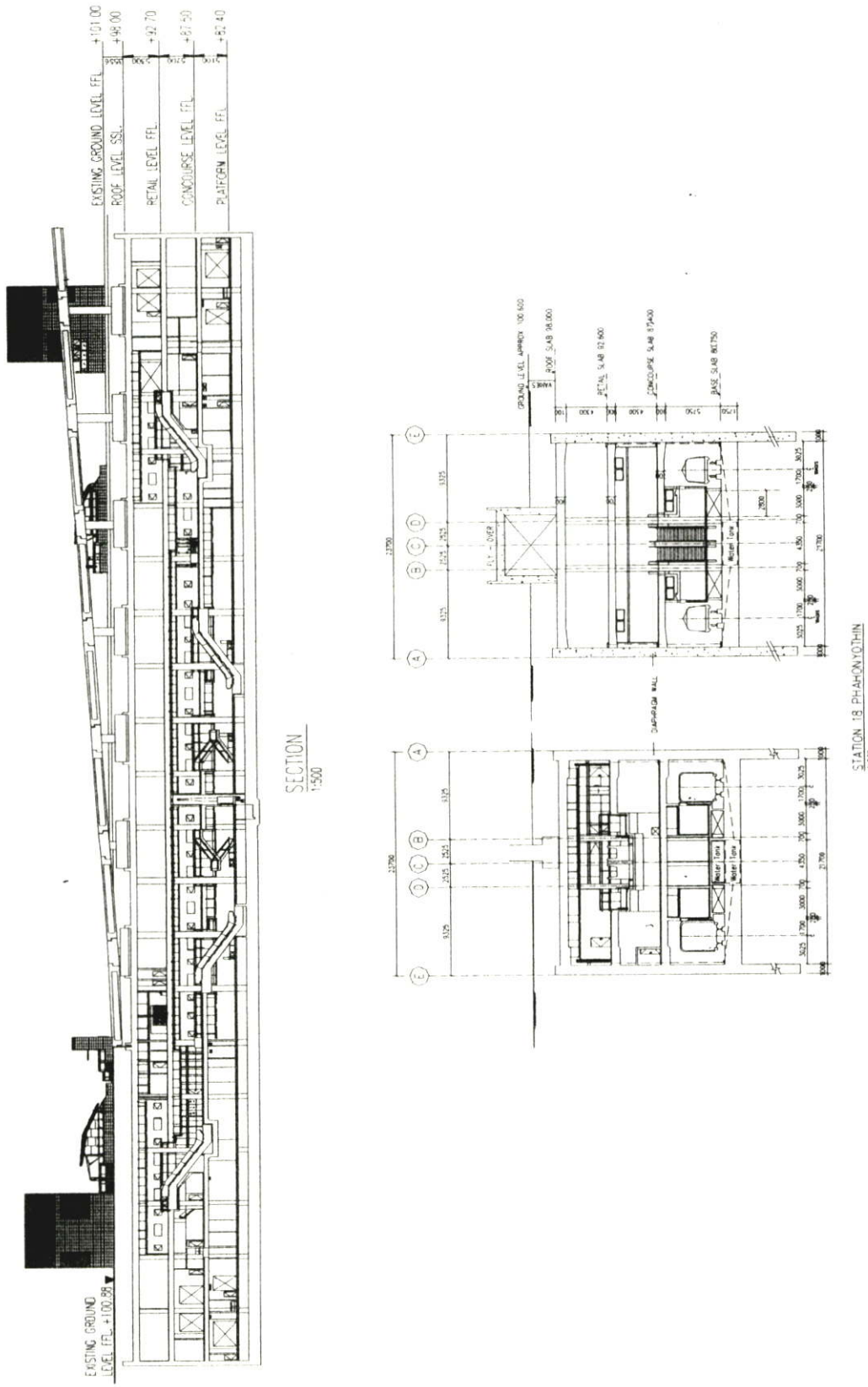
แนวทางเดิมตามนโยบายของโครงการรถไฟฟ้ามหานคร



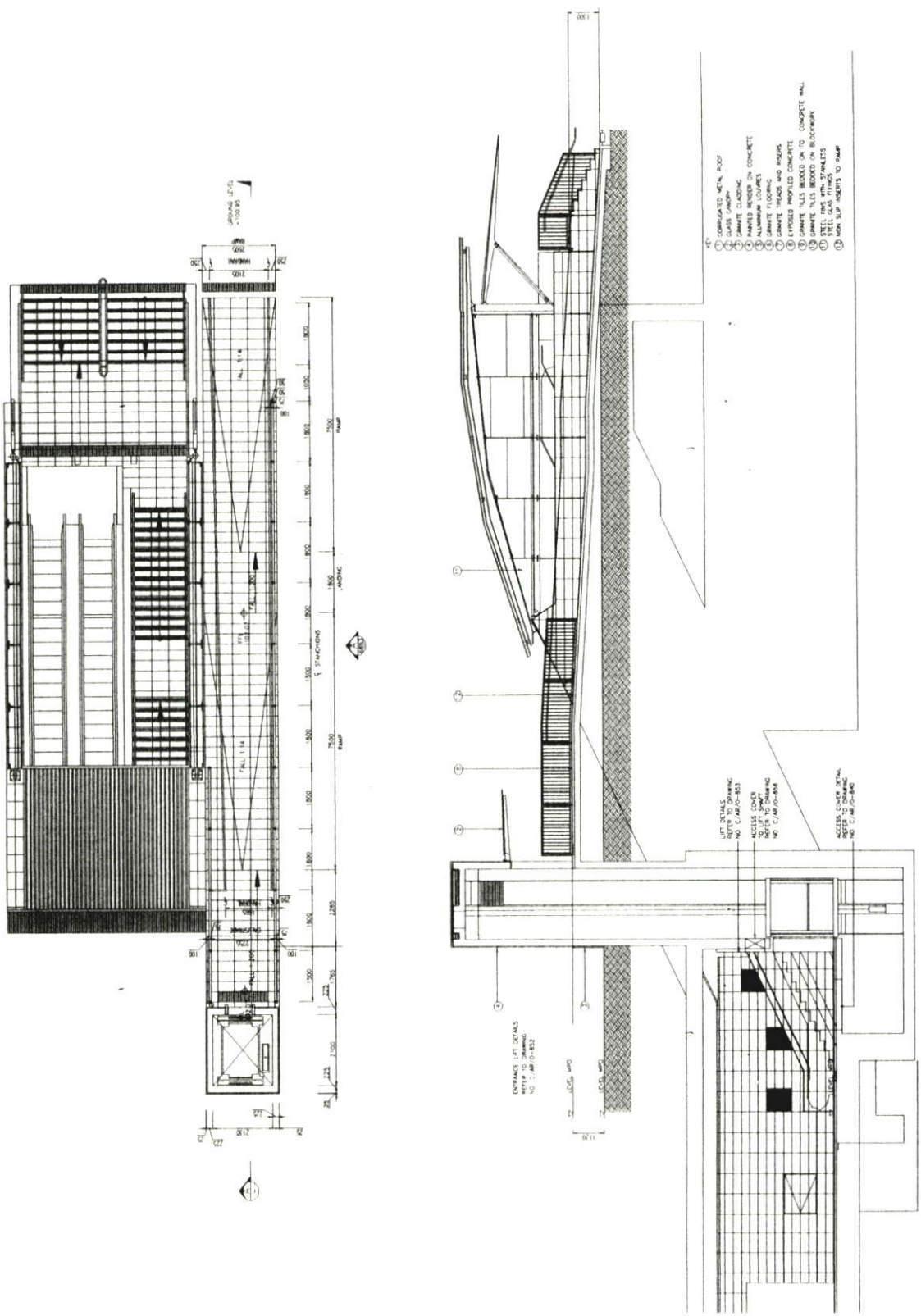
ภาพที่5.15 ทางขึ้น-ลงสถานีพหลโยธิน



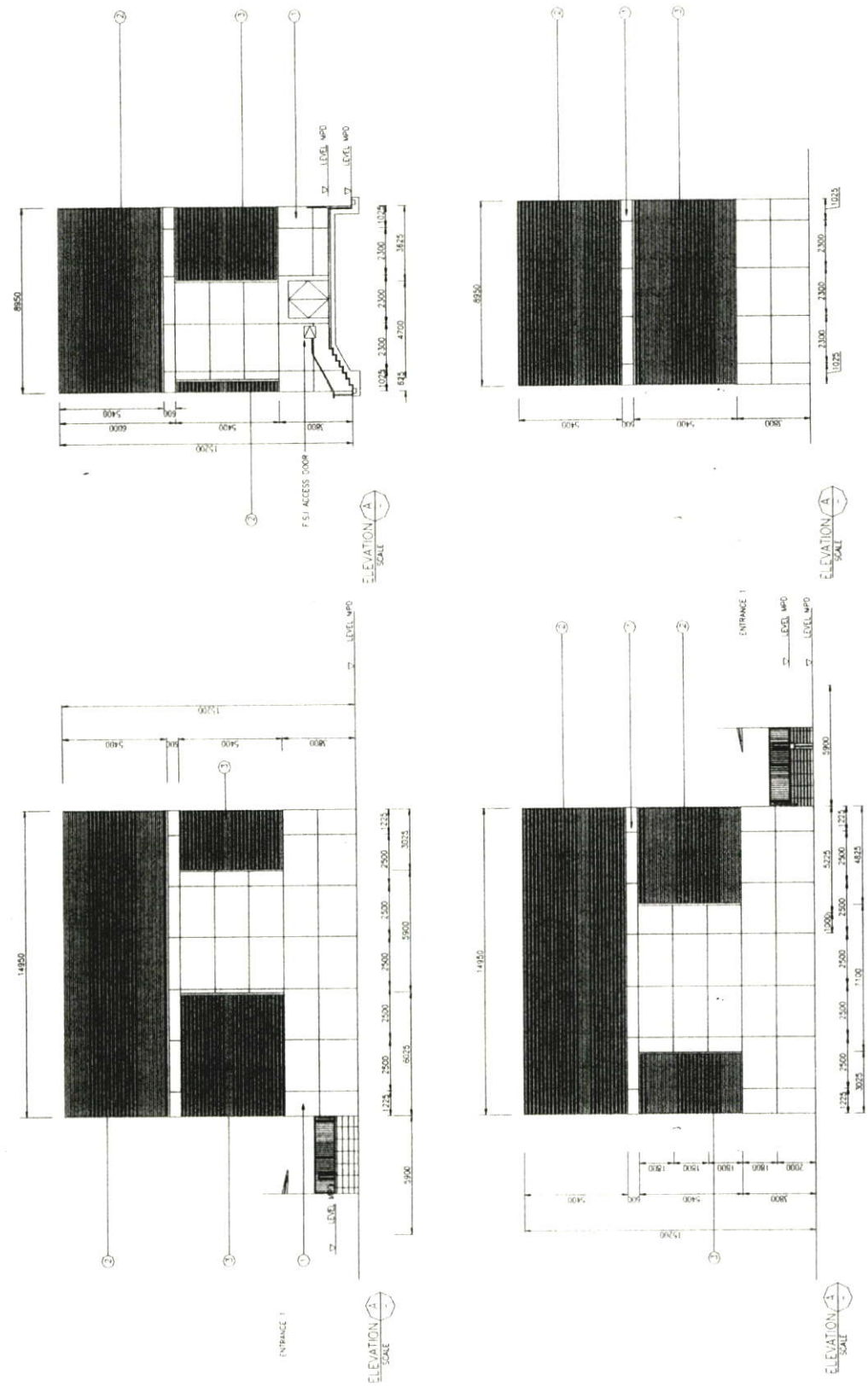
ภาพที่5.16 แบบแปลนสถานีรถไฟฟ้าพหลโยธิน



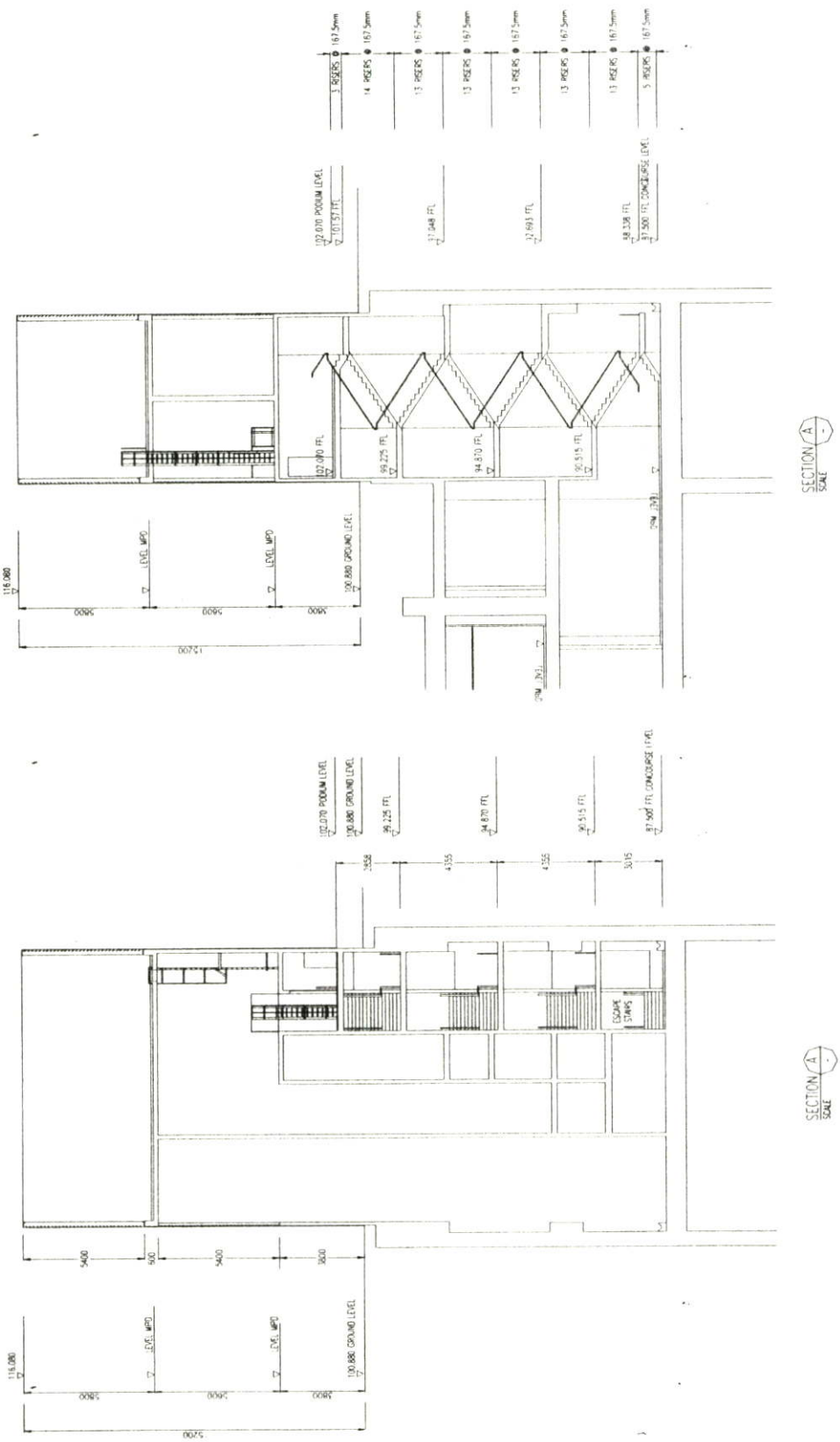
ภาพที่5.17 รูปตัดสถานีรถไฟฟ้ามหานคร



ภาพที่5.18 แปลนสถานีขึ้น-ลงและรูปตัดสถานี

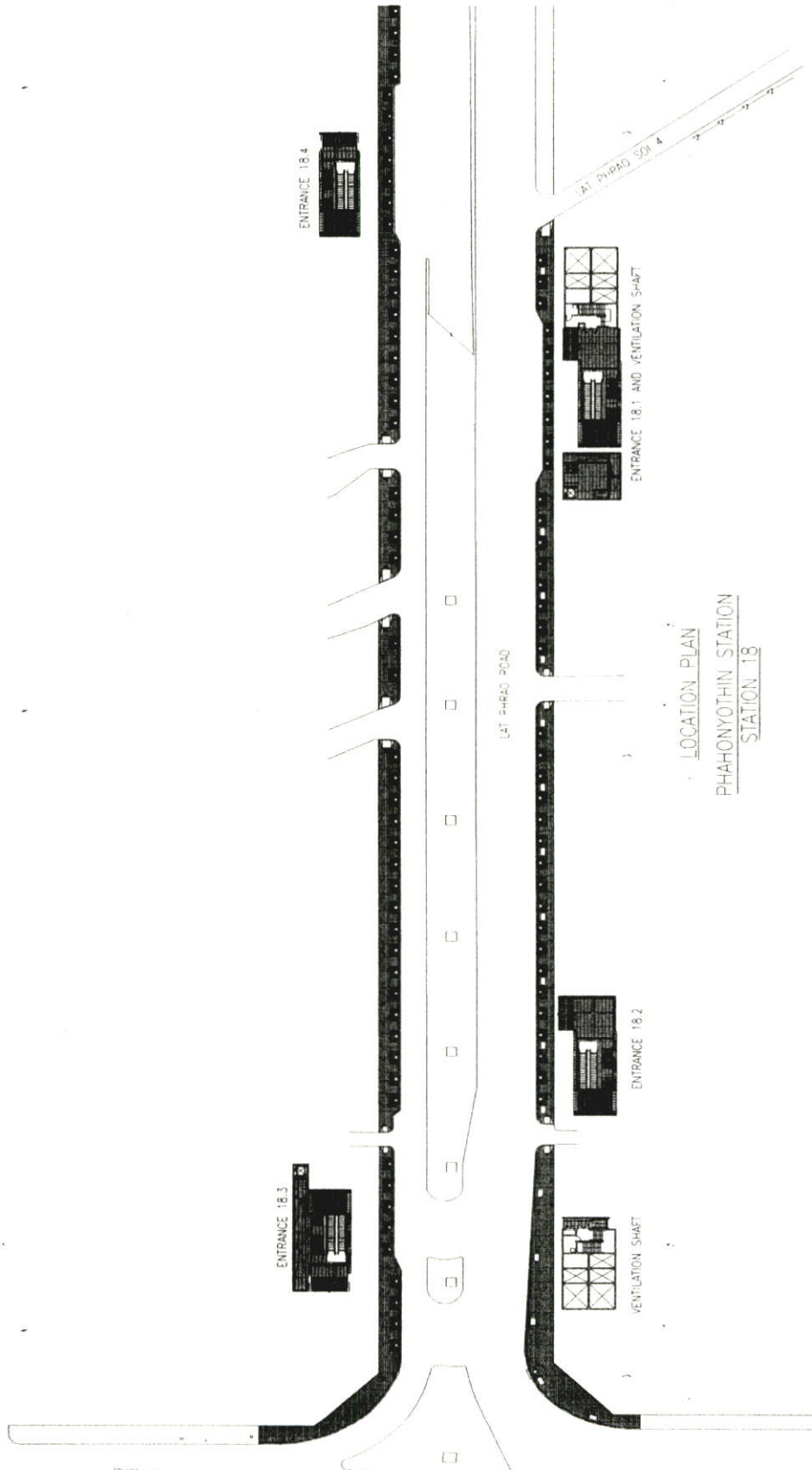


ภาพที่5.19 รูปด้านทางหนีไฟ

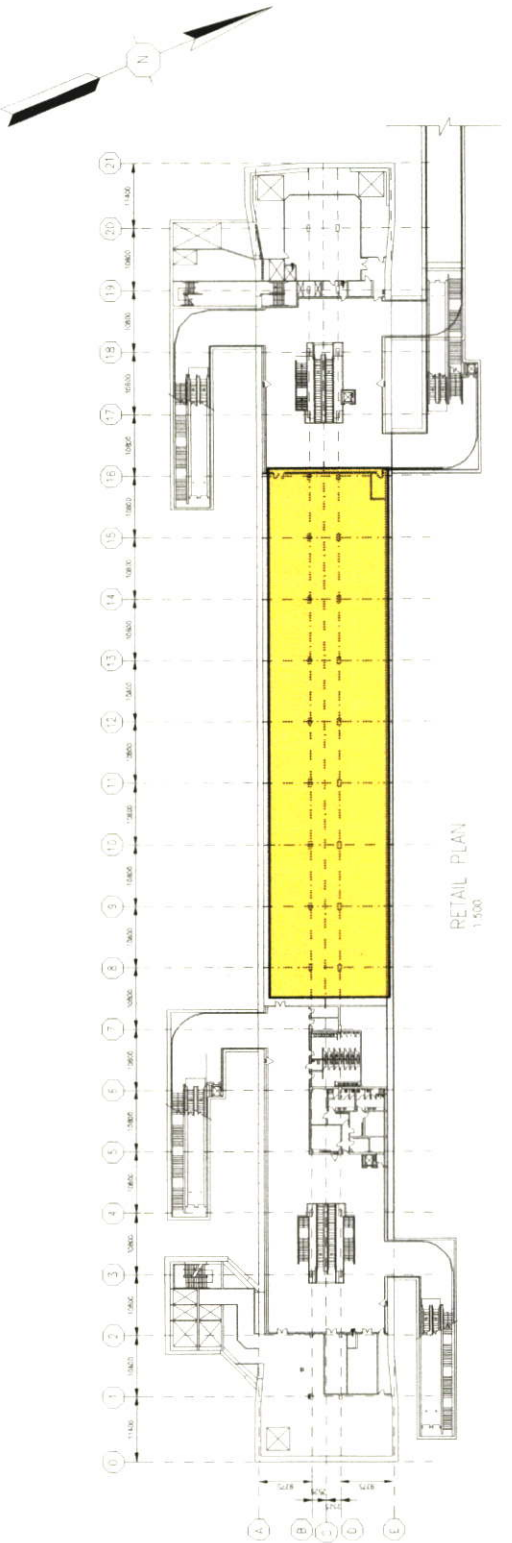


ภาพที่5.20 รูปตัดทางหนีไฟ

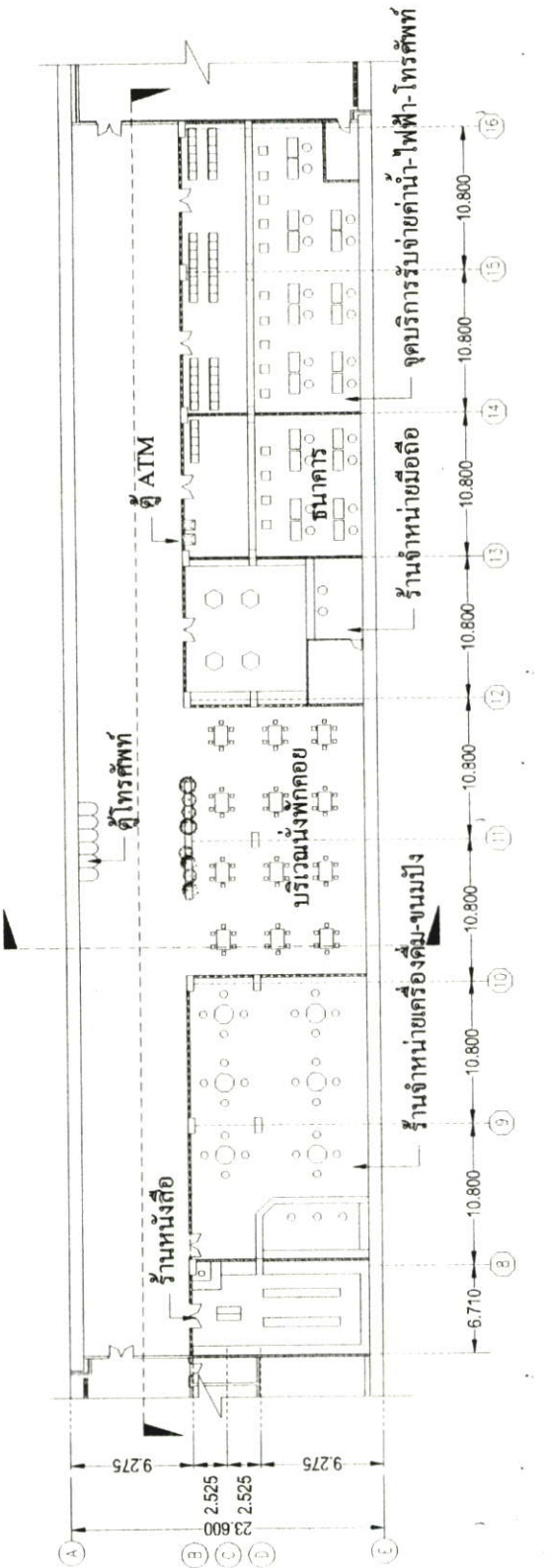
แนวทางการเสนอแนะและปรับปรุงสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน



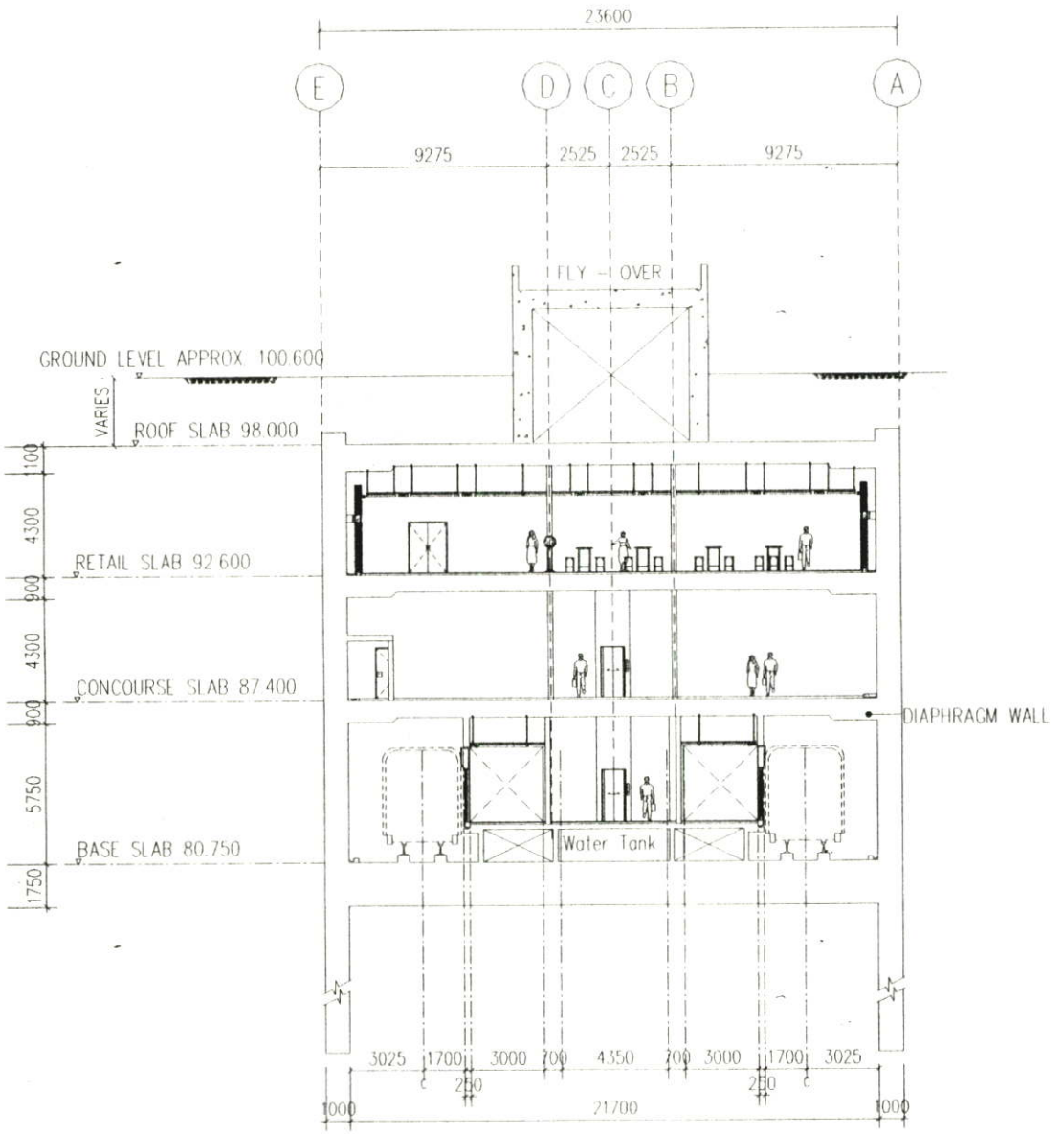
ภาพที่5.21 ที่จอดรถชั่วคราวขึ้น-ลงสถานี



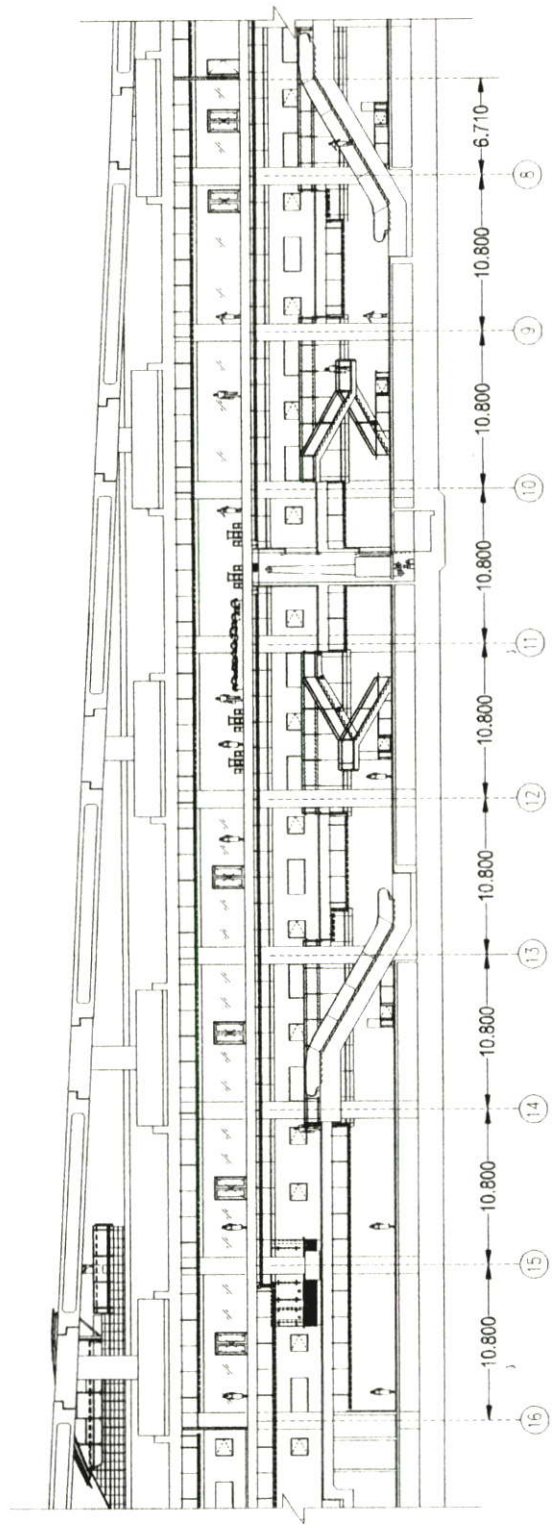
ภาพที่5.22 บริเวณร้านค้าย่อยในชั้น RETAIL



ภาพที่5.23 ร้านค้าย่อยในชั้น RETAIL



ภาพที่5.24 รูปตัด ร้านค้าย่อยภายในสถานี



ภาพที่5.25 รูปตัด ร้านค้าย่อยภายในสถานี

ภาพที่5.26 ทัศนียภาพสถานีขึ้น-ลง

ภาพที่5.27 ทัศนียภาพสถานีขึ้น-ลง

ภาพที่5.28 ทัศนียภาพภายในสถานีรอรถไฟฟ้ามหานคร

ภาพที่5.29 ทัศนียภาพทางเข้าภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

บรรณานุกรม

เฉลิม สุจริต. 2540. **วัสดุและการก่อสร้างสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยพฤกษ์ นิลวรรณ. 2529. "**การศึกษาแนวความคิดของรูปแบบทางสถาปัตยกรรมของอาคารเรียนรวมศูนย์กลางการศึกษาระดับปริญญา วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา.**"วิทยานิพนธ์ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม บัณฑิตวิทยาลัย , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2531 . **การออกแบบสถาปัตยกรรมเขตร้อนในประเทศไทย. พระนคร** คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ตรึงใจ บูรณสมภพ. 2521 **การออกแบบสถาปัตยกรรมเมืองร้อนในประเทสไทย กรุงเทพฯ** : มหาวิทยาลัยศิลปกร

ธนิต จินดาวณิค. 2539. "**พลังงานกับการออกแบบสถาปัตยกรรม**" ใน เอกสารการสอนวิชาพลังงานกับการออกแบบสถาปัตยกรรม. ตอนที่ 4 . กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ , จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธนิต จินดาวณิค. 2540. **สถาปัตยกรรมและเทคโนโลยี**. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผุสดี ทิพทัส. 2541. **เกณฑ์ในการออกแบบสถาปัตยกรรม**. พิมพ์ครั้งที่ 3 . กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ผุสดี ทิพทัส. 2530. **หลักเบื่องต้นในการจัดองค์ประกอบในงานสถาปัตยกรรม**. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.

ผุสดี ทิพทัส. 2541. "**ความหมายและลักษณะงานสถาปัตยกรรมที่ดี.**" วารสานสาระศาสตร์สถาปัตย์. ฉบับที่ 1:28.

พีระ จูน้อยสุวรรณ.2539 **แนวความคิดในการออกแบบองค์ประกอบของโรงเรียนสอนคนตาบอด**สังกัดกองการศึกษาพิเศษ กรมสามัญศึกษา. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์ อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พรรณชลัท สุริโยธิน. 2541. "**การวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศเพื่อนำไปใช้ในการออกแบบอาคาร.**"วารสารสาระศาสตร์สถาปัตย์. ฉบับที่ 1:134.

พวา พันธุ์เมฆา. 2529. **สารนิเทศกับการศึกษาค้นคว้า**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์กรุงเทพฯ.

พวา พันธุ์เมฆา. 2528. **ห้องสมุดโรงเรียนทฤษฎีและปฏิบัติ**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิจิตร วรุตบางกูร. 2524. **การวางแผนผังและพัฒนาสถานศึกษา**. กรุงเทพฯ : ขนิษฐาการพิมพ์.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. 2528. **การจัดทำรายละเอียดโครงการ เพื่อการออกแบบงานสถาปัตยกรรม**.พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. 2537. **พฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการออกแบบและวางแผน**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วราวุธ วัฒนยุทธ. 2540. **"แนวความคิดในการออกแบบสภาพแวดล้อมทางกายภาพอาคารกรมอาชีวศึกษา."** วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมบัณฑิตวิทยาลัย , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

วีระเดช พะเยาศิริพงศ์. ม.ป.ป. **รวมกฎหมายก่อสร้างฉบับปรับปรุงใหม่**. กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา

วิศิษฐ์ จิวะกุล. 2540. **"หอสมุดแห่งชาติฝรั่งเศส."** วารสารอาษา (สิงหาคม) : 92 – 101.

สุนทร บุญญาธิการ. 2541 **"การออกแบบสถาปัตยกรรมเพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิต."** วารสารสาระศาสตร์สถาปัตย์. ฉบับที่ 1 : หน้า 76 – 109.

อรศิริ ปาณินท์. 2538. **กระบวนการออกแบบสถาปัตยกรรม**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรังสิต.

เอื้อม อนันตศานต์. 2539. **การออกแบบผังบริเวณ**. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Ching, Francis D.K. 1975. **Building Construction Illustrated**. New York : Van Nostrand Reinhold.

Cohen, Aaron and Elaine. Cohen 1979. **Designing and space planning for libraries**. New York : P.R. Bowker.

Linton, Harold. 1985. **Color model Environments**. New York : Van Nostrand Reinhold.

Sullivan, Charles D. 1983. **Standards and Standardization**. New York : Mercel Dekker.

Turner, Janet. 1998. **Designing with light**. New York : Roto Vision.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เอกสารทางราชการที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ข แบบสัมภาษณ์และสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

ภาคผนวก ก

เอกสารทางราชการที่ใช้ในการวิจัย

ที่ ทม 1504/ 2000

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3 มิถุนายน 2542

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผู้ว่าราชการกรุงเทพมหานคร

ด้วย นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มีความประสงค์จะขอสัมภาษณ์ท่านเรื่อง "การออกแบบรถไฟฟ้ามหานคร" ขอข้อมูลเกี่ยวกับการก่อสร้างรถไฟฟ้ามหานคร, ความเป็นมาของโครงการ และขอเอกสารเกี่ยวกับแนวความคิดในการออกแบบ เพื่อประกอบการจัดเตรียมเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบรถไฟฟ้ามหานคร"

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 3266052-6101 ต่อ 2663,2642
โทรสาร. 3269040

ที่ ทม 1504/ 2000

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

3 มิถุนายน 2542

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษา

เรียน ผู้อำนวยการองค์การรถไฟฟ้ามหานคร

ด้วย นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม มีความประสงค์จะขอสัมภาษณ์ท่าน เรื่อง "การออกแบบรถไฟฟ้ามหานคร" ขอข้อมูลเกี่ยวกับรายละเอียดของโครงการ และขอถ่ายภาพการก่อสร้างอุโมงค์, รูปถ่ายภายในสถานี เพื่อประกอบการจัดเตรียมเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบรถไฟฟ้ามหานคร"

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ให้กับนักศึกษาดังกล่าว เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หวังในความอนุเคราะห์จากท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒนะ)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

งานบัณฑิตศึกษา
โทร. 3266052-6101 ต่อ 2663,2642
โทรสาร. 3269040

ประกาศบัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ผลการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย โดยความเห็นชอบของคณะกรรมการพิจารณาหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ขอประกาศรายชื่อหัวข้อและเค้าโครงวิทยานิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ที่ได้รับอนุมัติให้ดำเนินการดังนี้

นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ รหัสประจำตัว 42064201 ให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน (CONCEPT DESIGN OF METROPOLOTAN RAPID TRANSIT STATION PHAHON YOTHIN STATION)" โดยมี อ.สุทัศน์ จุฬามาณี เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ และ อ.สมพล ดำรงเสถียร เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม

ซึ่งได้รับอนุมัติเมื่อวันที่ 19 กันยายน 2544

ทั้งนี้ให้นักศึกษาค้นคว้าและเขียนวิทยานิพนธ์ โดยปรึกษากับอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ให้เสร็จสิ้นภายในเวลาที่กำหนดในระเบียบของบัณฑิตวิทยาลัย

ประกาศ ณ วันที่ ๑ ตุลาคม พ.ศ.2544

(รศ.ดร.บุญวัฒน์ อัตชู)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ทม 1504 4677

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 พฤศจิกายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณเติมศักดิ์ ขันการไกร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม เพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วย นายธนนส ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานคร สถานีพหลโยธิน "

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของ นายธนนส ประเสริฐวัฒนะ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร 327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 3269040

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานบริการการศึกษา สจล. 3692

ที่ ทม 1504/ 4677 **วันที่** 5 พฤศจิกายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน อาจารย์สุรศักดิ์ ทังขาว

ด้วย นายธนพล ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน " คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดีจึงขอเชิญท่านเป็นผู้ชี้ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูล ของนายธนพล ประเสริฐวัฒนะ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบสอบถามเพื่อการวิจัยจำนวน 1 ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีและขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานบริการการศึกษา ศจล. 3692

ที่ ทม 1504/ 4677 **วันที่** 5 พฤศจิกายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ลิขสิทธิ์ กลิ่นหอม

ด้วย นายธนพล ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาสถาปัตยกรรม จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน " คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัยดังที่แนบมาพร้อมนี้ ว่ามีข้อคำถามถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บรวบรวมข้อมูล ของนายธนพล ประเสริฐวัฒนะ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกับนี้ได้แนบแบบสอบถาม เพื่อการวิจัยจำนวน 1 ชุด

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ทม 1504/ 4677

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10526

2 พฤศจิกายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณกฤษกร สว่างบุตร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถาม เพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วย นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ศึกษาสภาพการบำรุงรักษาไฟฟ้าแรงต่ำของสถานีแรงสูงย่อย "

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความชำนาญเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของนายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร 327-1199, 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 3269040

ที่ ทม 1504/ 4677

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

5 พฤศจิกายน 2544

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือการวิจัย

เรียน คุณอาชว สุนทรสีมะ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วย นายธนศ ประเสริฐวัฒนะ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิต จะทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ศึกษาสถานีรถไฟฟ้ามหานครกรณีพหลโยธิน "

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดียิ่ง จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย ดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้การเก็บข้อมูลของนายธนศ ประเสริฐวัฒนะ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(นายณรงค์ พิมสาร)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร 327-1199 , 737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร 3269040

ภาคผนวก ข

แบบสัมภาษณ์และแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัย

แบบสัมภาษณ์

แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

CONCEPT DESIGN OF METROPOLITAN RAPID TRANSIT STATION PHAHON YOTHIN STATION

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์.....

วันที่..... เดือน ..... พ.ศ. 2544

ตอนที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้น (พนักงานฝ่ายออกแบบ)

1.1 เพศ

- ☐ ชาย
- ☐ หญิง

1.2 อายุ

- ☐ 21-30 ปี
- ☐ 31-40 ปี
- ☐ 41-50 ปี
- ☐ 51 ปี ขึ้นไป

1.3 วุฒิการศึกษา

- ☐ อนุปริญญา
- ☐ ปริญญาตรี
- ☐ ปริญญาโท
- ☐ สูงกว่าปริญญาโท

1.4 ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน

- ☐ พนักงานเขียนแบบ
- ☐ วิศวกร
- ☐ สถาปนิก
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

1.5 หน้าที่หลักและการปฏิบัติงาน

- □ แก้แบบหน้างาน
- □ เขียนแบบสถาปัตย์
- □ เขียนแบบ DETAIL
- □ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

1.6 ประสบการณ์ในการทำงาน

- □ ต่ำกว่า 5 ปี
- □ ตั้งแต่ 5-10 ปี
- □ ตั้งแต่ 10-15 ปี
- □ มากกว่า 20 ปี

ตอนที่2 การรักษาความปลอดภัย

2.1 ระบบป้องกันการเกิดอัคคีภัย

1. ชนิดหรือประเภท.....

.....

.....

2. การตรวจสอบการทำงาน/ใช้งาน .....

.....

.....

3. การบำรุงรักษา .....

.....

.....

2.2 การติดต่อสื่อสารภายในสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

1. ชนิดหรือประเภท .....

.....

.....

2. การตรวจสอบการทำงาน/ใช้งาน .....

.....

.....

3. การบำรุงรักษา .....

.....

.....

2.3 ระบบสัญญาณเตือนภัย

1. ชนิดหรือประเภท .....

.....

.....

2. การตรวจสอบการทำงาน/ใช้งาน .....

.....

.....

3. การบำรุงรักษา .....

.....

.....

2.4 ระบบการระบายอากาศ

1. ชนิดหรือประเภท .....

.....

.....

2. การตรวจสอบการทำงาน/ใช้งาน .....

.....

.....

3. การบำรุงรักษา .....

.....

.....

2.5 ระบบโครงสร้างอาคาร

1. การทนไฟของโครงสร้างอาคาร .....

.....

.....

2. ลักษณะโครงสร้างอาคาร .....

.....

.....

2.6 ระบบการป้องกันน้ำท่วม

.....

.....

.....

2.7 มาตรฐานหรือข้อกำหนดที่ใช้ในการก่อสร้างรถไฟฟ้าใต้ดิน

.....

.....

.....

2.8 สิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน

.....

.....

.....

2.9 ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบสอบถาม

แนวทางการออกแบบสถานีรถไฟฟ้ามหานครสถานีพหลโยธิน

CONCEPT DESIGN OF METROPOLITAN RAPID TRANSIT STATION PHAHON YOTHIN STATION

วันที่..... เดือน ..... พ.ศ. .....

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

1. เพศ

- ☐ ชาย
- ☐ หญิง

2. อายุ

- ☐ 21-30 ปี
- ☐ 31-40 ปี
- ☐ 41-50 ปี
- ☐ 51 ปี ขึ้นไป

3. วุฒิการศึกษา

- ☐ อนุปริญญา
- ☐ ปริญญาตรี
- ☐ ปริญญาโท
- ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....

4. ประกอบอาชีพ

- ☐ ข้าราชการ/พนักงานรัฐวิสาหกิจ
- ☐ นักเรียน/นักศึกษา
- ☐ ประกอบธุรกิจส่วนตัว
- ☐ อื่นๆ(โปรดระบุ).....

ตอนที่ 2 ความเหมาะสมและสิ่งอำนวยความสะดวกภายในสถานี

1. ที่ตั้งสถานีพหลโยธินเหมะสมหรือไม่

   □ ไม่เหมาะสม .....

   □ เหมาะสม .....

2. อยากให้มีสิ่งอำนวยความสะดวกอะไรภายในสถานีบ้าง

   □ ร้าน Pizza

   □ ร้าน KFC

   □ ร้าน Mc Donald's

   □ ร้าน MK

   □ ร้าน Food Center

   □ ร้านทำผม

   □ ร้าน Internet

   □ ร้านสัตว์เลี้ยง

   □ ร้าน เซเว่นอีเลฟเว่น

   □ ร้านเครื่องดื่ม

   □ ร้านเครื่องกีฬา

   □ ร้านขายอุปกรณ์คอมพิวเตอร์

   □ ร้านจำหน่ายมือถือ

   □ ร้านเกมส์

   □ ร้านกิ๊ฟช็อฟ

   □ ร้านหนังสือ

   □ ร้านเสื้อผ้า

   □ ร้านรองเท้า

   □ ร้าน VDO

   □ ร้านดอกไม้

   □ ร้านเครื่องใช้ไฟฟ้า

   □ ร้านถ่ายภาพ อัดรูป

   □ ร้านเฟอร์นิเจอร์

   □ ร้านถ่ายเอกสาร

- ☐ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย
- ☐ ตู้ ATM
- ☐ ตู้ไปรษณีย์
- ☐ ตู้โทรศัพท์สาธารณะ
- ☐ สวนสาธารณะ
- ☐ อื่นๆ .....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านเกี่ยวกับสถานีรถไฟฟ้ามหานคร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายธเนศ ประเสริฐวัฒนะ
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 10 กรกฎาคม 2517
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลราชวิถี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	1/39 ม.5 ถ.กรุงเทพ-นนท์ ต.ตลาดขวัญ อ.เมือง จ.นนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	ป.ว.ช โรงเรียนเซนต์จอห์นเทคโนโลยี ป.ว.ส โรงเรียนเซนต์จอห์นเทคโนโลยี ปริญญาตรี สถาบันราชภัฏจันทรเกษม ปริญญาโท สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2537-38 บริษัทขวัญนครไทย พ.ศ. 2538-40 บริษัทแลนดี้โฮม พ.ศ. 2542-44 บริษัทไทยทาเคนาคา สากลก่อสร้าง