ผลกระทบเรื่องเสียงเนื่องจากสนามบินสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 และประเมินค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารใน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

THE RESEARCH OF SOUND REFLECTION OF THE SECOND BANGKOK INTERNATIONAL AIRPORT TO KMITL AND THE IMPROVED PRICE ESTIMATE

โดย

นายเฉลิมวุฒิ ฉายดิลก

นายปัญญา เจษฎาวรานนท์

นายปิยะศักดิ์ แซ่หลี

วัน เดือน ปี -7 ตค 2541

เลขทะเบียน 038443

เลขเรียกหนังสือ T 39264 ส399ผ

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประจำปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038443

THE RESEARCH OF SOUND REFLECTION OF THE SECOND BANGKOK INTERNATIONAL AIRPORT TO KMIT'L AND THE IMPROVED PRICE ESTIMATE

MR.CHALERMWUT CHAIDILOK
MR.PANYA JEDSADAWARANON
MR.PIYASUK SAELEE

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE
BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองโครงงานพิเศษ

.....

หัวข้อโครงงานพิเศษ การศึกษาผลกระทบด้านเสียงเนื่องจากโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 ต่อสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและการประมาณราคาในการปรับปรุงอาคาร
(THE RESEARCH OF SOUND REFLECTION OF THE SECOND BANGKOK INTERNATIONAL AIRPORT TO KMIT'L AND THE IMPROVED PRICE ESTIMATE)

นักศึกษา นาย เฉลิมวุฒิ ฉายดิลก รหัส 36014093
นาย ปัญญา เจนฎาวรานนท์ รหัส 36014261
นาย ปิยะศักดิ์ แซ่หลี รหัส 36014268

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล
อาจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์
อาจารย์คมสัน มาลีสี

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล	.....
2. อาจารย์สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์	.....
3. อาจารย์คมสัน มาลีสี	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว
.....
(นาย อำนวย พานิชกุลพงศ์)
หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ ผลกระทบเรื่องเสียงเนื่องจากสนามบินสากลกรุงเทพฯ แห่งที่2 และประเมินค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอาคารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(THE RESEARCH OF SOUND REFLECTION OF THE SECOND BANGKOK INERNATIONAL AIRPORT TO KMIT'L AND THE IMPROVED PRICE ESTIMATE)

นักศึกษา นายเนสิมวุฒิ นายศิลา รหัสประจำตัว 36014093
นายปัญญา เจษฎาวรานนท์ รหัสประจำตัว 36014261
นายปิยศักดิ์ แซ่หลี รหัสประจำตัว 36014268

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. สุพจน์ ศรีนิล

บทคัดย่อ

เนื่องจากในอนาคตอันใกล้นี้ จะมีการเปิดใช้สนามบินสากลกรุงเทพฯ แห่งที่2 (สนามบินหนองงูเห่า) ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ที่ อำเภอ บางพลี จังหวัด สมุทรปราการ ซึ่งอยู่ไม่ไกลจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และทิศทางการขึ้นลงของเครื่องบินจะบินผ่านเหนือสถาบันฯ โดยตรง ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบเรื่องเสียงเนื่องจากเครื่องบินที่มีต่อการเรียนการสอน การวิจัยทดลองและการทำกิจกรรมต่างๆ ในสถาบันฯ โดยได้มีการประมาณว่า ระดับความดันเสียงที่จะเกิดขึ้นเนื่องจากการบินผ่านของเครื่องบินจะมีค่าประมาณ 72 เดซิเบล ซึ่งมีผลรบกวนต่อการพูดติดต่อสื่อสารกันโดยเฉพาะต่อการเรียนการสอนที่ต้องใช้สมาธิในการฟังสูง จึงต้องมีการปรับปรุงอาคารที่มีอยู่แล้วบางส่วนที่ไม่ได้ สร้างมาเพื่อป้องกันเสียงโดยเฉพาะ ให้มีความสามารถในการลดระดับเสียงจากภายนอกเข้าสู่ภายในห้องเรียน โดยการเปลี่ยนประตู หน้าต่าง ใช้เป็นกระจกสุญญากาศ ที่มีความสามารถในการป้องกันเสียงไม่ให้เสียงผ่านได้ดี และทำการปรับปรุงผนังที่มีอยู่เป็นผนังก่ออิฐ ให้เป็นผนัง 2 ชั้น โดยติดตั้งผนังเบาเพิ่มเข้าไป วัสดุที่ใช้ปรับปรุงจะใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบา เพื่อเป็นการไม่ให้เป็นการเพิ่มน้ำหนักให้กับโครงสร้างเดิมมากเกินไป จะมีการเลือกใช้วัสดุหลายประเภทซึ่งมีข้อดีข้อเสีย ราคา วิธีการติดตั้ง ต่างกันออกไป ในการป้องกันเสียงเข้าสู่ภายในห้อง ห้องจะต้องเป็นระบบปิด คือ ปิดประตูหน้าต่างให้มิดชิด จึงต้องมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ในอาคารให้ครบทุกห้อง ส่วนปัญหาเรื่องเสียงที่เกิดขึ้นภายนอกอาคาร เช่น สนาม สวน ถนน ระเบียงทางเดิน ไม่ได้อยู่ในขอบเขตที่ทำการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

In the closely future , Thailand would have been opened the Secondary Bangkok International Airport. that is suited at Bangplee, Samut Prakarn province, which is not too far from the King Mongkut Institute of Technology Ladkrabang. And the runways give the directions have the line above this university. So it eauses the directly effective problem about the noise. During the activities , studying there we estimate the sound pressure level that might happen by the flying planes will be about 72 dB. In this reason, the students could not pay attention or concentrate their learning improval and rebuilding all the buildings for protecting the sound pressure. We would changed the special the laminated glass. This way could reduce it from outside to inside class. In addition to solve in another way is re-made to the double wall. The materials that is used must be light for reload the weight of its building. The cost would be different by the choosing the utilities, restoring all details, every doors and windows must be definitely close for restoring the air-conditioner. That called the close system. And another problem is the noise that have been had outside such as baleony, canteen, path etc., we except to accuse improval in next time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การที่รายงานฉบับนี้สามารถสำเร็จลงได้นั้น มิได้เกิดจากผู้ทำการศึกษาเพียงลำพัง จึงใคร่ขอขอบพระคุณบุคคล กลุ่มบุคคล และองค์กรบริษัทต่างๆที่ได้ช่วยเหลือจนรายงานฉบับนี้บรรลุสำเร็จลงได้

อาจารย์สุพจน์ ศรีนิล ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาที่คอยให้คำแนะนำที่มีคุณค่า

นายเฉลิมวุฒิ ฉายดิลก ผู้อุปการะที่อยู่อาศัยและคอยหลบหนีเมื่อมีโอกาส

นายปิยะศักดิ์ แซ่หลี ผู้อุปการะเงินทุนและคอยชวนให้นอนทุกคืน

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบคุณ

คุณนริศร อุณหะนันท์ หัวหน้าฝ่ายการตลาด บริษัท สยาม วี.เอ็ม.ซี กระจกนิรภัย จำกัดที่ช่วยคิดราคาประตู-หน้าต่าง และให้คำแนะนำรูปแบบการติดตั้งประตู-หน้าต่างกันเสียง

MR. เชน วิศวกรชาวอเมริกัน ผู้มีความรู้เรื่องเสียงเป็นอย่างดี และคุณปิยพร ล่ามแปลภาษาให้สามารถสื่อสารกันรู้เรื่อง บริษัท เซลลูแมกซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

คุณ สมศักดิ์ วิจิตรกาญจน์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด เกรียรติชนวัฒน์

บริษัท บางกอก อินซูเลท จำกัด

บริษัท สยามไฟเบอร์กลาส

บริษัท โกลบสยาม จำกัด

บริษัท เทคนิคโฟม อิดัสทรี จำกัด

บริษัท มิดเซล จำกัด

บริษัท เครือซิเมนต์ไทย จำกัด

ร่วมด้วยบุคคลอื่นๆ ที่มิได้กล่าวถึงในที่นี้ ที่ให้ความสะดวกต่างๆ พวกเราจะสำนึกในบุญคุณไม่รู้ลืม และจะตอบแทนบุญคุณเมื่อมีโอกาส

นายเฉลิมวุฒิ ฉายดิลก

นายปัญญา เจนภาวรานนท์

นายปิยะศักดิ์ แซ่หลี

3 พฤษภาคม 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
หน้าอนุมัติ	I
บทคัดย่อ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	V
สารบัญภาพ	VIII
สารบัญตาราง	XII
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 แผนดำเนินงานตามโครงการ	8
1.3 แผนพัฒนาโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2	10
1.4 แผนการเงินของโครงการ	12
1.5 ปัญหาและอุปสรรค	14
1.6 สภาพปัจจุบัน	15
1.7 ผลกระทบของเสียงจากโครงการต่อการใช้ที่ดิน	20
1.8 แผนปฏิบัติการใช้ที่ดิน	27
1.9 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	35
1.10 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	35
1.11 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	35
1.12 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	36
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเสียง	
2-1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง	
2-1.1 เสียงกับคลื่น	37
2-1.2 คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่นเสียง	37
2-1.3 สมการคลื่น	40
2-1.4 ความดันเสียง	40
2-1.5 ความเข้มเสียง	40
2-1.6 ระดับและเดซิเบล	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2-1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกำลังเสียง , ระดับความเข้าเสียงและระดับความดันเสียง	41
2-1.8 การแจกและลาแดซิเบล	42
2-1.9 ออกเทบแบนด์	44
2-2 มนุษย์และเสียงแวดล้อม	
2-2.1 บทนำ	46
2-2.2 ผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์	46
2-2.3 การสูญเสียการได้ยินและหูตึง	47
2-2.4 อันตรายจากเสียง	48
2-2.5 กฎหมายเกี่ยวกับเสียง	49
2-2.6 ระดับเสียงเวฟท์	50
2-2.7 ความดัง	51
2-2.8 วิธีคำนวณความดัง	52
2-2.9 การบดบังเสียง	54
2-2.10 ระดับรบกวนเสียงพูด	54
2-2.11 ความรู้สึกรบกวน	55
2-2.12 เกณฑ์เสียง	57
2-2.13 ระดับมลพิษเสียง	58
2-2.14 ดัชนีเสียงจราจร	62
2-2.15 ระดับเสียงกลางวัน-กลางคืน	62
2-2.16 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเสียง	64
2-3 ผนัง , ที่ครอบและที่กันเสียง	
2-3.1 การเดินทางของเสียงในตัวกลาง 2 ชนิด	66
2-3.2 การสูญเสียการส่งผ่านเสียง	68
2-3.3 การพ้องตรงกัน	70
2-3.4 การสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนัง	72
2-3.5 ปฏิบัติการวัดหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง	73
2-3.6 การลดเสียงของผนัง	73
2-3.7 ระดับเสียงที่ระยะห่างจากผนัง	76
2-3.8 เสียงทะลุผ่านรูหรือรอยแตก	77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2-3.9 ชั้นการส่งผ่านเสียง	78
2-3.10 STC ที่เหมาะสมสำหรับที่อยู่อาศัย	79
บทที่ 3 คุณสมบัติของฉนวนกั้นเสียงและระบบปรับอากาศ	
3.1 ฉนวนใยเซลลูโลส	83
3.2 ฉนวนใยแก้ว	87
3.3 ฉนวนโฟมโพลียูรีเทน	88
3.4 ฉนวนใยหิน	90
3.5 ฉนวนยิปซั่มบอร์ด	92
3.6 ฉนวนแคลเซี่ยมซิลิเกต	93
3.7 ฉนวนโฟมโพลิสไตรีน	95
บทที่ 4 แบบขยายรายการปรับปรุง	
4.1 ชนิดของประตู-หน้าต่างอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	101
4.2 การปรับปรุงผนังของอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	107
4.3 แบบขยายในการก่อสร้างประตู-หน้าต่างของอาคารที่มีการก่อสร้างเพื่อกันเสียง	112
4.4 ตัวอย่างการปรับปรุงในส่วนต่างๆ	130
บทที่ 5 การคิดราคาการปรับปรุงประตู หน้าต่าง ผนังต่างๆ และระบบปรับอากาศของอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	
5.1 การคิดราคาปรับปรุงอาคารเรียน ทส. ในส่วนประตู-หน้าต่าง	141
5.2 การคิดราคาปรับปรุงอาคารเรียน ทส. ในส่วนผนัง	145
5.3 การคิดราคาปรับปรุงอาคารเรียน ทส. ในส่วนระบบปรับอากาศ	165
บทที่ 6 การคิดราคา Rate ในแบบต่างๆ และการคิดมูลค่าในการปรับปรุงทั้งสถาบันในแบบต่างๆ	
บทที่ 7 สรุป	214
บรรณานุกรม	215

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (1)

หน้า

รูปที่ 1-1	ตำแหน่งที่ตั้งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2	5
รูปที่ 1-2	ลักษณะที่ตั้งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2	6
รูปที่ 1-3	โครงข่ายถนน ทางด่วน และรถไฟฟ้า	7
รูปที่ 1-4	ปริมาณการจราจรทางอากาศของกรุงเทพฯ	8
รูปที่ 1-5	แผนการก่อสร้างสนามบินตั้งแต่ระยะเริ่มต้นถึงระยะเสร็จสิ้นโครงการ	9
รูปที่ 1-6	เงินลงทุนในด้านต่างๆ ในโครงการ	13
รูปที่ 1-7	โครงการสนามบินหนองงูเห่า	14
รูปที่ 1-8	ลักษณะอาคารและการใช้ที่ดินในพื้นที่ใต้โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 ด้านทิศใต้	18
รูปที่ 1-9	ลักษณะอาคารและการใช้ที่ดินในพื้นที่ใต้โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 ด้านทิศเหนือ	19
รูปที่ 1-10	กราฟแสดงการประมาณการวัดค่าของเสียงในระยะต่างๆ	31
รูปที่ 2-1	ค่า C เป็นฟังชั่นของอุณหภูมิกับความดัน	42
รูปที่ 2-2	กราฟใช้ในการบวกระดับ (dB) สองระดับเมื่อ L1 มากกว่า L2	43
รูปที่ 2-3	กราฟใช้ในการบวกระดับ (dB) สองระดับเมื่อ Lt มากกว่า L1 และ L2 คือค่าที่ต้องการ	44
รูปที่ 2-4	เส้นแสดงความดังเสียงเท่ากันที่ความถี่ต่างๆ	48
รูปที่ 2-5	ค่าถูกเวทท์ของ network ต่างๆ	51
รูปที่ 2-6	เส้นแสดงดัชนีความดังเท่ากัน	53
รูปที่ 2-7	ความพยายามสื่อสารโดยการพูดในสถานที่มีเสียงแบคกราวด์	55
รูปที่ 2-8	เส้นแสดงความรู้สึกรบกวนเท่ากัน	56
รูปที่ 2-9	เส้นเกณฑ์เสียง	57
รูปที่ 2-10	เส้นเกณฑ์เสียงที่น่าพอใจ	58
รูปที่ 2-11	ตัวอย่างระดับเสียง A-weighted กับช่วงเวลา	60
รูปที่ 2-12	แสดง cumulative distribution ของคอลัมม์ที่ 4 จากตารางที่ 2-7	61
รูปที่ 2-13	ระดับเสียงแวดล้อมสำหรับการพิจารณาที่อยู่อาศัย	62
รูปที่ 2-14	อุปกรณ์ป้องกันเสียงแบบต่างๆ	64
รูปที่ 2-15	คลื่นเสียงเดินทางในตัวกลาง 2 ชนิด	66
รูปที่ 2-16	ค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียงแปรตามความถี่ผนัง	69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (2)

		หน้า
รูปที่ 2-17	ผลการพ้องตรงกันเมื่อเสียงตกกระทบเป็นมุม	70
รูปที่ 2-18	ความถี่วิกฤต ของวัสดุต่างๆ ที่ความหนาต่างๆ กัน	71
รูปที่ 2-19	สัมประสิทธิการลดระดับเสียง	74
รูปที่ 2-20	การสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนังที่มีรูกลมขนาดต่างๆ	77
รูปที่ 2-21	กราฟใช้ในการเปรียบเทียบหาค่า STC	78
รูปที่ 2-22	กราฟแสดงการหา STC ของผนังสองชนิด	79
รูปที่ 2-23	อุปกรณ์วัดระดับความดันเสียง	82
รูปที่ 3-1	เครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งหน้าต่าง	98
รูปที่ 3-2	เครื่องปรับอากาศแบบแยก	99
รูปที่ 4-1	หน้าต่าง S	101
รูปที่ 4-2	หน้าต่าง J	101
รูปที่ 4-3	หน้าต่าง X	102
รูปที่ 4-4	หน้าต่าง O	102
รูปที่ 4-5	หน้าต่าง M	103
รูปที่ 4-6	ประตู H	103
รูปที่ 4-7	ประตู E	104
รูปที่ 4-8	ประตู B	104
รูปที่ 4-9	หน้าต่าง U	105
รูปที่ 4-10	ประตู C	105
รูปที่ 4-11	หน้าต่าง K	106
รูปที่ 4-12	ประตู C	106
รูปที่ 4-13	แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	107
รูปที่ 4-14	แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	108
รูปที่ 4-15	แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	109
รูปที่ 4-16	แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	110
รูปที่ 4-17	แบบขยายประตูเลื่อน	112
รูปที่ 4-18	แบบขยายประตูเลื่อน (ต่อ)	113
รูปที่ 4-19	แบบขยายประตู เลื่อน (ต่อ)	114
รูปที่ 4-20	แบบ ขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน	115

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (3)

		หน้า
รูปที่ 4-21	แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน (ต่อ)	116
รูปที่ 4-22	แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน (ต่อ)	117
รูปที่ 4-23	แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน (ต่อ)	118
รูปที่ 4-24	แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน (ต่อ)	119
รูปที่ 4-25	แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง	120
รูปที่ 4-26	แบบ ขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง (ต่อ)	121
รูปที่ 4-27	แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง (ต่อ)	122
รูปที่ 4-28	แบบ ขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง (ต่อ)	123
รูปที่ 4-29	แบบ ขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง (ต่อ)	124
รูปที่ 4-30	แบบขยายประตูบานสวิง	125
รูปที่ 4-31	แบบขยายประตูบานสวิง (ต่อ)	126
รูปที่ 4-32	แบบขยายประตูบานสวิง (ต่อ)	127
รูปที่ 4-33	แบบขยายประตูบานสวิง (ต่อ)	128
รูปที่ 4-34	แบบขยายประตูบานสวิง (ต่อ)	129
รูปที่ 4-35	แสดงค่า Sound Transmission Class ของคอนกรีตบล็อคหนา 4 นิ้ว	130
รูปที่ 4-36	แสดงค่า Sound Transmission Class ของคอนกรีตบล็อคหนา 8 นิ้ว	130
รูปที่ 4-37	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบต่างๆ	131
รูปที่ 4-38	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบต่างๆ (ต่อ)	132
รูปที่ 4-39	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบต่างๆ (ต่อ)	133
รูปที่ 4-40	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบต่างๆ (ต่อ)	134
รูปที่ 4-41	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบ stud ชั้นเดียว	135
รูปที่ 4-42	แสดงค่า Sound Transmission Class ของผนังแบบ stud 2 ชั้น	135
รูปที่ 4-43	แสดงค่า Sound Transmission Class และการกันไฟของผนัง โครงเคร่าแบบต่างๆ	136
รูปที่ 4-44	แสดงค่า Sound Transmission Class และการกันไฟของผนัง โครงเคร่าแบบต่างๆ (ต่อ)	137
รูปที่ 4-45	ตัวอย่างการก่อสร้างห้องกันเสียง	138
รูปที่ 4-46	ตัวอย่างหน้าต่างกันเสียง	138
รูปที่ 4-47	ตัวอย่างประตูกันเสียง	139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (4)

หน้า

รูปที่ 4-48	ตัวอย่างการกันเสียงของระบบท่อที่วิ่งผ่านผนัง	139
รูปที่ 4-49	แสดงการติดตั้งหน้าต่างกระจกสองชั้น	140
รูปที่ 4-50	แสดงการติดตั้งประตูที่มีแผ่นยางในการกันเสียง	140
รูปที่ 6-1	อาคารเรียนรวม 12 ชั้น	175
รูปที่ 6-2	อาคาร เรียนและปฏิบัติการ ภาควิชาเครื่องกล	176
รูปที่ 6-3	อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	177
รูปที่ 6-4	อาคารโทรคมนาคม	178
รูปที่ 6-5	อาคาร อิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	179
รูปที่ 6-6	อาคารเรียน 6 ชั้น	180
รูปที่ 6-7	อาคารเรียนภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง	181
รูปที่ 6-8	อาคารเรียนภาควิชาไฟฟ้ากำลัง	182
รูปที่ 6-9	อาคารหอประชุม และห้องสมุด คณะวิศวกรรมศาสตร์	183
รูปที่ 6-10	อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	184
รูปที่ 6-11	อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	185
รูปที่ 6-12	อาคารเรียน 4 ชั้น คณะวิทยาศาสตร์	186
รูปที่ 6-13	อาคารกิจกรรมนักศึกษา	187
รูปที่ 6-14	อาคาร ห้องพักอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์	188
รูปที่ 6-15	อาคารปฏิบัติการ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์	189
รูปที่ 6-16	อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเทคโนโลยีการเกษตร	190
รูปที่ 6-17	อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร	191
รูปที่ 6-18	อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม	192
รูปที่ 6-19	อาคารศูนย์วิจัย และพัฒนาด้านอิเล็กทรอนิคส์	193
รูปที่ 6-20	อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	194
รูปที่ 6-21	อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	195
รูปที่ 6-22	อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	196
รูปที่ 6-23	อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	197
รูปที่ 6-24	อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	198
รูปที่ 6-25	หอพักนักศึกษาหญิง	199
รูปที่ 6-26	หอพักนักศึกษาชาย	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (1)

หน้า

ตารางที่ 1-1	คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้พื้นที่แถบระดับเสียงต่างๆที่เกิดเสียงของเครื่องบิน	32
ตารางที่ 1-2	แสดงค่า NEF ที่มีผลต่อชุมชนโดยรอบสนามบิน	33
ตารางที่ 1-3	แสดงมาตรฐานการกำหนดค่า NEF ที่มีผลต่อชุมชนโดยรอบสนามบิน	33
ตารางที่ 2-1	ความเร็วเสียงในตัวกลางต่างๆ	39
ตารางที่ 2-2	fo,f1,f2 ของ 1/1 และ 1/3 ออกเทบแบนด์	45
ตารางที่ 2-3	การเลื่อนสูงขึ้นของขอบเขตการได้ยิน	49
ตารางที่ 2-4	ระดับเสียงที่รับฟังโดยไม่มีอันตราย	50
ตารางที่ 2-5	ความสัมพันธ์ของความพยายามเปล่งเสียงกับ PSIL	54
ตารางที่ 2-6	ค่า NC และ PNC ที่กำหนดสำหรับเสียงแบคกราวด์ของห้องต่างๆ	59
ตารางที่ 2-7	หาค่าความเป็นไปได้จากตัวอย่างจากการวัดเสียง	61
ตารางที่ 2-8	TL วัสดุก่อสร้างทั่วไป	69
ตารางที่ 2-9	ตัวประกอบการสูญเสียของวัสดุต่างๆ ของผนัง	72
ตารางที่ 2-10	ค่า STC ที่ควรใช้สำหรับผนังของแฟลตหลายครอบครัว	80
ตารางที่ 2-11	ค่า STC ที่ควรใช้สำหรับผนังของแฟลตหลายครอบครัว	81
ตารางที่ 3-1	คุณสมบัติของฉนวนใยเซลลูโลส	84
ตารางที่ 3-2	คุณสมบัติของฉนวนใยแก้ว	85
ตารางที่ 3-3	คุณสมบัติของฉนวนโพลิยูรีเทน	89
ตารางที่ 3-4	คุณสมบัติของฉนวนใยหิน	91
ตารางที่ 3-5	คุณสม บัติของฉนวนแคลเซียมซิลิเกต	93
ตารางที่ 3-6	คุณสมบัติของฉนวนโพลิสไตรีน	96
ตารางที่ 4-1	แสดงค่า STC ของวัสดุชนิดต่างๆ	111
ตารางที่ 4-2	แสดงค่า STC ในการปรับปรุงผนังต่างๆ	111
ตารางที่ 5-1	แสดงราคาประตู-หน้าต่างแบบต่างๆ ในอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	144
ตารางที่ 6-1	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม	201
ตารางที่ 6-2	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซียมซิลิเกต	202
ตารางที่ 6-3	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นยิปซั่มและโฟมโพลิยูรีเทน	203
ตารางที่ 6-4	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นยิปซั่มและไฟเบอร์กลาส	204
ตารางที่ 6-5	แสดงราคาโดยใช้ โครงเคร่าแผ่นยิปซั่มและใยเซลลูโลส	205
ตารางที่ 6-6	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นยิปซั่มและใยหิน	206

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (2)

หน้า

ตารางที่ 6-7	แสดงราคาโดยใช้ โครงเคร่าแผ่นยิปซั่มและโพลิสไตรีน	207
ตารางที่ 6-8	แสดงราคาโดยใช้ โครงเคร่าแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกตและโฟมโพลิยูรีเทน	208
ตารางที่ 6-9	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกตและไฟเบอร์กลาส	209
ตารางที่ 6-10	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกตและใยเซลลูโลส	210
ตารางที่ 6-11	แสดงราคาโดยใช้ โครงเคร่าแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกตและใยหิน	211
ตารางที่ 6-12	แสดงราคาโดยใช้โครงเคร่าแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกตและโฟมโพลิสไตรีน	212
ตารางที่ 6-13	แสดงราคาปรับปรุงระบบปรับอากาศ	213

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สองเป็นโครงการที่เกิดขึ้นเพื่อรองรับปริมาณการขนส่งทางอากาศที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคตทั้งนี้เพื่อรักษาความเป็นศูนย์กลางการขนส่งทางอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สอง จะมีบทบาทสำคัญต่อกิจการขนส่งทางอากาศของประเทศไทย ในอนาคตท่าอากาศยานแห่งใหม่นี้และท่าอากาศยานกรุงเทพ ที่ดอนเมืองจะช่วยสนับสนุนซึ่งกันและกันในการรองรับการขยายตัวของกิจการขนส่งทางอากาศได้จนถึงศตวรรษที่ 21 ยิ่งไปกว่านั้นลักษณะและทำเลที่ตั้งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สอง จะสามารถพัฒนาให้กรุงเทพฯ เป็นประตู (gateway) สู่ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งจะสามารถสนับสนุนการพัฒนาของกรุงเทพฯ รวมทั้งพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก

โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 (สนามบินหนองงูเห่า) ได้มีการพิจารณาจากรัฐบาลมาแล้วหลายสมัยนับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2503 โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 2504 รัฐบาลในสมัยนั้นได้ให้ความสนใจในเรื่องนี้เป็นอย่างมาก โดยมอบหมายให้กระทรวงคมนาคมพิจารณาจุดที่ตั้งโดยศึกษาสำรวจความเหมาะสม จำนวน 7 แห่ง คือ

1. บริเวณอำเภอลาดหลุมแก้ว และอำเภอลาดบัวทอง (เขตจังหวัดปทุมธานี ต่อกับจังหวัดพระนครศรีอยุธยา)
2. บริเวณด้านใต้ของอำเภอไทรน้อย (เขตจังหวัดนนทบุรีต่อกับจังหวัดนครปฐม)
3. บริเวณดอนเมือง
4. บริเวณด้านเหนืออำเภอหนองจอก
5. บริเวณหนองงูเห่า
6. บริเวณด้านเหนืออำเภอบางบ่อ
7. บริเวณด้านตะวันออกเฉียงใต้ของอำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ

เมื่อพิจารณาจากปัจจัยหลาย ๆ ด้านแล้ว จึงได้คัดเลือกบริเวณหนองงูเห่าในพื้นที่ตำบลบางโฉลง ตำบลราชาเทวะ และตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ และได้มอบหมายให้กรมการบินพาณิชย์ดำเนินการจัดซื้อที่ดินส่วนหนึ่งเวนคืนที่ดินส่วนหนึ่งตามพระราชบัญญัติเวนคืนอสังหาริมทรัพย์ในท้องที่ตำบลบางโฉลง ตำบลราชาเทวะ และตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ พ.ศ. 2516 และเป็นที่สาธารณะอีกส่วนหนึ่ง รวมพื้นที่ทั้งสิ้นประมาณ 19,543 ไร่ หรือประมาณ 3,100 เฮกเตอร์ มีความกว้าง 4 กม. ยาว 8 กม. ด้านทิศตะวันออกจรดคลองหนองงูเห่า ทิศตะวันตกจรดคลองลาดกระบัง ทิศเหนือห่างจากถนนสุขุมวิท 77 (ซอยอ่อนนุช) ประมาณ 800 เมตร ด้านใต้ห่างจากถนนบางนา-ตราด ประมาณ 3 กม. การจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาที่ดินได้ดำเนินการระหว่างปี 2506-2516 จึงแล้วเสร็จ สิ้นเงินงบประมาณแผ่นดินประมาณ 129 ล้านบาท หลังจากนั้นได้มีการว่าจ้างบริษัทวิศวกรที่ปรึกษามาศึกษาและวางแผนแม่บท แต่ต่อมารัฐบาลได้เปลี่ยนแปลงนโยบายให้ใช้พื้นที่ดังกล่าวเพื่อประโยชน์ในทางอื่น ในที่สุดคณะรัฐมนตรีได้มีมติในคราวประชุมเมื่อวันที่ 28 เมษายน 2530 รับทราบรายงานผลศึกษาการมีท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ของคณะกรรมาธิการคมนาคม วุฒิสภา ซึ่งสรุปว่าควรสงวนที่ดินบริเวณหนองงูเห่าได้ก่อนเพื่อก่อสร้างท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ตามวัตถุประสงค์ของพระราชบัญญัติเวนคืนอสังหาริมทรัพย์

ปี 2522 การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย (ทอท.) เข้าบริหารกิจการท่าอากาศยานกรุงเทพ จึงได้มีการขยายและพัฒนาท่าอากาศยานกรุงเทพ (สนามบินดอนเมือง) ให้เป็นท่าอากาศยานพาณิชย์สากลที่ทันสมัย ตามแผนระยะยาว 10 ปี (พ.ศ. 2523-2532) โดยปรับปรุงขยายให้สามารถรองรับปริมาณการจราจรได้จนถึงปี 2538 แต่อย่างไรก็ดีจากการที่รัฐบาลมีนโยบายพัฒนาให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการขนส่งทางอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยบรรจุไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) ทำให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำหนดกลยุทธและมาตรการต่าง ๆ มารองรับจนมีส่วนทำให้การขนส่งทางอากาศของประเทศไทยเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลกระทบกับท่าอากาศยานกรุงเทพโดยตรง

ในช่วงระหว่างปี 2530-2534 ท่าอากาศยานกรุงเทพมีปริมาณผู้โดยสารเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 14 ต่อปี สินค้าเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 19 ต่อปี จำนวนสายการบินขึ้นลงที่ท่าอากาศยานกรุงเทพเพิ่มจาก 48 สายการบิน เป็น 62 สายการบิน ซึ่งมากที่สุดในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และจากการพยากรณ์ปริมาณการขนส่งทางอากาศในสองทศวรรษข้างหน้านับตั้งแต่ปี 2533 คาดว่าจะมีผู้โดยสารเพิ่มจาก 16.6 ล้านคนเป็น 35 ล้านคน ในปี 2543 และ 55 ล้านคนในปี 2553 ส่วนปริมาณสินค้าจะเพิ่มจาก 0.4 ล้านตัน เป็น 1.35 ล้านตัน และ 2.46 ล้านตัน ตามลำดับ แต่จากการศึกษาจุดอิ่มตัวและข้อจำกัดในการพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการให้บริการของท่าอากาศยานกรุงเทพ พบว่า ท่าอากาศยานกรุงเทพจะถึงจุดอิ่มตัวในปี พ.ศ. 2543 โดยขีดความสามารถที่จะรองรับปริมาณผู้โดยสารได้ 25 ล้านคน/ปี ดังนั้น จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่ประเทศไทยจะต้องมีท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 มาสนับสนุนและเสริมภารกิจ การให้บริการขนส่งทางอากาศ เพื่อให้ประเทศไทยเป็นศูนย์กลางการขนส่งทางอากาศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และให้การขนส่งทางอากาศเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมต่อไป

จากความจำเป็นเร่งด่วนดังกล่าว โครงการท่าอากาศยานกรุงเทพ แห่งที่ 2 จึงได้เกิดขึ้นเพื่อรองรับปริมาณการขนส่งทางอากาศที่จะเพิ่มขึ้นในอนาคต โดยกระทรวงคมนาคมได้เสนอโครงการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ณ ท้องที่ตำบลบางโฉลง ตำบลราชาเทวะ และตำบลหนองปรือ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 19,543 ไร่ บริเวณดังกล่าวนับว่ามีความเหมาะสมหลายประการ คือ เป็นที่ดินที่จัดซื้อไว้แล้วเพื่อก่อสร้างท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อากาศยาน มีทำเลที่ตั้งเหมาะสม กล่าวคือ มีบลภาวะทางเสียงจากเครื่องบินน้อย เพราะการขึ้น/ลงของเครื่องบินอยู่ใกล้ทะเลอ่าวไทย และไม่มีข้อขัดแย้งด้านปฏิบัติการบินของเครื่องบินที่ใช้ท่าอากาศยานแห่งใหม่กับท่าอากาศยานกรุงเทพ เป็นการสอดคล้องกับการใช้พื้นที่ตามผังเมืองรวมของกรุงเทพมหานครและปริมณฑล โดยให้ ทอท. เป็นผู้ลงทุนในโครงการนี้ และคณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2534 อนุมัติโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ตามที่กระทรวงคมนาคมเสนอ โดยให้กระทรวงคมนาคมเป็นผู้รับผิดชอบ และมอบหมายให้การท่าอากาศยานแห่งประเทศไทยเป็นผู้ดำเนินการ รวมทั้งได้แต่งตั้งคณะกรรมการโครงการท่าอากาศยานกรุงเทพ แห่งที่ 2 ขึ้น โดยมีรัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม เป็นประธาน ผู้ว่าการ ทอท. เป็นกรรมการและเลขานุการ คณะกรรมการได้ดำเนินการคัดเลือกบริษัทที่ปรึกษาทั่วไป ซึ่งประกอบด้วย บริษัทเนเธอร์แลนด์ แอร์พอร์ต คอนซัลแตนท์ จำกัด , บริษัท หลุยส์เบอร์เจอร์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด , บริษัท ดีไซน์ 103 จำกัด , บริษัท เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด , บริษัท อินเด็กซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล กรุ๊ป จำกัด และบริษัท ทีม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนีย จำกัด เป็นบริษัทที่ปรึกษาทั่วไปของโครงการนี้และ ทอท. ได้ลงนามในสัญญาว่าจ้างกลุ่มบริษัทที่ปรึกษา เมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2535

25 สิงหาคม 2535 คณะรัฐมนตรีได้มีมติแต่งตั้งคณะกรรมการบริหารการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 (กทก.) มีรองนายกรัฐมนตรี (นาย ศุภชัย พานิชภักดิ์) เป็นประธาน รัฐมนตรีว่าการกระทรวงคมนาคม เป็นรองประธาน โดยมีผู้ว่าการ ทอท. ร่วมเป็นกรรมการ และรองผู้ว่าการ ทอท. (ฝ่ายพัฒนา) เป็นกรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ และให้ตั้งสำนักงานคณะกรรมการบริหารการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 (สกท.) เพื่อทำหน้าที่ประสานงานการจัดระบบโครงข่ายบริการพื้นฐานสำหรับเชื่อมโยงกับโครงการดังกล่าว รวมทั้งกำกับดูแลการพัฒนาโครงการ

กทก. ได้แต่งตั้งคณะอนุกรรมการให้การสนับสนุน รวม 5 คณะ คือ

1. คณะอนุกรรมการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 มีปลัดกระทรวงคมนาคม เป็นประธาน ทำหน้าที่ประสานการบริหาร กำกับ ดูแลและติดตามประเมินผลการปฏิบัติงานของบริษัทวิศวกรที่ปรึกษาทั่วไป และที่ปรึกษาอื่น ๆ รวมทั้งบริษัทผู้รับเหมาก่อสร้างในงานพัฒนาภายในท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2

2. คณะอนุกรรมการพัฒนาระบบบริการพื้นฐาน สำหรับรองรับเชื่อมต่อกับท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 มีเลขาธิการคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ เป็นประธาน ทำหน้าที่ประสานการบริหาร กำกับ ดูแล และติดตามประเมินผลการปฏิบัติงานของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนที่รับผิดชอบการพัฒนาระบบบริการพื้นฐานสำหรับรองรับเชื่อมต่อกับท่าอากาศยาน

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. คณะอนุกรรมการประสานการโยกย้ายราษฎรกำหนดเขตเวณคืนที่ดิน มีรองปลัดกระทรวงคมนาคม (ฝ่ายการขนส่งทางอากาศ) เป็นประธานทำหน้าที่กำหนดแนวทางและมาตรการโยกย้ายราษฎร และกำหนดแนวเขตเวณคืนที่ดินเพิ่มเติม และแต่งตั้งคณะทำงานเพื่อการโยกย้ายราษฎรออกจากพื้นที่โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ซึ่งมีรองผู้ว่าการการเคหะแห่งชาติ เป็นหัวหน้าคณะทำงาน

4. คณะอนุกรรมการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์เพื่อการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่2 มีผู้อำนวยการองค์การสื่อสารมวลชนแห่งประเทศไทย เป็นประธาน ทำหน้าที่ผลิตเอกสารข่าว บทความ และสื่อประชาสัมพันธ์อื่น ๆ รวมทั้งเป็นศูนย์กลางรวบรวมข่าวสารพัฒนาท่าคากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2

5. คณะอนุกรรมการประสานการแก้ไขผลกระทบสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 (หนองงูเห่า) โดยมีปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเป็นประธาน

สถานที่ตั้งซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 20,000 ไร่ ได้ถูกคัดเลือกไว้ใช้ก่อสร้างสนามบินพาณิชย์สากลมาตั้งแต่เมื่อ 30 กว่าปีแล้วมา มีเนื้อที่ใหญ่เพียงพอที่จะสร้างสนามบินที่มีความคุ้มในขั้นสุดท้ายได้ถึง 100 ล้านคนต่อปีได้อย่างไม่มีปัญหา เพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบของท่าน

- สนามบินดอนเมือง มีเนื้อที่ทั้งหมด 3,900 ไร่ สามารถรับผู้โดยสารได้ 25 ล้านคนต่อปี และไม่สามารถขยายต่อไปได้อีกแล้ว

- สนามบิน CHANGI มีเนื้อที่ 10,400 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 20 ล้านคนต่อปี ขยายขั้นสุดท้ายรับได้ 50 ล้านคนต่อปี

- สนามบินใหม่ HONG KONG มีเนื้อที่ 7,800 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 28 ล้านคนต่อปี ขยายขั้นสุดท้ายรับได้ 87 ล้านคนต่อปี

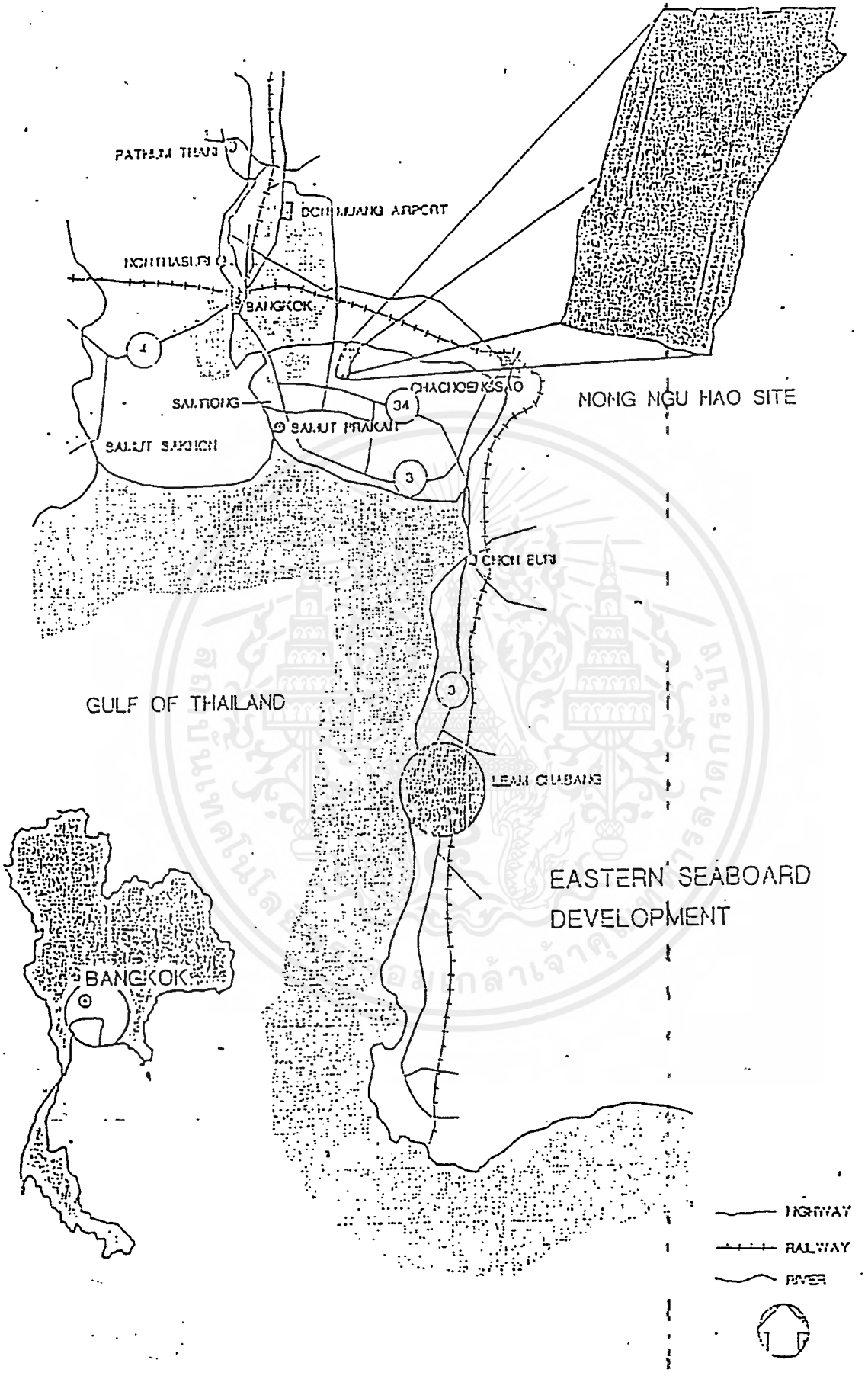
- สนามบิน SEOUL มีเนื้อที่ 21,500 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 25 ล้านคนต่อปี ขยายขั้นสุดท้ายรับได้ 100 ล้านคนปี

- สนามบิน KANSAI มีเนื้อที่ 3,200 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 25 ล้านคนต่อปี ขยายไม่ได้อีกแล้ว

- สนามบิน HEATHROW มีเนื้อที่ 7,100 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 42 ล้านคนต่อปี ขยายขั้นสุดท้ายรับได้ 70 ล้านคนต่อปี

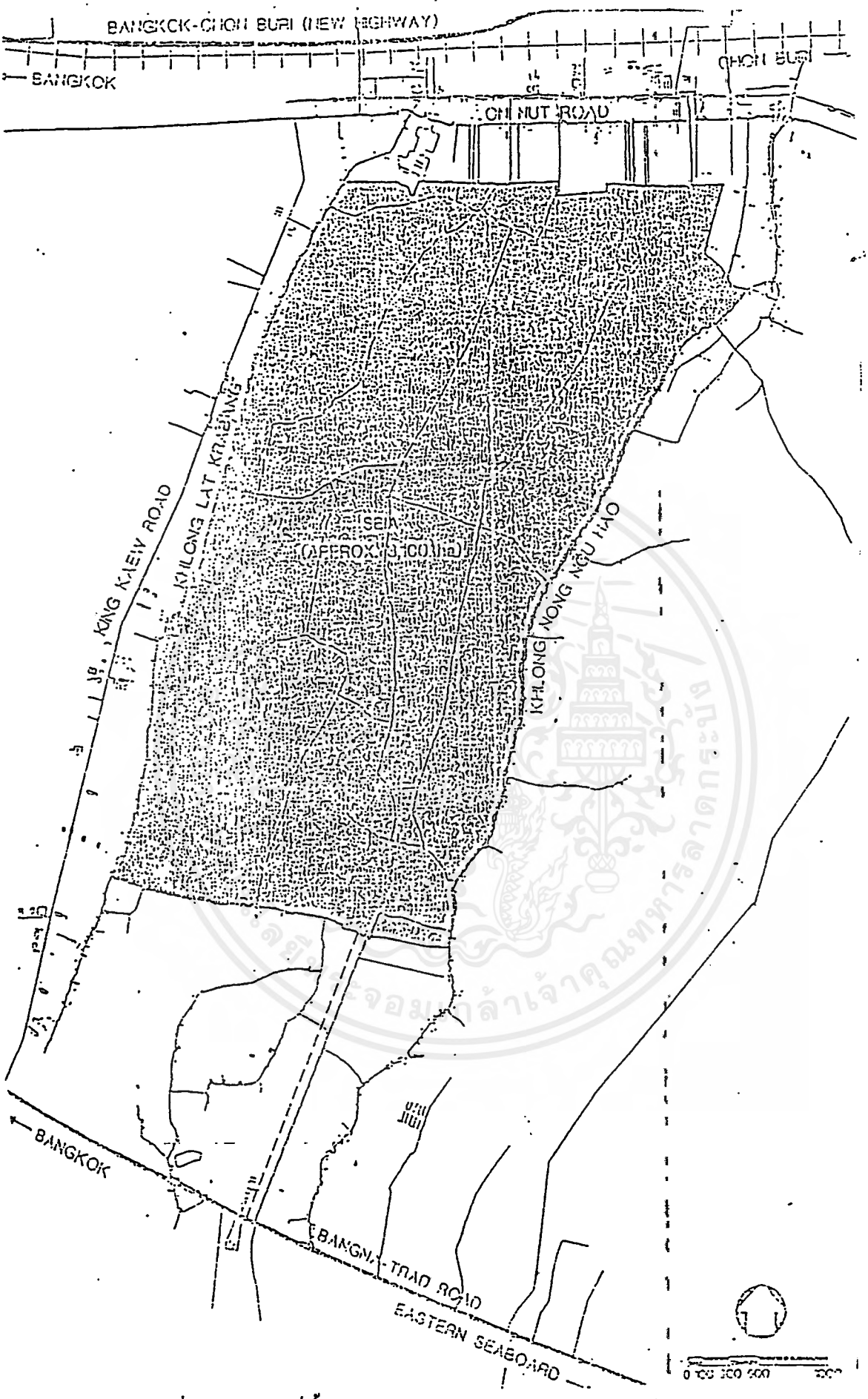
- สนามบิน CHICAGO มีเนื้อที่ 16,000 ไร่ รับผู้โดยสารได้ 50 ล้านคนต่อปี ถือว่าเป็นสนามบินที่ใหญ่ที่สุดของโลกในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



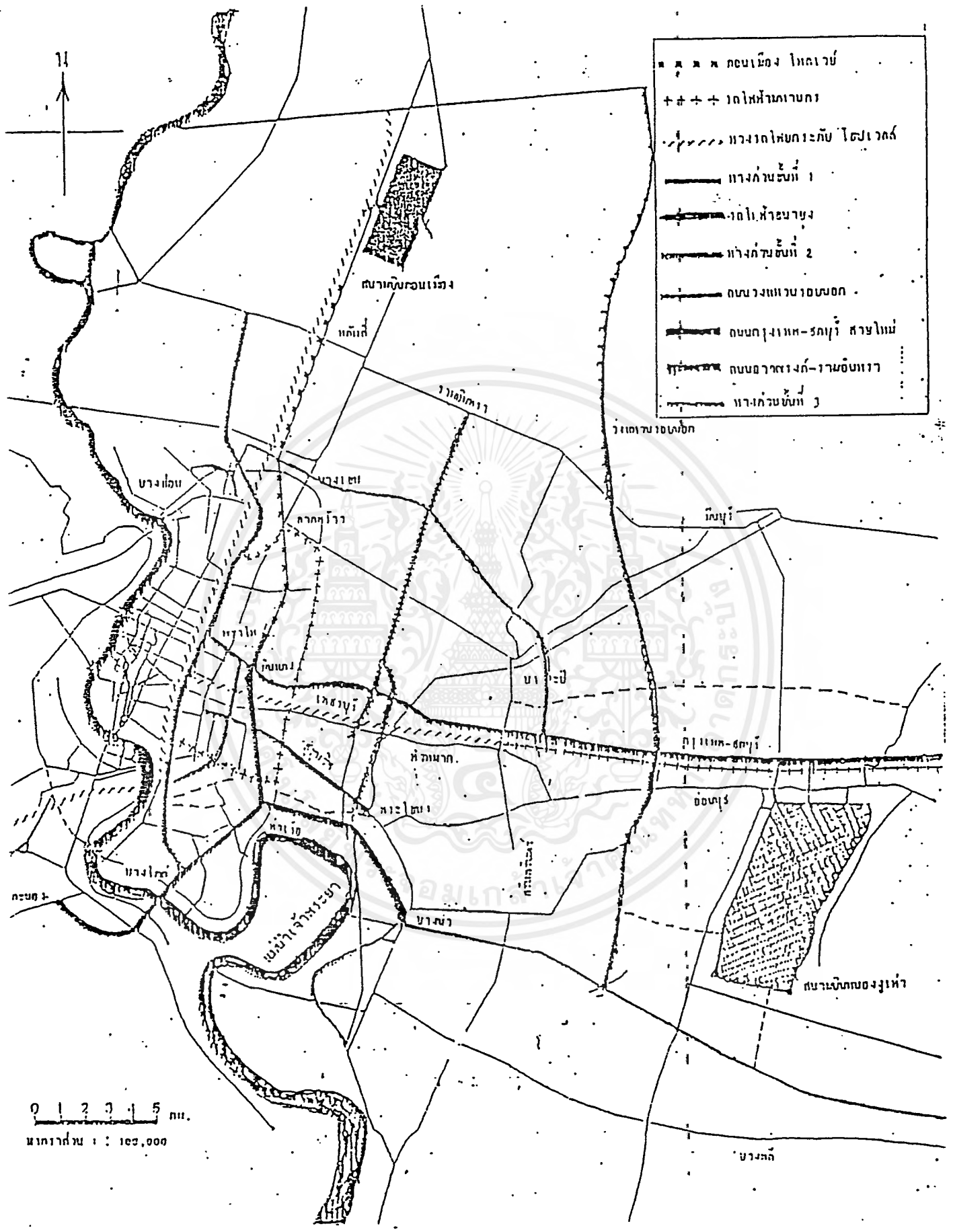
รูปที่ 1-1 ตำแหน่งที่ตั้งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1-2 ลักษณะที่ตั้งของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1-3 โครงข่ายถนน ทางด่วน และ รถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สถานที่ตั้งนี้มีความเหมาะสมในด้านการค้นพาณิชย์ของประเทศเรา เพราะเป็นจุดกึ่งกลางของกรุงเทพมหานคร และโครงการพัฒนาอุตสาหกรรมและความเจริญด้านอื่น ๆ ของ EASTERN SEABOARD ด้วย

ในปี พ.ศ. 2520 รัฐบาลได้ว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศให้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ และวางแผน MASTER PLAN ของสนามบินแห่งนี้ และต่อมาในปี พ.ศ. 2526 รัฐบาลก็ได้ว่าจ้างส่วนหนึ่งของกลุ่มคณะที่ปรึกษาของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ในปัจจุบันให้ทำการวางแผน MASTER PLAN, PRELIMINARY DESIGN เป็นครั้งที่สอง เพราะฉะนั้น การออกแบบ MASTER PLAN ครั้งนี้ จึงนับได้ว่าเป็นครั้งที่สาม และเป็นการศึกษาวิจัยและออกแบบที่ทันสมัยที่สุดของทั้ง 3 ครั้งที่มีมา คณะที่ปรึกษาของท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ได้ใช้เวลาที่ผ่านมา 9 เดือนนี้ ทำการวิจัยศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ที่ดิน LAND USE PLAN และ MATER PLAN หลายสิบชนิดของทางเลือกต่าง ๆ และสรุปว่าทางเลือกที่เป็นไปได้และใช้ประโยชน์ได้ดีที่สุดอยู่ 3 ทางเลือกของการออกแบบวางผังอาคารผู้โดยสาร

	A.D.			
	Existed		Forecast	
	1980	1990	2000	2010
International Passengers (In Thousands)	4,138	10,906	25,656	40,468
Domestic Passengers (In Thousands)	452	3,423	9,360	15,481
Total	4,590	14,329	35,016	55,949
Cargo (In Thousands Tons)	111	447	1,353	2,463
Flight (In Thousands)	54	109	203	279

รูปที่ 1-4 Bangkok Air Traffic Volume ปริมาณการจราจรทางอากาศของกรุงเทพฯ

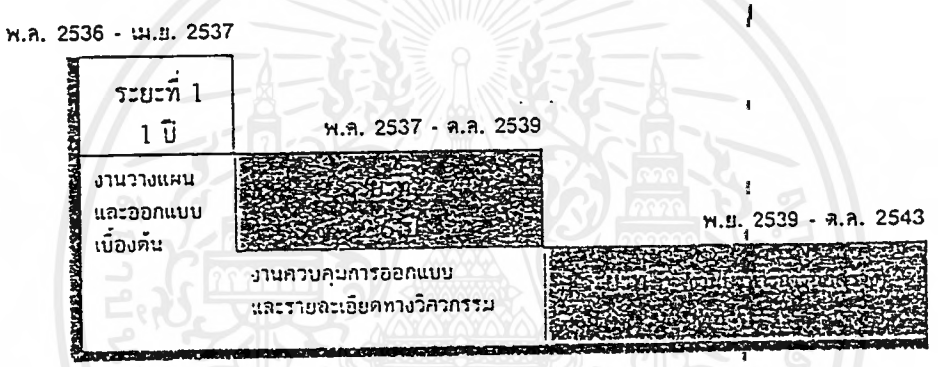
1.2 การดำเนินงานตามโครงการ

หลังจากที่คณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่2 เมื่อวันที่ 7 พฤษภาคม 2534 ทอท. ได้ดำเนินงานตามโครงการโดยได้ทำสัญญาว่าจ้างกลุ่ม NACO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อวันที่ 20 มีนาคม 2535 เป็นวิศวกรที่ปรึกษาของโครงการ (General Engineering Consultant : GEC) ประกอบด้วย

- Netherlands Airport Consultants B.V. (NACO)
- Louis Berger International , Inc.
- บริษัทดีไซน์ 103 จำกัด
- บริษัทเอเชียน เอ็นจิเนียริ่ง คอนซัลแตนท์ จำกัด
- บริษัทอินเด็กซ์ อินเตอร์เนชั่นแนล กรุ๊ป จำกัด
- บริษัททีม คอนซัลติ้ง เอ็นจิเนียร์ จำกัด



รูปที่ 1-5 แผนการก่อสร้างสนามบินตั้งแต่ระยะเริ่มต้นถึงระยะเสร็จสิ้นโครงการ

บริษัทวิศวกรที่ปรึกษาทั่วไป หรือ GEC มีหน้าที่วางแผนและออกแบบเบื้องต้นควบคุมการออกแบบรายละเอียดทางวิศวกรรม ตลอดจนช่วยบริหารการก่อสร้างและประสานงานต่าง ๆ ของโครงการ โดยได้เริ่มปฏิบัติงานตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2535 เป็นต้นมา และได้วางแผนดำเนินงานไว้ 7 ปีครึ่ง นับตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2535 - 31 ตุลาคม 2542 แบ่งงานออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้ คือ

- ระยะที่ 1 (Phase 1) เป็นงานวางแผนและออกแบบเบื้องต้น ระยะเวลาดำเนินงาน 1 ปี นับตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2535 - 30 เมษายน 2536
- ระยะที่ 2 (Phase 2) เป็นงานออกแบบรายละเอียดด้านสถาปัตยกรรมและวิศวกรรม ระยะเวลาดำเนินงาน 2 ปีครึ่ง นับตั้งแต่ 1 พฤษภาคม 2536 - 31 ตุลาคม 2538 ประกอบด้วย
  - งานออกแบบระบบป้องกันน้ำท่วม และควบคุมระดับน้ำ
  - งานทดลองการปรับปรุงคุณภาพดิน
  - งานออกแบบเตรียมพื้นที่ก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- งานออกแบบอาคารผู้โดยสาร
- งานออกแบบทางวิ่ง ทางขับและลานจอดอากาศยาน
- งานออกแบบถนนภายในสนามบิน
- งานออกแบบสถานีแปลงไฟฟ้าย่อย
- งานออกแบบระบบสาธารณูปโภคกลาง
- งานออกแบบสิ่งอำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุงท่าอากาศยาน
- งานศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม
- งานศึกษาด้านวางแผนการบริหารและการเงิน
- งานออกแบบโยกย้ายราษฎร วัด โรงเรียน และ สถานีอนามัย

- ระยะที่ 3 (Phase 3) เป็นช่วงการก่อสร้าง ระยะเวลาดำเนินงาน 4 ปี นับตั้งแต่ 1 พฤศจิกายน 2538 - 31 ตุลาคม 2542 โดยต้องการจะเปิดบริการได้ในปี พ.ศ. 2543

1.3 แผนพัฒนาโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2

ทอท. ได้กำหนดเป้าหมายที่จะพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ให้เป็นศูนย์กลางการบิน (Hub) ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้และเป็นประตูสู่อินโดจีน โดยแบ่งการพัฒนาออกเป็น 2 ระยะ คือ

- ระยะแรก (First Phase) มีเป้าหมายจะพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ให้แล้วเสร็จสามารถเปิดให้บริการได้ในปี พ.ศ. 2543 สามารถรองรับปริมาณผู้โดยสารได้ 30 ล้านคน/ปี ปริมาณเที่ยวบิน 46 ครั้ง/ชั่วโมง และขนถ่ายสินค้าได้ประมาณ 1.45 ล้านตัน/ปี
- ระยะสมบูรณ์ (Ultimate Phase) มีเป้าหมายจะพัฒนาท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ให้มีขีดความสามารถสูงสุด รองรับปริมาณผู้โดยสารได้ถึง 100 ล้านคน/ปี ปริมาณเที่ยวบิน 112 ครั้ง/ชั่วโมง และขนถ่ายสินค้าได้ประมาณ 6.40 ล้านตัน/ปี

การพัฒนาโครงการในระยะแรก

โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ในระยะแรกจะเริ่มพัฒนาทางด้านเหนือของพื้นที่ก่อน เพราะมีโครงข่ายการคมนาคมด้านนอกพร้อมมูลมากกว่า และสอดคล้องกับการปฏิบัติการของอากาศยาน ซึ่งจะใช้ทางวิ่งสำหรับ ขึ้น/ลง ด้านทิศเหนือมากกว่าด้านทิศใต้ ซึ่งในระยะแรกท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 จะมีสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่สำคัญดังนี้

- ทางวิ่ง การก่อสร้างในระยะแรกจะมีทางวิ่ง 2 เส้น และเมื่อโครงการได้รับการพัฒนาเต็มพื้นที่แล้วจะมีทางวิ่งทั้งหมด 4 เส้น แยกเป็นคู่ขนานกัน โดยมีพื้นที่สำหรับอาคารผู้โดยสารและคลังสินค้า รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกสำหรับเสนามาบินอยู่ตรงกลางระหว่างทางวิ่งทั้ง 2 คู่ มีระยะห่างของทางวิ่งแต่ละคู่ 400 เมตร ซึ่งพอเพียงสำหรับการก่อสร้างทางขับขนานทางวิ่งแต่ละเส้นยาวประมาณ 3,700 เมตร และสามารถขยายได้ถึง 4,000 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อโครงการเสร็จเต็มรูปแบบจะมีสมรรถนะในการให้บริการอากาศยานได้ถึง 112 เที่ยวบิน/ชั่วโมง ซึ่งจะสามารถรองรับผู้โดยสารได้ 100 ล้านคน/ปี และสินค้าประมาณ 6.4 ล้านตัน/ปี

- อาคารผู้โดยสาร การออกแบบอาคารผู้โดยสารได้เน้นที่จะให้ท่าอากาศยานแห่งนี้เป็นศูนย์กลางของกิจการบินระบบอาคารทั้งหมดได้รับการออกแบบเพื่อความสะดวก รวดเร็ว และมีประสิทธภาพในการให้บริการแก่ผู้โดยสารทุกประเภท สำหรับโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 เมื่อพัฒนาเต็มโครงการแล้วจะประกอบด้วย กลุ่มอาคารผู้โดยสาร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทางทิศเหนือ และกลุ่มทางทิศใต้ พร้อมด้วยอาคาร Satellite ซึ่งไม่มีทางเข้าจากด้าน Landside

สำหรับการก่อสร้างอาคารผู้โดยสารในระยะแรก จะก่อสร้างกลุ่มอาคารทางด้านเหนือก่อน ซึ่งสามารถรองรับผู้โดยสารในชั่วโมงคับคั่งได้ถึง 9,550 คน หรือ 30 ล้านคน/ปี อาคารนี้จะมีทางเดินเชื่อมภายในอาคาร และมีอาคารเทียบเครื่องบิน (Pier) รวมทั้งหมด 7 อาคาร พร้อมหลุมจอดติดอาคาร 50 หลุมจอด และหลุมจอดระยะไกลอีก 26 หลุมจอด และกรณีที่มีการพัฒนากลุ่มอาคารทางด้านใต้ในภายหลัง อาคารด้านเหนือจะยังคงให้บริการได้โดยไม่ประสบปัญหา หรืออุปสรรคการก่อสร้างแต่อย่างใด

- อาคารคลังสินค้าสามารถรองรับปริมาณสินค้าได้ประมาณ 1.46-2.2 ล้านตัน

-อาคารจอดรถยนต์ที่ติดกับอาคารผู้โดยสารสามารถจอดรถยนต์ได้ไม่น้อยกว่า 5,000 คัน และลานจอดรถยนต์ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของท่าอากาศยานสามารถจอดรถยนต์ได้อีกไม่น้อยกว่า 5,000 คัน

- อาคารโรงแรมภายในท่าอากาศยาน จะเป็นโรงแรมขนาดที่มีห้องพักไม่น้อยกว่า 1,500 ห้อง พร้อมห้องประชุม ห้องจัดเลี้ยง และอาคารจอดรถยนต์อย่างสมบูรณ์แบบ

- สิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ สำหรับท่าอากาศยาน

<u>การเชื่อมโยงระบบคมนาคมรอบนอกกับท่าอากาศยาน</u>

เส้นทางการคมนาคมเข้าออกท่าอากาศยานขนาดใหญ่ จะต้องมีระบบการคมนาคมขนส่งเพียงพอซึ่งต้องอาศัยทั้งระบบถนน และรถไฟ ทั้งนี้เพื่อรองรับการจราจรที่คับคั่งอันเป็นผลมาจากผู้ใช้บริการ เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในท่าอากาศยานและประชาชนทั่วไป

สำหรับเส้นทางเข้าออกท่าอากาศยานแห่งใหม่นี้ สามารถทำได้ 2 ด้าน คือ ด้านทิศเหนือและทิศใต้ แต่ทางด้านทิศเหนือในปัจจุบันจะมีความพร้อมกว่าเนื่องจากมีโครงข่ายบริการพื้นฐานทั้งที่อยู่ในระหว่างการก่อสร้าง และมีแผนการก่อสร้างในระยะต่อไปของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น ระบบทางด่วนขั้นที่ 2 โครงการทางหลวงสายกรุงเทพ-ชลบุรีสายใหม่ ซึ่งผ่านทางด้านทิศเหนือของท่าอากาศยาน และถนนวงแหวนรอบนอกตอนบางปะอิน-บางพลี วิ่งผ่านทางด้านตะวันตกของท่าอากาศยาน นอกจากนี้ยังมีโครงข่ายรถไฟฟ้าไฮปเวลล์ซึ่งเป็นทางรถไฟยกระดับจากรังสิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงหัวลำโพง และจากตลิ่งชัน-หัวหมากจะเป็นแนวเส้นทางที่สามารถพัฒนาเพื่อให้บริการแก่ผู้โดยสารเชื่อมโยงระหว่างกรุงเทพ ฯ ชั้นใน และท่าอากาศยานกรุงเทพ แห่งที่ 2

ทางเข้า-ออก ท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2

เมื่อท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 เปิดให้บริการในปี 2543 จะมีทางเข้า-ออกท่าอากาศยาน 6 เส้นทางด้วยกัน คือ

1. ทางเข้า-ออก สำหรับผู้โดยสารบริเวณ กม.12+700 บนถนนกรุงเทพ ฯ- ชลบุรีสายใหม่

2. ทางเข้า-ออก สำหรับรถสินค้าบริเวณทางแยกต่างระดับร่มเกล้าบนถนนกรุงเทพ ฯ-ชลบุรีสายใหม่

3. ทางเข้า-ออก ด้านตะวันตกของท่าอากาศยานบนถนนประชาอุทิศ โดยเชื่อมต่อกับทางเข้า-ออก สำหรับรถสินค้า

4. ทางเข้า-ออก บนถนนอ่อนนุช

5. ทางเข้า-ออก ด้านใต้บริเวณ กม.15+000 บนถนนบางนา-บางปะกง

6. ทางเข้า-ออก ท่าอากาศยานหลวง บริเวณ กม. 60+000 ทางสายวงแหวนรอบนอกฝั่งตะวันออก

การใช้ที่ดินโดยรอบท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สอง

การพัฒนาการใช้ที่ดินในบริเวณโดยรอบท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่สอง เพื่อให้สอดคล้องกับการพัฒนาภาคมหานคร และพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลตะวันออก ระยะที่ 2 ได้จัดให้มีการศึกษาแผนแม่บทการใช้ที่ดินโดยได้คำนึงถึงข้อกำหนดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ความสอดคล้องในการดำเนินโครงการต่าง ๆ และได้วางแผนการใช้ที่ดินรอบท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สอง ในปี 2533 พัฒนาเป็น 3 เขต ได้แก่

- เขตชั้นที่ 1 บริเวณ 5 กม. โดยรอบท่าอากาศยานสากลกรุงเทพแห่งที่สอง เป็นที่ตั้งของอาคารสำนักงานใหญ่ทั้งภายในและต่างประเทศคลังสินค้าและธุรกิจเกี่ยวกับท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่สองโดยตรง

- เขตชั้นที่ 2 บริเวณ 5-10 กม. เป็นที่ตั้งของธุรกิจที่ได้รับอิทธิพลโดยตรงจากท่าอากาศยาน ฯ ที่อยู่อาศัยของพนักงานท่าอากาศยาน ฯ

- เขตชั้นที่ 3 บริเวณ 15-30 กม. เป็นที่ตั้งของธุรกิจที่ได้รับอิทธิพลทางอ้อมจากท่าอากาศยาน ฯ ที่อยู่อาศัยของพนักงานท่าอากาศยาน ฯ และพนักงานอื่น

1.4 แผนการเงินของโครงการ

เงินลงทุนโครงการ

โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 ในระยะแรก ประกอบด้วยแผนงานการพัฒนา 10 กลุ่ม ตาม Work Breakdown Structure โครงการจะดำเนินการพัฒนากลุ่มงานที่ 1-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับกลุ่มงานที่ 8 และ 9 : Operational Service และ Public Service มีนโยบายแปรรูปให้ภาคเอกชน/รัฐวิสาหกิจเป็นผู้ลงทุน และกลุ่มงานที่ 7 และ 10 : Aeronautical facilities และ Improvements จะดำเนินการโดยหน่วยงานภาครัฐ/รัฐวิสาหกิจ

ประมาณการเงินลงทุนสำหรับ 6 กลุ่มงาน และค่าจ้างบริษัทที่ปรึกษาตามมูลค่าการลงทุนจริง (Money of the day) ประมาณ 77,144,610 ล้านบาท โดยแบ่งครอบคลุมเงินสำรองกายภาพ ดอกเบี้ยเงินกู้ระยะก่อสร้างและค่าใช้จ่ายการบริหารงานแล้วรวมเป็นเงินลงทุนโครงการประมาณ 97,300 ล้านบาท โดยเงินลงทุนโครงการดังกล่าวได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีแล้วเมื่อ 16 พฤษภาคม 2538 โดยมีรายละเอียดดังนี้

DESCRIPTION	PROJECT COSTS
SITE IMPROVEMENTS	6,289.900
MAIN AIRFIELD PAVEMENTS	16,101.994
PASSENGER TERMINAL	36,026.263
SITE UTILITIES	3,396.131
GROUND ACCESS FACALITIES	10,161.097
OPERATIONS SUPPORT FACALITIES	3,907.990
CONSULTANCIES	1,261.235
SUBTOTAL	77,144.610
CONTINGENCY at 10%	7,255.390
FINANCIAL COST	8,000.000
ADMINISTRATIVE COST	4,900.000
TOTAL	97,300.000

รูปที่ 1-6 เงินลงทุนในด้านต่างๆ ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ปัญหาและอุปสรรค

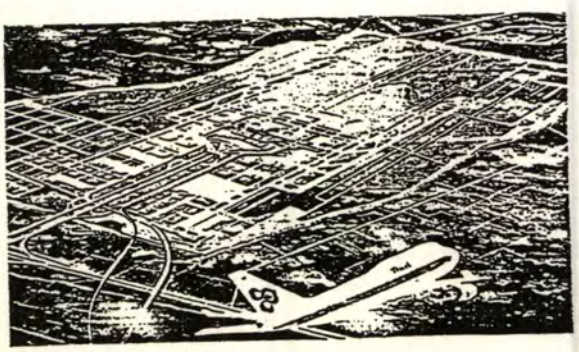
ปัญหาใหญ่ของการดำเนินงานโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ แห่งที่ 2 คือ การโยกย้ายราษฎรจำนวนประมาณ 8,042 คน ออกจากพื้นที่โครงการซึ่งตามตารางเวลาปฏิบัติงานหลักเดิม (Original Master Schdule) กำหนดที่จะโยกย้ายราษฎรและสิ่งปลูกสร้างวัด โรงเรียน และสถานีอนามัย ออกจากพื้นที่โครงการให้แล้วเสร็จภายในปี 2537 แต่ปรากฏว่าไม่สามารถดำเนินการให้เป็นไปตามกำหนดการดังกล่าวได้ เป็นเหตุให้งานโครงการมีแนวโน้มที่จะไม่แล้วเสร็จตามเป้าหมายในปี พ.ศ. 2543 ทอท. จึงได้พิจารณาปรับตารางเวลาปฏิบัติงานหลักใหม่หลายครั้งและครั้งสุดท้ายได้ปรับตารางเวลาปฏิบัติงานหลักใหม่ โดยยังคงรักษากำหนดเวลาแล้วเสร็จของโครงการให้เป็นไปตามเป้าหมายเดิม แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับเงื่อนไขสำคัญ 3 ประการ คือ

1. ต้องอพยพโยกย้ายราษฎรทั้งหมดออกจากพื้นที่โครงการให้แล้วเสร็จภายในเดือนพฤษภาคม 2539

2. ต้องเริ่มงานออกแบบสำคัญ ๆ คือ งานออกแบบอาคารผู้โดยสาร ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดอากาศยาน ภายในเดือนมิถุนายน 2538

3. แก้ไขเปลี่ยนแปลงวิธีการปรับปรุงคุณภาพดิน (Ground Improvement) จากวิธี Preload with Vertical Drain ซึ่งจะต้องใช้ทรายเป็นจำนวนมากไปเป็นวิธีการอื่น ซึ่งอาจมีผลกระทบให้ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างเพิ่มสูงขึ้น

ปัจจุบัน ทอท. สามารถเริ่มงานออกแบบอาคารผู้โดยสาร ทางวิ่ง ทางขับ และลานจอดอากาศยาน ได้ในเดือนมิถุนายน 2538 และกำลังพิจารณาเลือกวิธีการปรับปรุงคุณภาพดิน ดังนั้นเงื่อนไขสำคัญจึงอยู่ที่การโยกย้ายราษฎรทั้งหมดออกจากพื้นที่ให้แล้วเสร็จภายในเดือนพฤษภาคม 2539 เพื่อให้โครงการแล้วเสร็จตามเป้าหมายที่กำหนด



รูปที่ 1-7 โครงการสนามบินหนองงูเห่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 สภาพปัจจุบัน

บริเวณโครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพ ฯ แห่งที่ 2 ตั้งอยู่ที่ตำบลราชาเทวะ อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งอยู่ระหว่างด้านใต้ของถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง ทางด้านเหนือของถนนบางนา-ตราด ทางด้านตะวันออกของถนนกิ่งแก้ว และทางด้านตะวันตกของถนนทางเข้าวัดศรีวารีน้อย โดยมีขนาดความกว้างประมาณ 4 กิโลเมตร และมีความยาวประมาณ 8 กิโลเมตร ปัจจุบันการใช้ที่ดินภายในพื้นที่โครงการเป็นพื้นที่เกษตรกรรมได้แก่ การเลี้ยงปลา สวนมะม่วง ผัก ฯลฯ

พื้นที่โดยรอบโครงการมีสภาพการใช้ที่ดินดังนี้

1. บริเวณด้านเหนือของโครงการ

พื้นที่ด้านเหนือของโครงการจดสุดเขตกรุงเทพมหานคร ที่เขตลาดกระบัง โดยมีเส้นทางคมนาคมสายหลัก ดังนี้

- ถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง อยู่ในระหว่างการขยายเขตทางและปรับปรุงมาตรฐาน
- คลองประเวศบุรีรมย์
- เส้นทางรถไฟสายตะวันออก ซึ่งขนานกับถนนอ่อนนุช
- ทางหลวงแผ่นดินกรุงเทพ-ชลบุรี (สายใหม่) ซึ่งอยู่ทางเหนือของสุดเขตโครงการในระยะ 1,400-1,800 เมตร
- ถนนเทพศิรินทร์ร่มเกล้า เชื่อมระหว่างถนนร่มเกล้าและถนนฉลองกรุง
- ถนนร่มเกล้า อยู่ในแนวเหนือ-ใต้ ซึ่งเชื่อมถนนสุขาภิบาล 3 และถนนอ่อนนุช- ลาดกระบัง
- ถนนฉลองกรุง 1,2 และ 3 เชื่อมระหว่างถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง กับถนนสายอื่น ๆ ด้านเหนือ เช่น ถนนสุวินทวงศ์
- ถนนโครงการ ICD ขนาด 6 ช่องจราจรอยู่ในแนวเหนือ-ใต้ เชื่อมระหว่างถนนเข้าคุณทหารและถนนกรุงเทพ-ชลบุรี (สายใหม่)

การใช้ที่ดินด้านเหนือของโครงการมีดังนี้

1) พื้นที่ด้านใต้ทางหลวงสายกรุงเทพ-ชลบุรี (สายใหม่) จนจดด้านเหนือของโครงการเป็นพื้นที่อยู่อาศัยและย่านการค้าซึ่งมีการพัฒนามาเป็นระยะเวลานานพอสมควร โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณสองฝั่งคลองประเวศ ซึ่งประกอบด้วยการใช้ที่ดิน ดังนี้

- ย่านที่อยู่อาศัยแบบผสม มีความหนาแน่นในบริเวณถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง ริมคลองประเวศ และบริเวณใกล้เส้นทางรถไฟสายตะวันออก
- หมู่บ้านจัดสรร ได้แก่ หมู่บ้านเคหะนคร 2 หมู่บ้านสินธร หมู่บ้าน การ์เดนโฮมวิลเลจ
- สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนวัดลาดกระบัง โรงเรียนวัดปลูกศรัทธา สังกัดกรุงเทพมหานคร และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) พื้นที่ด้านใต้ถนนเข้าคุณทหารจนจดทางหลวงกรุงเทพ- ชลบุรี (สายใหม่) มีการใช้ที่ดินดังนี้

- ที่อยู่อาศัยแบบผสม ได้แก่บริเวณสองข้างถนนหลักและถนนซอยบริเวณริมคลอง3 และคลอง 4

- หมู่บ้านจัดสรร ได้แก่ หมู่บ้านร่มเกล้า หมู่บ้านร่มฤดี หมู่บ้านรุ่งกิจวิลล่า ซึ่งอยู่ในแนวถนนร่มเกล้า หมู่บ้านไดอิ้เพลส บริเวณถนนฉลองกรุง 3

- บริเวณสถานีปลายทางขนส่งถ่ายสินค้า ICD ซึ่งอยู่ทางเหนือของทางหลวงกรุงเทพ-ชลบุรี (สายใหม่) ซึ่งอยู่ทางเหนือของ Runway ตะวันตกและตะวันออก ซึ่งจะได้รับผลกระทบของเสียงในระดับต่ำ

3) พื้นที่ด้านเหนือของถนนเข้าคุณทหารลาดกระบัง มีการใช้ที่ดินดังนี้

- ที่อยู่อาศัยแบบผสม อยู่ในบริเวณถนนร่มเกล้า ถนนเข้าคุณทหาร ถนนฉลองกรุง คลองสาม และ คลองสี่

- หมู่บ้านจัดสรร ได้แก่ หมู่บ้านนครินทร์การ์เดน หมู่บ้านพาราไดซ์ หมู่บ้านวัฒนา ซึ่งอยู่ในบริเวณถนนร่มเกล้า ส่วนบริเวณถนนเข้าคุณทหาร ได้แก่ หมู่บ้านมูลาไดโพลส หมู่บ้านชื่นเจริญพาร์ค หมู่บ้านเข้าคุณ ซึ่งจะได้รับผลกระทบของเสียงในระดับต่ำ

- นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง อยู่ระหว่าถนนฉลองกรุง และถนนเข้าคุณทหารจะได้รับผลกระทบในระดับต่ำ

2. บริเวณด้านใต้ของโครงการ

พื้นที่ด้านใต้ของโครงการ จดคลองเทวะตรง ตำบลราชเทวะ มีการใช้ที่ดินดังนี้

1) บริเวณด้านใต้ของโครงการจนจดถนนบางนา-ตราด มีดังนี้

- ที่อยู่อาศัยแบบผสม ได้แก่ บริเวณสองข้างถนนบางนา-ตราด และถนนซอยบริเวณคลองหนองงูเห่า และคลองลาดกระบัง

- บ้านจัดสรร ได้แก่ บ้านจัดสรรกลุ่มผู้มีรายได้สูง คือ โครงการธนาซิตี้ ประกอบด้วยคอนโดมีเนียม บ้านเดี่ยว ทาวน์เฮาส์ สนามกอลฟ์ คลับเฮาส์ ฯลฯ นอกจากนี้ยังมีโครงการกรีนเลค ซึ่งมีเฉพาะบ้านเดี่ยวบริเวณรอบทะเลสาป โครงการกรีนแมนชั่น และโครงการพูลเจริญคอนโดทาวน์ ที่กำลังดำเนินการก่อสร้างตั้งอยู่ในพื้นที่ระหว่างคลองหนองงูเห่าและคลองขระเข้

2) บริเวณด้านใต้ถนนบางนา-ตราด จนจดถนนเทพารักษ์

- บริเวณที่อยู่อาศัยและพาณิชยกรรมแบบผสม ได้แก่ บริเวณถนนบางนา-ตราด และถนนซอย ซึ่งมีบ้านหลายลักษณะของผู้ที่มีรายได้ระดับต่างๆ เช่นบ้านพักของคนงานหรือผู้มีรายได้ต่ำในบริเวณเกาะใหญ่ เกาะเล็ก บริเวณซอยวัดบางพลีใหญ่ ชุมชนที่อยู่อาศัยบริเวณด้านเหนือของวัดบางพลีใหญ่กลาง

- บ้านจัดสรร ได้แก่ โครงการกรีนวัลเล่ย์ ซึ่งเป็นโครงการที่ขนาดใหญ่ที่สุดในบริเวณนี้ โดยมีสนามกอล์ฟในพื้นที่โครงการด้วย อย่างไรก็ตามยังมีประชากรอาศัยในโครงการน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากที่ดินส่วนใหญ่ยังมิได้ถูกสร้างบ้าน และยังมีอีก 2 โครงการ คือ โครงการโนเบิลโฮม ซึ่งเป็นโครงการบ้านเดี่ยว 130 หลัง และโครงการโนเบิลพาร์ค ซึ่งเป็นทาวน์เฮาส์ ขนาด 3 ชั้น จำนวน 1,100 หลัง ซึ่งเป็นโครงการที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงแห่งหนึ่ง

- สถานศึกษา ได้แก่ โรงเรียนวัดบางพลีใหญ่ (ประถมศึกษา) โรงเรียนบางพลีราษฎร์บำรุง (มัธยมศึกษา) โรงเรียนวัดบางโฉลงใน (ประถมศึกษา) โรงเรียนพลูเจริญวิทยาคม (กรมสามัญศึกษา) และโรงเรียนวัดบางโฉลงนอก

- วัด ได้แก่ วัดบางพลีใหญ่ วัดบางพลีใหญ่กลาง วัดบางโฉลงใน และวัดบางโฉลงนอก

- สถานที่ราชการ ได้แก่ ที่ว่าการอำเภอบางพลี สถานีตำรวจภูธรบางพลี

3) บริเวณด้านใต้ถนนเทพารักษ์

พื้นที่บริเวณดังกล่าว ยังคงเป็นพื้นที่เกษตรกรรมทิ้งร้างเป็นส่วนใหญ่ มีหมู่บ้านจัดสรรได้แก่

- หมู่บ้านนันทนาการ์เดนท์ โครงการบ้านเดี่ยว กำลังก่อสร้าง

- โครงการบางพลีซิตี้ ประกอบด้วย ตึกแถว 3 ชั้น แฟลตให้เช่า และโครงการโรงงานขนาดเล็ก

3. บริเวณด้านทิศตะวันออกของโครงการ

บริเวณด้านตะวันออกของโครงการจดคลองหนองงูเห่า ถัดออกไปเป็นบึงบ่ลาเหม็นอ่อน นุช และคลองจรเข้ เป็นบริเวณที่มีชุมชนริมคลองอาศัยอยู่มาเป็นเวลานาน ได้แก่

- วัดหัวตู้วราราม โรงเรียนวัดหัวตู้ และสถานีอนามัย

- โรงเรียนปากคลองมอญ

- วัดศรีวราน้อย และโรงเรียนวัดศรีวราน้อย

- โรงพยาบาลหัวเฉียวและมหาวิทยาลัยหัวเฉียว ซึ่งอยู่ติดกับถนนบางนา- ตราด บริเวณทางเข้าวัดศรีวารีน้อย

4. บริเวณด้านตะวันตกของโครงการ

พื้นที่ด้านตะวันตกของโครงการจดกับคลองลาดกระบัง ถนนกิ่งแก้ว-ลาดกระบัง และคลองชวนลาดพร้าว เป็นบริเวณที่มีการตั้งถิ่นฐานอย่างหนาแน่นและเป็นย่านพาณิชยกรรม อุตสาหกรรมและคลังสินค้าในบริเวณสองข้างถนนกิ่งแก้ว-ลาดกระบัง

- บริเวณที่พักอาศัย นอกเหนือจากที่พักอาศัยแบบผสม ซึ่งปลูกสร้างในช่วงเวลาต่าง ๆ และประเภทต่าง ๆ แล้ว ยังมีโครงการบ้านจัดสรรในระยะ 2 กิโลเมตร ได้แก่ หมู่บ้านวินด์มิลล์พาร์ค ซึ่งมีสนามกอล์ฟในโครงการด้วย ส่วนบริเวณที่พักอาศัยที่มีความหนาแน่นสูง ได้แก่ หมู่บ้านราชาเทวะ ซึ่งเป็นหมู่บ้านรุ่นเก่าเป็นบ้านแถว 1-2 ชั้น และบ้านเช่าในบริเวณใกล้วัดกิ่งแก้ว

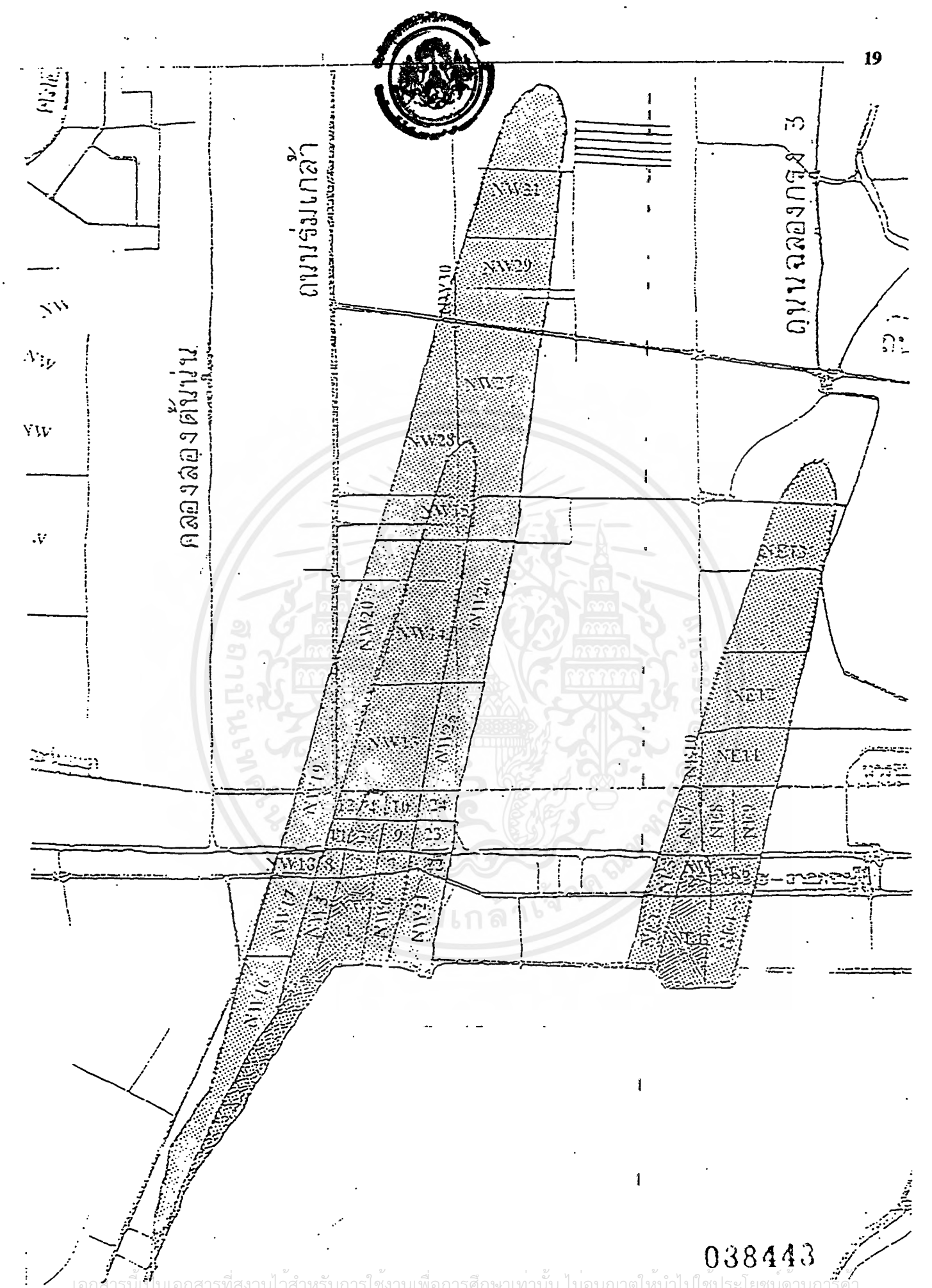
- โรงเรียน ได้แก่ โรงเรียนวัดกิ่งแก้ว โรงเรียนคลองลาดกระบัง

- วัด ได้แก่ วัดกิ่งแก้ว วัดคลองชวดลากข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1-8 ลักษณะอาคารและการใช้ที่ดินในพื้นที่ใต้โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2 ด้านทิศใต้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



038443

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1-9 ลักษณะอาคารและการใช้ที่ดินในพื้นที่ใต้โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2

ด้านทิศเหนือ

- โรงงานและคลังสินค้าในเขตถนนกิ่งแก้ว ช่วงระหว่างถนนอ่อนนุช จนจดถนนบางนา-ตราด ซึ่งมีประมาณ 80 แห่ง เป็นโรงงานขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีการสร้างโครงการ Minifactory และ Mini-Office หลายโครงการ ได้แก่ โครงการ Park View City โครงการ S.C. Home-Office และโครงการ S.C. Mini-Office

เนื่องจากในเขตพื้นที่โดยรอบโครงการอยู่ใกล้เส้นทางคมนาคมสายหลัก จึงมีการปลูกสร้างอาคารต่าง ๆ มากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่พักอาศัย ซึ่งเป็นอาคารประเภทที่มีความไวต่อเสียง หากไม่มีการแก้ไขปัญหาการขยายตัวของชุมชนในบริเวณโดยรอบโครงการแล้ว ในอนาคตเมื่อก่อสร้างสนามบินเสร็จภายหลังปี 2543 จะทำให้มีที่อยู่อาศัยหนาแน่นในพื้นที่โดยรอบโครงการ ซึ่งจะก่อให้เกิดปัญหาผลกระทบด้านเสียงจากโครงการในระดับที่รุนแรงมากขึ้น

<u>1.7 ผลกระทบของเสียงจากโครงการต่อการใช้ที่ดิน</u> (ดูรูปประกอบ)

1 NOISE ZONE ทางด้านฝั่งตะวันออก ประกอบด้วย Noise Zone 3 ระดับ คือ NEF > 40 NEF 35-40 และ NEF 30-35

1.1 NOISE ZONE OF NEF > 40

1) ZONE SE1

การใช้ที่ดินปัจจุบันเป็นพื้นที่นาร้าง และบ่อปลา ไม่มีสิ่งก่อสร้างใด ๆ ในบริเวณนี้

1.2 NOISE ZONE OF NEF 35-40 มีทั้งหมด 4 Zone ย่อย คือ

1) ZONE SE2 มีบ้าน 3 หลัง (รายได้ต่ำ ,บ้านริมคลองเทวะตรง) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทิ้งร้าง

2) ZONE SE3 มีบ้าน 24 หลัง (รายได้ต่ำ ,บ้านริมคลองบางโฉลง) มีโกดังพัฒนากิ่งแก้ว

3) ZONE SE4 มีบ้าน 88 หลัง (รายได้ต่ำ ,บ้านริมคลองบางโฉลง) นอกจากนั้นเป็นโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณถนนบางนา-ตราด

4) ZONE SE5 บ้าน 13 หลัง (รายได้ปานกลาง-สูง) ซึ่งอยู่ด้านใต้ถนนบางนา-ตราด ริมคลองบางโฉลง

1.3 NOISE ZONE OF NEF 30-35 มี 17 พื้นที่ย่อย ดังนี้

1) ZONE SE6 บ้าน 36 หลัง (รายได้ต่ำ) ซึ่งอยู่ใต้คลองเทวะตรง เป็นพื้นที่เกษตรกรรม และส่วนหนึ่งของโครงการธนาซิตี้

2) ZONE SE7 บ้าน 12 หลัง (รายได้ต่ำ) ส่วนใหญ่เป็นบ้านริมคลองบางโฉลงฝั่งตะวันตก การใช้ที่ดินเป็นเกษตรกรรม

3) ZONE SE8 บ้าน 65 หลัง (รายได้ต่ำ) ริมคลองบางโฉลงฝั่งตะวันออก การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นบ่อปลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ZONE SE9 โครงการที่พักอาศัยกรีนแบนชั่น ขณะนี้สร้างเสร็จบางส่วน คือ ทาวน์เฮาส์ 12 แถว สูง 2 ชั้น ขนาดที่ดิน 18-20 ตารางวา ราคา 1.2-1.6 ล้านบาท และมีโครงการพูลเจริญ คอนโดทาวน์ รวม 658 หน่วยราคาหน่วยละ 270,000- 600,000 บาท

5) ZONE SE10 บ้าน 222 หลัง (รายได้ต่ำ) ในบริเวณหมู่ 6 บ้านบางโฉลง อำเภอบางพลี

6) ZONE SE11 บ้าน 174 หลัง (รายได้ต่ำ-ปานกลาง) รายล้อมบริเวณอุตสาหกรรมและคลังสินค้าบริษัทสามมิตรออโต้พาร์ท ในบริเวณถนนบางนา-ตราดและซอยแยก

7) ZONE SE12 บ้าน 62 หลัง (รายได้ปานกลาง-สูง) อยู่ทางตะวันออกของซอยวิทยาลัยแกริก มีอาคารเรียนของวิทยาลัยแกริก 2 หลัง

8) ZONE SE13 มีบ้าน 71 หลัง (รายได้ต่ำ-รายได้ปานกลาง) อยู่ในซอยทางเข้าวัดบางโฉลงใน และมีโรงเรียนพูลเจริญวิทยาคม (กรมสามัญศึกษา) และโรงพยาบาลเซ็นทรัลพาร์ค สูง 5 ชั้น เป็นโรงพยาบาลเอกชน

9) ZONE SE14 เป็นพื้นที่วัดบางโฉลงใน และโรงเรียนวัดบางโฉลงในซึ่งประกอบด้วยกุฏิ 8 หลัง และอาคารเรียน 3 หลัง

10) ZONE SE15 เกาะเล็ก มีบ้าน 40 หลัง อยู่ในเกาะเล็ก หมู่บ้านบางโฉลง หมู่ 1 อำเภอบางพลี สมุทรปราการ เป็นชุมชนรายได้ต่ำ และหนาแน่น

11) ZONE SE16 มีบ้าน 108 หลัง อยู่ในเกาะใหญ่ หมู่บ้านบางโฉลง หมู่ 2 อำเภอบางพลี สมุทรปราการ เป็นชุมชนรายได้ต่ำ ลักษณะเดียวกับ ZONE SE15

12) ZONE SE17 มี 224 หลัง เป็นสลัม บ้านพักชั่วคราวคนงานก่อสร้างบริเวณด้านตะวันออกของโครงการกรีนวัลเล่ย์

13) ZONE SE18 ประกอบด้วยบ้านรายได้สูง 5 หลัง ในโครงการกรีนวัลเล่ย์ และบ้านพักอาศัยรายได้ปานกลางบริเวณด้านใต้ของถนนบางนา-ตราด นอกนั้นเป็นโรงงานและคลังสินค้า

14) ZONE SE19 ประกอบด้วยบ้านรายได้สูง 23 หลัง ในโครงการกรีนวัลเล่ย์

15) ZONE SE20 มีบ้าน 83 หลัง เป็นที่อยู่อาศัยรายได้ต่ำริมคลองบางโฉลง การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรม

16) ZONE SE21 มีบ้าน 32 หลัง เป็นบ้านรายได้ต่ำเหนือคลองส่โรงและค้ นี้ต้ โครงการกรีนวัลเลย์

17) ZONE SE22 มีบ้าน 93 หลัง เป็นรายได้ปานกลาง-รายได้ต่ำในบริเวณด้านใต้คลองสำโรงจนจดด้านเหนือของถนนเทพารักษ์เป็นพื้นที่ทิ้งร้าง และโรงงานอุตสาหกรรมริมคลองบางโฉลง

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

18) ZONE SE23 ประกอบด้วยโครงการทางพลีซิตี้ ลักษณะโครงการด้านหน้าเป็นตึกแถว 51 คูหา รวมทั้งแฟลตให้เช่า จำนวน 4 อาคาร ด้านในของโครงการอยู่ในระหว่างทำการก่อสร้างโครงการโรงงานขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังมีโครงการบ้านจัดสรรกำลังดำเนินการถมดิน ได้แก่ โครงการนันทนาการ์เดนท์ ซึ่งเริ่มก่อสร้างจากบริเวณด้านท้ายโครงการขึ้นมาทางเหนือ

2 NOISE ZONE ทางด้านใต้ฝั่งตะวันตก ประกอบด้วย NOISE ZONE 2 ระดับ คือ NEF 35-40 และ NEF 30-35 ดังนี้

2.1 NOISE ZONE NEF 35-40 ประกอบด้วยพื้นที่ย่อย 2 แห่ง

1) ZONE SW1 มีบ้าน 7 หลัง (รายได้ต่ำ) ด้านใต้ขอบคลองเทวะตรงซึ่งเป็นขอบเขตด้านทิศใต้ของโครงการ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเกษตรกรรม (บ่อปลา)

2) ZONE SW2 ครอบคลุมพื้นที่ในธนาซิตี้ โครงการย่อย 2 โครงการ คือ

ก) โครงการธนาเพลส (Thana Place) ในปัจจุบันนี้ มีการก่อสร้างอาคารเสร็จสิ้นไปแล้วบางส่วน โครงการธนาเพลสประกอบด้วย

- บ้านเดี่ยว 2 ชั้น จำนวน 13 หน่วย (เฉพาะที่ปลูกสร้างแล้ว) ขนาดที่ดิน 50-59 ตารางวา มีแบบบ้านต่างๆ ดังนี้ (ขนาดโครงการมีทั้งหมด 300 หน่วย)

พาวิยอง : พื้นที่ใช้สอย 198 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ

เมซอน : พื้นที่ใช้สอย 138 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ

ซาโต : พื้นที่ใช้สอย 200 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ

ชาเล : พื้นที่ใช้สอย 165 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ

เมซอนเน็ต : พื้นที่ใช้สอย 135 ตารางเมตร 3 ห้องนอน 3 ห้องน้ำ

- คอนโดมิเนียมบ้านสวน สูง 6 ชั้น จำนวน 3 อาคาร พื้นที่ใช้สอย 45 ตารางเมตร รวม 192 หน่วย ราคา 710,000-900,000 บาท

- คอนโดมิเนียมบ้านสวน สูง 4 ชั้น จำนวน 9 อาคาร พื้นที่ใช้สอย 60 ตารางเมตร 2 ห้องนอน รวม 264 หน่วย ราคา 1.1-1.8 ล้านบาท

ข) โครงการเพรสทิจเฮาท์ เป็นโครงการบ้านเดี่ยวระดับรายได้สูงขนาดที่ดิน 1 ไร่ขึ้นไป ปลูกสร้างแล้วจำนวน 8 หลัง

2.2 NOISE ZONE NEF 30-35 ประกอบด้วยพื้นที่ย่อย 7 แห่ง

1) ZONE SW3 มีบ้าน 7 หลัง (รายได้ต่ำ) อยู่ด้านใต้ของคลองเทวะตรง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นบ่อปลา

2) ZONE SW4 มีบ้าน 10 หลัง (รายได้ต่ำ) อยู่ด้านใต้ของคลองเทวะตรง เป็นพื้นที่เกษตรกรรมทิ้งร้าง

3) ZONE SW5 มีบ้าน 36 หลัง (รายได้สูง) อยู่ในโครงการกรีนเลค ซึ่งมีขนาดที่ดิน 200 ตารางวา ถึง 1 ไร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ZONE SW6 เป็นพื้นที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ของธนาซิตี้ ประกอบด้วยโครงการย่อยหลายโครงการ คือ

- Prestige Housing 2 (บางส่วน) บ้านเดี่ยวทางด้านตะวันออกและท้ายโครงการด้านตะวันตก จำนวน 23 หลัง

- California House บ้านเดี่ยว 2 ชั้น เนื้อที่ 80-100 ตารางวา จำนวน 63 หลัง พื้นที่ใช้สอย 185-204 ตารางเมตร (ทั้งโครงการ) ในขณะนี้ยังไม่ปลูกสร้างอาคาร

- Habitat Housing บ้านทรงอิสระ เนื้อที่50-110 ตารางวา พื้นที่ใช้สอย 130-260 ตารางเมตร ในขณะนี้มี จำนวน 96 หลัง

- Gardenview Townhouse ขนาดเนื้อที่ 40 ตารางวา พื้นที่ใช้สอย 233 ตารางเมตร ขนาด 3 ห้องนอน และ Waterside Townhouse ขนาด 40 ตารางวา พื้นที่ใช้สอย 217 ตารางเมตร ขนาด 4 ห้องนอน ทั้ง 2 แบบ จำนวนรวม 72 หน่วย

- Prestige Condominium จำนวน 6 อาคาร พื้นที่ใช้สอย 186-700 ตารางเมตร

5) ZONE SW7 บริเวณส่วนใหญ่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ซึ่งอยู่ในซอยทางเข้าโครงการ Green Lake มีบ้าน 8 หลัง ในโครงการกรีนเลค (รายได้สูง)

6) ZONE SW8 เป็นพื้นที่ระหว่างโครงการธนาซิตี้ และกลุ่มอุตสาหกรรมในซอยหมู่บ้านกรีนเลค โดยมีคลองดันไทรเป็นแนวกั้นเขต มีบ้าน 5 หลัง (รายได้ต่ำ) ส่วนใหญ่เป็นบ้านพักคนงานและโรงงาน

7) ZONE SW9 เป็นพื้นที่ด้านใต้ถนนบางนา-ตราด ทางด้านตะวันออกของซอยวัดบางพลี ด้านเหนือโครงการ Noble Home ส่วนใหญ่เป็นบ้านพักคนงาน สลัมในหมู่บ้านบางโฉลง หมู่ 3 จำนวน 146 หลัง (รายได้ต่ำ) ยังมีพื้นที่ทิ้งร้างอีกมากในเขตนี้ นอกจากนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมในบริเวณนี้ 3 แห่ง

3 NOISE ZONE ทางด้านเหนือฝั่งตะวันตก ประกอบด้วย NOISE ZONE ในระดับ NEF > 40 , NEF 35-40และ NEF 30-35

3.1 NOISE ZONE NEF > 40 ประกอบด้วยพื้นที่ 4 แห่ง คือ

1) ZONE NW1 ประกอบด้วย ทาวน์เฮาส์ 8 หลัง (รายได้ปานกลาง) สูง 2 ชั้น ทรงอิสระ และบ้านรายได้ต่ำริมคลองลาดกระบัง 6 หลัง พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่โล่งและสวนผลไม้

2) ZONE NW2 มีบ้าน 12 หลัง ในบริเวณด้านใต้คลองประเวศจดถนนอ่อนนุช ด้านเหนือ รายได้ปานกลาง-สูง

3) ZONE NW3 มีบ้าน 21 หลัง ในซอยประชาสุขใจ (ซอยวัดลาดกระบัง) เป็นบ้านระดับรายได้ปานกลาง-รายได้ต่ำ

4) ZONE NW4 มีบ้าน 35 หลัง ในซอยประชาสุขใจ ระดับรายได้ ปานกลาง- รายได้ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 NOISE ZONE NEF 35-40 มีดังนี้

1) ZONE NW5 ประกอบด้วย ทาวน์เฮาส์ทรงอิสระ 46 หลัง สูง 2 ชั้น ระดับรายได้ปานกลาง บ้านเช่า 3 หลัง (รายได้ต่ำ) และบ้านรายได้ปานกลาง 10 หลัง

2) ZONE NW6 มีบ้าน 31 หลัง (ระดับรายได้ปานกลาง) อยู่ใต้คลองประเวศจดถนนอ่อนนุช

3) ZONE NW7 มีบ้าน 9 หลัง (ระดับรายได้ปานกลาง) อยู่ใต้คลองประเวศจนจดถนนอ่อนนุช

4) ZONE NW8 มีอาคาร 4 หลัง เป็นสำนักงานขายรถยนต์ ร้านค้า ฯลฯ และที่อยู่อาศัย 7 หลัง ระดับรายได้ปานกลาง ในบริเวณทางตะวันตกของถนนร่มเกล้าจนจดถนนอ่อนนุช

5) ZONE NW9 มีบ้าน 67 หลัง เป็นบ้านรายได้ต่ำ-ปานกลาง ในซอยวัดลาดกระบัง

6) ZONE NW10 มีบ้าน 82 หลัง ระดับรายได้ต่ำ-ปานกลาง ในซอยวัดลาดกระบัง

7) ZONE NW11 มีบ้าน 5 หลัง อยู่บริเวณทางเข้าวัดลาดกระบัง รายได้ปานกลาง

8) ZONE NW12 มีบ้าน 14 หลัง ในซอยประชาสุขใจ ด้านใต้ของทางรถไฟสายตะวันออก เป็นบ้านรายได้ปานกลาง

9) ZONE NW13 มีบ้าน 48 หลัง เป็นบ้านรายได้ต่ำ ในบริเวณด้านใต้ของหมู่บ้านร่มสุข จดทางรถไฟสายตะวันออก

10) ZONE NW14 ประกอบด้วย บ้านจัดสรร 3 โครงการ ในบริเวณด้านใต้ของซอยวัดบำรุงรื่น จดหมู่บ้านร่มสุขได้แก่

- หมู่บ้านร่มสุข บ้านเดี่ยว 2 ชั้น ขนาด 2-3 ห้องนอน 92 หลัง (รายได้ปานกลาง)
- หมู่บ้านร่มฤดี บ้านเดี่ยว 2 ชั้น จำนวน 67 หลัง ยังไม่มีผู้อยู่อาศัย
- หมู่บ้านสราญวงศ์ บ้านเดี่ยว 2 ชั้น 38 หลัง ราคา 1.4 ล้านบาท ยังไม่มีผู้อาศัย (รายได้ปานกลาง)
- บ้าน 13 หลัง เป็นรายได้ต่ำ-ปานกลาง บริเวณริมคลองสาม

11) ZONE NW15 เป็นบ้าน 43 หลัง ทางด้านเหนือ ของทางเข้าวัดบำรุงรื่น บ้านส่วนใหญ่อยู่ริมคลองสาม ระดับรายได้-ปานกลาง

3.3 NOISE ZONE NEF 30-35 ได้แก่

1) ZONE NW16 ได้แก่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของโครงการตั้งแต่คลองลาดกระบังจดทางตะวันออกของถนนกิ่งแก้ว มีบ้าน 51 หลัง ระดับรายได้สูง และปานกลาง ส่วนใหญ่เป็นอาคารพาณิชย์และพักอาศัย นอกจากนั้นเป็นโรงงานอุตสาหกรรมและคลังสินค้า

2) ZONE NW17 ได้แก่ บริเวณด้านใต้ถนนอ่อนนุช จนถึงสุดเขตลาดกระบังเชื่อมต่อกับอำเภอบางพลี มีบ้าน 7 หลัง ระดับรายได้ปานกลาง-สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ZONE NW18 ได้แก่ บริเวณใต้คลองประเวศ จนจดถนนอ่อนนุชมีบ้าน 17 หลัง (รายได้ปานกลาง-สูง) และภัตตาคาร 1 แห่ง

4) ZONE NW19 ได้แก่บริเวณด้านตะวันตกของถนนร่มเกล้าจดคลองประเวศ มีบ้าน 3 หลัง และตึกแถวใหม่เพิ่งก่อสร้างเสร็จ 35 ห้อง ในโครงการรุ่งกิจวิลล่า ระดับรายได้ปานกลาง

5) ZONE NW20 เป็นพื้นที่ด้านตะวันออกของถนนร่มเกล้า ประกอบด้วยส่วนหนึ่งของหมู่บ้านจัดสรร 3 แห่ง คือ หมู่บ้านรื่นฤดี 3 หลัง (บ้านเดี่ยว 2 ชั้น รายได้ปานกลาง) และหมู่บ้านร่มสุข จำนวน 20 หลัง (บ้านเดี่ยวชั้นเดียวและ2 ชั้น รายได้ปานกลาง) นอกนั้นมีบ้านระดับรายได้ปานกลาง 7 หลัง และตึกแถวริมถนนร่มเกล้า 2 อาคาร นอกนั้นเป็นโรงงานขนาดเล็ก

6) ZONE NW21 ได้แก่ บริเวณด้านใต้ของถนนอ่อนนุช-ลาดกระบัง จนจดด้านเหนือของโครงการ เป็นบ้านจัดสรรรุ่นเก่าในโครงการหมู่บ้านเคหะนคร 2 จำนวน 245 หลัง (รายได้ปานกลาง) และอีก 12 หลัง เป็นบ้านแบบผสม (รายได้ปานกลาง)

7) ZONE NW22 ได้แก่ บริเวณด้านใต้คลองประเวศบุรีรุ่มย์จนจดถนนอ่อนนุช มีบ้านแบบต่างๆ ถึง 18 หลัง (ระดับรายได้ปานกลาง -สูง)

8) ZONE NW23 ได้แก่ บริเวณวัดลาดกระบัง และโรงเรียนวัดลาดกระบัง (ประถมศึกษา อาคาร 3 ชั้น 1 หลัง) นอกจากนี้ยังมีบ้าน 40 หลัง (รายได้ปานกลาง)

9) ZONE NW24 ได้แก่ บริเวณซอยประชาสุขใจ มีบ้าน 33 หลัง ระดับรายได้ปานกลาง

10) ZONE NW25 เป็นพื้นที่ด้านใต้ของหมู่บ้านร่มสุขจนจดทางรถไฟสายตะวันออก และพื้นที่ริมคลองสาม มีบ้าน 121 หลัง (รายได้ต่ำ- ปานกลาง)

11) ZONE NW26 ครอบคลุมพื้นที่เกือบส่วนของบ้านจัดสรร 2 แห่ง คือ หมู่บ้านร่มฤดี ซึ่งเป็นบ้านเดี่ยว 2 ชั้นจำนวน 11 หลัง ในหมู่บ้านร่มสุข บ้านเดี่ยว 2 ชั้น จำนวน 16 หลัง และบ้านริมคลองสามจำนวน 8 หลัง (รายได้ต่ำ-ปานกลาง) และบริเวณโรงเรียนวัดบำรุงรื่น

12) ZONE NW27 เป็นพื้นที่ด้านใต้ของถนนเข้าคุณทหารจนจดโรงเรียนวัดบำรุงรื่น มีบ้าน 24 หลัง (รายได้ต่ำ-ปานกลาง) และอาคารโรงเรียนเทพศิรินทร์น้อมเกล้า

13) ZONE NW28 เป็นพื้นที่ด้านใต้ของถนนเข้าคุณทหารจนจดถนนทางเข้าวัดบำรุงรื่น ประกอบด้วยอาคารพาณิชย์ 2 หลัง ริมถนนเข้าคุณทหารซึ่งกำลังก่อสร้าง (ระดับรายได้ปานกลาง) รวมทั้งบ้านบริเวณริมคลองสามจำนวน 26 หลัง (รายได้ต่ำ-ปานกลาง) และมีโรงงาน 1 แห่ง

14) ZONE NW29 ครอบคลุมพื้นที่เหนือถนนเข้าคุณทหารที่บริเวณคลองสามด้านตะวันตก ประกอบด้วยตึกแถวทรงอิสระ 8 หลัง (ระดับรายได้ปานกลาง) ในหมู่บ้านวัฒนาและบ้านเดี่ยวแบบผสม 19 หลัง (รายได้ต่ำ-ปานกลาง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15) ZONE NW30 ได้แก่ พื้นที่ริมคลองสามด้านตะวันออกประกอบด้วยทาวน์เฮาส์ทรงอิสระ จำนวน 87 หลัง (รายได้ปานกลาง) และบ้านเดี่ยวริมคลองสาม 20 หลัง (รายได้ต่ำ - ปานกลาง)

16) ZONE NW31 ครอบคลุมพื้นที่ด้านตะวันออกของบริเวณคลองสาม ประกอบด้วยบ้านเดี่ยวในหมู่บ้านนครินทร์การ์เดน จำนวน 137 หลัง (รายได้ปานกลาง-สูง) และบ้านเดี่ยวแบบผสม 23 หลัง (รายได้ปานกลาง)

4 NOISE ZONE ทางด้านเหนือฝั่งตะวันออก

4.1 NOISE ZONE NEF 35-40 ได้แก่

1) ZONE NE1 ได้แก่ บริเวณถนนอ่อนนุชจนจดด้านเหนือของโครงการ ประกอบด้วยบ้านเดี่ยว 2 ชั้น ในโครงการมณเสีนี จำนวน 127 หลัง (รายได้ปานกลาง) และบ้านเดี่ยวอีก 3 หลัง (รายได้ปานกลาง)

2) ZONE NE2 ครอบคลุมพื้นที่ใต้คลองประเวศจนถนนอ่อนนุชบริเวณนี้มีบ้านจำนวน 29 หลัง รายได้ปานกลาง-สูง

4.2 NOISE ZONE NEF 30-35 ได้แก่

1) ZONE NE3 ได้แก่ บริเวณด้านใต้ของถนนอ่อนนุชจนจดด้านตะวันตกเฉียงเหนือของโครงการ มีบ้านเดี่ยวรายได้ปานกลาง 23 หลัง

2) ZONE NE4 ได้แก่ บริเวณด้านใต้ของถนนอ่อนนุชจนจดด้านตะวันตกเฉียงเหนือของโครงการ มีบ้านเดี่ยวรายได้ปานกลาง 23 หลัง

3) ZONE NE5 ได้แก่ บริเวณ ใต้คลองประเวศจดถนนอ่อนนุช มีบ้าน 17 หลัง รายได้ปานกลาง-สูง

4) ZONE NE6 ได้แก่ บริเวณด้านใต้คลองประเวศจดถนนอ่อนนุช มีบ้าน 36 หลัง ระดับรายได้ปานกลาง

5) ZONE NE7 ได้แก่ บริเวณ ด้านใต้ทางรถไฟสายตะวันออกจนจดคลอง 4 ด้านตะวันตก ครอบคลุมบริเวณวัดปลูกศรัทธา และ โรงเรียนวัดปลูกศรัทธา

6) ZONE NE8 ได้แก่ บริเวณด้านใต้ทางรถไฟสายตะวันออกจนจดคลอง 4 ทางด้านตะวันออก จดพื้นที่ด้านตะวันตกของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งประกอบด้วยที่อยู่อาศัยและบ้านเช่า หอพักนักศึกษา (เอกชน) จำนวน 59 หลัง (รายได้ปานกลาง)

7) ZONE NE9 ได้แก่ พื้นที่ทางตะวันตกของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในพื้นที่อาศัยของสถาบันได้แก่ แฟลตอาจารย์ ข้าราชการและคนงาน รวมทั้งอาคารหอพักอาจารย์และข้าราชการหลังใหม่สูง 12 ชั้น นอกจากนี้ยังครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เช่น อาคารตึก12 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) ZONE NE10 ครอบคลุมฝั่งตะวันตกของคลองสี่จนแนวทางรถไฟสายตะวันออก มีบ้านริมคลองสี่และริมทางรถไฟ รวม 35 หลัง

9) ZONE NE11 ครอบคลุมพื้นที่ด้านเหนือของทางรถไฟสายตะวันออกเป็นพื้นที่หอพักนักศึกษา 8 หลัง ทางฝั่งตะวันตก และ ยิมเนเซี่ยม

10) ZONE NE12 ครอบคลุมด้านตะวันออกของคลองสี่ จนขอบถนนกรุงเทพ-ชลบุรีสายใหม่ ประกอบด้วยบ้าน 21 หลัง (รายได้ต่ำ)

11) ZONE NE13 ครอบคลุมด้านตะวันออกของคลองลำพุทรา จนจดถนนฉลองกรุง 3 มีบ้าน 27 หลัง (รายได้ต่ำ)

จำนวนอาคารที่อยู่ใน NOISE ZONE ระดับต่างๆ สรุปได้ดังนี้

1. NOISE ZONE NEF > 40 จำนวน 82 หลัง

2. NOISE ZONE NEF 35-40 จำนวน 1,346 หลัง

3. NOISE ZONE NEF 30-35 จำนวน 2,514 หลัง รวมทั้งคอนโดมิเนียม พักอาศัยอีก 16 อาคาร โรงเรียนและมหาวิทยาลัย รวม 6 แห่ง และวัด 4 แห่ง (ตารางที่ 1)

ส่วนรายละเอียดของอาคารประเภทต่างๆ ที่อยู่ใน NOISE ZONE ต่างๆ รวม 76 ZONES ปรากฏในตารางที่ 2 ส่วนสภาพการใช้ที่ดิน

<u>1.8 แผนปฏิบัติการใช้ที่ดิน</u>

1 แผนปฏิบัติการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมด้านเสียงรบกวนในระดับ NOISE ZONE ตั้งแต่ NEF 30 ขึ้นไป

1) สำรวจเพื่อขึ้นทะเบียนอาคารต่าง ๆ ที่ปลูกสร้างในเขต NOISE ZONE NEF 30-35 , NEF 35-40 และ NEF > 40 ขึ้นไป โดยมีรายละเอียดในด้าน

- สถานะของผู้อยู่อาศัย (เจ้าของ, ผู้เช่าช่วง , ผู้เช่าหรืออื่น ๆ)
- จำนวนผู้อยู่อาศัยจริง
- การใช้ประโยชน์อาคาร และห้องต่าง ๆ
- จำนวนและพื้นที่ของห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องทำงาน
- โครงสร้าง วัสดุของอาคาร
- สภาพอาคาร และอายุของอาคาร
- ฯลฯ

ทั้งนี้โดยการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย ตั้งงบประมาณว่าจ้างหน่วยงานของรัฐที่มีความเชี่ยวชาญในการสำรวจเพื่อขึ้นทะเบียน ได้แก่ สำนักงานสถิติแห่งชาติ เป็นต้น โดยให้ดำเนินการในปี 2540

2) ใช้กฎหมายที่มีอยู่แล้วในการควบคุมการก่อสร้างอาคารที่เกิดขึ้นใหม่ ในขั้นตอนการขออนุญาตปลูกสร้างอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) ออกกฎกระทรวงบังคับใช้ผังเมืองรวมหนองงูเห่า ภายใต้การดำเนินงานของกรมการผังเมือง กระทรวงมหาดไทย เพื่อกำหนดการใช้ประโยชน์การใช้ที่ดินและอาคารโดยรอบพื้นที่โครงการ

4) การลดปัญหาเสียงดังรบกวนจากโครงการ โดยการป้องกันเสียงจากภายนอกอาคารเข้าสู่ห้องนอน ห้องนั่งเล่น และห้องทำงาน ด้วยวิธีการที่เหมาะสมกับเสภาพอาคารแต่หลัง ได้แก่การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ หรือติดตั้งหน้าต่าง/ ประตูกระจก 2 ชั้น หรือการเปลี่ยนกระเบื้องหลังคาดูดซับเสียง

5) ในพื้นที่ที่มีระดับเสียงรบกวนในระดับรุนแรง เช่น NEF > 40 จะดำเนินการจัดซื้อที่ดินและอาคาร ซึ่งบริเวณดังกล่าวอยู่ทางด้านเหนือของ RUNWAY ตะวันตก และบริเวณด้านใต้ของ RUNWAY ตะวันออก

6) ให้สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังศึกษาผลกระทบด้านเสียงจากโครงการที่มีต่ออาคารต่าง ๆ ในเขตสนามบิน โดยการท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย จัดงบประมาณในการศึกษาให้ดำเนินการตามความเหมาะสม

2 แผนปฏิบัติการในรายละเอียดสำหรับ NOISE ZONE ระดับต่าง ๆ มีดังนี้ คือ

NEF > 40	LANDUSE	
ZONE SE1	ที่ดินเกษตรกรรม	1) ซื้อที่ดินเพื่อป้องกันการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทอท. อาจนำที่ดินนี้มาใช้ประโยชน์ดังนี้ - Buffer Zone ทำหน้าที่เป็นฉนวนระหว่างพื้นที่ของโครงการในส่วน Runway และพื้นที่นอกโครงการ ควรปลูกไม้ยืนต้นหรือป่าซึ่งไม่ต้องการดูแลมากนัก - อ่างเก็บน้ำ เพื่อกักเก็บน้ำไว้ใช้ - ปล่อยให้เป็นที่ว่างเปล่าเพื่อการใช้ประโยชน์อื่น ๆ ที่มีความจำเป็นในอนาคต 2) ห้ามสร้างอาคารที่มีความไวต่อเสียง
ZONE NW1, NW2, NW3, NW4	ที่อยู่อาศัยแบบผสม (รายได้ต่ำ-ปานกลาง - สูง)	1) ซื้อที่ดินและสิ่งปลูกสร้างที่อยู่ในบริเวณนี้เพื่อให้เจ้าของสิ่งปลูกสร้างหาที่อยู่ใหม่ ซึ่งควรจะเริ่มซื้อให้เร็วที่สุด โดยมีปัจจัยสนับสนุนการตัดสินใจของเจ้าของอาคารและที่ดิน โดยอาจแบ่งค่าใช้จ่ายดังนี้ - ค่าที่ดิน คิดตามราคากลางของกรมที่ดิน - ค่าสิ่งปลูกสร้าง ประเมินตามสภาพอาคารที่เป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าธรรมเนียมในการละทิ้งอาคาร ควรจ่ายสูงในกรณีขายอาคารและที่ดินให้แก่ ทอท. ในช่วงต้นและจ่ายลดลง ตามระยะเวลาที่ยาวนานขึ้น

2) ออกกฎหมายควบคุมการก่อสร้างอาคาร ไม่อนุญาตให้ก่อสร้างอาคารประเภทไวต่อเสียงในบริเวณดังกล่าว

3) ในส่วนอาคารและที่ดินที่ไม่สมัครใจขายหรือย้ายออก ควรใช้วิธีป้องกันเสียงเพื่อให้ระดับเสียงในอาคาร โดยเฉพาะใน sensitive rooms ได้แก่ ห้องนอน และ ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน โดยวิธี isolation แบบต่างๆซึ่งจะกล่าวต่อไป

NEF 35-40

1) ห้ามสร้าง sensitive buildings ได้แก่อาคารที่อยู่อาศัย สถานศึกษา โดยประกาศบังคับใช้กฎหมายใหม่ของท่าอากาศยานแห่งประเทศไทย

2) ลดระดับเสียงในอาคารประเภทที่มีความไวของเสียง (Isolation of sensitive buildings) ด้วยวิธีการต่างๆ วิธีหนึ่งวิธีใดเหมาะสมกับสภาพของอาคาร และเป็นที่พึงประสงค์ของเจ้าของอาคาร ดังต่อไปนี้

- การติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องนอนและห้องนั่งเล่น ซึ่งวิธีการนี้จะมีความเหมาะสมสำหรับอาคารเสริมเหล็กโดยทั่วไปส่วนอาคารไม้ที่เป็นบ้านของผู้ที่มีรายได้ต่ำจะมีปัญหาโครงสร้างอาคาร ซึ่งไม่เหมาะสมกับการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

- การเปลี่ยนกระเบื้องหลังคา เป็นกระเบื้องที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียง เป็นวิธีการที่ยังไม่เคยใช้ในประเทศไทย และกระเบื้องชนิดดังกล่าวต้องสั่งนำเข้าซึ่งมีการใช้ในวงจำกัดนอกจากนั้นยังมีราคาแพง และยังมีความยุ่งยากในด้านโครงสร้างหลังคา อีกทั้งเป็นวิธีการที่ใช้เวลาในการดำเนินการและควรดำเนินการในฤดูอื่น ๆ ที่มิใช่ฤดูฝน

- การเปลี่ยนแปลงหน้าต่างและประตูเป็นกระจก 2 ชั้น (Double Glass) เพื่อลดระดับเสียงในอาคารประเภท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

sensitive buildings โดยเฉพาะอย่างยิ่ง noise sensitive rooms

- การใช้วัสดุกันเสียงและดูดซับเสียงสำหรับติดตั้งผนังในอาคารประเภท sensitive buildings เฉพาะส่วนห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน

3) กรณีที่ยังไม่สามารถใช้กฎหมายห้ามการก่อสร้างอาคารประเภท sensitive buildings ดังนั้นอาคารใหม่ที่เป็น sensitive buildings จะต้องได้รับการสนับสนุนป้องกันเสียง ด้วยวิธีการหนึ่งวิธีการใด คือ การติดตั้งกระเบื้องดูดซับเสียง การติดตั้งวัสดุผนังดูด ซับเสียง หรือการติดตั้งกระจกหน้าต่าง ประตู 2 ชั้น หรือการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในห้องนอน ห้องนั่งเล่น ห้องทำงาน

NEF 30-35

1) ใช้กฎหมายผังเมืองควบคุมการสร้างประเภทการใช้ประโยชน์อาคาร โดยเน้นการควบคุมความหนาแน่นของอาคาร อาคาร sensitive buildings จะต้องเป็นอาคารแบบโครงสร้างเดี่ยว ได้แก่ บ้านเดี่ยว หรือ บ้านแฝดแผนปฏิบัติการที่เสนอมาข้างบนนี้ ควรพิจารณาทางเลือกที่เหมาะสมกับกฎหมายที่มีอยู่หรือกฎหมายที่สามารถบังคับใช้ได้ในระยะเวลาไม่นานนัก กำลังงบประมาณ ความเร่งด่วนของปัญหา ระยะเวลา และประสิทธิภาพของการดำเนินงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

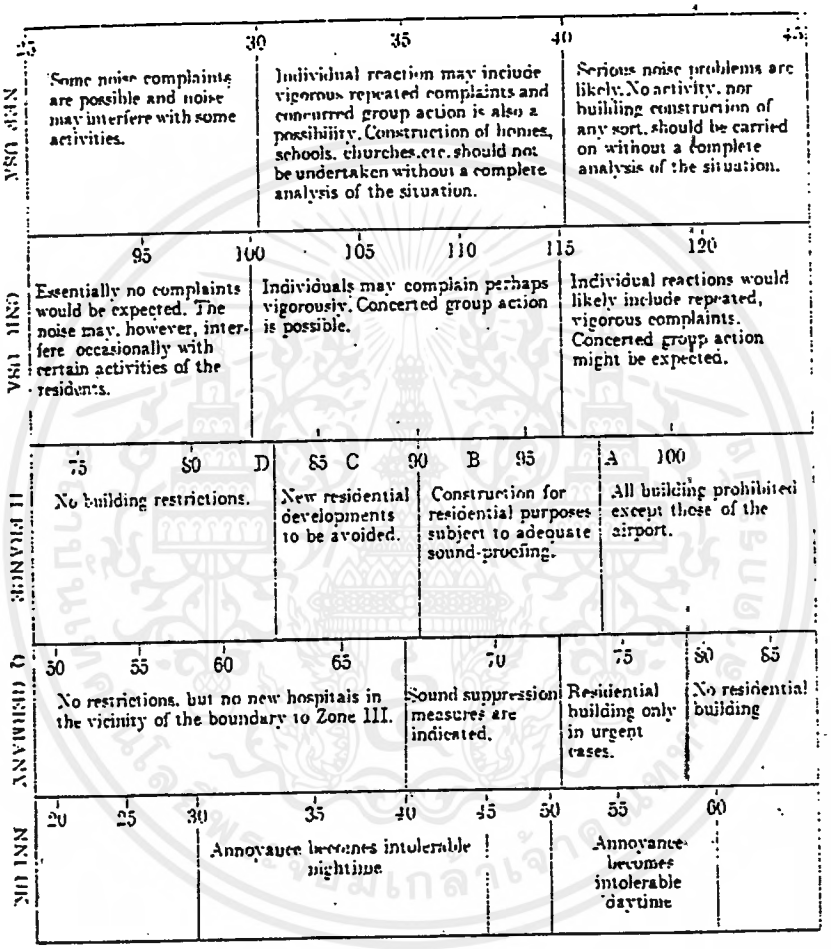


FIG. 2.1. Approximate equivalences between noise exposure indices and response or land use descriptions. Source: Galloway and Bishop (1970).

รูปที่ 1-10 กราฟแสดงการประมาณการวัดค่าของเสียงในระยะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE I. Recommended Criteria for Control of Development in Areas Affected by Aircraft Noise[a]

<table>
<tr><td>Level of aircraft noise to which site is, or is expected to be, exposed</td><td>60 NNI and above</td><td>50–59 NNI</td><td>40–49 NNI</td><td>35–39 NNI</td></tr>
<tr><td>Dwellings</td><td>Refuse</td><td colspan="2">No major new developments. Infilling only with appropriate sound insulation</td><td>Permission not to be refused on noise grounds alone</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Schools</td><td rowspan="2">Refuse</td><td rowspan="2">Most undesirable; when, exceptionally, it is necessary to give permission, e.g., for a replacement school, sound insulation should be required</td><td>Undesirable</td><td>Permission not to be refused on noise grounds alone</td></tr>
<tr><td colspan="2">Appropriate sound insulation to be required</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Hospitals</td><td rowspan="2">Refuse</td><td>Undesirable</td><td>Each case to be considered on its merits</td><td>Permission not to be refused on noise grounds alone</td></tr>
<tr><td colspan="3">Appropriate sound insulation to be required</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Offices</td><td>Undesirable</td><td>Permit</td><td rowspan="2">Permit but advise insulation on conference rooms, depending upon position, aspect, etc.</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Full insulation required</td></tr>
<tr><td>Factories, warehouses, etc.</td><td colspan="4">Permit
It will be for the occupier to take necessary precautions in particular aspects of factory depending on processes and occupancy expected</td></tr>
</table>

[a] From Department of Environment Circular 10/73, "Planning and Noise" (Anonymous, 1973c).

ตารางที่ 1-1 คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้พื้นที่แถบระดับเสียงต่าง ๆ ที่เกิดเสียงของเครื่องบิน

ตารางที่ 2-3 แสดงมาตรฐานการกำหนดค่า NEF ที่มีผลต่อชุมชนโดยรอบสนามบิน

NEF	ผลต่อชุมชน
> 40	- ควรหลีกเลี่ยงการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยต่อประชากรที่อยู่อาศัยและสถานที่ราชการ โรงเรียน ฯลฯ ซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างที่ไวต่อการได้รับผลกระทบด้านเสียงในพื้นที่ใกล้เคียง เช่น airport hotel ควรติดตั้งวัสดุป้องกันเสียงรบกวน
30 - 40	- ควรหลีกเลี่ยงการก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัยบางประเภท ที่พักอาศัยในบริเวณดังกล่าวควรได้รับการป้องกันด้วยวัสดุป้องกันเสียงรบกวน
< 30	- ควรยอมรับเสียงจากโครงการที่จะก่อสร้างในพื้นที่นี้

ตารางที่ 1-2 แสดงค่า NEF ที่มีผลต่อชุมชนโดยรอบสนามบิน

Land Use	Noise Exposure Forecast (NEF) Areas		
	Under 30	30-40	Over 40
Residential	yes	(B)	no
Commercial	yes	yes	(C)
Hotel, Motel	yes	(C)	no
Offices, Public Buildings	yes	(C)	no
Schools Hospitals, Churches	(C)	no	no
Theaters, Auditoriums	(A) (C)	no	no
Outdoor Amphitheaters, Theaters	(C)	no	no
Outdoor Recreational (Non-Spectator)	yes	yes	yes
Industrial	yes	yes	(C)

Notes:

(A) A detailed noise analysis should be undertaken by qualified personnel for all indoor or outdoor music auditoriums and all outdoor theaters.

(B) Case history experience indicates that individuals in private residences may complain, perhaps vigorously. Concerted group action is possible. New single-dwelling construction should generally be avoided. For apartment construction, Note (C) applies.

(C) An analysis of building noise reduction requirements should be made, and the necessary noise control features should be included in the building design.

Source: *International Civil Aviation Organization, Airport Planning Manual - Part 2 - Land Use and Environmental Control*, 9184-AN/902.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาแล้วว่า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจะได้รับผลกระทบเนื่องการการบินขึ้น-ลงของเครื่องบินเมื่อมีการเปิดใช้โครงการท่าอากาศยานสากลกรุงเทพฯ แห่งที่-สอง ในระดับเสียง NEF 35 ซึ่งจากตารางที่ 2-1,ตารางที่ 2-2 , ตารางที่ 2-3 จะเห็นได้ว่า ระดับเสียงจะรบกวนการเรียนการสอน และให้ข้อแนะนำให้ทำการปรับปรุงอาคาร ดังนั้นสถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจึงต้องปรับปรุง เพื่อลดระดับเสียงเพื่อที่จะสามารถทำการเรียนการสอนตามปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.9 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

-เพื่อศึกษาถึงผลกระทบของเสียงเนื่องจากสนามบินสากลกรุงเทพฯแห่งที่สองต่ออาคารในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

-เพื่อจัดหาวัสดุที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ป้องเสียงในการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงอาคารให้มีความสามารถในการลดระดับเสียงจากภายนอกเข้าสู่ในเพื่อให้เกิดผลกระทบต่อการเรียนการสอนน้อยลง

-เพื่อประมาณราคาวัสดุที่นำมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไข

-เพื่อประมาณราคาหามูลค่าระบบปรับอากาศ

1.10 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

-ทฤษฎีเกี่ยวกับเรื่องเสียง และคุณสมบัติของเสียงในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโครงงานพิเศษดังนี้

1.ผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์

2.การสูญเสียการได้ยินและหูตึง คนเราได้ยินเสียงในช่วง 20-20000 Hz ถ้าเสียงเบาลงจนเราไม่ได้ยินเสียงเราเรียกสุดสิ้นสุดนี้ว่า ขอบเขตการได้ยิน หากคนเราได้ยินเสียงที่ดังเป็นเวลานานๆจะทำให้เราไม่ได้ยินเสียงแผ่วเบาได้เท่าที่ควร ถ้าเราได้ยินเสียงดังเป็นเวลานานมากๆอาจทำให้เกิดภาวะหูตึงถาวรได้

3.การบดบังเสียง ถ้ามีเสียง 2 เสียงเกิดขึ้นพร้อมกันหูคนเราจะรับเสียงฟังที่ดังกว่า เสียงที่เบากว่าจะถูกบดบังทำให้เราไม่ได้ยิน เราเรียกเสียงที่ดังกว่าว่า เสียงบดบัง และเสียงที่เบากว่าว่า เสียงถูกบดบัง

4.ระดับรบกวนเสียงพูด ถูกกำหนดขึ้นเป็นครั้งแรกเพื่อประเมินเสียงในห้องโดยสารเครื่องบิน

5.การสูญเสียการส่งผ่านเสียง เสียงส่งผ่านเข้าห้องได้หลายทาง เช่น ผนังของห้องหรือพื้นของห้อง เสียงอาจลอดมาจากช่องต่างเช่น ช่องหน้าต่างที่เปิดทิ้งไว้ รอยร้าวของผนังเป็นต้น

ถ้าหากผนังเกิดมีช่องว่างเช่นรอยแตกร้าว หรือประตูที่ปิดไม่สนิทจะทำให้ประสิทธิภาพการกันเสียงลดลงอย่างมากเช่นถ้าเกิดช่องเปิดเพียง1% ของพื้นที่ผนังห้องจะทำให้การกันเสียงลดลงถึง 25% ดังนั้นในระบบการกันเสียงเราจึงต้องพยายามให้เป็นระบบปิดให้มากที่จะทำได้

-ข้อมูลเกี่ยววัสดุที่นำมาใช้ในการปรับปรุงอาคารเรียนเพื่อลดปัญหาเรื่องเสียงในการเรียนการสอน

-อาคารเรียนในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.11 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

-อาคารเรียนในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ยังไม่ได้ทำการปรับปรุงเพื่อกันเสียงประกอบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารเรียนรวมตึก 12 ชั้น

อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม

อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

อาคารอิเลคทรอนิคและคอมพิวเตอร์(ตึก B)

อาคารโทรคมนาคม

อาคารเรียนวิศวกรรมศาสตร์ 6 ชั้น (ตึก A)

อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

อาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์ 4 ชั้น

อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์

อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

-ชนิดของวัสดุที่สามารถนำมาปรับปรุงอาคารเรียนเพื่อลดผลกระทบ เช่น

ฉนวนใยหิน

Fiberglass

ฉนวนใยเซลลูโลส

กระจก Laminate เป็นต้น

-คิดปริมาณค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง

1.12 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

-สามารถทราบถึงลักษณะโครงการก่อสร้างสนามบินสากลสากลกรุงเทพฯ แห่งที่ 2

-สามารถวิเคราะห์และทราบผลกระทบทางเสียง ต่อสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

-การเสนอวิธีการแก้ไข ปรับปรุงอาคารเพื่อลดระดับเสียงรบกวน และระบบปรับอากาศ

-สามารถทราบถึงมูลค่าโดยประมาณในการปรับปรุงอาคารเพื่อลดระดับเสียงรบกวนเนื่องจากเครื่องบินในการบินขึ้นลง ผ่านสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเรื่องเสียง

2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเสียง

2.1.1 เสียงกับคลื่น

การจะทำความเข้าใจกับเสียงควรต้องมีความเข้าใจในเรื่องกำลังและพลังงานด้วย เสียงจะเกิดควบคู่ไปกับการสั่นของอนุภาคของวัสดุ พลังงานจะถ่ายทอดต่อไปในอนุภาคที่กำลังสั่นสะเทือนเหล่านั้น ทำให้พลังงานเสียงเดินทางผ่านตัวกลางนั้นในลักษณะของคลื่น

ตำแหน่งที่มีการเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดความดันอัด (compression) และความดันคลาย (rarefaction) ติดตามกันเป็นลูกโซ่กระจายไปตลอดตัวกลาง การศึกษาเรื่องเสียงก็คือการศึกษาคลื่นอัดและคลายซึ่งเป็นคลื่นตามยาว (longitudinal) นี่เอง คลื่นตามยาวคือ คลื่นที่เกิดขึ้นในลักษณะที่การสั่นสะเทือนของอนุภาคมีทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น ลักษณะคลื่นแบบนี้แสดงให้เห็นชัดได้โดยจับสปริงยาว ด้วยมือข้างหนึ่งแล้วขยับปลายอีกด้านหนึ่งออกสักเล็กน้อย เมื่อปล่อยมือออกจะเห็นลักษณะระลอกคลื่นที่ไปตามความยาวลวดสปริง ระลอกที่เห็นเกิดจากการเคลื่อนที่ของขดสปริงที่ถูกอัดอยู่นั่นเอง ถ้าเราดึงปลายข้างหนึ่งให้แน่นก็จะเห็นการสะท้อนกลับของคลื่น คลื่นเสียงก็มีการสะท้อนกลับเช่นเดียวกันกับสปริงนี้

คลื่นอัดและคลายของเสียงสามารถเดินทางผ่านตัวกลางได้เพราะตัวกลางนั้นมีความยืดหยุ่น (elasticity) และมวล (mass) หรือ ความเฉื่อย (inertia) ดังนั้นการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงในตัวกลางจึงขึ้นกับคุณสมบัติทางกายภาพของตัวกลางนั้น ความเร็วของเสียงจึงเป็นฟังชั่นของคุณสมบัติของตัวกลาง

2.1.2 คุณสมบัติพื้นฐานของคลื่นเสียง

เราจะศึกษาถึงคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ในอากาศ ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่พบมากที่สุด อากาศมีทั้งมวลและความยืดหยุ่น ความยืดหยุ่นทำให้มันมีความต้านทานต่อแรงกดและจะพยายามคืนสู่รูปเดิม ส่วนมวลของมันจะทำให้เกิดแรงเฉื่อยทำให้การเคลื่อนที่คืนสู่รูปเดิมผ่านเลยจุดสมดุลย์เบื้องต้นไป ลักษณะของคลื่นจึงเกิดขึ้นและแผ่กระจาย (propagate) ไปในตัวกลาง (อากาศ)ได้

ที่สภาพสมดุลย์อากาศมีความหนาแน่น ความดันและอุณหภูมิตามความสัมพันธ์ที่แสดงด้วยสมการของสถานะ (equation of state) คลื่นเสียงจะทำให้ปริมาณทั้งสามตัวแปรนี้แปรเปลี่ยนไป ความแปรเปลี่ยนจะเป็นอัตราส่วนกับช่วงกว้าง (amplitude) ของคลื่นเสียง ในปริมาณทั้งสามนี้ค่าที่วัดง่ายที่สุดคือ ความดัน ดังนั้นความดันคือ คุณสมบัติที่ใช้ในการวัดเสียง

คลื่นเสียงแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามมิติการเกิดเสียง คือ

1. คลื่นระนาบ (plane wave) คือคลื่นที่มีแนวหน้าคลื่น (wave front) เป็นระนาบที่มีพื้นที่คงที่และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เป็นคลื่นที่มี 1 มิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คลื่นทรงกระบอก (cylindrical wave) คือคลื่นสองมิติ เช่น ได้แก่คลื่นที่มีจุดเริ่มต้นจากแกนของทรงกระบอก แนวหน้าคลื่นจะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดต่าง ๆ กันที่มีแนวแกนร่วมกัน

3. คลื่นทรงกลม (spherical wave) คือ คลื่นสามมิติที่มีจุดกำเนิดเป็นจุด แนวหน้าคลื่นครอบคลุมไปรอบทุกทิศทางเสมือนกับเลูกทรงกลมหลายลูกที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน ซึ่งลักษณะเช่นนี้เราอาจพบได้บ่อยครั้ง

สมมุติให้จุดกำเนิดเสียงเป็นทรงกลมรัศมี b ซึ่งพื้นผิวสั่นสะเทือนเข้าออกด้วยความถี่ f ถ้า

$$kb << 1$$

เมื่อ k คือ wave number คือผลัตราส่วนระหว่างความเร็วเชิงมุมกับความเร็วเสียงในตัวกลางนั้น

ความดันเสียงที่ระยะทาง r ในแนวรัศมีจะมีความสัมพันธ์ดังนี้

$$P \propto 1/r$$

กล่าวคือ ถ้าระยะทางเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าความดันเสียงก็จะลดลงเหลือเพียงครึ่งเดียวเท่านั้น แหล่งกำเนิดเสียงที่มี $kb << 1$ นี้เรียก จุดกำเนิดเสียง (point source) ซึ่งการแผ่กระจายของคลื่นเสียงจะสม่ำเสมอทุกทิศทาง

ในระยะที่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงมาก ๆ จะพบว่าความดันเสียงและความเร็วอนุภาคจะอยู่ในเฟสเดียวกัน และถ้าสมการข้างต้นยังคงเป็นจริงอยู่เราเรียกตำแหน่งนั้นว่าสนามไกล (far field) แต่ถ้าบริเวณใกล้ ๆ แหล่งกำเนิดเสียงเราจะเรียกสนามใกล้ (near field) ซึ่งความดันเสียงและความเร็วอนุภาคไม่อยู่ในเฟสเดียวกัน

ในทางปฏิบัติแหล่งกำเนิดเสียงอาจมีอยู่หลายแหล่งเช่นจากท่อไอเสีย วาล์ว พัดลมระบายความร้อน เป็นต้น สนามเสียงที่มีมาจากแหล่งกำเนิดเสียงหลายแหล่งเช่นนี้อาจถือเป็นจุดกำเนิดเสียงได้ถ้ามีคุณสมบัติดังนี้

1. $r/b >> 1$ คือ วัดเสียงที่ระยะไกลมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของแหล่งกำเนิดเสียงโดยทั่วไปใช้ $r/b > 3$ ก็จะเป็นประมาณการที่เพียงพอ และ

2. $b/\lambda << r/b$ หรือ $b/\lambda << 3$

ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่าง ๆ ดูได้จากตารางที่ 2-1

ดังได้กล่าวแล้วการเกิดและการเคลื่อนที่ของเสียงมีสาเหตุจากการสั่นสะเทือน

$$T - 1/f$$

เมื่อ T = ระยะเวลาครบ 1 รอบของการสั่นสะเทือน (periodic time) , s.

f = ความถี่ , cps.

จาก $c - f\lambda$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกลาง	ความเร็วเสียง (เมตร/วินาที)
อลูมิเนียม	5820
อิฐ	3600
คอนกรีต	3700
เหล็ก (steel)	4905
ทองแดง	4500
แก้ว	5000
เหล็ก (iron)	4800
ตะกั่ว	1260
ดินปุก	4900
น้ำ	1410
สังกะสี	3750
ไม้	3300
แอมโมเนีย (แกส)	415
คาร์บอนไดออกไซด์	258
ไฮโดรเจน	1270
ไอน้ำ (100 °C)	405

ตารางที่ 2-1 ความเร็วเสียงในตัวกลางต่างๆ

λ = ความยาวคลื่น , m

$$\lambda = c/f = cT$$

$$= 2\pi c/w$$

$$= 2\pi/k$$

เมื่อ k = w/c เรียก wave number , rad/m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 สมการคลื่น

ระยะทางการเคลื่อนที่และความดันเสียงจะแปรตามระยะทางและเวลาความสัมพันธ์จะเป็นไปตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยจะได้สมการรูปแบบ partial differentials ซึ่งจะไม่ขอกล่าวในที่นี้ เนื่องจากสมการซับซ้อนเกินไป

2.1.4 ความดันเสียง

ความดันเสียงที่จุดใด ๆ คือ " ความแตกต่างระหว่างความดัน ณ. จุดนั้นเมื่อมีเสียงและความดัน ณ. จุดเดียวกันนั้นเมื่อไม่มีเสียง " ความดันเสียงจะแปรกับเวลาแบบ sinusoidal ดังนั้นการวัดค่าความดันนี้จึงนิยมวัดค่ากรณฑ์ที่สองของค่าเฉลี่ยกำลังสอง (root mean square) จากนิยาม

$$p^2_{rms.} = 1/T \int_0^T p^2 \, dt$$

หลังจากการอินทิเกรตแล้วเทอมสุดท้ายเป็นศูนย์

$$p^2_{rms.} = p^2 / \sqrt{2}$$

2.1.5 ความเข้มเสียง

ปริมาณพื้นฐานอีกอันหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดเสียงมากคือ กำลังเสียง (sound power) แหล่งกำเนิดจะแผ่กระจายกำลังออกในรูปของเสียง กำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียงคือกำลังทั้งหมดที่ออกจากแหล่งนั้น

ความเข้มเสียง (I) คือ กำลังเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (W/A) ความเข้มเสียงขึ้นอยู่กับกำลังเสียงของแหล่งกำเนิด , ทิศทาง , ระยะทาง และการดูดกลืนและสะท้อนกลับของเสียง

ถึงแม้ว่าความเข้มเสียงเป็นปริมาณที่สำคัญแต่การวัดหาค่าความเข้มทำได้ยาก ไม่เหมือนความดัน ดังนั้นความเข้มมีความสัมพันธ์กับความดันกล่าวคือ

$$I = p^2_{rms.} / \rho c$$

ที่มาของสมการข้างต้นนี้ได้จากการพิจารณาพลังงานศักดิ์และพลังงานจลน์ที่ถูกส่งผ่านไปโดยคลื่นเสียง

2.1.6 ระดับและเดซิเบล

เนื่องจากตัวเลขที่เกี่ยวข้องในเรื่องเสียงนี้มีช่วงกว้างมาก ดังนั้นมาตรที่ใช้วัดจึงใช้วัดระดับ (level) ที่เรียกว่า เดซิเบล (decibel) เดซิเบลโดยพื้นฐานแล้วเป็นค่า logarithmic ของอัตราส่วนของกำลังเสียง ปริมาณหนึ่งของอัตราส่วนนี้จะเป็นปริมาณอ้างอิง (referance quantity)

ระดับกำลังของเสียง (sound power level) นิยามได้จาก

$$Lw = 10 \log [W/W0] \quad dB \text{ re } Wo$$

dB re Wo หมายความว่าเป็นเดซิเบลที่มี Wo เป็นปริมาณอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังอ้างอิง W_o เป็นที่ตกลงกันทั่วไปให้ใช้ 10 ยกกำลัง -12 Watt

ระดับความเข้มเสียง (intensity level) นิยามได้จาก

$$L_i = 10 \log [I/I_o] \quad dB \text{ re } I_o$$

ความเข้มอ้างอิง $I_o = 10^{-12}$ W/ตารางเมตร

เมื่อ I เป็นฟังชั่นของ $p^2_{r.m.s.}$ ดังนั้น ระดับความดันเสียง (sound pressure level) คือ

$$L_p = 20 \log [p_{r.m.s.}/p_o] \quad dB \text{ re } P_o$$

ความดันอ้างอิง $P_o = 20 \mu Pa$

ตัวอย่างที่ 2.1.6-1 ความดันเสียงมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

ก. เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

ข. ลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง

ค. เพิ่มขึ้นสิบเท่า

จงหาว่าในแต่ละกรณีระดับความดันเสียงเปลี่ยนไปอย่างไร

วิธีทำ ให้ความดันเสียงเดิมมีค่า P1 และความดันเสียงใหม่เป็น P2

ระดับเสียงเดิมคือ $20 \log P1/P_o$ dB re Po

ระดับเสียงใหม่คือ $20 \log P2/P_o$ dB re Po

การเปลี่ยนแปลงระดับเสียง $= 20 \log P2/P1$

ก. $P2/P1 = 2 \quad \Delta L_p = 20 \log 2 = 6$ dB

ข. $P2/P1 = 0.5 \quad \Delta L_p = 20 \log 0.5 = -6$ dB

ค. $P2/P1 = 10 \quad \Delta L_p = 20 \log 10 = 20$ dB

2.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับกำลังเสียง,ระดับความเข้มเสียงและระดับความดันเสียง

จากสมการข้างต้น

$$L_i = 10 \log I/I_o = 10 \log \{p^2_{r.m.s.}/\rho c I_o]$$

จะได้สมการในรูปของ

$$L_i = L_p - C1$$

เมื่อ $C1 = 10 \log [\rho c I_o / p_o^2]$

สำหรับอากาศ $\rho c = 412$ N-sec/m^3 เมื่อแทนค่า Io และ Po จะได้

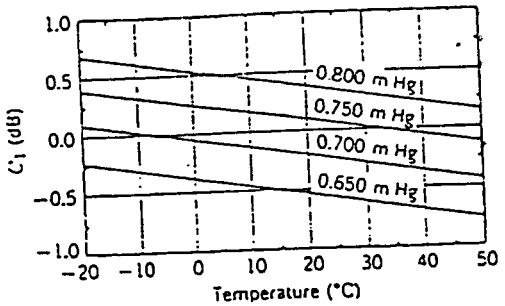
$$C1 = 0.13 \text{ dB}$$

ปกติหูคนเรา ไม่สามารถแยกเสียงที่มีความแตกต่างขนาด 1 dB ได้ ดังนั้นค่าที่ได้นี้จะถือได้ว่ามีค่าน้อยมาก และอาจถือได้ว่า

$$L_i = L_p$$

ค่า C1 จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความดันดังแสดงในรูป 2-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-1 ค่า C เป็นฟังชั่นของอุณหภูมิและความดัน

จาก $I - W/A$

$Wo = IoAo$

Ao คือพื้นที่อ้างอิง 1 ตารางเมตร

$Lw = 10 \log W/Wo = 10 \log IA/IoAo$

$- 10 \log I/Io + 10 \log A/Ao$

$Lw = Li + 10 \log A$

ถ้าพื้นที่ A มีขนาด 1 ตารางเมตร

$Lw = Li$

2.1.8 การบวกและลบเดซิเบล

ถ้าเรามีแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่ง เช่น มอเตอร์และเครื่องอัดอากาศ สมมุติว่ามอเตอร์มีระดับกำลังเสียง A dB และเครื่องอัดอากาศมี B dB เมื่อมอร์เตอร์และเครื่องอัดอากาศทำงานพร้อมกันไม่ได้หมายความว่าระดับกำลังเสียงทั้งหมดจะเป็น A+B dB การบวกหรือลบเดซิเบลไม่สามารถทำได้โดยตรงแบบเลขคณิต เพราะเดซิเบลเป็นค่า log ของอัตราส่วนของกำลัง

ถ้ามีความดันเสียงมากกว่าหนึ่งขึ้นไปเราจะหาความดันเสียงรวม ($pt_{r.m.s.}$)ได้โดยการหาความดันรวมก่อน

$pt - p1 + p2$

ผลสุดท้ายเราจะได้ว่า

$$pt^2_{r.m.s.} = p1^2_{r.m.s.} + p2^2_{r.m.s.}$$
$$= p1^2/2 + p2^2/2$$

ซึ่งเขียนเป็นสมการทั่วไปได้ว่า

$$pt_{r.m.s.} = 1/\sqrt{2}\ [\sum_{j=i}^{N} pj^2\ ]^{1/2} \quad ; j \neq i$$

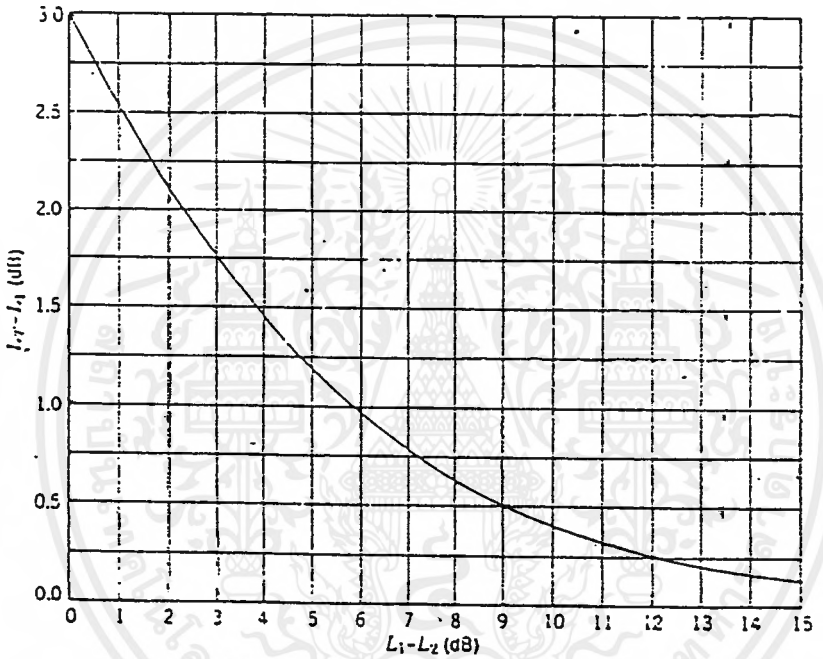
แต่ $Lt - 20 \log [\ pt_{r.m.s.}/po\ ]$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่า Lt ค่อนข้างยุ่งยาก อย่างไรก็ตามถ้าเรามีแหล่งกำเนิดเสียงเพียงสองแหล่ง (N= 2) โดย L1 > L2 เราเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$Lt = Li + 10 \log [1 + 10^{-([L1-L2)/10)}]$$

เมื่อพิจารณาสมการข้างบน จะพบว่า ระดับความดันเสียงรวมหาได้จากผลรวมทางเลขคณิตของระดับความดันเสียงค่าที่มาก (L1) กับแทอมที่ขึ้นอยู่กับความแตกต่าง L1 และ L2 แทอมสุดท้ายของสมการข้างบนหาได้จากรูป 2-2



รูปที่ 2-2 กราฟใช้ในการบวกระดับ (dB) สองระดับเมื่อ L 1 มากกว่า L 2

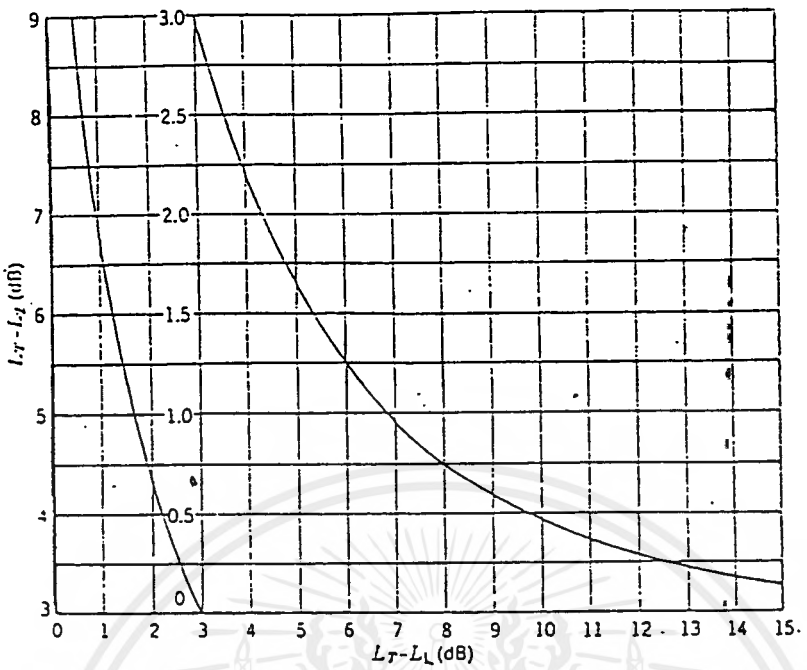
ในบางกรณีเราต้องการลบแคซิเบล เช่นในกรณีที่แหล่งเสียงสองแหล่งและเรารู้ระดับความดันของแหล่งที่ 1 (L1) กับระดับความดันรวม (Lt) แล้วเราต้องการหาระดับความดันของแหล่งที่ 2

เราสามารถหาค่าได้โดยใช้สมการ

$$L2 = Lt + 10 \log [1 - 10^{-(Lt-L1)/10}]$$

หรือเราอาจหาค่าได้จากรูปที่ 2-3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-3 กราฟใช้ในการลบระดับ (dB) สองระดับเมื่อ Lt มากกว่า L1 และ L2 คือค่าที่ต้องการ

2.1.9 ออกเทบแบนด์

เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าหูคนเรารับฟังเสียงได้ในช่วงความถี่ 20 Hz ถึง 20 kHz ซึ่งเป็นช่วงกว้างมากทำให้การวัดความดันเสียงสำหรับทุก ๆ ความถี่ทำได้ยาก ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจะวัดเสียงเป็นช่วงความถี่ แถบความถี่ที่แบ่งเป็นช่วง ๆ นี้จะมีความถี่ต่ำสุด (f1) และความถี่สูงสุด (f2) ของแถบในวิชาเกี่ยวกับเสียงเราเรียกแถบความถี่นี้ว่า " ออกเทบ " (octave) แถบคลื่น 1 ออกเทบ คือ ช่วงความถี่ที่มีคุณสมบัติ f2 = 2f1 ในการวัดบางครั้งช่วงของออกเทบจะกว้างมากเกินไป ดังนั้นเราอาจใช้แถบคลื่นขนาดเล็กลง เช่น ที่นิยมใช้คือ แถบของคลื่น 1/3 ออกเทบ (one-third-octave band)

ความสัมพันธ์ของความถี่ต่ำสุด และสูงสุดของแบนด์ได้จาก

$$f2 = 2^{n} f1$$

เมื่อ n = 1 สำหรับแถบคลื่น 1 ออกเทบ

n = 1/2 สำหรับแถบคลื่น 1/2 ออกเทบ

n = 1/3 สำหรับแถบคลื่น 1/3 ออกเทบ

ความถี่ศูนย์กลาง (fo) ของแต่ละแถบคลื่นหาได้จาก

$$fo = [\, f1 * f2 \,]^{1/2}$$

จากสมการทั้งสองที่มีข้างต้น เราจะได้สมการใหม่คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$f2 = 2^{n/2} / fo$

$f1 - 2^{-n/2} / fo$

ช่วงกว้างแถบคลื่น , $B = f2 - f1 = fo [2^{n/2} - 2^{-n/2}] = \beta fo$

Band number	Octave Bands			1/3-Octave Bands		
	Approximate lower cutoff frequency (Hz)	Center frequency (Hz)	Approximate upper cutoff frequency (Hz)	Approximate lower cutoff frequency (Hz)	Center frequency (Hz)	Approximate upper cutoff frequency (Hz)
12	11	16	22	14.1	16.0	17.8
13				17.8	20.0	22.4
14				22.4	25.0	28.2
15	22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
16				35.5	40.0	44.7
17				44.7	50.0	56.2
18	44	63	88	56.2	63.0	70.8
19				70.8	80.0	89.1
20				89.1	100.0	112.0
21	88	125	177	112.0	125.0	141.0
22				141.0	160.0	178.0
23				178.0	200.0	224.0
24	177	250	355	224.0	250.0	282.0
25				282.0	315.0	355.0
26				355.0	400.0	447.0
27	355	500	710	447.0	500.0	562.0
28				562.0	630.0	708.0
29				708.0	800.0	891.0
30	710	1,000	1,420	891.0	1,000.0	1,122.0
31				1,122.0	1,250.0	1,413.0
32				1,413.0	1,600.0	1,778.0
33	1,420	2,000	2,840	1,778.0	2,000.0	2,239.0
34				2,239.0	2,500.0	2,818.0
35				2,818.0	3,150.0	3,548.0
36	2,840	4,000	5,680	3,548.0	4,000.0	4,467.0
37				4,467.0	5,000.0	5,623.0
38				5,623.0	6,300.0	7,079.0
39	5,680	8,000	11,360	7,079.0	8,000.0	8,913.0
40				8,913.0	10,000.0	11,220.0
41				11,220.0	12,500.0	14,130.0
42	11,360	16,000	22,720	14,130.0	16,000.0	17,780.0
43				17,780.0	20,000.0	22,390.0

ตารางที่ 2-2 f0 , f1 , f2 ของ 1/1 และ 1/3 ออกเทบแบนด์

β เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับค่า n

n = 1 , $\beta = 0.707$

n = 1/2 , $\beta = 0.348$

n = 1/3 , $\beta = 0.231$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความถี่ต่าง ๆ สำหรับแถบเคลื่น 1 ออกเทฟและ 1/3 ออกเทฟแสดงในตาราง 2-2

2.2มนุษย์และเสียงแวดล้อม

2.2.1 บทนำ

เสียงเป็นสิ่งที่ประสาทรับฟังของคนเรารับได้ ถึงแม้ว่าจะไม่เห็นแหล่งกำเนิดของมันซึ่งต่างกับแสงและประสาทรับรู้ทางตา ยิ่งมีความเจริญมากขึ้นเสียงก็ยิ่งรบกวนคนเรามากขึ้น เสียงรบกวน (noise) เป็นสิ่งที่ไม่ต้องการแต่คนปกติไม่มีอุปกรณ์กันเสียงติดตัวไว้ก็ไม่สามารถหลีกเลี่ยงการได้ยินได้ ดังนั้นจึงต้องยอมรับภาวะที่ไม่ต้องการและมีปฏิกิริยาตอบโต้ทั้งด้านร่างกายและจิตใจ

2.2.2 ผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์

เราสามารถประเมินผลกระทบของเสียงต่อมนุษย์เราได้ 3 ทาง คือ

2.2.2.1 ภาวะรำคาญ (Annoyance) เราจะประเมินได้โดยให้บุคคลที่เกี่ยวข้องบอกถึงความรู้สึกรำคาญต่อเสียงนั้น ๆ และมักพบว่าภาวะรำคาญจะติดตามด้วยความรู้สึกอื่น ๆ เช่น ได้มีการสำรวจคนที่อาศัยอยู่ใกล้สนามบินว่า มีความรู้สึกอย่างไรต่อเสียงจากเครื่องบิน พบว่า 80 % ของคนที่บ่นรำคาญเรื่องเสียงจะรู้สึกกลัวเกี่ยวกับเครื่องบินประกอบอยู่ด้วย เช่นกลัวว่าเครื่องบินจะตกลงมาทับบ้านตัวเองหรือมีความรู้สึกไม่อยากเดินทางโดยเครื่องบิน

เสียงที่จะให้ความรู้สึกรำคาญมักจะมีลักษณะดังนี้

ความดัง (Loudness) เสียงยิ่งดังมากยิ่งก่อให้เกิดความ

ระยะความถี่ (Pitch) เสียงความถี่สูง (เสียงแหลม) จะให้ความรำคาญมากกว่าเสียงความถี่ต่ำ (เสียงทุ้ม) แม้จะมีความดังเท่ากัน

ความแปรเปลี่ยน (Irregularity) ความแปรเปลี่ยนในความเข้มจะทำความรำคาญมากกว่าความแปรเปลี่ยนความถี่

ตำแหน่งของแหล่งกำเนิด (Location) เสียงซึ่งเปลี่ยนตำแหน่งบ่อย ๆ จะให้ความรู้สึกรำคาญมากกว่าเสียงซึ่งมีแหล่งกำเนิดอยู่กับที่ นอกจากความรำคาญแล้วยังให้ความรู้สึกระแวงสงสัยอีกด้วย

เสียงเกิดโดยไม่จำเป็น (Unnecessary noise) แน่นอนที่สุดเสียงซึ่งเกิดโดยไม่มีเหตุผลจะทำให้เกิดความรำคาญมาก

2.2.2.2 ประสิทธิภาพ (Efficiency) เสียงมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของคน โดยพบว่าถ้าลดระดับเสียงลงหรือใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียงจะทำให้สมรรถนะการทำงานดีขึ้น เราจะพบว่าในโรงงานที่ต้องการความละเอียดแม่นยำของชิ้นงานมักจะมีเสียงดนตรีให้คนงานฟัง เพราะจิตใจที่แช่มใสสงบทำให้มีสมาธิในการทำงานดีขึ้น

2.2.2.3 สุขภาพ (Helth) สุขภาพที่เกี่ยวข้องกับเสียงแบ่งได้สองอย่างคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. สุขภาพร่างกาย เสียงมีผลต่อสุขภาพร่างกายตั้งแต่ยังเป็นทารกอยู่ในครรภ์มารดา ทารกเกิดใหม่ซึ่งมารดาอาศัยอยู่ในเขตอึกทึกในระยะเวลา 5 เดือนแรกของการตั้งครรภ์จะแสดงการรับรู้ต่อเสียงน้อยผิดปกติ นอกจากนั้นยังพบว่าอัตราเกิดของทารกที่มีน้ำหนักน้อยกว่าปกติเพิ่มขึ้นด้วย

เสียงที่ดังเกินกว่า 135 dB และความถี่ 20-1500 Hz จะทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียร เวียนศรีษะ กล้ามเนื้อสั่น และการเดินไม่มั่นคง นอกจากนั้นระบบประสาทรับฟังจะเป็นอันตรายด้วย ถ้าได้รับเสียงดังเป็นเวลานาน ๆ เช่นทำให้หูตึง หรือหนวกไปเลย การวิจัยในอังกฤษพบว่า 5 % ของคนงานที่ทำงานในระดับเสียงเกิน 90 dB เป็นเวลา 10 ปีจะหูหนวก

เสียงดังทำให้ความดันเลือดเพิ่มขึ้นด้วย เช่น มีการวิจัยพบว่า เด็กนักเรียนอายุ 13 ปี ที่อยู่อาศัยในเขตจราจรแออัด (รถผ่านประมาณ 1000 คันต่อชม.) จะมีความดันเลือดเท่าผู้ใหญ่อายุ 20-40 ปี และเสียงนี้ยังขัดขั้งพัฒนาการของเด็กอีกด้วย ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมานี้ ระดับความดันเสียงในตัวเมืองเพิ่มขึ้นประมาณ 10-12 dB ทำให้กำลังเป็นที่สงสัยกันว่าการอยู่ในสิ่งแวดล้อมอึกทึกนาน ๆ (40-80 dB) อาจทำให้อายุสั้นลง 8-12 ปี

เสียงความถี่เหนือระดับการได้ยินซึ่งกำลังนิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรมขณะนี้ก็ก่อให้เกิดอันตรายได้ ถึงแม้ว่าเราจะไม่ได้ยินมันก็ตาม อันตรายของมันจะมีต่อเซลประสาทในสมองและ Spinal Chords

ข. สุขภาพจิต มนุษย์ต้องพัฒนาความอดทนขึ้นต่อต้านเสียงที่ตนไม่ชอบ ทำให้เกิดความเครียดและความผันแปรของจิตใจซึ่งอาจแสดงออกมาในรูปแบบของความหวาดกลัว ตื่นตกใจ เป็นต้น ได้มีการสำรวจพบว่า 1/3 ของผู้ป่วยโรคประสาทพิการเนื่องจากความกังวล (neurosis) และ 1/5 ของผู้มีความผิดปกติทางจิตใจ (mental disorder) มีสาเหตุมาจากการอยู่ในภาวะเสียงอึกทึกและผู้คนในเมืองที่มีเสียงดังจะมีความผิดปกติทางด้านประสาทมากเป็น 3 เท่าของผู้คนในชนบท

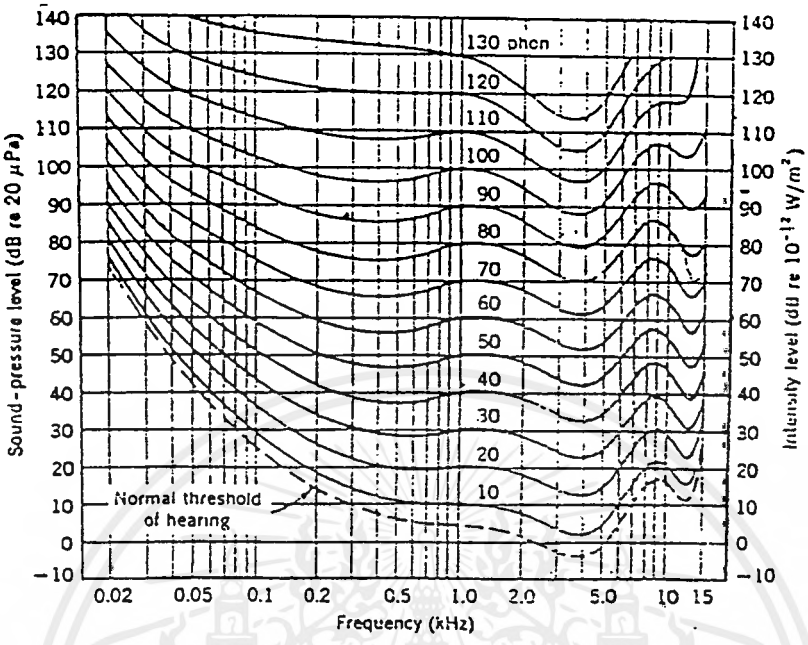
2.2.3 การสูญเสียการได้ยินและหูตึง

หูคนเราเป็นอวัยวะที่รับและแปลความหมายปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ (เสียง) หูคนเราจะตอบสนองที่ช่วงความถี่ 20 ถึง 16000 Hz หรือขึ้นถึง 2000 Hz สำหรับคนวัยหนุ่มสาว ความดังเสียงที่ไม่เหมาะสมจะเป็นตัวทำลายประสาทรับฟังได้

ถ้ากำลังของแหล่งเสียงลดลงเสียงจะเบาลงจนในที่สุดเราไม่สามารถได้ยินอีกต่อไป จุดที่สิ้นสุดการได้ยินเรียกว่า " ขอบเขตการได้ยิน " (threshold of hearing) ระดับความดันเสียงของขอบเขตการได้ยินจะแปรกับความถี่ดังเส้นประในรูป 2-4 จะเห็นได้ว่าหูคนเราจะไวต่อเสียงที่ความถี่ประมาณ 2000 ถึง 5000 Hz การได้ยินเสียงดังเป็นเวลานาน ๆ ทำให้คนเราไม่สามารถรับฟังเสียงแผ่วเบาได้เท่าที่ควร นั่นหมายถึงระดับความดันเสียงของขอบเขตการได้ยินเลื่อนสูงขึ้นไปถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รู้สึกว่าหูดื้อชั่วขณะเราเรียกว่า หูตึงชั่วคราว (temporary threshold shift , TTS) แต่ถ้าสูญเสียประสิทธิภาพรับฟังเสียงไปเลยเราเรียกว่า หูตึงถาวร (permanent threshold shift , PTS)



รูปที่ 2-4 เส้นแสดงความดังเสียงเท่ากันที่ความถี่ต่างๆ

อาการหูตึงชั่วคราวจะเพิ่มขึ้นแบบ linear กับค่า log ของเวลาที่รับฟังเสียง และอาการหูตึงชั่วคราวขนาดปานกลางจะกลับคืนเป็นปกติแบบ exponential ของเวลาโดยจะเป็นปกติภายใน 16 ชั่วโมง หลังจากการรับฟังเสียง แต่ถ้าขอบเขตการได้ยินสูงมากกว่า 40 dB การฟื้นตัวจะแปรแบบ linear กับเวลา จะต้องนานเป็นวันหรือสัปดาห์และเพื่อป้องกันไม่ให้หูตึงถาวรก็ไม่ควรให้ระดับหูตึงชั่วคราวเกิน 40-50 dB เสียงความถี่สูงจะเป็นอันตรายมากกว่าเสียงความถี่ต่ำ ถึงแม้จะมีพลังงานเสียงเท่ากัน ในช่วงความดันเสียง 80-130 dB อาการของหูตึงชั่วคราวจะเกิดแบบ linear กับระดับเสียง กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ ความแตกต่างของขอบเขตการได้ยินที่เกิดจากเสียง 100 dB และ 110 dB จะเหมือนกันกับความแตกต่างของขอบเขตการได้ยินที่เกิดจากเสียง 110 dB และ 120 dBความถี่ที่ทำให้เกิดหูตึงถาวรคือความถี่ประมาณ 4000 Hz สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะองค์ประกอบของหูชั้นกลางและชั้นในเอื้ออำนวยต่อการส่งผ่านเสียงความถี่ 4000 Hz ทำให้พลังงานช่วงความถี่นี้ผ่านเข้าหูชั้นในได้มากขึ้น

2.2.4 อันตรายจากเสียง

จากการศึกษาเรื่องเสียงทำให้เกิดสูญเสียการได้ยิน สรุปได้ว่า

ก. ฟังชั่นสำคัญของการรับรู้ของมนุษย์คือการได้ยินและเข้าใจความหมายคำพูด

ข. การได้ยินไม่ชัดเจนเต็มที่จะเกิดเมื่อค่าเฉลี่ยของระดับขอบเขตการได้ยินเกิน 25 dB ที่ความถี่ 500 , 1000 , 2000 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค. เสียงที่มีระดับต่ำกว่า 80 dB จะไม่เป็นอันตรายต่อการได้ยินเสียงพูด

ง. ปริมาณสูญเสียการได้ยินที่เกิดจากระดับเสียงเกิน 80 dB จะเป็นฟังชั่นของระดับเสียง ระยะเวลาการรับเสียง และความรู้สึกอ่อนไหวของแต่ละคน

ตราบใดที่คนเรายังได้ยินดีในช่วงความถี่ 350-3000Hz ก็ยังไม่มีปัญหาในการฟังคำพูด ปกติการได้รับเสียงเกินอัตราจะเป็นอันตรายต่อการรับฟังเสียงความถี่สูงก่อน ดังนั้นคนที่เริ่มมีอาการสูญเสียการได้ยินจะมักไม่ค่อยรู้ตัวเพราะยังฟังเสียงพูดปกติได้ดี แต่จะสังเกตุพบว่าได้ยินเสียงโทรศัพท์เบาลง หรือฟังเสียงเด็ก (ซึ่งมักจะแหลม) ไม่เข้าใจ หลังจากนั้นการสูญเสียการได้ยินจะลุกลามไปยังความถี่ต่ำ ทำให้ฟังคำพูดเร็ว ๆ ไม่ชัดไม่เข้าใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีเสียงรอบข้างกวนอยู่ด้วย ถ้าการสูญเสียการได้ยินยังมีต่อไปก็จะฟังคำสนทนาธรรมดาไม่ชัดเจน

เดซิเบลที่เลื่อนขึ้น (dB)	อาการ
น้อยกว่า 25	ถือได้ว่าอยู่ในขั้นปกติ
25-40	จะฟังเสียงกระซิบเบาๆไม่เข้าใจ
40-55	จะฟังเสียงพูดปกติลำบาก
55-70	จะฟังเสียงตะโกนดังๆไม่ค่อยได้ยิน
70-90	ถ้าจะฟังให้เข้าใจต้องใช้เครื่องขยายเสียง
มากกว่า 90	หูหนวกไม่ได้ยินถึงแม้จะใช้เครื่องขยายเสียง

ตารางที่ 2-3 การเลื่อนสูงขึ้นของขอบเขตการได้ยิน

2.2.5 กฎหมายเกี่ยวกับเสียง

มีรายงานระบุว่าเสียงยานพาหนะตามท้องถนนกรุงเทพในช่วงกลางวันมีระดับเสียงดังถึง 95 dB และช่วงกลางคืนดัง 97 dB เสียงรถยนต์เมื่อวัดห่างจากตัวรถ 4.6 เมตร มีระดับเสียง 85 dB รถบรรทุกดัง 95 dB และรถสามล้อดัง 92 dB นอกจากนั้นเสียงในสถานประกอบการต่าง ๆ อาทิ เช่น โรงงานทอผ้า เสียงในชุมชนที่อยู่อาศัย แหล่งบรรเทิงเริงรมย์ต่าง ๆ และเสียงจราจรทางอากาศก็ล้วนมีความดังอยู่ระหว่าง 80-105 dB ทั้งนั้น ระดับความดังเหล่านี้ถือได้ว่าอยู่ในขั้นอันตรายเกินกำหนด 85 dB ที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

ในประเทศไทยมีประกาศกระทรวงมหาดไทยเกี่ยวกับเสียง เช่น คนงานต้องได้รับระดับเสียงที่ไม่เกิน 91 dB ในกรณีทำงานไม่เกิน 7 ชม. เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีประกาศต่าง ๆ เกี่ยวกับการควบคุมเสียงที่ควรกล่าวถึงเช่น ประกาศคณะปฏิวัติ กำหนดให้รถยนต์ต้องมีระดับเสียงต่ำกว่า 95 dB เมื่อวัดที่ระยะทาง 7.5 เมตร หรือประกาศกรมเจ้าท่า กำหนดเสียงจากเรือ ซึ่งอยู่กับที่แล้วเร่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องประมาณ 2/3 ของกำลังเครื่อง จะต้องมีเสียงไม่เกิน 90 dB ที่ระยะทาง 7.5 เมตร

จะเห็นได้ว่าประกาศกระทรวงไม่ได้เกี่ยวข้องกับกรณีเสียงที่แปรเปลี่ยนความดังเลย อย่างไรก็ตามเราอาจอนุโลมใช้ระเบียบปี 1969 ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้ในกรณีที่รับฟังเสียงต่างความดังกัน โดยใช้สูตร

$\sum Cn / Tn < 1$ เป็นค่าที่ยอมรับว่าปริมาณเสียงที่ได้รับไม่เกินกำหนด

เมื่อ Cn = เวลาทั้งหมดที่รับฟังเสียงระดับ Ln

Tn = เวลาที่อนุญาตให้รับฟังเสียงระดับ Ln ได้ใน 1 วัน ซึ่งหาได้จากตาราง 2-4

ระยะเวลาต่อวัน (ชั่วโมง)	ระดับเสียง dB(A)
8.0	90
6.0	92
4.0	95
3.0	97
2.0	100
1.5	102
1.0	105
0.5	110
< 0.25	115

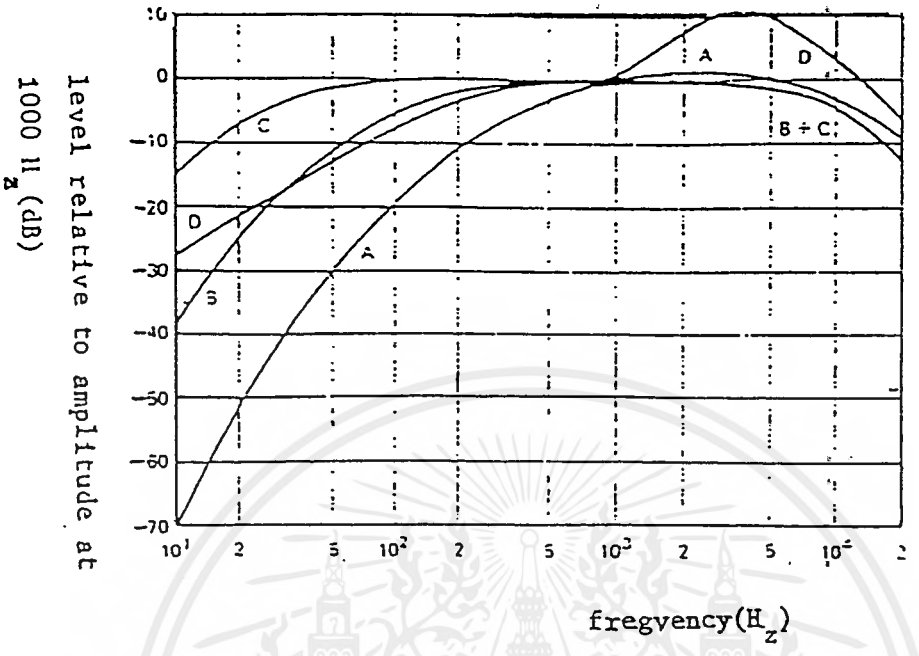
ตารางที่ 2-4 ระดับเสียงที่รับฟังโดยไม่มีอันตราย

2.2.6 ระดับเสียงเวจท์

ระดับเสียงเวจท์ (weighted sound level) คือ ระดับเสียง (dB re 20 μ Pa) ที่ได้จากการวัดผ่านไมโครโฟน แล้วผ่านที่กรองเวจท์ (weighting network) ซึ่งจะให้ระดับเสียงเวจท์ได้หลายรูปแบบเช่น A-weighted (dB(A)) , B-weighted (dB(B) , C-weighted (dB(C)) , D-weighted (dB(D))... ที่ต้องมีการเวจท์ก็เพราะว่าความรู้สึกบางอย่างของคนเช่น ภาวะรำคาญไม่ได้แปรแบบ linear กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดังเมื่อความถี่ต่างกัน เนื่องจากหูเรามีความไวต่อเสียงต่างกัน ถ้าความถี่ต่างกันดังกล่าวแล้วใน หัวข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 รูปที่ 2-5 ได้แสดงค่าระดับเสียงต่าง ๆ ที่ถูกเวทท์



รูปที่ 2-5 ค่าถูกเวทท์ของ network ต่างๆ

A-weighted เป็นการกรองเสียงเพื่อให้ผลตรงกับความรู้สึกรำคาญของคน

B-weighted มีเหตุผลการกรองเช่นเดียวกับ A-weighted แต่ใช้กับเสียงความเข้มปานกลาง ปัจจุบันนี้ไม่ค่อยมีใช้แล้ว

C-weighted ไม่มีการกรองมากนัก ดังนั้นผลการวัดเสียงจึงใกล้เคียงกับความจริงใช้เป็นการชั่วคราวเมื่อมีเหตุผลว่ากลุ่มเสียงความถี่ต่ำ จะถูกกรองมากเกินไปถ้าใช้ A-weighted ตัวอย่างเช่นในหัวรถจักรดีเซล

D-weighted ใช้กับการวัดเสียงจากอากาศยาน

เสียงเวทท์ที่ใช้มากที่สุดคือ A-weighted คือใช้ในการวัดเสียงภายในและภายนอกอาคาร การใช้ A-weighted scale ควรใช้กับเสียงที่มีแถบคลื่นกว้าง (broad-band noise)

ระดับเสียงปกติเปลี่ยนเป็นค่า A-weighted ได้จากสูตร

$$L_a = 10 \log \sum_{j=1}^{n} 10^{(L_j + A_j)/10} \quad \text{dB re } 20\,\mu\text{pa}$$

เมื่อ Lj คือ ระดับเสียง 1/3 หรือ 1 ออกเทป

Aj คือ ค่า A-weighted ที่ความถี่ศูนย์กลางของแถบคลื่นหาได้จากรูป 2-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.7 ความดัง

ความรู้สึกถึงความดังของเสียงหมายถึง ขนาดของปริมาณเสียงที่ประสาทรับฟังของเราจะได้ ความดังเป็นฟังชั่นของความเข้ม , ความถี่ , ความกว้างของแถบคลื่น และระยะเวลาของการรับฟังเสียง ดังนั้นเสียงสองเสียงที่มีความดังเท่ากันอาจจะแตกต่างกันได้ เช่น เราอาจจะมีเสียงแหลมและเสียงทุ้มที่มีความดังเท่ากันทั้ง ๆ ที่มีระดับความดันเสียงและความถี่ต่างกัน หน่วยของระดับความดัง คือ " โฟน " (phon)

การกำหนดขนาดความดังทำได้โดยใช้ลำโพง 2 อันวางใกล้เคียงกัน แต่ละอันจะให้เสียงซึ่งมีความถี่ต่างกัน สมมุติเป็น f1 และ f2 ถ้าเพิ่มกำลังให้กับลำโพงอันที่ 1 ความรู้สึกของเราคือ ลำโพง 1 ดังกว่าลำโพง 2 ถ้าเพิ่มกำลังให้ลำโพง 2 ความดังของลำโพง 2 จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนเรารู้สึกว่าไม่สามารถแยกได้ว่าลำโพงไหนดังกว่ากัน ที่สุดนี้เราจะพบว่าระดับความดันเสียงของความถี่ f1 และ f2 ไม่เท่ากัน นี่ก็คือที่มาของเส้นแสดงความดังเท่ากัน (equal-loudness contour) ดังแสดงในรูปที่ 2-4

ระดับความดัง (โฟน) จะมีค่าเท่ากับตัวเลขแสดงระดับความดันเสียง (เดซิเบล) ของเสียง 1000 Hz เช่น เสียงที่มีระดับความดัง 60 โฟน หมายถึง เสียงที่มีระดับความดังเท่ากับเสียงความถี่ 1000 Hz ที่มีระดับความดันเสียง 60 dB นั่นเอง

เมื่อพิจารณาความดังเสียงกับความรู้สึกของคนเราจะพบว่าหน่วยโฟนนี้ ไม่สัมพันธ์ (อย่างที่ควรจะเป็น) กับความรู้สึกของคนเรา ซึ่งเข้าลักษณะแบบเดียวกับ A-weighted ดังนั้นเพื่อให้ตรงกับความรู้สึกของคนจึงได้มีมาตรวัดความดังใหม่เรียกว่า ซอน (sone) โดยมีคำจำกัดความว่าหน่วยซอนคือความดังของเสียง 1000 Hz ที่มีระดับความดัน 40 dB re 20 Pa นั่นคือสำหรับเสียง 1000 Hz " ความดัง " 1 ซอนจะตรงกับ " ระดับความดัง " 40 โฟน

ระดับความดัง (loundness level , LL) และความดัง (loundness , L) มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$L = 2^{[LL-40]/10} \quad \text{sones}$$

หรือ

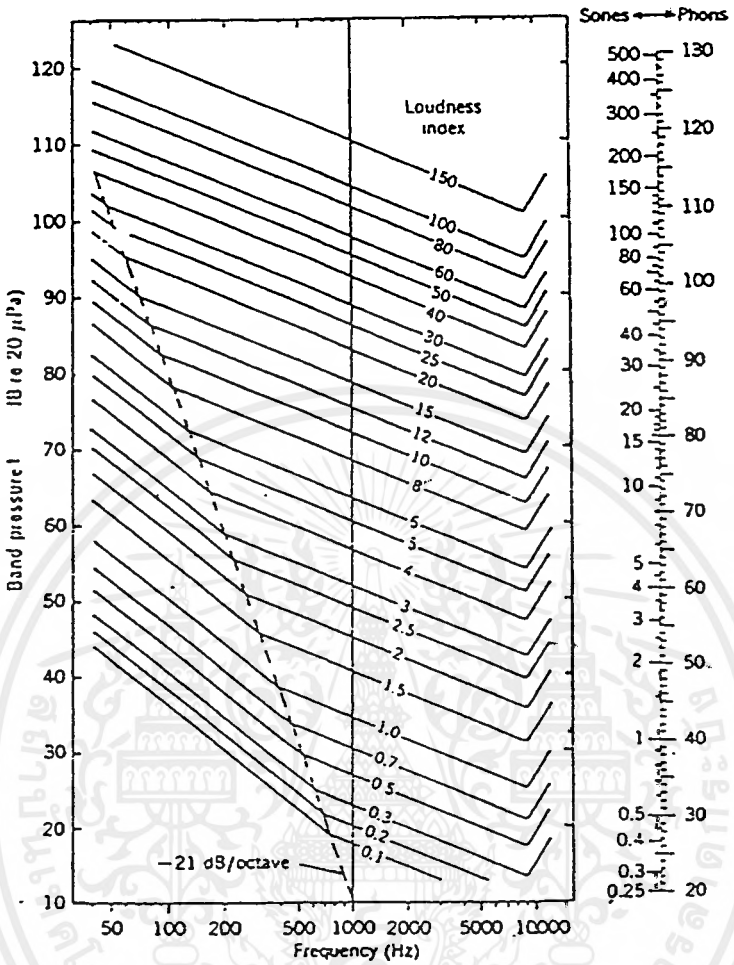
$$\log L = 0.03\,LL - 1.2$$

$$LL = 33.3 \log L + 40 \quad \text{phons}$$

2.2.8 วิธีคำนวณความดัง

เราสามารถคำนวณหาความดังของเสียงได้ด้วยวิธีของ สตีเวนส์ ที่เรียกว่า Stevens Mark VI method โดยสมมุติเสียงที่จะวัดเป็น " เสียงพร่า " (diffuse sound) คือ เสียงที่มีการสะท้อนกลับไปมาหลายครั้งจากทุกทิศทางจนพลังงานเสียงกระจายเสมอกัน แล้วหาดัชนีความดัง (loudness index) ในแต่ละแบนด์จากเส้นแสดงดัชนีความดังเท่ากัน (contour of equal index) ซึ่งสตีเวนส์สร้างไว้ดังรูปที่ 2-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 เส้นแสดงดัชนีความดังเท่ากัน

ดัชนีความดังของแต่ละแบนด์จะสามารถนำมารวมกันโดยสมการข้างล่าง

$$St = Sm[1 - F] + F\sum_{j=1}^{n} Sj \quad \text{--- sones}$$

Sm = ค่าดัชนีความดังของแบนด์ที่ดังมากที่สุด (sones)

F = เฟคเตอร์เพื่อความถูกต้อง

– 0.15 สำหรับ 1/3 ออกเทบ

0.20 สำหรับ 1/2 ออกเทบ

0.30 สำหรับ 1/1 ออกเทบ

ค่าผลรวมเทอบสุดท้ายของสมการข้างต้น รวมทั้งค่าเมื่อ j = m นอกจากนี้ความดัง (ซอน) เปลี่ยนเป็นระดับความดัง (โฟน) ได้ง่าย ๆ โดยใช้โมโนกราฟทางขวามือของรูปที่ 2-6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.9 การบดบังเสียง

ถ้ามีเสียงสองเสียงเกิดพร้อมกัน หูคนเราจะรับฟังเสียงที่ดังกว่า ส่วนเสียงที่เบากว่าจะถูกบดบัง (masked) ทำให้ไม่ได้ยิน เราเรียกเสียงที่ดังกว่านี้ว่า " เสียงบดบัง " (masking sound) และเสียงเบาเรียกว่า " เสียงถูกบดบัง " (masked sound)

2.2.10 ระดับรบกวนเสียงพูด

" ระดับรบกวนเสียงพูด " (speech interference level , SIL) ถูกกำหนดขึ้นมาครั้งแรกก็เพื่อประเมินเสียงในห้องโดยสารเครื่องบิน ค่าระดับรบกวนเสียงพูดเป็นค่าเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ของระดับความดันเสียงสามออกเทฟที่อยู่ระหว่างความถี่ 600 และ 4800 HZ แต่ต่อมาในปี พ.ศ. 2503 ได้มีการปรับปรุงใหม่เพื่อให้ลงรับกับผลการทดลองมากขึ้น โดยใช้ค่าเฉลี่ยของระดับเสียงของแถบคลื่น 500 , 1000 และ 2000 Hz แทนแล้วเรียกว่า ระดับรบกวนเสียงพูดที่พอใจ (preferred speech interference level , PSIL)

เมื่อมีเสียงรบกวนทำให้ผู้พูดต้องเปล่งเสียงมากขึ้น ตารางที่ 2.2 แสดงถึงความพยายามที่ใช้พูดเมื่อมีเสียงรบกวนระดับต่าง ๆ โดยผู้พูดและผู้ฟังหันหน้าเข้าหากันและไม่มีพื้นผิวสะท้อนเสียง

ระยะทางระหว่างผู้พูดและผู้ฟัง (m)	PSIL(dB) ความพยายามของผู้พูด			
	พูดปกติ	พูดดังขึ้น	พูดดังมาก	ตะโกน
0.15	74	80	86	92
0.3	68	74	80	86
0.6	62	68	74	80
1.2	56	62	68	74
1.8	52	58	64	70
3.7	46	52	58	64

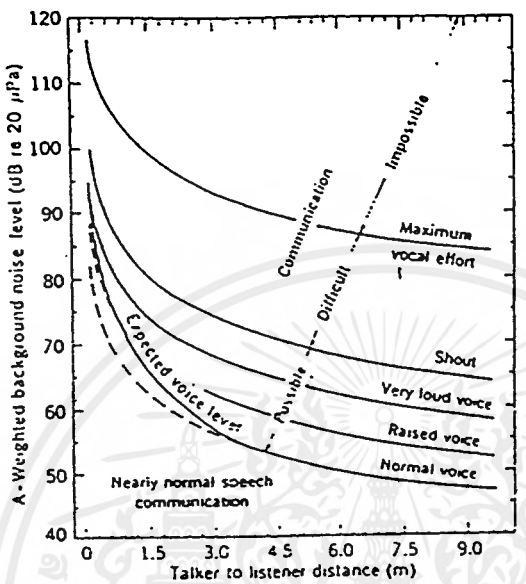
ตารางที่ 2-5 ความสัมพันธ์ของความพยายามเปล่งเสียงกับ PSIL

ตาราง 2-5 นี้ ใช้กับผู้พูดเป็นผู้ชาย ถ้าผู้หญิงพูดค่า PSIL จะต้องลดลงอีก 5 dB

ถ้าการหา PSIL ไม่สะดวก เราอาจใช้เสียงเบดกราวด์เป็นตัวประเมินความพยายามพูดที่ได้ดังในรูป 2.4 ซึ่งแสดงถึงความเป็นไปได้ ความลำบาก และความเป็นไปไม่ได้ของการพูดติดต่อกัน ตัวอย่างเช่น ถ้าเสียงเบดกราวด์ 75 dB (A) และยืนพูดห่างกัน 6 เมตร การพูดคุยจะลำบากมากแม้ว่าตะโกน และถ้าจะตะโกนให้รู้เรื่องกันก็ต้องขยับให้ใกล้เข้ามาประมาณ 2.5 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงพูดปกติของคนเราจะเพิ่มขึ้นโดยไม่รู้ตัวเมื่ออยู่ในเขตอึกทึก (เกินกว่า 55 dB (A)) ซึ่งได้แสดงให้เห็นในรูปด้วยเส้น expected voice level และจะเห็นได้ว่าในห้องบรรยายควรมีระดับเสียงแบคกราวด์ไม่เกิน 50 dB (A) ถ้าต้องการให้ผู้บรรยายพูดด้วยระดับเสียงปกติ



รูปที่ 2-7 ความพยายามสื่อสารโดยการพูดในสถานที่มีเสียงแบคกราวด์

2.2.11 ความรู้สึกรบกวน

จากการศึกษาพบว่า เสียงที่ให้ความรู้สึกรบกวนและอึกทึก (perceived noisiness , PN) มากได้แก่ เสียงลักษณะดังต่อไปนี้

ก. เสียงความถี่สูงจะรบกวนมากกว่าความถี่ต่ำถึงแม้จะมีความดังเท่ากัน

ข. เสียงที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มอย่างรวดเร็ว

ค. เสียงที่ไม่รู้แหล่งกำเนิด

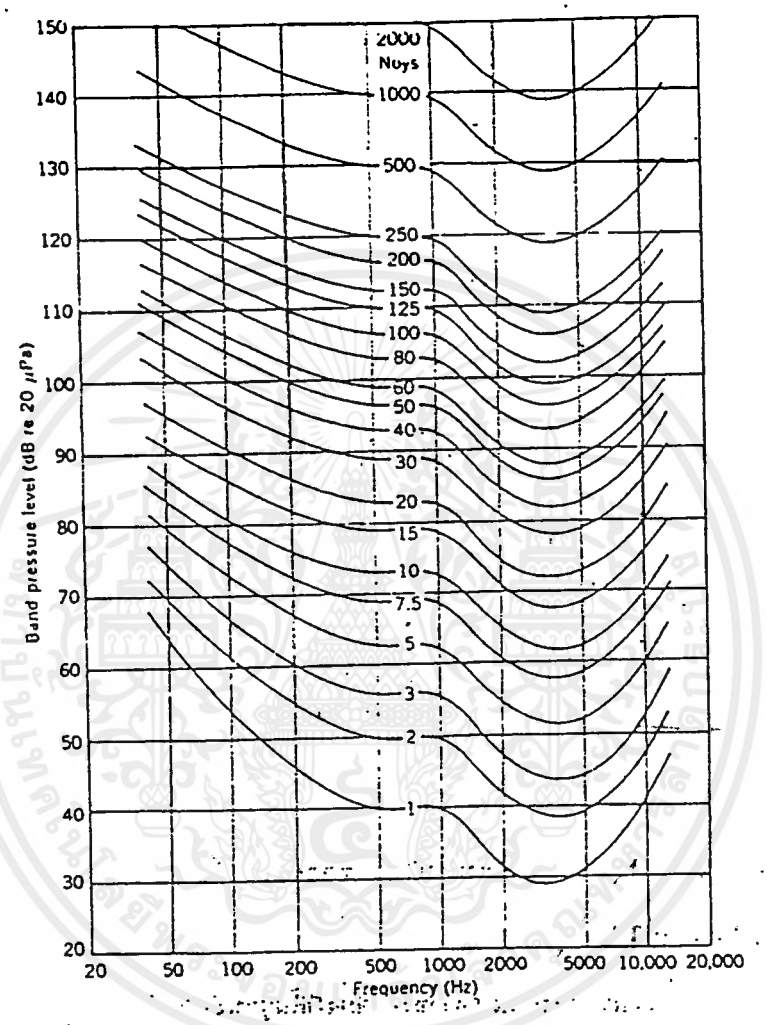
ง. เสียงที่เพิ่มระดับความดันอย่างรวดเร็วจะรบกวนมากกว่าการเพิ่มระดับความดันอย่างช้า ๆ ถึงแม้จะมีระดับสุดท้ายสูงเท่ากัน

จ. เสียงแถบคลื่นแคบ (narrow band) จะรบกวนมากกว่าเสียงแถบคลื่นกว้าง (broad band)

เราจะมีเส้นแสดงความเท่ากันของความรู้สึกรบกวน ดังแสดงในรูป 2.5 ความรู้สึกรบกวนเป็นฟังชั่นของระดับความดันเสียง ลักษณะความถี่และพฤติกรรมของเสียงในขณะนั้น เสียงอ้างอิงที่ใช้ในการสร้างรูป 2-8 คือ ออกเทบแบนด์ที่ 1000 Hz ที่มีระดับความดันเสียงเพิ่มขึ้นในอัตรา 5 dB/sec จนถึงค่าสูงสุด แล้วคงอยู่ 2 วินาที ต่อจากนั้นลดลงในอัตรา 5 dB/sec

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยของความรู้สึกรบกวนคือ " นอย " (noy) เป็นมาตรวัดเช่นเดียวกับ ซอน คือเป็นอัตราส่วนตรงที่เหมือนกับความรู้สึกของคน กล่าวคือเสียง 3 นอยคือเสียงที่ให้ความรู้สึกรบกวนเป็น 3 เท่าของเสียง 1 นอย เสียง 1 นอยคือเสียง 1000 ออกเทบแบนด์ที่มีระดับความดัน 40 dB



รูปที่ 2-8 เส้นแสดงความรู้สึกรบกวนเท่ากัน

ความรู้สึกรบกวน (นอย) สามารถเขียนเป็น " ระดับ " ความรู้สึกรบกวน (perceived noise level , PNL) โดยแสดงระดับด้วย PNdB ค่านอยและ PNdB สัมพันธ์กันโดยสมการข้างล่างทั้งสองสมการ

$$PN = 2^{[PNL-40]/10} \quad \text{noys}$$

$$PNL = 33.3 \log [PN] + 40 \quad \text{PNdB}$$

การหาค่าความรู้สึกรบกวนจากรูป 2.5 ทำได้โดยสูตรของสตีเวนส์เช่นเดียวกับความดัง

$$PN = Nmax [1 - F] + F \sum_{j=1}^{M} Nj \quad \text{noys}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

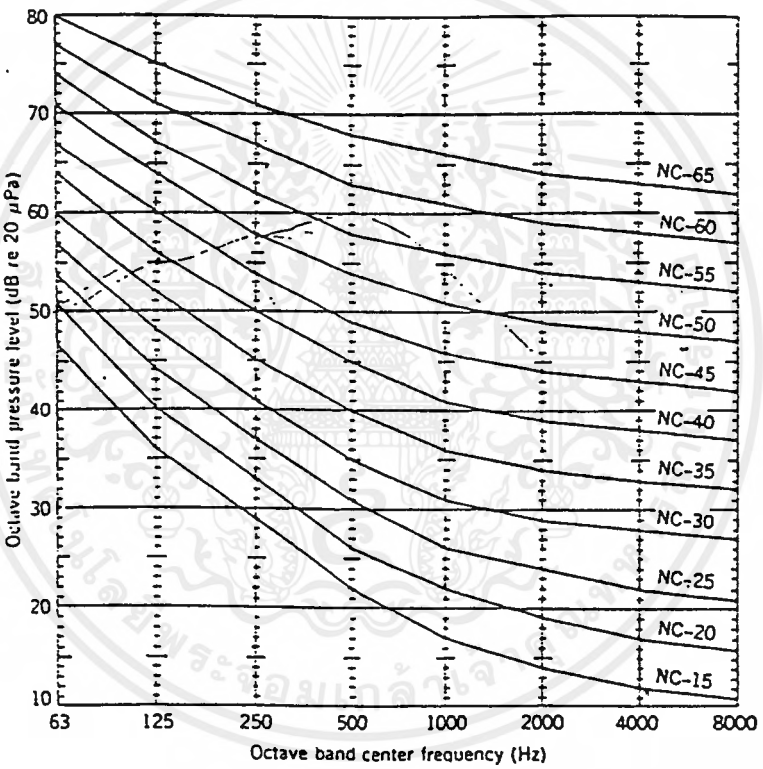
2.2.12 เกณฑ์เสียง

เกณฑ์เสียง (noise criteria , NC) เป็นที่ยอมรับและใช้กันมากในสหรัฐอเมริกาเพื่อจุดมุ่งหมาย

ก. ประเมินปัญหาที่เกิดจากเสียง

ข. ใช้เป็นเป้าหมายในการออกแบบเพื่อให้ได้เสียงเงียบตามต้องการและเป็นที่พอใจของผู้ใช้

การสร้างเส้นแสดงเกณฑ์เสียงมีพื้นฐานขึ้นอยู่กับระดับรบกวนเสียงพูด และระดับความดังและได้ลักษณะเส้น ดังรูป 2-9



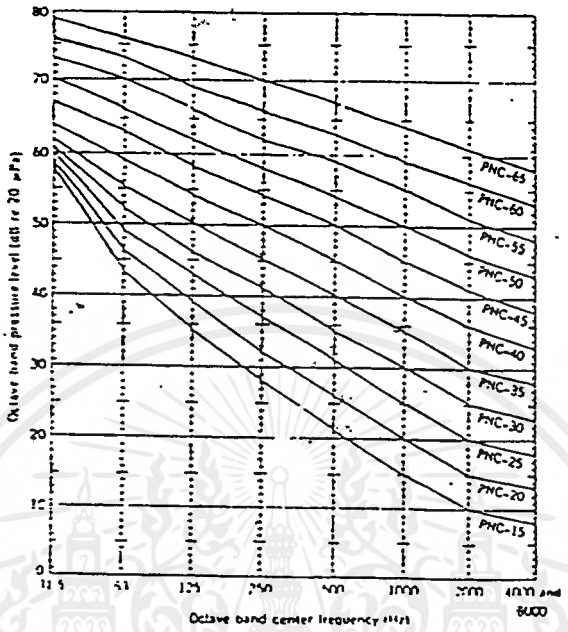
รูปที่ 2-9 เส้นเกณฑ์เสียง

เราจะหาเกณฑ์เสียงได้ โดยการลากเส้นความสัมพันธ์ระหว่างระดับความดันกับความถี่เสียงบนรูป 2.6 ค่าเกณฑ์เสียงก็คือ ค่า NC ในรูป 2.6 ที่อยู่ ณ.ตำแหน่งสูงสุดของเส้นที่พลอต ตัวอย่างเช่น เสียง

ความถี่ศูนย์กลางของแถบคลื่น	63	125	250	500	1000	2000
ระดับความดันเสียง	50	55	58	60	55	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อนำเสียงลักษณะนี้ไปพลอตตามรูป 2.6 จะพบว่าแถบความถี่ 500 Hz มีค่าสูงสุดคือ 57 นั่นคือเสียงดังกล่าวนี้มีเกณฑ์เสียง – 57



รูปที่ 2-10 เส้นเกณฑ์เสียงที่น่าพอใจ

บางทีการใช้เกณฑ์เสียง (NC) มีปัญหาเช่นพบว่า ถ้าสร้างเสียงเบคกราวด์ให้ตรงกับลักษณะเกณฑ์เสียงจะได้เสียงที่ไม่น่าพอใจ จึงได้มีการดัดแปลง NC ในปี พ.ศ. 2518 แล้วเรียกเกณฑ์เสียงที่พอใจ (preferred noise criteria , PNC) ลักษณะดังรูป 2-10 โดยมีวิธีใช้เช่นเดียวกับ NC ค่า NC และ PNC ที่ควรจะเป็นสำหรับห้องต่าง ๆ แสดงไว้ในตาราง 2-6 ด้วย

2.2.13 ระดับมลพิษเสียง

ระดับมลพิษเสียง (noise pollution level , NPL) มีความสัมพันธ์กับปริมาณทางสถิติบางอย่างที่ควรรู้จักก่อน เช่น L_{10} , L_{50} , L_{90} , L_{eq} โดยมีความหมายว่า L10 คือ ระดับเสียงที่ดังเกิน 10 % ของเวลาทั้งหมดที่เกิดเสียง ค่าทางสถิติเหล่านี้สามารถอ่านได้โดยตรงจากมิเตอร์วัด หรือหาได้จากการพิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ของ dB(A) กับเวลาตัวอย่างเช่นในรูป 2.8 ดังนี้

ก. แบ่งแกนของเวลาออกเป็นช่วงเท่า ๆ กัน ออกเป็น t_k , k = 1,2,3..... แล้วเรียกระดับความดันเสียงที่เวลา t_k ว่า L'_k

ข. แบ่งช่วงกว้างความดันเสียงที่วัดได้ (แกนดิ่ง) ออกเป็น N ส่วนเท่า ๆ กัน โดยมี L เป็นระดับต่ำสุด และ L'_{N+1} เป็นระดับสูงสุด ดังนั้นช่วงกว้างของแต่ละส่วนคือ $\Delta L = [L'_{N+1} - L'_1] / N$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดห้อง (และภาวะเสียงที่ต้องการ)	PNC	NC
ห้องแสดงคอนเสิร์ท, โอเปร่า, แสดงเดี่ยวเครื่องดนตรี (สำหรับฟังเสียงดนตรีแผ่วเบาได้)	10–20	10–20
สตูดิโอสำหรับกระจายเสียงและบันทึกเสียง (โดยใช้ไมโครโฟนรับเสียงที่ระยะไกล)	10–20	15–20
ห้องประชุมใหญ่, โรงละครขนาดใหญ่และโบสถ์ (สำหรับการฟังอย่างยิ่งเฉพาะ)	น้อยกว่า 20	20–25
สตูดิโอสำหรับกระจายเสียง, ส่งโทรทัศน์และบันทึกเสียง (โดยใช้ไมโครโฟนรับเสียงที่ระยะใกล้)	น้อยกว่า 25	20–25
ห้องประชุม, โรงละครและโบสถ์ขนาดเล็ก, ห้องซ้อมดนตรี และห้องสัมมนาขนาดใหญ่ (สำหรับการรับฟังที่ดี) สำนักงานธุรกิจและห้องประชุมขนาด 50 คน ที่ไม่ต้องมีเครื่องขยายเสียง	น้อยกว่า 35	25–30
ห้องหรืออาคารนอน, โรงพยาบาล, ที่พักอาศัย, โรงแรม (สำหรับการนอนหลับพักผ่อน)	25–40	25–35
สำนักงานส่วนตัว, ที่ส่วนตัว, ห้องประชุมเล็ก, ห้องเรียน, ห้องสมุด (สำหรับการได้ยินอย่างดี)	30–40	30–35
ห้องนั่งเล่น และห้องลักษณะเดียวกันในที่พักอาศัย (สำหรับการสนทนา, ฟังวิทยุโทรทัศน์)	30–40	35–45
สำนักงานใหญ่, แผนกต้อนรับ, ร้านขายของ, ภัตตาคาร (สำหรับการได้ยินปานกลาง)	35-45	35-50
เฉลียงสำหรับพักแยก, สถานที่ปฏิบัติการทดลอง ห้องเขียนแบบและวิศวกร, ห้องเลขานุการ (สำหรับการได้ยินระดับพอใช้ได้)	40-50	40-45

ตารางที่ 2-6 ค่า NC และ PNC ที่กำหนดสำหรับเสียงแบคกราวด์ของห้องต่างๆ

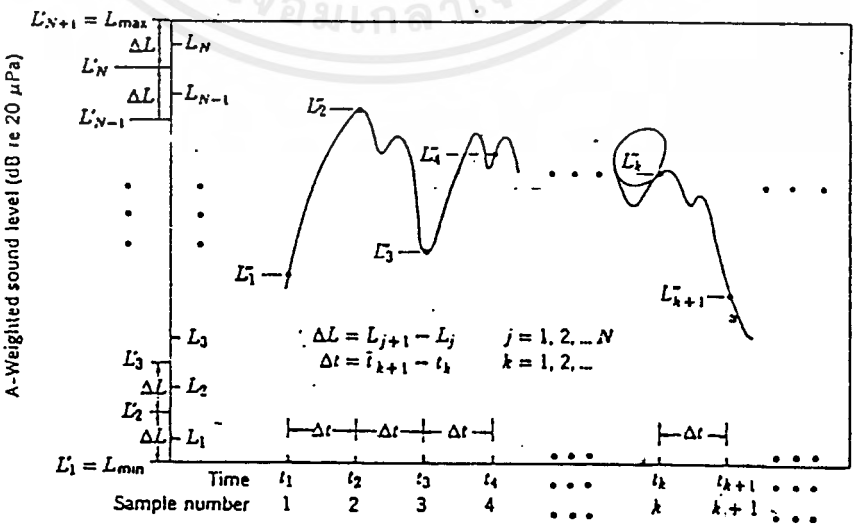
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดห้อง (และภาวะเสียงที่ต้องการ)	PNC	NC
ห้องซ่อมงานเบาๆ ,ที่ทำงานและห้องคอมพิวเตอร์ ,ห้องครัว (สำหรับการได้ยินระดับพอใช้ได้ปานกลาง)	45–55	45–60
โรงซ่อม ,อู่รถยนต์ ,ห้องควบคุมโรงจักรกำลัง (สำหรับการได้ยินคำพูดและติดต่อโทรศัพท์ได้)	50–60	–
ในสำนักงานหรือที่มีการติดต่อสื่อสารไม่ควรมีเสียงเกิน PNC–60		
โรงงานที่ไม่ต้องมีการติดต่อสื่อสารแต่ต้องไม่เป็นอันตรายต่อประสาทรับฟัง	60–75	–

ตารางที่ 2-6 ค่า NC และ PNC ที่กำหนดสำหรับเสียงแบคกราวด์ของห้องต่างๆ

ค. นับจำนวน L'_k ทั้งหมดที่ตกอยู่ในช่วง L'_j และ L'_{j+1} แล้วเรียก M_j , j = 1,2,3.....N เช่น $M_5 = 4$ คือมี L" ทั้งหมด 4 ค่า ตกอยู่ในช่วง L'_5 และ L'_6

ให้ $L_j = [L'_j + L'_{j+1}]/2$, j = 1,2,3,.....N เราสามารถสร้างตารางที่ 2.4 แสดงฟังชั่นของ L_j เพื่อนำไปสร้างรูปที่ 2-12 แสดงความสัมพันธ์ของ L_j และความเป็นไปได้ที่จะมีระดับเสียงเกิน L_j แล้วใช้หา L_{10} , L_{50} , L_{90} ได้ดังแสดงในรูป 2-12

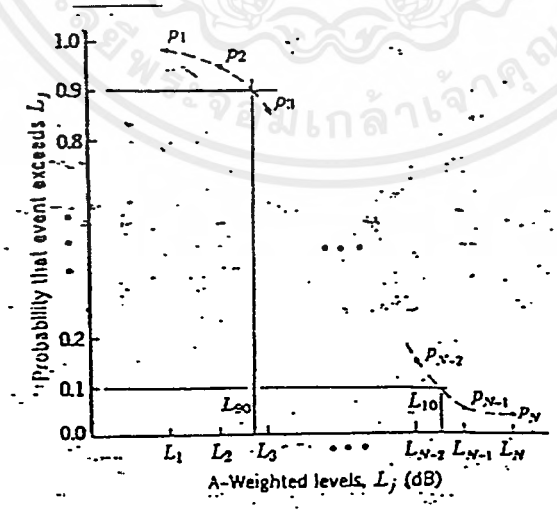


รูปที่ 2-11 ตัวอย่างระดับเสียง A-weighted กับช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Class interval (L_j)	Number of events in L_j (M_j)	Fraction of time spent in L_j (P_j)	Probability that level exceeds L_j (p_j)
L_1	M_1	$P_1 = \frac{M_1}{M}$	$p_1 = \sum_{j=1}^{N} P_j = 1$
L_2	M_2	$P_2 = \frac{M_2}{M}$	$p_2 = \sum_{j=2}^{N} P_j = \frac{1}{M} \sum_{j=2}^{N} M_j$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
L_{N-1}	M_{N-1}	$P_{N-1} = \frac{M_{N-1}}{M}$	$p_{N-1} = \sum_{j=N-1}^{N} P_j = \frac{1}{M} \sum_{j=N-1}^{N} M_j$
L_N	M_N	$P_N = \frac{M_N}{M}$	$p_N = P_N = \frac{M_N}{M}$
	$M = \sum_{j=1}^{N} M_j$	$\sum_{j=1}^{N} P_j = 1$	

ตารางที่ 2-7 หาค่าความเป็นไปได้จากตัวอย่างจากการวัดเสียง



รูปที่ 2-12 แสดง cumulative distribution ของคอลัมน์ที่ 4 จากตารางที่ 2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

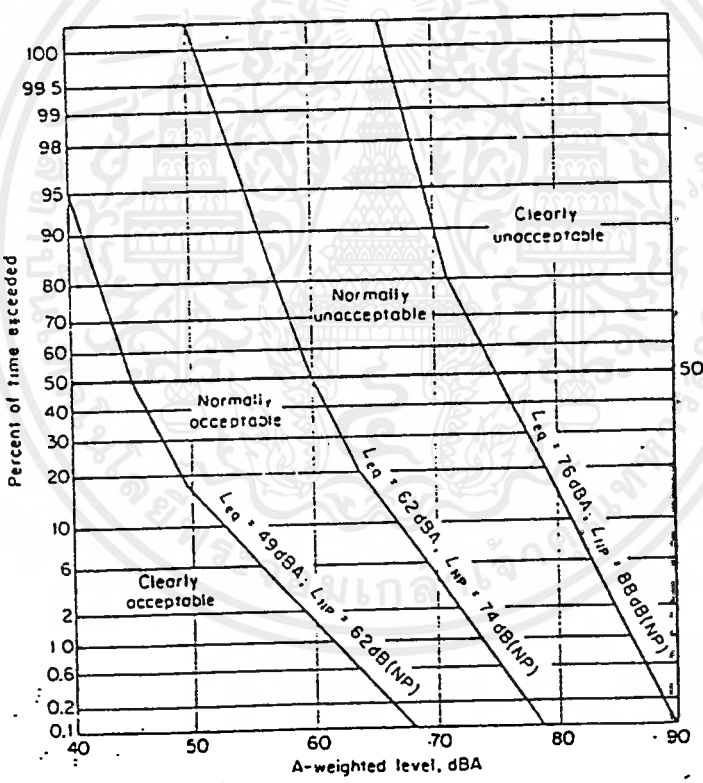
2.2.14 ดัชนีเสียงจราจร

การหาค่าดัชนีเสียงจราจร (traffic noise index , TNI) ได้จากการวัดเสียง A-weighted เป็นระยะๆ (เวลา) ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อนำมาพลอตแล้วหาค่า L_{10} ซึ่งเป็นระดับเสียงดังสูงสุด และ L_{90} ซึ่งจะแสดงถึงระดับเสียงแบคกราวด์

ดัชนีเสียงจราจรนิยามจาก

$$TNI = 4[L_{10} - L_{90}] + L_{90} - 30$$

สมการข้างต้น ได้ชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง ($L_{10} - L_{90}$) เป็นองค์ประกอบสำคัญในการเกิดความรู้สึกไม่ดีต่อเสียงเช่นที่เคยกล่าวถึงในเรื่องภาวะรำคาญ



รูปที่ 2-13 ระดับเสียงแวดล้อมสำหรับการพิจารณาที่อยู่อาศัย

2.2.15 ระดับเสียงกลางวัน-กลางคืน

ระดับเสียงกลางวัน-กลางคืน (day-night level , L_{dn}) กำเนิดมาเพื่อใช้วัดเสียงชุมชน (community noise) ได้ดีขึ้น โดยทำการแปลงมาจาก L_{dn} ด้วยการบวก 10 dB สำหรับเวลากลางคืนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลจากตาราง 2-7 ใช้นำไปหา " ระดับเฉลี่ยของพลังงาน "(energy mean ,L_{eq})

$$L_{eq} = 10 \log [\sum_{j=1}^{N} [P_j \times 10^{[Lj/10]}] \quad \text{dB re 20 } \mu\text{Pa}$$

ค่าเฉลี่ยเบนมาตรฐาน

$$\sigma = [\sum_{j=1}^{N} P_j L_j^2 - \{\sum_{j=1}^{N} P_j L_j\}^2]^{1/2} \qquad \text{dB}$$

เมื่อ P_j = เวลาใน interval j , sec

L_j = ระดับเสียงของ interval j , dB (A)

ทำความเข้าใจกับความหมายของระดับเฉลี่ยของพลังงานหรือ L_{eq} ได้ง่าย ๆ ด้วยตัวอย่างต่อไปนี้ สมมุติเสียง A คงเป็นเวลา 10 วินาที โดยมีระดับเสียงเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เสียง B เป็นเสียงที่มีระดับคงที่ตลอด 10 วินาที ถ้าพลังงานรวมของเสียงทั้งสองเท่ากัน เราจะเรียกระดับเสียง B ว่าระดับเสียงเรียบสมดุลย์ (equivalent continuous noise level , L_{eq})

ระดับมลพิษเสียงเป็นค่าที่มีองค์ประกอบจาก L_{eq} และความสำคัญที่เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงระดับเสียง ซึ่งหาได้จาก

$$L_{NP} = L_{eq} + 2.56\sigma$$

โดยทั่วไปเสียงภายในอาคารเพื่อการต่าง ๆ ไม่ควรเกินขีดจำกัดต่อไปนี้

ก. เพื่อการฟังวิทยุและโทรทัศน์

L_{50} = 35-45 dB

L_{10} = 41-51 dB

L_{NP} = 50-60 dB

ข. เพื่อการนอนหลับ

L_{50} = 25-50 dB

L_{10} = 31-56 dB

L_{NP} = 40-65 dB

การที่มีช่วงของขีดจำกัดกว้างก็เพราะต้องขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม เช่น ชานบทกับในเมืองและถ้าจะประเมินโดยใช้เสียงนอกอาคารก็ให้บวกขีดจำกัดข้างบนเข้าไปอีก 10 dB เมื่อเปิดหน้าต่างหรือ 20 dB เมื่อปิดหน้าต่าง

เพื่อความสุขในการอยู่อาศัยเราควรเลือกที่อยู่อาศัยมีระดับมลพิษเสียงน้อย ๆ โดยอาศัยรูปที่ 2-13 เป็นเกณฑ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เวลา 22:00 - 7:00 นาฬิกา เพื่อชดเชยความรู้สึกในช่วงเวลาดังกล่าวจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ทำนายผลกระทบที่มีต่อประชากรที่อยู่ในเสียงแวดล้อมนานๆ

$$L_{dn} = 10 \log \{ 0.625 * 10^{[Ld/10]} + 0.375 * 10^{([Ln+10)/10)} \}$$

เมื่อ L_d = L_{eq} สำหรับเวลากลางวัน (7:00-22:00)

Ln = L_{eq} สำหรับเวลากลางคืน (22:00-7:00)

โดยทั่วไป L_{dn} สำหรับสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ มีดังนี้

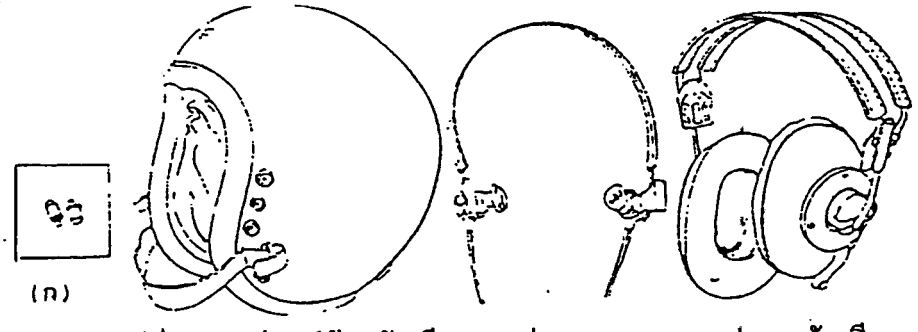
ย่านศูนย์การค้าใจกลางเมือง	75-80 dB
เขตที่พักอาศัยอึกทึกมาก	68-73 dB
เขตที่พักอาศัย	
ในตัวเมืองที่อึกทึก	63-68 dB
ในตัวเมือง	58-63 dB
ชานเมือง	53-58 dB
เมืองเล็กๆหรือชานเมืองที่สงบ	46-53 dB

สำหรับการทำกิจกรรมกลางแจ้งโดยปราศจากเสียงรบกวนการพูดคุยควรมี $L_{dn} \leq 55$ dB และในห้องพักอาศัยควรมี $L_{dn} \leq 45$ dB

2.2.16 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากเสียง

เจ้าของกิจการต้องรับผิดชอบต่อความปลอดภัยของลูกจ้างอันเนื่องมาจากเสียงดังเกินขนาด การป้องกันมี 3 วิธีใหญ่ๆ คือ ลดระดับเสียงของต้นกำเนิดเสียง , ลดอัตราการรับเสียงของลูกจ้างโดยการจำกัดเวลา หรือ ลดระดับเสียงที่หูของคนงาน

การป้องกันด้วยวิธีแรกจะได้กล่าวถึงในบทต่อๆไป ส่วนการป้องกันวิธีที่สองนั้นได้กล่าวผ่านมาแล้วในหัวข้อที่ 2 ในหัวข้อนี้จะขอกล่าวถึงการลดระดับเสียงที่ผ่านเข้าไปสู่หูชั้นใน อุปกรณ์ป้องกันเสียงที่ใช้สวมใส่ในหูไม่สามารถลดเสียงได้ 100 % เพราะนอกจากเสียงจะผ่านอุปกรณ์ป้องกันได้แล้วมันอาจเดินทางโดยใช้ทิศทางอื่น เช่น ผ่านกระโหลกศีรษะเข้าสู่หูชั้นในได้ด้วย โดยทั่วไปอุปกรณ์เหล่านี้ลดเสียงได้มากที่สุด 50-55 dB



รูปที่ 2-14 อุปกรณ์ป้องกันเสียงแบบต่างๆ (ก) จุกหู (ข) ห่มวกกันเสียง (ค) ที่ปิดหูกึ่งสอด (ง) ครอบหู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์ป้องกันเสียงแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังรูป 2-14

ก. จุกหู (earplugs) เป็นแท่งสอดเข้าไปในรูหูลดเสียงได้ดีและขุ้งไม่เกะกะกับอุปกรณ์อื่น เช่น หน้ากาก , แว่นตา เป็นต้น มีขนาดเล็กพกพาได้สะดวกและราคาถูก แต่มีข้อเสียคือความรู้สึกไม่สบายและอาจรู้สึกปวดรูหูเมื่อใช้ไปนานๆ เพราะจะหาขนาดให้พอดีกับรูหูของแต่ละคนนั้นทำได้ยาก

ข. หมวกกันเสียง (helmets) เป็นหมวกครอบทั้งศรีษะ คุณสมบัติในการกันเสียงไม่ค่อยดีนัก ดังนั้นจึงมักใช้เป็นหมวกนิรภัยป้องกันศรีษะไปในตัวด้วย อย่างไรก็ตามถ้าเสียงนั้นผ่านเข้ารูหูชั้นในโดยผ่านทางกระโหลกศรีษะ หมวกกันเสียงนี้ก็จะใช้ได้ผลมาก

ค. ที่ปิดหูกึ่งสอด (semi-inserts) เป็นที่ปิดหูโดยไม่ได้สอดใส่เข้าไปในรูหูโดยมีแผ่นสปริงรัดเหนือศรีษะ มีข้อดีข้อเสียเช่นเดียวกับจุกหูแต่อาจเกะกะบ้าง

ง. ครอบหู (earmuffs) เป็นที่ครอบหูชั้นนอกทั้งหมด ขนาดของมันจึงไม่เป็นปัญหามากเหมือนจุกหู ให้ความรู้สึกที่สบายกว่ายกเว้นบริเวณที่อากาศอบอ้าว ยึดติดกันด้วยแถบสปริงครอบศรีษะราคาค่อนข้างแพงและเกะกะ นอกจากนี้ยังลดเสียงที่ความถี่ต่ำกว่า 1,000 Hz ได้น้อยกว่าจุกหู

การเลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันเสียงควรคำนึงถึงองค์ประกอบต่อไปนี้

ก. ความสามารถในการลดเสียง ต้องลดระดับเสียงลงให้ต่ำกว่าที่กฎหมายอนุญาต โดยทั่วไปอุปกรณ์ป้องกันเสียงเหล่านี้สามารถลดเสียงลงได้โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 25-35 dB

ข. ความรู้สึกสะดวกสบายในการใช้ ถ้าอุปกรณ์ก่อให้เกิดความรำคาญผู้ใช้ก็มักปฏิเสธที่จะใช้ มันจะกลายเป็นของไร้ค่าไปทันที เพราะคนเรามักจะยอมทนเสียงดังมากกว่ายอมรำคาญต่ออุปกรณ์เหล่านี้ องค์ประกอบนี้จะสำคัญมากในเสียงระดับปานกลางที่ต้องการผลทางจิตใจมากกว่าร่างกาย

ค. ต้องไม่เป็นพิษ ผิวหนังบริเวณหูเป็นผิวหนังค่อนข้างอ่อนดังนั้นอุปกรณ์พวกนี้ต้องไม่เป็นพิษต่อผิวหนัง

ง. ไม่เป็นอุปสรรคต่อการสื่อสาร ในบางครั้งที่ระดับเสียงต่ำก็ควรพูดจากันรู้เรื่อง

จ. ใช้ง่าย การสวมใส่ต้องไม่ยุ่งยากเพื่อให้ทุกคนใช้เป็นและใช้อย่างถูกวิธี

ฉ. อายุการใช้งาน ควรมีอายุการใช้งานทนนาน โดยคำนึงให้สมราคาเพื่อเป็นการประหยัด

ช. การทำความสะอาดต้องง่าย เพื่อไม่ให้เป็นแหล่งเพาะเชื้อโรค จำเป็นต้องทำความสะอาดบ่อย

วิธีการป้องกันโดยใช้อุปกรณ์ต่างๆที่กล่าวมานั้นในการป้องกันเสียงเนื่องจากเครื่องบินเข้าสู่ห้องเรียนไม่สามารถใช้ได้ ในหัวข้อต่อไป จะกล่าวถึงหลักการที่จะช่วยในการป้องกันเสียงผ่านเข้าสู่ระบบปิด (ห้องเรียน) โดยการใช้วัสดุต่างๆมาช่วยป้องกันเสียง

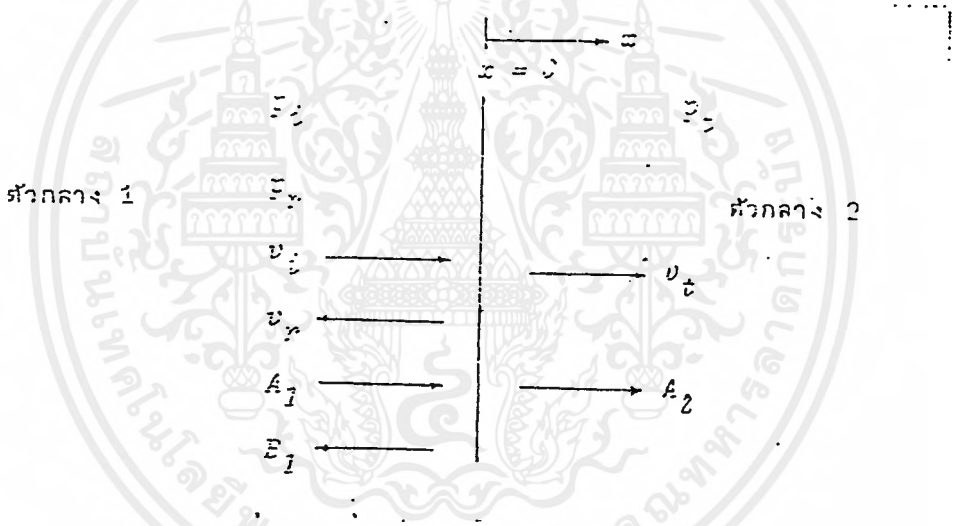
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ผนัง , ที่ครอบและที่กันเสียง

2.3.1 การเดินทางของเสียงในตัวกลางสองชนิด

ดังได้กล่าวแล้วว่าหนทางหนึ่งที่จะลดระดับเสียง คือ การกำจัดเสียงในขณะที่เดินทางไปสู่ผู้ฟัง การกำจัดเสียงโดยหลักการนี้ทำได้โดยการใช้ผนัง (wall) , ที่ครอบ (enclosure) และที่กั้นเสียง (barrier) ซึ่งจะทำให้เสียงต้องเดินทางผ่านตัวกลางมากกว่า 1 ชนิด และมีผลในการลดระดับเสียงลง

สมมติให้คลื่นเสียงขณะที่กระทบรอยต่อของตัวกลางเป็นแบบคลื่นระนาบ , ไม่มีพลังงานสูญเสียในตัวกลางใด ๆ เลย และตกกระทบในแนวตั้งฉากกับรอยต่อ รูปที่ 2-15 จะแสดงถึงการตกกระทบ (incident) , การสะท้อนกลับ (reflect) และการส่งผ่าน (transmit) คลื่นความดันเสียง โดย p ความดันเสียง, v คือความเร็ว และ A,B คือความดันสูงสุดของความดันเสียง



รูปที่ 2-15 คลื่นเสียงเดินทางในตัวกลาง 2 ชนิด

ความดันเสียงหาได้จากสมการ (1-15)

ความดันเสียงตกกระทบ $Pi = A1 \cos 2\pi[ft - x/\lambda 1]$ (2-1)

ความดันเสียงสะท้อนกลับ $Pr = B2 \cos 2\pi[ft - x/\lambda 1]$ (2-2)

ความดันเสียงส่งผ่าน $Pt = A2 \cos 2\pi[ft - x/\lambda 2]$ (2-3)

จากสมการของเสียง

$$p/v = \rho c$$

$$p = v\rho c$$

แทนค่า ρ ลงในสมการ (2-1)-(2-3) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$vi = [A1/\rho 1c1]\cos 2\pi [ft - x/\lambda 1] \quad (2\text{-}4)$$

$$vr = [-B1/\rho 1c1]\cos 2\pi [ft + x/\lambda 1] \quad (2\text{-}5)$$

$$vt = [A2/\rho 1c1]\cos 2\pi [ft - x/\lambda 2] \quad (2\text{-}6)$$

เครื่องหมายลบในสมการ(2-5) หมายถึงคลื่นสะท้อนเคลื่อนที่ในแนว -x เมื่อความดันเป็นบวก เพื่อจะรักษาความต่อเนื่องที่ขอบเขต (x=0) เอาไว้ ความดันและความเร็วที่ตั้งฉากกับขอบเขตทั้งสองด้านจะต้องมีค่าเท่ากับ

$$Pi + Pr = Pt \quad \text{ที่} \quad x=0 \quad (2\text{-}7)$$

$$vi + vr = vt \quad \text{ที่} \quad x=0 \quad (2\text{-}8)$$

แทนค่า (4-1) - (4–6) ลงใน (4-7) และ (4-8) โดยที่ x=0

$$A1\cos[2\pi]ft + B1\cos[2\pi]ft = A2\cos[2\pi]ft \quad (2\text{-}9)$$

$$[A1/\rho 1c1]\cos[2\pi]ft - [B1/\rho 1c1]\cos[2\pi]ft = [A2/\rho 2c2]\cos[2\pi]ft$$

เมื่อพิจารณาที่เวลาเริ่มต้น t=0

$$A1 + B1 = A2 \quad (2\text{-}10)$$

$$[A1 - B1]/\rho 1c1 = A2/\rho 2c2 \quad (2\text{-}11)$$

ซึ่งจะได้

$$B1/A1 = [\rho 2c2 - \rho 1c1] / [\rho 2c2 + \rho 1c1] \quad (2\text{-}12)$$

จากนิยามของความเข้มเสียง I=w/A ,เมื่อ A ในสมการนี้คือพื้นที่

$$wr / wi = IrAr / IiAi$$

$$wr / wi = Ir / Ii \quad (2\text{-}13)$$

เมื่อ wr , wi คือ กำลังส่งเสียงสะท้อนและตกกระทบ

Ir , Ii คือ ความเข้มเสียงสะท้อนและตกกระทบ

Ar , Ai คือ พื้นที่ที่เสียงสะท้อนและตกกระทบ

จาก $I = p^2 / \rho c$

$$wr / wi = B1^2 / A1^2 \quad (2\text{-}14)$$

อัตราส่วนของกำลังเสียงสะท้อนต่อกำลังเสียงตกกระทบคือ " สัมประสิทธิ์สะท้อนกลับของเสียง " (sound power reflection coefficient , Tr)

$$Tr = B1*B1 / A1*A1 \quad (2\text{-}15)$$

แทนค่า (2-12) ลงใน (2-15)

$$Yr = \{[\rho 2c2 - \rho 1c1]/[\rho 2c2 + \rho 1c1]\} \quad (2\text{-}16)$$

ในทำนองเดียวกัน " สัมประสิทธิส่งผ่านเสียง " (sound power transmission coefficient) คือ

$$T = wt / wi = It / Ii$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= [A2*A2 / \rho 2c2] * [\rho 1c1 / A1* A1] \quad (2\text{-}17)$$

ในทำนองเดียวกับ Tr เราสามารถเขียน T อยู่ในรูปของ $\rho 2$ และ $c2$ ได้ดังนี้

จากสมการ (2-10) และ (2-11) จะได้

$$A2/A1 = 2[\rho 2c2 / [\rho 2c2 + \rho 1c1]] \quad (2\text{-}18)$$

แทนค่า (4-18) ลงใน (4-17) จะได้

$$T = 4\rho 2c2\rho 1c1 / [\rho 2c2 + \rho 1c1]^2 \quad (2\text{-}19)$$

ข้อสังเกตจากสมการ (2-16) และ (2-19) คือความเป็นสัดส่วนเหมือนกันของ $\rho 1c1$ และ $\rho 2c2$ ดังนั้นถ้าเสียงเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ไปทางตรงกันข้าม (จากตัวกลาง 2 ไปสู่ตัวกลาง1) เรายังคงได้ Tr และ T เหมือนเดิม

นอกจากนี้เรายังพบว่า Tr + T = 1 ซึ่งหมายถึงไม่มีการสูญเสียพลังงานเลยหรือคือเสียงตกกระทบแบ่งออกเป็นสองอย่าง คือ สะท้อนกลับและส่งผ่านเท่านั้น

2.3.2 การสูญเสียการส่งผ่านเสียง

เสียงส่งผ่านเข้าไปในห้อง , อาคารได้หลายทางเช่น โดยที่ผนังหรือพื้นห้องสั่นสะเทือนเมื่อเสียงมากระทบ การสั่นสะเทือนจะให้กำเนิดเสียงในห้องได้ หรือผนังห้องสั่นสะเทือนอันเนื่องมาจากเครื่องจักรกล นอกจากนี้เสียงยังสามารถลอดผ่านหน้าต่างประตูที่เปิดทิ้งไว้ หรือผ่านท่อระบายอากาศก็ได้

เสียงที่ส่งผ่านสู่ห้องโดยวิธีแรกนั้นจะลดลงได้ถ้าเราใช้ผนังห้องที่มีความหนาแน่นสูงๆ ลักษณะผนังห้องแบบนี้จะสะท้อนเสียงออกไปมากกว่าส่งผ่าน แต่ถ้าเสียงนั้นมีความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของผนัง เสียงก็จะส่งผ่านไปได้มากเนื่องจาก ปรากฏการณ์ " รีโซแนนท์ " (resomant)

ปริมาณที่ใช้วัดการกันเสียงของโครงสร้างเราเรียก " การสูญเสียการส่งผ่าน "(sound-transmission Loss ,TL) ซึ่งจะหมายถึงจำนวนเดซิเบลของพลังงานเสียงที่สูญเสียไปเมื่อมีการส่งผ่านเสียง และหาได้จาก

$$TL - 10\log(wi / wt)$$

$$= 10\log(1/ T) \quad (2\text{-}20)$$

TL ขึ้นอยู่กับความถี่ด้วยตั้งแต่แสดงในรูป 2-16 ที่ความถี่ต่ำ ๆ จะขึ้นอยู่กับความแข็ง (stiffness) ในช่วงความถี่น้อยนี้ผนังที่แข็งจะให้ TL สูง ถ้าความถี่เพิ่มขึ้น TL จะถูกควบคุมโดยความถี่รีโซแนนท์ของผนัง และ ถูกจำกัดโดย " แดมปิ้ง " (damping) ของผนังที่ความถี่เหนือความถี่รีโซแนนท์ ก็จะขึ้นอยู่กับมวล ซึ่งมีกฎของมวล (mass low) ดังสมการ (2-21)

$$TL = 20\log f + 20\log W - 47.2 \quad dB \quad (2\text{-}21)$$

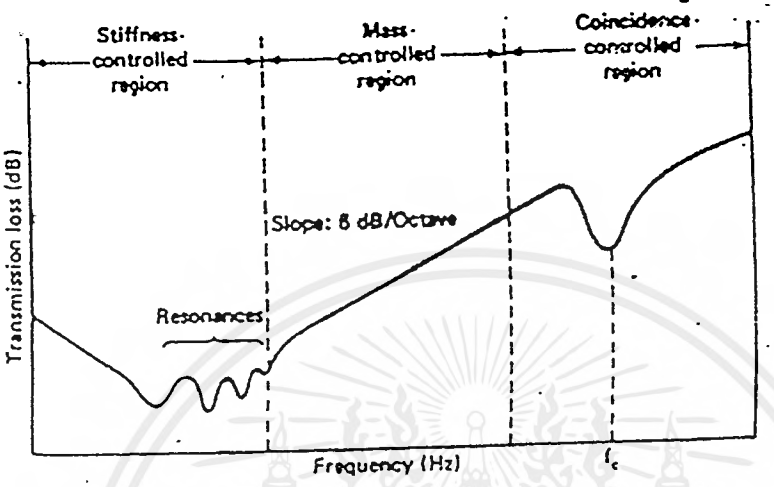
เมื่อ f = ความถี่

W = มวลต่อพื้นที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะพบว่า TL. เพิ่มขึ้น 6 db ถ้า f หรือ W เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า

ถ้าเป็นเสียงที่ตกกระทบเป็นมุมฉากกับผนังไม่กระจัดกระจายเราจะได้ มากกว่าปกติ ประมาณ 5 db



รูปที่ 2-16 ค่าสูญเสียการส่งผ่านเสียงแปรตามความถี่ผนัง homogeneous โดยf0คือความถี่วิกฤติ

$$(TL)_0 = 20\log f + 20\log W - 42.2 \quad dB$$

ค่า TL. สำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไปแสดงไว้ในตาราง 2-8

Material	Transmission Loss (dB)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
Brick, 4 in.	30	36	37	37	37	43
Cinder block, 7⅝ in., hollow	33	33	33	39	45	51
Concrete block, 6 in., lightweight, painted	38	36	40	45	50	56
Curtains, lead vinyl, 1¼ lb/ft²	22	23	25	31	35	42
Door, hardwood, 2⅛ in.	26	33	40	43	48	51
Fiber tile, filled mineral, ½ in.	30	32	39	43	53	60
Glass plate, ¼ in.	25	29	33	36	26	35
Glass, laminated, ¼ in.	23	31	38	40	47	52
Panels, perforated metal with mineral fiber insulator, 4 in. thick	28	34	40	48	56	62
Plywood, ¼ in., 0.7 lb/ft²	17	15	20	24	28	27
Plywood, ¾ in., 2 lb/ft²	24	22	27	28	25	27
Steel, 18 gauge, 2 lb/ft²	15	19	31	32	35	48
Steel, 16 gauge, 2.5 lb/ft²	21	30	34	37	40	47
Sheet metal laminate, 2 lb/ft², visiolastic core	15	25	28	32	39	42

ตารางที่ 2-8 TL. สำหรับวัสดุก่อสร้างทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

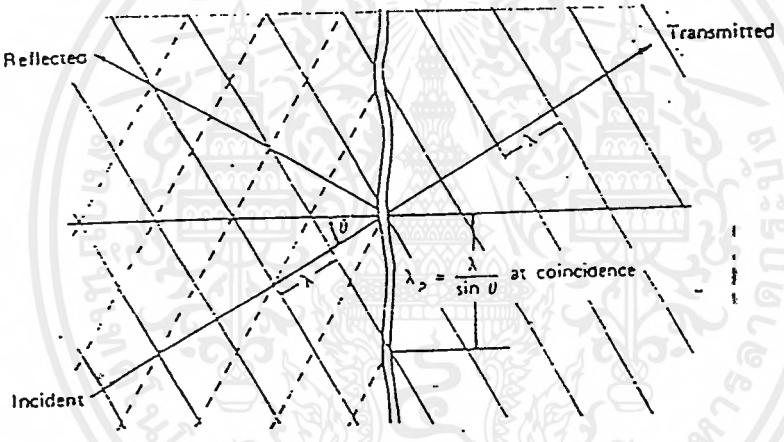
ถ้าผนัง พื้นห้องประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด เราหาค่าสัมประสิทธิการส่งผ่านกำลังเสียงได้เช่นเดียวกับการหาสัมประสิทธิการดูดกลืนเสียง

$$Tbar = T1S1 + T2S2 + .../ S \qquad (2\text{-}22)$$

2.3.3 การพ้องตรงกัน

เมื่อความถี่ของเสียงเพิ่มขึ้นต่อไปอีก TL จะลดลงเนื่องมาจากผลของการพ้องตรงกัน (coincidence) โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ความถี่วิกฤติ (ดูรูป 2-16)

เมื่อเสียงตกกระทบผนังที่ค่อนข้างบางและมีแดมปิ้งต่ำ จะทำให้ผนังนั้นสั่นสะเทือนที่ความถี่พอดีค่าหนึ่งจะทำให้เฟสของเสียงตกกระทบพ้องต้องกับเฟสของการสั่นของผนังทำให้เสียงส่งผ่านผนังได้มากขึ้นดังแสดงในรูป 2-17 ซึ่งจุดยอดของความดันเสียงตรงกับจุดยอดของคลื่นการสั่นของผนัง



รูปที่ 2-17 ผลการพ้องตรงกันเมื่อเสียงตกกระทบเป็นมุม

จะได้ว่าความยาวคลื่น ของผนัง , $\lambda_w = \lambda/\sin\theta$ (2-23)

เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่นในอากาศ

θ คือ มุมตกกระทบเมื่อวัดเทียบกับแนวตั้งฉาก

$$\sin\theta = \lambda/\lambda_w \qquad (2\text{-}24)$$

ในช่วงของความถี่ที่มากกว่า fc ถ้าเราให้มุมตกกระทบคงที่ จะมีความถี่หนึ่งที่เป็นไปตามสมการ (4-24) เราเรียกความถี่นั้นว่า " ความถี่พ้อง "(coincidence frequency) ในทางกลับกันถ้าเราให้ความถี่คงที่ก็จะมีมุมตกกระทบมุมหนึ่งที่เป็นไปตามสมการ (2-24) เราจะเรียกมุมนี้ว่า " มุมพ้อง " (coincidence angle)

จากสมการ (2-12) จะเห็นว่าการเกิดเหตุเช่นนี้ λ ต้องน้อยกว่า λ_w เสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่วิกฤตหาได้จาก

$$fc = 0.551/h * c^2/c_p \qquad (2\text{-}25)$$

เมื่อ c = ความเร็วเสียงในอากาศ

$c_p^2 = E/[\rho[1-V^2]]$

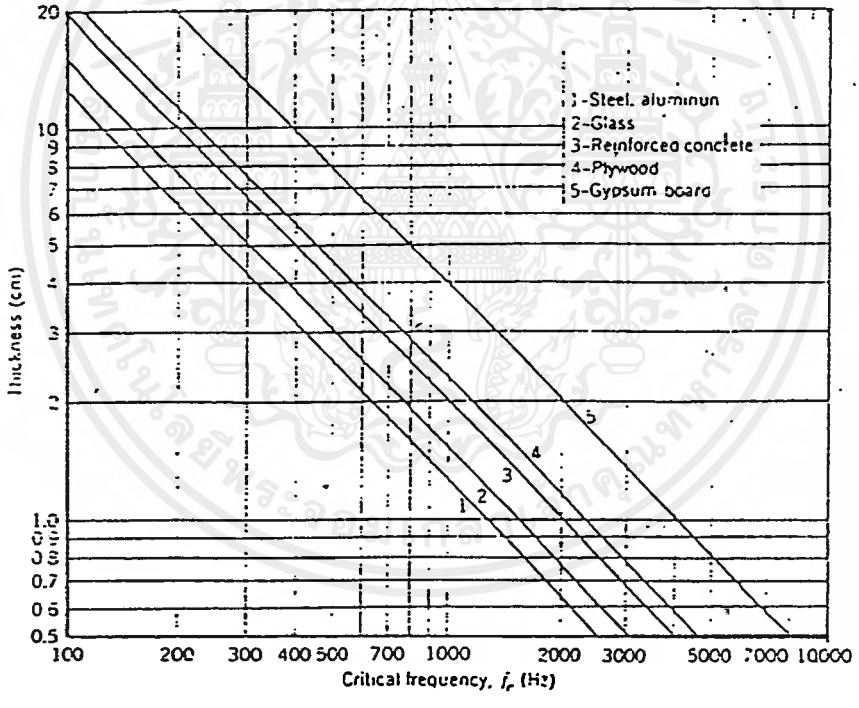
E – โมดูลัสความยืดหยุ่นของผนัง

p = ความหนาแน่นของผนัง

v = Poinsson ratio

h = ความหนาของผนัง

จะเห็นได้ว่าเราลด fc ลงได้โดยใช้ผนังที่แข็งและหนา และเพิ่ม fc โดยใช้ผนังที่อ่อนและหนักค่า fc ของวัสดุต่าง ๆ หาได้จากรูป 2-18



รูปที่ 2-18 ความถี่วิกฤตของวัสดุต่างๆ ที่ความหนาต่างๆ กัน

ค่า TL ของการส่งผ่านเสียงที่ความถี่มากกว่า fc หาได้จาก

$$TL = 20\log f + 20\log W + 10\log[2nf/\pi fc] - 42.2 \text{ dB} \qquad (2\text{-}26)$$

เมื่อ n คือตัวประกอบการสูญเสีย หาได้จากตาราง 2-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 การสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนัง

เรามีสูตรที่ได้จากการทดลองเพื่อหา TL ของผนังสำหรับความถี่ 100-3,150 โดยมีความแม่นยำ ± 3 db

$$TLmean = 14.5\log W + 10 \quad dB \qquad (2\text{-}27)$$

เมื่อ W = มวลต่อพื้นที่ (kg/ตารางเมตร)

วัสดุของผนัง	η*	วัสดุของผนัง	η*
อลูมิเนียม	10^{-4}-10^{-2} **	อิฐ	0.01
คอนกรีต	0.005-0.02	อิฐ(คอนกรีต)บล็อค	0.005-0.02
ไม้ลัน	0.05	แก้ว	0.001-0.01 **
เหล็ก	10^{-4}-10^{-2} **	ยิบซั่มบอร์ด	0.01-0.03
ไม้อัด	0.02-0.04		

* ค่าที่ต่ำเป็นค่าของวัสดุล้วน ค่าสูงเป็นค่าเมื่อประกอบเป็นแผ่นผนัง

** ค่า η แปรเปลี่ยนอย่างมากกับการสร้าง ประกอบและการติดตั้งที่ขอบ

ตารางที่ 2-9 ตัวประกอบการสูญเสียของวัสดุต่างๆ ของผนัง

ในบางกรณีผนังประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดซึ่ง ได้กล่าวถึงในสมการ (2-22) เกี่ยวกับสัมประสิทธิการส่งผ่านเสียง เรานำสมการ (2-20) และ (2-22) มารวมกันจะได้

$$TLc = TL1 - 10\log [\, 1 - S2/S + [S2/S]10^{-TL1/10} \,] \quad dB \qquad (2\text{-}28)$$

เมื่อ TLc = การสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนัง

S2 = พื้นที่ของวัสดุ

S = พื้นที่รวมทั้งหมดของผนัง

ถ้าประตูหรือหน้าต่างเปิดทิ้งไว้ เราถือได้ว่าช่องว่างนั้นคือ ผนังที่ทำด้วยวัสดุที่มี TL2 – 0

$$TLc = TL1 - 10\log [\, 1 - S2/S + S2/S\, 10^{-TL1/10} \,] \; dB \qquad (2\text{-}29)$$

เมื่อเปรียบเทียบที่ได้จากสมการ (2-28) และ (2-29) จะพบว่าแม้มีรอยเปิดอาจเป็นรอยแตกของผนัง เพียงเล็กน้อยจะลดค่า TLc ลงไปมาก

ผนังบางอันอาจจะสร้างโดยการประกอบกันของผิวสองอันโดยมีโพรงอากาศอยู่กลางเช่น ประตู สมมติให้พื้นผิวทั้งสองมีมวล m1 และ m2 โดยมีโพรงอากาศระยะห่าง =d เราจะหา TL ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้า $\rho c/\pi M << f << fo$

$$TL \cong 20\log Wf - 42.2 \quad dB \qquad (2\text{-}30)$$

ถ้า $fo < f < c/2\pi d$

$$TL \cong TL1 + TL2 + 20\log 2kd \quad dB \qquad (2\text{-}31)$$

ถ้า $c/2\pi d < f$

$$TL \cong TL1 + TL2 + 6 \qquad (2\text{-}32)$$

เมื่อ $M = m1 + m2$

W – น้ำหนักทั้งหมดของผนังต่อพื้นที่

k = wave number $= 2\pi f/c$

$TL1, TL2$ = การสูญเสียการส่งผ่านเฉลี่ยของแต่ละพื้นผิว หาได้จาก (2-21)

fo = ความถี่ธรรมชาติของผนัง

$$= c/2\pi \left[\rho/d \left[1/m1 + 1/m2 \right] \right]^{1/2} \quad Hz$$

สมการ (2-30) - (2-32) ใช้ได้กับความถี่ต่ำกว่า fc เท่านั้น (อยู่ในช่วงกฎของมวล)

2.3.5 ปฏิบัติการวัดหาค่าการสูญเสียการส่งผ่านเสียง

เราทดลองหา TL ของผนังได้ดังนี้สร้างห้องสองห้องติดกันผนังร่วมของห้องทั้งสองมีฉนวนป้องกันเสียงผ่าน แต่ผนังนี้มีช่องเปิดว่างเพื่อที่จะทดสอบหา TL ไปติดตั้ง ในห้องที่1 ใช้ลำโพงทำให้เกิดเสียงพร่า (distiuse sound) เสียงที่ออกจากลำโพงจะถูกควบคุมความถี่ให้ส่งออกมาทีละ 1/3 ออกเทบแบนด์ เสียงจะส่งผ่านไปยังห้องที่2 (ซึ่งมีผนังที่สะท้อนเสียงดี) โดยการส่งผ่านผนังที่ทดสอบนั้น วัดระดับเสียงในห้องทั้งสองแล้วนำมาคำนวณหา TL ของผนังโดยสมการ (2-33)

$$TL = Lp1 - Lp2 - 10\log S/Rt \qquad (2\text{-}33)$$

เมื่อ $Lp1, Lp2$ = ระดับความดันเสียง

S = พื้นที่ห้องของผนังที่กำลังทดสอบ

$Rt = Sr\,\alpha + 4mV$

Sr = พื้นที่ของพื้นผิวห้อง 2

α = สัมประสิทธิการดูดกลืน (ซาบีน) ของห้อง 2 หาได้จาก (2-20)

V = ปริมาตรของห้อง 2

m = สัมประสิทธิการลดระดับเสียงหาได้จากรูป 2-19

2.3.6 การลดเสียงของผนัง

การใช้ผนังลดเสียงจะเป็นประโยชน์มากในสถานที่เสียงดัง เช่นในโรงงาน ผนังลดเสียงจะลดเสียงของเครื่องจักรในโรงงานให้เสียงในสำนักงานของโรงงานอยู่ในระดับที่พอใจได้

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

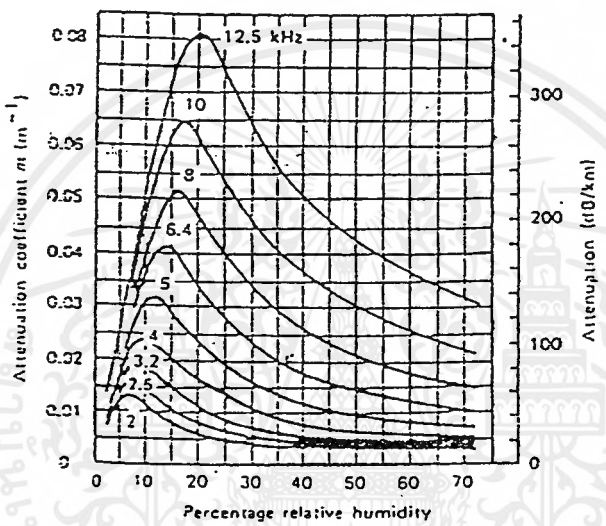
การลดเสียงของผนัง (noise reduction of a wall) นิยามจาก

$$NR = Lp1 - Lp2 \quad dB \qquad (2\text{-}34)$$

เมื่อ Lp1 , Lp2 = ระดับเสียงในห้องที่ 1 และห้องที่ 2 ตามลำดับเมื่อวัดใกล้ผนังระยะประมาณ 1-2 เท่า ของความยาวคลื่น

ถ้าสมมุติให้เสียงบีแหล่งกำเนิดในห้องที่ 1 และเป็นเสียงสะท้อน ซึ่งหมายถึงห้องที่ค่าคงที่ห้องน้อย

$$4/R1 >> Q/4\pi r^2$$



รูปที่ 2-19 สัมประสิทธิการลดระดับเสียง

จาก (2-62) จะได้

$$Lp1 = Lw1 + 10 \log 4/R1 \qquad (2\text{-}35)$$

ซึ่งมีความหมายอีกนัยหนึ่งว่า ระดับเสียงคงที่ตลอดทั้งพื้นที่ของผนังที่วัด Lp1 กำลังเสียงในห้องที่ 1 ที่ถูกดูดกลืนโดยผนังกั้นเสียงหาได้จาก

$$W\alpha = wr [Sw\alpha w/S1\alpha 1] \qquad (2\text{-}36)$$

เมื่อ $W\alpha$ = กำลังเสียงในสนามเสียงสะท้อน

wr = กำลังเสียงในสนามเสียงสะท้อน

$Sw,\alpha w$ = พื้นที่และสัมประสิทธิดูดกลืนเสียงของผนังกั้นเสียง

$S1,\alpha 1$ – พื้นที่และสัมประสิทธิดูดกลืนเสียงของห้องที่ 1

$$wr = w1 [1 - \alpha 1] \qquad (2\text{-}37)$$

เมื่อ $w1$ = กำลังเสียงคงแหล่งกำเนิดเสียง

เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมมุติว่าเสียงที่ตกกระทบผนังกั้นเสียงถูกดูดกลืนหมด ($W\alpha = 1$) แทนค่า (2-37) ลงใน (2-36)

$$W\alpha = w1[1 - \alpha 1]\, Sw/S1\alpha 1$$

$$W\alpha = w1Sw/R1 \qquad (2\text{-}38)$$

จากสมการ

$$T = wt/wi = wt/W\alpha$$

$$wt = w1SwT/R1 \qquad (2\text{-}39)$$

เมื่อ wt = กำลังเสียงที่ส่งผ่านไปยังห้องที่ 2

T = สัมประสิทธิการส่งผ่านเสียงของผนังกั้นเสียง

wt นี้จะถูกนำไปใช้หาพลังงานหนาแน่นในห้องที่ 2 ซึ่งจะประกอบด้วยพลังงานตรงและพลังงานสะท้อน

ที่บริเวณใกล้ผนังกั้นเสียงจะมีคลื่นเสียงระนาบแผ่กระจายออกมา ถ้าห้องยาว L เสียงของพลังงานตรงจะใช้เวลาเดินทาง L / c วินาที

$$\text{พลังงานตรง} = wt * L/c \qquad (2\text{-}40)$$

$$\text{พลังงานตรงหนาแน่น} \quad \sigma d2 = wt * L/cV \qquad (2\text{-}41)$$

V คือปริมาตรห้อง = พื้นที่ของผนังกั้นเสียง * L

$$= SwL$$

$$\delta d2 = wt*L/cSwL = wt/Swc \qquad (2\text{-}42)$$

พลังงานหนาแน่นของสนามเสียงสะท้อนได้หามาแล้วจากสมการ (2-47)

$$\delta r2 = 4wt/cR2 \qquad (2\text{-}47)$$

เมื่อ R2 คือ ค่าคงตัวของห้องที่สอง

รวมสมการ (2-42) และ (2-47) เข้าด้วยกัน จะได้พลังงานหนาแน่นทั้งหมดของห้องเมื่อวัดใกล้ผนังกั้นเสียง

$$\delta 2 = wt/c * [1/Sw + 4/R2] \qquad (2\text{-}43)$$

แทนค่า wt จากสมการ (2-39) ลงใน (2-33)

$$\delta 2 = w1/c*Sw/R1*T[1/Sw+4/R2]$$

$$= w1/c*4/R1*T[1/4+Sw+R2] \qquad (2\text{-}44)$$

จาก $\delta 2 = p_2^2 / \rho c^2$ แทนค่าลงใน (2-44)

$$p_2^2 = w1\rho c*4/R1 *T[1/4 + Sw/R2] \qquad (2\text{-}45)$$

เมื่อ p2 คือค่า r.m.s. อ่านจากมิเตอร์วัดเสียง

ดังนั้นเราสามารถหาระดับความดันเสียงในห้องที่ 2 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_{p2} = 10 \log [p/p_o]^2$$

$$= 10 \log w_1 + 10\log \rho c + 10 \log 4/R_1 - 10\log 1/T +$$

$$10\log [\ 1/4 + Sw/R2] - 10\log [\ 0.00002\ ]^2 \qquad (2\text{-}46)$$

จาก $L_{w1} = 10\log w_1 - 120$ และ $\rho c = 407$ rayls แทนค่าลงใน (2-46)

$$L_{p2} = L_{p1} + 10\log[4/R_1] - 10\log[1/T] + 10\log[1/4 + Sw/R2] \qquad (2\text{-}47)$$

แทนค่า (2-35) และ (2-20) ลงใน (2-47)

$$L_{p2} = L_{p1} - TL + 10\log[1/4 + Sw/R2] \ dB \qquad (2\text{-}48)$$

ดังนั้นถ้าเรารู้คุณลักษณะของผนังกั้นเสียงและห้องที่ 2 (Sw,TL,R2) ก็จะคำนวณหาระดับความดันเสียงในห้องที่ 2 ที่ตำแหน่งใกล้ผนังกั้นเสียงนั้นได้

ในงานส่วนมากค่า L_{p2} เป็นค่าที่ต้องการให้อยู่ระดับที่กำหนดระดับหนึ่ง ดังนั้นเราจะหาค่า TL ของผนังที่ใช้กั้นได้ดังนี้

$$TL = L_{p1} - L_{p2} + 10\log[1/4 + Sw/R2] \quad dB \qquad (2\text{-}49)$$

สมการ (2-49) ใช้ได้ทั้งหน่วยระบบอังกฤษและเมตริก

ดังนั้นการลดเสียงของผนังในสมการที่ (2-34) หาได้จาก

$$NR = L_{p1} - L_{p2} = TL - 10\log[1/4 - Sw/R2] \quad dB \qquad (2\text{-}50)$$

ถ้าห้อง 2 ไม่มีการสะท้อนเสียง (R2 มีค่ามาก) หรือผนังนั้นเป็นผนังนอกของตึก ($R2 = \infty$)จะได้

$$NR = TL + 6 \quad dB \qquad (2\text{-}51)$$

2.3.7 ระดับเสียงที่ระยะห่างจากผนัง

ค่า L_{p2} ที่ได้จากหัวข้อ 2.3.6 นั้นเป็นระดับความดันเสียงในห้องที่ 2 ที่ใกล้กับผนังกั้นเสียง แต่ในทางปฏิบัติเรามักต้องการระดับเสียงที่ระยะห่างจากผนังกั้นเสียง ซึ่งที่ระยะห่างออกไปนี้เสียงที่ได้จากการสะท้อนจะมีอิทธิพลมากกว่าเสียงตรง

ให้ L_{p3} คือระดับเสียงที่ระยะห่างออกไปจากผนังกั้นเสียง ซึ่งพลังงานหนาแน่นที่ตำแหน่ง 3 นี้ เป็นพลังงานหนาแน่นของสนามเสียงสะท้อนแต่เพียงอย่างเดียว เพราะเสียงตรงกระจัดกระจายไปหมด

$$\delta_3 = \delta_{r2} = 4wt/cR2 \qquad (2\text{-}52)$$

$$p_3^2 = \rho c^2 \delta_3$$

$$p_3^2 = wt\ \rho c\ 4/R2 \qquad (2\text{-}53)$$

แทนค่า (2-39) ลงใน (2-53) จะได้

$$p_3^2 = w_1\ \rho c\ Sw T/R_1 * 4/R2$$

$$p_3^2 = w_1\ \rho c\ 4/R_1 * TSw/R2 \qquad (2\text{-}54)$$

ในทำนองเดียวกันที่มาของ (2-48) เราจะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_{p2} = L_{p1} + 10\log [S_w/R_2] - TL \quad dB \qquad (2\text{-}55)$$

เป็นสมการใช้หาระดับความดันเสียง ที่ ระยะห่างออกไปจากผนัง กั้นเสียง

2.3.8 เสียงทะลุผ่านรูหรือรอยแตก

ถ้าผนังกั้นเสียงมีรูหรือรอยแตก เสียงส่วนหนึ่งจะทะลุผ่านรูหรือรอยแตกได้สะดวก ทำให้ความสามารถกั้นเสียงของผนังลดลง สัมประสิทธิการส่งผ่านเสียงหาได้จาก (2-22)

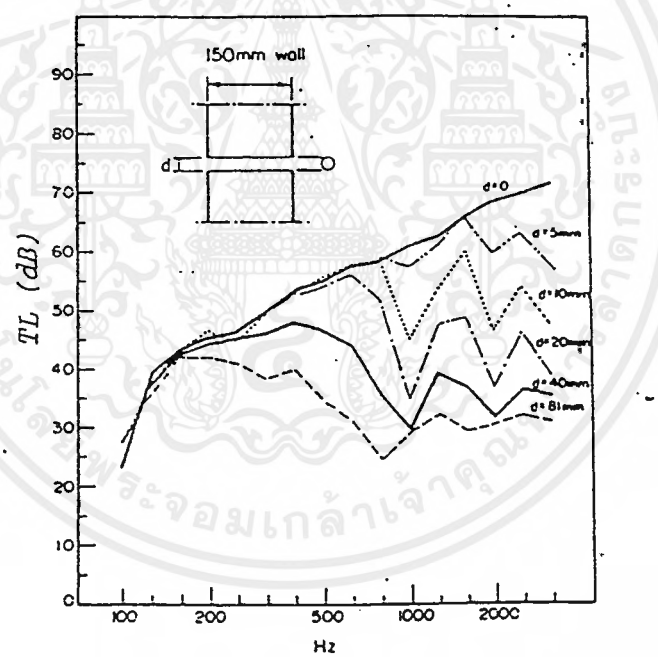
$$T_r = S_wT_w + S_oT_o / S_w+S_o \qquad (2\text{-}56)$$

$$TL = 10\log S_w+S_o / S_wT_w + S_oT_o \qquad (2\text{-}57)$$

เมื่อ S_w, T_w = พื้นที่และสัมประสิทธิส่งผ่านเสียงของผนัง

S_o, T_o = พื้นที่และสัมประสิทธิส่งผ่านเสียงของรู

สำหรับรูหรือรอยแตก $T_o = 1$ หากต้องการลดเสียงให้มาก ทั้งS_o และ T_oควร $\to 0$ และ $T_w \to 0$



รูปที่ 2-20 การสูญเสียการส่งผ่านเสียงของผนังที่มีรูกลมขนาดต่างๆ

สมมุติ $S_o \neq 0$, $T_o = 1$, $T_w = 0$, $S_w/S_o >> 1$

$$TL = 10\log S_w/S_o \qquad (2\text{-}58)$$

เสียงจะผ่านรูมากที่สุดที่ความถี่รีโซแนนท์ที่หาได้จาก

$$n\lambda/2 = 10\log S_w/S_o \qquad (2\text{-}59)$$

เมื่อ t = ความหนาของผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูกลมความถี่เรโซแนนท์แรกมีค่า $f = c/2[t+2\beta]$ (2-60)

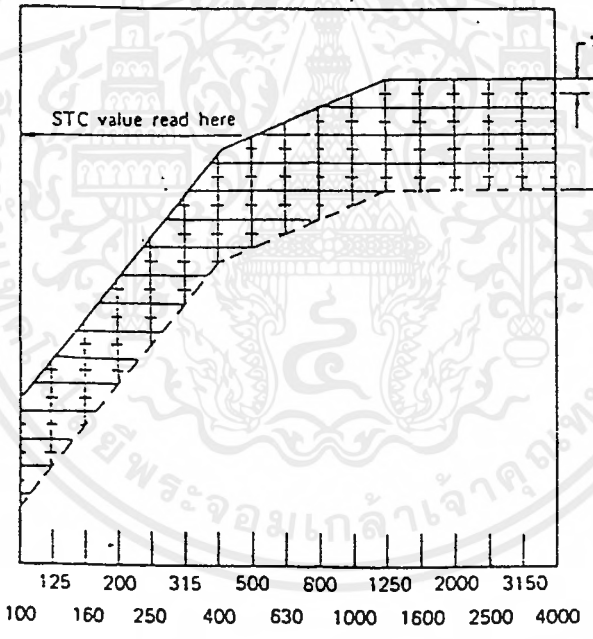
เมื่อ β มีค่าระหว่าง 0.35-0.41

ตัวอย่างผลของรูกับการสูญเสียการส่งผ่านเสียงได้แสดงในรูป 2-20

2.3.9 ชั้นการส่งผ่านเสียง

เพื่อความสะดวกต่อการเลือกใช้ผนังหรือพื้นห้องให้มีคุณสมบัติกั้นเสียงตามต้องการ เราจะมีตัวเลขที่แสดงระดับการยอมให้เสียงผ่านได้ของผนังชนิดต่าง ๆ ตัวเลขเหล่านี้เรียก " ชั้นการส่งผ่านเสียง " (sound transmission class , STC) ซึ่งเหมาะสำหรับใช้แก้ปัญหาเกี่ยวกับเสียงในอาคารมากกว่าเสียงที่เกิดจากนอกอาคาร

เส้นของ STC ที่แสดงในรูปที่ 2-21 จะเป็นเครื่องมือใช้หา STC ของผนังที่ใช้ทดสอบก่อน อื่นเราต้องหา TL ของผนัง (ตามวิธีการในหัวข้อที่กล่าวมาแล้วข้างต้น) ก่อน แล้วนำมาพล็อตในแผ่นใสเพื่อเปรียบเทียบกับรูป 2-21 โดยมีเงื่อนไขดังนี้

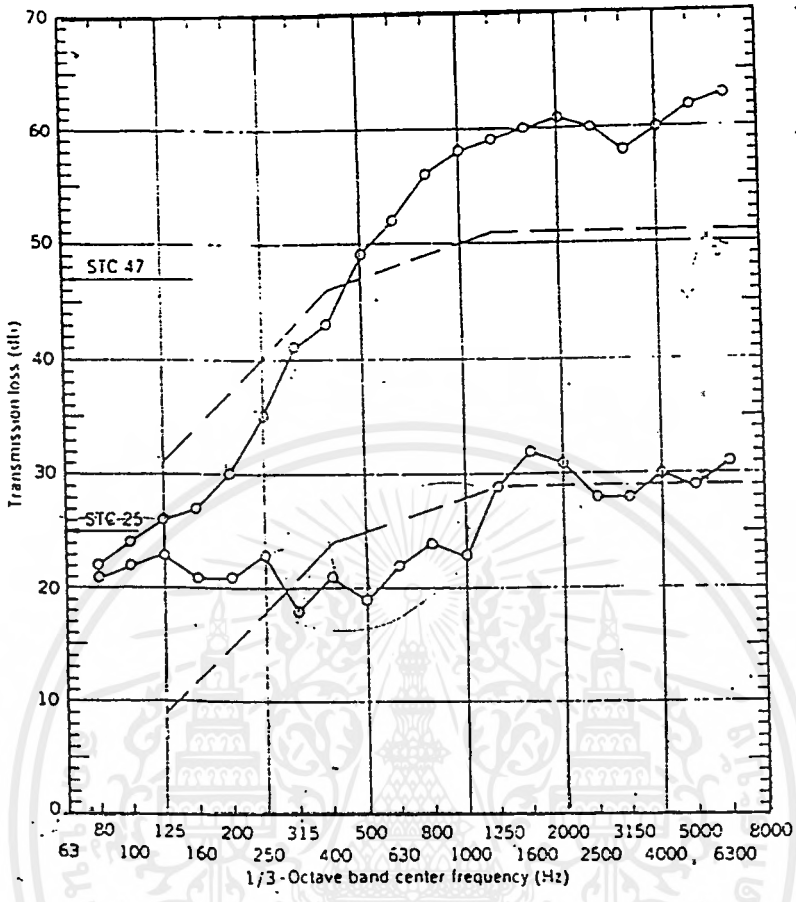


รูปที่ 2-21 กราฟใช้ในการเปรียบเทียบหาค่า STC

ก. ให้ TL ของผนังมีค่าน้อยกว่าเส้น STC ในรูป 2-21 ได้ไม่เกิน 8 dB(ห้ามเกินเส้นประในรูป 2-21)

ข. ผลรวมของค่า TL ของผนังน้อยกว่าเส้น STC ของทุก 1/3ออกเทบแบนด์จะต้องไม่เกิน 32 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-22 กราฟแสดงการหา STC ของผนังสองชนิด

เมื่อได้ตรบตามเงื่อนไขทั้งสองข้อแล้วค่า STC ของผนัง คือ ตัวเลขบนแกนของ TL ที่ตรงกับเส้น STC ที่ความถี่ 500 Hz ผนังที่มีค่า STC มากจะสามารถกั้นเสียงได้มาก ตัวอย่างการหา STC ของผนังดังแสดงในรูป 2-22

2.3.10 STC ที่เหมาะสำหรับที่อยู่อาศัย

ผนังและพื้นที่อยู่อาศัยแบ่งได้ 3 เกรด ดังนี้

เกรด 1 ใช้กับเขตรอบชานเมือง ซึ่งเป็นทำเลที่เสียงแวดล้อมเงียบพอสมควร (โดยมีเสียงกลางคืน 35-40 dB(A) หรือใช้กับแฟลตชั้น 8 ขึ้นไปไม่ว่าจะอยู่ทำเลใด

เกรด 2 ใช้กับเขตอาศัยในตัวเมือง ซึ่งมีเสียงแวดล้อมระดับปานกลาง (เสียงกลางคืน 40-45 dB(A))

เกรด 3 ใช้กับเขตอีกทีก (เสียงกลางคืนมากกว่า 45 dB(A))

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า STC สำหรับผนังและพื้นของแฟลตหลายครอบครัวหาได้จากตาราง 2-10 และ 2-11 และสำหรับโครงสร้างของผนังและพื้นแบบต่าง ๆ หา STC ได้จากภาคผนวกที่ 1

ผนังกั้นเสียงระหว่างแฟลต			STC		
แฟลต ก	ลิ่งเสียงไปยัง	แฟลต ข	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3
ห้องนอน			55	52	48
ห้องรับแขก			57	54	50
ห้องครัว		ห้องนอน	58	55	52
ห้องน้ำ			59	56	52
ระเบียง			55	52	48
ห้องรับแขก			55	52	48
ห้องครัว		ห้องรับแขก	55	52	48
ห้องน้ำ			57	54	50
ระเบียง			55	52	48
ห้องครัว			52	50	46
ห้องน้ำ		ห้องครัว	55	52	48
ระเบียง			55	52	48
ห้องน้ำ		ห้องน้ำ	52	50	46
ระเบียง			50	48	46

ตารางที่ 2-10 ค่า STC ที่ควรใช้สำหรับผนังของแฟลตหลายครอบครัว

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นกั้นเสียงระหว่างแฟลต			STC		
แฟลต ก	อยู่เหนือ	แฟลต ข	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3
ห้องนอน			55	52	48
ห้องรับแขก			57	54	50
ห้องครัว		ห้องนอน	58	55	52
ห้องนั่งเล่น			60	56	52
ระเบียง			55	52	48
ห้องนอน			57	54	50
ห้องรับแขก			55	52	48
ห้องครัว		ห้องรับแขก	55	52	48
ห้องนั่งเล่น			58	54	52
ระเบียง			55	52	48
ห้องนอน			58	55	52
ห้องรับแขก			55	52	48
ห้องครัว		ห้องครัว	52	50	46
ห้องน้ำ			55	52	48
ห้องนั่งเล่น			55	52	48
ระเบียง			50	48	46
ห้องนอน			60	56	52
ห้องรับแขก		ห้องนั่งเล่น	58	54	52
ห้องครัว			55	52	48
ห้องน้ำ		ห้องน้ำ	52	50	48
ระเบียง		ระเบียง	50	48	46

ตารางที่ 2-11 ค่า STC ที่ควรใช้สำหรับพื้นของแฟลตหลายครอบครัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2-23 อุปกรณ์วัดระดับความดันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

คุณสมบัติของฉนวนกันเสียงและระบบปรับอากาศ

การเลือกใช้งานฉนวนให้เหมาะสมกับการใช้งาน นับว่าไม่ใช่เรื่องที่ง่ายนัก หากวิศวกร หรือผู้ที่เกี่ยวข้องไม่มีความรู้ความเข้าใจ ชนิด และคุณสมบัติของวัสดุฉนวนโดยตลอด การตัดสินใจย่อมผิดพลาดได้โดยง่าย ในบทนี้จึงเป็นการกล่าวถึงชนิดพื้นฐานของฉนวน และคุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกใช้งานฉนวนให้เหมาะสมกับงานที่ต้องการประยุกต์ใช้

การใช้งานฉนวนมักจะใช้งานเป็นแบบร่วมกันไป 2 ชนิดหรืออาจมากกว่า 2 ชนิด เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต้องการ เนื่องจากฉนวนชนิดที่ผลิตมีมากมาย และคุณสมบัติที่หลากหลาย โดยมีรูปแบบต่างๆ เช่น แบบแข็ง โฟม เส้นใยอัดแน่น ฯลฯ ต่อไปนี้จะอธิบายคุณสมบัติของฉนวนที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการปรับปรุงอาคารเรียนทั้งในด้านราคาและคุณภาพดังนี้

1. ฉนวนใยเซลลูโลส (Cellulosic Fiber)

ฉนวนใยเซลลูโลส ผลิตขึ้นมาจากการนำไม้หรือกระดาษที่ใช้แล้วนำกลับมาใช้ใหม่ หรือรีไซเคิล (Recycle) ด้วยการแผ่และดึงให้กระจายออกทำการย่อยละเอียดจนเป็นปุย จากนั้นทำการประสานเข้าด้วยกันด้วยกรดบอแร็กซ์ บอแร็กซ์ 5 โมลหรือส่วนผสมของวัสดุทั้งสองนี้ ซึ่งจะช่วยให้มีสภาพต้านทานการลุกไหม้ การดูดซับความชื้น และการขับยั้งการเจริญเติบโตของฟังไจได้ในบางส่วนด้วย

เนื่องจากฉนวนชนิดนี้นับเป็นฉนวนที่มีคุณสมบัติทางความร้อนดี ราคาถูก และผลิตด้วยกรรมวิธีง่ายจึงเป็นฉนวนที่นิยมชนิดหนึ่ง อย่างไรก็ตามสำหรับผู้ประกอบการผลิต สถาปนิก วิศวกร หรือช่างเทคนิคที่ออกแบบติดตั้งฉนวนที่เป็นมือใหม่ ไม่ชำนาญงาน จะทำการออกแบบติดตั้งฉนวนมีความหนาแน่นที่ไม่เพียงพอ และการป้องกันไฟไหม้ในตัวของฉนวนไม่เหมาะสมด้วย ในสหรัฐอเมริกาได้เกิดปัญหานี้ขึ้นมาจนทำให้รัฐต้องเข้ามาควบคุมกำหนดมาตรฐาน เพื่อคุ้มครองผู้บริโภค

สำหรับการประยุกต์ใช้งานฉนวนใยเซลลูโลส จะใช้งานในลักษณะวัสดุแบบลูสฟิลล์ในโพรงผนังและห้องเพดานของอาคารที่พักอาศัย แต่อาจจะใช้ในลักษณะแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น Batts และแบบคลุม (Blankets) หรือแบบโฟมฉีดเข้าไปในช่อง ซึ่งลักษณะนี้จะใช้สำหรับเป็นฉนวนใต้ดาดฟ้า หลังคา หรือถังใต้ดินขนาดใหญ่

ในลักษณะวัสดุแบบลูสฟิลล์ ใยเซลลูโลส มีสภาพความร้อนปรากฏอยู่ระหว่างช่วง 0.04-0.045 W/m.K ซึ่งสมนัยกับสภาพต้านทานความร้อนช่วง 22.2-25 m.K/W ที่ความหนาแน่นฉนวนเท่ากับ 41.65-48.06 kg/m^3

ถ้าฉนวนใยเซลลูโลสใช้งานที่ความหนาแน่นต่ำกว่าความหนาแน่นดังกล่าวข้างต้น (ไม่ได้มาตรฐานเนื่องจากผลของอากาศที่พ่นเข้าไปในเครื่องจักรผลิตฉนวนมากเกินไป) ฉนวนจะยุบ

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	เซลลูลาร์กลาส	ใยเซลลูโลส
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.055	0.04-0.045
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	18.18	25-22.22
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ, kg/m^3	136.17	41.65-48.06
ความร้อนจำเพาะ (C_p), kJ/kg°C	0.75	1.38
สภาพแพร่กระจายความร้อน α, m^2/s	5.42×10^{-7}	5.93×10^{-7}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, °C	650	82
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อน, m/m°C	8.28×10^{-6}	—
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน, เปอร์เซนต์	100	—
ค่าแทรกซึม ความชื้น, perm-cm	0	สูง
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซนต์โดยปริมาตร	5 (ผิวเท่านั้น)	98 (โดยน้ำหนัก)
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	อาจกัดกร่อนเหล็กกล้า อลูมิเนียม ทองแดง
สภาพการติดไฟ		
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	5	15-40
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0	0-40
ระดับการเกิดควัน	0	0-45
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :		
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	การแข็งตัวของน้ำที่อยู่ในช่องฉนวนอาจทำลายฉนวน	อาจเป็นสาเหตุให้เกิดการยุบตัว
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือนนก ฯลฯ	ไม่มี	ขึ้นอยู่กับการกระทำ
ความชื้น	ไม่มี	สมรรถนะทางความร้อนลดลง
ฟังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี	อาจเจริญเติบโต
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่นำออกมาสัมผัส
ลม	ไม่มี	เล็กน้อย
บัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	กลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ เล็กน้อยถ้าเซลล์แตก	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ดี

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติของฉนวนใยเซลลูโลส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	เซลลูลาร์กลาส	ใยเซลลูโลส
ผลกระทบของอายุต่อ :		
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	จะยุบตัว
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี	ลดลงเมื่อยุบตัว
สภาพไฟไหม้	ไม่มี	ขึ้นอยู่กับการจัดการในตอนแรก

ตารางที่ 3-1 คุณสมบัติของฉนวนใยเซลลูโลส

ตัวลงทีละน้อยจนกระทั่งอาจสูงถึง 20 เปอร์เซ็นต์จากผลของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงการสั่นสะเทือน และผลกระทบของความชื้น ซึ่งการยุบตัวนี้จะเป็นสาเหตุทำให้ความหนาของฉนวนที่ติดตั้งลดลง และสภาพต้านทานความร้อนของวัสดุก็ลดลงด้วย

ผลกระทบเหล่านี้จะเป็นผลโดยตรงกับเทคนิคการใช้งาน เมื่อวัสดุถูกพ่นตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตอย่างเข้มงวด ปัญหาการยุบตัวจะไม่มี ไม่ว่าจะเป็นการใช้งานในลักษณะแนวราบ หรือการใช้งานด้วยการพ่นเข้าไปในผนัง

นอกจากนี้หากใยเซลลูโลสไม่ได้ผสมสารหน่วงไฟไหม้ด้วยแล้ว โดยธรรมดาฉนวนชนิดนี้จะเป็นวัสดุที่ติดไฟได้แต่อย่างไรก็ตามการผสมสารหน่วงไฟไหม้จะต้องมีส่วนผสมของกรดบอแร็กซ์ และบอแร็กซ์ 5 โมลด้วยองค์ประกอบที่ถูกต้อง หากส่วนผสมไม่ถูกต้อง เช่น มีเฉพาะกรดบอแร็กซ์ 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปสัมผัสกับวัสดุบางชนิด เช่นเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ พบว่าจะเกิดการกัดกร่อนขึ้น หรือแม้แต่ใยเซลลูโลสที่ไม่ผสมสารหน่วงไฟไหม้ก็จะกัดกร่อนเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเช่นกัน

เมื่อนำใยเซลลูโลสมาทดสอบตาม ASTM C739-73 ฉนวนควรจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจาก

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบบลูฟิลล์	แบบแผ่นหนา
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.045	0.05	0.036
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	22.4	20	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ, kg/m³	16.02	16.02	64.0
ความร้อนจำเพาะ (C_p), kJ/kg°C	0.84	0.84	1.256

ตารางที่ 3-2 คุณสมบัติของฉนวนใยแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบบลูสฟิลล์	แบบแผ่นหนา
สภาพแพร่กระจายความร้อน α , m^2/s	0.33×10^{-5}	0.38×10^{-5}	0.04×10^{-5}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด. °C	190	540	205
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน. m/m°C	—	—	—
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน. เปอร์เซนต์	—	—	—
ค่าแทรกซึม ความชื้น. perm-cm	180	180	180
ค่าดูดซึมน้ำ. เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก	1	1	1
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพการติดไฟ			
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	15-20	15-20	15-20
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	5-15	5-15	5-15
ระดับการเกิดควัน	0-20	0-20	0-20
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :			
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือน นก ฯลฯ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว	ชั่วคราว	ชั่วคราว
พังโจ/แบคทีเรีย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ลม	ปานกลาง	พอสมควร	เล็กน้อย
ปัจจัยที่กระทบต่อคน			
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี	ดี	ดี
ผลกระทบของอายุต่อ :			
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	จะยุบตัว	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี	การยุบตัวเป็น	
		สาเหตุให้เสื่อมสุ่ภาพ	
		ลงบ้าง	
สภาพการติดไฟ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 3-2 คุณสมบัติของฉนวนใยแก้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซึมน้ำไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร อย่างไรก็ตามสำหรับฉนวนไยแซลลูโลสแบบลูสฟิลล์ มีคุณสมบัติการซึมผ่านของไอน้ำสูง และจะดูดซึมไว้ถึง 98 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผลที่ตามมาคือ ทำให้มีปัญหาในการใช้ฉนวนชนิดนี้ในสิ่งแวดล้อมที่มีความชื้นสูง สำหรับคุณสมบัติดูได้จากตารางที่ 3-1

2. ฉนวนไยแก้ว (Glass Fiber)

ฉนวนไยแก้วผลิตขึ้นมาจากการฟั่นก้อนแก้วแข็งด้วยการปั่นจนเป็นเส้นเกลียวบาง ฉนวนชนิดนี้ที่ทำออกมามีทั้งลักษณะแบบลูสฟิลล์แบบแผ่นอัด (Boards) และเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่ม

ฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบคลุมหรือห่มโดยทั่วไปจะมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง 9.61-16.02 kg/m^3 และจากผลของเส้นใยที่ยาว วัสดุชนิดนี้จึงมีแนวโน้มที่จะคืนสภาพความหนาออกแบบใหม่ได้ภายหลังการบรรจุเมื่อใช้ในลักษณะเส้นใยอัดเป็นแผ่นหรือแบบห่มคลุม นี้ ฉนวนไยแก้วจะมีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 22.4 m.K/W

สำหรับไยแก้วแบบลูสฟิลล์ทำได้ด้วยการโม่ไยแก้วเป็นแผ่น ซึ่งทำให้ฉนวนแบบลูสฟิลล์ที่ได้มีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 19.84 m.K/W และทั้งแบบลูสฟิลล์และแบบอัดเป็นแผ่นหรือคลุมของฉนวนไยแก้ว น้ำสามารถจะซึมเข้าไปได้เป็นจำนวนมากกว่า 180 perm-cm แต่การดูดซับน้ำไว้กลับน้อยไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์

เนื่องจากไยแก้วด้วยตัวเองเป็นสารอนินทรีย์ จึงเป็นวัสดุที่ไม่ลุกไหม้ อย่างไรก็ตามตัวประสานอินทรีย์ที่ใช้ในการประสานเป็นฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นสามารถลุกไหม้ได้ ฉะนั้นวัสดุที่ใช้เป็นตัวประสาน ASTM E-84 จึงกำหนดให้มีคุณสมบัติโดยประมาณดังนี้ ระดับการกระจายของเปลวไฟ 15-20 ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง 5-15 และระดับการเกิดควัน 0-20 สำหรับผิวหน้าของฉนวนไยแก้วที่ใช้กับเอาการโดยปกติจะประกอบด้วยกระดาษคราฟท์แอสฟัลต์ หรือกระดาษแผ่นบางซ้อนทับกัน และเนื่องจากผิวหน้าเป็นผิวที่สามารถลุกไหม้ได้ จึงไม่สามารถใช้ในลักษณะห้นเข้าหาเปลวไฟหรืออุณหภูมิเกินกว่า 80 องศาเซลเซียส ซึ่งการเกิดการลุกไหม้ของผิวหน้า หรือตัวประสานอินทรีย์สามารถทำให้เกิดควันที่เป็นอันตรายได้

ฉนวนไยแก้วแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นไม่ปรากฏว่ามีการยุบตัวหรือหดตัวตามอายุการใช้งาน อย่างไรก็ตามแบบลูสฟิลล์อาจมีการยุบตัวหากใช้ฉนวนที่มีความหนาแน่นต่ำกว่าข้อกำหนดของบริษัทผู้ผลิต ส่วนคุณสมบัติของวัสดุด้านอื่นๆ เช่น สมรรถนะทางความร้อน และสภาพความต้านทานไฟไหม้ ไม่ปรากฏว่ามีผลกระทบเนื่องจากอายุการใช้งานและอุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร ณ สภาวะอุณหภูมิที่ติดตั้งปกติ นอกจากนี้ฉนวนไยแก้วไม่ทำให้แบคทีเรียหรือฝังไจเจริญเติบโต และไม่เป็นอาหารของสัตว์ใดๆ รวมทั้งไม่มีสภาวะกัดกร่อนวัสดุที่หุ้ม และไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับฉนวนใยแก้วแบบแผ่นอัด ที่ผลิตขึ้นมามีหลากหลายคุณสมบัติ ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นรากฐานและเปอร์เซ็นต์ของใยแก้วที่ผสมอยู่สำหรับชนิดที่มีความหนาแน่นประมาณ 64.0 kg/m^3 จะมีสภาพต้านทานความร้อนในระดับชั้น 27.8 m.K/W

การประยุกต์ใช้งานฉนวนใยแก้วโดยทั่วไปจะใช้งานเป็นฉนวนหลังคาอาคาร ผนัง พื้น ห้องใต้ฉนวนดึก และกับระบบท่อ นอกจากนี้ยังใช้ในงานอุตสาหกรรมด้วย เช่น เป็นฉนวนหุ้มถังเก็บ ระบบเชิงกล และท่อส่งลม เป็นต้น คุณสมบัติโดยทั่วไปสรุปได้ดังแสดงในตาราง

3. ฉนวนโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam)

โพลิยูรีเทน คือ วัสดุฟูลออโรคาร์บอนที่พ่นให้เป็นโฟมโดยการที่จะมีโครงสร้างแข็งขึ้น อยู่กับการผสม โดยโฟมเหล่านี้มีทั้งการหล่อเป็นรูปแบบฐานแผ่นแข็งล่วงหน้า ที่อาจจะมีพื้นผิวอัดเป็นแผ่นหรืออาจไม่มีหรือเป็นรูปแบบฉนวนที่ฉีดเป็นฟองในชิ้นงาน หรือสเปรย์ในชิ้นงาน

ฉนวนแบบนี้มีสภาพนำความร้อนประมาณ 0.016-0.022 W/m.K ณ ความหนาแน่นเท่ากับ 32-48 kg/m^3 สำหรับความจุของเซลล์ที่ชิดกันของโฟมแบบแข็งอยู่ในราว 90 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากภายในเซลล์เป็นก๊าซฟูลอโรคาร์บอน (โดยทั่วไปคือฟรีออน-11) ซึ่งมีสภาพนำความร้อนต่ำกว่าอากาศ จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมค่า k ของวัสดุนี้จึงต่ำ อย่างไรก็ตามสภาพนำความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามอายุของโฟม และอากาศที่แพร่กระจายเข้าไปในเซลล์ แต่กระบวนการนี้สามารถทำให้ลดลงหรือกำจัดออกไปได้เมื่อใช้เปลือกหุ้มที่มีผิวหน้าต้านทานการซึมผ่านเข้าไปของอากาศฉาบไว้ สำหรับฉนวนเซลลูลาร์ยูรีเทนแบบแข็งที่มีค่า k เริ่มแรกเท่ากับ 0.016 W/m.K จะมีค่า K เพิ่มขึ้นเป็น 0.023 W/m.K เมื่อมีอายุมากกว่า 300 วัน

การเปลี่ยนแปลงขนาดของโพลิยูรีเทนขึ้นอยู่กับการบ่มและอายุ โดยองศาของการขยายตัวหรือหดตัวจะเกี่ยวข้องกับสภาวะของอุณหภูมิและความชื้น และความยาวนานในการใช้งานในสภาวะที่รุนแรง สำหรับโพลียูรีเทน ผลจากการทดสอบตาม ASTM-D-2126 การปฏิบัติ F (อุณหภูมิ 71 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์) ระบุว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาตรขึ้นถึง 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน

เนื่องจากโฟมมีความจุของเซลล์ที่ชิดก้นสูงมาก การซึมเข้าไปได้ของไอน้ำ และการดูดซึมน้ำจึงต่ำมากค่าแทรกซึมความชื้นของน้ำประมาณ 3.6 ถึง 5.4 perm-cm นอกจากนี้ โพลิยูรีเทนเป็นตัวต้านทานการเติบโตของฟังไจและแบคทีเรีย และไม่เป็นพิษยกเว้นเมื่อถูกเผาไหม้จะให้ควันมาก และให้ก๊าซไฮโดรเจนไซยาไนด์ (HCN) ซึ่งเป็นก๊าซพิษที่อันตรายที่สุดชนิดหนึ่ง เมื่อสูดดมอาจเสียชีวิตได้ในเวลาสั้นๆ

โพลิยูรีเทนโฟมเป็นสารที่ลุกไหม้ได้ และต้องหุ้มด้วยวัสดุที่หน่วงไฟไหม้ เมื่อใช้เป็นฉนวนความร้อนในการประยุกต์ใช้งานโดยมาก . สำหรับคุณสมบัติของการติดไฟ โพลิยูริเทนเป็นวัสดุที่มีระดับการกระจายของเปลวไฟประมาณ 25 ถึง 75 ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง 10 ถึง 25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	โพลียูรเทนโฟม	โพลีไอโซไซยานูเรตโฟม
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.023	0.023
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	43.48	43.48
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ , kg/m^3	32.04	32.04
ความร้อนจำเพาะ (C_p), kJ/kg°C	1.59	1.59
สภาพแพร่กระจายความร้อน α , m^2/s	4.5×10^{-7}	4.5×10^{-7}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, °C	120	120
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อน, m/m°C	90×10^{-6}	$90\text{-}10^{-6}$
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน, เปอร์เซนต์	90	90
ค่าแทรกซึม ความชื้น, perm-cm	3.6-5.4	3.6-5.4
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก	1.3	1.3
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	ไม่มี
สภาพการติดไฟ		
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	25-75	0-25
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	10-25	0-5
ระดับการเกิดควัน	155-500	55-200
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ:		
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือน นก ฯลฯ	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	ตัดทิ้งได้	ตัดทิ้งได้
ฟังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่มี
ลม	ไม่มี	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	ผลิตก๊าซพิษเมื่อลุกไหม้	ผลิตก๊าซพิษเมื่อลุกไหม้
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ปานกลาง
ผลกระทบของอายุต่อ:		
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ลดลง	ลดลง
สภาพการติดไฟ	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 3-3 คุณสมบัติของฉนวนโพลียูรีเทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และระดับการเกิดควัน 155 ถึงมากกว่า 500 จึงเป็นอันตรายมากเมื่อไฟไหม้เนื่องจากเป็นพิษ องค์ประกอบของโฟมส่วนใหญ่จะเริ่มกระจายตัวเมื่ออุณหภูมิเกินกว่า 120 องศาเซลเซียส

ฐานแผ่นแข็งของโพลิยูรีเทน สามารถใช้เป็นตัวหุ้มเฟรมก่อสร้างในอาคาร เพื่อใช้เป็นฉนวนตลอดเฟรมอาคารทั้งอาคาร ดังนั้นช่วยลดผลกระทบต่อชิ้นโครงสร้างจากสภาพนำความร้อนได้มาก และเพื่อที่จะให้ไอน้ำเล็ดลอดออกมา ให้ทะลุผิวด้านในเลือกกั้นไอน้ำ

ในอาคารพาณิชย์หรืออาคารอุตสาหกรรม โพลิยูรีเทนแบบแข็งจะใช้ในลักษณะฉนวนหลังคา ฉนวนพื้นและฐานราก ฉนวนช่องโพรง ผนัง และฉนวนผนังภายนอกและภายในเป็นลำดับแรก โฟมนี้ใช้ในโครงสร้างอาคารที่พักอาศัยด้วยในลักษณะการหุ้มอาคารเป็นหลัก โดยปกติจะใช้ร่วมกับเพื่นผิวสะท้อนรังสีทางด้านนอกของฉนวนที่หุ้มอาคาร วัตถุผสมสามารถนำมาใช้สำหรับการปรับสภาพอาคารให้มีฉนวนหุ้ม ด้วยการใช้ฐานแผ่นแข็งโพลิยูรีเทน และแผ่นยิบซั่มประกบเข้าด้วย และติดเข้ากับผนังด้านใน คุณสมบัติของโพลิยูรีเทนมีสรุปไว้ในตาราง

4. ฉนวนใยหิน (Rockwool)

ฉนวนใยหินหรืออาจเรียกว่าใยแร่ (Mineral Fiber) หรือหินแร่ (Mineral rock) ถูกผลิตขึ้นมาในลักษณะคล้ายกับฉนวนใยแก้ว โดยทั่วไปวัสดุที่นำมาใช้ในการผลิตใยแร่ คือ ขี้โลหะจากการผลิตเหล็กกล้า ทองแดง หรือตะกั่ว

ฉนวนใยแร่แบบเส้นอัดเป็นแผ่นและเป้าฝอยที่ผลิตขึ้นมาจะมีความหนาแน่นในช่วง 24.0 ถึง 40.0 kg/m^3 สำหรับแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่นจะมีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 22.40-25.72 m.K/W ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียสและมีสภาพนำความร้อนในช่วง 0.039-0.045 W/m.K ส่วนแบบเป้าฝอยจะมีสภาพนำความร้อนเท่ากับ 0.05 W/m.K ที่ 24 องศาเซลเซียส มีสภาพต้านทานความร้อนเท่ากับ 20.42 m.K/W สภาพซึมเข้าไปได้ของน้ำปรากฏว่ามีค่ามากกว่า 180 perm-cm แต่การดูดซึมน้ำเพียง 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

ใยแร่ทำมาจากหินหรือขี้โลหะ ดังนั้นจึงไม่เป็นวัสดุที่ติดไฟ และมีอุณหภูมิหลอมละลายมากกว่า 1200 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามตัวประสาน (Binder) ที่ถูกผสมเข้าไปอาจเป็นวัสดุที่ติดไฟได้ ระดับการกระจายเปลวไฟได้ ระดับการกระจายเปลวไฟของวัสดุชนิดนี้พบว่ามีน้อยกว่าระดับ 25 (ASTM-84) การฉาบฉนวนด้วยกระดาษเคลือบแอสฟัลต์ หรือกระดาษแผ่นบางซ้อนทับกัน อาจใช้สำหรับเป็นผิวหน้าช่วยลดทอนการซึมผ่านของไอน้ำของฉนวนแบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น แต่เนื่องจากผิวหน้าเหล่านี้สามารถลุกไหม้ได้ จึงควรหลีกเลี่ยงการหันเข้าหาเปลวไฟหรืออุณหภูมิสูง ซึ่งการลุกไหม้ของผิวหน้าหรือตัวประสานอินทรีย์ในฉนวนสามารถทำให้เกิดไอพิษได้

คุณสมบัติเช่น เสถียรภาพของขนาด สมรรถนะทางความร้อน และสภาพการติดไฟพบว่าไม่เป็นผลจากอายุการใช้งาน อุณภูมิที่เป็นวัฏจักรหรือสภาพอากาศ เนื่องจากใยแร่ไม่มีความยืดหยุ่นได้เหมือนใยแก้ว จึงไม่สามารถปรับสภาพคืนสู่ความหนาออกแบบได้ภายหลังการบรรจุ ดังนั้นสภาพต้านทานความร้อนออกแบบอาจต่ำลง สำหรับกรณีเมื่อเกิดความชื้นในฉนวนใยแร่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบลูสฟิลล์	แบบแผ่นอัด
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.045	0.046	0.04
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	22.4	21.7	24.8
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ , kg/m³	32.04	27.23	144.2-176.2
ความร้อนจำเพาะ (C_p), kJ/kg°C	0.837	0.837	0.837
สภาพแพร่กระจายความร้อน α , m²/s	1.68×10^{-6}	2.01×10^{-6}	0.77×10^{-6}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, °C	205	650	260
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อน, m/m°C	—	—	—
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน, เปอร์เซนต์	—	—	—
ค่าแทรกซึม ความชื้น, perm-cm	สูง	สูง	สูง
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก	2	2	2
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพการติดไฟ			
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	15	0	15
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0	0	0
ระดับการเกิดควัน	0	0	0
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :			
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือน นก ฯลฯ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว	ชั่วคราว	ชั่วคราว
ฟังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
ลม	ปานกลาง	พอสมควร	เล็กน้อย
ปัจจัยที่กระทบต่อคน			
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ดี	ปานกลาง	ดี

ตารางที่ 3-4 คุณสมบัติของฉนวนใยหิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	แบบเส้นใยอัดเป็นแผ่น	แบบลูสฟิลล์	แบบแผ่นหนา
ผลกระทบของอายุต่อ :			
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี	การยุบตัวเป็นสาเหตุให้เสื่อมสภาพลงบ้าง	
สภาพการติดไฟ	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 3-4 คุณสมบัติของฉนวนใยหิน

สภาพนำความร้อนจะลดลง แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะชั่วคราว เมื่อฉนวนแห้งคุณสมบัติจะกลับคืนมาเหมือนเดิม

ใยแร่จะไม่ช่วยในการเจริญเติบโตของฟังไจ แบคทีเรีย รวมทั้งไม่มีผลกระทบจากสัตว์ต่างๆ ด้วย และเนื่องจากใยแร่อาจมีสะเก็ดเกิดขึ้นในเนื้อฉนวนจากการที่ใช้ขี้โลหะ ที่ใช้ทำให้เกิดการหมุนตัวออกมาที่ปลายอนุภาคย่อยๆ แทนที่จะเป็นเส้นใยซึ่งถ้าหากในเนื้อฉนวนมีสะเก็ดหรือชุดอยู่มากมายจะเป็นผลให้สภาพนำความร้อนปรากฏสูงขึ้นกว่าการเพิ่มขึ้นของความหนาแน่นของฉนวนที่สมนัยกัน

ใยแร่ยังผลิตในรูปของแผ่นอัด (Board) ด้วย ซึ่งจะมีสภาพต้านทานความร้อนประมาณ 24.8 m.K/W ที่ความหนาแน่นในช่วง 144.2-176.2 kg/m^3 ใยแร่แบบแผ่นอัดจะใช้เป็นฉนวนสำหรับมุงหลังคา ในลักษณะวัสดุหุ้มอาคาร และการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมอื่นๆ สำหรับคุณสมบัติโดยสรุปของใยแร่ดังแสดงในตาราง

5. ยิปซั่มบอร์ด (Gypsum Board)

ยิปซั่มบอร์ดเป็นวัสดุประเภทแผ่นเรียบที่ผลิตขึ้นด้วยวิทยาการแผนใหม่ ยิปซั่มบอร์ดมีองค์ประกอบที่สำคัญจากแร่ยิปซั่มเป็นแร่อโลหะชนิดหนึ่ง เป็นหินรูปผลึกก้อนที่มีทั้งสีขาว สีเทา และสีชมพูอ่อนๆ ในการทำเหมืองแร่ยิปซั่มนั้น บางแห่งจะต้องขุดลึกลงไปถึง 700 ฟุต แต่บางแห่งก็มีปรากฏในที่ตื้นๆ สำหรับในบ้านเราได้มีการค้นพบในแหล่งแร่ยิปซั่มขนาดใหญ่มาตั้งแต่มี พ.ศ. 2499 ที่ตำบลวังงิ้วคำเภอทางบูลบาก จังหวัดพิจิตร

เมื่อนำแร่เข้าสู่โรงงาน ขั้นแรกจะต้องผ่านการตรวจสอบความบริสุทธิ์ จากนั้นจึงนำมาเข้าเก็บเพื่อรอการเผา (Calcination) ต่อไปในการผลิตยิปซั่มปลาสเตอร์นั้น ก่อนอื่นต้องย่อยก้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยิปซั่มให้มีขนาดเหลือเม็ดเล็กๆ ประมาณ 2-3 นิ้ว แล้วนำมาเข้าเครื่องย่อยอีกครั้งจนเหลือเม็ดเล็กๆ ประมาณ 1/2 นิ้วเป็นขนาดที่พร้อมจะเข้าเตาเผา (Kettle) ต่อไป

ยิปซั่มเป็นสารทางเคมีเรียกว่า Calciam Sulphte Dihydrate ซึ่งประกอบด้วยด้วย Calciam Sulphate มีน้ำอยู่ด้วย 2 โมเลกุล เมื่อผ่านเตาเผาจะไล่น้ำออกได้ประมาณ 3/4 ส่วน จึงเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนเป็นอีกสภาพหนึ่ง เรียกว่า ปูนปลาสเตอร์ (Gypsum Plaster)

หลังจากนั้นจะนำไปผสมกับสารเคมี และเยื่อต่างๆ เพื่อประกอบเข้าเป็นยิปซั่มบอร์ดที่มีคุณภาพ กันไฟ ทนต่อความร้อนและการยืดหยุ่น ปลอดภัยจากแมลงและเชื้อราด้วย จากนั้นจะต้องประกอบขึ้นเป็นแผ่นยิปซั่มที่สมบูรณ์แบบ คือมีปูนปลาสเตอร์เป็นแถบกลาง ประกอบด้วยกระดาษเหนียวทั้งสองด้าน และในขั้นสุดท้ายแผ่นยิปซั่มบอร์ดจะต้องผ่านการอบด้วยอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูง เพื่อให้แผ่นแห้งสนิท

คุณสมบัติพิเศษของแผ่นยิปซั่มมีมากมายเช่น การป้องกันไฟสามารถทนไฟได้นานตั้งแต่ 1/2-4 ชั่วโมง จึงช่วยป้องกันไม่ให้ไฟลามไปสู่ห้องอื่นได้ ส่วนในการป้องกันเสียงการใช้เป็นฝาผนังจะช่วยในการกันเสียงได้ตั้งแต่ 35-65 เดซิเบล โดยจะขึ้นอยู่กับจำนวนของแผ่น จำนวนชั้น รูปแบบโครงสร้าง ขนาดช่องว่างภายในผนัง และเทคนิคการออกแบบตามประโยชน์ใช้สอยที่เหมาะสม

ในเรื่องน้ำหนักที่มีต่อโครงสร้างอาคาร การใช้แผ่นยิปซั่มจะมีน้ำหนักเบากว่าผนังก่ออิฐฉาบปูนถึง 5 เท่า ทำให้ประหยัดโครงสร้างและฐานรากของอาคารได้มาก และจะเหมาะอย่างมากต่องานต่อเติมอาคาร เพราะสามารถติดตั้งต่อเติมได้ในทุกตำแหน่งของอาคารโดยไม่จำเป็นต้องมีคานรองรับด้านล่าง

6. ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต (Calcium Silicate)

ฉนวนแคลเซียมซิลิเกต โดยธรรมชาติถือว่าเป็นฉนวนที่ประกอบด้วยไฮดรัสแคลเซี่ยมซิลิเกต โดยระหว่างการผลิต ไอน้ำจะเปลี่ยนรูปหินปูน และซิลิกาไปเป็นไฮดรัสแคลเซี่ยมซิลิเกต ซึ่งสารประกอบชนิดนี้นับว่าเป็นองค์ประกอบที่แข็งแรง ทนทาน นอกจากนี้ยังมีความสามารถทนทานต่อความเปียกชื้นที่เกิดขึ้นบ่อยๆ ได้

แคลเซียมซิลิเกตใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 650 องศาเซลเซียส ไม่เป็นวัสดุเป็นพิษ และไม่ปรากฏว่าสมรรถนะทางความร้อนจะลดลงตามอายุการใช้งาน แต่ผลของความชื้นที่ดูดซึมจะทำให้สมรรถนะทางความร้อนลดลงบ้าง อย่างไรก็ตาม เมื่อกลับมาอยู่ในสภาพแห้งใหม่สมรรถนะทางความร้อนจะไม่เปลี่ยน นอกจากนี้แคลเซียมซิลิเกตนับว่าเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติต้านทานไฟได้เป็นเยี่ยม ทั้งยังไม่ติดไฟอีกด้วย

สำหรับคุณสมบัติเชิงความร้อน สภาพนำความร้อนปรากฏของฉนวนแคลเซียมซิลิเกตที่มีความหนาแน่น 208.26 กก./ลบ.ม. ที่อุณหภูมิห้อง คือ 0.05 W/m.K ซึ่งจะได้สภาพต้านทานความร้อนเท่ากับ 19.84 m.K/W

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากคุณสมบัติทางกายภาพและความร้อนดังกล่าวจึงทำให้แคลเซียมซิลิเกตเป็นที่นิยมนำไปใช้ในการหุ้มฉนวนท่อและภาชนะในกระบวนการทางอุตสาหกรรมที่มีอุณหภูมิสูง และจำเป็นต้องใช้วัสดุที่มีความทนแรงอัดสูง สำหรับคุณสมบัติทั่วไปของแคลเซียมซิลิเกตแสดงในตารางต่อไปนี้

คุณสมบัติ	แคลเซียมซิลิเกต
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.05
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	19.84
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ, kg/m^3	208.26
ความร้อนจำเพาะ (C_p), kJ/kg°C	1.17
สภาพแพร่กระจายความร้อน (α), m^2/s	2.06×10^{-7}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, °C	650
สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน, m/m°C	0
ความจุของเซลล์ที่ชิดกัน, เปอร์เซนต์	—
ค่าแทรกซึม ความชื้น, perm-cm[1]	สูงมาก
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซนต์โดยปริมาตร	90
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี
สภาพการติดไฟ	
ระดับการกระจายของเปลวไฟ[2]	0
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	0
ระดับการเกิดควัน[3]	0
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ:	
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือนนก ฯลฯ	ไม่มี
ความชื้น	ชั่วคราว
ฟังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี
สภาพอากาศ	ไม่มี
ลม	ไม่มี

ตารางที่ 3-5 คุณสมบัติของฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	แคลเซียมซิลิเกต
ปัจจัยที่กระทบต่อคน	
การเป็นพิษ	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี
การดูดซับเสียง	–
ผลกระทบของอายุต่อ :	
เสถียรภาพของขนาด	จะหดตัว 1.1% ภายหลังเปียกโชก 24 ชม. ที่ 650°C
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี
สภาพการติดไฟ	ไม่มี

ตารางที่ 3-5 คุณสมบัติของฉนวนแคลเซียมซิลิเกต

7. ฉนวนโพลิสไตรีนโฟม (Polystyrene Foam)

ฉนวนโพลิสไตรีนโฟมผลิตขึ้นมาใน 2 รูปแบบ คือ แบบโฟมอัดรีด และแบบโฟมหล่อ โฟมที่ผลิตด้วยกระบวนการอัดรีด จะมีความหนาแน่นบรรจุมากกว่า มีรูปร่างที่คงที่มากกว่า และ

คุณสมบัติ	แบบโฟมอัดรีด	แบบโฟมหล่อแผ่น
สภาพนำความร้อนปรากฏ (k), W/m.K	0.029	0.036
สภาพต้านทานความร้อนปรากฏ (R), m.K/W	34.48	27.78
ความหนาแน่นของวัสดุ ρ , kg/m^3	28.84-41.65	24.03
ความร้อนจำเพาะ (C_p) , kJ/kg°C	1.13	1.13
สภาพแพร่กระจายความร้อน α , m^2/s	8.77×10^{-7}	1.34×10^{-8}
อุณหภูมิใช้งานสูงสุด, °C	80	80
สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวทางความร้อน, m/m°C	63×10^{-6}	$63\text{-}10^{-6}$
ความจุของเซลล์ที่ปิดกัน, เปอร์เซนต์	85	85
ค่าแทรกซึม ความชื้น, perm-cm	1.08-1.62	2.16-5.4
ค่าดูดซึมน้ำ, เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก	0.5-0.7	3.8-4.0
การกัดกร่อนวัสดุที่ถูกฉนวนหุ้ม	ไม่มี	ไม่มี

ตารางที่ 3-5 คุณสมบัติของฉนวนโพลิสไตรีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติ	แบบโฟมอัดรีด	แบบโฟมหล่อแผ่นอัด
สภาพการติดไฟ		
ระดับการกระจายของเปลวไฟ	5-25	5-25
ระดับการมีส่วนเป็นเชื้อเพลิง	5-80	5-28
ระดับการเกิดควัน	10-400	10-400
การเสื่อมสภาพลงจากผลของ :		
อุณหภูมิที่เป็นวัฏจักร	ไม่มี	ไม่มี
สัตว์จำพวกหนู หมัด ไส้เดือน นก ฯลฯ	ไม่มี	ไม่มี
ความชื้น	ไม่มี	เล็กน้อย
พังไจ/แบคทีเรีย	ไม่มี	ไม่มี
สภาพอากาศ	อุลตราไวโอเลต ทำให้เสื่อมสภาพ	อุลตราไวโอเลต ทำให้เสื่อมสภาพ
ลม	ไม่มี	ไม่มี
ปัจจัยที่กระทบต่อคน		
การเป็นพิษ	ไม่มี	ไม่มี
กลิ่น	ไม่มี	ไม่มี
การดูดซับเสียง	ปานกลาง	ปานกลาง
ผลกระทบของอายุต่อ :		
เสถียรภาพของขนาด	ไม่มี	ไม่มี
สมรรถนะทางความร้อน	ไม่มี	ไม่มี
สภาพการติดไฟ	สามารถลุกไหม้	สามารถลุกไหม้

ตารางที่ 3-6 คุณสมบัติของฉนวนโพลิสไตรีน

สามารถทนแรงกดและแรงดึงได้มากกว่าโฟมที่ผลิตด้วนกระบวนการหล่อแบบ ความหนาแน่นของโฟมแบบอัดรีด โดยปกติอยู่ในช่วง 28.84 ถึง 41.65 กก./ลบ.ม. มีสภาพนำความร้อนเท่ากับ 0.017 W/m.K อย่างไรก็ตาม ถ้ามีอากาศแพร่กระจายในโฟมจะทำให้สภาพนำความร้อนเพิ่มขึ้นอีก 0.029 W/m.K แต่ปกติก็ถือว่าเป็นค่าที่ยอมรับได้ในการใช้วัสดุนี้ สำหรับสภาพซึมเข้าไปได้ของไอน้ำของโฟมแบบนี้จะอยู่ระหว่าง 1.08 ถึง 1.62 perm-cm ส่วนการดูดซึมน้ำจะอยู่ในราว 0.5 ถึง 0.7 เปอร์เซ็นต์

สำหรับโพลิสไตรีนโฟมแบบโฟมหล่อมีความหนาแน่นในช่วง 16 ถึง 24 กก./ลบ.ม. และเนื่องจากผลของกระบวนการหล่อแบบ ความหนาแน่นที่ได้อาจมีการเปลี่ยนแปลงจากค่าความหนาแน่นเฉลี่ยประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสภาพนำความร้อนของวัสดุชนิดนี้จะเป็นสัดส่วนตรงกับความหนาแน่น และโดยทั่วไปอยู่ในช่วง 0.033 ถึง 0.037 W/m.K โดยค่านี้จะไม่เปลี่ยนแปลงตามอายุการใช้งาน ซึ่งจะเห็นว่าสภาพนำความร้อนของโฟมหล่อมีค่ามากกว่าแบบอัดรีด ทั้งนี้เนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟมหล่อมีอากาศในเซลล์ฉนวน ขณะที่แผ่นโฟมโพลีสไตรีนมีส่วนผสมของอากาศและก๊าซฟลูออโรคาร์บอน ส่วนสภาพซึมเข้าไปได้ของไอน้ำฉนวนแบบโฟมหล่อมีค่าประมาณ 2.16 ถึง 5.4 perm-cm และสภาพการซึมน้ำน้อยกว่า 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

คุณสมบัติอื่นๆ ของฉนวนโพลิสไตรีนจะไม่ขึ้นกับกระบวนการผลิต และเนื่องจากโพลิสไตรีนเป็นสารที่ลุกไหม้จึงต้องมีเปลือกหุ้มที่ต้านทานเปลวไฟหุ้มอยู่ อย่างเช่น ยิปซั่มบอร์ด นอกจากนี้ยังต้องป้องกันจากการกระทบแสงอุลตราไวโอเลตโดยตรงด้วย เพราะจะทำให้เป็นสีเหลืองและคุณสมบัติลดลง แต่การถูกแสงอุลตราไวโอเลตในช่วงสั้นไม่มีผลอะไร อุณหภูมิใช้งานสูงสุดของโพริสไตรีนเท่ากับ 80 องศาเซลเซียส การใช้งานกับอุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะเป็นสาเหตุให้อ่อนตัวลงได้ อย่างไรก็ดีไม่มีผลกระทบเนื่องจากการทำงานเป็นวัฏจักรหรือสภาพอากาศหากใช้งานฉนวนในช่วงอุณหภูมิที่กำหนดและโพลีสไตรีนไม่ทำให้ฟังไจหรือแบคทีเรียเจริญเติบโต และไม่เป็นอาหารของสัตว์ต่างๆ ทั้งไม่มีกลิ่น และไม่เป็นสารกัดกร่อน

โพลิสไตรีนโฟมแบบแผ่นอัดแน่น และแบบห่มใช้งานทั้งในอาคารที่พัก ทางพาณิชย์ และอุตสาหกรรม เมื่อใช้เป็นแผ่นหุ้มภายนอก อาจใช้หุ้มภายนอกอาคารทั้งหมด ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความร้อนผ่านโครงสร้างอาคารได้มาก โฟมพลาสติกแบบหุ้มจะช่วยเป็นปราการกันอากาศได้เป็นเยี่ยม อย่างไรก็ตาม ตัววัสดุโฟมจะไม่เป็นโครงสร้างที่สามารถยึดตะปูได้สำหรับการใช้งานฉนวนโพลิสไตรีนด้านอื่นๆ สามารถใช้เป็นฉนวนฐานรากอาคาร ฉนวนแผ่นฝาผนัง ฉนวนหลังคา และการประยุกต์ใช้งานทางอุตสาหกรรมอื่นๆ คุณสมบัติโดยสรุปมีในตารางข้างล่าง

เมื่อเราได้ทำการติดตั้งฉนวนที่กำแพง และทำการเปลี่ยนประตูและหน้าต่างเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่ต้องทำตามมาคือการติดตั้งระบบปรับอากาศเพราะในห้องที่ปรับปรุงแล้วจะมีลักษณะเป็นระบบปิดไม่มีการระบายอากาศที่พอเพียง ระบบปรับอากาศที่มีใช้ทั่วไปมีดังนี้

1. เครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งหน้าต่าง (Window Units) เครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งหน้าต่าง เป็นที่นิยมกันโดยทั่วไปมากเพราะเป็นแบบที่ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย ซ่อมและบำรุงรักษา การติดตั้งทำได้โดยวิธีให้เครื่องควบแน่นอยู่ภายนอกอาคารอากาศภายนอกจะพัดผ่านเข้ามาระบายความร้อนให้กับเครื่องควบแน่น โดยการใช้ใบพัดลมแบบใบพัด ซึ่งต่อจากแกนมอเตอร์ตัวเดียวกับพัดลมของอีแวปโปเรเตอร์ ภายในห้องส่วนที่จะทำความเย็นจะมีใบพัดลมแบบแรงเหวี่ยง หรือเครื่องเป่าลมซึ่งจะใช้แกนๆ เดียวกับใบพัดลมเครื่องควบแน่น ซึ่งจะมีมอเตอร์ตัวเดียวกัน พัดลมภายในห้องจะดูดอากาศจากภายในห้องผ่านแผ่นกรองอากาศ และเข้าปะทะกับอีแวปโปเรเตอร์ทำให้อากาศที่ถูกดูดเข้ามาเย็นลงและส่งผ่านเข้ามาในห้อง

2. เครื่องปรับอากาศแบบแยก (Split System) เครื่องปรับอากาศแบบแยกระบบกำลังเป็นที่นิยมมากในขณะนี้ เพราะทำให้ห้องที่จะปรับอากาศไม่มีเสียงดังของเครื่องรบกวนแต่แบบแยกระบบมีข้อเสียอยู่ตรงที่ว่าเมื่อมีการติดตั้งที่ใดแล้วจะย้ายที่ใหม่ก็จะต้องเดินท่อระบบเครื่องเย็นใหม่

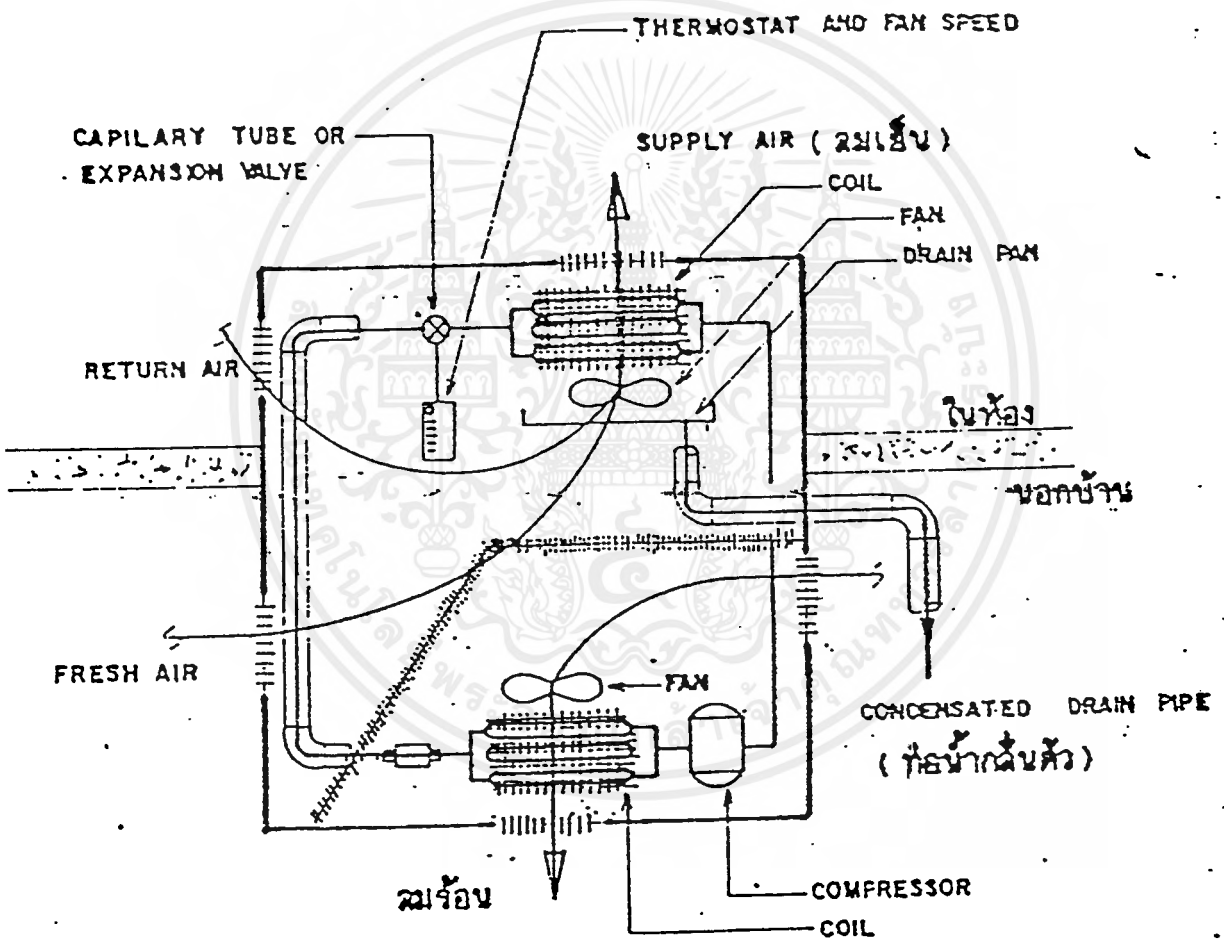
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วย และวัสดุสารทำความเย็นใหม่อีก และต้องเจาะผนังให้ท่อผ่านจากภายนอกเข้ามาภายในห้อง ด้วย ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งก็คือจะต้องหาที่ตั้งระบบคอนเด็นซิ่งยูนิต ภายนอกอีกด้วย

ระบบปรับอากาศแบบแยกระบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

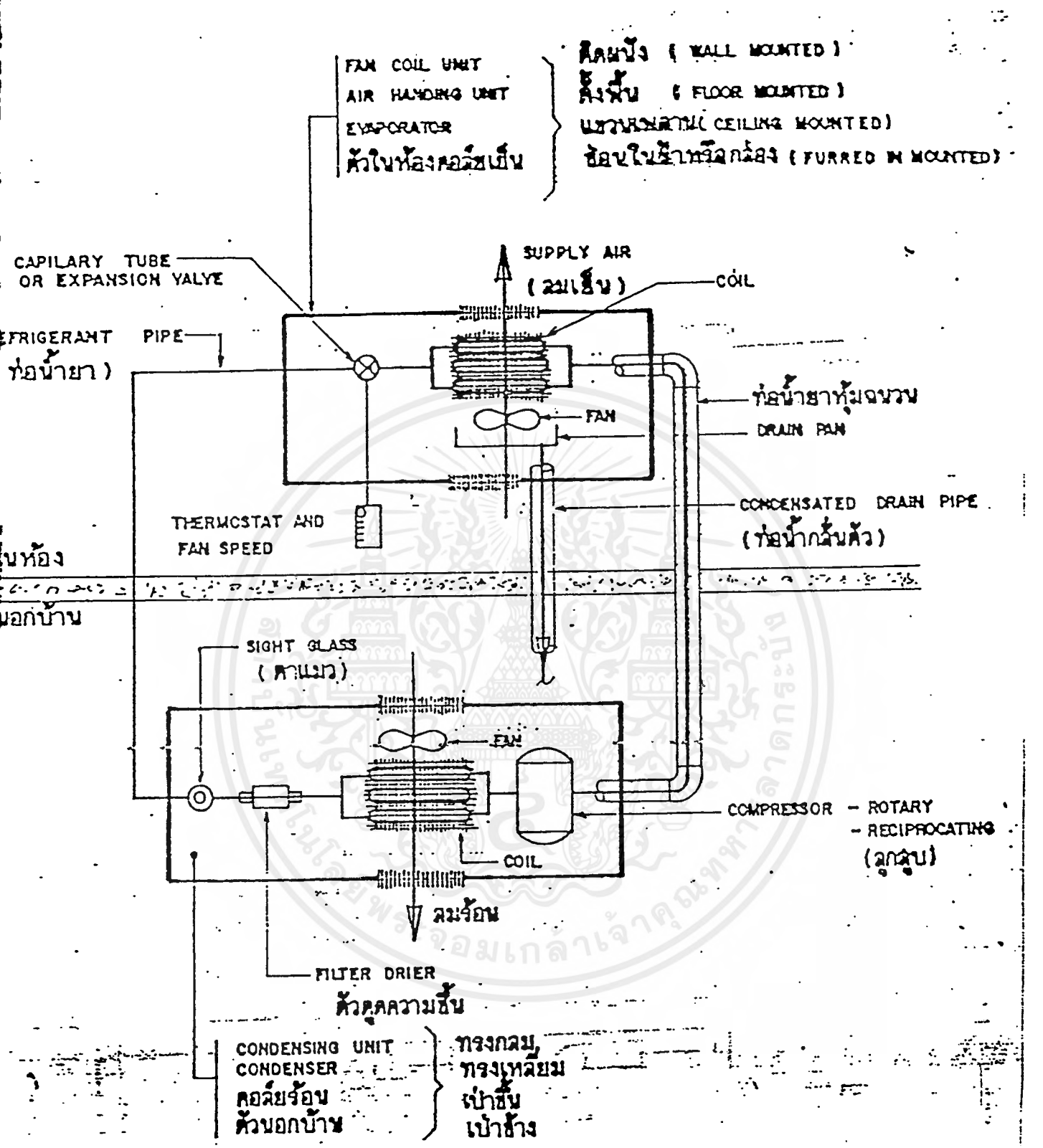
1. ชุดเครื่องควบแน่น (Condensing Unit) เป็นระบบที่อยู่ภายนอกอาคาร

2. ชุดเครื่องให้ความเย็น (Cooling Unit หรือ Evaporating Unit) เป็นระบบที่อยู่ภายในห้องที่จะปรับอากาศ



รูปที่ 3-1 เครื่องปรับอากาศแบบติดตั้งหน้าต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 เครื่องปรับอากาศแบบแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

แบบของอาคารปรับปรุง

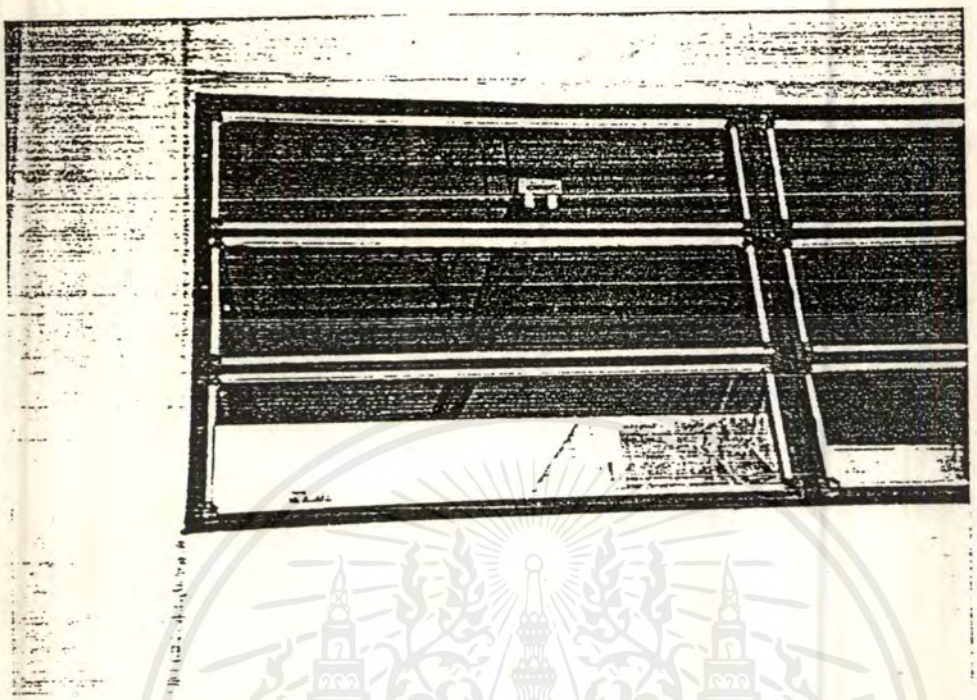
ตามที่ได้มีการศึกษาผลกระทบของเสียงเนื่องจากสนามบินสากลกรุงเทพแห่งที่2 ทำให้ทราบว่าเสียงบินลงของเครื่องบิน เป็นอุปสรรคต่อการเรียนการสอนในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพราะฉะนั้นต้องมีการปรับปรุงอาคารให้สามารถมีการเรียนการสอนได้ โดยลักษณะการปรับปรุงจะเป็นการเปลี่ยนแปลงอาคารเรียนเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีประสิทธิภาพในการกั้นเสียงมากขึ้น โดยที่ประตูและหน้าต่างเดิมของอาคารป้องกันเสียงได้น้อยและมีช่องต่างๆมากจึงต้องมีการปรับปรุง โดยทำการเปลี่ยนประตู-หน้าต่างเดิม เป็นประตู-หน้าต่างกระจกซึ่งกระจกที่ใช้จะเป็นกระจกสูญญากาศ 2ชั้น หนา 12 มิลลิเมตร และมีกรอบเป็นอลูมิเนียม โดยที่ในกรอบนั้นจะมีโฟมอัดแน่น อยู่ภายในและฉีดซิลิโคนปิดทับอีกที ในขณะที่รูช่องเปิดต่างๆที่เกิดจากการก่อสร้างจะฉีดซิลิโคนอุด ส่วนช่องเปิดของประตู-หน้าต่างก็จะทำเป็นช่องปิดสนิท ประตูที่เป็นบานสวิงจะมียอบยางเป็นตัวกั้นบริเวณที่มีการสัมผัสกันของขอบประตูเพื่อกั้นเสียงเข้าไปรบกวนภายในห้อง

สำหรับผนังของอาคาร ซึ่งผนังเดิมของอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้างเป็นผนังก่ออิฐฉาบปูนหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งจะป้องกันเสียงได้ระดับหนึ่ง จึงต้องมีการปรับปรุงผนังใหม่ให้มีการกั้นเสียงรบกวนจากภายนอกได้มากขึ้นและปรับปรุงผนังภายในเพื่อลดเสียงก้อง เนื่องจากห้องที่ปรับปรุงแล้วจะเป็นห้องปิดทำให้เกิดเสียงก้อง เพราะฉะนั้นในการปรับปรุงจึงต้องมีวัสดุสองชนิดประกอบกันเป็นวัสดุชนิดอ่อนและแข็ง เพื่อเป็นการสะท้อนความถี่และดูดซับความถี่ จะมีลักษณะการปรับปรุงเป็นการติดตั้งผนังเบาเข้าไปที่ผนังเดิมซึ่งผนังเดิมเป็นซึ่งเป็นผนังก่ออิฐโดยที่จะมีโครงเคร่าอลูมิเนียมรูป-ตัว C ขนาด 75*35 มม. เป็นโครงเคร่าในแนวตั้งวางห่างกัน 0.6 เมตร และโครงเคร่ารูปตัว U ขนาด 16*32 มม. เป็นโครงเคร่าในแนวนอนประกอบติดกับแผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. หรือแผ่นแคลเซียมซิลิเกต หนา 6 มม.

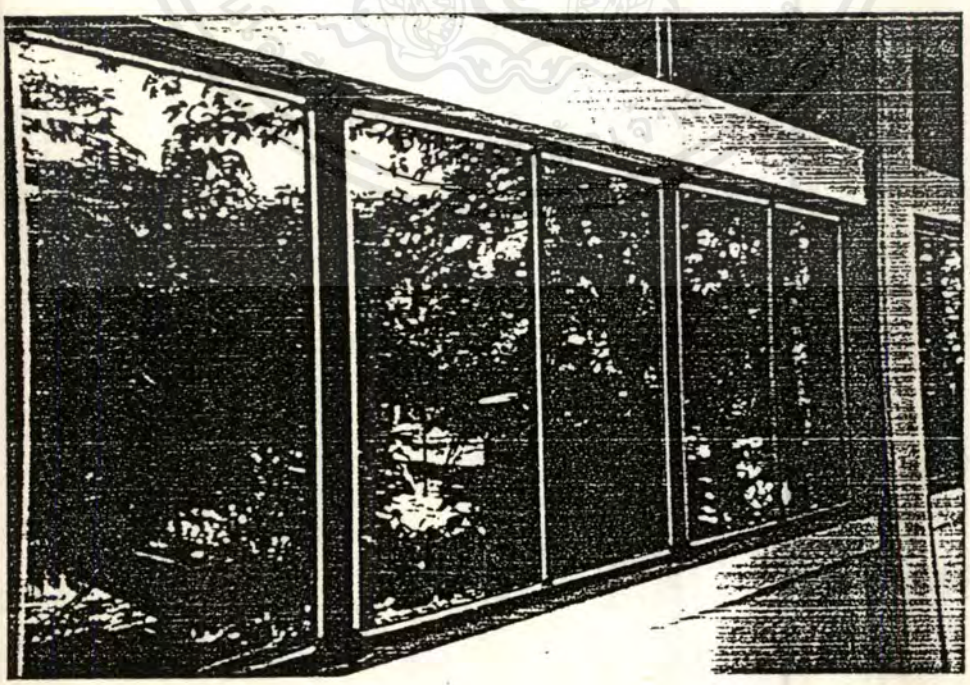
โดยมีวัสดุที่ช่วยในการดูดซับเสียง เช่น ฉนวนใยแก้ว , ฉนวนใยหิน, โฟมโพลียูรีเทน ฯลฯ มีความตรงกลาง หนา 2 นิ้ว แล้วทาสีทับให้เป็นเนื้อเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงชนิดของประตู-หน้าต่างอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

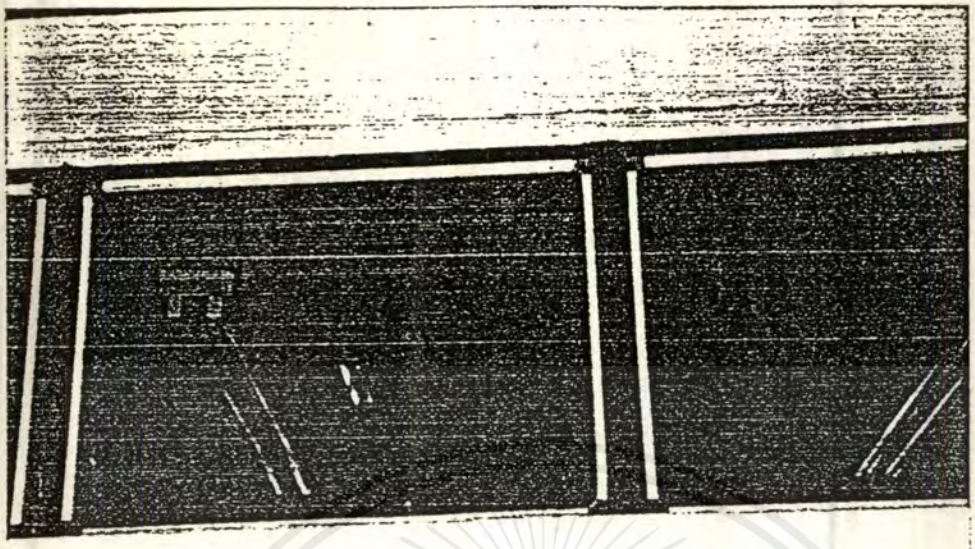


รูปที่ 4-1 หน้าต่าง S

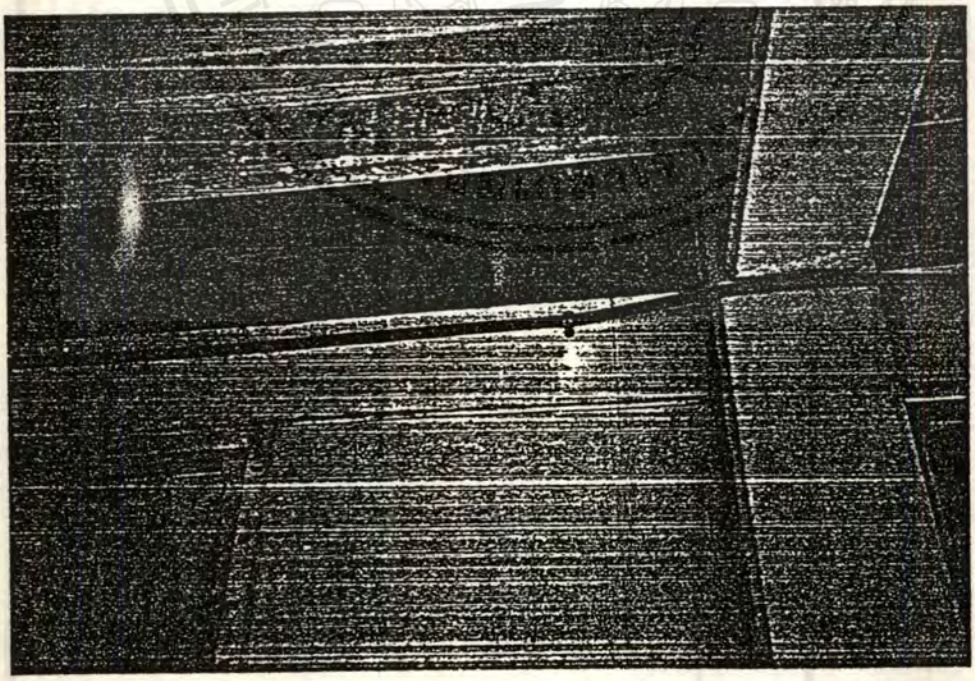


รูปที่ 4-2 หน้าต่าง J

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

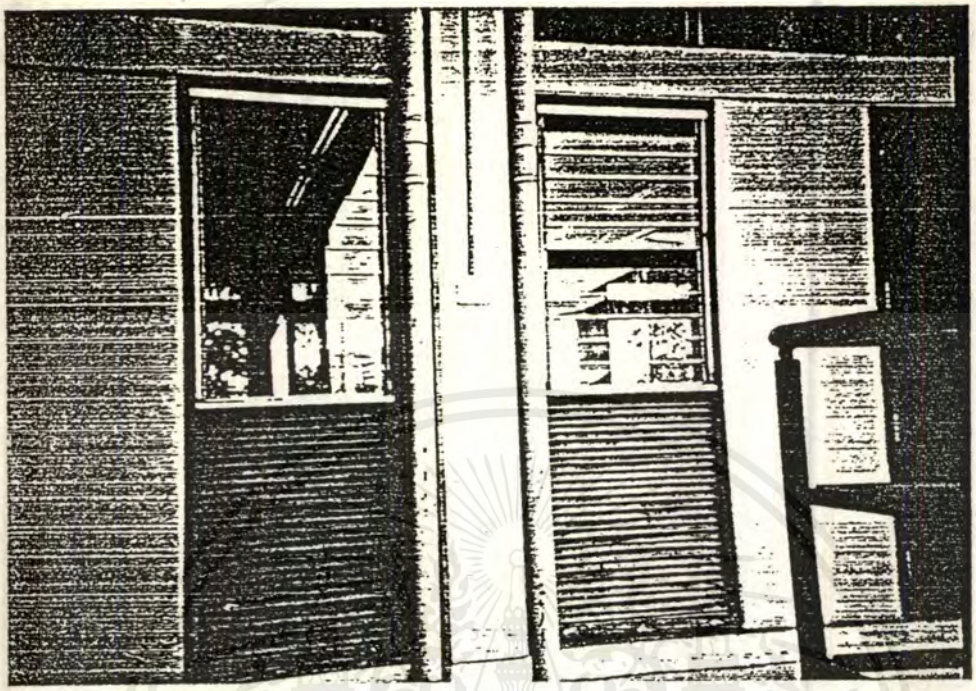


รูปที่ 4-3 หน้าต่าง X

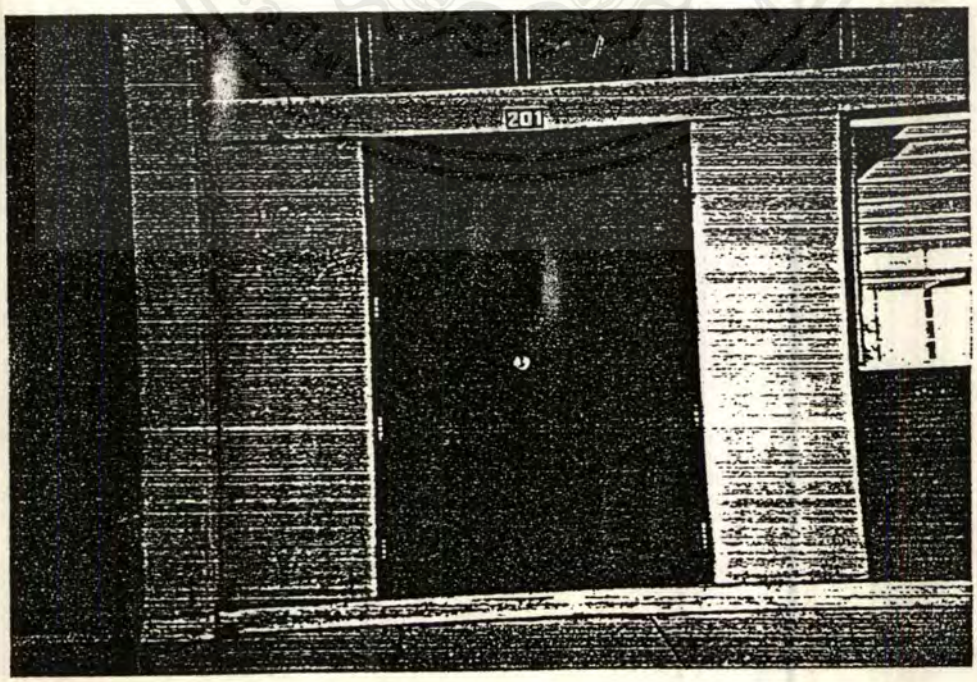


รูปที่ 4-4 หน้าต่าง O

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

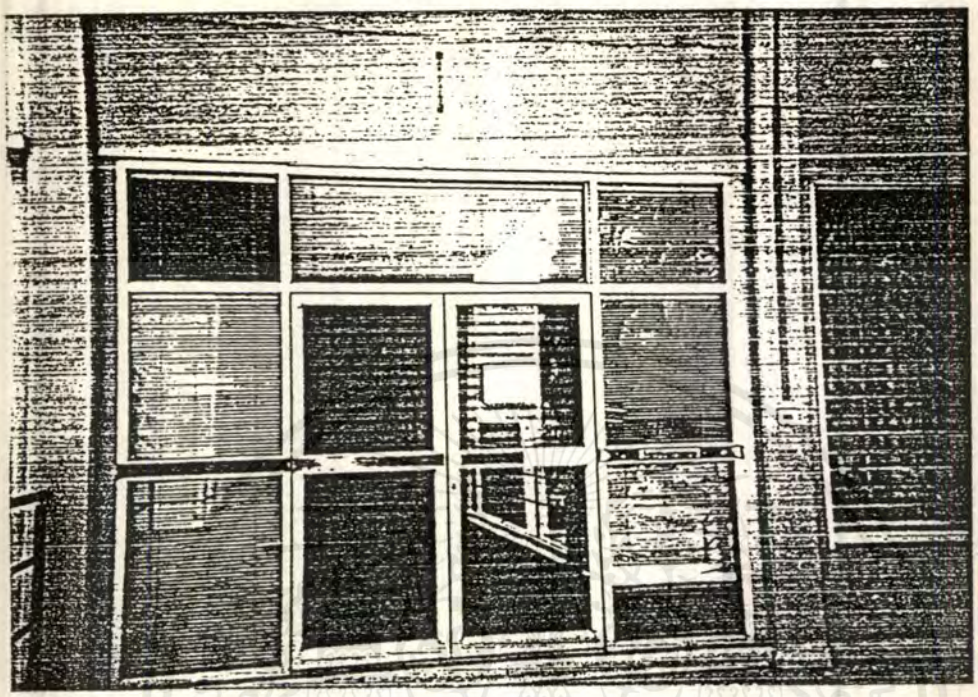


รูปที่ 4-5 หน้าต่าง M

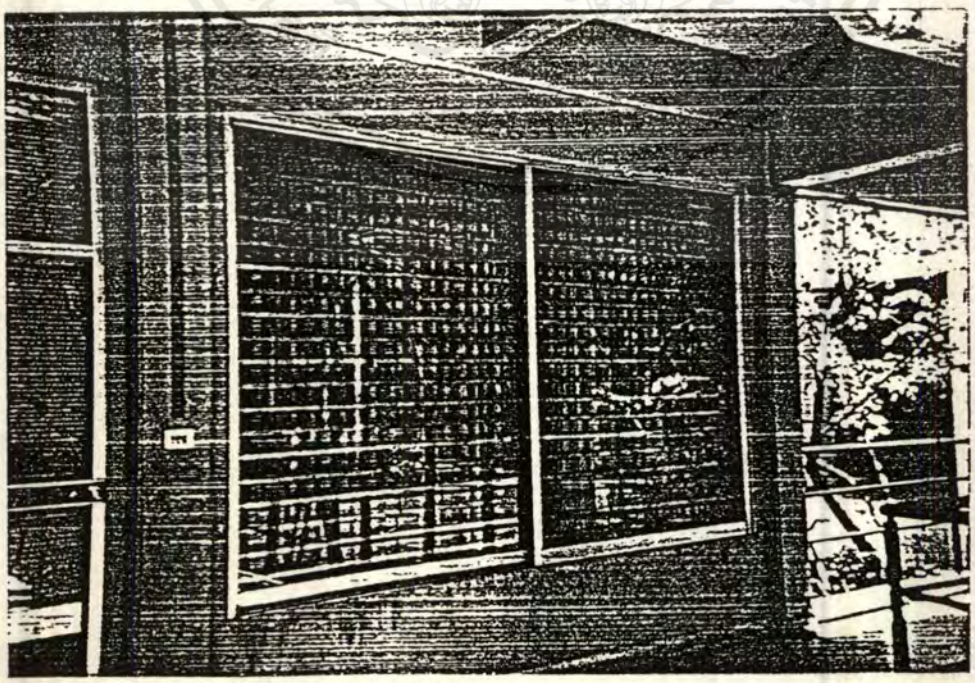


รูปที่ 4-6 ประตู H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

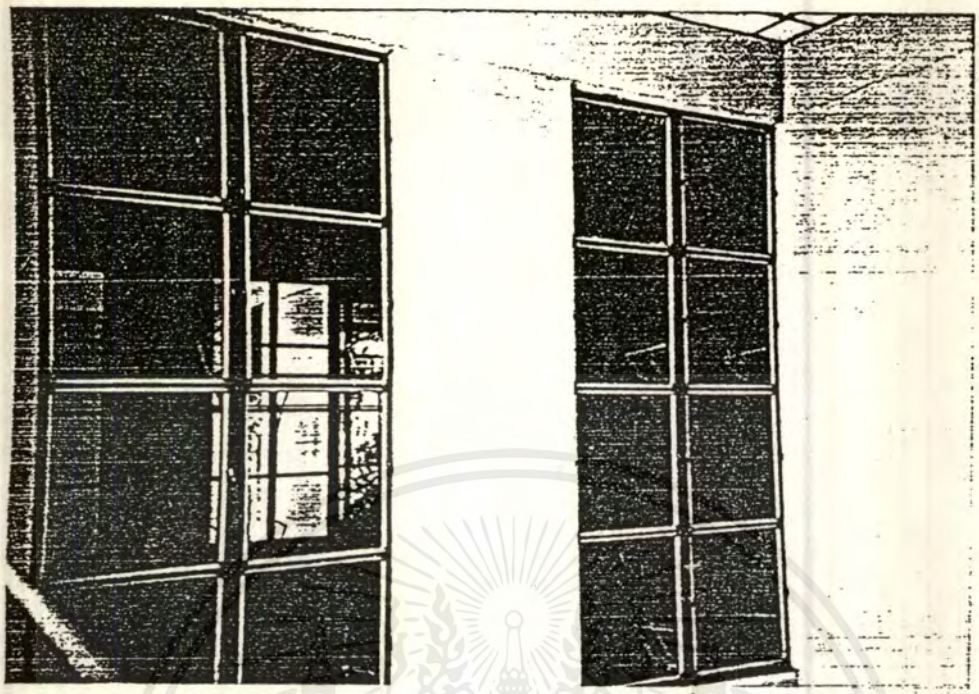


รูปที่ 4-7 ประตู F

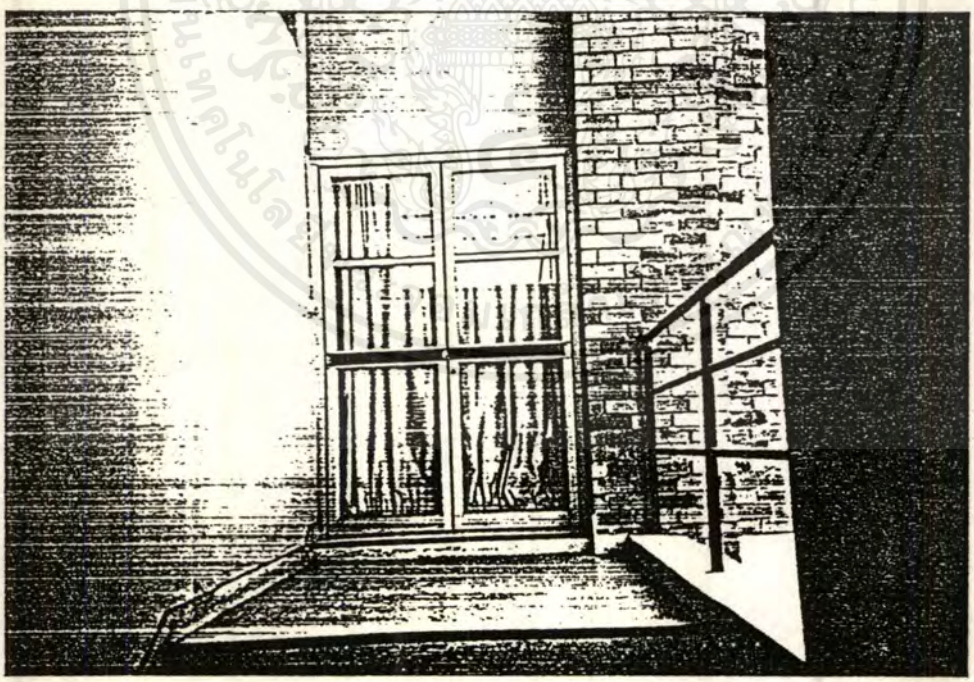


รูปที่ 4-8 หน้าต่าง B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

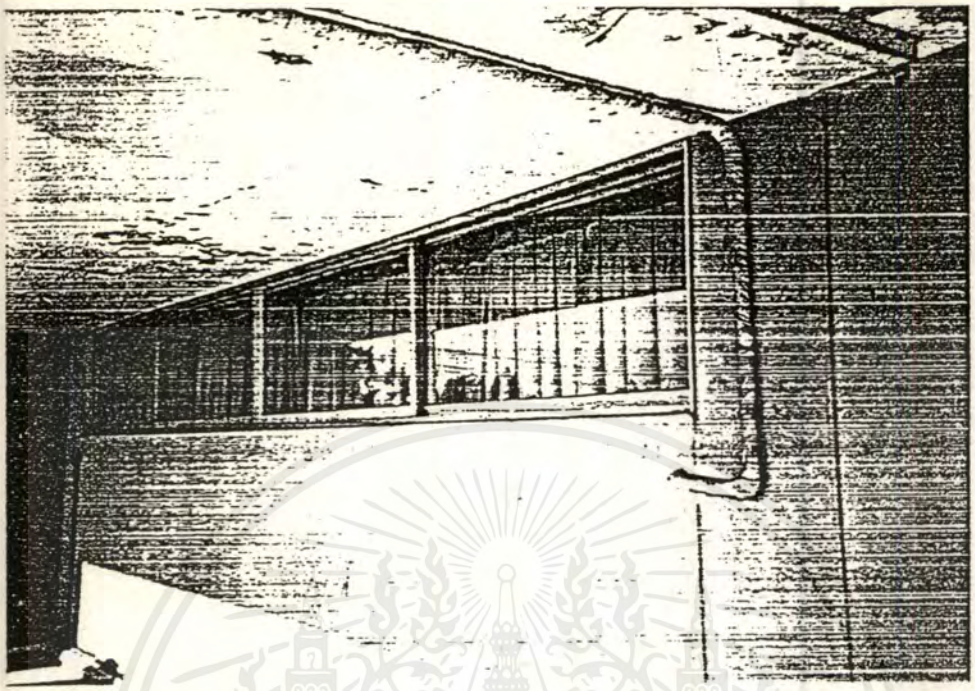


รูปที่ 4-9 หน้าต่าง B

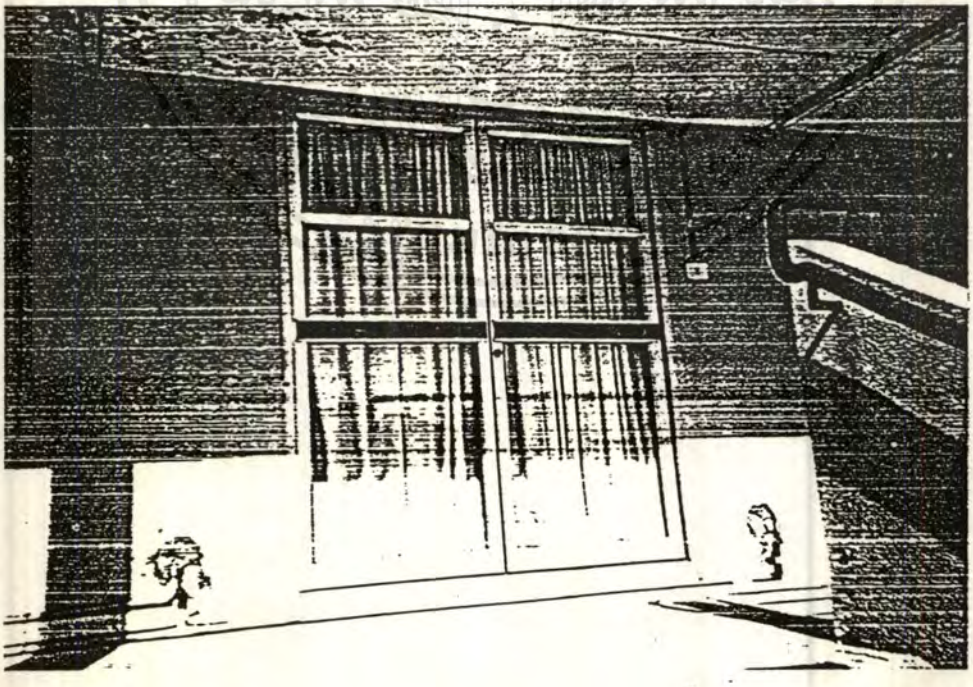


รูปที่ 4-10 ประตู C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

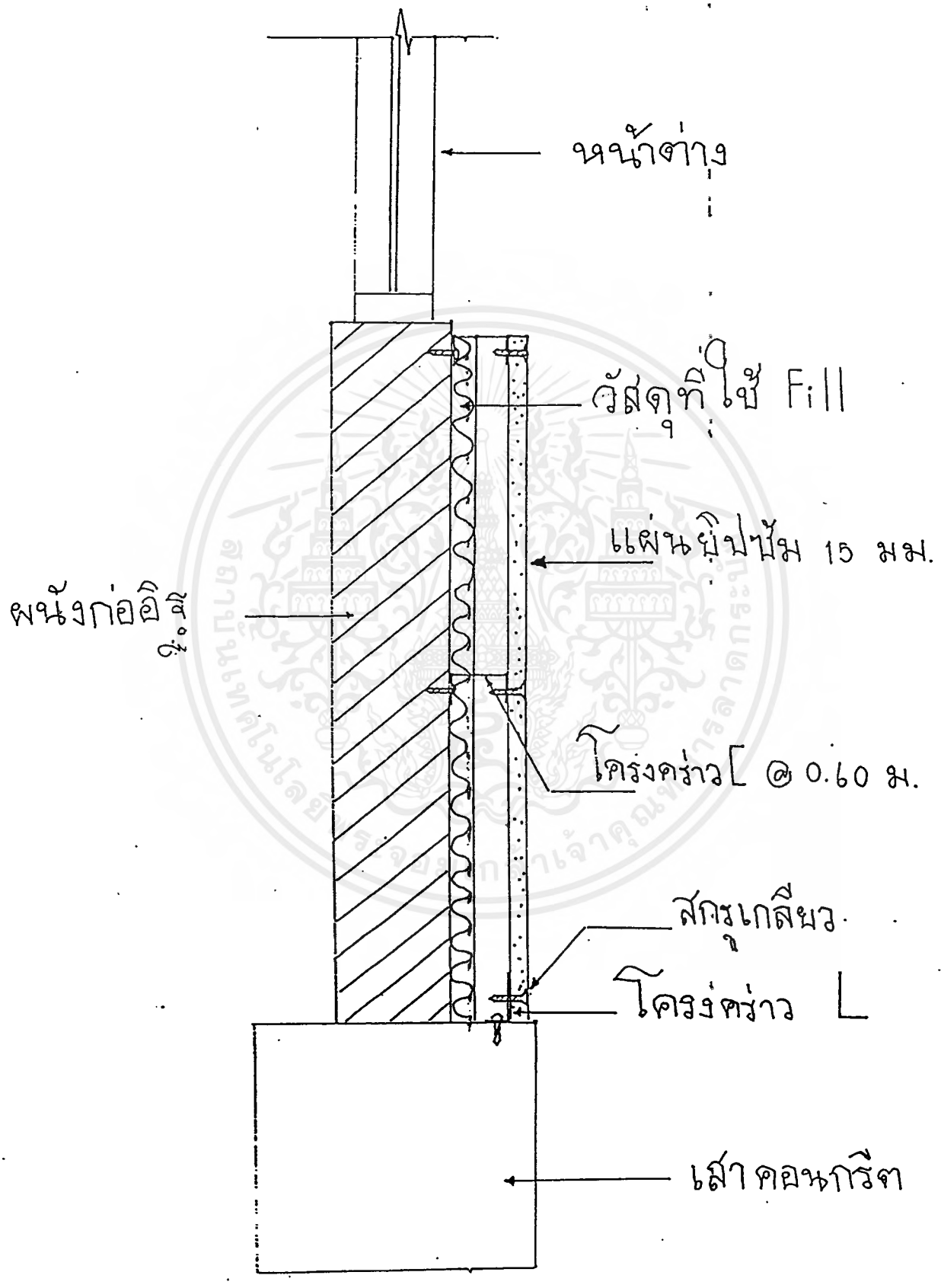


รูปที่ 4-11 หน้าต่าง K



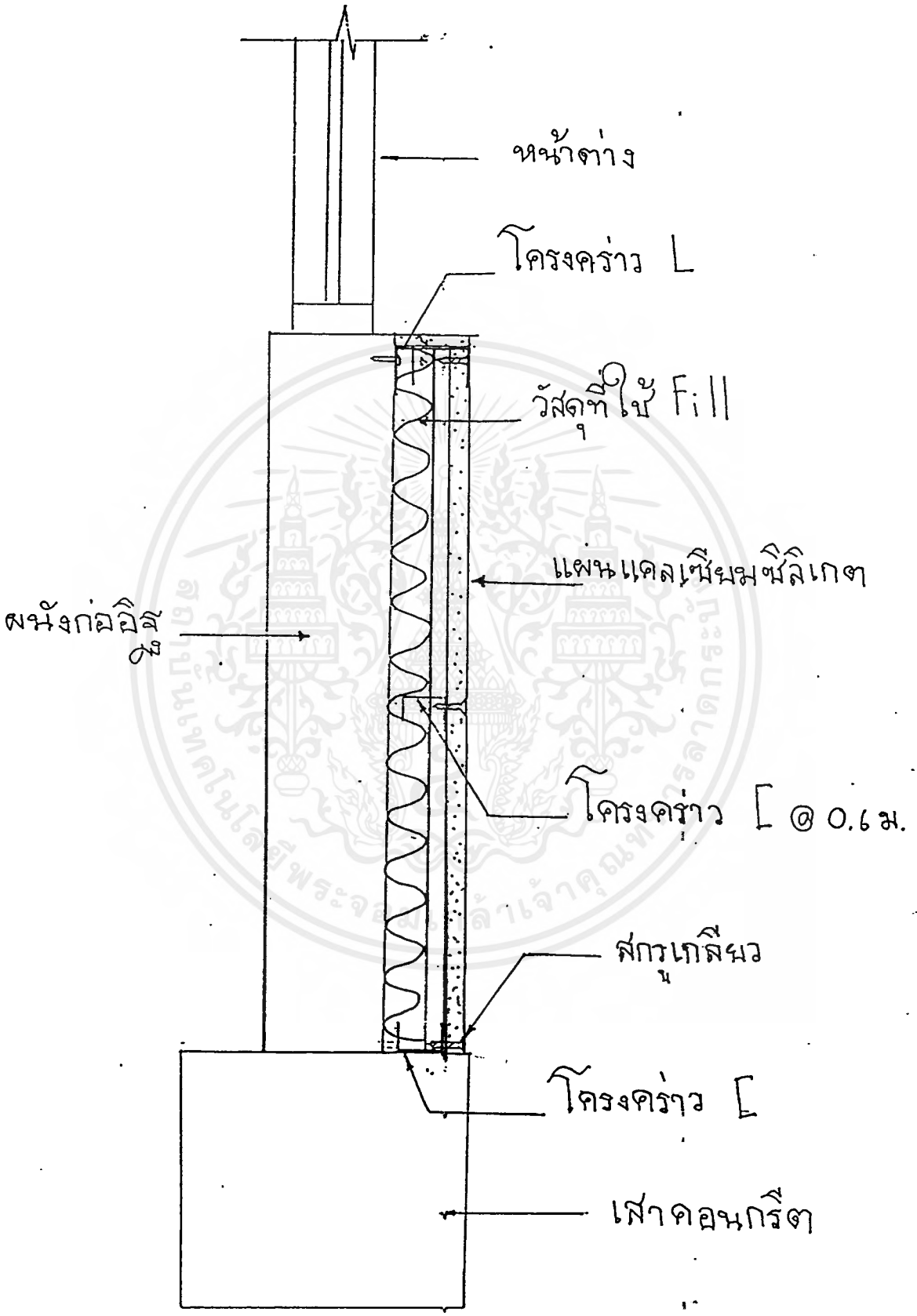
รูปที่ 4-12 ประตู C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



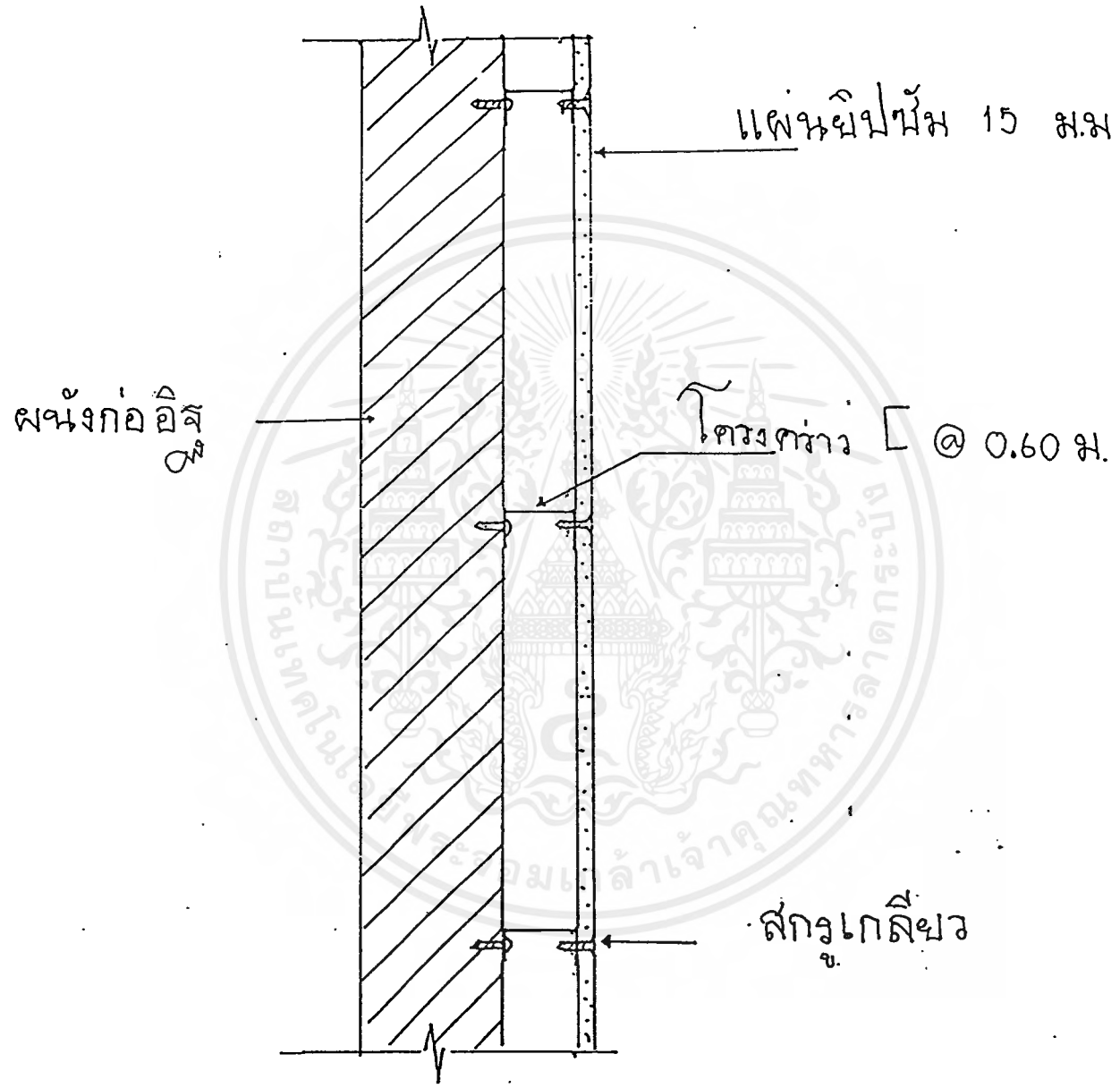
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-13 แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง



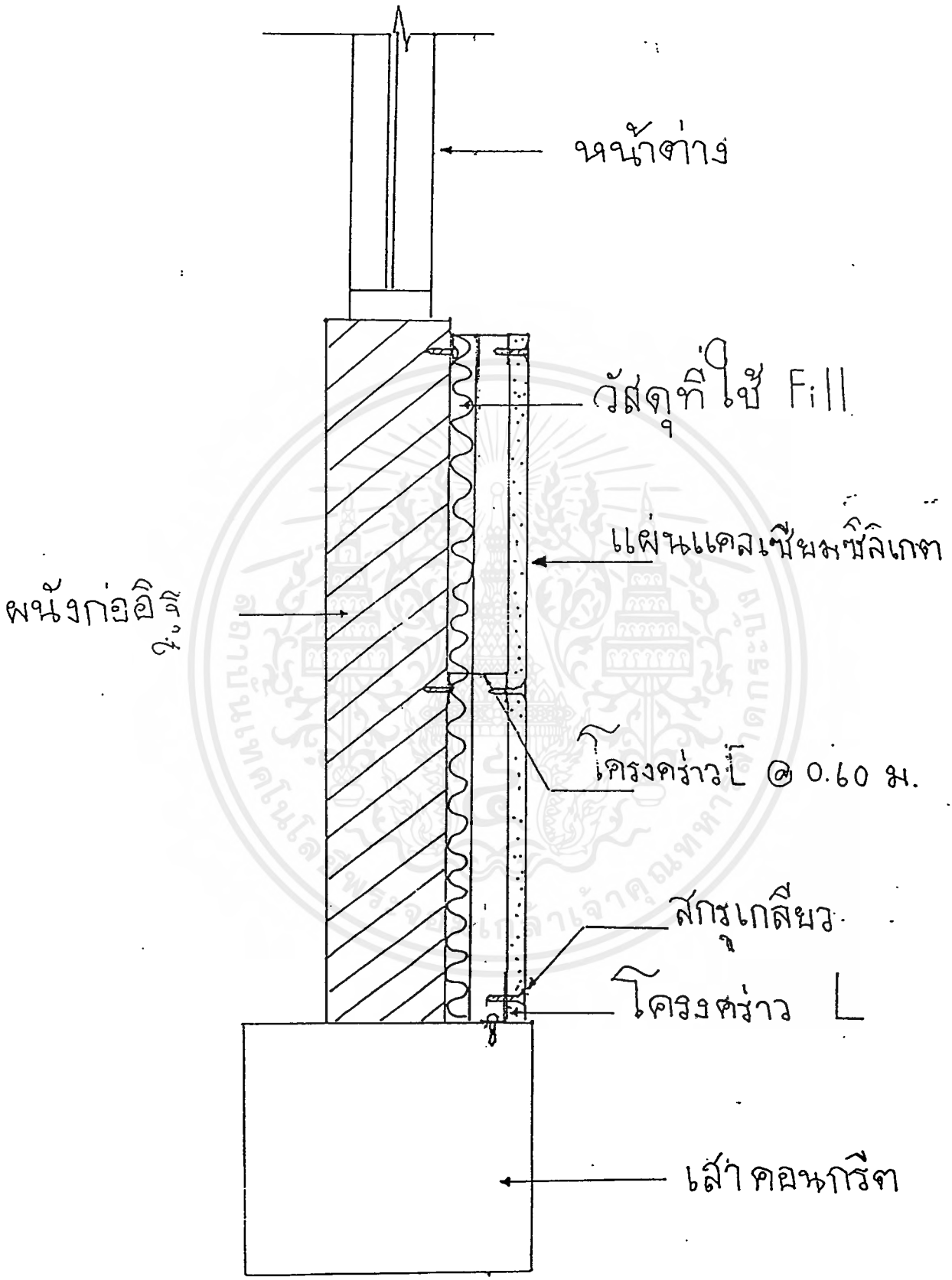
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-14 แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง



รูปที่ 4-15 แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-16 แสดงการปรับปรุงผนังอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

ตาราง +1 แสดงค่า STC ของวัสดุชนิดต่าง ๆ

ชื่อวัสดุ	ค่า STC (dB)
1. แผ่นยิปซั่ม	12.0
2. โฟมโพลียูรีเทน	10.0
3. ฉนวนใยแก้ว	10.0
4. ฉนวนใยเซลลูโลส	12.0
5. ฉนวนใยหิน	11.0
6. โฟมโพลีสไตรีน	11.0
7. แผ่นแคลเซียมซิลิเกต	12.0
8. กระจกสองชั้น	40.0

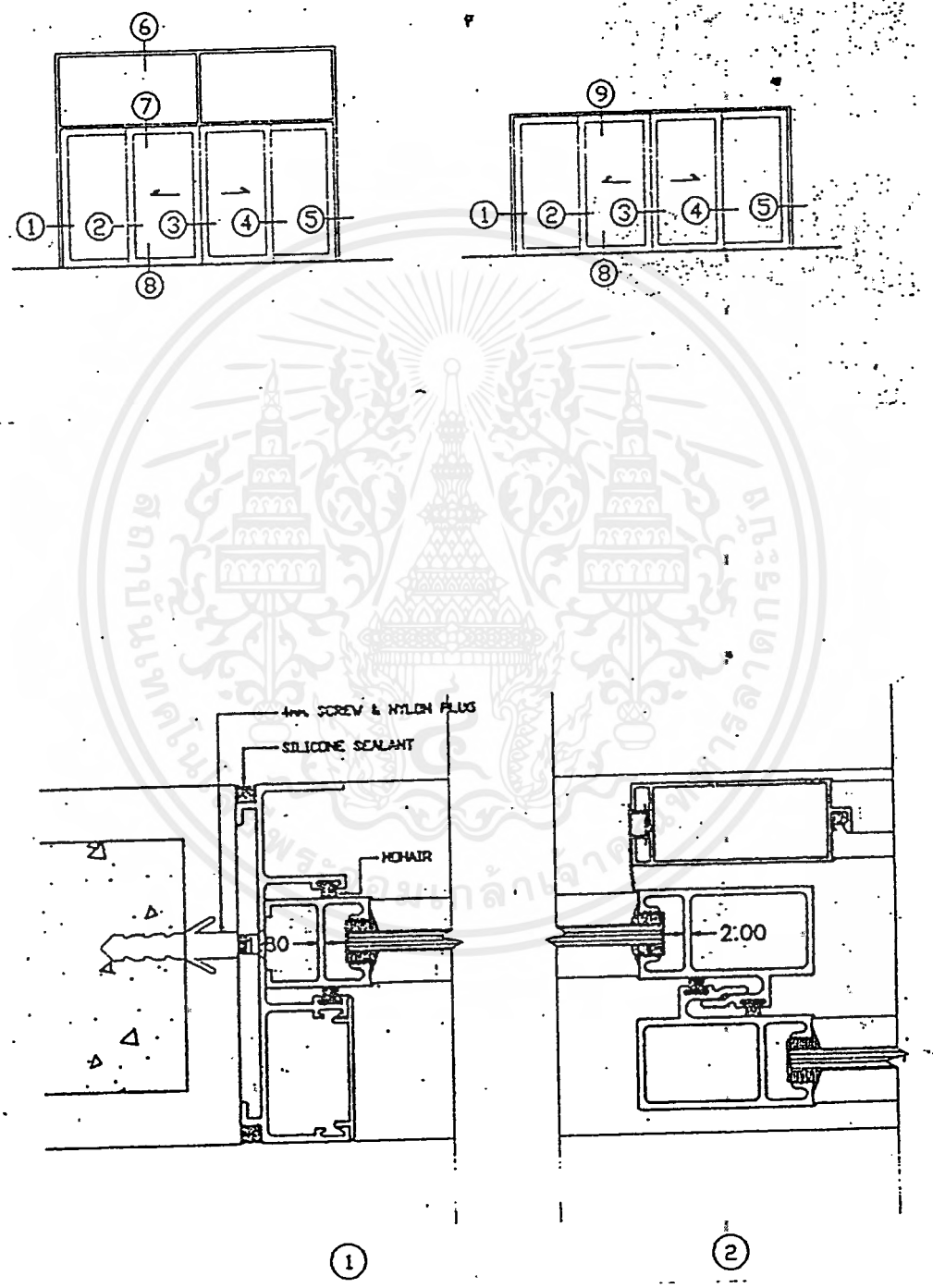
ตารางที่ 4-2 แสดงค่า STC ในการปรับปรุงแบบต่าง ๆ

ลักษณะการปรับปรุง	ค่า STC (dB)
1. โครงเคร่า และแผ่นยิปซั่ม	12.0
2. โครงเคร่า และแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต	12.0
3. โครงเคร่า แผ่นยิปซั่ม และ โฟมโพลียูรีเทน	22.0
4. โครงเคร่า แผ่นยิปซั่ม และ ฉนวนใยแก้ว	22.0
5. โครงเคร่า แผ่นยิปซั่ม และ ฉนวนใยเซลลูโลส	24.0
6. โครงเคร่า แผ่นยิปซั่ม และ ฉนวนใยหิน	23.0
7. โครงเคร่า แผ่นยิปซั่ม และ โฟมโพลีสไตรีน	23.0
8. โครงเคร่า แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต และโฟมโพลียูรีเทน	22.0
9. โครงเคร่า แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต และฉนวนใยแก้ว	22.0
10. โครงเคร่า แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต และฉนวนใยเซลลูโลส	24.0
11. โครงเคร่า แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต และฉนวนใยหิน	23.0
12. โครงเคร่า แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต และโฟมโพลีสไตรีน	23.0

*หมายเหตุ ค่า STC ที่แสดงในตารางที่ 4-2 ยังไม่รวมค่า STC ของผนังก่ออิฐฉาบปูนซึ่งมีค่า STC ประมาณ 35dB

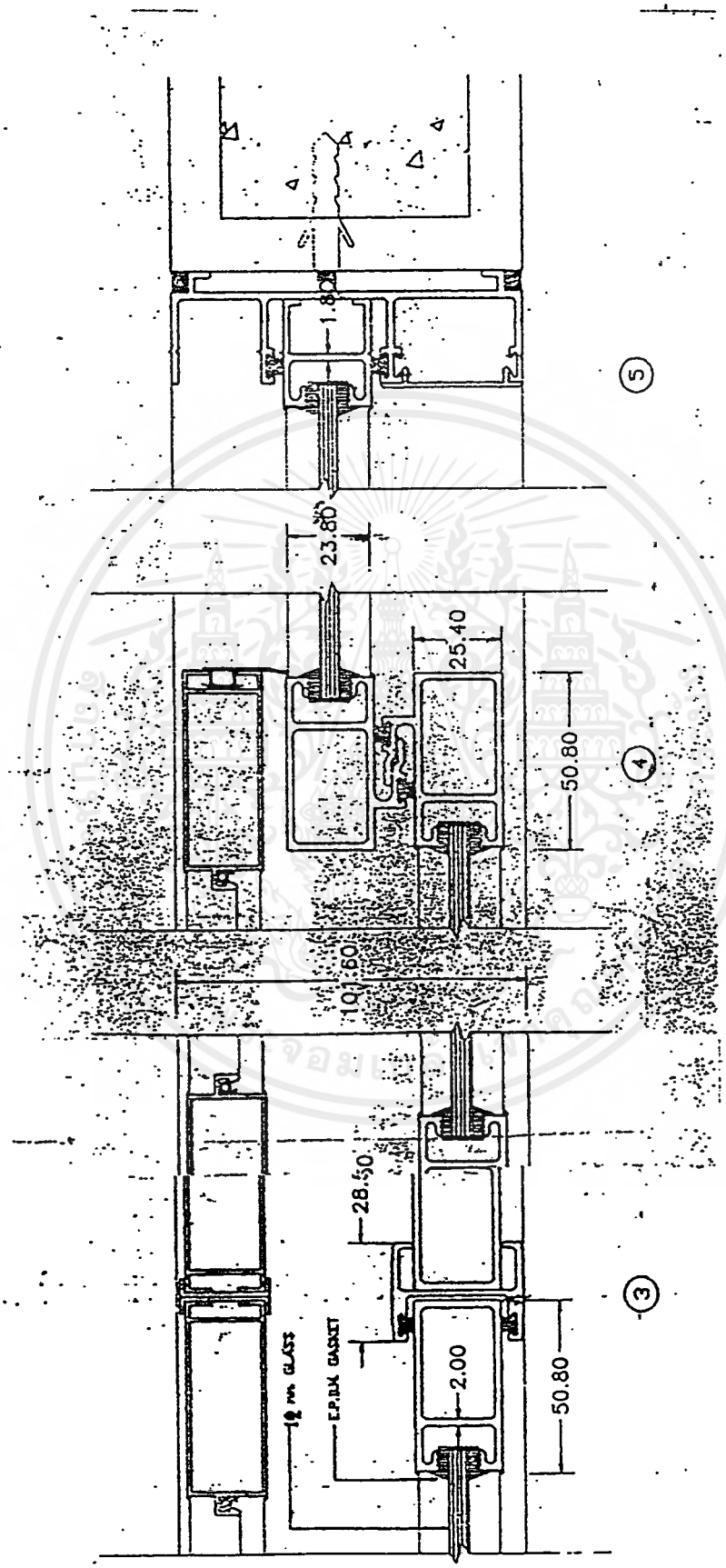
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงแบบขยายในการก่อสร้างประตู หน้าต่าง ของอาคารที่มีการก่อสร้างเพื่อกันเสียง



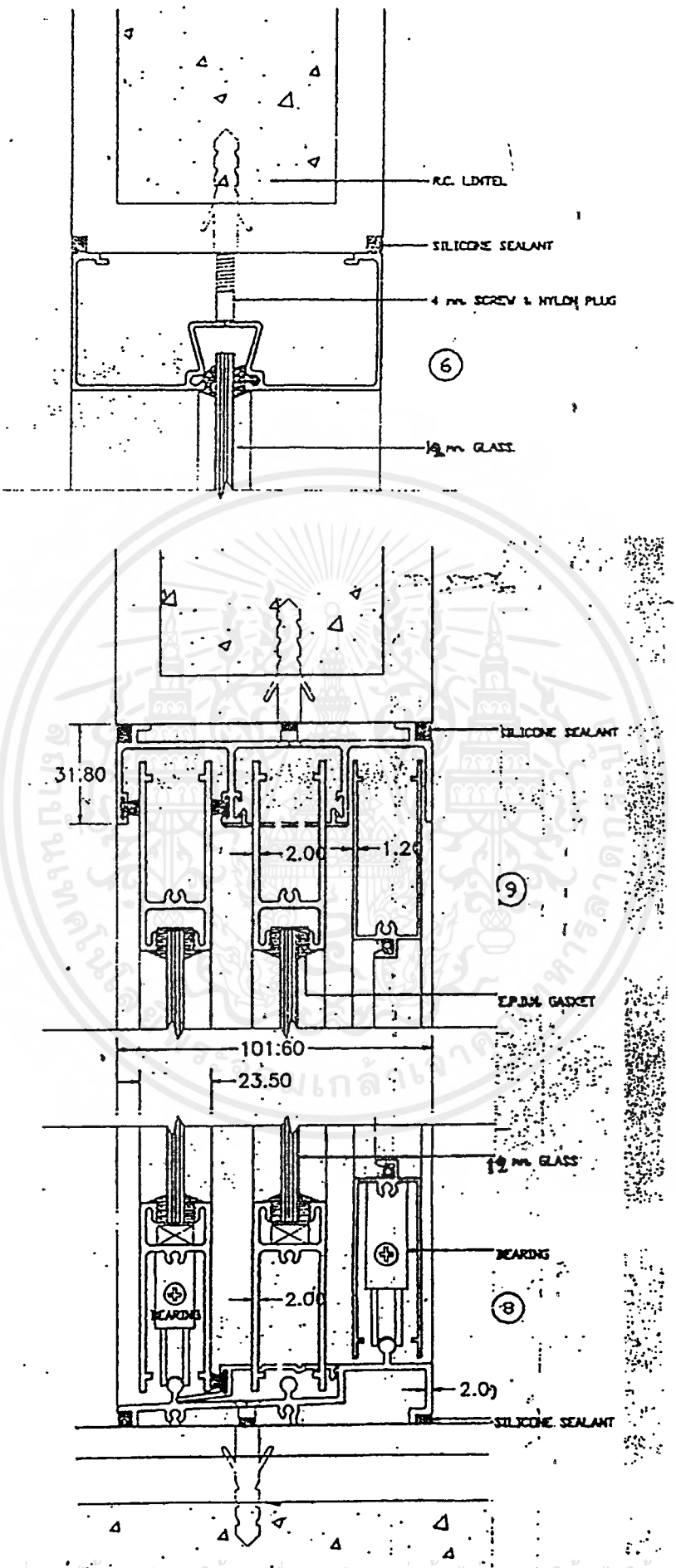
รูปที่ 4-17 แสดงการประตูเลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



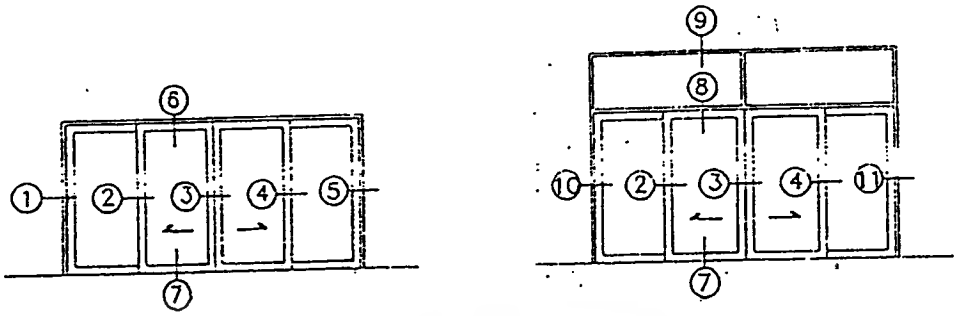
รูปที่ 4-18 แบบขยายประตูเลื่อน(ต่อ)

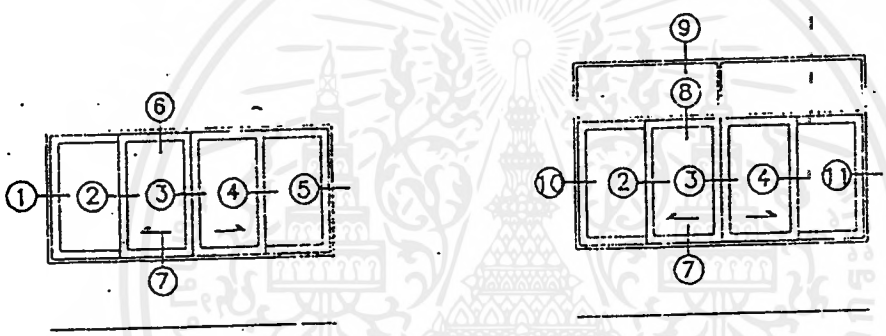
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

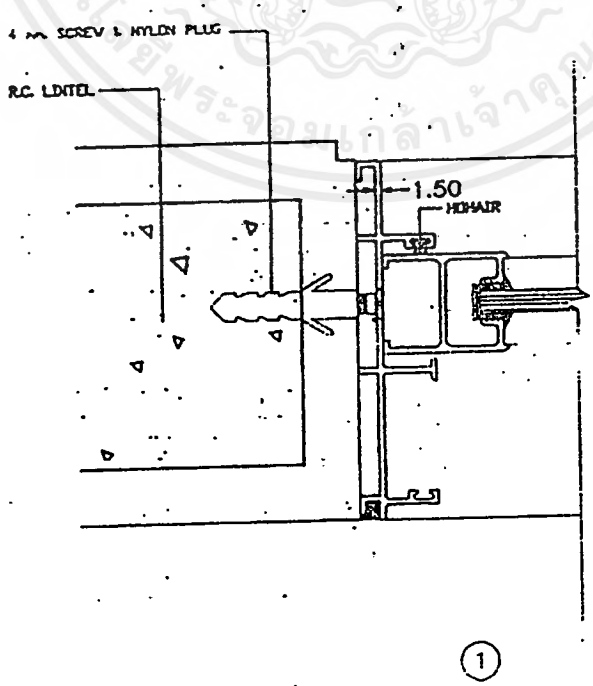


รูปที่ 4-19 แบบขยายประตูเลื่อน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

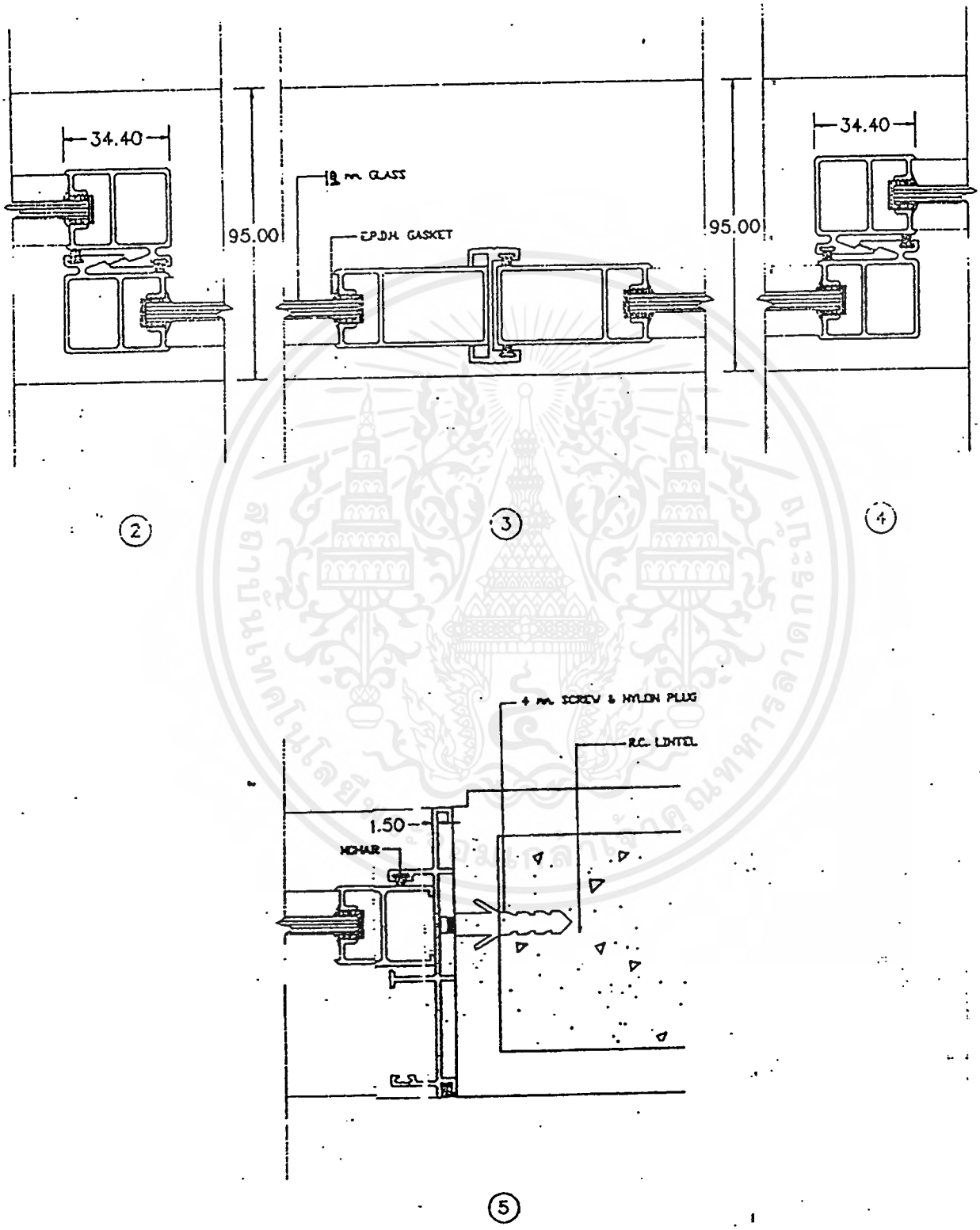






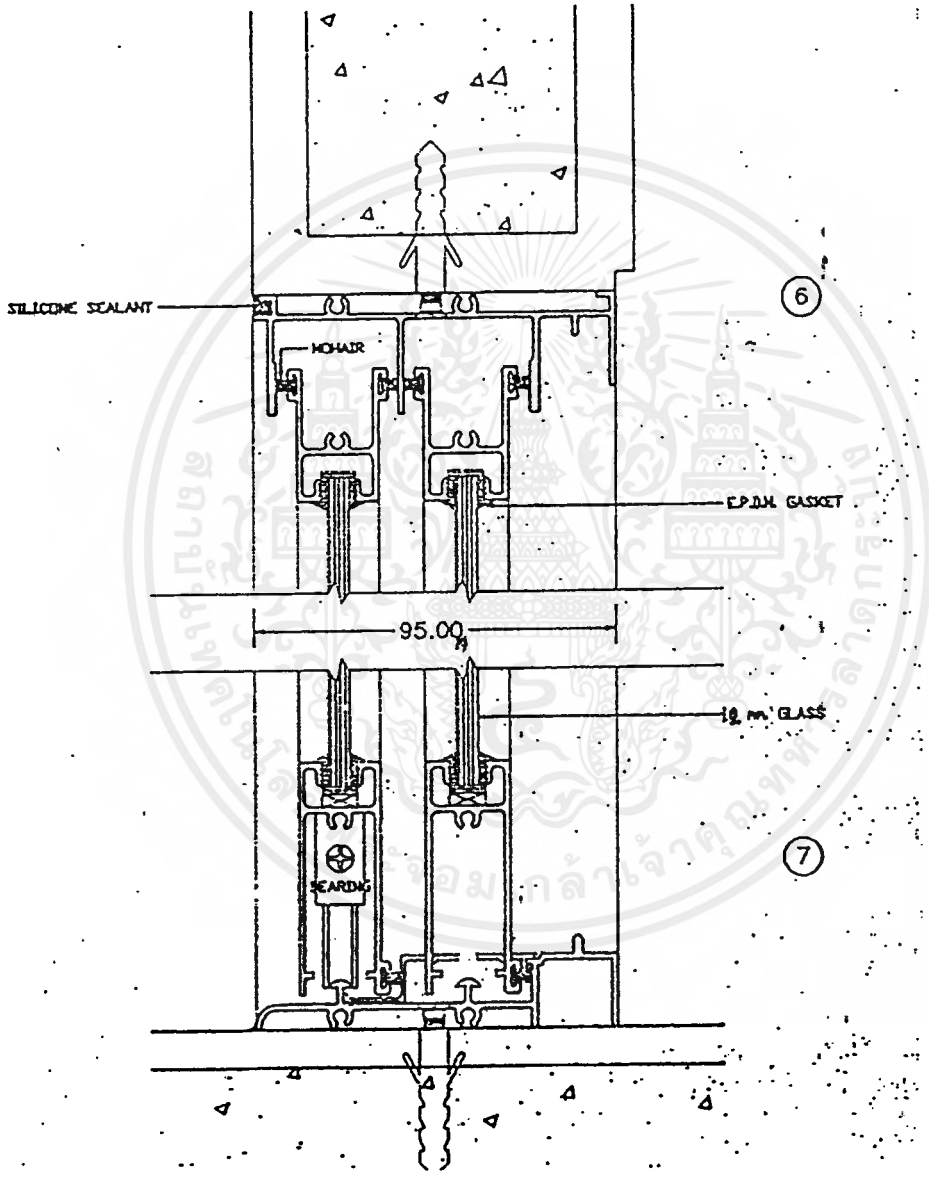
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-20 แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน



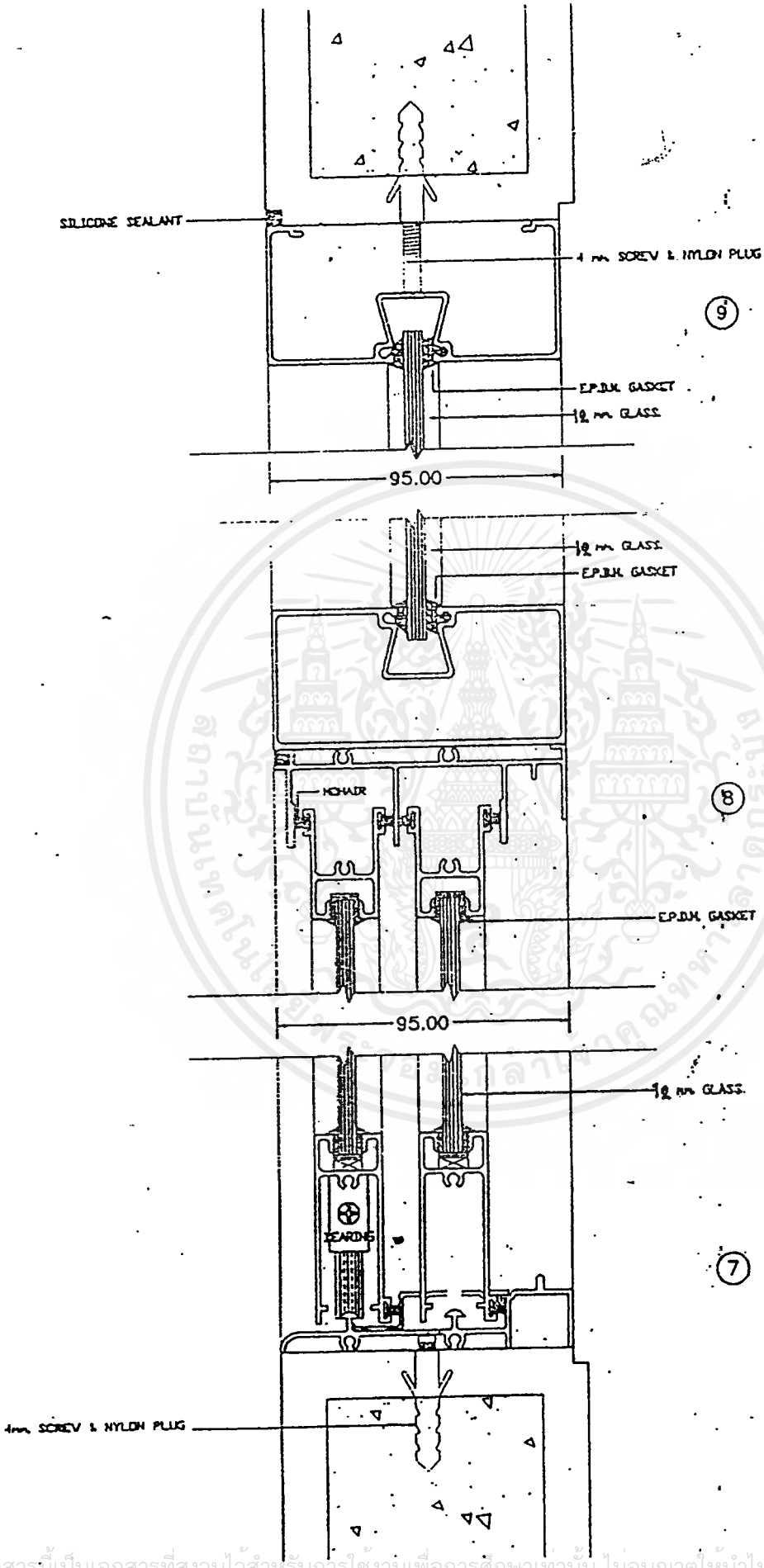
รูปที่ 4-21 แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



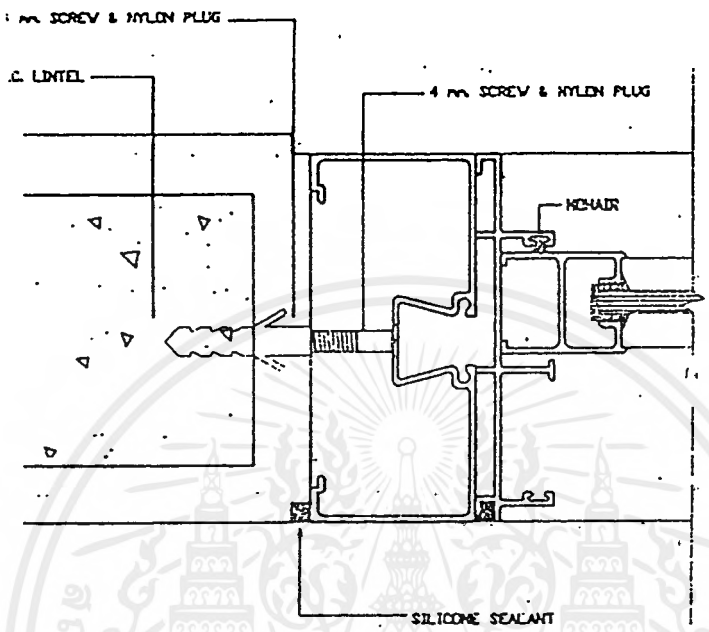
รูปที่ 4-22 แสดงตัวอย่างประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

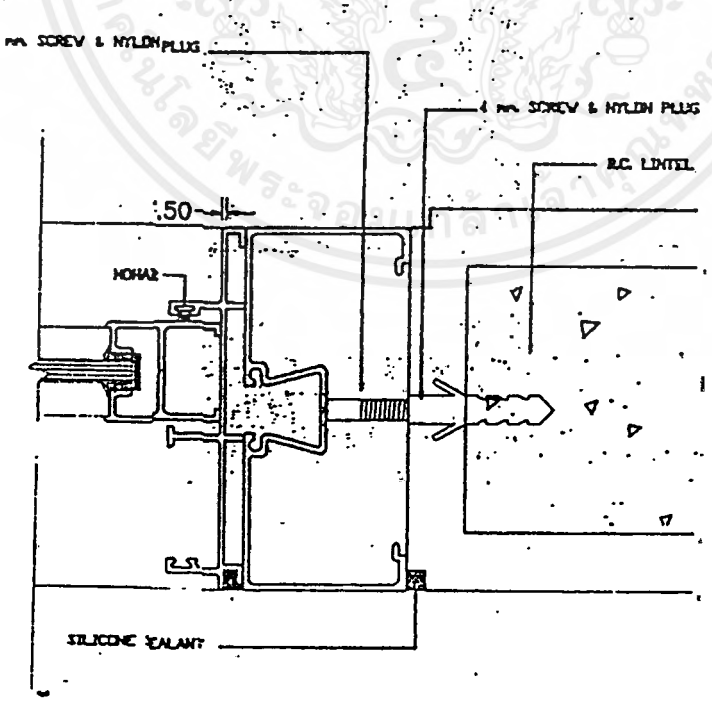


รูปที่ 4-23 แสดงการประกอบเสื่อนและหน้าต่างเสื่อน(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



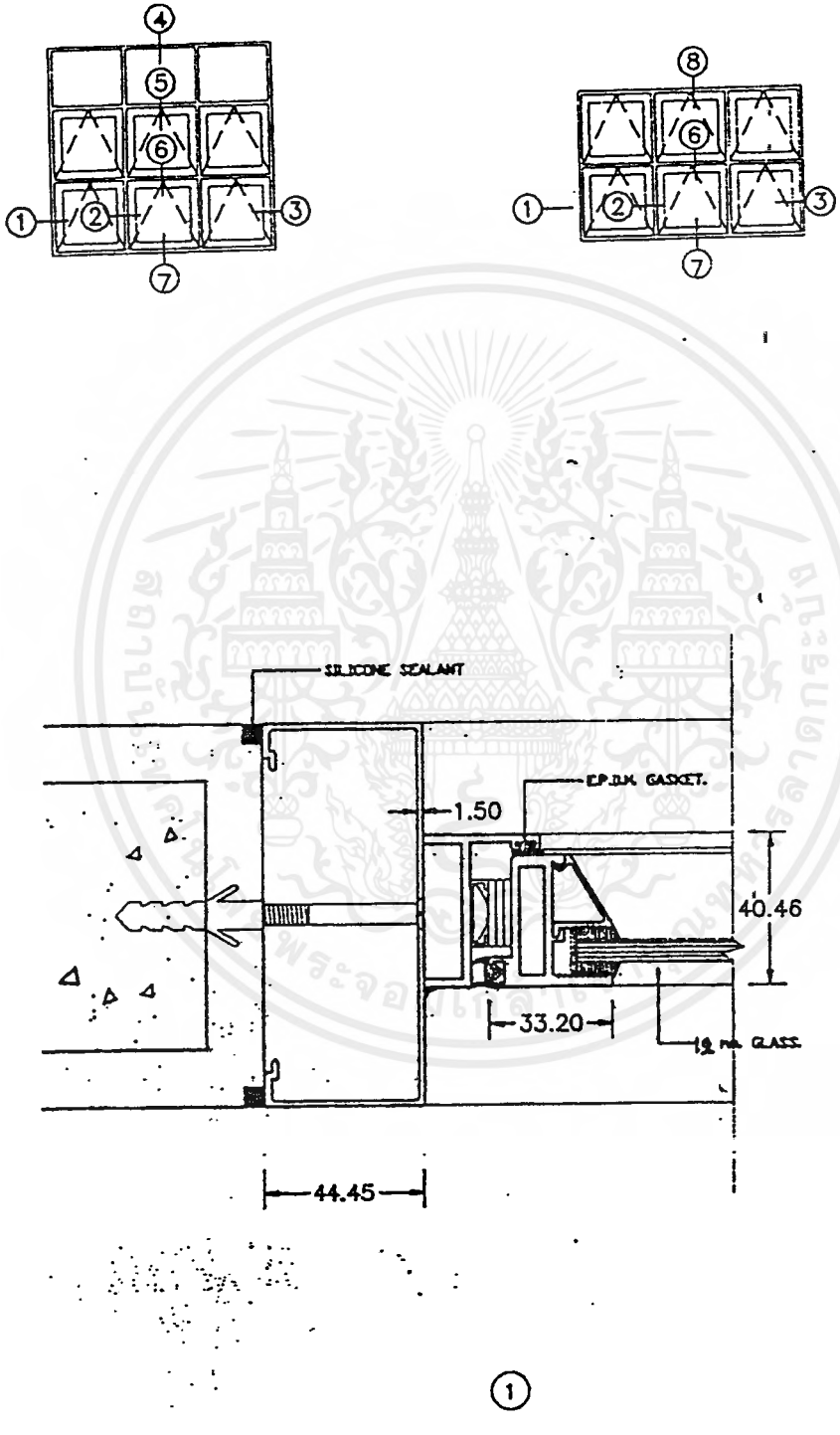
(10)



(11)

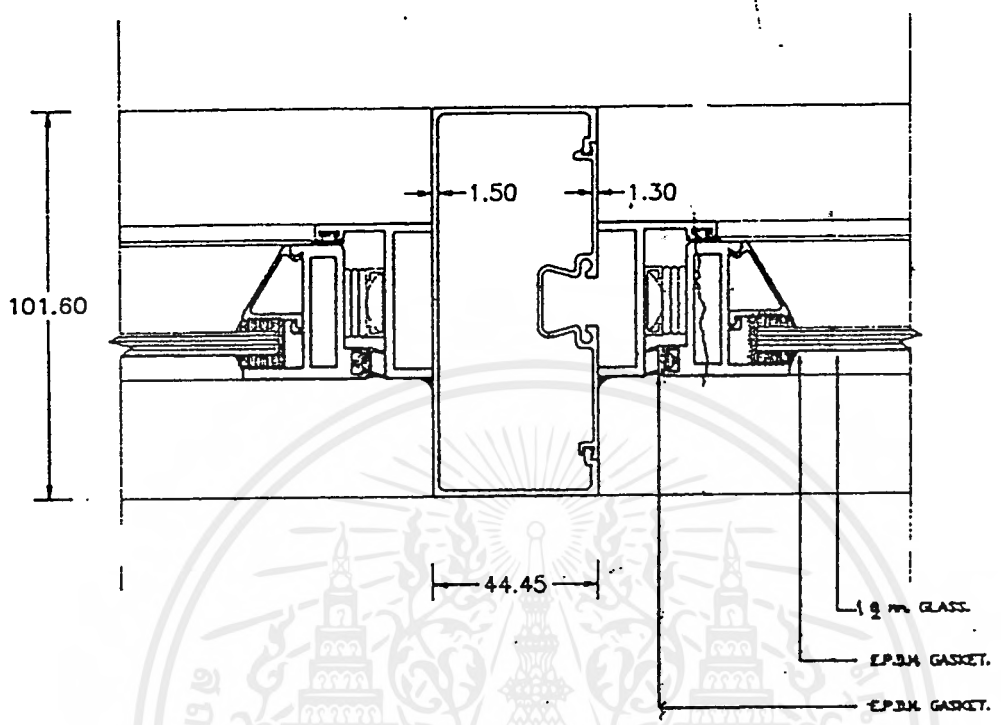
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-24 แบบขยายประตูเลื่อนและหน้าต่างเลื่อน(ต่อ)

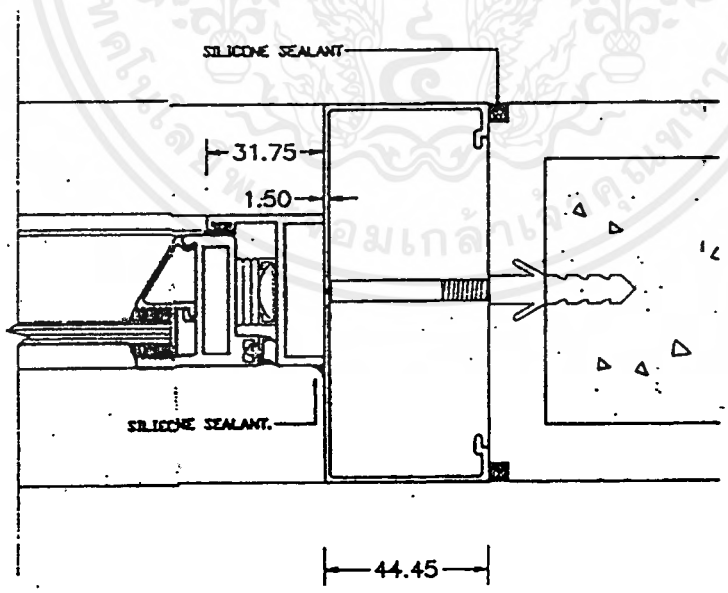


รูปที่ 4-25 แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



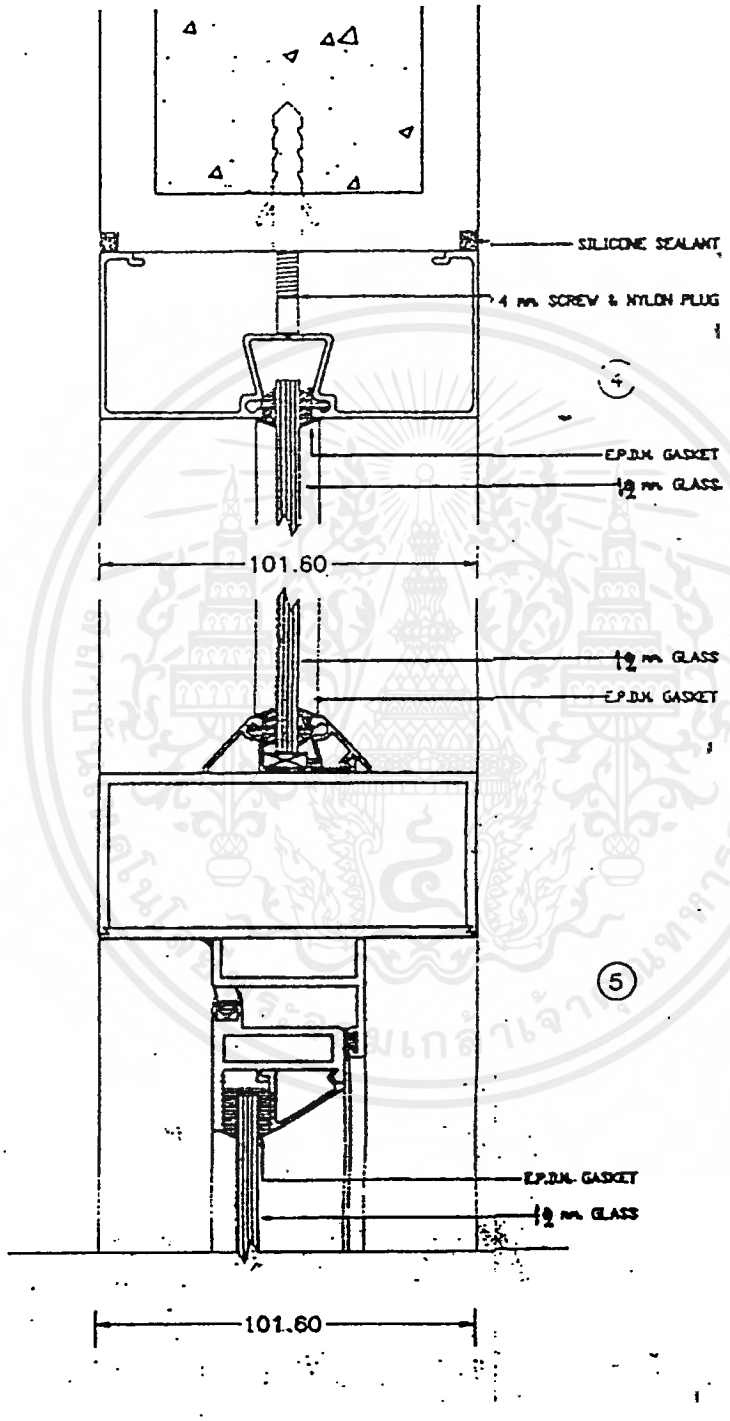
②



③

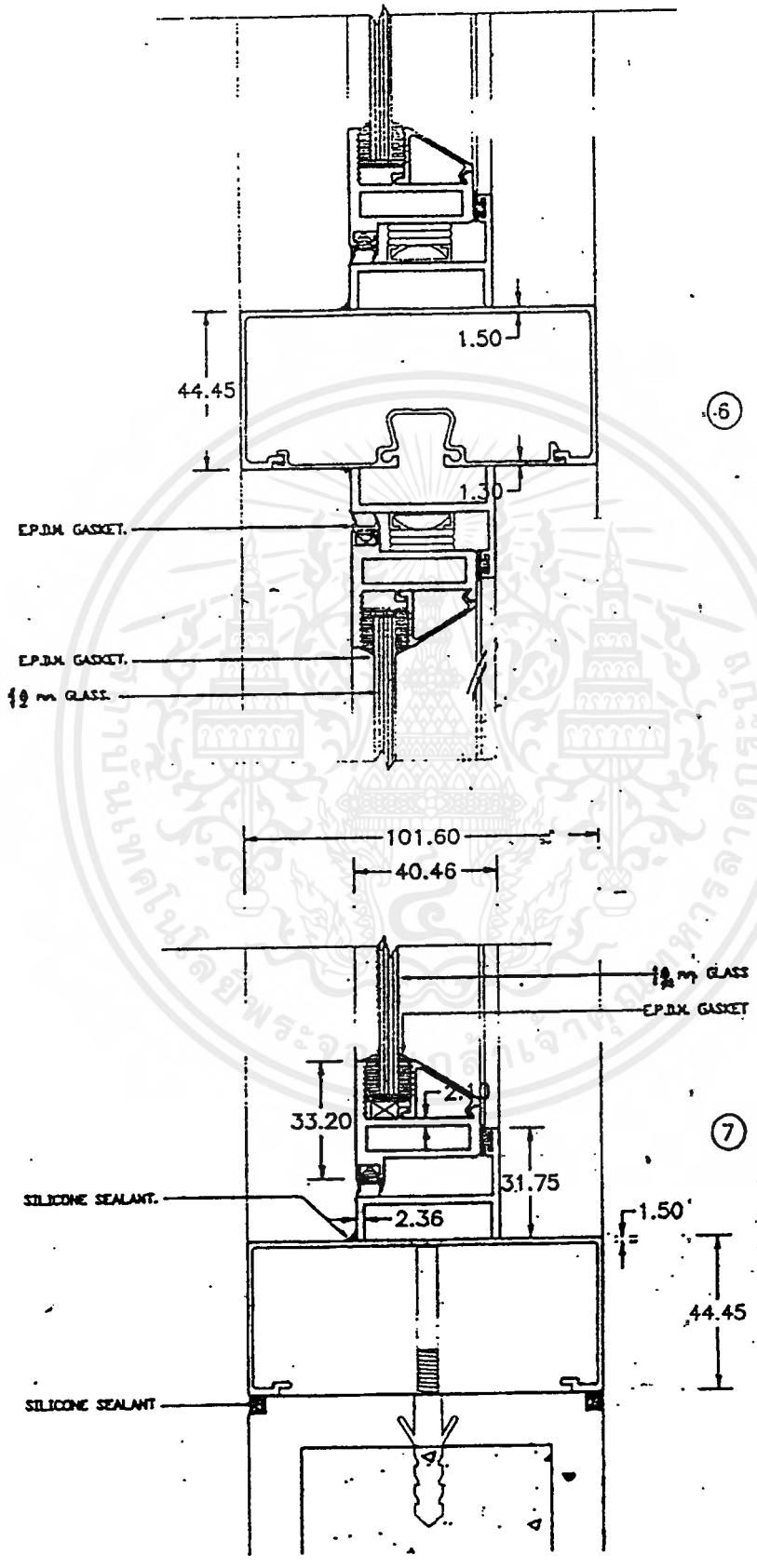
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-26 แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง(ต่อ)



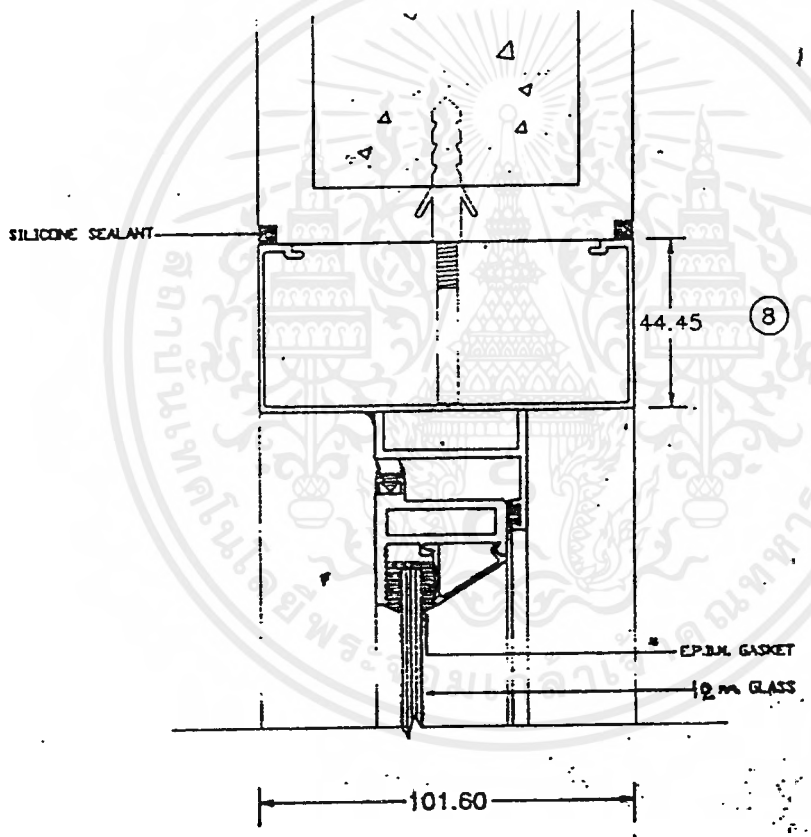
รูปที่ 4-27 แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



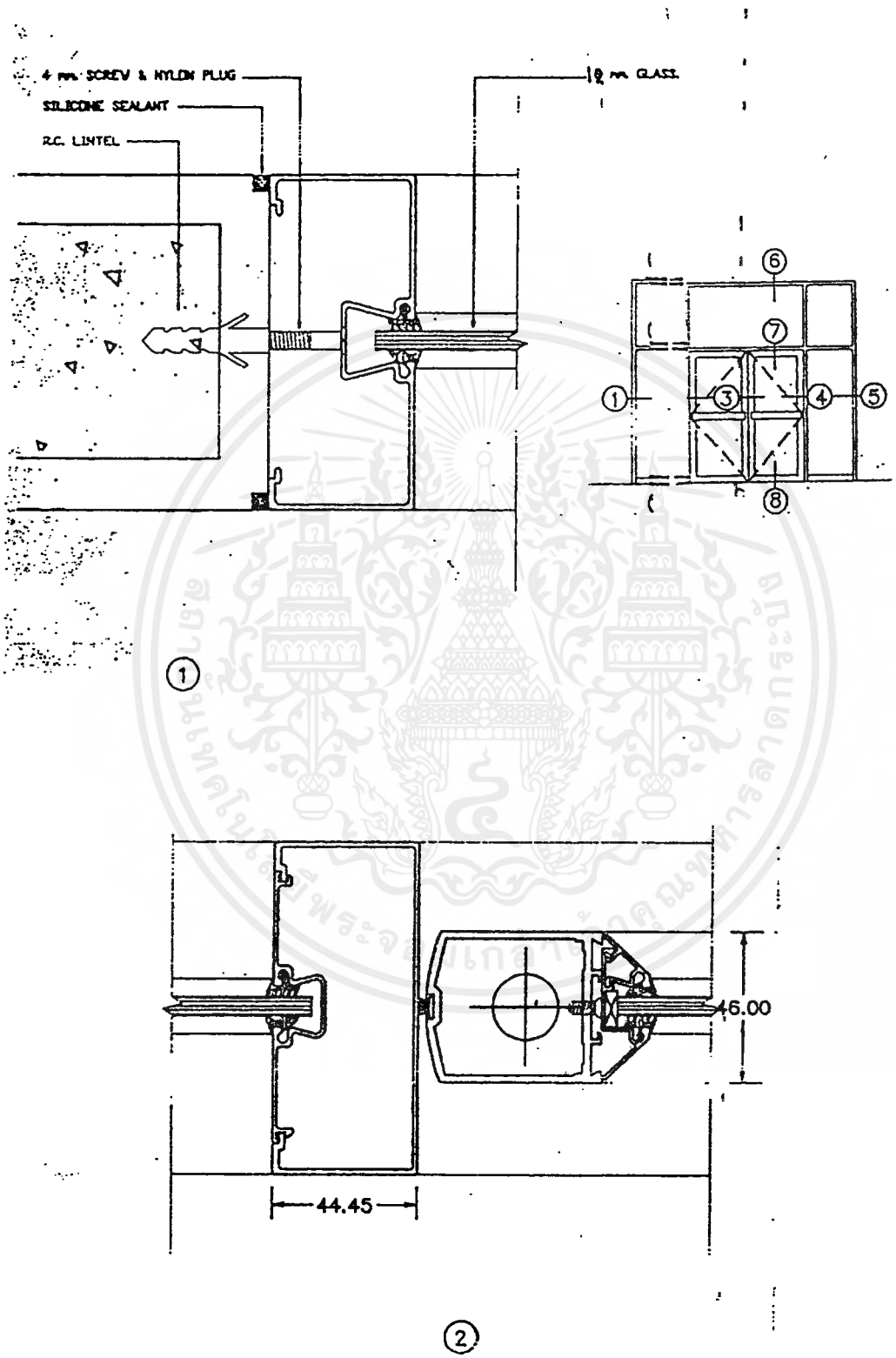
รูปที่ 4-28 แบบขยายหน้าต่างบานกระทุ้ง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



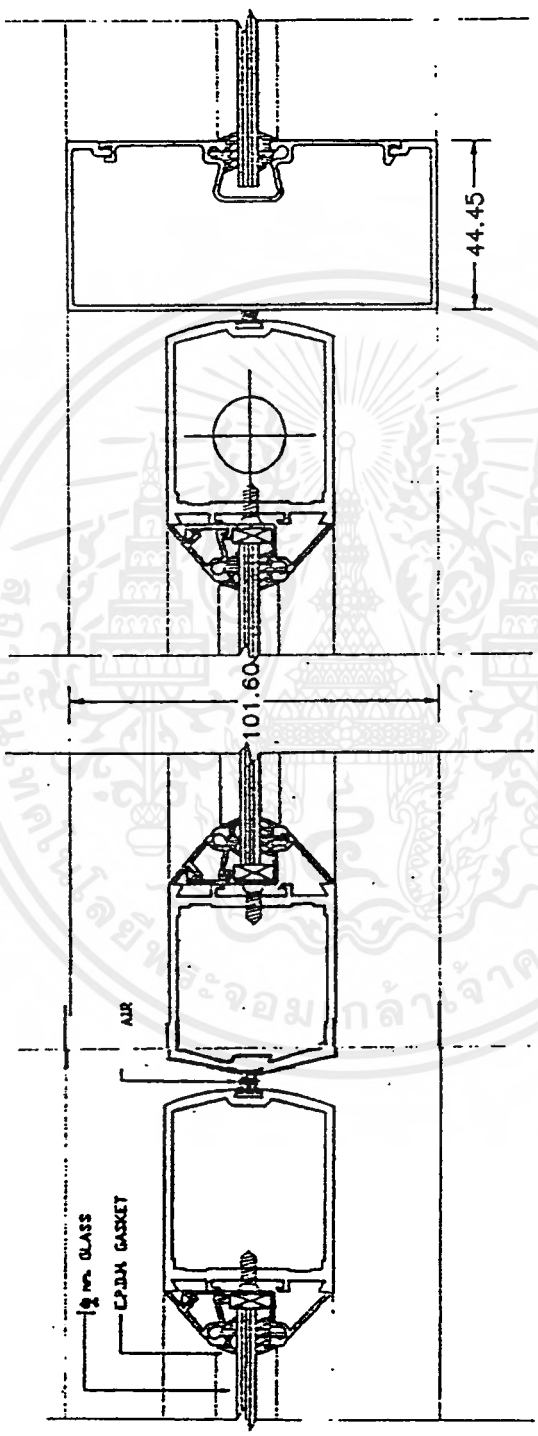
รูปที่ 4-29 แสดงรายละเอียดหน้าต่างบานกระทุ้ง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



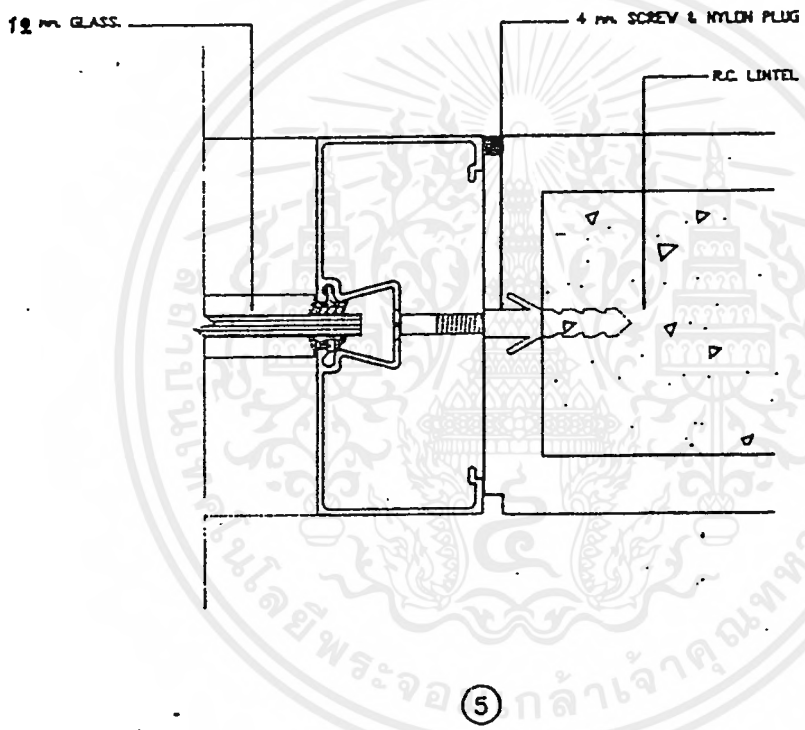
รูปที่ 4-30 แบบขยายประตูบานสวิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



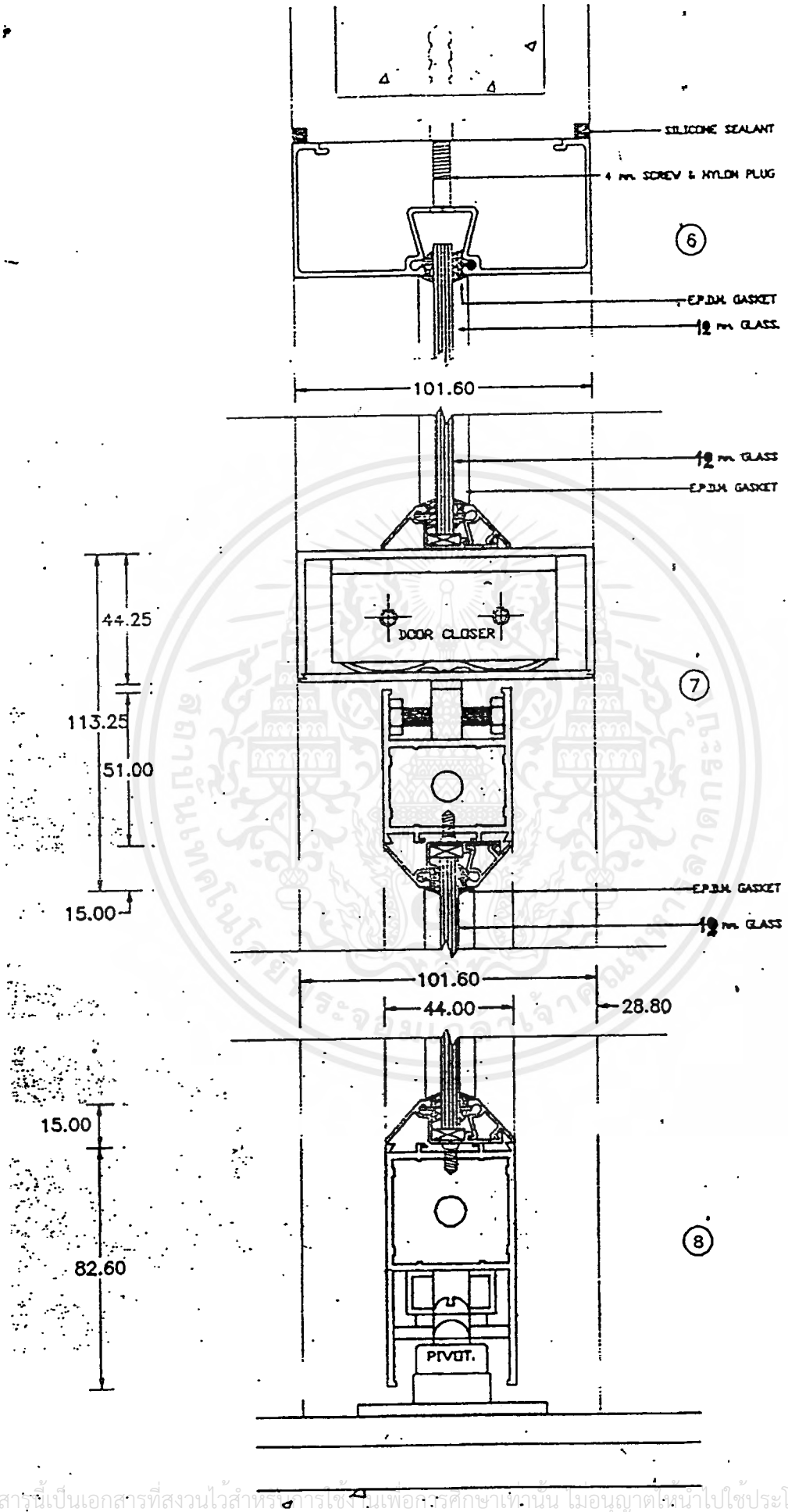
รูปที่ 4-31 แบบขยายแสดงระดูแบบหน้าต่าง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



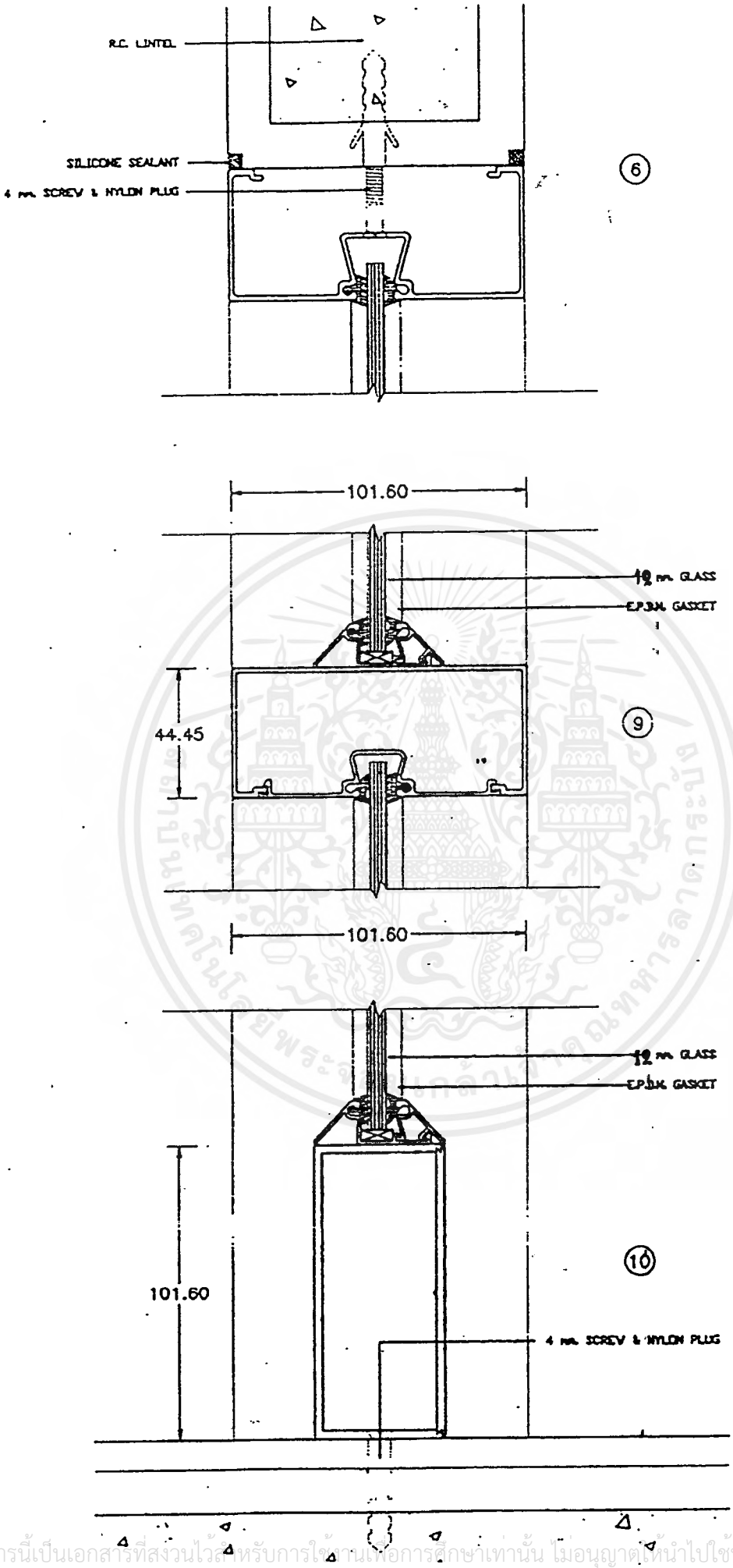
รูปที่ 4-32 แสดงรายละเอียดประตูบานสวิง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-33 แบบขยายประตูบานสวิง(ต่อ)

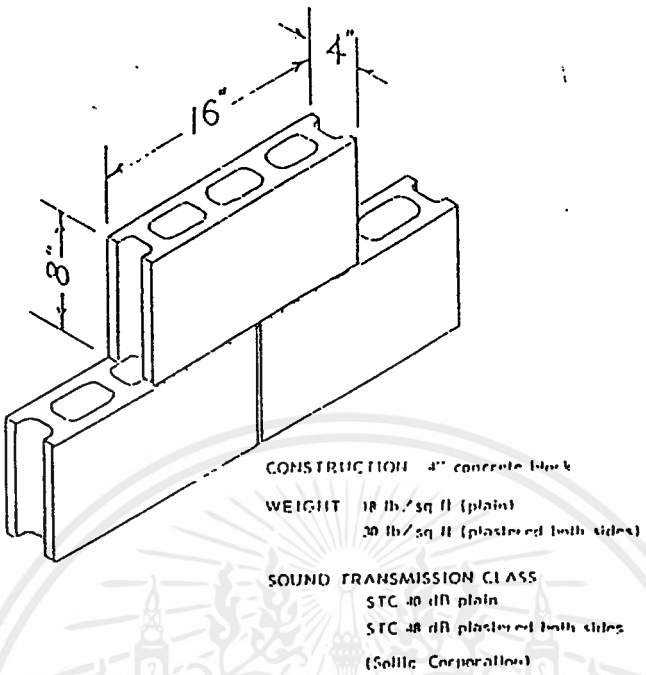
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



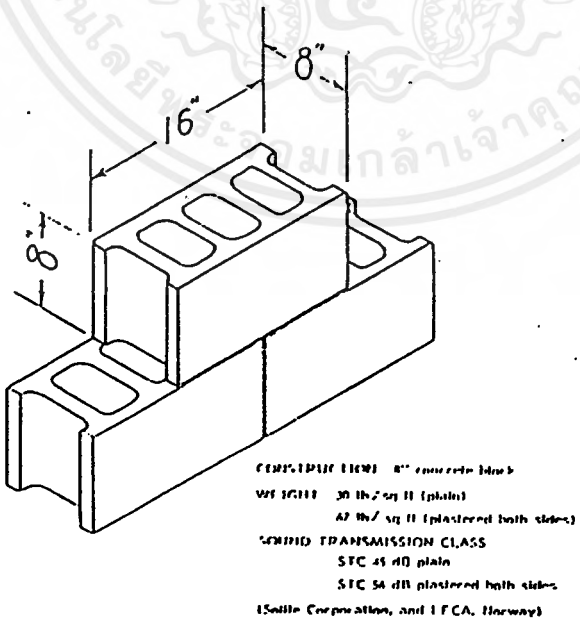
รูปที่ 4-34 แสดงขนาดกระดูกทานสวิง(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการปรับปรุงในส่วนต่าง ๆ

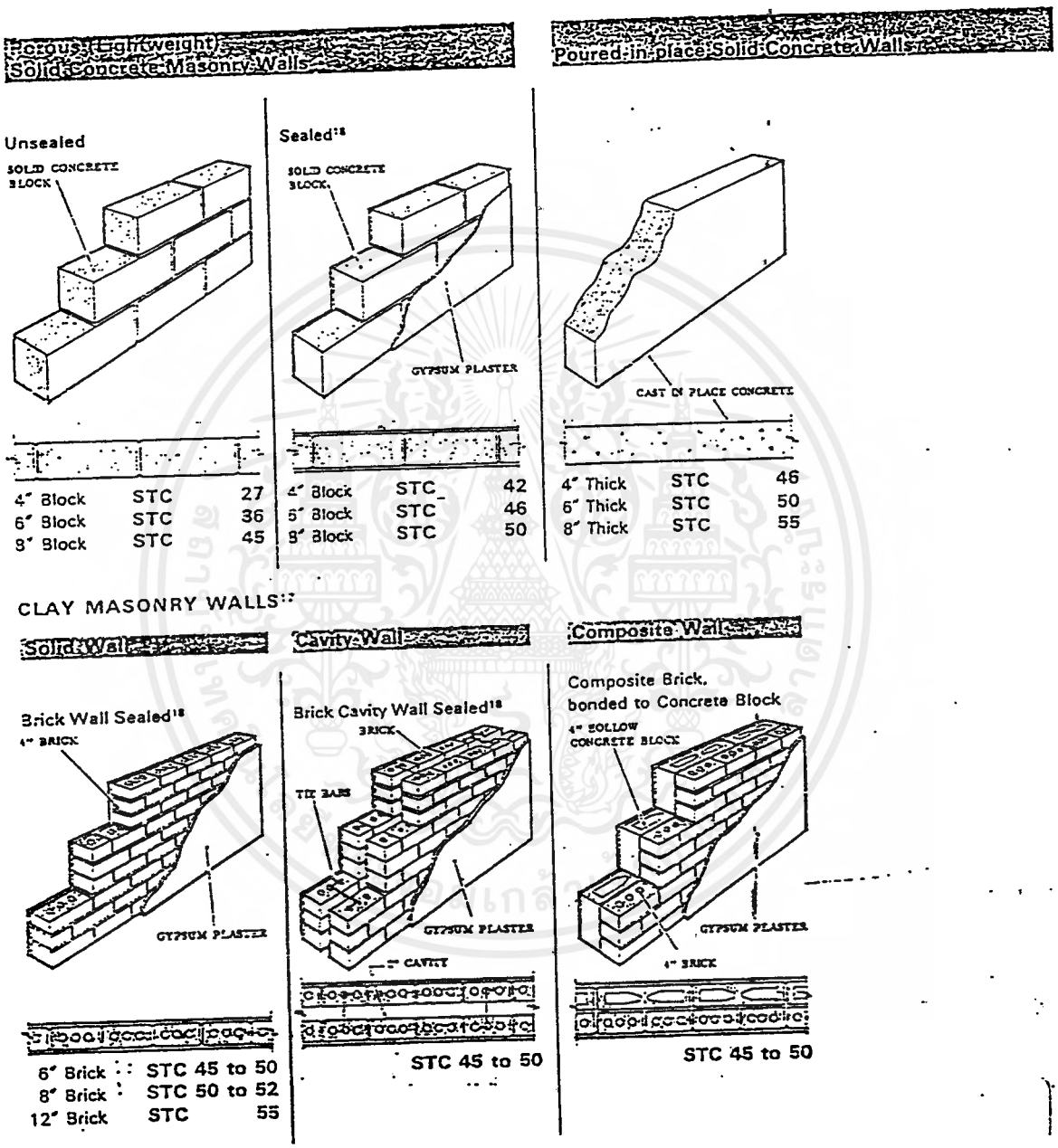


รูปที่ 4-35 แสดงค่า sound transmission class ของ คอนกรีตบล็อค หนา 4 นิ้ว



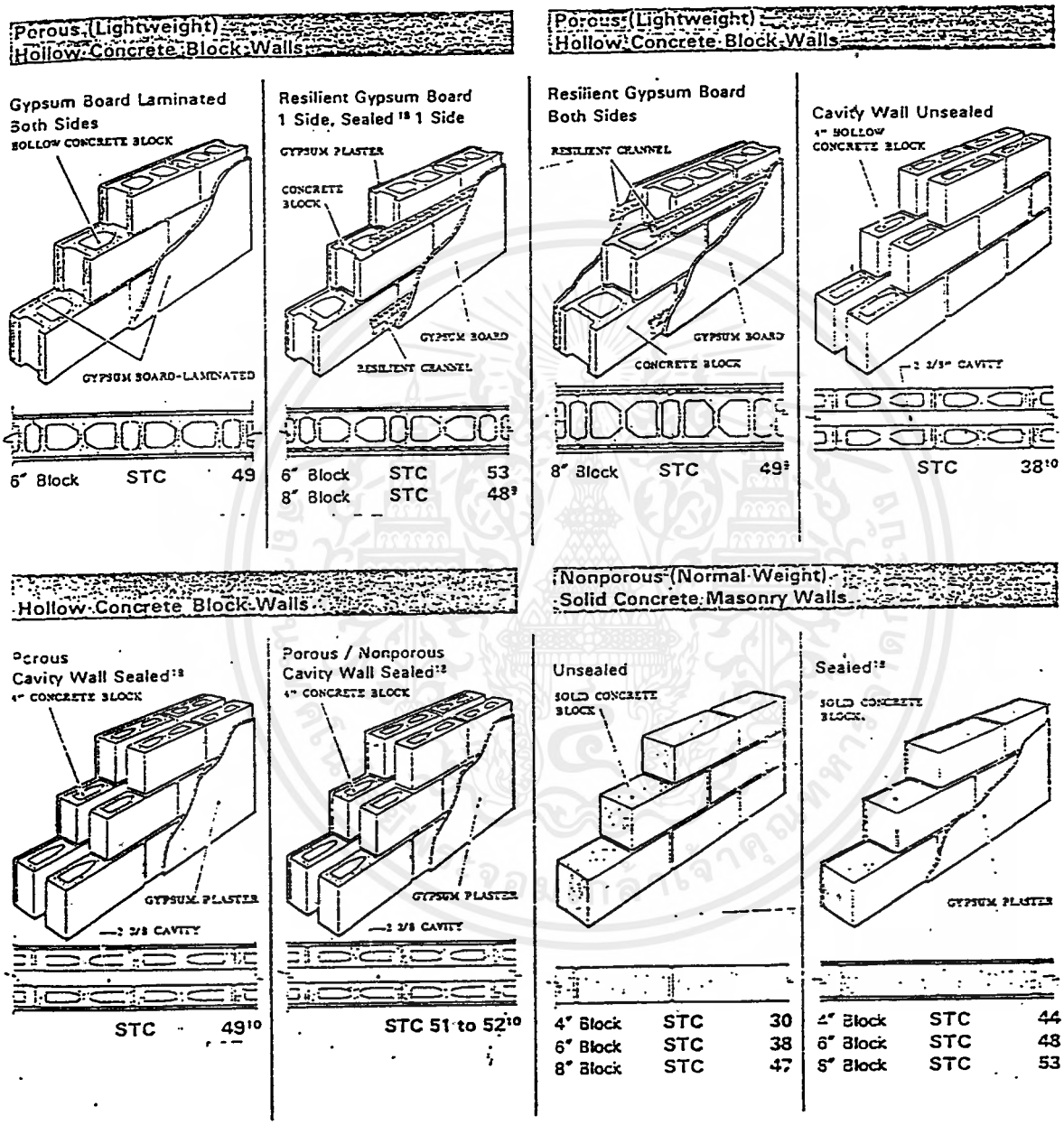
รูปที่ 4-36 แสดงค่า sound transmission class ของ คอนกรีตบล็อค หนา 8 นิ้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



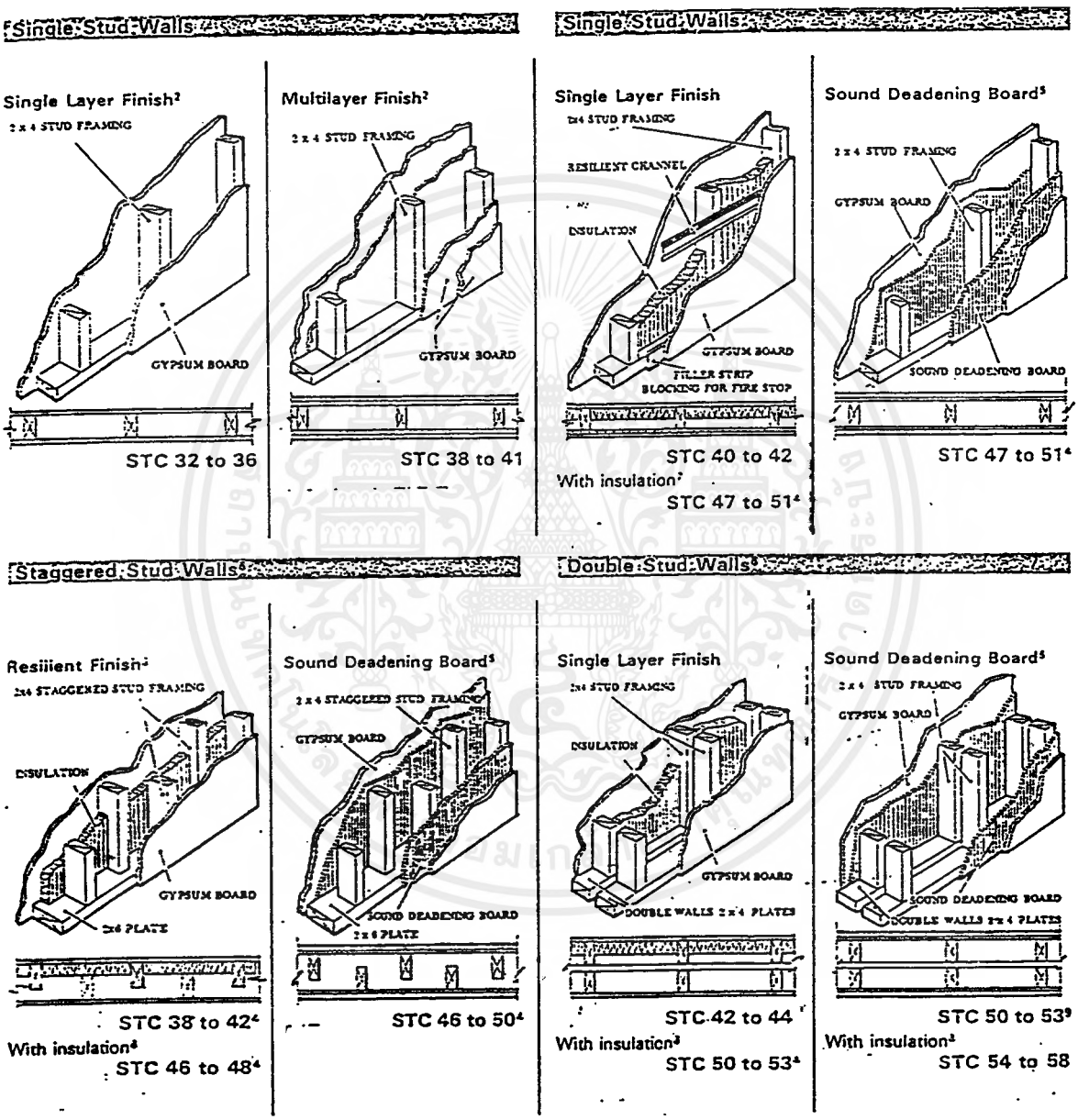
รูปที่ 4-37 แสดงค่า sound transmission class ของผนังแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



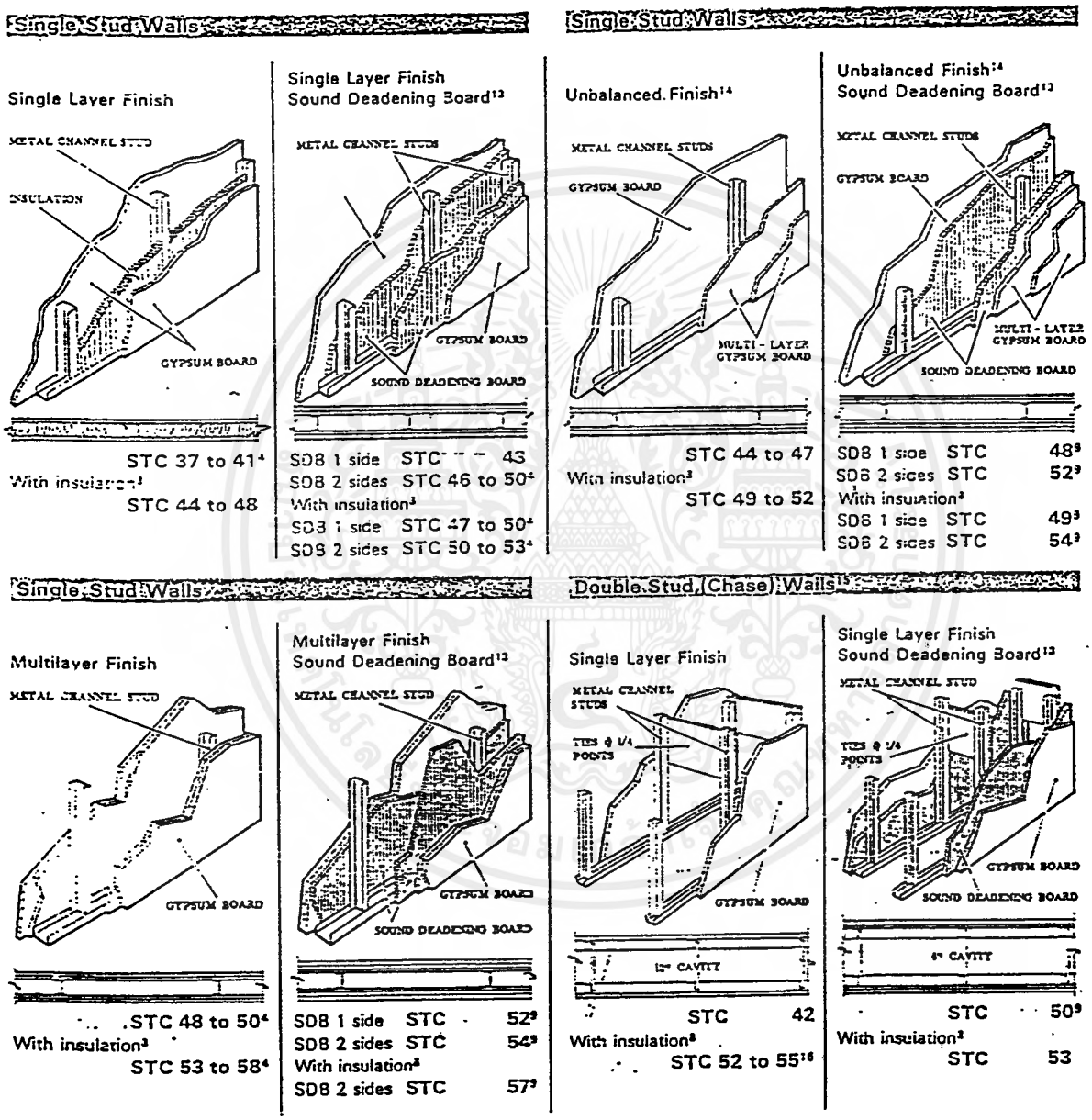
รูปที่ 4-38 แสดงค่า sound transmission class ของผนังแบบต่าง ๆ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



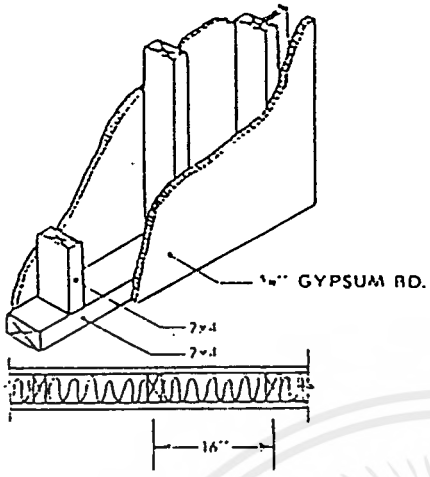
รูปที่ 4-39 แสดงค่า sound transmission class ของผนังเบาแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

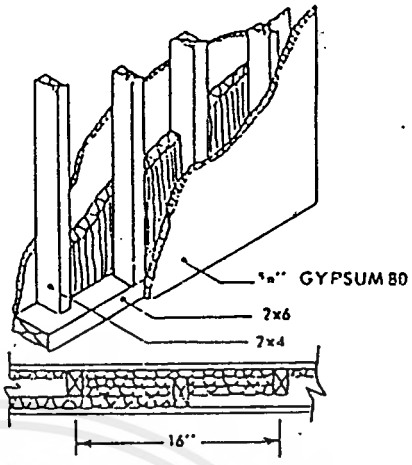


รูปที่ 4-40 แสดงค่า sound transmission class ของผนังเบาแบบต่าง ๆ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

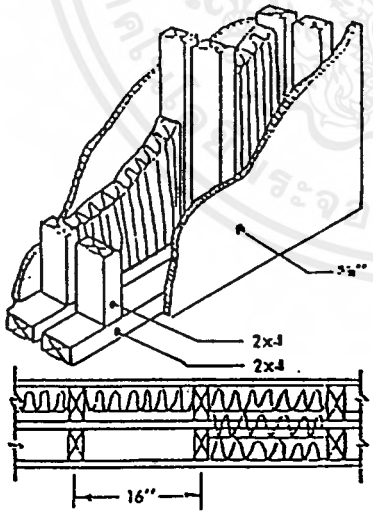


CONSTRUCTION - Standard stud partition
WEIGHT - 7.3 lb/ sq ft
SOUND TRANSMISSION CLASS
STC 34 dB without fiberglass
STC 36 dB with 3" fiberglass
(Owens-Corning Fiberglas Corporation)[30]



CONSTRUCTION - Staggered stud partition
WEIGHT - 7.2 lb/ sq ft
SOUND TRANSMISSION CLASS
STC 47 dB without fiberglass
STC 46 to 52 dB with fiberglass
(Owens Corning Fiberglas Corporation)[30]

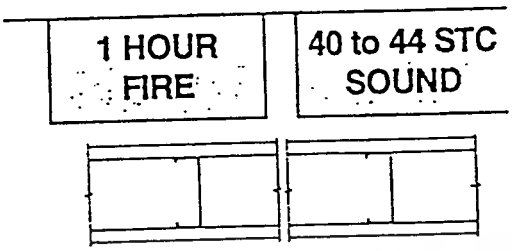
รูปที่ 4-41 แสดงค่า sound transmission class ของผนังแบบ stud ชั้นเดียว



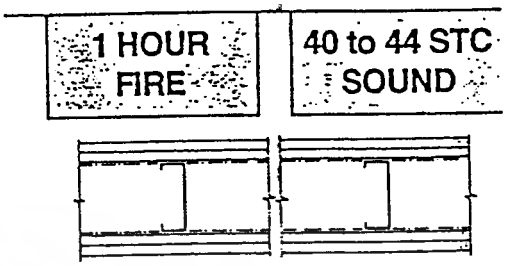
CONSTRUCTION - Double wall
WEIGHT - 7.1 lb/ sq ft
SOUND TRANSMISSION CLASS
STC 43 dB without fiberglass
STC 55 dB with 3" fiberglass
STC 58 dB with 9" fiberglass
(Owens-Corning Fiberglas Corporation)[30]

รูปที่ 4-42 แสดงค่า sound transmission class ของผนังแบบ stud สองชั้น

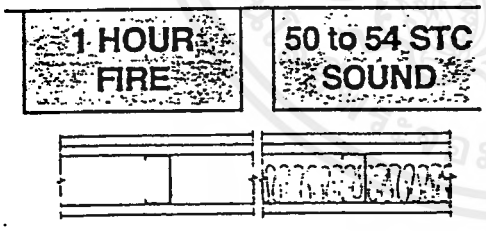
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



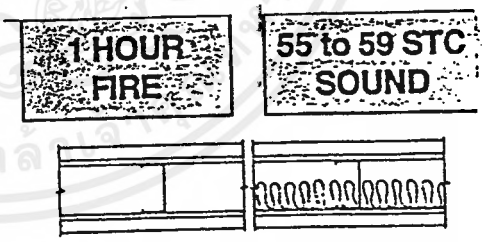
Thickness: 4⅞"
Limiting Height: Refer to Section VI
Approx. Weight: 6 psf
Fire Test: FM WP-45, 6-19-68
OSU T-1770, 8-61
ULC 79T484, 79T500, 79T497, 8-12-81
ULC Design W415
Sound Test: NGC 2385, 7-28-70



Thickness: 5½"
Limiting Height: Subject to design
Approx. Weight: 9 psf
Fire Test: UL NC 505-1, 7-29-82, Design U425
Sound Test: See WP 1615



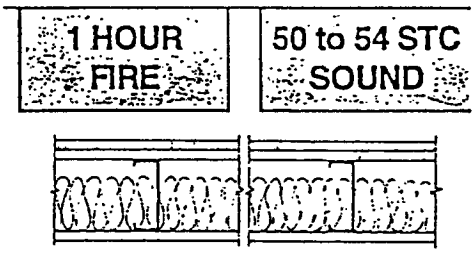
Thickness: 4"
Limiting Height: Refer to Section VI
Approx. Weight: 7 psf
Fire Test: FM WP 66, 12-8-66
Sound Test: RAL-TL88-54, 2-17-88
RAL-TL88-55, 2-18-88



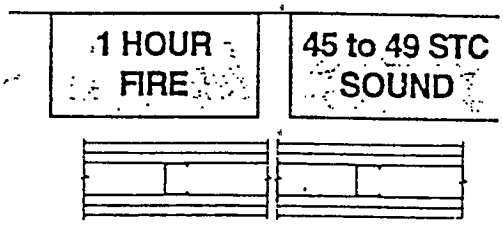
Thickness: 4¼"
Limiting Height: Refer to Section VI
Approx. Weight: 8 psf
Fire Test: See WP 1051
Sound Test: CK 684-14, 8-13-68

รูปที่ 4-43 แสดงค่า sound transmission class และการกันไฟของผนังโครงเคร่าแบบต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

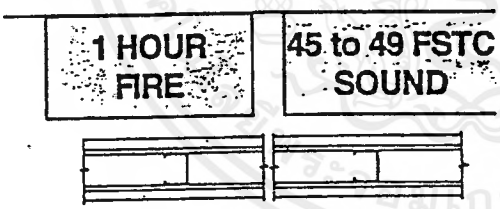


Thickness: 5 1/8"
Limiting Height: Refer to manufacturer
Approx. Weight: 7 psf
Fire Test: WHI-495-0614, 6-20-84
WHI-495-0615, 6-21-84
WHI-495-0620, 7-20-84
Sound Test: See WP 1021

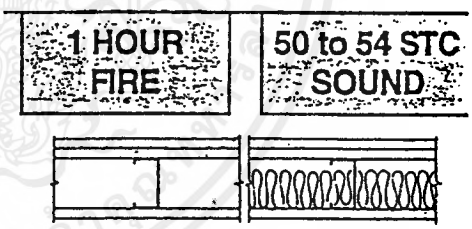


Thickness: 3 5/8"
Limiting Height: Refer to Section VI
Approx. Weight: 9 psf
Fire Test: UC, 9-21-64
Sound Test: KG 374, 6-24-66

SKETCH AND DESIGN DATA



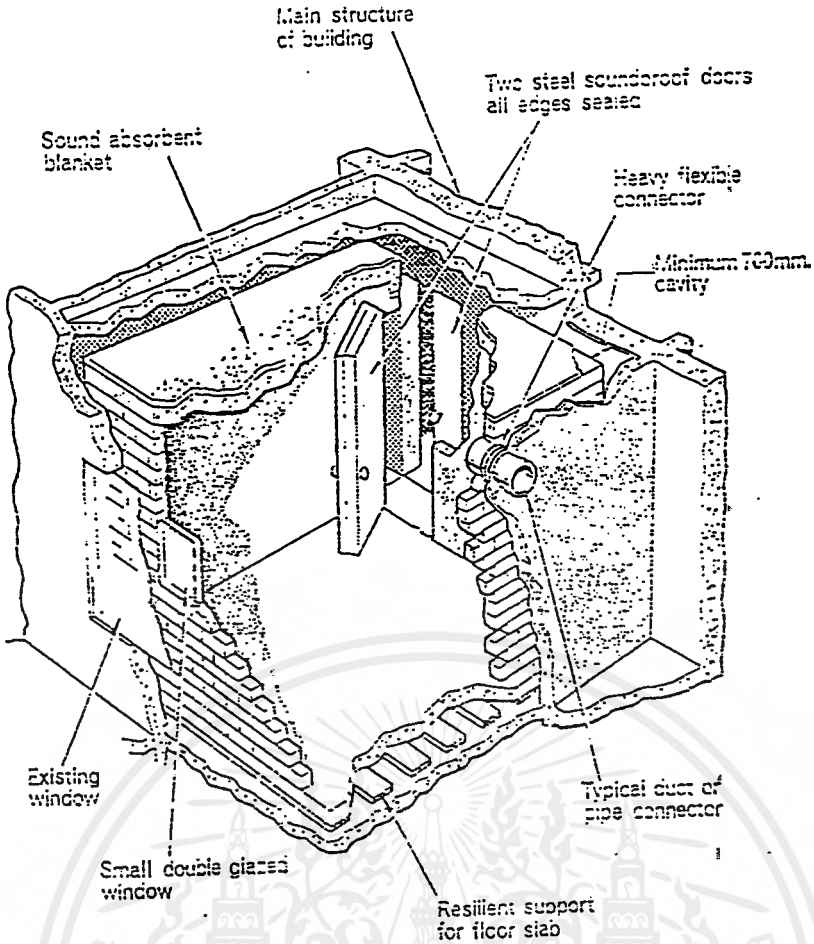
Thickness: 3 1/8"
Limiting Height: Refer to Section VI
Approx. Weight: 7 psf
Fire Test: UC, 12-28-65
Sound Test: ACI 7-1152019c, 12-29-65



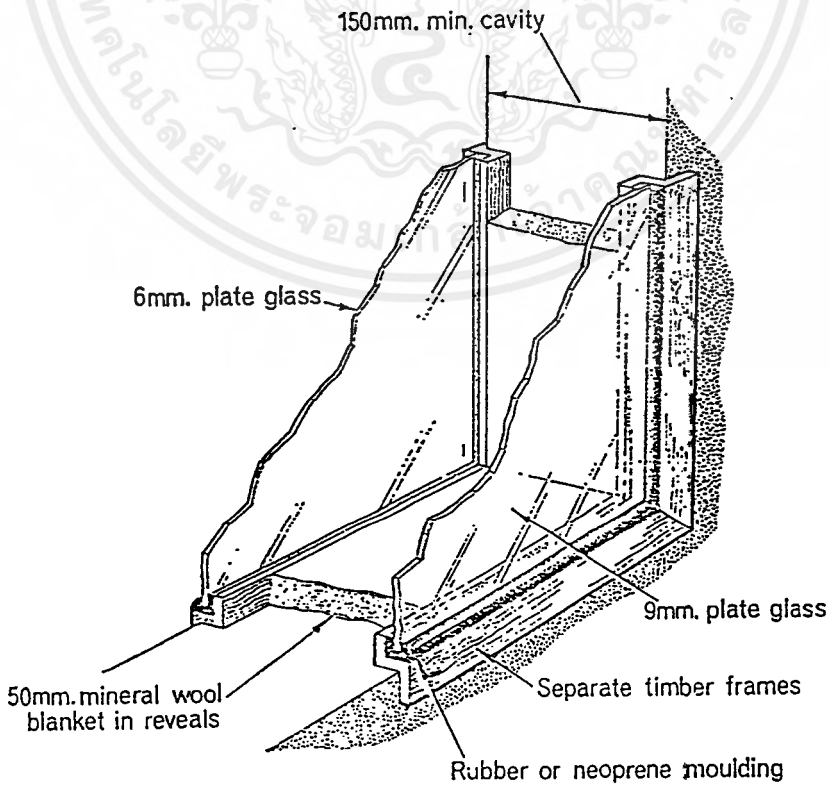
Thickness: 4"
Limiting Height: Refer to manufacturer
Approx. Weight: 7 psf
Fire Test: FM W3B-1hr, 12-3-84
Design WP-733
Sound Test: See WP 1021

รูปที่ 4-44 แสดงค่า sound transmission class และการกันไฟของผนังโครงเคร่าแบบต่าง ๆ(ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

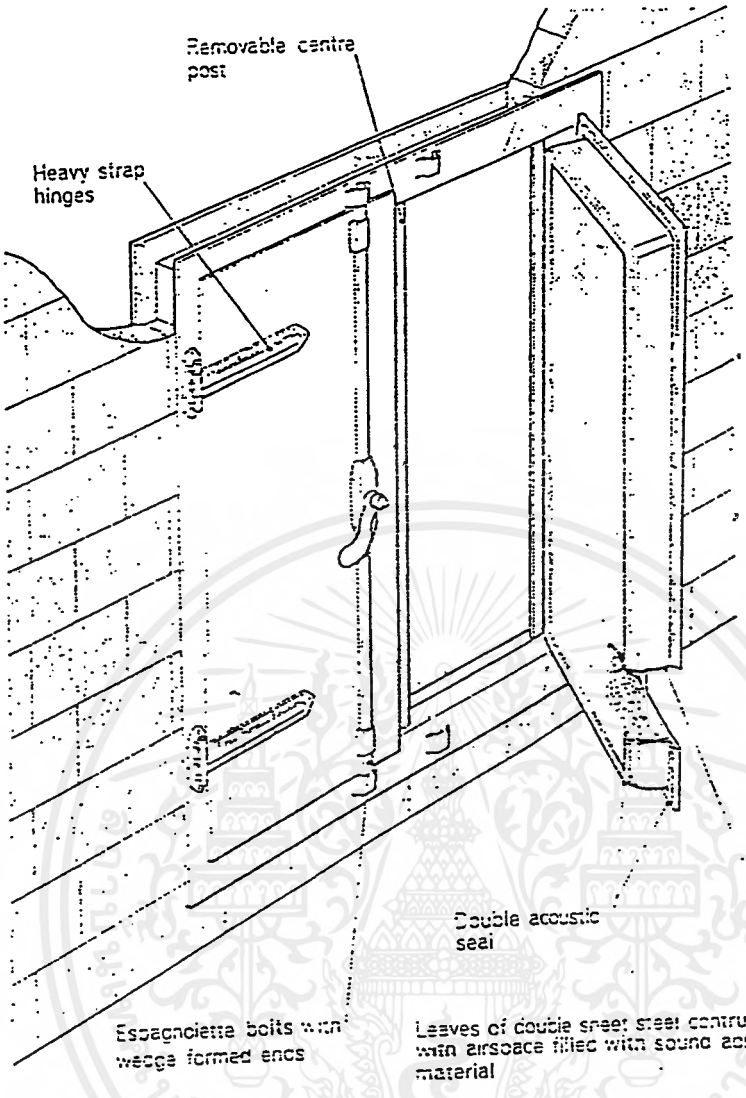


รูปที่ 4-45 ตัวอย่างการก่อสร้างห้องกันเสียง

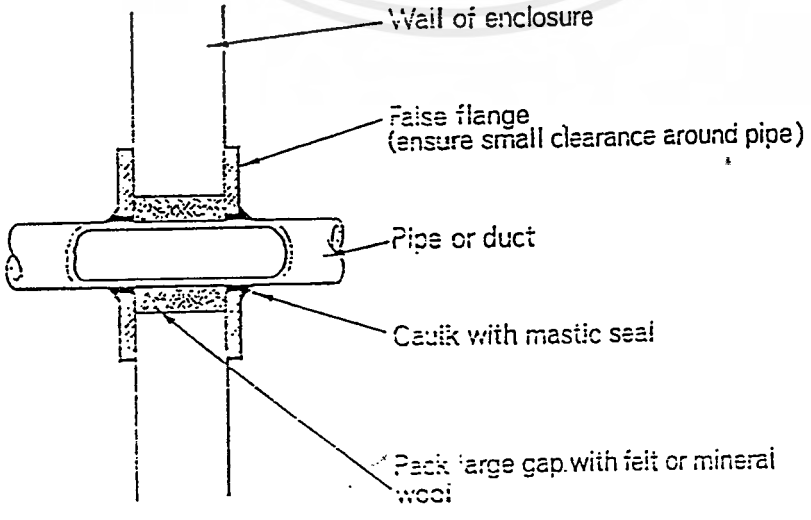


รูปที่ 4-46 ตัวอย่างหน้าต่างกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

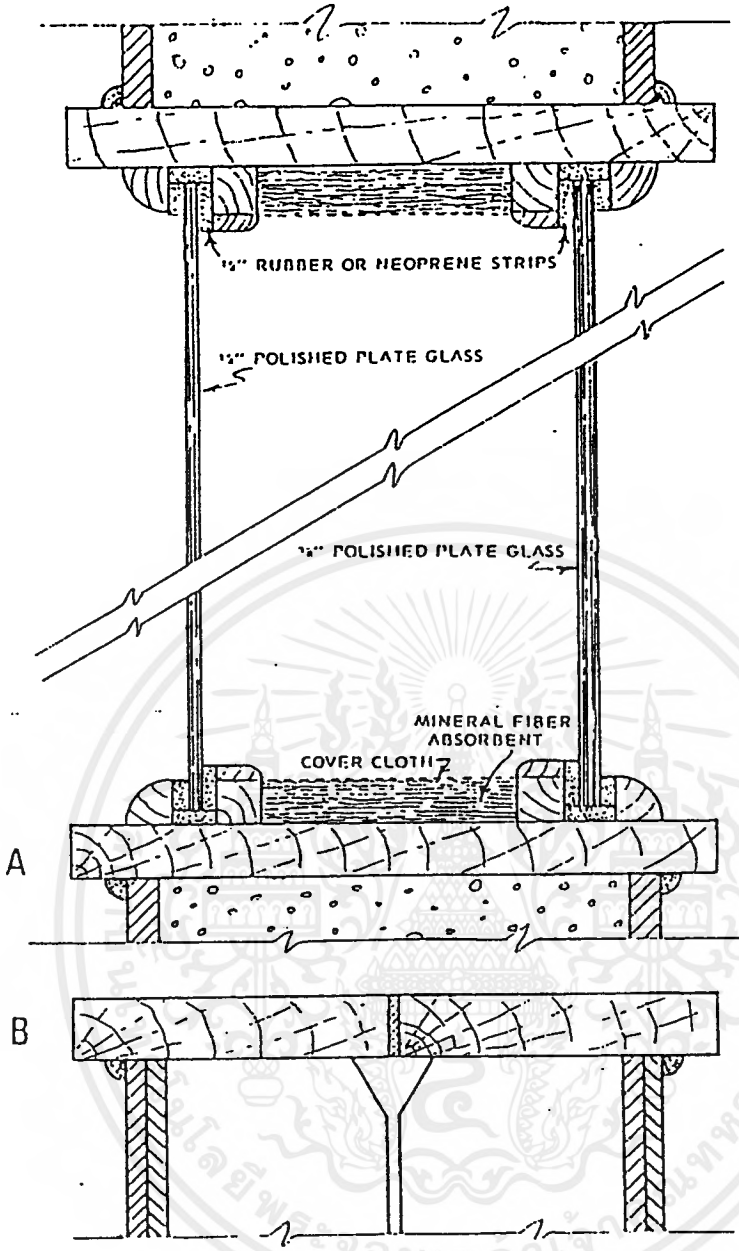


รูปที่ 4-47 ตัวอย่างประตูกันเสียง

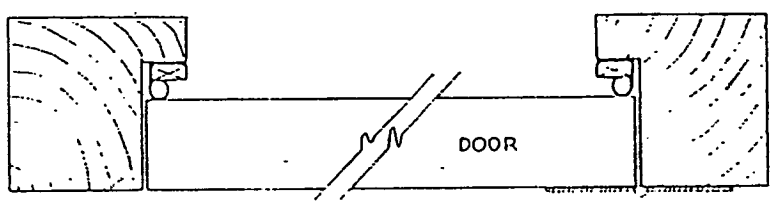


รูปที่ 4-48 ตัวอย่างการกันเสียงผ่านระบบท่อที่วิ่งผ่านผนัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-49 แสดงการติดตั้งหน้าต่างกระจกสองชั้น



รูปที่ 4-50 ตัวอย่างการติดตั้งประตูที่มีแผ่นฝ่างในการกันเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การคิดราคาการปรับปรุงประตู หน้าต่าง หนังแบบต่างๆ และระบบปรับอากาศของอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

การคิดราคาก่อสร้างปรับปรุงอาคารเรียนทส. ในส่วนประตูหน้าต่าง

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

หน้าต่าง JKL	10 ชุด ชุดละ 34,500 บาท	=	345,000.0	บาท
หน้าต่าง O	9 บาน บานละ 8,250 บาท	=	74,250.0	บาท
หน้าต่าง S	18 บาน บานละ 19,000 บาท	=	342,000.0	บาท
หน้าต่าง D	1 บาน บานละ 34,950 บาท	=	34,950.0	บาท
ประตู D	3 บาน บานละ 29,400 บาท	=	88,200.0	บาท
	รวม	=	884,400.0	บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องประชุมอาจารย์

หน้าต่าง E	2 บาน บานละ 57,400 บาท	=	114,800.0	บาท
ประตู A	6 บาน บานละ 40,000 บาท	=	240,000.0	บาท
ประตู B	3 บาน บานละ 31,200 บาท	=	62,400.0	บาท
	รวม	=	417,200.0	บาท

ห้องบรรยายรวม

หน้าต่าง X	2 บาน บานละ 23,400 บาท	=	46,800.0	บาท
หน้าต่าง T	16 บาน บานละ 30,000 บาท	=	480,000.0	บาท
หน้าต่าง U	8 บาน บานละ 30,000 บาท	=	240,000.0	บาท
หน้าต่าง V	8 บาน บานละ 12,400 บาท	=	99,200.0	บาท
ประตู C	2 บาน บานละ 29,000 บาท	=	58,000.0	บาท
ประตู G	1 บาน บานละ 21,300 บาทา	=	21,300.0	บาท
	รวม	=	945,300.0	บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

หน้าต่าง JKL	3 ชุด ชุดละ 34,500 บาท	=	103,500.0	บาท
หน้าต่าง MNO	3 ชุด ชุดละ 40,950 บาท	=	122,850.0	บาท
ประตู H	3 บาน บานละ 26,840 บาท	=	80,520.0	บาท
	รวม	=	306,870.0	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้อง CV-202

หน้าต่าง JKL	3 ชุด	ชุดละ 34,500 บาท	=	103,500.0	บาท
หน้าต่าง MNO	3 ชุด	ชุดละ 40,950 บาท	=	122,850.0	บาท
ประตู H	3 บาน	บานละ 26,840 บาท	=	80,520.0	บาท
		รวม	=	306,870.0	บาท

ห้อง CV-203

หน้าต่าง JKL	4 ชุด	ชุดละ 34,500 บาท	=	138,000.0	บาท
หน้าต่าง MNO	4 ชุด	ชุดละ 40,950 บาท	=	163,800.0	บาท
ประตู H	4 บาน	บานละ 26,840 บาท	=	107,360.0	บาท
		รวม	=	409,160.0	บาท

ห้องสมุด

หน้าต่าง E	6 บาน	บานละ 40,000 บาท	=	240,000.0	บาท
หน้าต่าง F+G	4 ชุด	ชุดละ 18,480 บาท	=	73,900.0	บาท
ประตู E	1 ชุด	ชุดละ 57,400 บาท	=	57,400.0	บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ1

หน้าต่าง JKL	4 ชุด	ชุดละ 34,500 บาท	=	138,000.0	บาท
หน้าต่าง MNO	4 ชุด	ชุดละ 40,950 บาท	=	163,800.0	บาท
ประตู H	4 บาน	บานละ 26,840 บาท	=	107,360.0	บาท
		รวม	=	409,160.0	บาท

ห้องเขียนแบบ2และห้องเก็บของ

หน้าต่าง JKL	5 ชุด	ชุดละ 34,500 บาท	=	172,500.0	บาท
หน้าต่าง MNO	5 ชุด	ชุดละ 40,950 บาท	=	204,750.0	บาท
ประตู H	5 บาน	บานละ 26,840 บาท	=	134,200.0	บาท
		รวม	=	511,450.0	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเรียน 6

หน้าต่าง JKL	2 ชุด ชุดละ	34,500 บาท	=	69,000.0	บาท
หน้าต่าง MNO	2 ชุด ชุดละ	40,950 บาท	=	81,900.0	บาท
ประตู H	2 บาน บานละ	26,840 บาท	=	53,680.0	บาท
		รวม	=	204,580.0	บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ3

หน้าต่าง JKL	4 ชุด ชุดละ	34,500 บาท	=	138,000.0	บาท
หน้าต่าง MNO	4 ชุด ชุดละ	40,950 บาท	=	163,800.0	บาท
ประตู H	4 บาน บานละ	26,840 บาท	=	107,360.0	บาท
		รวม	=	409,160.0	บาท

ห้องเขียนแบบ4และห้องเก็บของ

หน้าต่าง JKL	5 ชุด ชุดละ	34,500 บาท	=	172,500.0	บาท
หน้าต่าง MNO	5 ชุด ชุดละ	40,950 บาท	=	204,750.0	บาท
ประตู H	5 บาน บานละ	26,840 บาท	=	134,200.0	บาท
		รวม	=	511,450.0	บาท

ห้องเรียน 7

หน้าต่าง JKL	2 ชุด ชุดละ	34,500 บาท	=	69,000.0	บาท
หน้าต่าง MNO	2 ชุด ชุดละ	40,950 บาท	=	81,900.0	บาท
ประตู H	2 บาน บานละ	26,840 บาท	=	53,680.0	บาท
		รวม	=	204,580.0	บาท
	รวมราคา	=	5,520,180.0	บาท	

ราคาข้างต้น	=	5,520,180.0	บาท
ค่าดำเนินการ 10%	=	552,018.0	บาท
กำไร 10%	=	552,018.0	บาท
รวม	=	6,624,216.0	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประตู,หน้าต่าง	อลูมิเนียม	กระจก	ค่ารื้อถอน	รวม
หน้าต่าง A	15,400	23,100	1,500	40,000
หน้าต่าง B	11,800	17,820	1,500	31,200
หน้าต่าง C	7,840	11,760	1,500	21,100
หน้าต่าง D	13,380	20,070	1,500	34,950
หน้าต่าง E	15,400	23,100	1,500	34,950
หน้าต่าง FG	6,792	10,188	1,500	18,480
หน้าต่าง X	8,960	13,440	1,000	23,400
หน้าต่าง JKL	13,000	19,500	2,000	34,500
หน้าต่าง MNO	15,580	16,500	2,000	40,950
หน้าต่าง P	2,900	4,350	1,000	8,250
หน้าต่าง T	11,400	17,100	1,500	30,000
หน้าต่าง W	22,600	33,900	2,000	58,500
หน้าต่าง S	7,000	10,500	1,500	19,000
หน้าต่าง U	11,400	17,100	1,500	30,000
หน้าต่าง V	4,560	6,840	1,000	12,400
หน้าต่าง O	5,100	6,350	1,000	12,450
ประตู C	11,000	16,500	1,500	29,000
ประตู D	11,160	16,740	1,500	29,400
ประตู E	22,160	33,240	2,000	57,400
ประตู G	7,920	11,880	1,500	21,300
ประตู H	9,840	15,500	1,500	26,840

ตารางที่ 5-1 แสดงราคาประตู-หน้าต่างแบบต่างๆในอาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคาการปรับปรุงอาคารเรียนโดยใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 149 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	13,857.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 161 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	12,588.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 45 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	1,710.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 133 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	29,250.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 16 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	6,160.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 7,872 ตัว	=	7,872.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 193.84*80	=	15,507.2 บาท
ค่าทาสี 675.2*50	=	33,760.0 บาท
รวม	=	121,349.2 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 235 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	21,855.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 109 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,502.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 67 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	2,546.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 173 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	38,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,944 ตัว	=	4,944.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 352.588*80	=	28,204.7 บาท
ค่าทาสี 799.95*50	=	39,997.7 บาท
รวม	=	144,974.4 บาท

ห้องบรรยายรวม

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 306 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	28,458.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 113 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,814.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 85 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	3,230.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 222 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	49,950.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 7,872 ตัว	=	7,872.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 270*80	=	21,600.0 บาท
ค่าทาสี 547.6*50	=	27,380.0 บาท
รวม	=	147,304.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 2 ห้อง CV-201

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 61 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	5,673.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 73 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	5,694.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 15 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	570.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 44 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	9,900.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 6 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,310.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 2,878 ตัว	=	2,878.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 72.77*80	=	5,821.6 บาท
ค่าทาสี 244.0*50	=	12,200.0 บาท
รวม	=	45,046.6 บาท

ห้อง CV-202

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 39 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	3,627.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 66 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	5,148.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 15 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	570.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 30แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	6,750.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 3 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,115.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 2,766 ตัว	=	2,766.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 43.17*80	=	3,453.6 บาท
ค่าทาสี 244*50	=	12,200.0 บาท
รวม	=	35,669.6 บาท

ห้อง CV-203

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 74 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,882.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 95 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,410.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 20 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	760.0บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 54 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	12,150.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 3,800 ตัว	=	3,800.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 87.16*80	=	6,972.8 บาท
ค่าทาสี 305.6*50	=	15,280.0 บาท
รวม	=	54,249.8 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาผลประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ1

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 77 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	7,161.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 97 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,566.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 23 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	874.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 56 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	12,600.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,024 ตัว	=	4,024.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 90.86*80	=	7,268.8 บาท
ค่าทาสี 313.3*50	=	15,665.0 บาท
รวม	=	57,845.0 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 65 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,045.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 110 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,580.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 25 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	950.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 50 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	11,250.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,610 ตัว	=	4,610.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 71.95*80	=	5,756.0 บาท
ค่าทาสี 367.2*50	=	18,360.0 บาท
รวม	=	57,476.0 บาท

ห้องเรียน 6

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 48 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	4,464.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 51 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	3,978.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 10 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	380.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 34 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	7,650.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 1,956 ตัว	=	1,956.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 53.38*80	=	4,270.4 บาท
ค่าทาสี 182.4*50	=	9,120.0 บาท
รวม	=	33,716.4 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ3

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 77 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	7,161.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 97 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,566.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 23 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	874.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 56 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	12,600.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,024 ตัว	=	4,024.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 90.86*80	=	7,268.8 บาท
ค่าทาสี 313.3*50	=	15,665.0 บาท
รวม	=	57,845.0 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ4

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 65 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,045.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 110 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,580.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 25 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	950.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 50 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	11,250.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,610 ตัว	=	4,610.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 71.95*80	=	5,756.0 บาท
ค่าทาสี 367.2*50	=	18,360.0 บาท
รวม	=	57,476.0 บาท

ห้องเรียน 7

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 48 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	4,464.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 51 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	3,978.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 10 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	380.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 34 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	7,650.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 1,956 ตัว	=	1,956.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 53.38*80	=	4,270.4 บาท
ค่าทาสี 182.4*50	=	9,120.0 บาท
รวม	=	33,716.4 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังคา

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 953 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	87,234.0 บาท
แผ่นยิปซั่มหนา 15 มม. จำนวน 624 แผ่น ราคาแผ่นละ 225 บาท	=	140,400.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 9,802 ตัว	=	9,802.0 บาท
ค่าแรง ที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 812*80	=	64,960.0 บาท
รวม	=	302,396.0 บาท

รวมผนังใช้โครงเคร่าปิดด้วยแผ่นยิปซั่ม

ราคาก่างต้น	=	1,149,083.0 บาท
ค่าดำเนินการ 10%	=	114,908.3 บาท
กำไร 10 %	=	114,908.3 บาท
รวม	=	1,378,899.6 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคาการปรับปรุงอาคารเรียนโดยใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 149 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	13,857.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 161 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	12,588.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 45 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	1,710.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 133 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	113,050.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 16 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	6,160.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 7,872 ตัว	=	7,872.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 193.84*80	=	15,507.2 บาท
ค่าทาสี 675.2*50	=	33,760.0 บาท
รวม	=	204,474.2 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 235 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	21,855.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 109 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,502.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 67 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	2,546.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 173 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	147,050.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,944 ตัว	=	4,944.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 352.588*80	=	28,204.7 บาท
ค่าทาสี 799.95*50	=	39,997.7 บาท
รวม	=	253,099.4 บาท

ห้องบรรยายรวม

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 306 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	28,458.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 113 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,814.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 85 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	3,230.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 222 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	188,700.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 7,872 ตัว	=	7,872.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 270*80	=	21,600.0 บาท
ค่าทาสี 547.6*50	=	27,380.0 บาท
รวม	=	286,054.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 2 ห้อง CV-201

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 61 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	5,673.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 73 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	5,694.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 15 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	570.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 44 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	37,400.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 6 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,310.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 2,878 ตัว	=	2,878.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 72.77*80	=	5,821.6 บาท
ค่าทาสี 244.0*50	=	12,200.0 บาท
รวม	=	72,546.6 บาท

ห้อง CV-202

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 39 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	3,627.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 66 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	5,148.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 15 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	570.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 30แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	25,500.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 3 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,115.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 2,766 ตัว	=	2,766.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 43.17*80	=	3,453.6 บาท
ค่าทาสี 244*50	=	12,200.0 บาท
รวม	=	54,419.6 บาท

ห้อง CV-203

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 74 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,882.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 95 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,410.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 20 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	760.0บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 54 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	45,900.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 3,800 ตัว	=	3,800.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 87.16*80	=	6,972.8 บาท
ค่าทาสี 305.6*50	=	15,280.0 บาท
รวม	=	87,999.8 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ1

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 77 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	7,161.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 97 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,566.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 23 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	874.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 56 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	47,600.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,024 ตัว	=	4,024.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 90.86*80	=	7,268.8 บาท
ค่าทาสี 313.3*50	=	15,665.0 บาท
รวม	=	92,853.8 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 65 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,045.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 110 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,580.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 25 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	950.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 50 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	42,500.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,610 ตัว	=	4,610.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 71.95*80	=	5,756.0 บาท
ค่าทาสี 367.2*50	=	18,360.0 บาท
รวม	=	88,726.0 บาท

ห้องเรียน 6

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 48 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	4,464.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 51 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	3,978.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 10 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	380.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 34 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	28,900.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 1,956 ตัว	=	1,956.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 53.38*80	=	4,270.4 บาท
ค่าทาสี 182.4*50	=	9,120.0 บาท
รวม	=	54,993.4 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ3

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 77 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	7,161.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 97 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	7,566.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 23 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	874.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 56 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	47,600.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 7 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	2,695.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,024 ตัว	=	4,024.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 90.86*80	=	7,268.8 บาท
ค่าทาสี 313.3*50	=	15,665.0 บาท
รวม	=	92,853.8 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ4

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 65 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	6,045.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 110 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	8,580.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 25 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	950.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 50 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	42,500.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 4,610 ตัว	=	4,610.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 71.95*80	=	5,756.0 บาท
ค่าทาสี 367.2*50	=	18,360.0 บาท
รวม	=	88,726.0 บาท

ห้องเรียน 7

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 48 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	4,464.0 บาท
ใช้โครงตัว U ยาว 3 เมตร จำนวน 51 เส้น ราคาเส้นละ 78 บาท	=	3,978.0 บาท
ใช้โครงตัว L ยาว 3 เมตร จำนวน 10 เส้น ราคาเส้นละ 38 บาท	=	380.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 34 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	28,900.0 บาท
ไม้ยาง1*6 นิ้ว ยาว 3 เมตร จำนวน 5 เส้น ราคาเส้นละ 385 บาท	=	1,925.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 1,956 ตัว	=	1,956.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 53.38*80	=	4,270.4 บาท
ค่าทาสี 182.4*50	=	9,120.0 บาท
รวม	=	54,993.4 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช

หลังคา

ใช้โครงตัว C ยาว 3 เมตร จำนวน 953 เส้น ราคาเส้นละ 93 บาท	=	87,234.0 บาท
แผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต จำนวน 624 แผ่น ราคาแผ่นละ 850 บาท	=	530,400.0 บาท
ค่าสกรู ราคาตัวละ1 บาท จำนวน 9,802 ตัว	=	9,802.0 บาท
ค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งโครงเคร่า 812*80	=	64,960.0 บาท
รวม	=	692,396.0 บาท

รวมผนังใช้โครงเคร่าปิดด้วยแผ่นยิปซั่ม

ราคาก่างต่น	=	2,124,135.74	บาท
ค่าดำเนินการ 10%	=	212,413.57	บาท
กำไร 10 %	=	212,413.57	บาท
รวม	=	2,548,962.88	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคา Fill ฉนวนโฟมโพลียูรีเทนหนา 2 นิ้ว ของอาคารทส.

การคิดราคาค่าวัสดุและการติดตั้ง คิดเป็น 500 บาท/ตร.ม.

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

193.84*500 = 96,920.00 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

352.588*500 = 176,294.00 บาท

ห้องบรรยายรวม

270*500 = 135,000.00 บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

72.77*500 = 36,385.00 บาท

ห้อง CV-202

43.17*500 = 21,585.00 บาท

ห้อง CV-203

87.16*500 = 43,580.00 บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

90.86*500 = 45,430.00 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

71.95*500 = 35,975.00 บาท

ห้องเรียน 6

53.38*500 = 36,690.00 บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

90.86*500 = 45,430.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเก็บเครื่องและห้องเขียนแบบ4

71.95*500 = 35,975.00 บาท

ห้องเรียน 7

53.38*500 = 36,690.00 บาท

หลังคา

812*500 = 400,000.00 บาท

รวมราคา = 1,131,954.00 บาท

ราคา = 1,131,954.00 บาท

ค่าดำเนินการ 10% = 113,195.40 บาท

กำไร 10 % = 113,195.40 บาท

รวม = 1,358,344.80 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคา Fill ฉนวนไฟเบอร์กลาสหนา 2 นิ้ว ของอาคารกช.

การคิดราคา ค่าวัสดุและการติดตั้ง คิดเป็น 300 บาท/ตร.ม.

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

193.84*300 = 58,152.00 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

352.588*300 = 105,776.40 บาท

ห้องบรรยายรวม

270*300 = 81,000.00 บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

72.77*300 = 21,831.00 บาท

ห้อง CV-202

43.17*300 = 12,951.00 บาท

ห้อง CV-203

87.16*300 = 26,148.00 บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

90.86*300 = 27,258.00 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

71.95*300 = 21,585.00 บาท

ห้องเรียน 6

53.38*300 = 16,014.00 บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

90.86*300 = 27,258.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเก็บของและห้องเปียนแกน4

71.95*300	=	21,585.00	บาท

ห้องเรียน 7

53.38*300	=	16,014.00	บาท

หลังคา

812*300	=	243,600.00	บาท

รวมราคา	=	679,172.40	บาท

ราคา	=	679,172.40	บาท
ค่าดำเนินการ 10%	=	67,917.24	บาท
กำไร 10 %	=	67,917.24	บาท
รวม	=	815,006.88	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคา Fill ฉนวนใยเซลลูโลสหนา 2 นิ้ว ของอาคารทช.

การคิดราคา ค่าวัสดุและการติดตั้ง คิดเป็น 800 บาท/ตร.ม.

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

193.84*800 = 155,072.00 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

352.588*800 = 282,070.40 บาท

ห้องบรรยายรวม

270*800 = 216,000.00 บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

72.77*800 = 58,216.00 บาท

ห้อง CV-202

43.17*800 = 34,536.00 บาท

ห้อง CV-203

87.16*800 = 69,728.00 บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

90.86*800 = 72,688.00 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

71.95*800 = 57,560.00 บาท

ห้องเรียน 6

53.38*800 = 42,704.00 บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

90.86*800 = 72,688.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเก็บเงินและห้องเขียนแบบ4

71.95*500 = 57,560.00 บาท

ห้องเรียน 7

53.38*500 = 42,704.00 บาท

หลังคา

812*500 = 649,600.00 บาท

รวมราคา = 1,811,126.40 บาท

ราคา	=	1,811,126.40	บาท
ค่าดำเนินการ 10%	=	181,112.64	บาท
กำไร 10 %	=	181,112.64	บาท
รวม	=	2,173,351.68	บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคา Fill ฉนวนใยหินหนา 2 นิ้ว ของอาคารทส.

การคิดราคาค่าวัสดุและการติดตั้ง คิดเป็น 400 บาท/ตร.ม.

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

193.84*400 = 77,536.00 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

352.588*400 = 141,035.20 บาท

ห้องบรรยายรวม

270*400 = 108,000.00 บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

72.77*400 = 29,108.00 บาท

ห้อง CV-202

43.17*400 = 17,268.00 บาท

ห้อง CV-203

87.16*400 = 34,864.00 บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

90.86*400 = 36,344.00 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

71.95*400 = 28,780.00 บาท

ห้องเรียน 6

53.38*400 = 21,352.00 บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

90.86*400 = 36,344.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเก็บของและห้องเรียนแบบ4

71.95*400 = 28,780.00 บาท

ห้องเรียน 7

53.38*400 = 21,352.00 บาท

หลังคา

812*400 = 324,800.00 บาท

รวมราคา = 905,563.20 บาท

ราคา = 905,563.20 บาท

ค่าดำเนินการ 10% = 90,556.32 บาท

กำไร 10 % = 90,556.32 บาท

รวม = 1,086,675.84 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดราคา Full ฉนวนโฟมโพลีไฮดรอลีนหนา 2 นิ้ว ของตึกคารทส.

การคิดราคาค่าวัสดุและการติดตั้ง คิดเป็น 700 บาท/ตร.ม.

ชั้น 1 ห้องธุรการและห้องพักอาจารย์

193.84*700 = 135,688.00 บาท

ห้องคอมพิวเตอร์และห้องสมุด

352.588*700 = 246,811.60 บาท

ห้องบรรยายรวม

270*700 = 189,000.00 บาท

ชั้น 2 ห้อง CV-201

72.77*700 = 50,939.00 บาท

ห้อง CV-202

43.17*700 = 30,219.00 บาท

ห้อง CV-203

87.16*700 = 61,012.00 บาท

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

90.86*700 = 63,602.00 บาท

ห้องเก็บของและห้องเขียนแบบ2

71.95*700 = 50,365.00 บาท

ห้องเรียน 6

53.38*700 = 37,366.00 บาท

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

90.86*700 = 63,602.00 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องเก็บเอกสารและห้องเตรียมแผน4

71.95*700 = 50,365.00 บาท

ห้องเรียน 7

53.38*700 = 37,366.00 บาท

หลังคา

812*700 = 568,400.00 บาท

รวมราคา = 1,584,735.60 บาท

ราคา = 1,584,735.60 บาท

ค่าดำเนินการ 5% = 158,473.56 บาท

กำไร 10 % = 158,473.56 บาท

รวม = 1,901,682.72 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคิดระบบปรับอากาศ

ชั้น 3 ห้องเขียนแบบ 1

1. ความร้อนจากผนัง

ผนังทางทิศเหนือ	= 29.81*160	=	4,769.6 btu/ชม.
ผนังทางทิศใต้	= 31.45*250	=	7,862.5 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันตก	= 0*250	=	0.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันออก	= 29.6*160	=	4,736.0 btu/ชม.
ผนังภายใน	= 29.6*54	=	1,598.4 btu/ชม.

2. ความร้อนจากเพดาน

เพดานมีจำนวน	= 132*190	=	25,800.0 btu/ชม

3. ความร้อนจากกระจก

พื้นที่กระจกทิศเหนือ	= 31.24*810	=	25,304.4 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศใต้	= 29.6*360	=	10,656.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันตก	= 0*2100	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันออก	= 0*360	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกภายใน	= 0*100	=	0.0 btu/ชม.

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน	= 80*450	=	36,000.0 btu/ชม.

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท

พื้นที่ห้อง	= 132*175	=	23,100 btu/ชม.

6. ความร้อนอื่น ๆ

ความร้อนจากหลอดไฟ	= 132*37	=	4,884.0 btu/ชม.
	รวม	=	144,710.9 btu/ชม.

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 btu จำนวน 6 เครื่อง

ราคาเครื่องละ 47,500 บาท รวม = 285,000.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 3 เรียน 6

1. ความร้อนจากผนัง

ผนังทางทิศเหนือ	= 13.98*160	=	2,236.8 btu/ชม.
ผนังทางทิศใต้	= 14.8*250	=	3,700.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันตก	= 0*250	=	0.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันออก	= 0*160	=	0.0 btu/ชม.
ผนังภายใน	= 59.2*54	=	3,196.8 btu/ชม.

2. ความร้อนจากเพดาน

เพดานมีจำนวน	= 64*190	=	12,180.0 btu/ชม

3. ความร้อนจากกระจก

พื้นที่กระจกทิศเหนือ	= 15.62*810	=	12,652.2 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศใต้	= 14.8*360	=	5,328.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันตก	= 0*2100	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันออก	= 0*360	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกภายใน	= 0*100	=	0.0 btu/ชม.

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน	= 15*450	=	6,750.0 btu/ชม.

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท

พื้นที่ห้อง	= 64*175	=	11,200.0 btu/ชม.

6. ความร้อนอื่น ๆ

ความร้อนจากหลอดไฟ	= 64*37	=	2,368.0 btu/ชม.
	รวม	=	59,391.8 btu/ชม.

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 btu จำนวน 3 เครื่อง

ราคาเครื่องละ 47,500 บาท รวม = 142,500.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ 3

1. ความร้อนจากผนัง

ผนังทางทิศเหนือ	= 29.81*160	=	4,769.6 btu/ชม.
ผนังทางทิศใต้	= 31.45*250	=	7,862.5 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันตก	= 0*250	=	0.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันออก	= 29.6*160	=	4,736.0 btu/ชม.
ผนังภายใน	= 29.6*54	=	1,598.4 btu/ชม.

2. ความร้อนจากเพดาน

เพดานมีฉนวน	= 132*190	=	25,800.0 btu/ชม

3. ความร้อนจากกระจก

พื้นที่กระจกทิศเหนือ	= 31.24*810	=	25,304.4 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศใต้	= 29.6*360	=	10,656.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันตก	= 0*2100	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันออก	= 0*360	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกภายใน	= 0*100	=	0.0 btu/ชม.

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน	= 80*450	=	36,000.0 btu/ชม.

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท

พื้นที่ห้อง	= 132*175	=	23,100.0 btu/ชม.

6. ความร้อนอื่น ๆ

ความร้อนจากหลอดไฟ	= 132*37	=	4,884.0 btu/ชม.
	รวม	=	144,710.9 btu/ชม.

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 btu จำนวน 6 เครื่อง

ราคาเครื่องละ 47,500 บาท รวม = 285,000.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 4 ห้องเขียนแบบ4และห้องเก็บของ

1. ความร้อนจากผนัง

ผนังทางทิศเหนือ	= 27.96*160	=	4,473.6 btu/ชม.
ผนังทางทิศใต้	= 29.6*250	=	7,400.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันตก	= 0*250	=	0.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันออก	= 0*160	=	0.0 btu/ชม.
ผนังภายใน	= 118.4*54	=	6,393.6 btu/ชม.

2. ความร้อนจากเพดาน

เพดานมีฉนวน	= 128*190	=	24,320.0 btu/ชม

3. ความร้อนจากกระจก

พื้นที่กระจกทิศเหนือ	= 31.24*810	=	25,304.4 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศใต้	= 29.6*360	=	10,656.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันตก	= 0*2100	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันออก	= 0*360	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกภายใน	= 0*100	=	0.0 btu/ชม.

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน	= 30*450	=	13,500.0 btu/ชม.

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท

พื้นที่ห้อง	= 128*175	=	22,400.0 btu/ชม.

6. ความร้อนอื่น ๆ

ความร้อนจากหลอดไฟ	= 138*37	=	4,736.0 btu/ชม.
	รวม	=	119,183.6 btu/ชม.

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 btu จำนวน 5 เครื่อง

ราคาเครื่องละ 47,500 บาท รวม = 237,500.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้น 4 ห้องเรียน 7

1. ความร้อนจากผนัง

ผนังทางทิศเหนือ	= 13.98*160	=	2,236.8 btu/ชม.
ผนังทางทิศใต้	= 14.8*250	=	3,700.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันตก	= 0*250	=	0.0 btu/ชม.
ผนังทางทิศตะวันออก	= 0*160	=	0.0 btu/ชม.
ผนังภายใน	= 59.2*54	=	3,196.8 btu/ชม.

2. ความร้อนจากเพดาน

เพดานมีฉนวน	= 64*190	=	12,180.0 btu/ชม

3. ความร้อนจากกระจก

พื้นที่กระจกทิศเหนือ	= 15.62*810	=	12,652.2 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศใต้	= 14.8*360	=	5,328.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันตก	= 0*2100	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกทิศตะวันออก	= 0*360	=	0.0 btu/ชม.
พื้นที่กระจกภายใน	= 0*100	=	0.0 btu/ชม.

4. ความร้อนจากคน

จำนวนคน	= 15*450	=	6,750.0 btu/ชม.

5. ความร้อนจากอากาศถ่ายเท

พื้นที่ห้อง	= 64*175	=	11,200.0 btu/ชม.

6. ความร้อนอื่น ๆ

ความร้อนจากหลอดไฟ	= 64*37	=	2,368.0 btu/ชม.
	รวม	=	59,391.8 btu/ชม.

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 24,000 btu จำนวน 3 เครื่อง

ราคาเครื่องละ 47,500 บาท รวม = 142,500.0 บาท

รวมราคาค่าเครื่องปรับอากาศ 23 เครื่อง = 1,092,500.0 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาเครื่องปรับอากาศ 23 เครื่อง	=	1,092,500.0	บาท
ค่าติดตั้ง 2,500 บาทต่อเครื่อง	=	57,500.0	บาท
ค่าเตรียมสถานที่ค่าสายไฟ	=	92,000.0	บาท
รวมราคา	=	1,242,000.0	บาท
คิดค่าดำเนินการ 10%	=	124,200.0	บาท
กำไร 10%	=	124,200.0	บาท
รวม	=	1,490,400.0	บาท

ราคาที่ CM คิด

ราคา	=	1,490,400.0	บาท
คิดค่าดำเนินการ 10%	=	149,040.0	บาท
กำไร 10%	=	149,040.0	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	1,788,480.0	บาท

พื้นที่ที่ต้องติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่มีปริมาณพื้นที่ 520 ตารางเมตร

คิดเป็น RATE ต่อตารางเมตร = 1,788,480/520 = 3,439.4 บาท/ตารางเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การคิดราคา RATE ในแบบต่าง ๆ และ การคิดมูลค่าในการปรับปรุงทั้งสถาบันในแบบต่างๆ

การคิดราคา RATE ในแบบต่าง ๆ

แบบที่ 1 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม และกระจกLaminated

1,378,899.6+6,624,216.00	=	8,003,115.60	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	800,311.56	บาท
กำไร 10 %	=	800,311.56	บาท
รวม	=	9,603,738.72	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	672,261.71	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	10,276,000.43	บาท
RATE = 10,276,000.43/3,033	=	3,388.1	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 2 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซียมซิลิเกต และกระจกLaminated

2,548,962.88+6,624,216.00	=	9,173,178.88	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	917,317.89	บาท
กำไร 10 %	=	917,317.89	บาท
รวม	=	11,007,814.66	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	770,547.03	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	11,778,361.69	บาท
RATE = 11,778,361.69/3,033	=	3,883.4	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 3 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม กระจกLaminated และ fill ด้วยโฟมโพลียูรีเทน

1,378,899.6+6,624,216.00+1,358,344.80	=	9,361,460.40	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	936,146.04	บาท
กำไร 10 %	=	936,146.04	บาท
รวม	=	11,233,752.48	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	786,362.67	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	12,020,115.15	บาท
RATE = 10,276,000.43/3,033	=	3,963.1	บาท/ตร.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 4 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม กระจกLaminated และ fill ด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาส

1,378,899.6+6,624,216.00+815,06.88	=	8,818,122.48	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	881,812.25	บาท
กำไร 10 %	=	881,812.25	บาท
รวม	=	10,581,846.98	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	740,722.29	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	11,322,469.27	บาท
RATE = 11,322,469.27/3,033	=	3,733.1	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 5 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม กระจกLaminated และ fill ด้วยฉนวนเซลลูโลส

1,378,899.6+6,624,216.00+2,173,351.68	=	10,176,467.28	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	1,017,646.73	บาท
กำไร 10 %	=	1,017,646.73	บาท
รวม	=	12,211,760.74	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	854,823.25	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	13,066,583.99	บาท
RATE = 13,066,583.99/3,033	=	4,308.1	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 6 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม กระจกLaminated และ fill ด้วยใยหิน

1,378,899.6+6,624,216.00+1,086,675.84	=	9,089,791.44	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	908,791.14	บาท
กำไร 10 %	=	908,791.14	บาท
รวม	=	10,907,749.72	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	763,542.48	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	11,671,292.20	บาท
RATE = 11,671,292.20/3,033	=	3,848.1	บาท/ตร.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 7 ใช้โครงเคร่าและแผ่นยิปซั่ม กระจกLaminated และ fill ด้วยโฟมโพลีไสตรลีน

1,378,899.6+6,624,216.00+1,901,682.72	=	9,904,798.32	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	990,479.83	บาท
กำไร 10 %	=	990,479.83	บาท
รวม	=	11,885,757.98	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	832,003.06	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	12,717,761.04	บาท
RATE = 12,717,761.04/3,033	=	4,193.1	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 8 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซียมซิลิเกต กระจกLaminated และ fill ด้วยโฟมโพลียูรีเทน

2,548,962.88+6,624,216.00+1,358,344.80	=	10,531,523.68	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	1,053,152.37	บาท
กำไร 10 %	=	1,053,152.37	บาท
รวม	=	12,637,828.42	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	884,647.99	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	13,522,476.41	บาท
RATE = 13,522,476.41/3,033	=	4,458.5	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 9 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซียมซิลิเกต กระจกLaminatedและfill ด้วยฉนวนไฟเบอร์กลาส

2,548,962.88+6,624,216.00+815,006.88	=	9,988,185.76	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	998,818.58	บาท
กำไร 10 %	=	998,818.58	บาท
รวม	=	11,985,822.92	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	839,007.60	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	12,824,830.52	บาท
RATE = 12,824,830.52/3,033	=	4,228.4	บาท/ตร.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่ 10 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต กระจกLaminated และ fill ด้วยฉนวนใยแซลลูโลส

2,548,962.88+6,624,216.00+2,173,351.68	=	11,346,530.56	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	1,134,653.06	บาท
กำไร 10 %	=	1,134,653.06	บาท
รวม	=	13,615,836.68	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	953,108.57	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	14,568,945.25	บาท
RATE = 14,568,945.25 3,033	=	4,803.5	บาท/ตร.ม.

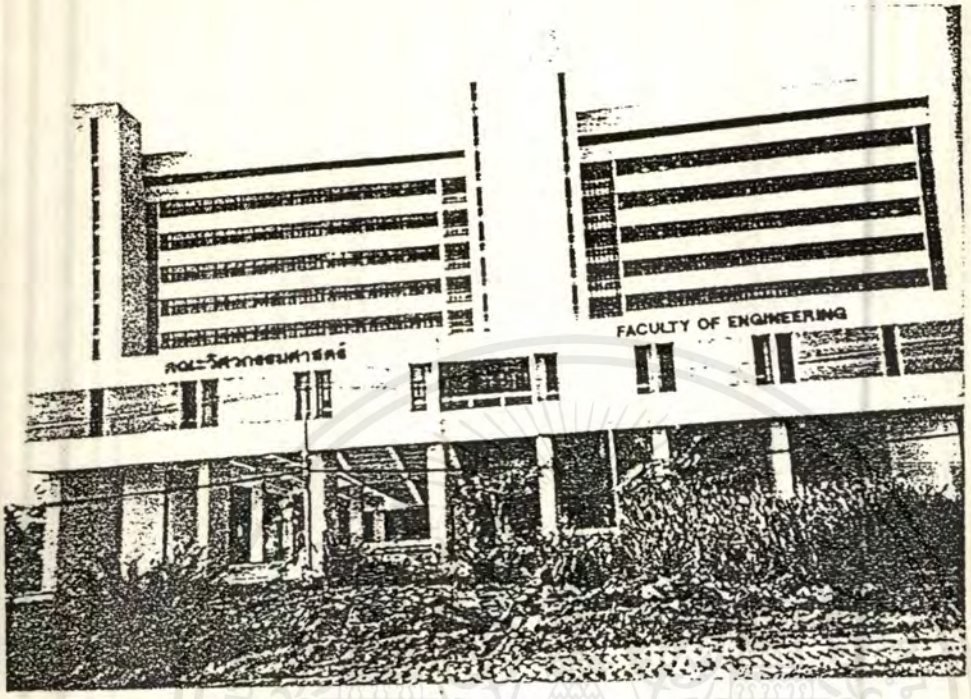
แบบที่ 11 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซียมซิลิเกต กระจกLaminated และ fill ด้วยฉนวนใยหิน

2,548,962.88+6,624,216.00+1,086,675.84	=	10,259,854.72	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	1,025,985.47	บาท
กำไร 10 %	=	1,025,985.47	บาท
รวม	=	12,311,825.66	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	861,827.80	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	13,137,653.46	บาท
RATE = 13,137,653.46/3,033	=	4,343.4	บาท/ตร.ม.

แบบที่ 12 ใช้โครงเคร่าและแผ่นแคลเซี่ยมซิลิเกต กระจกLaminated และ fill ด้วยโฟมโพลีไสตรลีน

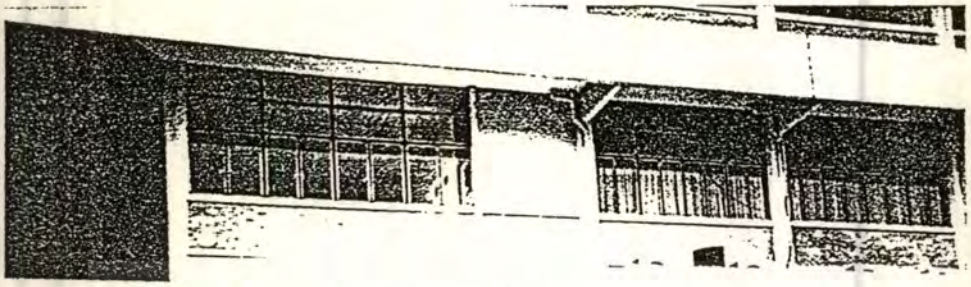
2,548,962.88+6,624,216.00+1,901,682.72	=	11,074,861.60	บาท
ค่าดำเนินการ 10 %	=	1,107,486.16	บาท
กำไร 10 %	=	1,107,486.16	บาท
รวม	=	13,289,833.92	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7 %	=	930,288.37	บาท
รวมราคาทั้งหมด	=	14,220,122.29	บาท
RATE = 14,220,122.29/3,033	=	4,688.5	บาท/ตร.ม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

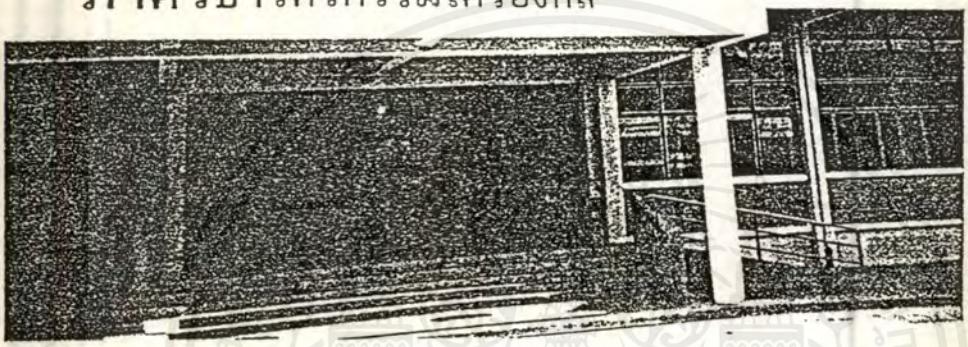


รูปที่ 6-1 อาคารเรียนรวม 12 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

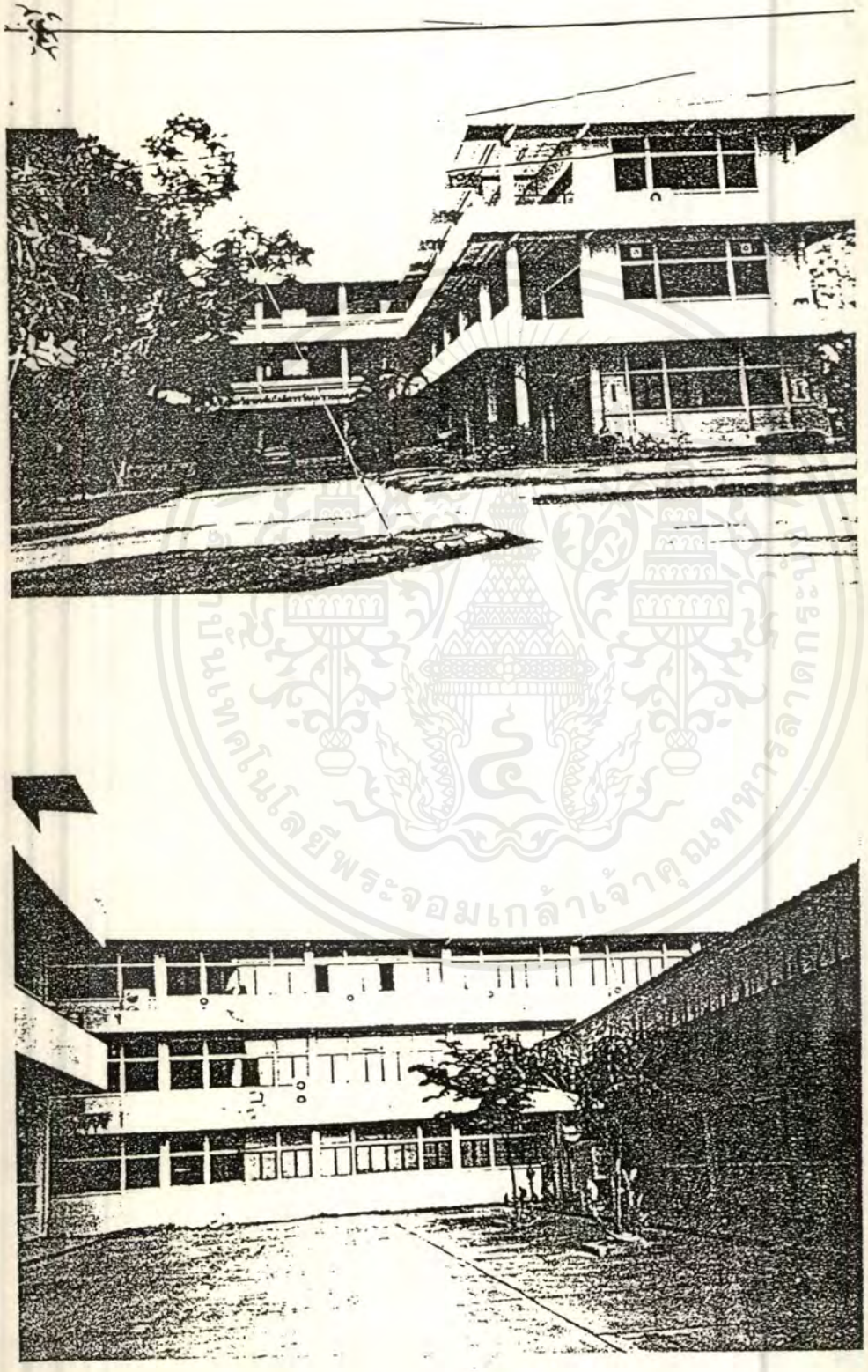


ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล



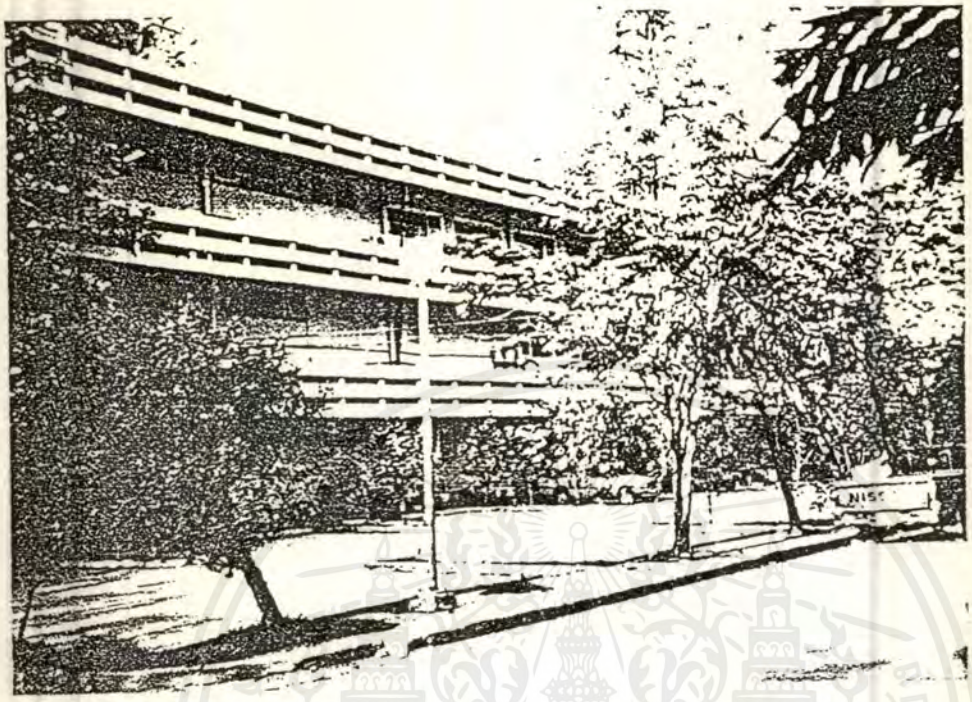
รูปที่ 6-2 อาคารเรียนและปฏิบัติการภาควิชาเครื่องกล

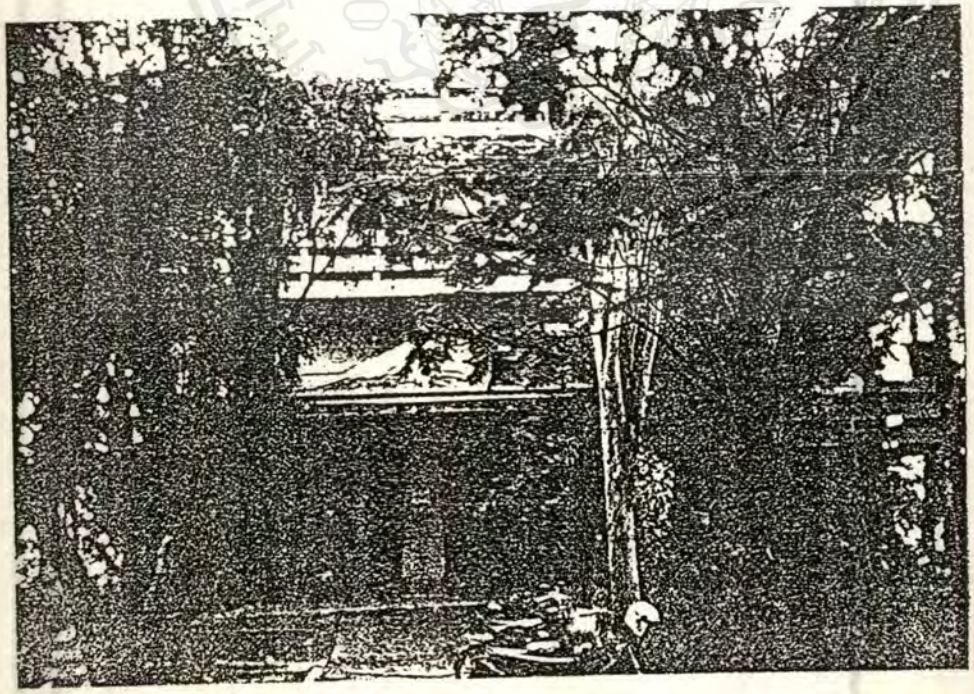
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-3 อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม

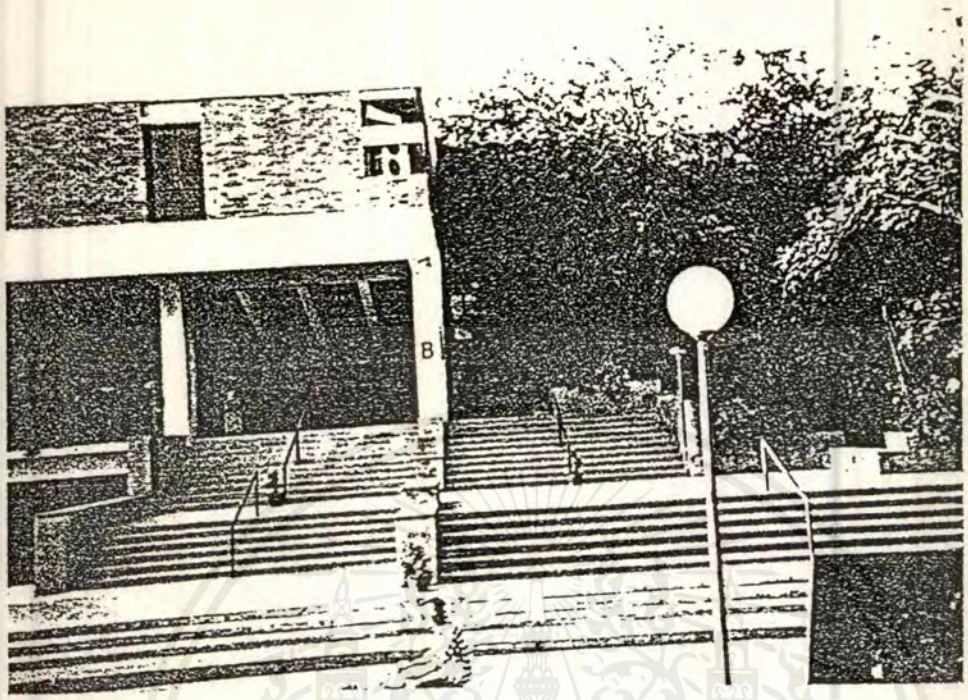
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

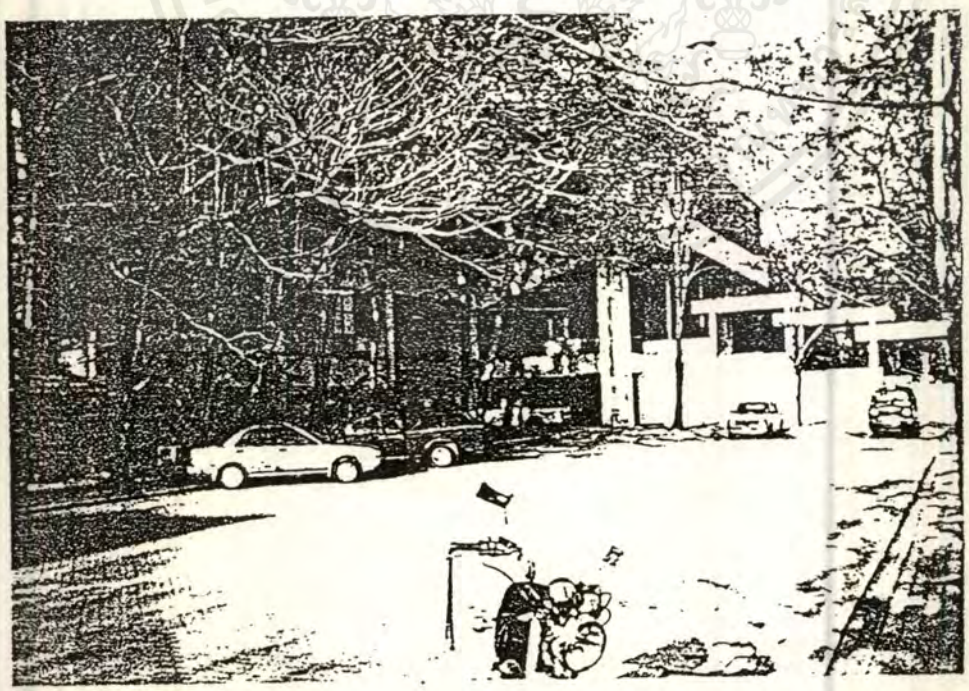




รูปที่ 6-1 อาคารโทรคมนาคม

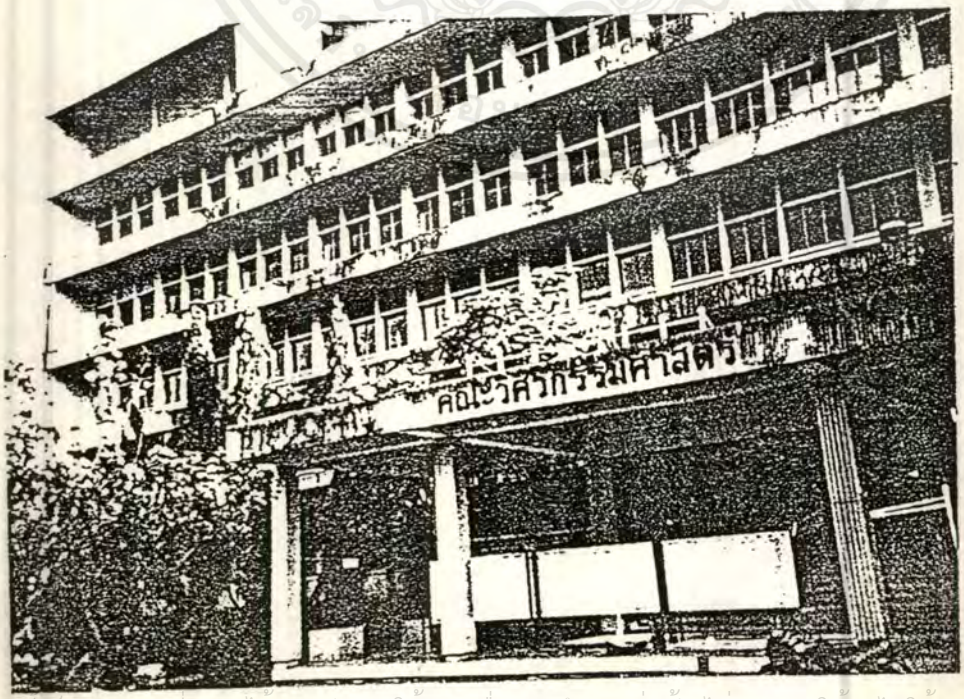
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





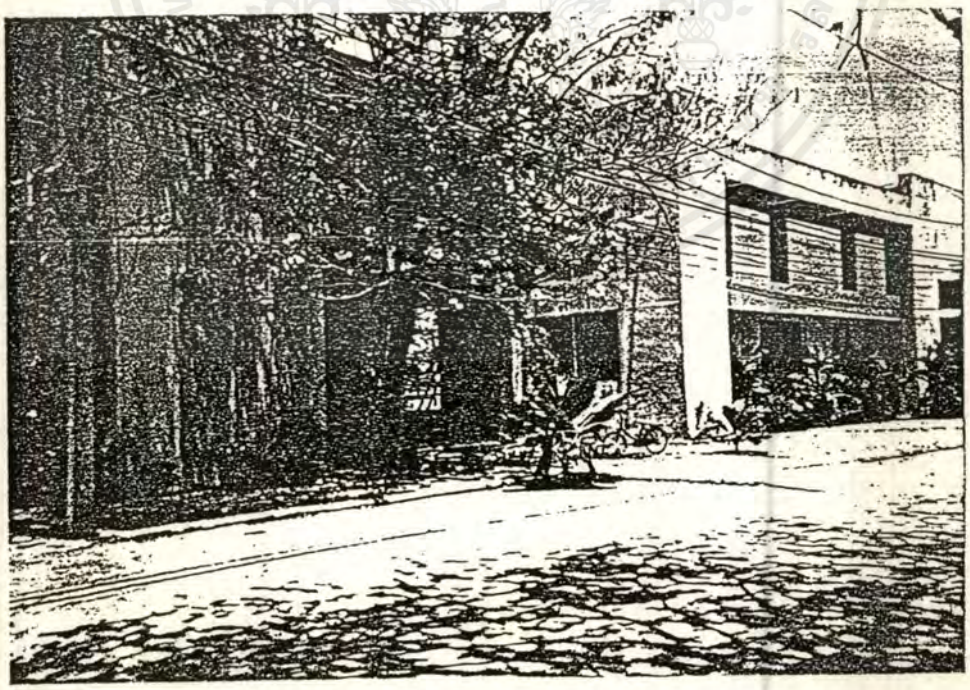
รูปที่ 6-5 อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



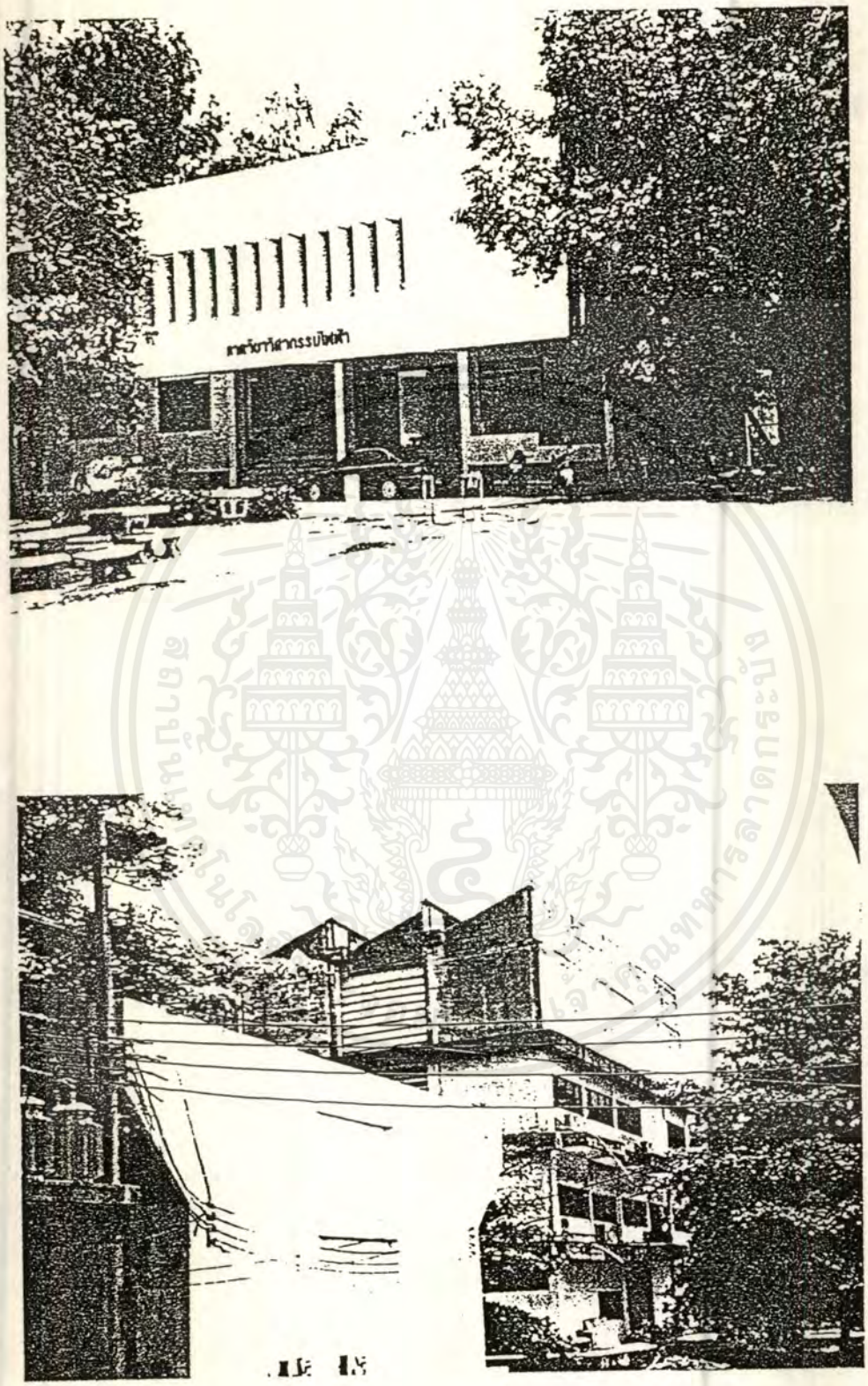
รูปที่ 6-6 อาคารเรียน 6 ชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



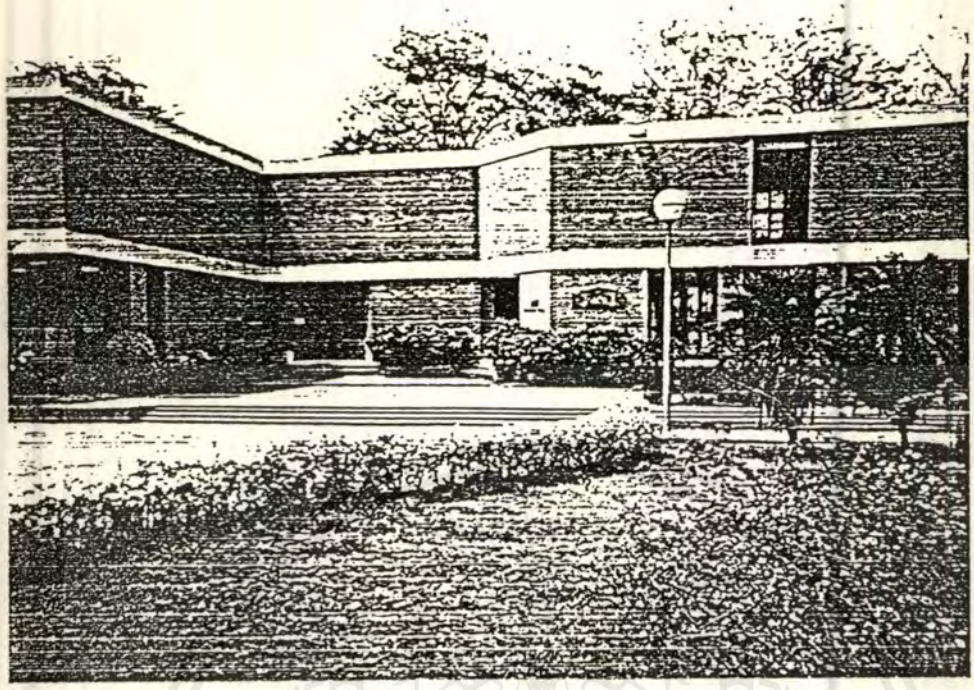
รูปที่ 6-7 อาคารเรียนภาควิชาเทคโนโลยีการก่อสร้าง

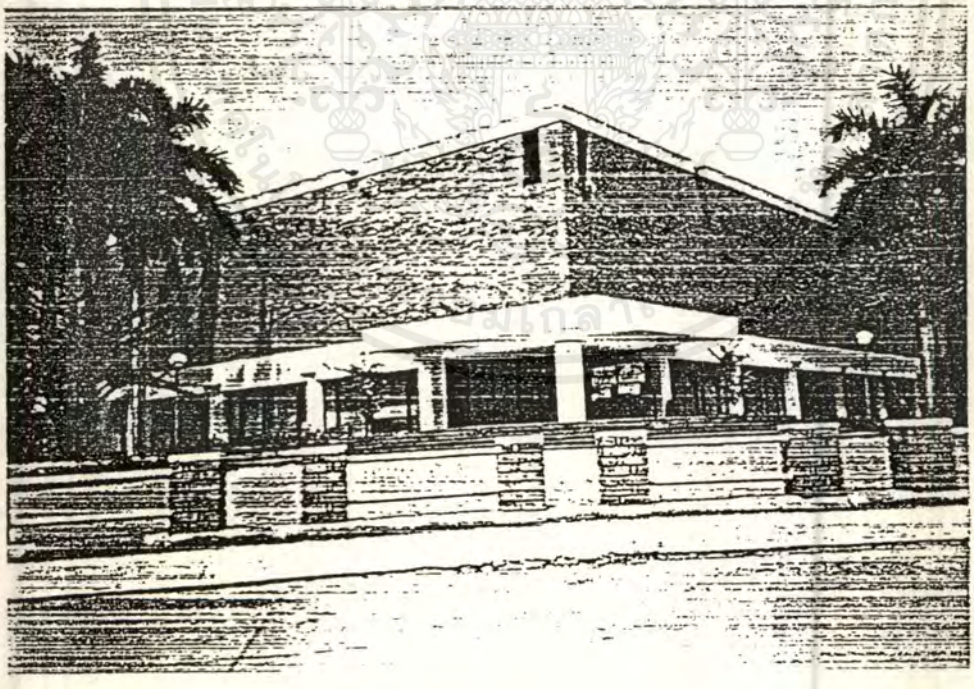
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-8 อาคารเรียนภาควิชาไฟฟ้ากำลัง

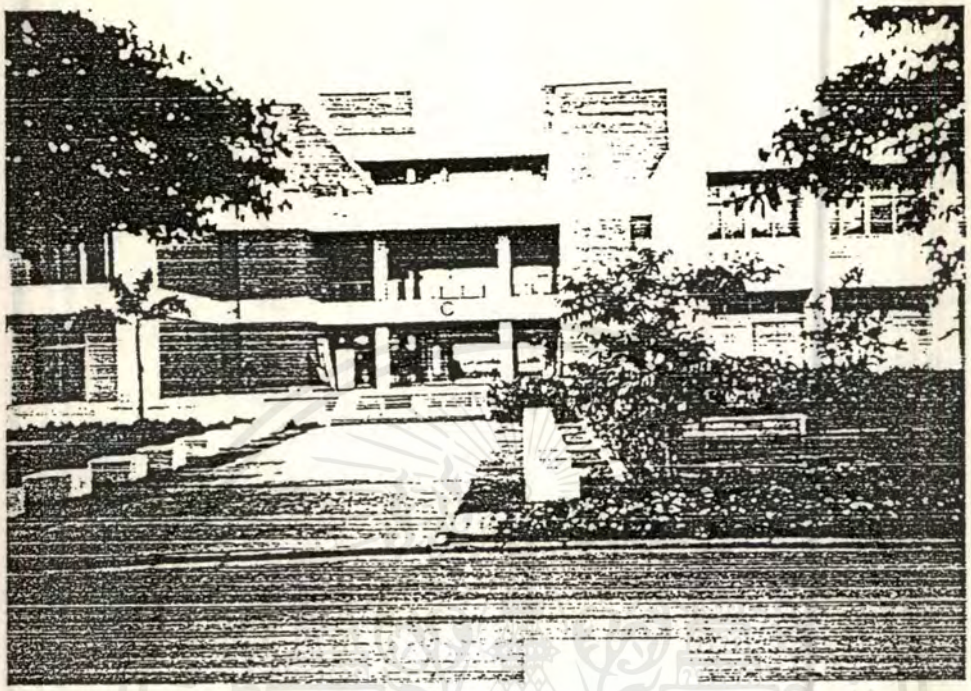
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





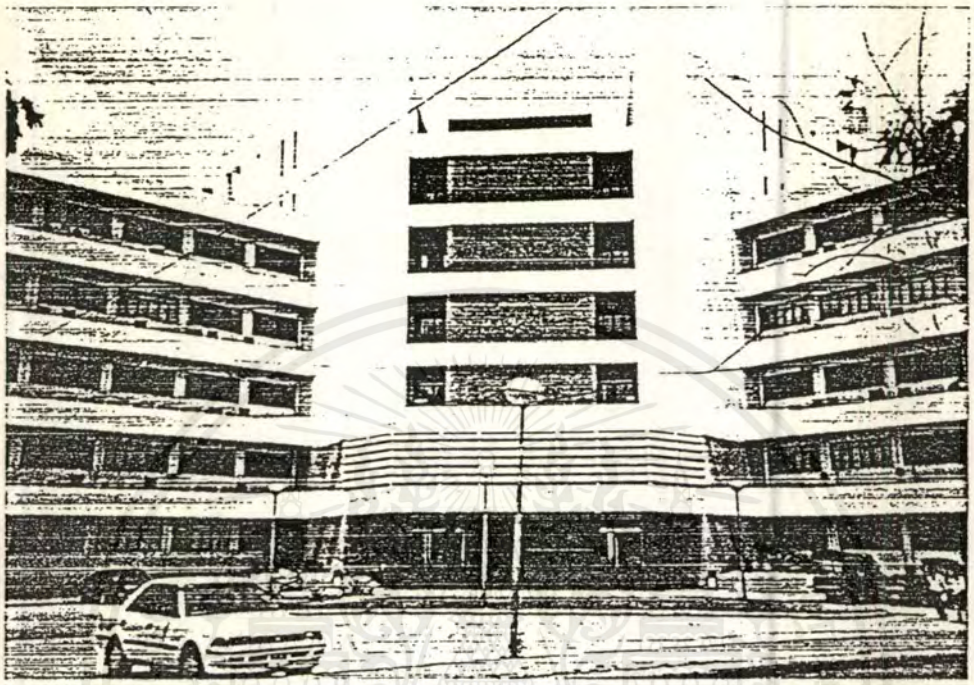
รูปที่ 6-9 อาคารหอประชุม และ ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์

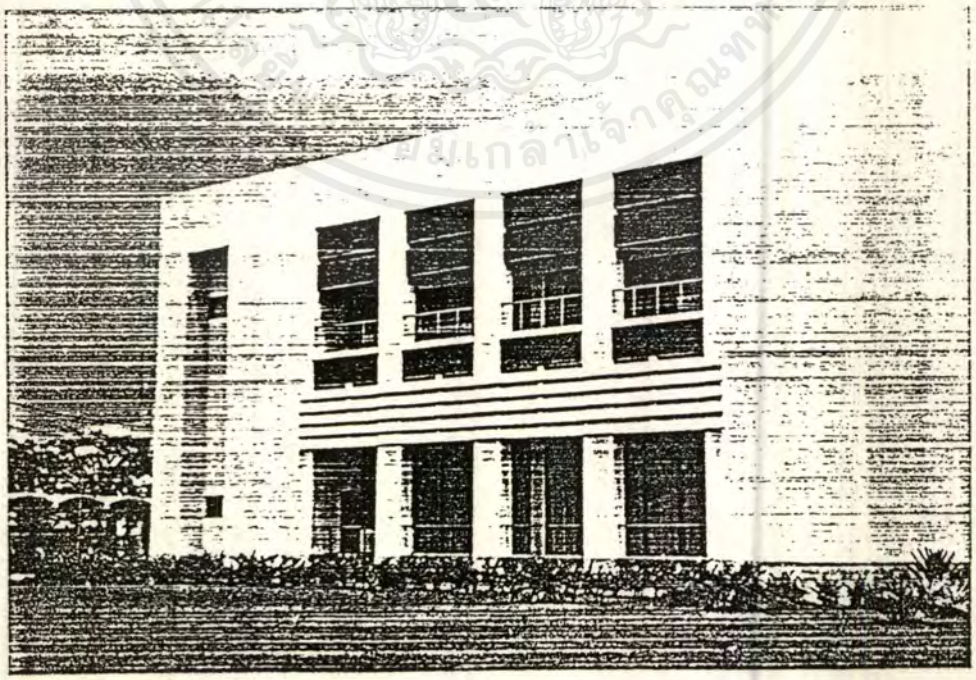
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-10 อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ

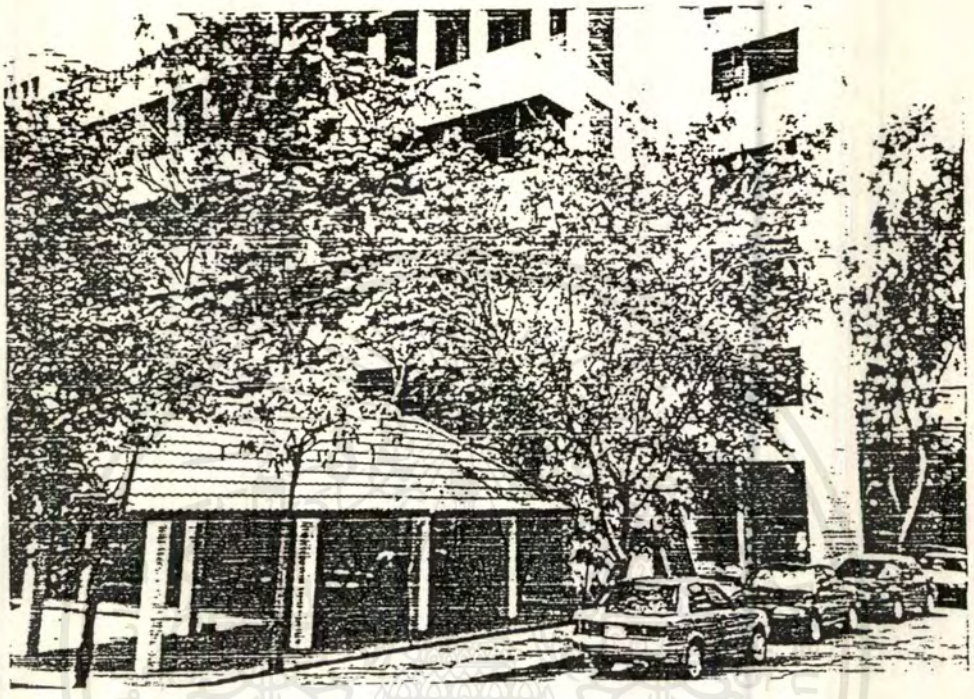
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





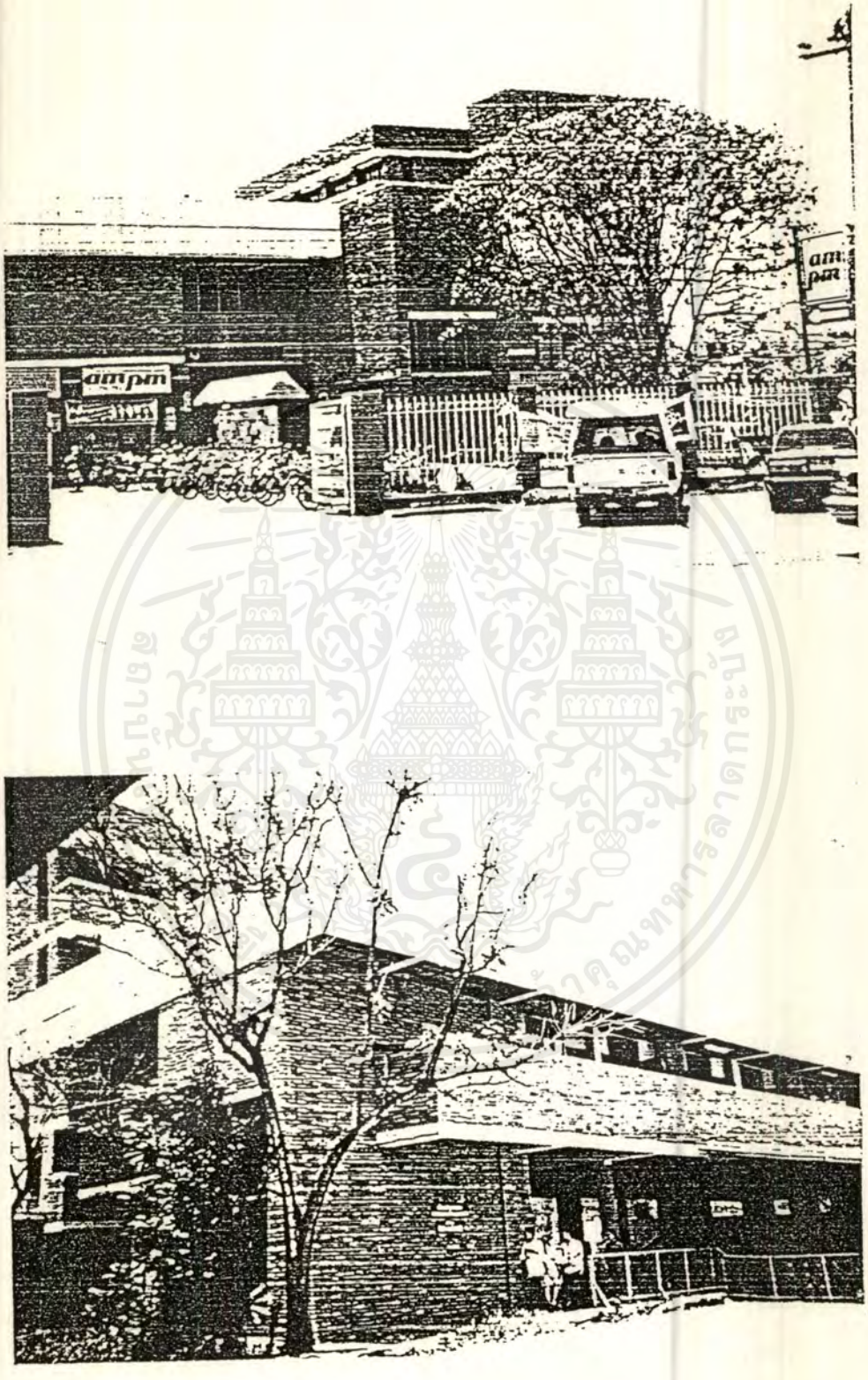
รูปที่ 6-11 อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



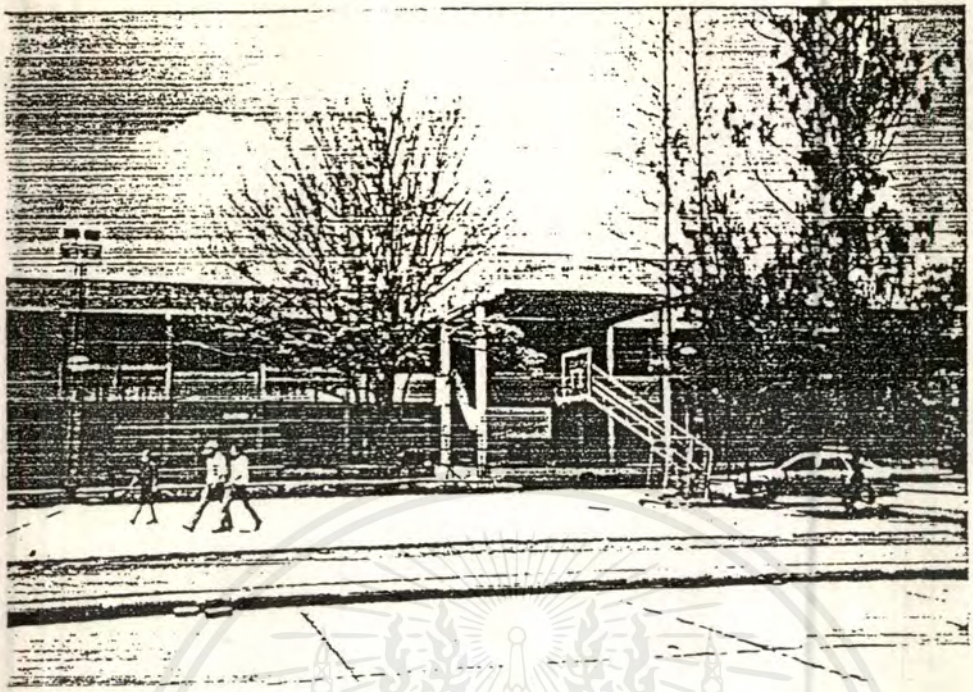
รูปที่ 6-12 อาคารเรียน 4 ชั้น คณะวิทยาศาสตร์

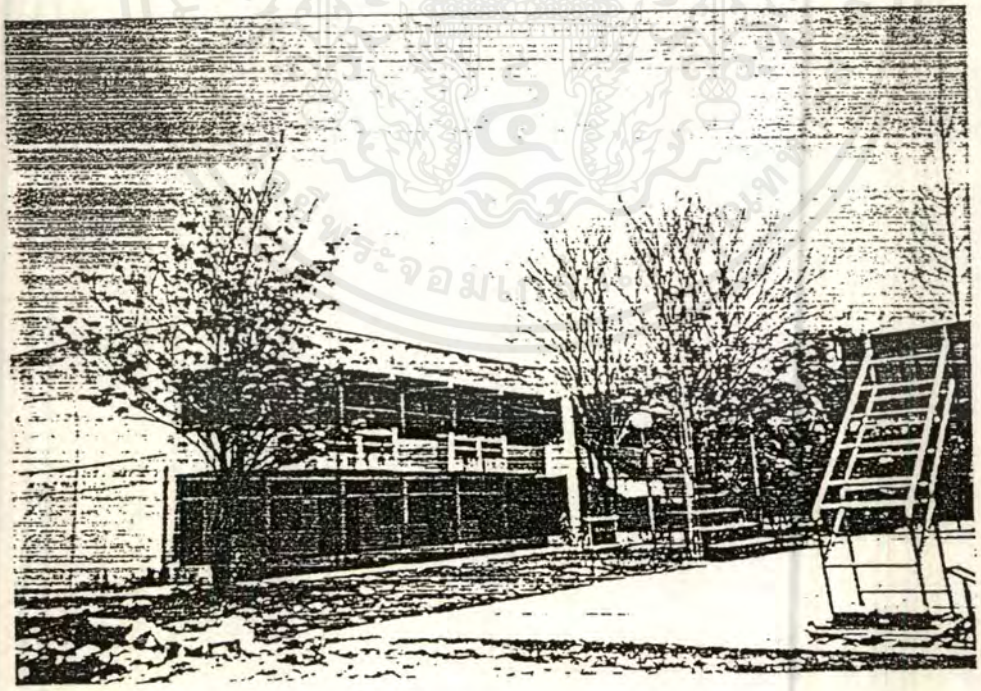
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-13 อาคารกิจกรรมนักศึกษา

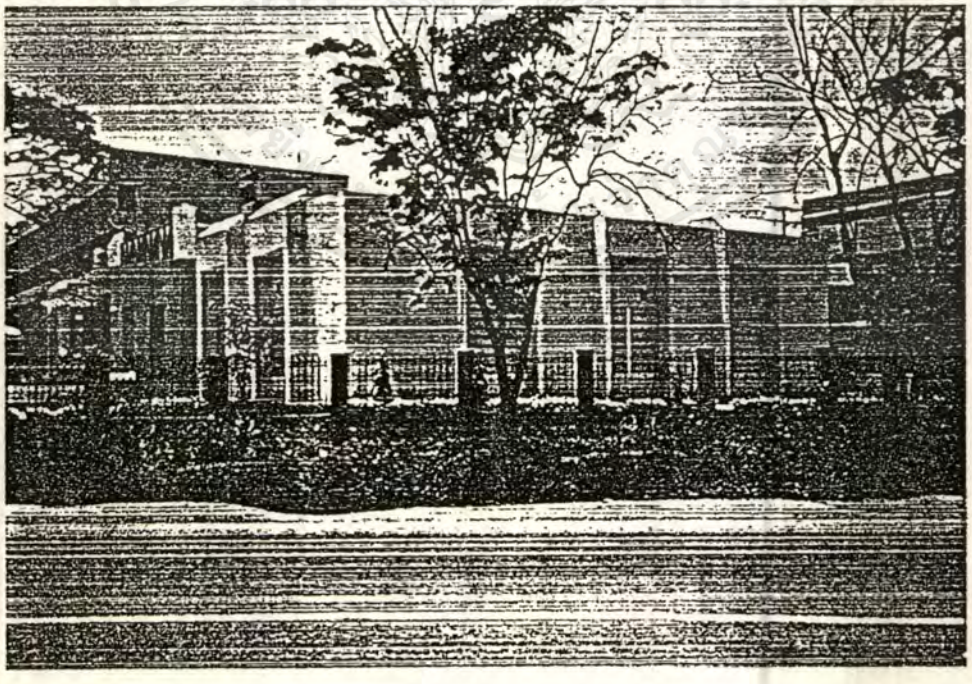
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





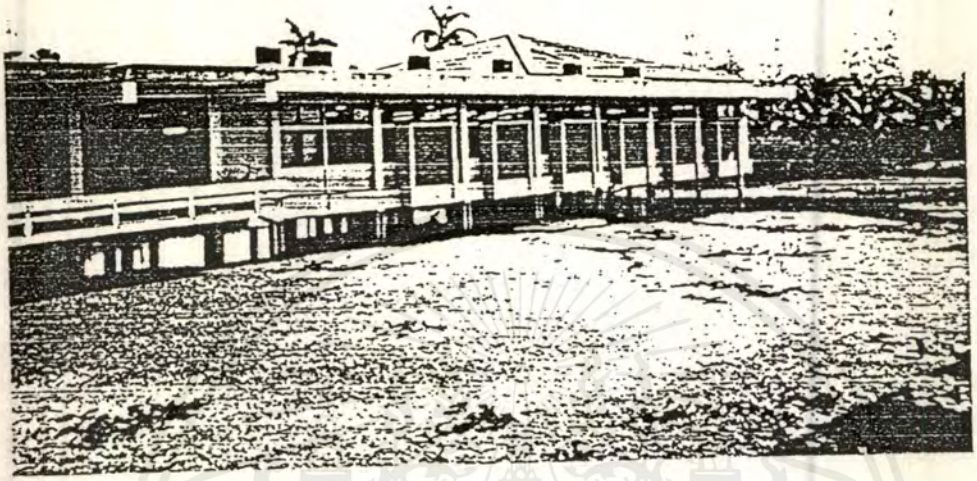
รูปที่ 6-14 อาคารห้องพักอาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์

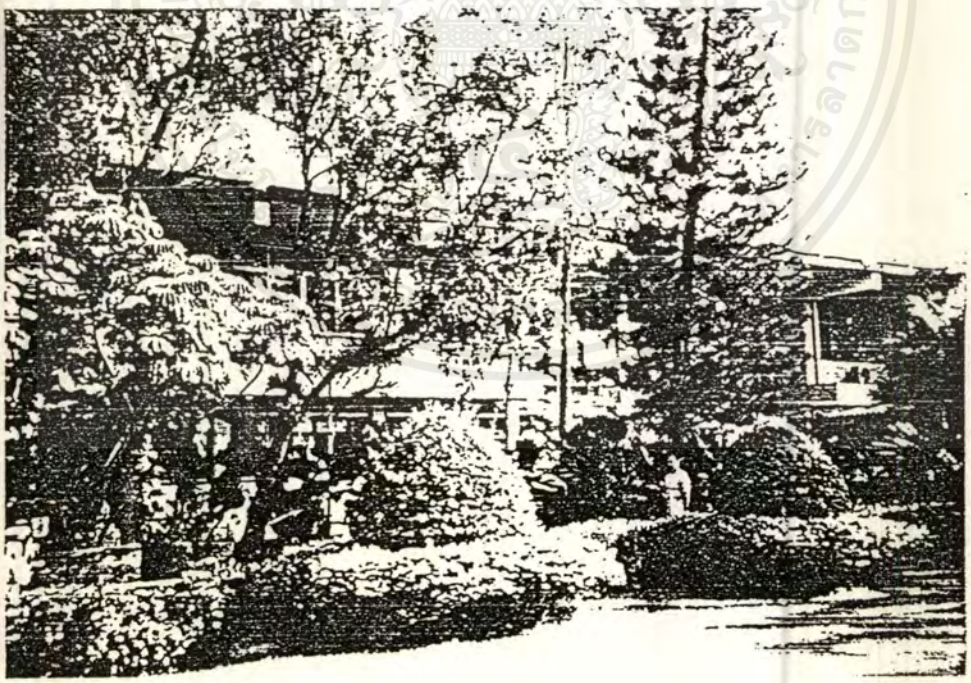
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-15 อาคารปฏิบัติการภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

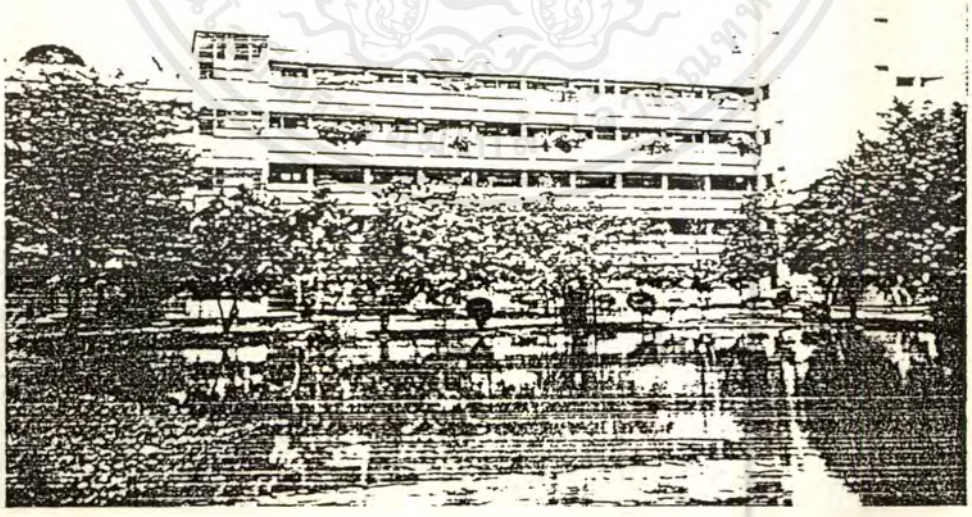
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 6-16 อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



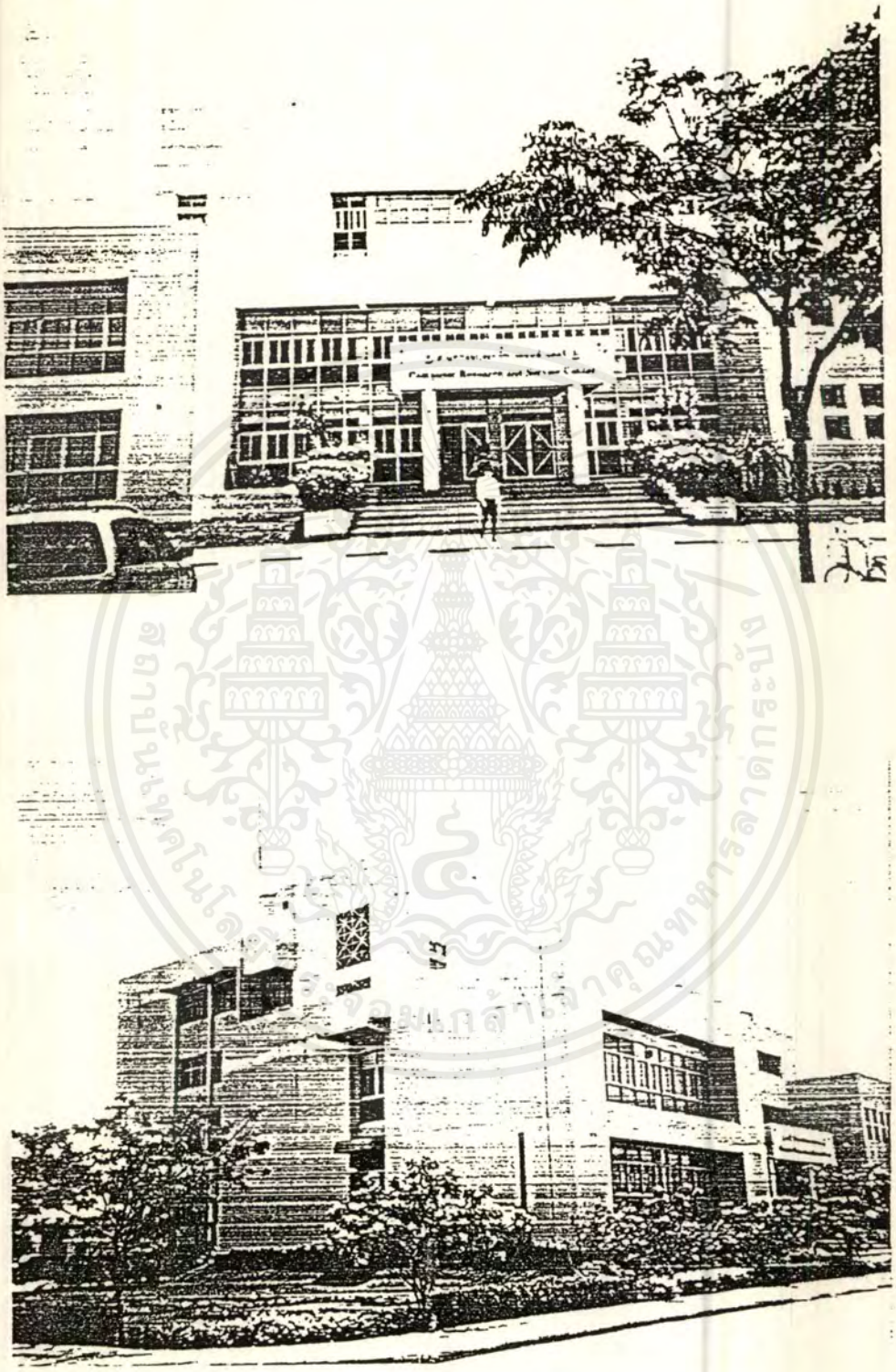
รูปที่ 6-17 อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น นำไปใช้

รูปที่ 6-18 อาคารเรียนและปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

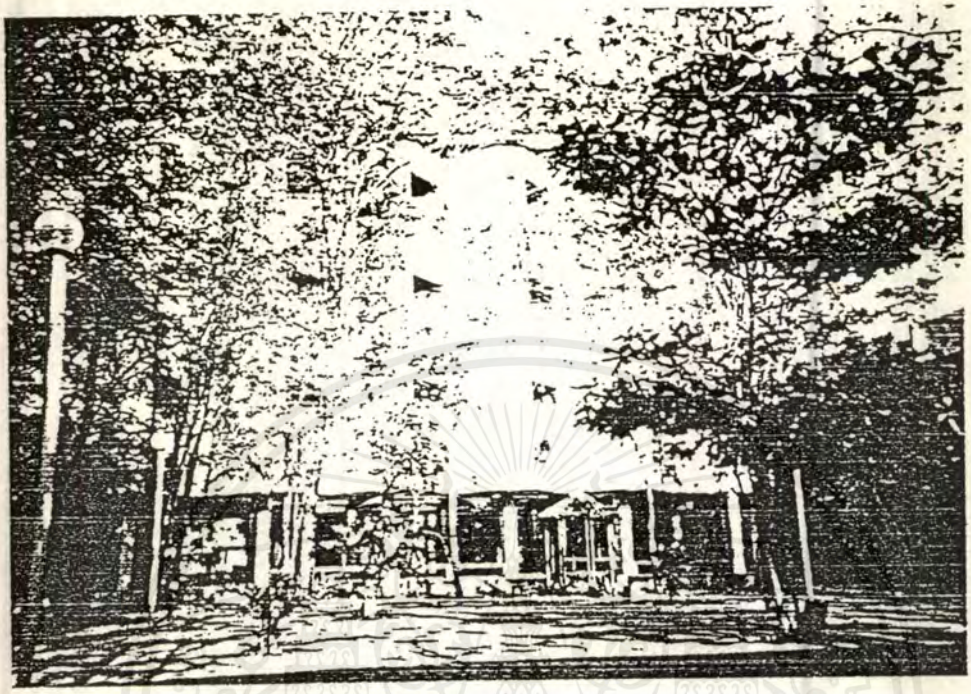
รูปที่ 6-18 อาคารเรียนและปฏิบัติการคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

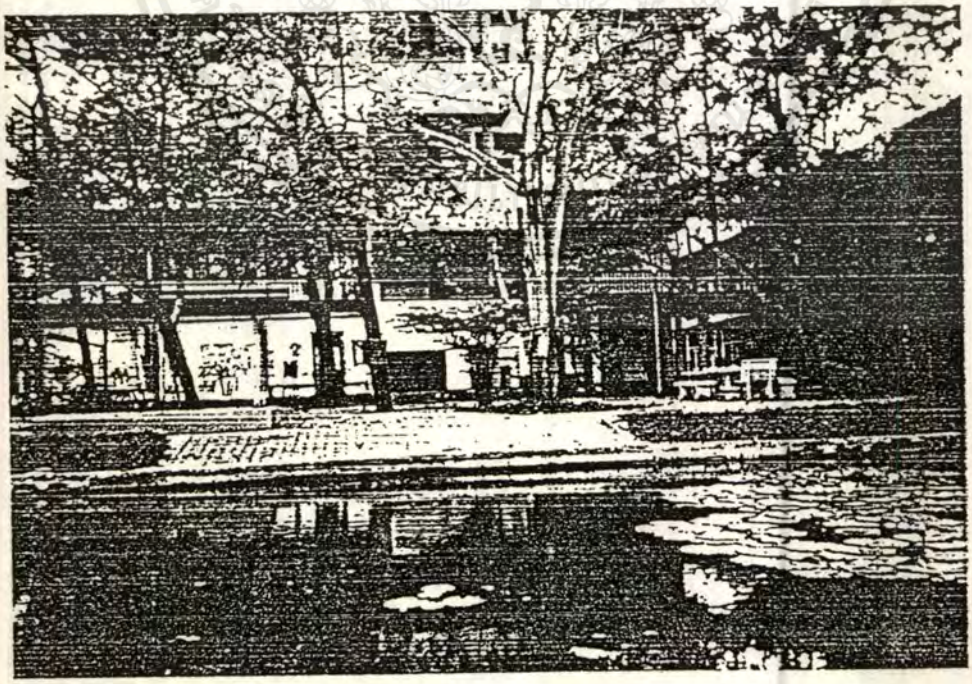
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-19 อาคารศูนย์วิจัยและพัฒนาด้านอิเล็กทรอนิคส์

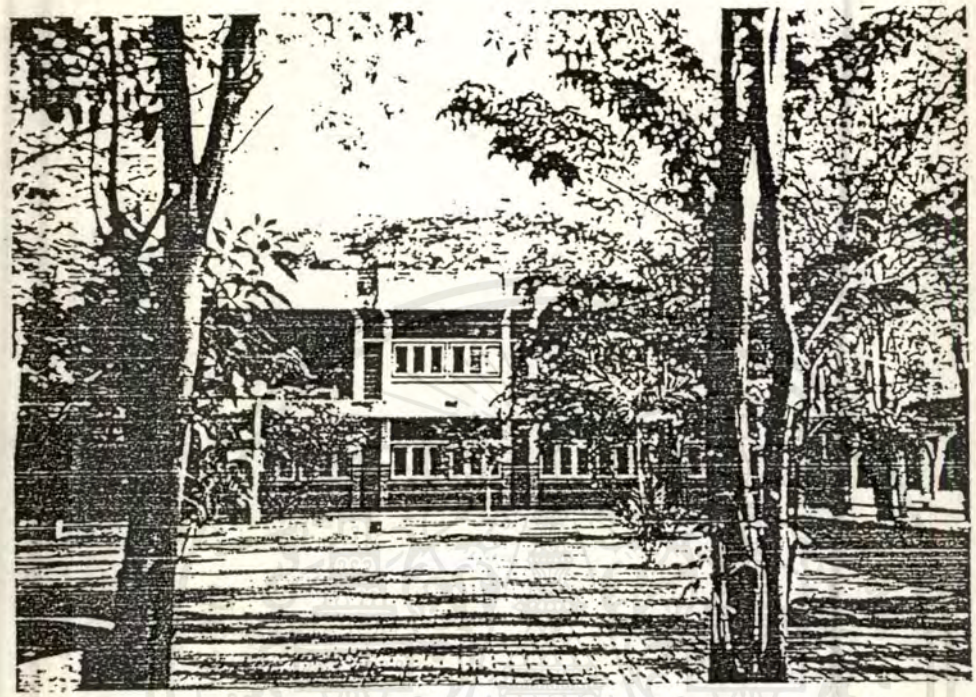
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

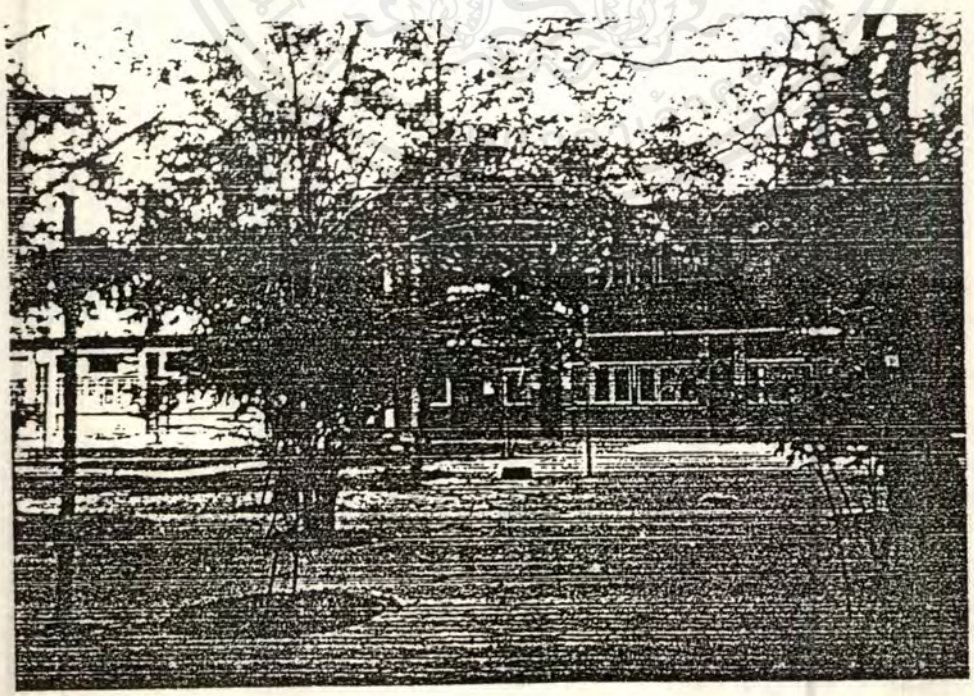




รูปที่ 6-20 อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

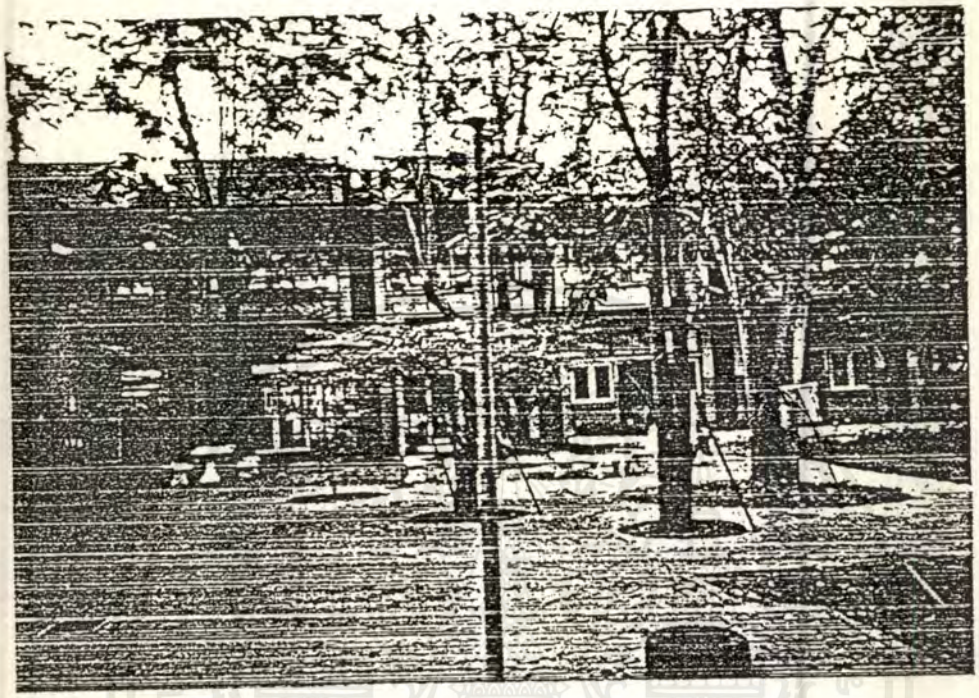
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

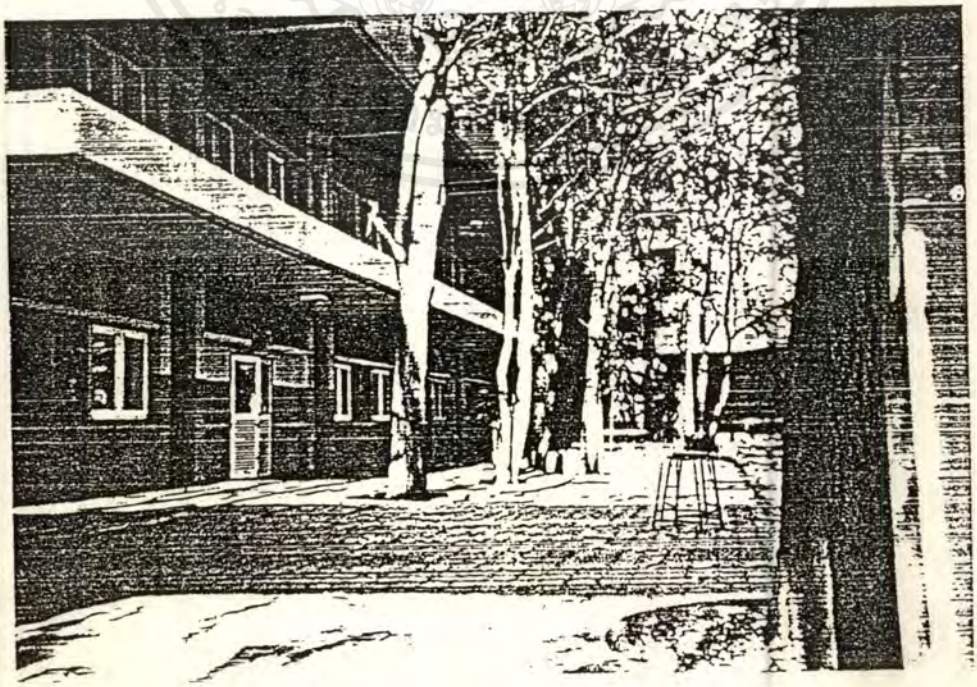




รูปที่ 6-21 อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

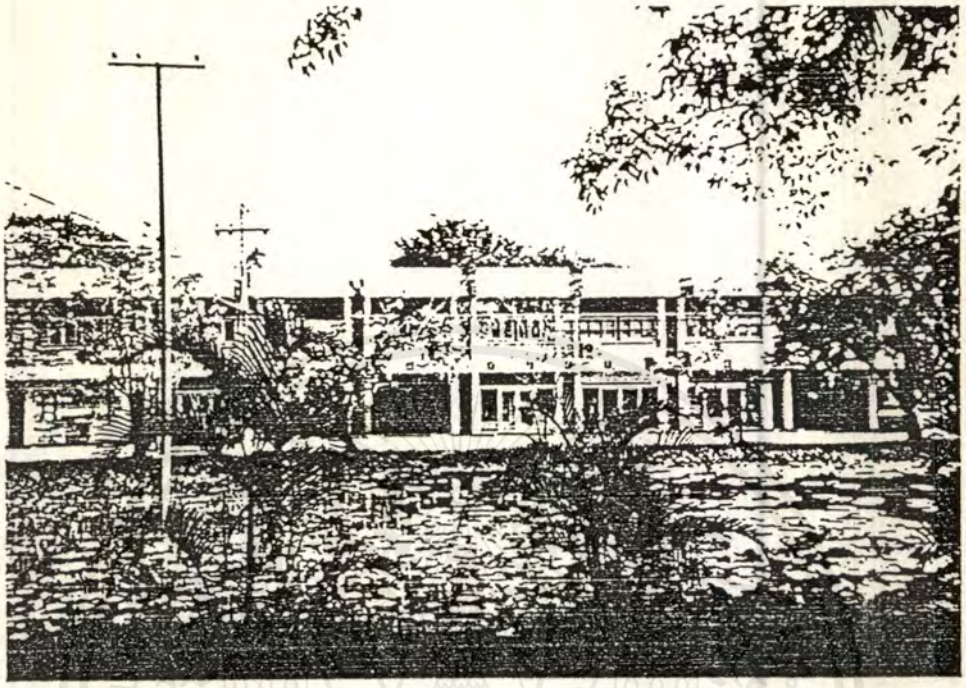
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

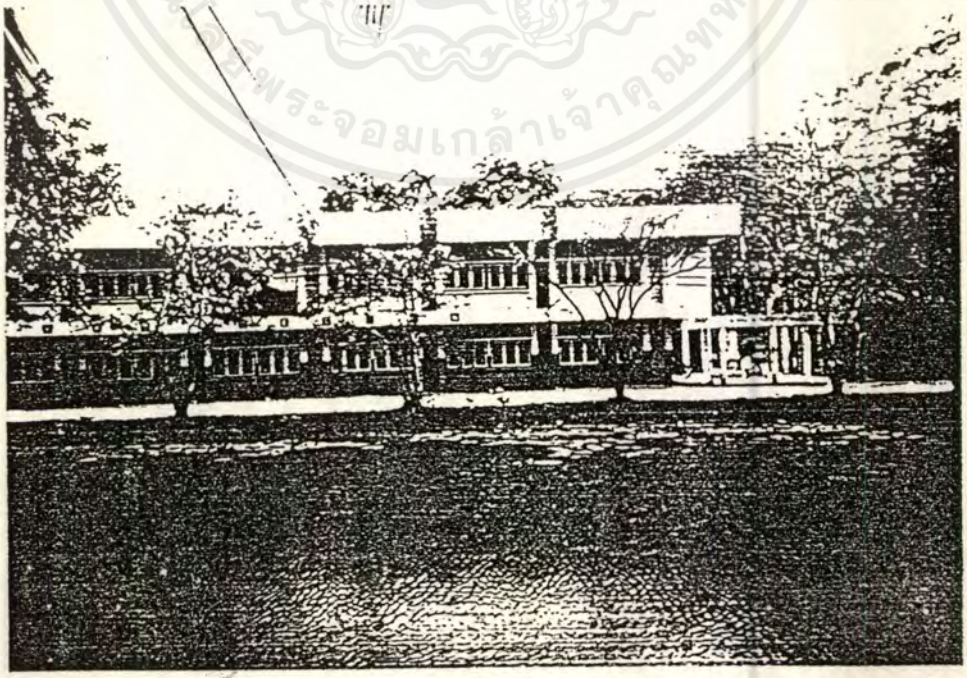




รูปที่ 6-22 อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

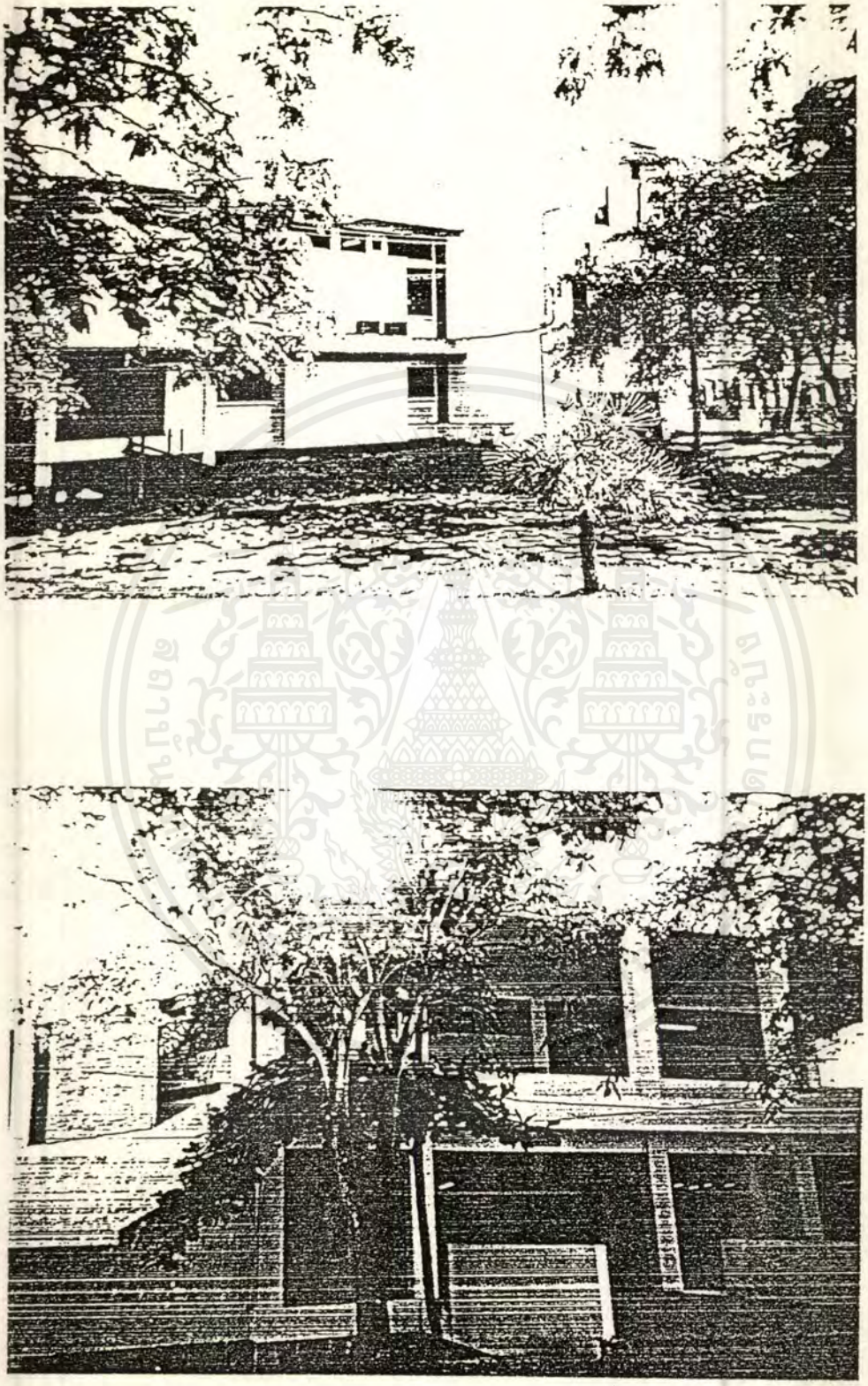
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





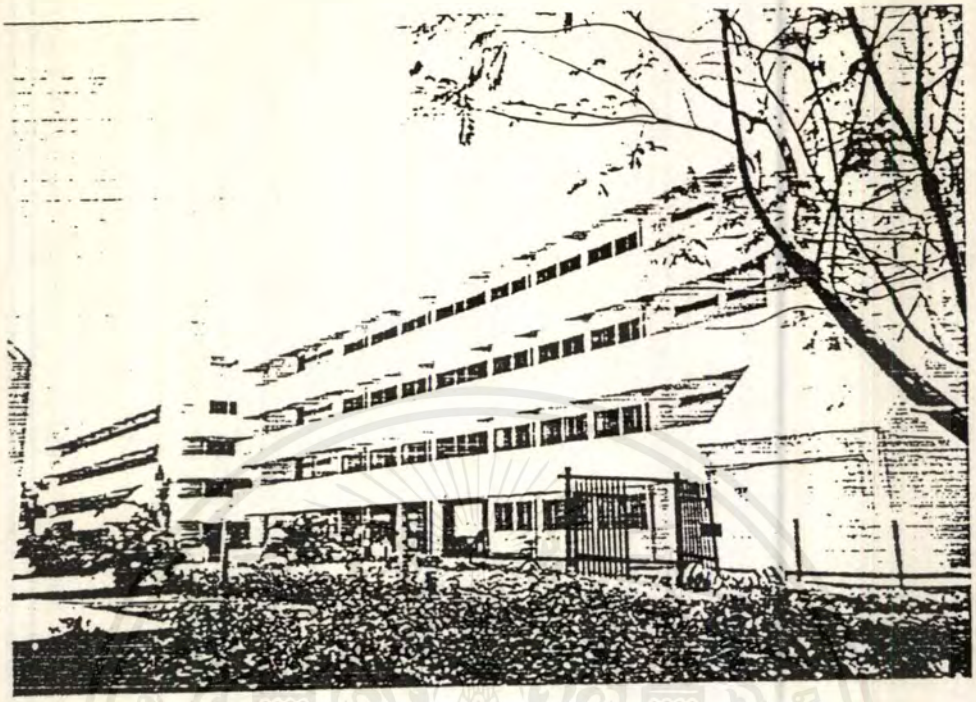
รูปที่ 6-23 อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

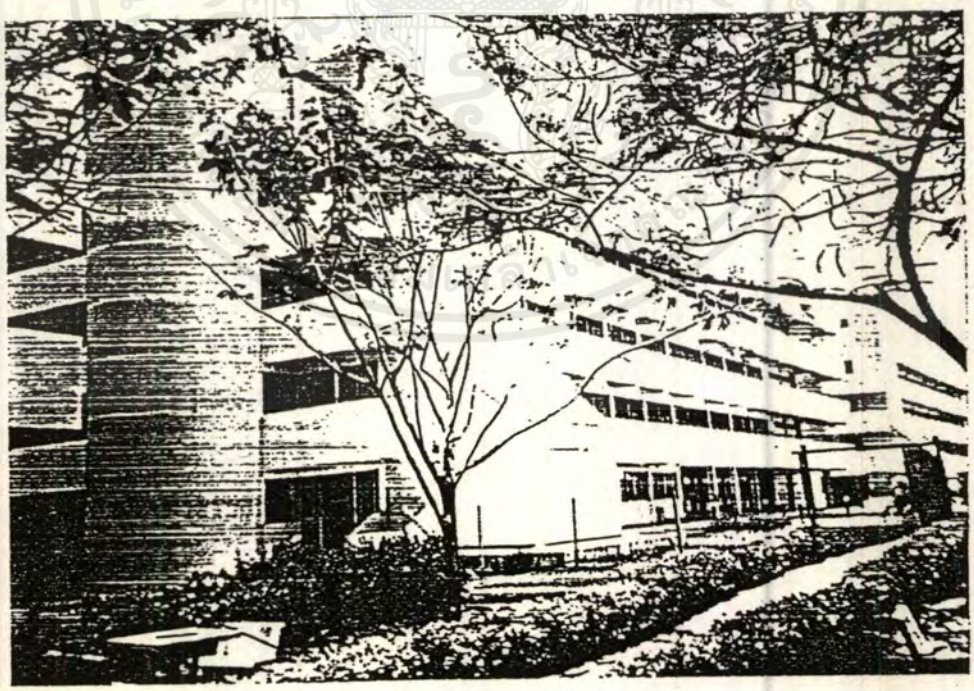
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-24 ห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

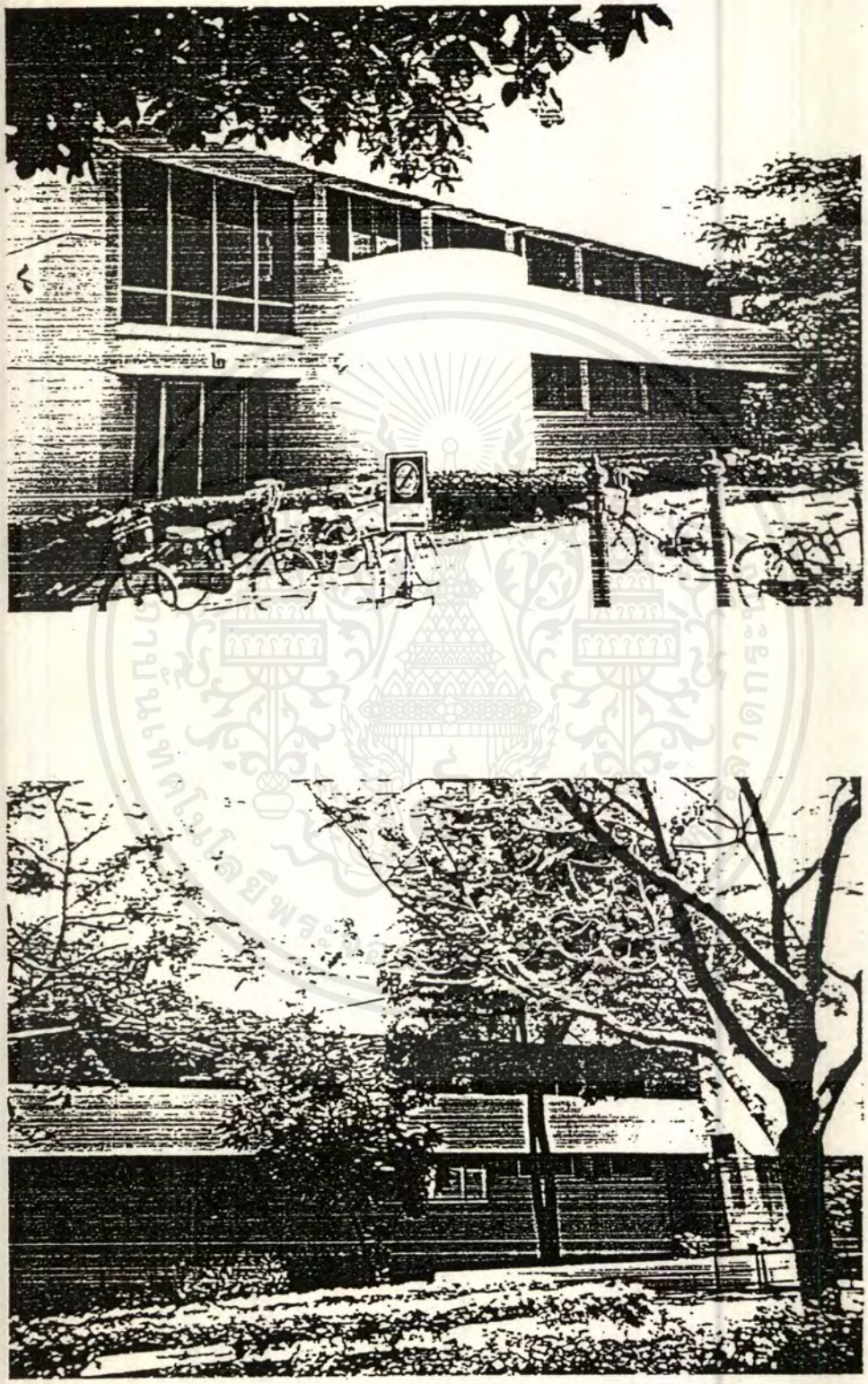
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 6-25 หอพักนักศึกษาหญิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-26 หอพักนักศึกษาชาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-1 แสดงราคาโดยใช้โครงเก่าและเพิ่มชิ้นส่วน(3,388.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	61,446,920.41
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	15,226,121.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	9,017,428.15
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	8,566,472.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	9,925,438.95
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	11,373,851.7
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	10,276,107.3
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	7,971,013.47
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	22,230,679.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	47,189,456.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	35,339,577.05
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	11,187,506.20
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,215,306.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	4,851,759.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	6,586,466.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	26,691,451.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	11,384,016.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	29,618,770.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	23,045,858.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,110,275.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	6,840,573.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	6,840,573.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	6,840,573.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	3,277,139.73
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	32,078,530.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	5,515,826.80
รวม	123,859.3	31,397.0	419,647,694.30

ตาราง 6-2 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเคร่า เผ่นแคลเซียมซิลิเกต(3,883.4 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	70,429,730.74
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	17,451,999.60
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	10,335,669.10
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	9,818,788.56
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	11,376,420.30
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	13,036,573.80
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	11,778,352.20
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	9,136,281.01
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	25,480,540.76
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	54,087,995.20
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	40,505,803.70
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	12,822,986.80
อาคารตึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,685,346.60
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	5,561,028.80
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	7,549,329.60
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	30,593,425.20
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	13,048,224.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	33,948,682.80
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	26,414,886.80
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,564,961.20
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,840,584.60
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,840,584.60
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,840,584.60
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	3,756,218.65
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	36,768,031.20
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,322,175.20
รวม	123,859.3	31,397.0	480,995,205.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 6-3 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเคร่า แผ่นยิปซั่มและโฟมโพลียูรีเทน(3,963.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	71,875,177.91
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	17,810,171.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	10,547,790.65
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	10,020,302.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	11,609,901.45
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	13,304,126.70
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	12,020,082.30
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	9,136,281.01
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	26,003,484.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	55,198,056.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	41,337,114.55
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	13,086,156.20
อาคารตึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,760,981.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	5,675,195.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	7,704,266.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	31,221,301.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	13,316,016.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	34,645,420.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	26,957,006.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,638,125.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,001,498.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,001,498.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,001,498.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	3,833,308.48
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	37,522,630.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,451,925.80
รวม	123,859.3	31,397.0	490,866,791.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 6-4 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเก่า เพ่นยิปซัมและไฟเบอร์กลาส (3,733.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	67,703,874.91
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	16,776,551.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	9,935,645.65
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	9,438,770.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	10,936,116.45
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	12,532,016.70
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	11,322,492.30
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	8,782,677.72
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	24,494,362.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	51,994,616.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	38,938,099.55
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	12,326,696.20
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,542,711.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	5,345,799.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	7,257,146.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	29,409,361.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	12,543,216.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	32,634,760.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	25,392,546.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,426,985.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,537,128.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,537,128.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,537,128.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	3,610,840.98
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	35,344,990.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,077,486.80
รวม	123,859.3	31,397.0	462,379,152.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 6-5 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเกร่า แผ่นยิปซั่มและใยเซลลูโลส(4,308.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	78,132,132.41
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	19,360,601.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	11,466,008.15
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	10,892,600.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	12,620,578.95
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	14,462,291.70
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	13,066,467.30
อาคาร ภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	10,135,451.47
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	28,267,167.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	60,003,216.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	44,935,637.05
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	14,225,346.20
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,088,386.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,169,199.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	8,374,946.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	33,939,211.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	14,475,216,.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	37,661,410.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	29,303,696.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,954,835.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,698,053.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,698,053.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,698,053.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,167,009.73
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	40,789,090.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	7,013,586.80
รวม	123,859.3	31,397.0	533,598,250.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 6-6 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเดิม แผ่นยิปซั่มและฉนวนใยหิน(3,848.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	69,789,256.41
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	17,293,361.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	10,241,718.15
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	9,729,536.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	11,273,008.95
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	12,918,071.70
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	11,671,287.30
อาคาร ภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	9,053,232.47
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	25,248,923.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	53,596,336.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	40,137,607.05
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	12,706,426.20
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,651,846.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	5,510,479.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	7,480,706.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	30,315,331.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	12,929.616.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	33,640,090.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	26,174,776.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,532,555.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,769,313.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,769,313.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	7,769,313.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	3,722,074.73
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	36,433,810.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,264,706.80
รวม	123,859.3	31,397.0	476,622,972.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตาราง 6-7 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเคร่า แผ่นยิปซั่มและโฟมโพลิสไตรอีน(4,193.1 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	76,046,480.91
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	18,843,791.40
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	11,159,935.65
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	10,601,834.04
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	12,283,686.45
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	14,076,236.70
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	12,717,672.30
อาคาร ภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	9,864,896.72
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	27,512,606.34
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	58,401,496.80
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	43,736,129.55
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	13,845,616.20
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	3,979,251.90
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,004,519.20
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	8,151,386.40
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	33,033,241.80
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	14,088,816.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	36,656,080.20
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	28,521,466.20
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,849,265.80
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,465,868.90
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,465,868.90
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,465,868.90
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,013,844.98
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	39,700,270.80
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,826,366.80
รวม	123,859.3	31,397.0	519,354,430.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง6-8แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเกร่า เม่นแกลเซียมซิลิเกตและโฟมโพลียูรีเทน(4,458.5 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	80,859,801.85
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	20,036,499.00
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	11,866,297.75
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	11,272,871.40
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	13,061,175.75
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	14,967,184.50
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	13,522,630.50
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	10,489,290.03
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	29,254,001.90
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	62,097,988.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	46,504,384.25
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	14,721,967.00
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,231,116.50
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,384,572.00
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	8,667,324.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	35,124,063.00
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	14,980,560.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	38,976,207.00
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	30,326,717.00
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	4,092,903.00
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,001,711.50
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,001,711.50
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,001,711.50
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,267,899.13
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	42,213,078.00
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	7,258,438.00
รวม	123,859.3	31,397.0	552,226,689.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-9 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเคร่า เผ่นแคลเซียมซิลิเกตและไฟเบอร์กลาส(4,228.4 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	76,686,685.24
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาควิศวกรรมเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	19,002,429.60
อาคารเครื่องมือวัดควบคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	11,253,886.60
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	10,691,086.56
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	12,387,097.80
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	14,194,738.80
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	12,824,737.20
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	9,947,945.26
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	27,744,223.76
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	58,893,155.20
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	44,104,326.20
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	13,962,176.80
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,012,751.60
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,055,068.80
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	8,220,009.60
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	33,311,335.20
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	14,207,424.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	36,964,672.80
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	28,761,576.80
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,881,671.20
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,537,139.60
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,537,139.60
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,537,139.60
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,089,919.90
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	40,034,491.20
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	6,883,835.20
รวม	123,859.3	31,397.0	523,726,664.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-10 แสดงราคาปรับปรุงโดยให้โครงเคร่า แผ่นแคลเซียมซิลิเกตและใยเซลลูโลส(4,803.5 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	87,116,756.35
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	21,586,929.00
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	12,784,515.25
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	12,145,169.40
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	14,071,853.25
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	16,125,349.50
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	14,569,015.50
อาคาร ภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	11,300,954.28
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	31,517,684.90
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	66,903,148.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	50,102,906.75
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	15,861,157.00
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,558,521.50
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,878,612.00
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	9,338,004.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	37,841,973.00
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	16,139,760.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	41,992,197.00
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	32,673,407.00
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	4,409,613.00
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,698,266.50
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,698,266.50
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,698,266.50
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,646,185.38
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	45,479,538.00
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	7,820,098.00
รวม	123,859.3	31,397.0	594,958,147.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-11 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเคร่า เม่นแคลเซียมซิลิเกตและฉนวนใยหิน(4,343.4 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	78,772,336.74
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	19,519,239.60
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	11,559,959.10
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	10,981,852.56
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	12,723,990.30
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	14,580,793.80
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	13,173,532.20
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	10,218,500.01
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	28,498,784.76
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	60,494,875.20
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	45,303,833.70
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	14,341,906.80
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,121,886.60
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,219,748.80
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	8,443,569.60
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	34,217,305.20
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	14,593,824.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	37,970,002.80
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	29,543,806.80
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,987,241.20
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,769,324.60
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,769,324.60
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	8,769,324.60
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,201,153.65
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	41,123,311.20
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	7,071,055.20
รวม	123,859.3	31,397.0	537,970,483.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-12 แสดงราคาปรับปรุงโดยใช้โครงเก่า แผ่นแกลเซียมซิลิเคตและโฟมโพลีสไตรีน (4,688.5 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	85,031,104.85
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาคเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	21,070,119.00
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	12,478,442.75
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	11,854,403.40
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	13,734,960.75
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	15,739,294.50
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	14,220,220.50
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	11,030,399.53
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	30,763,123.90
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	65,301,428.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	48,903,399.25
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	15,481,427.00
อาคารศึกกิจกรรม	949.0	522.0	4,449,386.50
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	6,713,932.00
อาคารปฏบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	9,114,444.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	36,936,003.00
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	15,753,360.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	40,986,867.00
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	31,891,177.00
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	4,304,043.00
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,466,081.50
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,466,081.50
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,466,081.50
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	4,534,951.63
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	44,390,718.00
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	7,632,878.00
รวม	123,859.3	31,397.0	580,714,328.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 6-13 แสดงราคาปรับปรุงระบบปรับอากาศ(3,439.4 บาท/ตร.ม.)

ชื่ออาคารเรียน	ปริมาณพื้นที่ปรับปรุง	ปริมาณพื้นที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ	ราคาที่ใช้ในการปรับปรุง
อาคารเรียน 12 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	18,136.1	0.0	0.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ ภาควิศวกรรมเครื่องกล	4,494.0	3,601.0	16,883,288.50
อาคารเครื่องมือวัดคุมทางอุตสาหกรรม	2,661.5	0.0	0.00
อาคาร โทรคมนาคม	2,528.4	0.0	0.00
อาคารอิเล็กทรอนิคส์และคอมพิวเตอร์	2,929.5	0.0	0.00
อาคารเรียน 6 ชั้น คณะวิศวกรรมศาสตร์	3,357.0	684.0	3,206,934.00
อาคารเทคโนโลยีการก่อสร้าง	3,033.0	520.0	2,438,020.00
อาคารภาควิศวกรรมไฟฟ้า	2,352.65	773.0	3,624,210.50
อาคารหอประชุมและห้องสมุด	6,561.4	970.0	4,547,845.00
อาคารเรียนรวมสมเด็จพระเทพฯ	13,928.0	5,949.0	27,891,886.5
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะวิทยาศาสตร์	10,430.5	0.0	0.00
อาคารเรียน 4 ชั้นคณะวิทยาศาสตร์	3,302.0	0.0	0.00
อาคารตึกกิจกรรม	949.0	522.0	2,447,397.00
อาคารห้องพักอาจารย์คณะวิทยาศาสตร์	1,432.0	0.0	0.00
อาคารปฏิบัติการฟิสิกส์	1,944.0	0.0	0.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะเกษตรฯ	7,878.0	4,344.0	20,366,844.00
อาคารเรียนและห้องสมุด คณะเกษตรฯ	3,360.0	1,408.0	6,601,408.00
อาคารเรียนและปฏิบัติการ คณะครุศาสตร์ฯ	8,742.0	0.0	0.00
อาคารศูนย์วิจัย	6,802.0	0.0	0.00
อาคารเรียน 1 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	918.0	720.0	3,375,720.00
อาคารเรียน 2 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,217,591.00
อาคารเรียน 3 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,217,591.00
อาคารเรียน 4 คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	2,019	1,966.0	9,217,591.00
อาคารห้องสมุด คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	967.25	0.0	0.00
หอพักนักศึกษาใหม่	9,468.0	4,968.0	23,292,498.00
หอพักนักศึกษาเก่า	1,628.0	1,040.0	4,876,040.00
รวม	123,859.3	31,397.0	147,204,834.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 7

สรุป

ในการศึกษาผลกระทบด้านเสียงของสนามบินสากลกรุงเทพแห่งที่สอง เป็นการรวบรวมข้อมูลจากสถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อม ซึ่งได้จัดทำแบบจำลอง และใช้คอมพิวเตอร์ในการจำลองเหตุการณ์เครื่องบินขึ้นลงในอนาคตเพื่อทดสอบหาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจริงในอนาคต โดยจะมีการแบ่งเป็นโซนที่ได้รับผลกระทบระดับผลกระทบจะใช้ระดับคอนทัวร์เสียง NEF เป็นตัวแสดงค่าซึ่งที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีระดับเสียง ที่NEF-35 หรือประมาณ 75 dB ซึ่งจะทำให้ไม่สามารถมีการเรียนการสอนตามปกติได้จึงทำการปรับปรุงอาคารเพื่อลดระดับเสียงที่เกิดจากการขึ้นลงของเครื่องบิน ให้อยู่ในระดับที่สามารถมีการเรียนการสอนตามปกติได้ การปรับปรุงจะแยกออกเป็น 3 ส่วนหลัก คือ

1. ส่วนผนังอาคาร วัสดุที่จะนำมาปรับปรุง และวิธีการปรับปรุง เป็นการรวบรวมข้อมูลที่มีในท้องตลาด ซึ่งแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ก็มีลักษณะต่าง ๆกันไป การเลือกใช้จะคำนึงถึง ประสิทธิภาพในการป้องกันเสียง ราคา ความปลอดภัยในการใช้งาน ซึ่งได้เลือกใช้ โครงเคร่า แคลเซียมซิลิเกต และ GII ด้วยฉนวนใยแก้ว

2. ส่วนประตูและหน้าต่าง จะทำการเปลี่ยน กระจกจากกระจกธรรมดาเป็นกระจกกันเสียง (laminated) เนื่องจากกระจกกันเสียงมีขนาดความหนามากกว่ากระจกธรรมดา จึงต้องเปลี่ยนเฟรมประตูและหน้าต่างใหม่ เป็นโครงอลูมิเนียมที่มีการประกอบให้สามารถป้องกันเสียงได้

3. ส่วนระบบปรับอากาศ เนื่องจากการป้องกันเสียงที่ถูกต้องจะต้องทำการปรับปรุงห้องเรียนให้เป็นระบบปิดให้มากเท่าที่จะทำได้ จึงต้องมีการติดตั้งระบบปรับอากาศ ราคาจะคิดมูลค่าของเครื่องปรับอากาศ ค่าเดินสายไฟ ค่าระบบท่อ พร้อมการเตรียมการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ

เมื่อได้ศึกษาผลกระทบ วัสดุที่ใช้ในการปรับปรุงทั้ง 3 ส่วนคือ ส่วนผนัง ส่วนประตูและหน้าต่าง และส่วนระบบปรับอากาศ ในการปรับปรุงสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ต้องใช้ ประมาณ 670,931,498.6 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. สุธีระ ประเสริฐสรรพ์, " เสียงและการควบคุมเสียงแวดล้อม ", โดย มุสงขลานครินทร์

2. เอกสารการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อมด้านเสียง ของสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อมแห่งชาติ

3. สนอง อึ่มเอม," เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศรถยนต์ ", โดย บริษัท อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน)

4. " รวมข้อมูลวิศวกรรม ", โดย บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น

5. " คู่มือฉนวนความร้อน "

6. Wood , " Practical guide to noise control " , 1972 first edition by waterlow and sons Ltd., London and Dunstable

7. F.Alton Everest ," Acoustic techniques for Home&Studio " , 1973 first edition by Tab Books and Foulsham-Tab Limited

8. David A.Bies and Colin H. Hansen , " Engineering noise control " , 1996 second edition by E & FN SPON

9. Harold W.Lord , William S.Gatley and Harold A.Evensen , " Noise Control For Engineers",1980 first edition by McGraw-Hill

10. Harold B-Olin , L Schmidt and Walter H.Lewis , " Construction Principles Materials & Methods ,by van nosuano reinhold new york

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า