



ผนังกระจกในอาคารสูง

GLASS WALL IN TALL BUILDING



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข พ.ศ. 2537 034709

GLASS WALL IN TALL BUILDING



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE

BACHELOR OF CONSTRUCTION ENGINEERING

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

KING MONGKUT' INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1994

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ ผนังกระจกในอาคารสูง

นักศึกษา นายศราวุธ พรหมเสรี รหัสประจำตัว 34107361

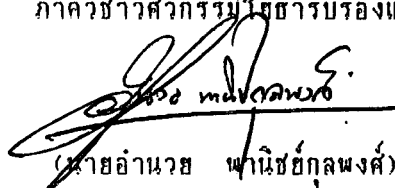
หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา สุพจน์ ศรีนิล

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
อ. สุพจน์ ศรีนิล	_____
อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ	_____

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว


(นายอำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เว้นแต่ เดือน พ.ศ. 2538
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย) ผนังกระจกในอาคารสูง

(ภาษาอังกฤษ) GLASS WALL IN TALL BUILDING

ชื่อ นายศรยุทธ พรหมเศรษฐ์

สาขา วิศวกรรมกรรมการก่อสร้าง ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ *

อาจารย์ที่ปรึกษา สุนจา ศรีนิล

บทคัดย่อ

อาคารสูงสมัยใหม่ที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ผนังภายนอกอาคารมีความสำคัญอย่างสูงต่อตัวอาคารเองทั้งในแง่ของการใช้สอย และในแง่ของความสวยงาม "กระจก" เป็นวัสดุก่อสร้างที่นิยมนำมาใช้เป็นผนังภายนอกอาคารสูงในปัจจุบัน เป็นวัสดุก่อสร้างที่ผลิตขึ้นให้มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เพื่อสามารถใช้งานได้กว้างขวาง มีประโยชน์ต่างกันไปตามคุณสมบัติของแต่ละชนิด

ในการศึกษาครั้งนี้ เราจะศึกษาถึงรายละเอียดในการนำกระจกมาเป็นผนังภายนอกของอาคารสูงในปัจจุบัน เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลสำหรับผู้ต้องการศึกษาทั้งทางวิศวกรรมและทางสถาปัตยกรรม

Title : GLASS WALL IN TALL BUILDING

Name : MR.SARAYUT PROMSRERANEE

Field : CONSTRUCTION ENGINEERING Department : CIVIL ENGINEERING

Faculty : ENGINEERING

Advisor : MR.SUPOJ SREENIL

ABSTRACT

Outside walls are the significant components of the modern high-rise buildings , when one think about the versatile and beautiful looking of those buildings. "Mirror" is one of widespread material using with the outside wall of the modern skyscrapers. These material are one made into varieties properties accounted with many objective usage and benefit

This special project is concentrated about the usage of the mirrors as the outside wall of the buildings. This research can be the benific to the one who wish to study the further engineering and architectural aspects.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ ได้รับความดีขอมอบให้แก่บุคคลผู้ให้ความอนุเคราะห์
ตลอดจนแนะนำในด้านต่างๆ ต่อผู้จัดทำนี้

อาจารย์ สุพจน์ ศรีวิล

- อาจารย์ที่ปรึกษา และให้คำชี้แนะในการค้นคว้า

คุณ สุวิทย์ วงศ์วิวัฒน์

- ผู้จัดการทั่วไป บริษัท อัลเฟบ (ประเทศไทย) จำกัด

คุณ สมชาย จีรบุญไพสิฐ และ คุณ พงศ์ศักดิ์ เต็มพัฒนาพิทักษ์

- สถาปนิก บริษัท ไทยโคโนอิเกะ คอนสตรัคชั่น จำกัด

ผู้ซึ่งช่วยเหลือในด้านข้อมูล

ผู้จัดทำ

นายศรายุทธ พรหมเสริม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VII
สารบัญภาพ	X
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	2
1.2 วิธีการดำเนินงาน	3
1.3 ผลที่คิดว่าจะได้รับ	3
2. กระจกแผ่นชนิดต่าง ๆ	4
1. ชนิดและประเภทของแก้ว	4
2. ส่วนผสมของวัตถุดิบ	8
3. คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจก	8
4. ขั้นตอนการผลิตกระจกโดยสังเขป	9
5. ลักษณะพิเศษของการผลิตกระจก	12
6. ชนิดของกระจก	12
7. การแปรสภาพกระจกเพื่อประยุกต์ใช้	16
8. ข้อมูลด้านเทคนิค	19
9. ข้อมูลผลิตภัณฑ์	24
10. ข้อควรระวัง ข้อแนะนำ และการบำรุงรักษา	33

	หน้า
11. ราคาของกระจกแผ่น	38
3. ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์แรงลม	45
3.1 วิธีของเครเมอร์	45
3.2 กฎลอการิทึม	45
3.3 ค่าแรงลมเฉลี่ย	46
4. การออกแบบค่าแรงลมเฉลี่ย	50
4.1 ลักษณะของข้อมูล	50
4.2 สมมติฐาน	50
4.3 ขั้นตอนการหาค่าความเร็วลมออกแบบ	51
5. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวงกบและกรอบบานโลหะสำหรับประตูและหน้าต่าง : หน้าต่างอลูมิเนียม	77
1. ขอบข่าย	77
2. บทนิยาม	77
3. ประเภทและชนิด	79
4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน	83
5. วัสดุและการทำ	86
6. คุณสมบัติที่ต้องการ	90
7. เครื่องหมายและฉลาก	93
8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน	94
9. การทดสอบ	95
6. CURTAIN WALL	97
1. ชนิดของ CURTAIN WALL	98
2. ข้อดีและข้อเสียของ CURTAIN WALL	103
3. ข้อควรคำนึงถึงในการออกแบบ CURTAIN WALL	104

4.	วิธีการดำเนินการในการออกแบบ	หน้า
5.	การเปรียบเทียบราคาของระบบ CURTAIN WALL	110
7.	สรุปและเสนอแนะ	112
ภาคผนวก		116
		121



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงขนาดของกระจก	14
2. แสดงขนาดมาตรฐานของกระจกลาย	15
3. คุณสมบัติวัสดุรอบอาคาร	20
4. การกรองเสียงของกระจกแผ่น	22
5. การกรองเสียงของวัสดุผนังชนิดอื่น	23
6. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกโฟลท	25
7. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกโฟลทสีตัดแสง	26
8. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกฉนวนลาย	27
9. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกสะท้อนแสง	28
10. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกฝ้า	29
11. ข้อมูลจำเพาะของกระจกสุญญากาศ	30
12. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกเทมเปอร์	31
13. ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกลามิเนต	32
14. แสดงส่วนของผนังกระจกที่ต้องใช้วัสดุอุด	36
15. ราคากระจกนิรภัยเทมเปอร์	38
16. ราคากระจกนิรภัยลามิเนต	39
17. ราคากระจกฉนวนลาย	40
18. ราคากระจกเสริมลวด	41
19. ราคากระจกสุญญากาศ	42
1-1 ค่าหน่วยแรงลมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างตามข้อบัญญัติ กรุงเทพมหานคร ปี พ.ศ. 2522 [1]	48

2-1 ค่า Z P และ [11] 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2-2 ลักษณะของสภาพภูมิประเทศแบบต่าง ๆ [11] 49

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม หากมีข้อสงสัยหรือข้อผิดพลาดใดๆ กรุณาแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-1	ข้อมูลแรงลมที่ได้จากสถานีตรวจอากาศดอนเมือง	51
3-2	ค่าคาดหวังความเร็วลม [DONMUANG]	55
3-2.1	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 30 ปี [DONMUANG]	56
3-2.2	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 50 ปี [DONMUANG]	57
3-2.3	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 100 ปี [DONMUANG]	58
3-3	ค่าคาดหวังความเร็วลม [UBON]	59
3-3.1	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 30 ปี [UBON]	60
3-3.2	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 50 ปี [UBON]	61
3-3.3	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 100 ปี [UBON]	62
3-4	ค่าคาดหวังความเร็วลม [CHIANGMAI]	63
3-4.1	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 30 ปี [CHIANGMAI]	64
3-4.2	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 50 ปี [CHIANGMAI]	65
3-4.3	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 100 ปี [CHIANGMAI]	66
3-5	ค่าคาดหวังความเร็วลม [CHONBURI]	67
3-5.1	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 30 ปี [CHONBURI]	68
3-5.2	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 50 ปี [CHONBURI]	69
3-5.3	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 100 ปี [CHONBURI]	70
3-6	ค่าคาดหวังความเร็วลม [SONGKLA]	71
3-6.1	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 30 ปี [SONGKLA]	72
3-6.2	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 50 ปี [SONGKLA]	73
3-6.3	หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kg/sq.m) คาบการกลับ 100 ปี [SONGKLA]	74
5.1	ระยะแฉ่นตัว	90
5.2	อัตราความเร็วของอากาศ	91
5.3	ความดันที่ใช้ทดสอบการรั่วของน้ำ	91

5.4. แผนการชักตัวอย่าง

94



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
1.1 แสดงกระบวนการผลิตกระจกแผ่น	10
1.2 แสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกแผ่นแบบต่าง ๆ	11
1.3 แสดงกระจกดอกกลวดลายต่างชนิดกัน	14
1.4 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์	17
1.5 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัยหลายชั้น	17
1.6 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกฉนวน	18
1.7 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกเงา	18
1.8 แสดงการดูดซับความร้อนของกระจกตัดแสงทำให้กระจกแตกร้าว	21
1.9 แสดงการยึดริมกระจกของช่องแสงอาคาร	35
1. หน้าต่างบานเปิด	80
2. หน้าต่างบานเลื่อน	81
3. หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว	81
4. หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว	82
5. หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง	82
6. ช่องแสงติดตาย(F)	83
7. หน้าต่างบานเปิด(C)	84
8. หน้าต่างบานเลื่อน(S)	84
9. หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว(P)	85
10. หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว(PI)	85
11. หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง(V)	86
5.1 CURTAIN WALL แบบ grid system ชนิด stick system	98
5.2 CURTAIN WALL แบบ grid system ชนิด panel and mullion	99
5.3 CURTAIN WALL แบบ panel system	100

คำนำ

ปัจจุบันมีการก่อสร้างอาคารสูงมากขึ้น เนื่องจากราคาที่ดินมีราคาสูงมาก แต่ต้องการพื้นที่ใช้สอยมากตามความต้องการในการใช้งาน ซึ่งอาคารสูงในปัจจุบันส่วนมากจะใช้นั่งอาคารเป็นกระจก ซึ่งเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีเทคโนโลยีการผลิตให้มีสมบัติพิเศษต่างๆ กัน เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

แต่ข้อมูลต่างๆ ก็ยังเป็นรู้กันในหมู่แคบๆ ไม่แพร่หลาย ดังนั้นจึงทำการรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับผนังกระจกที่ใช้ในอาคารสูง เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ประกอบการทำงาน หรือเป็นแหล่งข้อมูลค้นคว้าสำหรับผู้สนใจ ในด้าน คุณสมบัติ ราคา ปัญหาในการใช้งาน เทคนิคการก่อสร้าง การบำรุงรักษา

เพื่อให้สามารถคาดการณ์และสามารถเลือกประเภท ชนิด ในการใช้งานได้
อย่างเหมาะสม ถูกต้อง

บทที่ 1

บทนำ

ผนังรอบอาคารซึ่งเป็นผนังภายนอกอาคาร มีความสำคัญอย่างสูงต่อตัวอาคารเองทั้งในแง่ของการใช้สอย และในแง่ของความสวยงาม อนึ่งเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของผนังรอบอาคาร จึงมีการออกแบบให้เป็นชิ้นส่วนโครงสร้างรับน้ำหนักได้อีกด้วย สำหรับอาคารที่ไม่สูงมากนักผนังรอบอาคารอาจใช้วิธีการก่อสร้างตามปกติธรรมดา คือ ก่ออิฐฉาบปูนแล้วตกแต่งด้วยวัสดุตกแต่งภายนอก แต่เมื่อการก่อสร้างได้ก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับ อาคารสูงมากขึ้น และเทคนิคการก่อสร้างก้าวหน้าไปมากทำให้ก่อสร้างได้เร็วเสร็จสิ้นในช่วงเวลาอันสั้น อย่างไรก็ตามความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาการเหล่านี้จะต้องอาศัยประสบการณ์และเทคโนโลยีที่สูงขึ้นเพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อสาธารณชน อีกทั้งยังจะต้องให้เกิดประโยชน์ต่อการใช้สอยได้อย่างดี มีความทนทาน และคงสภาพความสวยงามไว้นาน

ผนังรอบอาคารมีความคาบเกี่ยวในความรับผิดชอบระหว่างวิศวกรและสถาปนิกมากขึ้นเป็นลำดับ เพราะผนังรอบอาคารมีผลกระทบโดยตรงต่อวิศวกรรมโครงสร้าง เช่น แรงลม การแอ่นตัว การขยายตัว กำลังของผนังเอง และกำลังและการโยกตัวของอาคารส่วนวิศวกรรมระบบจะมีผลต่อความร้อนในอาคาร การใช้พลังงานและแสงสว่างในอาคาร รวมทั้งการระบายน้ำที่ผิวอาคาร ทั้งนี้ความสำคัญทางสถาปัตยกรรมเกี่ยวกับการใช้สอยพื้นที่ในอาคารและความสวยงามของตัวอาคารที่มองจากภายนอก

การออกแบบอาคารสมัยใหม่ ไม่ว่าจะเป็น อาคารที่พักอาศัย อาคารพาณิชย์ อาคารสำนักงานหรืออาคารห้างสรรพสินค้าต่างๆ ไม่ได้เน้นเพียงรูปทรงที่ดูแปลกใหม่เท่านั้น แต่การใช้วัสดุก่อสร้างก็ได้มีการคิดค้น พัฒนาขึ้นมา " กระจก " เป็นวัสดุก่อสร้างอีกประเภทหนึ่งที่ใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันผลิตขึ้นให้มีคุณสมบัติพิเศษต่างๆ กันเพื่อสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ไม่เฉพาะแต่การใช้เพื่อตกแต่งเท่านั้น แต่กระจกเข้ามามีบทบาทแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผนังไม้และคอนกรีตด้วยผิวเรียบ เป็นผนังของกระจกให้ความรู้สึกที่ทันสมัย สบายๆ ซึ่งได้มีการพัฒนาให้มีขนาดรูปแบบและประโยชน์ใช้สอยแตกต่างกันออกไป ซึ่งกระจกสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง

วัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์ที่สำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้คือ

1. ศึกษา และรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับการนำกระจกมา เป็นผนังในอาคาร
2. เพื่อที่สามารถตัดสินใจเลือกใช้ประเภทของกระจกในการก่อสร้างอย่างเหมาะสม
3. หาค่าหน่วยแรงลมเฉลี่ย ที่ใช้ในการออกแบบอาคารสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดำเนินงาน

1. รวบรวมข้อมูลทางด้านทฤษฎี โดยแสวงหาข้อมูลได้จาก ตำราทางวิชาการ เอกสาร บทความ สิ่งตีพิมพ์ รายงานโครงการพิเศษ
2. ติดต่อขอข้อมูล ขอความคิดเห็น จากบริษัทต่างๆที่ดำเนินงานทางด้านผนังกระจกโดยตรง เพื่อให้มีความชัดเจนในส่วนองวิธีการดำเนินการ ปัญหา อุปสรรคต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างแท้จริง

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกใช้ประเภท ชนิด การออกแบบ ได้อย่างเหมาะสมถูกต้องตามความต้องการ
2. ผลจากการทำโครงการพิเศษ สามารถก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ต้องการทำการศึกษาค้นคว้าได้สะดวก และมีความสมบูรณ์

บทที่ 2

กระจกแผ่นชนิดต่างๆ

ประวัติและวิวัฒนาการของแก้ว

การที่มนุษย์พยายามที่จะคิดค้น เพื่อหาสิ่งที่เป็นประโยชน์แก่วิถีชีวิต ดังจะเห็นได้จากกำรที่มนุษย์ได้พยายามก่อสร้างบ้านเรือนที่อยู่อาศัยแทนการอยู่อาศัยในถ้ำ หรือโพรงไม้ เมื่อหลายพันปีก่อนและได้วิวัฒนาการเรื่อยมาจากสภาพที่เป็นเพิงบ้านเพื่ออยู่กลายมาเป็นอาคารที่มีความสวยงาม อย่างไรก็ตามมนุษย์ก็ได้หยุดยั้งความคิดของตนเพื่องเท่านั้น เมื่อมนุษย์ได้เห็นเงาของตนเองเกิดขึ้นในท้องน้ำ ดังนั้นมนุษย์จึงได้เกิดการค้นคิดประดิษฐ์สิ่งที่มาสะท้อนเงาของตนเองขึ้นมาให้ชัดเจนกว่าที่ตนเองเห็น

กระจก คือผลผลิตจากความคิดคำนึงของมนุษย์ที่นับวัน จะยิ่งเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตประจำวันของเราอย่างแนบแน่นควบคู่ไปกับความจริงของบ้านเมือง

1. ชนิดและประเภทของแก้ว

คำว่า "แก้ว" สิ่งแรกที่ทุกคนมักจะนึกถึงกันคือ เครื่องแก้ว แต่ที่จริงแล้วคำว่าแก้วนั้นมีความหมายครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์ต่างมากมาย ตั้งแต่ เครื่องแก้ว กระจกแผ่นรวมไปถึงผลิตภัณฑ์ใยแก้ว

ผลิตภัณฑ์แก้วสามารถที่จะแบ่งแยกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

1.1 ผลิตภัณฑ์เครื่องแก้ว ได้แก่

- 1.1.1 ภาชนะเครื่องแก้วที่ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น แก้ว ขวด ฯลฯ
- 1.1.2 แก้วสำหรับใช้ในห้องทดลอง และในด้านการแพทย์ เช่น แก้ว-ทนไป หลอดชา
- 1.1.3 แก้วสำหรับงานไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ เช่น หลอดไฟ หลอด-วิทยุ
- 1.1.4 แก้วสำหรับงานทางด้านทัศนศาสตร์ เช่น เลนส์ และงานอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ผลิตภัณฑ์กระจกแผ่น ได้แก่

- 1.2.1 กระจกชี้ท (Sheet Glass)
- 1.2.2 กระจกโฟลท (Float Glass)
- 1.2.3 กระจกขัดผิว (Polished Glass)
- 1.2.4 กระจกดอกวาดลาย (Figured Glass)
- 1.2.5 กระจกสอดลวด (Wired Glass)
- 1.2.6 กระจกตัดแสง (Heat Absorbing Glass)
- 1.2.7 กระจกสะท้อนแสง (Heat Reflecting Glass)
- 1.2.8 กระจกนิรภัยหลายชั้น (Laminated Safety Glass)
- 1.2.9 กระจกนิรภัยเทมเปอร์ (Tempered Safety Glass)
- 1.2.10 กระจกฉนวน (Sealed Insulating Glass)
- 1.2.11 กระจกเงา (Mirror)
- 1.2.12 และอื่น ๆ

1.3 ผลิตภัณฑ์ใยแก้ว ได้แก่

- Continuous Fibers
- Short Fiber
- Optical Fiber
- Alkali-Resistant Fiber

1.3.1 การกำเนิดแก้ว

แก้วนั้นถูกทำขึ้นครั้งแรกในดินแดนเมโสโปเตเมีย หรืออียิปต์ เมื่อหลายพันปีก่อนคริสต์ศักราช แต่แก้วได้รับความนิยมนำมาใช้สอยกันกว้างขวางเมื่อราว 3,500 ปีมานี้เอง แก้วในสมัยโบราณมีความแตกต่างจากแก้วในสมัยปัจจุบันนี้มาก ชาวเมโสโปเตเมียและชาวอียิปต์มีวิธีการทำแก้วอยู่ 2 วิธีด้วยกันคือ วิธีแรกนั้นใช้แม่พิมพ์ที่ข้างในทำด้วยทรายแล้วจึงหุ้มด้วยแก้วที่หลอมละลาย ส่วนวิธีที่ 2 นั้นต้องใช้แม่พิมพ์ 2 อัน วางซ้อนกันด้านนอกใหญ่กว่า เว้นช่องว่างระหว่างแม่พิมพ์ทั้งสองไว้ แล้วเทน้ำแก้วลงไป

1.3.2 การคิดค้นการเป่าแก้ว

ในยุคจักรวรรดิโรมัน ราว 30 ปี ก่อนคริสต์ศักราชถึงคริสต์ศักราชที่ 395 ได้มีการนำเทคนิคการเป่าแก้วมาใช้ วิธีนี้ทำได้โดยการนำท่อเหล็กกลวงจุ่มลงในน้ำแก้วที่หลอมละลาย น้ำแก้วจะติดที่ปลายท่อเหล็ก จากนั้นก็เป่าท่อเหล็กที่ปลายท่ออีกด้านหนึ่งทำให้แก้วจะพองออกคล้ายลูกโป่ง การขยายตัวออกในลักษณะนี้ทำให้แก้วมีเนื้อที่ผิวหน้าที่สัมผัสอากาศมากยิ่งขึ้น มีผลทำให้แก้วซึ่งเดิมอยู่ในลักษณะแก้วเหลวที่มีอุณหภูมิถึงราว 800 องศาเซลเซียสเย็นลง และแข็งตัวได้อย่างรวดเร็ว

พวกเครื่องแก้วชิ้นเล็ก ๆ จะเย็นตัวลง และแข็งตัวภายในเวลา 2-3 นาที ส่วนพวกที่มีชิ้นใหญ่กว่าจะใช้เวลาแค่ 10 นาทีเท่านั้น ซึ่งหมายความว่า การผลิตแก้วเป็นจำนวนมาก ๆ ซึ่งเมื่อก่อนทำได้ยากก็สามารถที่จะทำได้แล้ว

1.3.3 กำเนิดกระจกแผ่น

ความก้าวหน้าในการผลิตกระจกแผ่นเป็นผลมาจากการที่กระจกเงาแบบฝรั่งเศสได้รับความนิยมอย่างสูงสุด และช่วยทำให้การผลิตกระจกแผ่นแบบอุตสาหกรรมหรือการผลิตกระจกในปริมาณมากเป็นไปได้อย่างสะดวก

1.3.4 จากแรงงานมนุษย์สู่เครื่องจักร

การผลิตกระจกแผ่นนั้น เริ่มต้นครั้งแรกราวศตวรรษที่ 7 โดยชาวซีเรีย ซึ่งได้คิดค้นและพัฒนากระบวนการผลิตกระจกขึ้นมา คือการผลิตโดยวิธีการซึ่งเหมาะสำหรับการผลิตกระจกขนาดเล็ก เพราะขนาดของกระจกที่ผลิตได้จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 36-40 นิ้วเท่านั้น

ความต้องการกระจกขนาดใหญ่เริ่มมีมากขึ้น การค้นคว้าและการพัฒนาเพื่อหาวิธีการผลิตกระจกแผ่นดังกล่าวประสบความสำเร็จในปี ค.ศ. 1688 โดยชาวฝรั่งเศส ชื่อ Lucas De Nehou ทำการผลิตกระจกโดยวิธี Table Casting Process วิธีการก็คือ นำน้ำแก้วที่หลอมละลายเทลงบนพื้นโต๊ะที่ปูด้วยแผ่นโลหะ จากนั้นก็รีดหรือทับด้วยลูกกลิ้งเหล็กแล้วนำไปขัดผิวอีกครั้งหนึ่ง

ในราวปี ค.ศ. 1800 ได้มีการนำเอาวิธีการผลิตกระจกแผ่น

โดยวิธี Cylinder Blown Process ซึ่งคิดค้นได้ในราวปี ค.ศ. ที่ 11 ได้นำกลับมาใช้

ศตวรรษที่ 20 ยุคแห่งการพัฒนากระจกแผ่น

ในช่วงศตวรรษที่ 20 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้กลายมาเป็นประเทศที่เด่นมากในการผลิตกระจกแผ่นที่มีความแพร่หลายมาจากทางยุโรป การพัฒนาและการคิดค้นหาได้หยุดแต่เพียงแค่นั้นไม่ ในปี ค.ศ. 1913 Emile Fourcault ชาวเบลเยียมได้คิดค้นการผลิตกระจกแผ่นขึ้นมา โดยการดึงน้ำแก้วที่กำลังหลอมอยู่ในเตาเป็นแผ่นขึ้นมาตามแนวตั้ง (Vertical Drawing Method) จึงเรียกวิธีนี้ว่า Fourcault Process และในปี ค.ศ. 1916 Irving W. Colburn ชาวสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาและดัดแปลงวิธีการ Fourcault Process เสียใหม่ โดยการเปลี่ยนแปลงในส่วนของน้ำแก้วที่ถูกดึงขึ้นตามแนวตั้งให้มีการหักโค้งไปตามแนวราบหลังจากที่ถูกดึงขึ้นประมาณ 2-3 ฟุต วิธีการนี้เรียกว่า Colburn Process กระจกที่ได้จากการผลิตวิธีดังกล่าว โดยทั่วไปเรียกว่า "กระจกชัก" และต่อมาได้มีการคิดการผลิตกระจกโดยวิธีผ่านลูกกลิ้ง เพื่อผลิตกระจกแผ่นชนิดหนา และกระจกชนิดมีดอกกลวดลาย กระจกกลวด ซึ่งเป็นที่นิยมแพร่หลายในปัจจุบัน

อย่างไรก็ตามแม้ว่าการผลิตกระจกแผ่นตามวิธีดังกล่าว จะได้กระจกแผ่นที่มีคุณภาพดีมากก็ตาม แต่เมื่อคำนึงถึงระยะเวลาและค่าใช้จ่ายแล้วยังคงสูงอยู่นั่นเอง ดังนั้นในปี ค.ศ. 1959 เมื่อบริษัท Pilkington Brothers ซึ่งได้เพียรพยายามคิดค้นและพัฒนาวิธีการใหม่นี้ขึ้นเรียกว่า Float Process

Float Process เป็นระบบการผลิตกระจกที่มีความทันสมัยที่สุดในปัจจุบัน จุดเด่น คือนอกจากจะให้การผลิตที่สูงมาก และกระจกที่คุณภาพดีเยี่ยมแล้ว ยังเป็นระบบที่ประหยัดเชื้อเพลิงได้เป็นอย่างดีอีกด้วย

1. วัตถุดิบที่ใช้ประโยชน์ในการผลิตกระจก

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตกระจกแผ่นเรียบนั้น ได้แก่ ทรายแก้ว โซดาแอช หินปูน โซเดียมซิลเฟต หรือหินฟันม้า หินโดโลไมท์ และเศษกระจก ซึ่งกว่าร้อยละ 80 ของวัตถุดิบที่มีอยู่แล้วภายในประเทศไทย นอกจากนี้ยังมีสารอื่นที่ใส่เพิ่มลงไป เพื่อทำให้เกิดสีในการผลิตกระจกสี ได้แก่ ออกไซด์ของธาตุต่าง ๆ เช่น เหล็กนิเกิล และโคบอลต์

สำหรับเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในการผลิตกระจกนั้น คือแต่เดิมใช้ถ่านหิน ต่อมาจึง

2. ส่วนผสมของวัตถุดิบ

สัดส่วนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจกแผ่นนั้น อาจจำแนกเป็นอัตราส่วน ร้อยละได้ ดังนี้

- ทรายแก้ว	45.5%
- โซดาแอช	11.8%
- โซเดียมซิลเฟต	1.2%
- หินโดโลไมท์	1.4%
- หินปูน	3.1%
- หินฟอสฟา	9.7%
- เสงษกระจก	27.3%

3. คุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตกระจก

3.1 ทราย ทรายที่จะนำมาใช้ในการทำแก้วนี้ ได้มาจากแหล่งวัตถุดิบที่จังหวัดระยอง อำเภอแกลง บริเวณช่องระหว่างแหลมแม่พิมพ์ กับวังแก้ว ซึ่งตามข้อกำหนดของโรงงานจะต้องเป็นทรายที่มีซิลิกามากกว่า 99.4% และมีเหล็กออกไซด์น้อยกว่า 0.06% สำหรับปริมาณความชื้นที่มีอยู่ในทรายยังไม่ได้กำหนดเป็นปริมาณความชื้นที่แน่นอน เมื่อใช้การผสมแบบธรรมดา แต่เมื่อนำมาใช้กับโรงผสมอัตโนมัติจะต้องมีความชื้นไม่มากกว่า 5% ทรายที่ใช้ได้จะมีสีค่อนข้างขาว เป็นเม็ดละเอียดผ่านตะแกรงร่อนมาตรฐาน เบอร์ 100

3.2 โซดาแอช เป็นส่วนผสมที่ทำให้เกิดในโตรเจนออกไซด์ ซึ่งทุกวันนี้ใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเป็นตัวช่วยในการผสมวัตถุดิบ ช่วยให้เป็นเนื้อแก้ว

3.3 โซเดียมซิลเฟต จะให้ Na_2O เป็นประมาณ 43% และบางที่อาจพบว่ามีเหล็กมากกว่าปกติ ช่วยป้องกันการแยกชั้นที่ผิวที่เรียกว่า Silica Scum หรือ Layer of Filica ใล่ฟองอากาศ

3.4 หินโดโลไมท์ ประกอบด้วยแร่โดโลไมท์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) เป็นส่วนใหญ่ หินพวกนี้มักเกิดจากการที่มีสารละลาย ซึ่งมีแมกนีเซียมผสมอยู่เข้าไปทำปฏิกิริยากับหินปูน

ทำให้เกิดเป็นโดโลไมท์ขึ้นมา มีเพียงเล็กน้อยที่เกิดจากการตกตะกอนทางเคมี เอกสารนี้เป็นเอกสารที่แจ้งถึงวิธีใช้และการใช้งานเพื่อให้เกิดความเข้าใจในเบื้องต้น ไม่ใช่ว่าการนี้ใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3.5 หินปูน ประกอบด้วยแร่แคลไซต์ (CaCO_3) เป็นส่วนใหญ่ หินปูนเกิดในน้ำทะเลเป็นหินเนื้อละเอียด อาจเกิดโดยกรรมวิธีทางอินทรีย์เคมี หรือทางอินทรีย์เคมี คือมีสิ่งมีชีวิตเป็นตัวช่วยก็ได้ บางครั้งก็อาจเป็นเม็ดผสมอยู่ (Clastic Texture) หินปูนบางชนิดอาจประกอบด้วยซากพืช ซากสัตว์ ที่บดบดกันอยู่ เช่น ชอล์ค (Chalk) เกิดจากสัตว์เซลล์เดียวที่บดบดกัน และแข็งตัวเป็นหินโดคิวยา เกิดจากเปลือกหอยหรือสัตว์อื่น ๆ มีขนาดใหญ่ที่บดบดกัน นอกจากนี้หินปูนยังอาจเกิดในน้ำจืด เช่น ตามลำธาร ตามถ้ำหินปูน เรียกว่า "หินปูนน้ำจืด" (Dripstone)

คุณสมบัติ มีประกายเหมือนแก้ว หรือมุก แนวแตกสามทิศทางคือมากทำมุม 75 องศา และ 105 องศา เป็นพองฟู เมื่อเกิดกรดเกลือจากพบเป็นก้อน เนื้อแน่น หรือเป็นรูปขนนก เปียกปูนขึ้นเกิดจากแนวแตกทั้งสาม หรือ เป็นรูปผลึกคล้าย "ฟัน"

3.6 เฟลด์สปาร์ เป็นชุดของแร่ที่พบมากที่สุดในโลก คือมีถึง 60% ของแร่ทั้งหมดบนเปลือกโลก

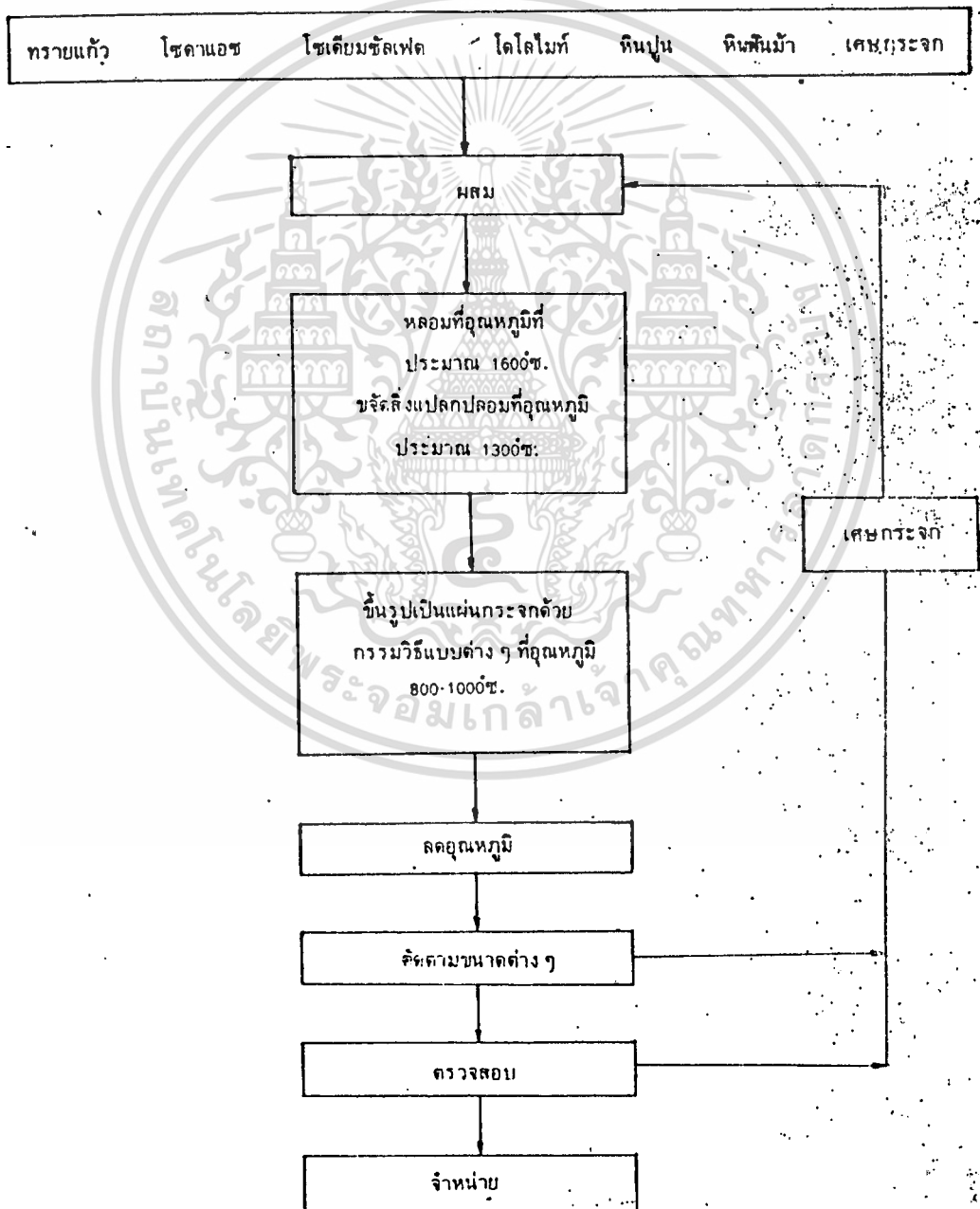
คุณสมบัติเฟลด์สปาร์ ประกอบด้วยในแร่ ออร์โทเคลส ไมโครไคลท์ สีขาว (สีเหลือง) จาง ๆ ครีมน ก็เกิดเป็นรูปผลึกสั้น ๆ ผิวของแนวแตกเรียบเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ในการผลิตเฟลด์สปาร์ เป็นวัตถุดิบตัวหนึ่งที่เป็นแหล่งของอลูมินา ซึ่งเป็นแหล่งสำคัญมากที่สุดในการนำมาหลอมระหว่างอุณหภูมิ 1,100-1,200 องศาเซลเซียส

เฟลด์สปาร์มีสูตรทั่วไปคือ $\text{R}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ โดยที่ R_2O จะเป็นพวก Alkali Oxide เช่น K_2O ซึ่งมีอยู่ใน Microcline หรือ Na_2O ใน albit นอกจากนี้ยังมี Sodium และ Potassium ในรูปอื่น ซึ่งนำมาใช้ในการผลิต

4. ขั้นตอนการผลิตกระจกโดยสังเขป ๖ ขั้นตอนที่ 1.1 ประกอบ

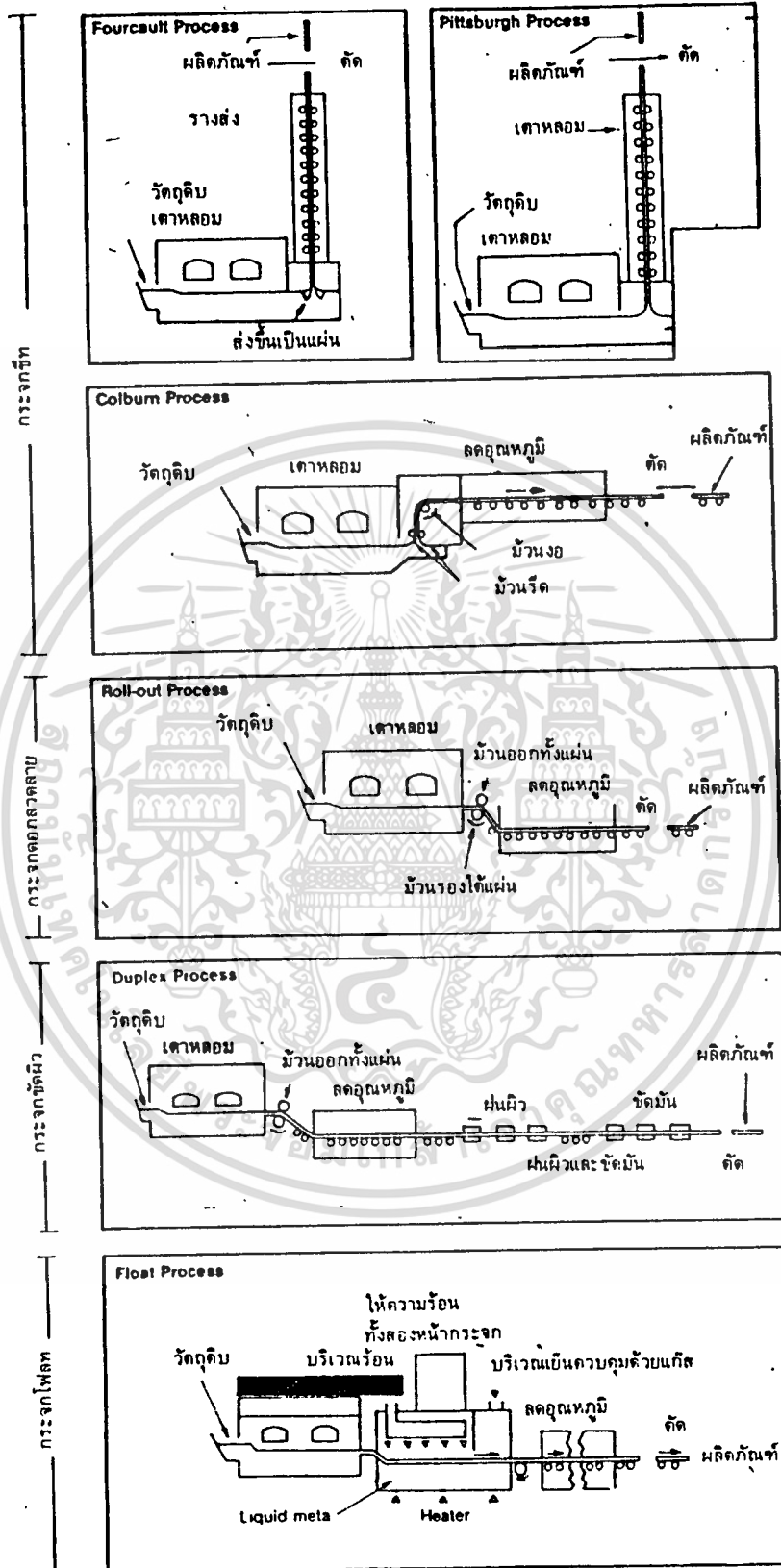
การผลิตกระจกแผ่นจะเริ่มจากการผสมวัตถุดิบหลัก คือทรายแก้ว โซดาแอช โซเดียมซิลิเกต หินโดโลไมท์ และอื่น ๆ รวมทั้งเศษกระจก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นเชื้อในการหลอมให้ได้สัดส่วนตามที่กำหนด นำส่วนผสมไปหลอมในเตาเผา ซึ่งจะต้องใช้อุณหภูมิถึง 1,500-1,600 องศาเซลเซียส ส่วนผสมจะหลอมเป็นแก้วเหลวใส เรียกว่า น้ำแก้ว หลัง

พอเหมาะต่อการขึ้นรูปแล้วนำแก้วจะผ่านขบวนการทำให้เป็นแผ่น โดยวิธีต่าง ๆ จากนั้นแผ่นกระจกจะเคลื่อนตัวผ่านเข้าในยังส่วนลดอุณหภูมิ (Annealing Lehr) ทำให้อุณหภูมิเย็นตัวลงอย่างช้า ๆ เพื่อขจัดความเครียดในเนื้อกระจก เมื่อกระจกเย็นตัวลงได้ที่แล้วจึงจะนำไปล้าง เป่าให้แห้ง และตัดตามขนาดที่ต้องการต่อไป สำหรับกรรมวิธีการผลิตกระจกแผ่นแบบต่าง ๆ นั้นให้ดูจากรูปที่ 1.2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 1.1 แสดงกระบวนการผลิตกระจกแผ่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 1:2 แสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกแผ่นแบบต่างๆ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ลักษณะพิเศษของการผลิตกระจก

อุตสาหกรรมกระจกแผ่นเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่และต่อเนื่อง แต่ละเตาจะมีกระจกหลอมเหลวอยู่เป็นจำนวน 1,000 ตัน ด้วยอุณหภูมิที่สูงมากตลอดเวลาตั้งแต่เริ่มดำเนินการ จึงเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ที่การผลิตกระจกจะต้องดำเนินการไปอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งกลางวันและกลางคืน ติดต่อกันจนครบอายุของเตา (ประมาณ 7-8 ปี) จึงจะหยุดซ่อมเตาใหม่นั้นเอง

การหลอมกระจก จะต้องกระทำตลอดเวลา หยุดไม่ได้ ดังนั้นหากมีเหตุการณ์ที่ทำให้การหลอมกระจกต้องหยุดชงัก จะโดยสาเหตุใด ๆ ก็ตาม ทางโรงงานจะต้องทำการปล่อยน้ำแก้วหลอมทิ้งทันที เพื่อให้เหลือน้ำแก้วน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อขาดความร้อนจะทำให้ น้ำแก้วแข็งตัว ไม่สามารถหลอมใหม่ได้อีก ต้องหยุดทิ้งทั้งหมดเหมือนกับการหยุดถนนคอนกรีต คือทั้งทบและเจาะ ซึ่งเป็นการปฏิบัติงานที่ยุ่งยากมาก

6. ชนิดของกระจก

กระจกแผ่นที่ถูกผลิตขึ้นมาั้นได้รับการพัฒนาเพื่อการตอบสนองต่อความต้องการ - การที่เพิ่มมากขึ้นและแตกต่างกันออกไป ทั้งประโยชน์ใช้สอยและรูปแบบของกระจกคือ

6.1 กระจกฉีก เป็นกระจกแผ่นที่เรียบนิ่มมากที่สุด และมีประวัติการใช้ยาวนานที่สุด กระจกชนิดนี้เป็นสิ่งที่ทุกคนจะต้องพบเห็นอยู่ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากเป็นกระจกที่นิยมใช้กับหน้าต่าง ในอาคารบ้านเรือน และเครื่องเรือนหรือทำกรอบรูป เป็นต้น นอกจากนี้ยังนำมาขัดผิวที่ผิว เรียกว่า "กระจกผิว" เพื่อใช้เป็นฝากระป๋องหรือเครื่องตกแต่งบ้านเรือนในบางส่วนที่ต้องการเฉพาะแสงสว่าง แต่ไม่ต้องการให้มองผ่านทะลุอีกด้วย

6.2 กระจกโฟลทและกระจกขัดผิว เป็นกระจกโปร่งใสคุณภาพสูง ผิวสองข้างขนานเรียบสนิทมีความหนาตั้งแต่ 2-19 มม. และขนาดใหญ่ถึง 10 x 3 เมตร เป็นกระจกที่พัฒนาขึ้นเพื่อสนองตอบต่อความต้องการของผู้ใช้ที่ซึ่งกระจกฉีกไม่สามารถที่จะตอบสนองได้ ประโยชน์ใช้สอยของกระจกชนิดนี้มีมาก ตั้งแต่การใช้กับหน้าต่างอาคาร กระจกห้องโชว์ ตู้โชว์ กระจกเงา จนถึงกระจกนิรภัยที่ใช้กับยานพาหนะ และที่สำคัญก็คือใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการเรียนการสอน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การก่อสร้างระดับสูง หรืออาคารขนาดใหญ่ ให้ดูการแสดงขนาดของกระจกในตารางที่ 1

6.3 กระจกดอกกลวยลาย เป็นกระจกที่มีลวดลายฝังอยู่บนผิวหน้าด้านใดด้านหนึ่ง ช่วยทำให้แสงที่ลอดผ่านนุ่มขึ้นและมองผ่านได้น้อยลง ใช้ได้ดีกับงานตกแต่ง ประโยชน์ใช้สอยมีมาก ตั้งแต่การใช้กับงานก่อสร้างโดยทั่วไปจนถึงเครื่องเรือน เครื่องใช้ และเครื่องตกแต่ง ให้ดูในรูปที่ 1.3 และตารางที่ 2 ประกอบ

6.4 กระจกลอย เป็นกระจกที่มีเส้นลวดหรือแผงตาข่ายลวดฝังอยู่ใน มีทั้งชนิดมีดอกกลวยลายและชนิดขัดผิว กระจกชนิดนี้แม้จะแตกแตกเพราะความร้อนจากไฟ เศษกระจกชนิดนี้ยากต่อการทำลาย เนื่องจากเมื่อแตกหรือถูกกระแทก เศษกระจกจะไม่ตกหล่นหรือกระเจายนั่นเอง

6.5 กระจกตัดแสง สามารถดูดหรือกั้นพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีเข้ามาได้ถึงร้อยละ 30 ถึง 40 ช่วยให้อากาศในห้องหรืออาคารที่ใช้กระจกชนิดนี้เย็นกว่าการใช้อากาศธรรมดา นอกจากนี้ยังใช้เพื่อช่วยลดความจ้าของแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้ามา ทำให้ได้บรรยากาศ ร่มรื่นและเย็นตา มักนำไปใช้กับห้องที่มีเครื่องปรับอากาศ และยานพาหนะโดยทั่วไปมี 3 สี คือ สีขาวหรือเทา สีฟ้า และสีทอง

6.6 กระจกสะท้อนแสง ได้แก่ กระจกโพลท ที่มีผิวเคลือบด้วยแผ่นออกไซด์ของโลหะซึ่งมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสงได้ดี จากคุณสมบัติที่คล้ายกระจกเงา นี้ ทำให้สามารถสะท้อนพลังงานจากแสงอาทิตย์ที่แผ่รังสีมาได้ถึงประมาณร้อยละ 30 ถ้ากระจกที่เคลือบ เป็นกระจกตัดแสงด้วย จะยิ่งช่วยทั้งด้านการสะท้อนแสงและดูดพลังงานความร้อนให้ผ่านเข้าไปในห้องหรืออาคารได้อย่างมาก อาคารที่ติดตั้งกระจกชนิดนี้หากมองจากภายนอกจะมีลักษณะคล้ายกระจกเงา สะท้อนให้เห็นท้องฟ้า และบริเวณข้างเคียงทำให้อาคารดูสง่าและสวยงาม ในขณะที่ผู้อยู่อาศัยภายในจะมองเห็นกระจกนี้คล้ายกระจกตัดแสง

กระจกสะท้อนแสงรู้จักทั่วไปในชื่อของกระจกทางเดียว นิยมใช้กับตึกขนาดใหญ่

6.7 กระจกนิรภัยหลายชั้น เป็นกระจกที่ผลิตขึ้นเพื่อจุดประสงค์ให้ความปลอดภัยแก่ผู้ใช้ ได้จากการนำกระจกตั้งแต่ 2 แผ่นขึ้นไป มาอัดติดกันโดยมีแผ่นฟิล์ม (Polyvinylbutyral : PVB) ที่เหนียวและแข็งแรงซ่อนอยู่ระหว่างกลาง ทำหน้าที่

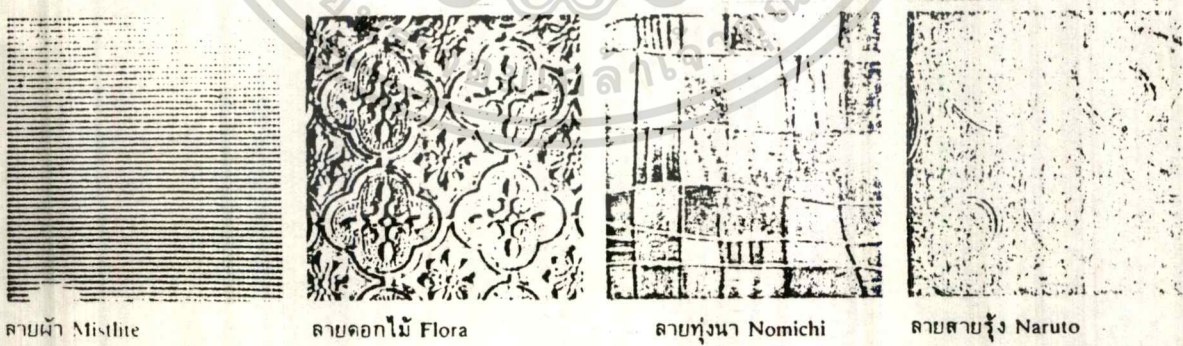
ยึดเกาะให้กระจกทั้ง 2 แผ่นติดกัน เมื่อกระจกชนิดนี้ถูกกระแทกจนแตกแผ่นฟิล์มจะช่วยยึดเกาะไว้ไม่ให้เศษกระจกหลุดออกมาทำอันตรายแก่ผู้คนที่อยู่ข้างนอก และยังคงรูปเป็นแผ่นดังเดิม จะมีเพียง

รอยแตกหรือรอยร้าวคล้ายใยแมลงมุม เท่านั้น

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของกระจกโฟลท

ชนิด		ความหนา มาตรฐาน (มม.)	ขนาดแผ่น โตสุด (มม.)	น้ำหนัก (กก.ม ²)	ต้นทุนแรงดันลม (แรงที่ยอมให้ใช้) กก.*
กระจกโฟลท	2 มม.	2.0	914×813 1219×610	5	90
	3 มม.	3.0	1829×1219	7	180
	4 มม.	4.0	1829×1219	10	260
	5 มม.	5.0	3658×2438	12	360
	6 มม.	6.0	4572×2921	15	440
	8 มม.	8.0	7620×2921	20	800
	10 มม.	10.0	7620×2921	25	1000
	12 มม.	12.0	10160×2921	30	1200
	15 มม.	15.0	10160×2921	37	1700
	19 มม.	19.0	10160×2921	47	2600

* แรงที่ยอมให้ใช้ = แรงดันลม (กก./ม²) x พื้นที่กระจก (ม²)



รูปที่ 1.3 แสดงกระจกดอกกลวดลายต่างชนิดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงขนาดมาตรฐานของกระจกลาย

ชนิดของกระจก	ขนาด (นิ้ว)		
	3 (มม.)	4 (มม.)	5 (มม.)
ลายดอกขาว Flora	48x36	—	—
ลายผ้า Mistlile	48x36 — —	60x48 72x48 —	60x48 72x48 84x48
ลายทุ่งนา Nomichi	— —	60x48 72x48	— —
ลายสายรุ้ง Naruto	— —	60x48 72x48	— —

กระจกนิรภัยหลายชั้นเป็นกระจกที่ให้ความปลอดภัยสูง จึงนิยมนำมาใช้เป็นกระจกบังลมหน้ารถยนต์ขนาดใหญ่ เช่น รถโดยสารประจำทาง หน้าต่างอาคารระฟ้า บริเวณเข้าออกของอาคาร ตั้ปลา รวมทั้งการป้องกันการโจรกรรม และลอบทำลาย คือ กระจกกันกระสุนซึ่งใช้แผ่นฟิล์มหนาขึ้นกันไปอีก

6.8 กระจกนิรภัยเทมเปอร์ ลักษณะโดยทั่วไปเหมือนกระจกธรรมดา แต่มีคุณสมบัติพิเศษที่แตกต่างออกไป คือเมื่อถูกกระแทก หรือทุบจนแตกละเอียดเป็นเม็ดเล็ก ๆ คล้ายเม็ดข้าวโพดที่ไม่มีคมจึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้ นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงกว่ากระจกธรรมดาถึง 3-5 เท่า นิยมใช้กับยานพาหนะ ประตูทางเข้า หรือส่วนของอาคารที่ง่ายต่อการถูกกระแทกกระทึกอยู่เสมอ

กระจกนิรภัยเทมเปอร์ หากนำมาใช้เป็นกระบังลมหน้าของรถยนต์ จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปอีก คือเมื่อร้าวหรือแตกบริเวณส่วนกลางของแผ่นกระจกจะต้องแตกเป็นชิ้นใหญ่ๆ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ขับขี่ด้วยความเร็วสูงสามารถที่มองเห็นได้ กระจกชนิดนี้เรียกว่า กระจกนิรภัยโซนเทมเปอร์

6.9 กระจกฉนวน มีลักษณะเป็นกระจกสองแผ่นวางคู่ขนานกัน เว้นระยะห่าง

พอสมควรที่ขอบกระจกทุกด้านโดยรอบเชื่อมไว้ด้วยสารจำพวกกาวที่มีสารดูดความชื้นบรรจุเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ เพื่อให้ช่องว่างระหว่างแผ่นทั้งสองห่าง ส่วนกาบที่เคลือบรอบแผ่นกระจกจะช่วยให้กระจกทั้งคู่คงรูป และป้องกันไม่ให้ความชื้นจากภายนอกซึมเข้าไปในช่องว่างนี้ กระจกฉนวนนี้มีประสิทธิภาพเป็นสองเท่า เมื่อเทียบกับกระจกธรรมดาแผ่นเดียว เป็นกระจกที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน ป้องกันการถ่ายเทความร้อนระหว่างภายในกับภายนอกอาคาร นอกจากนี้จะไม่เกิดฝ้าหรือหยดน้ำ แม้ว่าอุณหภูมิภายในกับภายนอกอาคารจะแตกต่างกันอย่างมากก็ตาม นิยมใช้มากกับอาคารปรับอากาศ บ้านเรือนในประเทศหนาว หน้าต่างรถไฟ ตู้แช่ที่ต้องการโวลุ่มสินค้า เป็นต้น

6.10 กระจกเงา เป็นกระจกอีกชนิดหนึ่งที่มีการใช้อย่างแพร่หลาย กระจกเงาได้จากการนำกระจกใสหรือสีมาฉาบผิวด้านหนึ่งด้วยโลหะเงินแล้วเคลือบด้วยสีหรือเคลือบอีกชั้นหนึ่ง ปัจจุบันหากเป็นกระจกเงาอย่างดีหลังจากการฉาบผิวด้วยโลหะเงินแล้ว จะมาเคลือบด้วยโลหะทองแดงก่อนครั้งหนึ่งก่อนการนำไปทาสีหรือเคลือบ จะทำให้อายุการใช้งานยืนยาวมากยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ ตัวเตาหลอมซึ่งทำด้วยอิฐทนไฟจะหดตัวอาจยุบ หรือพังลงมาก่อให้เกิดความเสียหายได้หากทำการปรับโครงสร้างของเตาไม่ทันกับการหดและขยายตัวของเตา กรณีเช่นนี้เกี่ยวกับการปิดซ่อมเตานั้นเอง

7. การแปรสภาพกระจกเพื่อประยุกต์ใช้

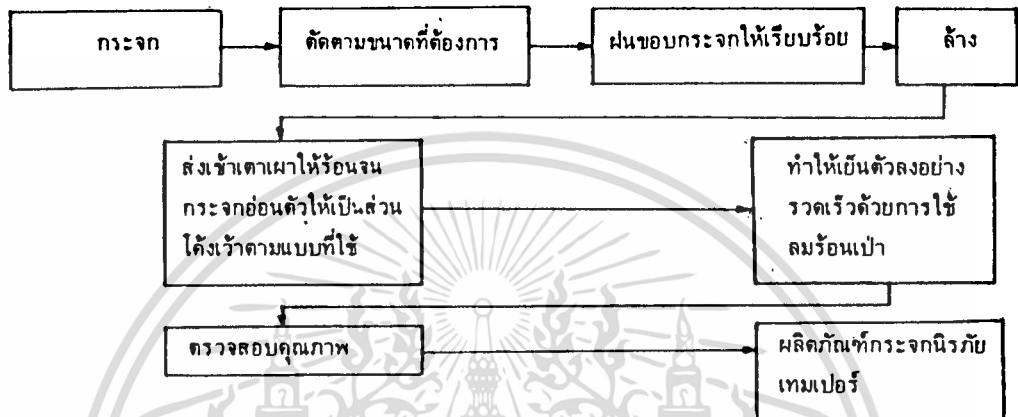
กระจกแผ่นที่ผลิตตามกรรมวิธีต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สามารถที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยทันที เช่น การนำไปทำประตู หน้าต่าง เฟอร์นิเจอร์ ตู้ ชั้น และอื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้นำไปแปรสภาพเพื่อประโยชน์ใช้สอยเฉพาะอีก เช่น การทำกระจกนิรภัย กระจกฉนวน และกระจกเงา เป็นต้น

7.1 กรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัยเทมเปอร์

กระจกนิรภัยเทมเปอร์ ผลิตขึ้นโดยการนำกระจกธรรมดาป้อนเข้าสู่เตาเผาแล้วให้ความร้อนจนถึงอุณหภูมิประมาณ 650-700 ช. (เป็นอุณหภูมิที่ทำให้กระจกอ่อนตัว) แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็ว โดยใช้ลมเป่าทั้งสองด้านของแผ่นกระจก ซึ่งจะทำให้

อุณหภูมิของเนื้อกระจกภายนอกเป็นผลให้เกิดแรงกระทำที่สมดุล ที่แผ่นกระจกทั้งผิวในและผิว-
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

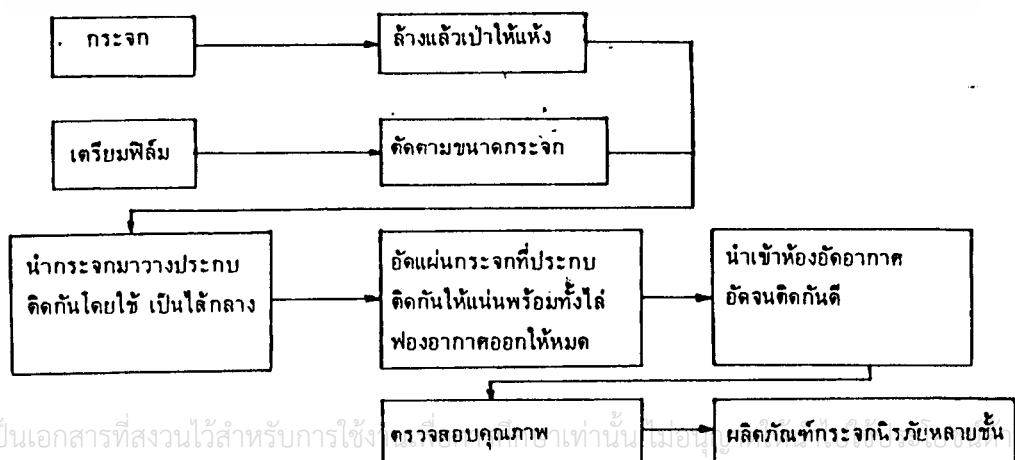
นอก ก่อให้เกิดคุณสมบัติพิเศษขึ้นมา คือ เมื่อเวลาแตกกระจกนี้จะแตกกระจายออกมาเป็น เม็ดเล็ก ๆ คล้ายเม็ดข้าวโพด และปราศจากความคมและเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ทั้งยังมีความแข็งแรงกว่ากระจกธรรมดาถึง 3-5 เท่าอีกด้วย ดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัย เทมเปอร์

7.2 กรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัยหลายชั้น

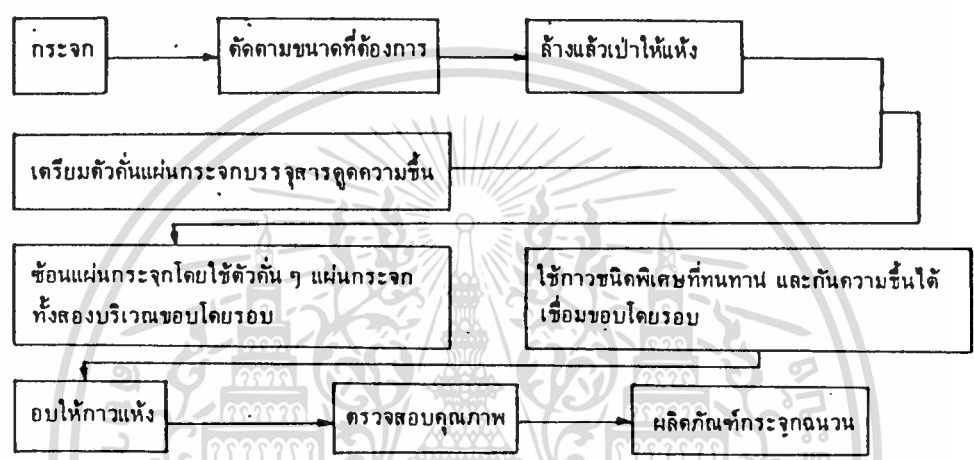
กระจกนิรภัยหลายชั้นผลิตขึ้นโดยใช้ฟิล์มสารพลาสติกที่เรียกว่า PVB ซึ่ง มีคุณสมบัติใส เหนียวและ เป็นกาว เป็นตัว เชื่อมแผ่นกระจกสองแผ่นหรือมากกว่า เข้า เป็นแผ่นเดียวกัน โดยใช้ความกดดัน และอุณหภูมิประมาณ 120-130 องศาเซลเซียส กระจก นิรภัยหลายชั้น เมื่อแตก เศษกระจกจะยังคงยึดรวมกัน เป็นผืนแผ่นไม่หลุดร่วง เป็นอันตรายต่อ ผู้ใช้ ดังแสดงในรูปที่ 1.5



รูปที่ 1.5 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกนิรภัยหลายชั้น

7.3 กรรมวิธีการผลิตกระจกฉนวน

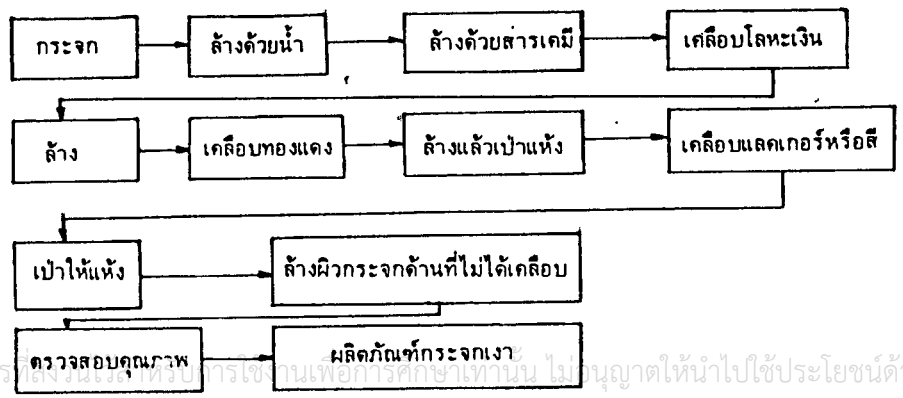
กระจกฉนวนประกอบด้วยแผ่นกระจก 2 แผ่น (หรือมากกว่า) วางคู่ขนานกันเว้นระยะห่างพอสมควร มีตัวคั่นโดยรอบแผ่นกระจกทุกด้าน แล้วปิดไว้ด้วยกาวภายในตัวคั่นแผ่นกระจกมีสารดูดความชื้น เพื่อทำหน้าที่ดูดความชื้นของอากาศที่อยู่ในช่องว่างนี้ ทำให้ภายในช่องว่างเป็นอากาศแห้ง ดังแสดงแผนภูมิในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกฉนวน

7.4 กรรมวิธีการผลิตกระจกเงา

กระจกเงาในโรงงานที่มีขบวนการผลิตที่ต่อเนื่องกัน กระจกธรรมดาจะถูกนำมาล้าง และเคลือบด้วยสารโลหะเงินที่ผิวด้านหนึ่ง จากนั้นเคลือบทับด้วยทองแดงเพื่อป้องกันโลหะเงินอีกชั้นหนึ่ง สีกันความชื้นจะถูกฉาบบนอีก 1-2 ชั้น เมื่อสีที่เคลือบแห้งเรียบร้อยแล้วจึงนำเอากระจกเงามาทำความสะอาด ให้ดูแผนภูมิในรูปที่ 1.7 ประกอบ



รูปที่ 1.7 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการผลิตกระจกเงา

8. ข้อมูลด้านเทคนิค

8.1 คุณสมบัติทั่วไป

- ปรังแสงและปรังใส
- มีความแข็งแรงสูง
- รับแรงอัดและแรงดึงได้ดี
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี
- เป็นตัวนำความร้อนที่เลว
- ทนต่อการทำปฏิกิริยาของกรดและด่าง
- ไม่ซึมน้ำ
- ทนต่ออุณหภูมิได้สูง
- สัมประสิทธิ์การขยายตัวน้อยมาก

ตารางที่ 3 ได้สรุป เปรียบเทียบถึงคุณสมบัติทางกายภาพ คุณสมบัติเชิงกล และคุณสมบัติทางเคมีของกระจกกับวัสดุผนังชนิดอื่นๆ

ตารางที่ 3 คุณสมบัติวัสดุรอบอาคาร

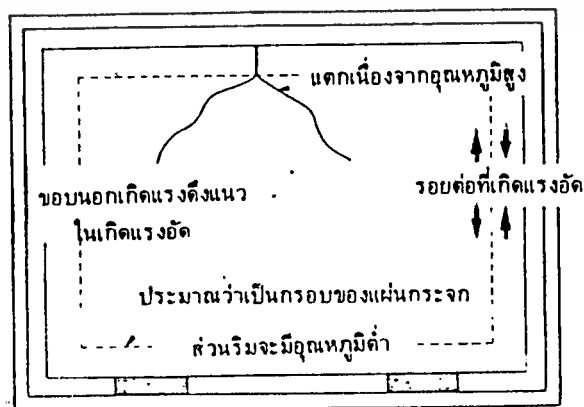
คุณสมบัติเชิงกายภาพ	การปิดหุ้ม จากอุณหภูมิ x10/ c	ความหนาแน่น กก/ลบ.ม.	กำลังอัดหรือ กำลังดึง ksc	โมดูลัสยืดหยุ่น x10, ksc
เหล็ก	3.6	7800	2400	2
กระจก	2.5	2500	2500	0.7
พลาสติก	55.0	1440	70	0.02
อลูมิเนียม	7.0	2500	2400	0.7
คอนกรีต	3.3	2400	300	0.2-0.3
อิฐ	1.9-2.7	1900	180	0.15
ปูนทราย	1.9	2100	160	0.1-0.2
หินอ่อน	2.5-3.0	2500	350	0.3
แกรนิต	2.5-3.0	2500	500	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การแตกร้าวของกระจกสีตัดแสงเนื่องจากความร้อน

เมื่อกระจกแผ่นได้รับความร้อนจากแสงแดด พื้นผิวของกระจกส่วนที่แสงแดดกระทบโดยตรง จะดูดกลืนพลังงานความร้อน ทำให้พื้นที่กระจกบริเวณดังกล่าวมีอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่บริเวณขอบของกระจกไม่ได้ถูกกระทบจากแสงแดดโดยตรง เนื่องจากมีกรอบป้องกันอยู่จะได้รับความร้อนน้อยกว่าส่วนอื่น ผลที่ตามมาคือ การขยายตัวเนื่องจากความร้อนของบริเวณส่วนกลางของแผ่นกระจกจะถูกจำกัดที่ขอบของกระจก ความแตกต่างของอุณหภูมิที่บริเวณทั้งสอง จะทำให้เกิดแรงเค้นดึงที่ขอบกระจก และ เมื่อแรงเค้นดึงที่ขอบนี้มีค่าสูงเกินกำลังของขอบกระจกจะทนได้ กระจกจะเกิดการแตกร้าวซึ่งการแตกร้าวของกระจกในลักษณะนี้ เรียกว่า "การแตกร้าวเนื่องจากความร้อน"(thermal crack)

รูปที่ 1.8 แสดงการดูดซึมของความร้อนของกระจกสีตัดแสงทำให้กระจกแตกร้าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ข้อมูลจำเพาะของกระจกสองชั้น

ผลิตภัณฑ์	กระจกสองชั้น < DOUBLE GLAZING >
แสงผ่าน %	78
แสงสะท้อน %	9
ความร้อนส่งเข้า %	64
ความร้อนสะท้อนออก %	12
ดูดซับความร้อน %	24
ความร้อนแสง %	0.73
ร่มแสง	0.84
ความร้อนแสงที่ลด	2.6
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	0.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.3 ความแข็งแรงในการต้านแรงยึดของลม

ความแข็งแรงในการต้านแรงยึดของลมของกระจกนั้นจะผันแปรไปตามกำลังยึดของลม ความชัน ความแข็งแรงของกระจกแต่ละความหนา หาได้จากการทดสอบการแตกของกระจก<BREAKING TEST>ตามขนาดที่ใช้จริง แรงประลัยเฉลี่ย<AVERAGE FAILURE LOAD>และแรงที่ยอมรับได้ <ALLOWABLE LOAD>ของกระจกแต่ละความหนา

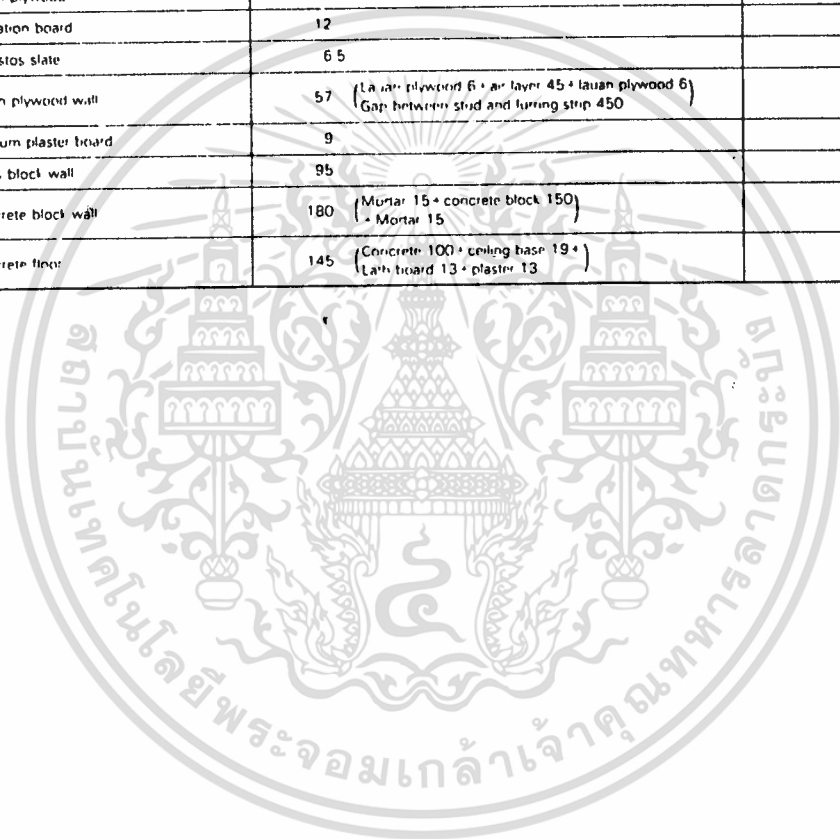
8.4 การกรองเสียง

ตารางที่ 4 การกรองเสียงของกระจกแผ่น

Type	Thickness (mm)	Mean transmission loss (dB) (200-3150Hz)	Coincidence frequency (Hz)
Single flat glass	3 *	25.5	4000
	4 **	26.2	3000
	5 *	27.1	2400
	6 *	27.5	2000
	8 *	29.0	1500
	10 *	30.2	1200
	12 **	30.7	1000
	15 **	32.1	800
	19 **	33.5	630

ตารางที่ 5 การกรองเสียงของวัสดุผนังชนิดอื่น

Materials	Thickness and composition (mm)	Mean transmission loss (dB)
Lauan plywood	3	14
Insulation board	12	19
Asbestos slate	6.5	23
Lauan plywood wall	57 (Lauan plywood 6 + air layer 45 + lauan plywood 6) Gap between stud and furring strip 450	23
Gypsum plaster board	9	26
Glass block wall	95	40
Concrete block wall	180 (Mortar 15 + concrete block 150) + Mortar 15	44
Concrete floor	145 (Concrete 100 + ceiling base 19 + Lath board 13 + plaster 13)	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ข้อมูลผลิตภัณฑ์

สัมประสิทธิ์ที่ใช้พิจารณาคุณสมบัติของกระจก

ค่า U เป็นค่าสัมประสิทธิ์รวมของการส่งถ่ายความร้อน

ถ้าค่านี้น้อยแสดงว่าความร้อนผ่านเข้ามาน้อย

K เป็นค่าสัมประสิทธิ์รวมความร้อนจากดวงอาทิตย์ทั้งข้างนอก
และข้างในอาคาร

ถ้าค่านี้น้อยแสดงว่าความร้อนผ่านเข้ามาน้อย

SC เป็นค่าสัมประสิทธิ์การบังเงา เป็นอัตราส่วนระหว่างแฟคเตอร์

ดวงอาทิตย์ของกระจกบานผิว กับแฟคเตอร์ดวงอาทิตย์ของ

กระจกใส ขนาดความหนา 3 มม.

ถ้าค่านี้น้อยแสดงว่าความร้อนผ่านเข้ามาน้อย

กระจกโฟลทใส

คุณสมบัติเด่น

- คุณภาพผิวที่เรียบสนิท กระจกโฟลทใส เป็นกระจกโปร่งใสคุณภาพสูง ที่มีผิวทั้งสองด้านขนานเรียบสนิท ทำให้ภาพการมองเห็นที่แจ่มชัด และให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์
- ขนาดและความหนา มีให้เลือกทุกขนาดและความหนา คือความหนาตั้งแต่ 2 - 19 มม.
ขนาดความกว้างประมาณ 3 ม. และความยาวถึง 7.60 เมตร

ตารางที่ 6 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกโฟลท

Type	Standard thickness (mm)	Maximum standard size**		Unit weight (kg/m ²)	Wind pressure resistance strength (Allowable load) kg.
		mm	Inch		
กระจกโฟลทใส (CLEAR FLOAT GLASS)	2.0	1270 × 762	50 × 30	5	90
	3.0	1829 × 1067	72 × 42	7	180
	4.0	1829 × 1219	72 × 48	10	260
	5.0	2438 × 2134	96 × 84	12	360
	6.0	3048 × 2134	120 × 84	15	440
	8.0	3048 × 2134	120 × 84	20	800
	10.0	3048 × 2134	120 × 84	25	1,000
	12.0	3048 × 2134	120 × 84	30	1,200
	15.0	3048 × 2438	120 × 96	37	1,700
	19.0	3048 × 2438	120 × 96	47	2,600

กระจกโพลีคาร์บอเนต

คุณสมบัติเด่น

- ลดพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ กระจกโพลีคาร์บอเนตสามารถดูดกลืนพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบพื้นผิวกระจกได้ถึงร้อยละ 35-50 จึงมีส่วนช่วยอย่างมากต่อการลดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ
- สีของกระจก มีให้เลือกใช้ถึง 4 สี คือ

สีชา < COOLGRAY >

สีชาดำ < DARK COOLGRAY >

สีบรอนซ์ < COOLBRONZE >

สีฟ้า < SKYCOOL >

สีของกระจกโพลีคาร์บอเนตจะไม่ผลทำให้การมองเห็นสีของวัตถุที่อยู่หลังของกระจกผิดปกติดังแต่อย่างใด

ตารางที่ 7 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกโพลีคาร์บอเนต

Type (Brand Name)	Standard thickness (mm)	Maximum standard size**		Unit weight (kg/m ²)	Wind pressure resistance strength (Allowable load)* kg
		mm	inch		
กระจกสีชา (COOLGRAY) กระจกสีบรอนซ์ (COOLBRONZE)	5.0	2438 × 2134	96 × 84	12	360
	6.0	3048 × 2134	120 × 84	15	440
	8.0	3048 × 2134	120 × 84	20	800
	10.0	3048 × 2134	120 × 84	25	1000
	12.0	3048 × 2134	120 × 84	30	1200
กระจกสีชาดำ (DARK COOLGRAY)	5.0	2438 × 2134	96 × 84	12	360
	6.0	3048 × 2134	120 × 84	15	440
กระจกสีฟ้า (SKYCOOL)	5.0	1829 × 1219	72 × 48	12	360

กระจกลดลาย

คุณสมบัติ เด่น

- กระจกลดลาย เหมาะทั้งงานติดตั้งภายนอกอาคาร และตกแต่งภายใน เช่น บานประตู หน้าต่าง ช่องแสงเหนือประตูหรือหน้าต่าง ฉากกันห้อง โคมไฟ ฯลฯ

ตารางที่ 8 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกลดลาย

ชนิดของกระจก	ขนาด (มม.)		
	3 (มม.)	4 (มม.)	5 (มม.)
ลายดอกขาว Flora	48×36	—	—
ลายผ้า Mistlite	48×36	60×48 72×48 —	60×48 72×48 84×48
ลายทุ่งนา Nomichi	—	60×48 72×48	— —
ลายสายรุ้ง Naruto	—	60×48 72×48	— —

กระจกสะท้อนแสง

คุณสมบัติเด่น

- สีของกระจก มีให้เลือกหลายสีและมีคุณสมบัติคล้ายกระจกเงาที่ก่อให้เกิดทัศนียภาพที่โดดเด่นแปลกตา
- ประหยัดพลังงานและค่าใช้จ่าย สามารถขจัดพลังงานความร้อนจากดวงอาทิตย์ จึงช่วยลดภาระของเครื่องทำความเย็นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
- เพิ่มความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย กระจกจะสร้างความสมดุลระหว่างแสงสว่างที่ส่องผ่านเข้าภายในอาคารกับแสงที่สะท้อนออกสู่ภายนอก จึงช่วยลดความสว่างจ้าของแสง ทำให้สบายตาแก่ผู้อยู่อาศัย
- สร้างความเป็นส่วนตัว ชั้นผิวของโลหะที่เคลือบบนกระจกสะท้อนแสง จะสะท้อนแสงกลับทำให้คนภายนอกจากด้านสว่างกว่ามองผ่าน เข้ามาในห้องได้ลำบาก

ตารางที่ 9 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกสะท้อนแสง

Type (Brand Name)		Standard thickness (mm)	Maximum standard size		Unit weight (kg/m ²)	Wind pressure resistance strength (Allowable load)* kg
			mm	inch		
S-SERIES	SOLARTAG-SS8 SOLARTAG-SS14 SOLARTAG-SS20 SOLARTAG-SGY32 SOLARTAG-SG10	6	3658 × 2438	144 × 96	15	440
		8	3048 × 2134	120 × 84	20	800
		10			25	1000
		12			30	1200
T-SERIES	SOLARTAG-TE10 SOLARTAG-TE15 SOLARTAG-TS20 SOLARTAG-TS30 SOLARTAG-TS40 SOLARTAG-TGR25 SOLARTAG-TBL35	6	3658 × 2438	144 × 96	15	440
		8	3048 × 2134	120 × 84	20	800
		10			25	1000
		12			30	1200

กระจกสุญญากาศ

คุณสมบัติเด่น

- ค่า U ของกระจกสุญญากาศจะลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้กระจกแผ่นเดียว เนื่องจากมีอากาศแห้ง หรืออากาศตายคั่นเป็นฉนวนระหว่างแผ่นกระจก ทำให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกต่อหน่วยเวลา
- สามารถลดขนาดเครื่องทำความเย็นได้ สามารถประหยัดพลังงานได้ 35-75%
- ไม่เกิดการจับตัวเป็นละอองน้ำในกระจก ไม่ทำให้เกิดฝ้าหรือละอองน้ำจับด้านในของกระจก
- ลดระดับเสียงที่ผ่านอาคารลง

ข้อมูลจำเพาะแสดงในตารางที่ 11

กระจกนิรภัย เทม เปอร์

คุณสมบัติ เค้น

- มีความแข็งแรงกว่ากระจกธรรมดา 5-7 เท่า ทนความร้อนได้ถึง 500 C
- เมื่อเกิดอุบัติเหตุขึ้น กระจกที่แตกจะเป็น เม็ดเล็กไม่มีความคม จึงไม่เป็นอันตรายแก่ผู้ผู้ใกล้เคียง

ตารางที่ 12 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจก เทม เปอร์

ความหนา (มม.)	ขนาดใหญ่สุด ที่ผลิต (มม.)	น้ำหนัก (กก./ครม.)	ความแข็งแรงใน การต้านแรงอัดของลม (แรงที่ยอมรับได้ของกระจก) * กก.	ชนิดของกระจก * 2		
				โฟลทิส	โฟลทิสตัดแสง	สะท้อนแสง
4	1200×1800	10	780	✓	—	—
5	2100×2400	12	1080	✓	—	—
6	2100×3000	15	1320	✓	✓	✓
8	2400×4200	20	2400	✓	✓	✓
10	2400×4200	25	3000	✓	✓	✓
12	2400×4200	30	3600	✓	✓	✓
15	2400×4800	37	5100	✓	—	—
19	2400×4800	—	—	✓	—	—

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจกนิรภัยลามิ เนต

คุณสมบัติ เค้น

- ในการฉาบของการกระแทกอย่างรุนแรง หรือชนเข้าด้วยกัน ชิ้นส่วนที่แตกจะไม่หลุดออกจากกัน ยึดคงสภาพเดิมเพียงแต่มีรอยร้าวเกิดขึ้น
- ป้องกันขโมยอย่างได้ผล เพราะยากแก่การเจาะผ่าน

ตารางที่ 13 ชนิดและข้อมูลจำเพาะของกระจกลามิ เนต

Kinds	Average thickness(mm)	Maximum Size (inches) (mm)	Average Weight(lbs/100 sq.ft.)
3/16" or 5mm	5.2	63×41 (1600×1050)	260
1/4" or 6mm	6.3	102×70 (2600×1800)	309
5/16" or 8mm	8.3	102×70 (2600×1800)	420
3/8" or 10mm	10.3	120×70 (2600×1800)	524

10. ข้อควรระวัง ข้อแนะนำ และการบำรุงรักษา

ข้อควรระวังสำหรับการออกแบบและติดตั้ง

1. ควรติดตั้งตามคำแนะนำในการติดตั้ง
2. แผ่นกระจกที่ตัดแล้ว ก่อนนำไปติดตั้งควรได้รับการฝนขอบอย่างดี เพื่อลบคมหรือรอยบิ่น อันจะเป็นสาเหตุที่จะทำให้กระจกง่ายต่อการแตกร้าว
3. ไม่ควรให้ลมเย็นจาก เครื่องปรับอากาศ เป่ากระทบผิวหน้าของกระจกโดยตรง
4. ก่อนการยิงซิลิโคน จะต้องทำความสะอาดกระจกด้วยอะซิโตน ซีโตน หรือแอลกอฮอล์ เพื่อขจัดคราบไขมันและฝุ่น
5. การยิงซิลิโคนจะต้องระวังไม่ให้เกิดฟองอากาศหรือรอยฟิโนในเนื้อซิลิโคน

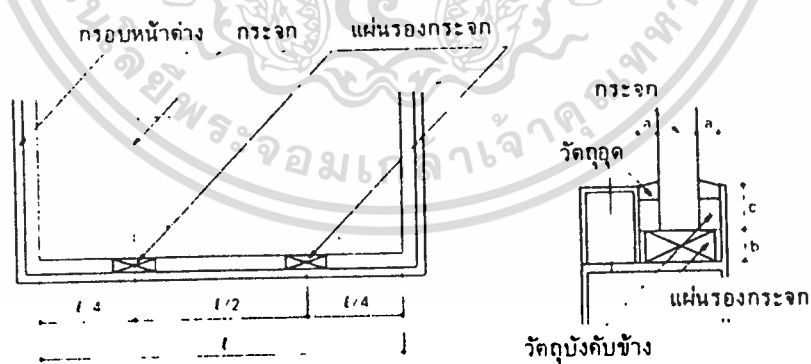
ข้อควรระวังสำหรับการใช้งานและบำรุงรักษา

1. ไม่ควรติดผ้ามาที่หน้าทึบ หรือวางตู้เหล็ก หรือตู้อื่นๆชิดกับแผ่นกระจกที่ติดตั้ง เพราะจะทำให้เกิดการสะสมความร้อน ทำให้กระจกแตกร้าววงงยับขึ้น
2. ไม่ควรทาสี หรือปิดแผ่นกระดาษที่ผิวของแผ่นกระจก เพราะจะทำให้กระจกแตกร้าว เนื่องจากความร้อนเช่นกัน
3. การใช้กระจกสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพการสะท้อนกลับของแสงสูง จะขึ้นแสงที่สะท้อนออกมาอาจมีผลกระทบต่ออาคารหรือยานพาหนะข้างเคียงได้
4. ควรทำความสะอาดกระจกอย่างน้อยทุกๆ 2 เดือน เพื่อให้อายุการใช้งานยืนยาว และคุณสมบัติการสะท้อนภาพที่สวยงาม
5. ทำความสะอาดด้วยน้ำธรรมดา ถ้าผิวกระจกสกปรกมากให้ทำความสะอาดด้วยน้ำยาทำความสะอาดอย่างอ่อนก่อน แล้วจึงล้างด้วยน้ำธรรมดาลีกครั้ง
6. ห้ามขีดด้วยเครื่องมือของแข็ง หรือทำความสะอาดด้วยน้ำยาที่มีผงขัดผสมอยู่เป็นอันตราย ไม่เช่นนั้นแล้วสารที่เคลือบไว้อาจเสียหายได้

ข้อเสนอแนะสำหรับการติดตั้ง

1. วัสดุยาแนวที่ใช้ < SEALANT > ควรเป็นวัสดุยืดหยุ่นที่มีคุณภาพสูง เช่น โพลีซิลิเฟด หรือ ซิลิโคน
2. วัสดุที่จะใช้รองรับวัสดุยาแนว < BACKUP MATERIAL > ควรจะเป็นโฟมอ่อน เช่น โพลียูรีเทน ไม่ควรใช้ยางแข็ง < NEOPRENE RUBBER > เพราะจะทำให้ภาพสะท้อนเกิดการเบี้ยวได้
3. ควรใช้ยางแข็ง < NEOPRENE RUBBER > ความแข็ง 90 หรือมากกว่าเป็นวัสดุรองกระจก < SETTING BLOCK > และควรแยกเป็น 2 จุด เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักได้เท่ากัน

รูปที่ 1.9 แสดงการยึดริมแผ่นกระจกของช่องแสงอาคาร



ตารางที่ 14 แสดงส่วนของผนังกระจกที่ต้องใช้วัสดุ

ชนิดของกระจก		ส่วนของผนังกระจกที่ต้องใช้วัสดุ		
ชนิด	ความหนา (มม.)	a	b	c*
กระจกตัดแสง	3	5	5	6
	5 & 6	5	6	8
	8	5	8	8
	10	5	8	10
	12	5	10	12
	15	5	10	15
กระจกตัดแสงเสริมลวด	6.8	5	8	8

*ให้จุดมีความลึก 5 มม.หรือมากกว่า

การบำรุงรักษา

1. ต้องตรวจสอบรอยยิงธนูเป็นประจำทุก 1 - 3 ปี เพื่อความปลอดภัย
2. หากพบรอยร้าว หรือรอยบิ่นขนาดใหญ่ให้รีบ เปลี่ยนใหม่ทันที หากทิ้งไว้ อาจเป็นอันตรายได้

11. ราคาของกระจกแผ่น

ราคาของกระจกชนิดต่างๆจะแสดงในรูปตาราง

ตารางที่ 15 ราคากระจกนิรภัยเทมเปอร์

รายการ	หนา มม.	ราคา บาท/ตร.ฟ.	
		ใส	สี
1. กระจกแผ่นเรียบเทมเปอร์ TEMPERED GLASS	4	70	90
	5	100	110
	6	110	120
	8	170	190
	10	190	225
	12	215	250
2. กระจกแผ่นเรียบสะท้อนแสง เทมเปอร์	5	110	150
	6	120	165

ตารางที่ 16 ราคากระจกนิรภัยลามิเนต

รายการ	หนา มม.	ราคา บาท/ตร.ฟ.	
		ใส	สี
1. กระจกแผ่นเรียบ 2 ชั้น	6	95	110
LAMINATED GLASS	8	135	145
	10	175	190
	12	215	225
	16	225	240
	20	300	315
	24	375	390
2. กระจกแผ่นเรียบ 2 ชั้น	10		210
แบบสะท้อนแสง	12		245
LAMINATED	16		270
	20		425

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 ราคากระจกอลาย

หนา มม.	ราคาบรรจุหีบ ฟุตละ/บาท	ราคาไม่บรรจุหีบ ฟุตละ/บาท
3	17.00	14.80
4	22.60	20.40
5	26.60	24.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 ราคากระจกเสริมลวด

กระจกเสริมลวดชนิดปูน		กระจกเสริมลวดชนิดใส	
ขนาด ฟุตxฟุต	ราคา บาท/ตร.ฟ.	ขนาด ม.xmm.	ราคา บาท/ตร.ฟ.
3 x 6	56	1.84x3.30	186
4 x 6	56		
1.85ม.x2.50ม.	56		

ตารางที่ 19 ราคากระจกสุญญากาศ

หนา มม.	ช่องสุญญากาศ มม.	หนา มม.	ราคา บาท/ตร.ฟ.
1. กระจกสุญญากาศ			
ธรรมดา 6	12	ใส 6	225.00
6	6	6	215.00
2. กระจกสะท้อนแสง			
ธรรมดา 6	12	ใส 6	265.00
6	6	6	250.00
3. กระจกสุญญากาศใช้กระจก 2 ชั้น(ด้านเดียว)			
2 ชั้น 6	12	ใส 6	265.00
6	6	6	250.00
8	12	6	290.00
8	6	6	275.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนา	ช่องสุญญากาศ	หนา	ราคา บาท/ตร.ฟ.		
مم.	مم.	مم.			
4. กระจกสุญญากาศใช้กระจก 2ชั้น หรือ เทมเปอร์ 2 ด้าน					
2 ชั้น 6	12	เทมเปอร์ใส 6	290.00		
6	6	6	275.00		
8	12	6	315.00		
8	6	6	300.00		
5. กระจกสะท้อนแสงหน้าสอง					
			ธรรมดา สะท้อน ธรรมดา		
			แสง		
สะท้อนแสง 6	12	าส 2 ชั้น 6	300	325	350
6	6	6	290	315	340
8	12	6	340	375	415

/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนา มม.	ช่องสุญญากาศ มม.	หนา มม.	ราคา บาท/ตร.ฟ.
๕. กระงกสุญญากาศธรรมดา			
6	6	๓ 3	140.00
6	6	4	175.00
6	6	5	190.00
8	6	6	200.00
8	6	6	225.00
6	8	3	145.00
6	8	4	180.00
6	8	5	200.00
8	8	6	205.00
8	8	6	230.00
6	10	3	150.00
6	10	4	190.00
6	10	5	210.00
8	10	6	215.00
8	10	6	240.00
6	12	3	165.00
6	12	4	195.00
6	12	5	215.00
8	12	6	230.00
8	12	6 ,	245.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์แรงลม

3.1 วิธีของเคอร์เมอร์

$$u = u_n + 1/\alpha_n [-\ln[-\ln f_u(u)]] \quad (3-1)$$

โดยที่ $F_u(u)$ = ความน่าจะเป็นในการเกิดค่าความเร็วลมแล้วไม่เกินค่า u

$1/\alpha_n$ = สัมประสิทธิ์การกระจายของความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปี

u_n = ฐานนิยม

$$F_u(u) = m/n+1 \quad (3-2)$$

โดยที่ m = ลำดับที่ของข้อมูลเมื่อเรียงจากน้อยไปหามาก

n = จำนวนของข้อมูล

ค่าคาดหวังของความเร็วลมออกแบบที่คาบการกลับใด ๆ หาได้จากสมการที่

(3-1) และ (3-3)

$$F_u(u) = 1-1/R_p \quad (3-3)$$

โดยที่ R_p = คาบการกลับใด ๆ

3.2 กฎลอกริทึม

ค่าความเร็วลมจะแปรเปลี่ยนตามความสูงตามสมการ

$$u(z) = 2.5 u_w \ln(z/z_o) \quad (3-4)$$

โดยที่ $u(z)$ = ความเร็วลมที่ความสูง z ใด ๆ

u_w = ความเร็วของการเฉือน (Shear Velocity)

z_o = ระยะสิ่งกีดขวาง (Roughness Length)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า u จะแปรเปลี่ยนตามสภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศ ซึ่งหาได้จากข้อมูลความเร็วลมที่มีอยู่ เราอาจหาค่าความเร็วลมที่ความสูง และสภาพภูมิประเทศใด ๆ โดยสมมติให้ความเร็วลมที่ความสูงเกรเดียนต์ในแต่ละสภาพภูมิประเทศ มีค่าเท่ากัน และใช้สมการที่ (3-4) ได้ค่าความเร็วลมที่ความสูงใด ๆ ดังนี้

$$u(z) = u_{ref}(z_{ref}) p \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_{ref}/z_{ref})} \quad (3-5)$$

โดยที่ p มีค่าตามตารางที่ 3-1 และสัญลักษณ์ ref หมายถึง ค่าอ้างอิงในสภาพภูมิประเทศในแบบที่ 2 ลักษณะของสภาพภูมิประเทศที่จำแนกไว้ใน [11] มีรายละเอียดตามตารางที่ 3-2

3.3 ค่าแรงลมเฉลี่ย

$$p(z) = 0.0828 u^2(z) \quad (3-6)$$

$$u(z) = K(z) u(10) \quad (3-7)$$

$$K(z) = 0.202 p \ln \frac{z + z_0}{z_0} \quad (3-8)$$

p และ z_0 หาได้จากตารางที่ (3-1)

$u(10)$ = ความเร็วลมออกแบบเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ที่ระดับความสูง 10 เมตร มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

สัญลักษณ์

n = จำนวนตัวอย่าง

p = ค่าในตารางที่ (2-1)

t = เวลาใด ๆ

u_{π} = ความเร็วลมของการเงื่อนไข

$u(z)$ = ความเร็วลมที่ความสูง z

z = ความสูง

z_0 = ระยะสิ่งกีดขวาง

H = ความสูงของโครงสร้าง

$K(z)$ = ค่าปรับแก้ความเร็วลมเนื่องจากการเปลี่ยนสภาพภูมิประเทศ
หรือความสูง

P = หน่วยแรงลมเฉลี่ย

R_p = คาบการกลับ

T = ช่วงเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ยความเร็วลม

ตารางที่ 1-1 ค่าหน่วยแรงลมที่ใช้ในการออกแบบโครงสร้างตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร
ปี พ.ศ. 2522 [1]

ความสูงของโครงสร้าง, z (เมตร)	หน่วยแรงลมที่ใช้ในการออกแบบ (กก./ตร.ม.)
$z \leq 10$	50
$10 < z \leq 20$	80
$20 < z \leq 40$	120
$z > 40$	160

ตารางที่ 2-1 ค่า z_0 , p และ ค่า β [11]

สภาพภูมิประเทศ	1	2	3	4	5
z_0 (ม.)	0.005	0.070	0.300	1.000	2.500
p	0.83	1.00	1.15	1.33	1.45
β	6.00	6.00	5.25	4.85	4.00

ตารางที่ 2-2 ลักษณะของสภาพภูมิประเทศแบบต่าง ๆ [11]

แบบที่	ลักษณะของสภาพภูมิประเทศ
1.	ภูมิประเทศเปิดโล่งเหนือพื้นน้ำ
2.	ภูมิประเทศเปิดโล่งเหนือพื้นดิน
3.	ภูมิประเทศที่มีบ้านเรือนขนาดเล็ก หรือต้นไม้อยู่ห่างเป็นระยะ ในบริเวณรอบนอกเมือง
4.	เมืองขนาดเล็ก หรือบริเวณรอบนอกเมืองที่มีสิ่งปลูกสร้าง หนาแน่นปานกลาง
5.	บริเวณใจกลางเมืองขนาดใหญ่ มีสิ่งปลูกสร้างหนาแน่นมาก

บทที่ 4

การออกแบบหาค่าแรงลมเฉลี่ย

4.1 ลักษณะของข้อมูล

จากคำชี้แจงของเจ้าหน้าที่กรมอุตุนิยมวิทยา เกี่ยวกับลักษณะและวิธีการเก็บข้อมูลความเร็วลมได้ความว่า การบันทึกค่าข้อมูลความเร็วลมจากมาตรวัดจะกระทำทุก ๆ 1 ชั่วโมง และทุกครั้งที่ลมกระโชกมาก พร้อมทั้งบันทึกค่าความเร็วลมสูงสุดในแต่ละวัน จากนั้นก็ทำสรุปค่าความเร็วลมสูงสุดในแต่ละเดือน การวิเคราะห์ในครั้งนี จะใช้ข้อมูลความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปีของสถานีตำรวจอากาศดอนเมือง อุดรราชธานี เชียงใหม่ ชลบุรี และสงขลา ซึ่งเราจะใช้เป็นตัวแทนข้อมูลของภาคต่าง ๆ ข้อมูลที่ได้จากสถานีตรวจอากาศตามภาคต่าง ๆ เป็นค่าที่วัดที่ระดับ 18.80 เมตร ตลอดมา และสภาพภูมิประเทศที่ใกล้เคียงกับสถานีวัดก็ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากจนทำให้เปลี่ยนสภาพการประเภหนึ่งไปยังอีกประเภทหนึ่ง ข้อมูลที่นำมาใช้บันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2494 จนถึงปี พ.ศ. 2534 รวม 41 ปี

4.2 สมมติฐาน

จากลักษณะการเก็บข้อมูลกล่าวไว้หัวข้อที่แล้ว เราจำเป็นต้อง ตั้งสมมติฐานที่เหมาะสม เพื่อจะสามารถนำข้อมูลไปใช้ในการวิเคราะห์ได้ ดังนี้

1. ข้อมูลความเร็วลมที่มีอยู่ เป็นค่าเฉลี่ยในช่วง 5 วินาที
2. สภาพภูมิประเทศในช่วงระหว่างการเก็บข้อมูลเป็นแบบที่ 2 (ภูมิประเทศแบบเปิดโล่ง) และไม่มีมีการแปรเปลี่ยนในระหว่างช่วงที่พิจารณา

การสมมติให้ช่วงเวลาเฉลี่ยเป็น 5 วินาที แทนที่จะเป็นค่าที่อ่านทันทีทันใด (Instantaneous) เนื่องจากลักษณะการบันทึกข้อมูลนั้นไม่ได้บันทึกค่าความเร็วลมสูงสุดที่เกิดขึ้นจริง และการสมมติให้ช่วงเวลาเฉลี่ยมากกว่าช่วงเวลาอ่านทันทีทันใด ก็จะทำให้ค่าที่อยู่ในด้านที่ปลอดภัยกว่า

4.3 ขั้นตอนการหาค่าความเร็วลมออกแบบ

เราสามารถหาค่า $1/\alpha_n$ และ u_n ได้จากสมการที่ (3-1) และ (3-2)

วิธีของเครเมอร์

$$u = u_n + 1/\alpha_n [-\ln[-\ln F_u(u)]] \quad (3-1)$$

โดยที่ $F_u(u)$ = ความน่าจะเป็นในการเกิดค่าความเร็วลมแล้วไม่เกินค่า u

$1/\alpha_n$ = สัมประสิทธิ์การกระจายของความเร็วลมสูงสุดในแต่ละปี

u_n = ฐานนิยม

$$F_u(u) = m/n+1 \quad (3-2)$$

n = จำนวนของข้อมูล

จากข้อมูลแรงลมที่ได้จากสถานีตรวจอากาศดอนเมือง เราสามารถหาค่า

$1/\alpha_n$ และ u_n ได้ ดังตารางที่ 3-1

m	u(knots)	n+1	$F_u(u)$	u_n	$1/\alpha_n$
1.	22	42	0.0238		
2.	30		0.0476		
3.	30		0.0714		
4.	30		0.0952		
5.	30		0.119		
6.	30		0.1428		
7.	30		0.1666		

m	u (knots)	n+1	$F_u(u)$	u_n	$1/\alpha_n$
8.	30		0.1904		
9.	32		0.2142		
10.	32	42	0.238		
11.	32		0.2618		
12.	32		0.2856		
13.	32		0.3094		
14.	32	42	0.3332		
15.	35		0.357		
16.	35		0.3808		
17.	35		0.4046		
18.	35		0.4284		
19.	35		0.4522		
20.	35		0.476		
21.	39		0.4998		
22.	40		0.5236		
23.	40		0.5474		
24.	40		0.5712		
25.	40		0.595		
26.	40		0.6188		
27.	40		0.6426		
28.	42		0.6664		
29.	43		0.6902	32.67	10.417

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

m	u(knots)	n+1	$F_u(u)$	u_n	$1/\alpha_n$
30.	44		0.714		
31.	45		0.7378		
32.	45		0.7616		
33.	47		0.7854		
34.	50		0.8092		
35.	50	42	0.833		
36.	53		0.8568		
37.	55		0.8806		
38.	60		0.9044		
39.	60		0.9282		
40.	65		0.952		
41.	85		0.9785		

จากสมการ (3-1) เราจะได้

$$u = 32.67 - 10.417[-\ln[-\ln F_u(u)]] \tag{4-1}$$

ค่าคาดหวังของความเร็วลมออกแบบที่คาบการกลับใด ๆ หาได้จากสมการที่

(3-1) และ (3-3)

$$F_u(u) = 1-1/R_u \tag{3-3}$$

โดยที่ $R_u \equiv$ คาบการกลับใด ๆ

ดังนั้นที่คาบการกลับ 30 ปี $F_u(u) = 0.967$

ดังนั้นที่คาบการกลับ 50 ปี $F_u(u) = 0.980$

ดังนั้นที่คาบการกลับ 100 ปี $F_u(u) = 0.990$

แทนค่า $F_u(u)$ ลงไปในสมการที่ (4-1)

จะได้ค่าความเร็วลมคาดหวังดังในตารางที่ 3-2

จากสมมติฐานข้อ 2 ใช้ค่าอัตราส่วนจากกราฟที่ (3-1) ปรับค่าคาดหวังของความเร็วลมออกแบบจากช่วงเวลาเฉลี่ย 5 วินาที เป็นช่วงเวลาเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง

เราจะได้

$$u(T)/u(3,600) = 1.5$$

$$u(3,600) = u(T)/1.5$$

และใช้สมการที่ (3-5) ปรับค่าความเร็วลมจากระดับความสูงของเครื่องมือวัดในสภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ไปยังระดับความสูง 10.00 เมตร ในสภาพภูมิประเทศแบบต่าง ๆ ได้ผลตามตารางที่ 3-2 ค่าที่ได้ คือค่าความเร็วลมออกแบบที่ระดับความสูง 10.00 เมตร สำหรับค่าแรงลมเฉลี่ย ที่ระดับความสูงและสภาพภูมิประเทศต่าง ๆ ของคาบการกลับใด ๆ หาได้จากสมการที่ (3-6) ได้ผลตามตารางที่ (3-2.1)-(3-6.3)

$$p(z) = 0.0828 u^2(z) \quad (3-6)$$

$$u(z) = k(z) u(10) \quad (3-7)$$

$$K(z) = 0.202 p \ln \frac{z + z_0}{z_0} \quad (3-8)$$

p และ z_0 หาได้จากตารางที่ (2-1)

$u(10)$ = ความเร็วลมออกแบบเฉลี่ยใน 1 ชั่วโมง สำหรับสภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ที่ระดับความสูง 10 เมตร มีหน่วยเป็น เมตรต่อวินาที

ตารางที่ 3-2 ค่าคาดหวังความเร็วลม (DON MUANG)

คาบ การ กลับ ปี	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ**				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
	knots	m/s	1	2	3	4	5
30	67.92	35	26.33	20.7	16.82	12.77	8.466
50	73.32	37.8	28.42	22.35	18.17	13.78	9.12
100	80.60	41.55	31.42	24.57	19.97	15.15	10.02

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 5 sec

** ความสูงที่ระดับ 10.00 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-2.1 หน่วยแรงลมเฉลี่ย ($\text{kgm}/^2$) คาบการกลับ 30 ปี

DON MUANG

ความสูง	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
(ม)					
10	57.62	35.74	23.94	14.72	8.00
20	68.61	46.35	34.00	23.74	14.90
30	75.48	53.21	40.78	30.20	20.30
40	80.55	58.37	45.97	35.32	24.79
60	87.98	66.05	53.85	43.27	31.97
80	93.46	71.80	59.82	49.45	37.73
100	97.82	76.41	64.67	54.54	42.56
150	106.00	85.17	74.00	64.46	52.15
200	112.00	91.68	80.98	72.02	59.60

ตารางที่ 3-2.2 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/²) คาบการกลับ 50 ปี

DON MUANG

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	67.15	41.68	27.81	17.20	9.32
20	80.10	54.06	39.56	27.59	17.14
30	88.00	61.97	47.43	35.12	23.57
40	93.96	68.05	53.59	41.09	28.81
60	102.73	76.90	62.70	50.43	37.30
80	108.94	83.64	69.74	57.80	44.07
100	113.95	88.95	75.34	63.44	49.51
150	123.34	99.28	86.07	75.23	60.76
200	130.63	106.93	94.38	83.85	69.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-2.3 หน่วยแรงลมเฉลี่ย ($\text{kgm}/^2$) ตามการกลับ 100 ปี

DON MUANG

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	81.57	50.38	33.61	20.78	11.27
20	96.80	65.34	47.81	33.34	21.04
30	106.35	74.90	57.32	42.44	28.50
40	113.55	82.24	64.76	49.66	34.82
60	124.15	92.93	75.77	60.94	45.08
80	131.66	101.08	84.28	69.85	53.26
100	137.70	107.50	91.05	76.67	59.84
150	149.06	119.98	104.00	90.92	73.44
200	157.87	129.23	113.96	101.34	84.17

ตารางที่ 3-3 ค่าคาดหวังความเร็วลม (UBON)

ปี	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ**				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
	knots	m/s	1	2	3	4	5
30	79.37	40.9	30.76	24.19	19.66	14.92	9.87
50	86.98	44.84	33.71	26.52	21.55	16.35	10.82
100	97.24	50.12	37.68	29.64	24.09	18.27	12.09

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 5 sec

** ความสูงที่ระดับ 10.00 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-3.1 หน่วยแรงลมเฉลี่ย ($\text{kgm}/^2$) คาบการกลับ 30 ปี

UBON

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	78.70	48.81	32.70	20.10	10.92
20	93.70	63.30	46.44	32.41	20.34
30	103.00	72.67	55.69	41.24	27.72
40	110.00	79.71	62.78	48.23	33.83
60	120.15	90.20	73.53	59.10	43.66
80	127.63	98.04	81.70	67.53	51.52
100	133.60	104.35	88.32	74.50	58.11
150	144.74	116.31	101.00	88.00	72.22
200	153.00	125.20	110.60	98.35	81.38

ตารางที่ 3-3.2 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) คาบการกลับ 50 ปี

UBON

ความสูง (m)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	94.55	58.70	39.16	24.21	13.13
20	112.77	76.12	55.70	38.84	24.51
30	123.90	87.26	66.78	49.45	33.20
40	132.30	95.81	75.45	57.58	40.56
60	144.64	108.26	88.27	71.00	52.51
80	153.38	117.77	98.49	81.37	62.05
100	160.43	125.24	106.67	89.33	69.72
150	173.66	139.78	121.18	105.92	85.56
200	183.92	150.56	132.77	118.07	98.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-3.3 หน่วยแรงลมเฉลี่ย ($\text{kgm}/^2$) คาบการกลับ 100 ปี

UBON

ความสูง (ม.)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	118.10	73.31	48.91	30.24	16.40
20	140.86	95.08	69.57	48.52	30.62
30	154.77	109.00	83.42	61.77	41.46
40	165.26	119.68	94.25	72.27	50.67
60	180.68	135.24	110.26	88.70	65.60
80	191.60	147.10	122.66	101.65	77.50
100	200.40	156.44	132.50	111.58	87.08
150	216.93	174.61	151.38	132.31	106.36
200	229.75	188.07	165.85	147.48	122.49

ตารางที่ 3-4 ค่าคาดหวังความเร็วลม (CHIANG MAI)

การ กลับ ปี	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ**				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
	knots	m/s	1	2	3	4	5
30	71.38	37.00	27.83	21.89	17.79	13.50	8.93
50	75.74	39.00	29.93	23.06	18.75	14.22	9.41
100	81.02	41.76	31.40	24.57	20.07	15.23	10.07

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 5 sec

** ความสูงที่ระดับ 10.00 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-4.1 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) ตามการกลับ 30 ปี

CHAING MAI

ความสูง (ม.)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	64.44	39.97	26.77	16.47	8.94
20	76.72	51.83	38.03	26.54	16.66
30	84.41	59.50	45.60	33.77	22.70
40	90.08	65.27	51.41	39.50	27.70
60	98.40	73.87	60.21	48.40	35.76
80	104.50	80.28	66.90	55.30	42.19
100	109.38	85.45	72.32	61.00	47.59
150	118.52	95.25	82.74	72.09	58.32
200	125.23	102.52	90.56	80.54	66.64

ตารางที่ 3-4.2 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) ตามการกัป 50 ปี

CHIANG MAI

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	71.49	44.38	29.61	18.30	9.93
20	85.26	57.56	42.11	29.37	18.53
30	93.68	65.98	50.50	37.40	25.10
40	100.03	72.44	57.05	43.74	30.87
60	109.36	81.86	66.74	53.70	39.71
80	115.97	89.04	74.24	61.53	46.91
100	121.30	94.70	80.20	67.54	52.71
150	131.30	105.70	91.63	80.08	64.70
200	129.06	113.84	100.38	89.27	74.14

ตารางที่ 3-4.3 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) ตามการกลับ 100 ปี

CHIANG MAI

ความสูง (m)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	82.02	50.90	33.97	21.00	11.39
20	97.82	66.03	48.31	33.70	21.25
30	107.48	75.69	57.93	42.90	28.80
40	114.76	83.11	65.45	50.18	35.19
60	125.47	93.91	76.57	61.60	45.55
80	133.05	102.16	85.18	70.59	53.82
100	139.17	108.64	92.02	77.48	60.47
150	150.65	121.26	105.12	91.88	74.22
200	159.55	130.60	115.17	102.42	85.06

ตารางที่ 3-5 ค่าคาดหวังความเร็วลม (CHONBURI)

คาบ การ กลับ ปี	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ**				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
	knots	m/s	1	2	3	4	5
30	74.65	38.48	28.93	22.75	18.50	14.03	9.28
50	81.39	41.95	31.55	24.81	20.16	15.30	10.12
100	90.48	46.64	35.08	27.59	22.42	17.01	11.25

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 ม ที่วางเวลาเฉลี่ย 5 sec

** ความสูงที่ระดับ 10.00 ม ที่วางเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-5.1 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) ตามการกลับ 30 ปี

CHONBURI

ความสูง (ม.)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	69.60	43.17	28.91	17.78	9.65
20	82.87	56.00	41.07	28.67	18.00
30	91.17	64.27	49.26	36.47	24.52
40	97.30	70.50	55.53	42.65	29.91
60	106.28	79.78	65.04	52.27	38.62
80	112.88	86.71	72.25	59.73	45.57
100	118.15	92.30	78.12	65.88	51.40
150	128.02	102.88	89.37	77.86	62.99
200	135.26	110.74	97.82	87.00	71.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-5.2 หน่วยแรงลมเฉลี่ย ($\text{kgm}/^2$) คาบการกลับ 50 ปี

CHONBURI

ความสูง (m)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	82.75	51.37	34.27	21.19	11.50
20	98.70	66.62	48.75	34.00	21.45
30	108.44	76.37	58.45	43.28	29.05
40	115.78	83.85	66.05	50.63	35.50
60	126.59	94.75	77.25	62.14	45.96
80	134.24	103.07	85.94	71.22	54.30
100	140.41	109.61	92.84	78.18	61.02
150	152.00	122.34	106.06	92.70	74.88
200	160.97	131.77	116.20	103.33	85.82

ตารางที่ 3-5.3 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) คาบการกลับ 100 ปี

CHONBURI

ความสูง (ม.)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	102.33	63.52	42.38	26.20	14.21
20	122.05	82.39	60.28	42.04	26.53
30	134.10	94.44	72.28	53.52	35.93
40	143.19	103.70	81.66	62.61	43.90
60	156.55	117.17	95.54	76.85	56.84
80	166.00	127.46	106.28	88.07	67.15
100	173.64	135.55	114.81	96.68	75.45
150	187.96	151.30	131.16	114.64	92.60
200	199.07	162.95	143.70	127.78	106.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-6 ค่าคาดหวังความเร็วลม (SONGKHLA)

คาบ การ กลับ ปี	ก่อนการปรับ*		หลังการปรับ**				
	หน่วย		สภาพภูมิประเทศ				
	knots	m/s	1	2	3	4	5
30	74.42	38.36	28.84	22.68	18.44	13.99	9.25
50	79.85	41.16	30.95	24.34	19.78	15.00	9.93
100	87.17	44.93	33.78	26.57	21.60	16.38	10.84

* สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 ความสูงที่ระดับ 18.80 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 5 sec

** ความสูงที่ระดับ 10.00 m ช่วงเวลาเฉลี่ย 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-6.1 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) คำนวณที่ระดับ 30 ปี

SONGKHLA

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	69.17	42.90	28.74	17.67	9.60
20	82.36	55.64	40.82	28.50	17.88
30	91.61	63.88	48.95	36.25	24.37
40	96.70	70.07	55.20	42.40	29.73
60	105.62	79.30	65.50	51.95	38.38
80	112.20	86.18	71.81	59.36	45.29
100	117.42	91.73	77.64	65.47	51.08
150	127.02	102.25	88.82	77.38	62.60
200	134.43	110.06	97.22	86.46	71.53

ตารางที่ 3-6.2 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) คาบการกลับ 50 ปี

SONGKHLA

ความสูง (ม)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	79.64	49.44	32.98	20.40	11.06
20	95.00	50.64	46.92	32.72	20.65
30	104.37	64.12	55.25	41.65	27.96
40	111.44	73.50	63.55	48.73	34.17
60	121.84	80.71	74.35	59.81	44.23
80	129.20	91.20	82.71	68.54	52.26
100	135.14	105.50	98.35	75.24	58.72
150	146.28	117.75	102.10	89.22	72.07
200	154.90	126.82	111.84	99.45	82.60

ตารางที่ 3-6.3 หน่วยแรงลมเฉลี่ย (kgm/m^2) ตามการกลับ 100 ปี

SONGKHLA

ความสูง (ม.)	หน่วยแรงลมเฉลี่ย ตามสภาพภูมิประเทศ				
	1	2	3	4	5
10	94.90	58.91	39.30	24.30	13.17
20	113.20	76.41	55.90	39.00	24.60
30	124.36	87.60	67.03	49.63	33.32
40	132.80	96.17	75.73	58.07	40.72
60	145.18	108.67	88.60	71.27	52.71
80	153.96	118.21	98.56	81.68	62.28
100	161.04	125.71	106.48	89.66	69.98
150	174.32	140.31	121.64	106.32	85.88
200	184.62	151.12	133.27	118.51	98.43

บทสรุป

จากการศึกษา ค่าแรงลมเฉลี่ยตามภูมิประเทศแบบต่าง ๆ ที่ความสูงใด และ
คาบการกลับใด ๆ เราจะพบว่า

- 1. ยิ่งคาบการกลับใด ๆ สูงขึ้น ค่าแรงลมเฉลี่ยก็จะสูงขึ้นด้วย
- 2. แรงลมเฉลี่ยที่สภาพภูมิประเทศแบบต่าง ๆ จะต่างกันดังนี้
- 3. เมื่อความสูงมากขึ้น ค่าแรงลมเฉลี่ยจะมากขึ้นด้วย ซึ่งเป็นไปตามกฎของ
ลอการิทึม
- 4. เปรียบเทียบแรงลมเฉลี่ยตามภาคต่าง ๆ เรียงตามลำดับจากมากไปหา

น้อย ดังนี้

ภาคตะวันออก (อุบลราชธานี) ภาคตะวันออก (ชลบุรี)
ภาคใต้ (สงขลา) ภาคเหนือ (เชียงใหม่) ภาคกลาง (ดอนเมือง)

เมื่อเราได้ค่าแรงลมเฉลี่ยของสถานีตรวจอากาศดอนเมือง ที่คาบการกลับ
100 ปี สภาพภูมิประเทศแบบที่ 2 แล้วนำมาเปรียบเทียบกับเทศบัญญัติกรุงเทพฯ เราจะได้
ค่า S.F. ดังนี้

ความสูง (m)	DONMUANG	เทศบัญญัติ	S.F.
10	50.38	50	1
20	65.34	80	1.22
30	74.90	120	1.6
40	82.24	160	1.95
60	92.23	160	1.73
80	101.08	160	1.58
100	107.50	160	1.48
150	119.98	160	1.33
200	129.23	160	1.24

จากค่า S.F. เราสามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบค่าแรงลมตามภาค
ต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

ความสูง (ม)	UBON	CHIANGMAI	CHONBURI	SONGKHLA
10	73.31	50.90	63.52	58.91
20	116.00	80.56	100.52	93.22
30	174.40	121.10	151.10	122.26
40	233.38	162.06	202.22	187.53
60	233.97	162.46	202.70	188.00
80	232.42	161.41	201.39	186.77
100	231.53	160.79	200.61	186.05
150	232.23	161.28	201.23	186.61
200	233.21	161.94	202.06	187.50

ความสูง (ม)	UBON	CHIANGMAI	CHONBURI	SONGKHLA
น้อยกว่า 10	75	55	65	60
10 - 20	120	85	105	95
20 - 40	175	125	155	125
40 ขึ้นไป	235	165	205	190

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

วงกบและกรอบบานโลหะสำหรับประตู

และหน้าต่าง : หน้าต่างอะลูมิเนียม

1. ขอบข่าย

1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด ประเภทและชนิด ขนาด และ เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน วัสดุและกระทำ คุณสมบัติที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การ ชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบวงกบและกรอบบานโลหะสำหรับประตูหน้าต่าง: หน้าต่างอะลูมิเนียม

1.2 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ครอบคลุมเฉพาะ หน้าต่างซึ่งมีวงกบ และกรอบบานทำด้วยอะลูมิเนียม มีวัสดุกรุบานเป็นกระจก ที่ประกอบสำเร็จจากโรงงาน และ/หรือประกอบ ณ ที่ติดตั้ง รวมถึงการติดตั้งกระจกและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องด้วย แต่ไม่ รวมถึงการติดตั้งวงกบหน้าต่างเข้ากับตัวอาคาร

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

2.1 หน้าต่างอะลูมิเนียม ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า "หน้าต่าง" หมายถึง ชุดของหน้าต่างซึ่งประกอบด้วยวงกบ กรอบบาน และวัสดุกรุบาน โดยมีวงกบและ กรอบบานทำด้วยอะลูมิเนียม

2.2 วงกบ หมายถึง โครงซึ่งเคลื่อนที่ไม่ได้ของหน้าต่าง หรือช่องแสงติดตาย ใช้ประกอบติดตั้งกับช่องเปิดของอาคารเพื่อยึดหรือบังคับกรอบบาน หรือยึดวัสดุกรุบาน

2.3 ช่องเปิด หมายถึง ช่องว่างของผนังอาคารที่เว้นไว้เพื่อติดตั้งวงกบ

2.4 กรอบบาน หมายถึง ส่วนที่เปิดได้ของหน้าต่างที่อยู่ในวงกบ พร้อมทั้งใช้ เป็นโครงยึดวัสดุกรุบาน

2.5 วัสดุกรุบาน หมายถึง วัสดุแผ่นที่ใช้กรุกรอบบานหรือวงกบ

2.6 ช่องแสงติดตาย (Fixed Light) หมายถึงวงกบหน้าต่างซึ่งมีวัสดุ-
กรบานเป็นกระจกติดตาย

2.7 หน้าต่างบานเปิด (casement Windos) หมายถึงหน้าต่างที่เปิดโดย
ผลักออกสู่ภายนอกทางด้านข้าง

2.8 หน้าต่างบานเลื่อน (Sliding Window) หมายถึงหน้าต่างที่เปิดโดย
เลื่อนกรอบบานไปในแนวนอนซ้อนทับบานติดตายข้างเคียง

2.9 หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว (Projected Window) หมายถึงหน้าต่าง
ที่เปิดโดยดันกรอบบานส่วนล่างออกสู่ภายนอก และให้ค้างอยู่ได้ด้วยบานพับที่อยู่ตอนบนด้าน
ข้างของบานหน้าต่าง

2.10 หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว (Projected-in Window) หมายถึงหน้าต่างที่
เปิดโดยดึงกรอบบานส่วนบนเข้าสู่ภายใน และให้ค้างอยู่ได้ด้วยบานพับที่อยู่ตอนล่างด้านข้าง
ของบานหน้าต่าง

2.11 หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง (Vertical Pivoted Window) หมายถึง
หน้าต่างที่เปิดกรอบบานโดยหมุนกรอบบานรอบเดือยในแนวตั้ง

2.12 บานติดตาย (Fixed Panel) หมายถึงหน้าต่างที่มีกรอบบานติดตาย
และมีวัสดุกรบานเป็นกระจก

2.13 บานเปิดขวา (Right Hand) หมายถึงหน้าต่างบานเปิดที่มีบานพับหรือ
เดือยหมุนอยู่ทางด้านขวามือของผู้มองจากภายนอกอาคาร

2.14 บานเปิดซ้าย (Left Hand) หมายถึงหน้าต่างบานเปิดซึ่งมีบานพับหรือ
เดือยหมุนอยู่ทางด้านซ้ายของผู้มองจากภายนอกอาคาร

2.15 เครื่องประกอบ (Accessory) หมายถึงส่วนประกอบการติดตั้งหน้า-
ต่าง หรือส่วนประกอบการติดกระจก หรือส่วนประกอบการกันรั่วซึม เช่น พุก ลูกล้อ วัสดุ
ยาแนวร่อง ฯลฯ

3. ประเภทและชนิด

3.1 ประเภท

หน้าต่างแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

3.1.1 ประเภท 1 (สัญลักษณ์ 1) เป็นหน้าต่างสำหรับอาคารส่วนที่
ต้านแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 160 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.6 กิโลพาสคัล)

3.1.2 ประเภท 2 (สัญลักษณ์ 2) เป็นหน้าต่างสำหรับอาคารส่วนที่
ต้านแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 120 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (1.2 กิโลพาสคัล)

3.1.2 ประเภท 3 (สัญลักษณ์ 3) เป็นหน้าต่างสำหรับอาคารส่วนที่
ต้านแรงลมได้ไม่น้อยกว่า 80 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (0.8 กิโลพาสคัล)

หมายเหตุ สำหรับอาคาร ที่สร้างตามข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร

เรื่อง ควบคุมการก่อสร้างอาคาร พ.ศ. 2522

หน้าต่างประเภท 1 ใช้กับอาคารส่วนที่สูงเกิน 40 เมตร

หน้าต่างประเภท 2 ใช้กับอาคารส่วนที่สูงเกิน 20 เมตร แต่ไม่เกิน 40 เมตร

หน้าต่างประเภท 3 ใช้กับอาคารส่วนที่สูงไม่เกิน 20 เมตร

3.2 ชนิด

หน้าต่างแบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ

3.2.1 ช่องแสงติดตาม

3.2.2 หน้าต่างบานเปิด

3.2.3 หน้าต่างบานเลื่อน

3.2.4 หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว

3.2.5 หน้าต่างบานตั้งอยู่ตัว

3.2.6 หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง

3.3 การเรียกชนิด

ฯให้ใช้รหัสดังนี้

3.3.1 รหัสตัวอักษร

W คือ หน้าต่าง

F คือ ช่องแสงติดตาย

C คือ บานเปิด RH คือ บานเปิดขวา และ LH คือ บานเปิดซ้าย

S คือ บานเลื่อน X คือ บานเคลื่อนที่ และ O คือ บานติดตาย

P คือ บานกระทุ้งอยู่ตัว

PI คือ บานรั้งอยู่ตัว

V คือ บานพลิกแนวตั้ง

3.3.2 รหัสตัวเลข

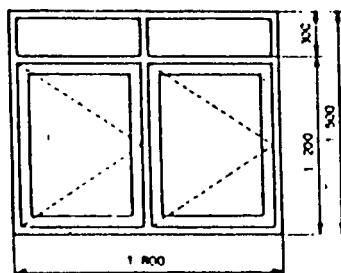
3.3.2.1 ตัวเลขคู่แรก คือขนาดประสาน (Coordinatiin Size) ของความกว้าง เป็นเซนติเมตร

3.3.2.2 ตัวเลขคู่หลัง คือขนาดประสานของความสูง เป็นเซนติเมตร

3.3.2.3 ตัวเลขคู่กลาง (ถ้ามี) คือขนาดประสานของความสูง ของช่องแสงติดตาย เป็นเซนติเมตร

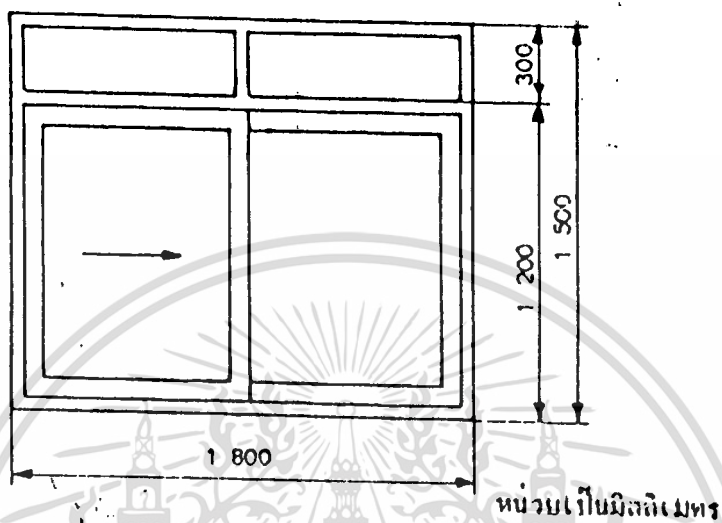
3.3.3 ตัวอย่างการเรียกชนิด

3.3.3.1 W-CF 180312 หมายถึงหน้าต่างบานเปิด กว้าง 1 800 มิลลิเมตร สูง 1 200 มิลลิเมตร ช่องแสงติดตายสูง 300 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 1 เป็นบานเปิดขวา



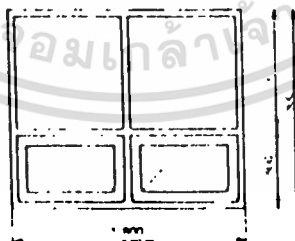
หน่วยเป็นมิลลิเมตร

3.3.3.2 S-SF 180312 - XO หมายถึงหน้าต่างบานเลื่อน กว้าง 1 800 มิลลิเมตร สูง 1 200 มิลลิเมตร ช่องแสงติดตายสูง 300 มิลลิเมตร ตามรูปที่ 2 กรอบบานด้านซ้ายเลื่อนเปิดปิดได้และมีบานติดตายอยู่ด้านขวา เมื่อมองจากภายนอกอาคาร



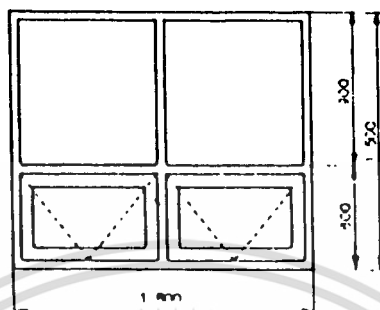
รูปที่ 2 หน้าต่างบานเลื่อน

3.3.3.3 W-PF 180906 หมายถึงหน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว กว้าง 1 800 มิลลิเมตร สูง 600 มิลลิเมตร ช่องแสงติดตายสูง 900 มิลลิเมตร



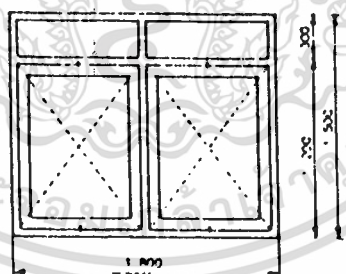
รูปที่ 3 หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว

3.3.3.4 W-PIF 180906 หมายถึงหน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว กว้าง 1 800 มิลลิเมตร สูง 600 มิลลิเมตร ช่องแสงติดตาย สูง 900 มิลลิเมตร



รูปที่ 4 หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว

3.3.3.5 W-VF 180312 หมายถึงหน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง กว้าง 1 800 มิลลิเมตร สูง 1 200 มิลลิเมตร ช่องแสงติดตาย สูง 300 มิลลิเมตร



รูปที่ 5 หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง

4. ขนาดและเกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.1 ขนาด

4.1.1 ช่องแสงติดตาย (F) ให้มีขนาดตามรูปที่ 6

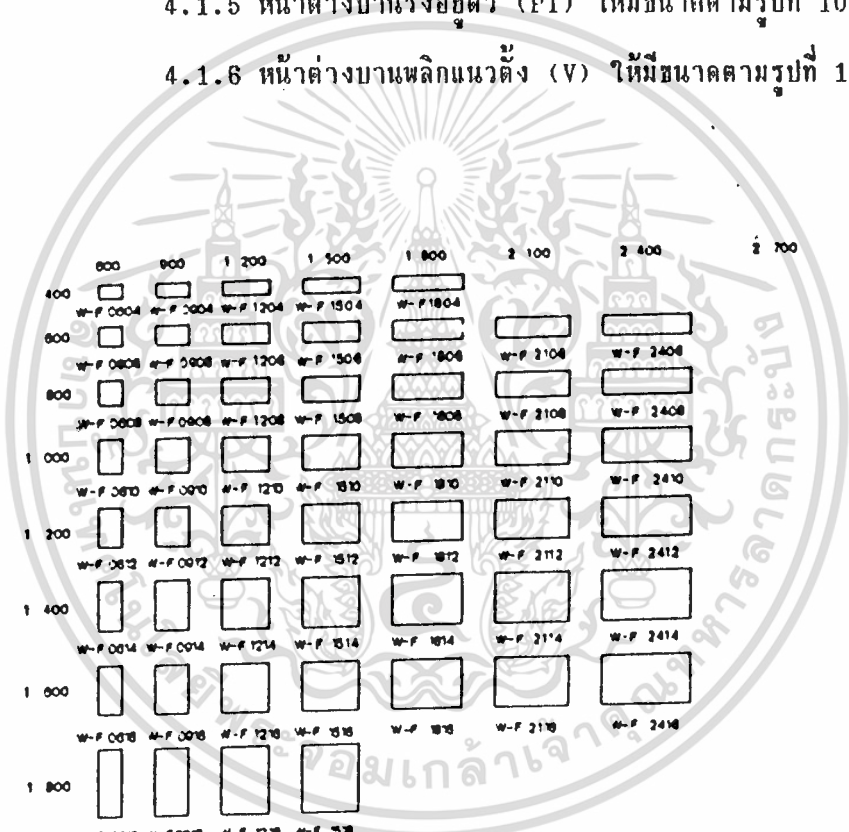
4.1.2 หน้าต่างบานเปิด (C) ให้มีขนาดตามรูปที่ 7

4.1.3 หน้าต่างบานเลื่อน (S) ให้มีขนาดตามรูปที่ 8

4.1.4 หน้าต่างบานกระทุ้งอยู่ตัว (P) ให้มีขนาดตามรูปที่ 9

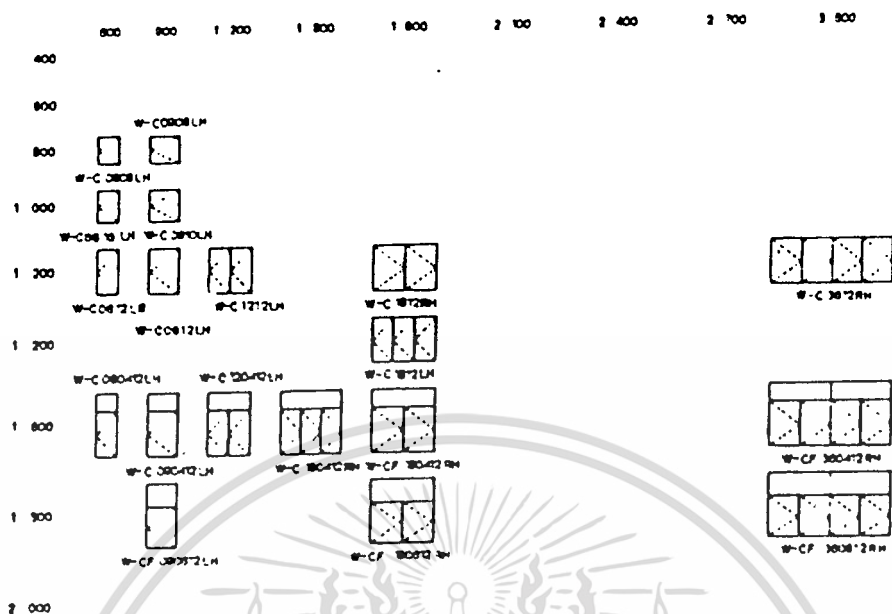
4.1.5 หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว (PI) ให้มีขนาดตามรูปที่ 10

4.1.6 หน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง (V) ให้มีขนาดตามรูปที่ 11



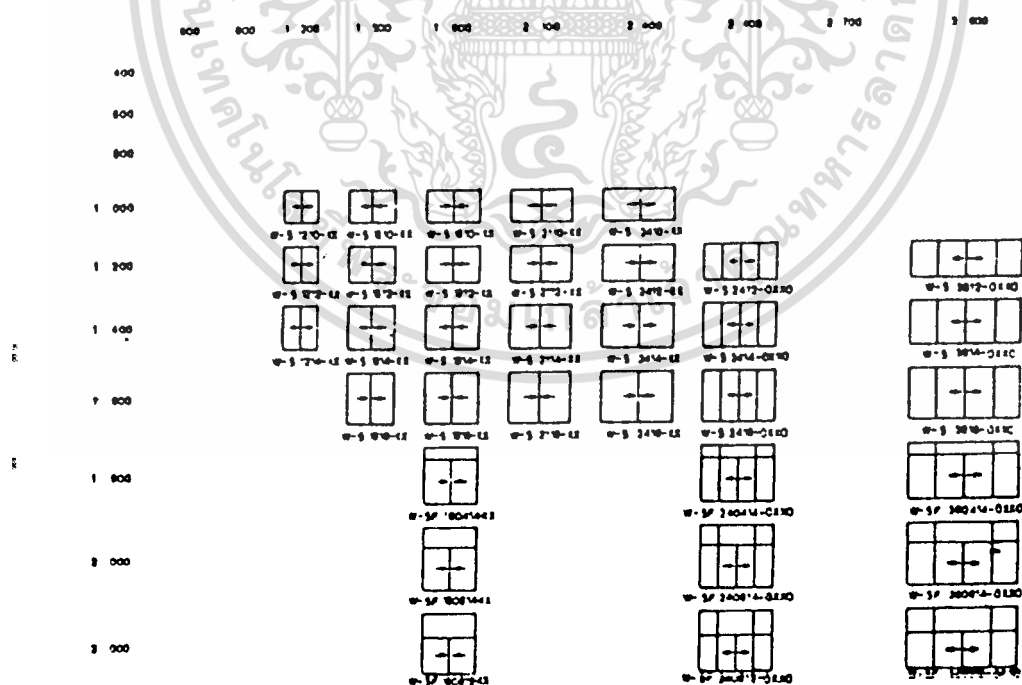
	800	900	1 200	1 500	1 800	2 100	2 400	2 700	3 000
400									
	W-F 0004	W-F 0004	W-F 1204	W-F 1504	W-F 1804				
600									
	W-F 0608	W-F 0908	W-F 1208	W-F 1508	W-F 1808	W-F 2108	W-F 2408		
800									
	W-F 0812	W-F 0912	W-F 1212	W-F 1512	W-F 1812	W-F 2112	W-F 2412		
1 000									
	W-F 1014	W-F 1214	W-F 1514	W-F 1814	W-F 2114	W-F 2414			
1 200									
	W-F 1216	W-F 1516	W-F 1816	W-F 2116	W-F 2416				
1 400									
	W-F 1418	W-F 1818	W-F 2118	W-F 2418					
1 600									
	W-F 1620	W-F 1820	W-F 2120	W-F 2420					
1 800									
	W-F 1824	W-F 2124	W-F 2424						
2 000									
	W-F 2028	W-F 2428							

รูปที่ 6 ช่องแสงติดตาย (F)



รูปที่ 7 หน้าต่างบานเปิด (C)

หมายเหตุ: หน้าต่างบานเปิดตามรูปที่ 7 เป็นบานเปิดขวาหรือบานเปิดซ้ายก็ได้

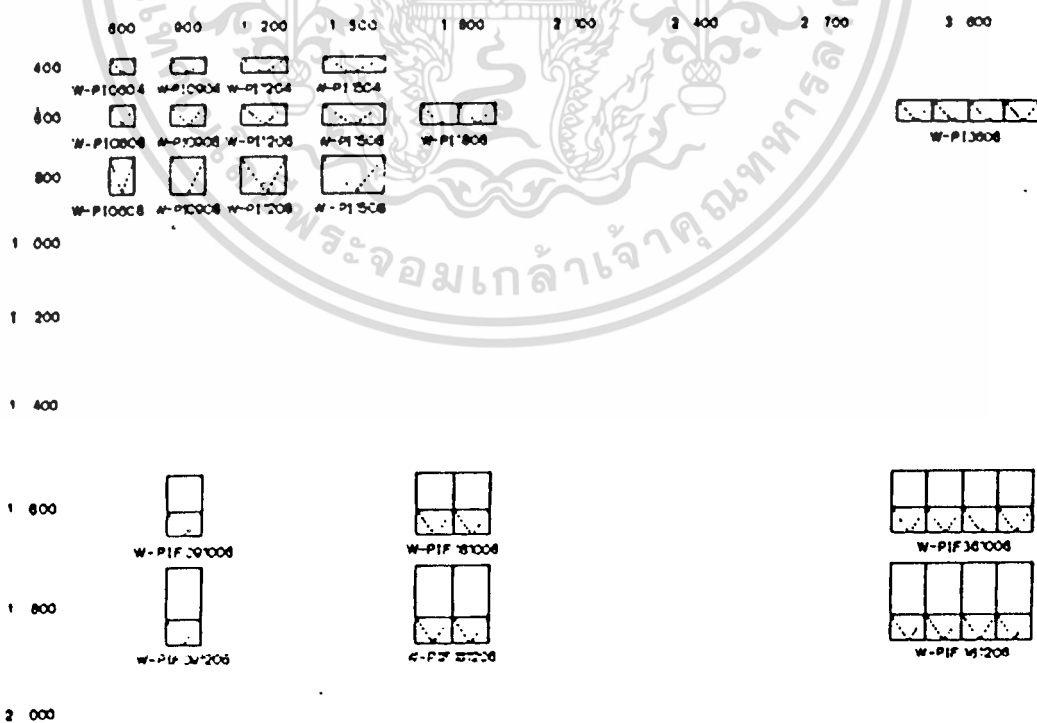


รูปที่ 8 หน้าต่างบานเลื่อน (S)

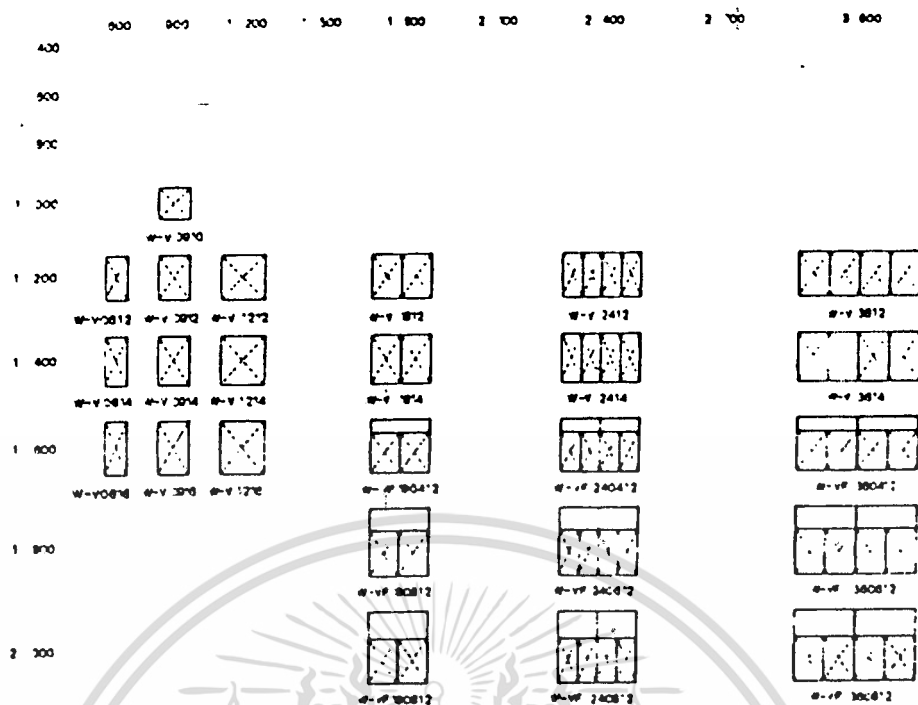
เอกสารนี้เผยแพร่สำหรับหน้าต่างบ้านเรือน 20 บ้านภายในบ้านหนึ่งจะเป็นบ้านปิดตาย และอีกบ้านค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งนี้เป็นเงื่อนไขก่อนแก้ไขเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



W-01508



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ**รูปที่ 10 หน้าต่างบานรั้งอยู่ตัว (PI)** ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 หน้าค่างบานพลิกแนวตั้ง (V)

4.2 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อน

4.2.1 เกณฑ์ความคลาดเคลื่อนสำหรับความกว้างและความสูงของหน้า-

ต่าง

มิติไม่เกิน 2 000 มิลลิเมตร จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 3

มิลลิเมตร

มิติไม่เกิน 2 000 มิลลิเมตร จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน ± 5

มิลลิเมตร

4.2.2 ผลต่างของเส้นทแยงมุมต้องไม่เกิน 6 มิลลิเมตร

5. วิธีวัดและการทำ

5.1 อะลูมิเนียมเจือ

อะลูมิเนียมเจือที่ใช้ทำวงกลและกรอบบาน ต้องเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อะลูมิเนียมเจือหน้าต่างตัดรูปต่าง ๆ มาตรฐานเลขที่ มอก. 284

ประเภท 7 สัญลักษณ์ 6063 และประเภท 9 สัญลักษณ์ 6063

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 โลหะอื่น ๆ

5.2.1 โลหะที่ใช้ร่วมกับอะลูมิเนียมได้โดยไม่ต้องมีฉนวนกัน ได้แก่

1. สังกะสี
2. เหล็กเคลือบสังกะสี หรือเหล็กชุบแคดเมียม
3. โครเมียม
4. เหล็กกล้าไร้สนิมประเภทที่ไม่ทำปฏิกิริยากับอะลูมิเนียม ทำให้เกิดการกัดกร่อน ซึ่งเป็นเหล็กที่ไม่เกิดแรงกระทำกับแม่เหล็ก

5.2.2 โลหะที่ไม่เหมาะสมใช้ร่วมกับอะลูมิเนียม

5.2.2.1 ไม่ว่าในกรณีใด ๆ ห้ามใช้อะลูมิเนียมสัมผัสโดยตรงกับทองแดง หรือทองแดงเจือ

5.2.2.2 หากต้องใช้อะลูมิเนียมร่วมกับโลหะอื่น นอกเหนือจากที่ระบุไว้ในข้อ 5.2.1 ให้ป้องกันผิวโลหะนั้นด้วยวัสดุดังต่อไปนี้

1. ทารองพื้นด้วยซิงก์โครเมต (Zinc Chromate) หรือวัสดุรองพื้นที่ปราศจากตะกั่ว แล้วทาด้วยสี หรือวัสดุป้องกันการสึกกร่อนอื่น ๆ
2. ทาด้วยยางมะตอยสำหรับเคลือบผิววัสดุ (Heavy-bodied bitumen-based paint)

5.3 วัสดุป้องกันการรั่วซึม ได้แก่

5.3.1 วัสดุยาแนวร่อง (Glazing Compound) ใช้ยาแนวระหว่างแนวกระจกกับร่องอะลูมิเนียม

5.3.2 วัสดุกันรั่วซึม (Sealant) ใช้อุดระหว่างวงกบกับผนังอาคาร

5.3.3 แถบป้องกันภาวะอากาศ (Weatherstripping) ใช้สอดกัน

ระหว่างกรอบบานกับวงกบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดยกรมโยธาธิการและผังเมือง เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.4 แผ่นอัดร่อง (Gasket) ใช้อัดระหว่างแนวกระจกกับร่อง

อะลูมิเนียม

วัสดุป้องกันการรั่วซึมที่ใช้ ควรเป็นไปตาม BS 6262 โดยให้เหมาะสมกับวัสดุอื่นที่ใช้ร่วมกัน ทนสารเคมี มีความยืดหยุ่นตัวและสามารถกันน้ำรั่วซึม หากอยู่ด้านนอกอาคารควรเป็นชนิดที่ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเลต

5.4 กระจก

ให้เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระจกแผ่น มาตรฐานเลขที่ มอก. 54 นอกจากจะตกลงกันเป็นอย่างอื่นระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย

5.5 อุปกรณ์ติดตั้ง พุก ฉากยึด แป้นยึดและอุปกรณ์อื่น ๆ

ต้องทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมตามข้อ 5.2.1 4. หรือเหล็กกล้าเคลือบสังกะสีชนิดจุ่มร้อน (Hot Dipped Galvanized Steel) หรืออะลูมิเนียม หรืออะลูมิเนียมเจือ หรือโลหะอื่นที่มีความแข็งแรง และติดตั้งได้มั่นคง อุปกรณ์ดังกล่าวต้องออกแบบให้ทำหน้าที่ดังนี้

5.5.1 สามารถรองรับน้ำหนักของหน้าต่างได้

5.5.2 สามารถต้านทานความดันอากาศซึ่งเกิดจากแรงลม ที่กระทำต่อหน้าต่างทั้งจากด้านนอกและด้านใน

5.5.3 สามารถปรับได้ในช่วงติดตั้ง

5.6 ตัวยึด (Fastener)

หมุดเกลียว แป้นเกลียว แหวนรองสลักเกลียว หมุดย้ำ และตัวยึดอื่น ๆ ให้ทำด้วยอะลูมิเนียมเจือตามข้อ 5.1 หรือเหล็กกล้าไร้สนิมตามข้อ 5.2.1 4. โลหะอื่นที่เหมาะสม ข้อ 5.2

5.7 อุปกรณ์หน้าต่าง (Hardware)

กลอน มือจับ บานพับ ลูกล๊อค ฯลฯ ต้องทำด้วยวัสดุที่ทนทานต่อการกัดกร่อนและไม่กัดกร่อนองค์ประกอบของหน้าต่างและอุปกรณ์หน้าต่างด้วยตนเอง วัสดุใดซึ่งไม่เหมาะสมที่จะให้ร่วมกับอะลูมิเนียมให้เคลือบผิวให้ถาวรด้วยวัสดุที่ใช้ร่วมกับอะลูมิเนียมได้ เช่น เคลือบสังกะสี หรือชุบโครเมียม

5.8 ความมั่นคงของหน้าต่าง (Security)

หน้าต่างเมื่อปิดและใส่กลอนแล้ว ต้องไม่สามารถเปิดหรือเคลื่อนตัวได้จากภายนอก กลอนหน้าต่าง (Locking Device) ต้องออกแบบให้ไม่สามารถเปิดได้จากภายนอก สำหรับหน้าต่างบานพลิกแนวตั้ง ซึ่งสามารถเปิดบานโดยการหมุนหรือหมุนกลับตัวรอบบานได้ 360 องศา รอบแกนในแนวดิ่งที่อยู่กึ่งกลางวงกบบนและล่าง เมื่อเปิดโดยการหมุนรอบบาน 180 องศา กรอบบานต้องสามารถใส่กุญแจได้ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกส่วนที่อยู่ด้านนอก หลังจากทำความสะอาดแล้วหมุนหรือหมุนกลับกรอบบาน 180 องศา ซึ่งอยู่ในตำแหน่งปิดหรือตำแหน่งปกติ กรอบบานต้องสามารถใส่กุญแจได้เช่นกัน และเมื่อใส่กุญแจแล้วจึงจะดึงลูกกุญแจออกได้

5.9 การตกแต่งผิวของอะลูมิเนียม

ส่วนที่เป็นผิวภายนอกของหน้าต่าง ที่ทำด้วยอะลูมิเนียมเนื้อหน้าตัดรูปต่าง ๆ อะลูมิเนียมแผ่น หรืออะลูมิเนียมหล่อ ต้องชุบผิวให้มีความหนาของผิวไม่น้อยกว่า 5 ไมโครเมตร

6. คุณสมบัติที่ต้องการ

6.1 การแอ่นตัว (Deflection)

เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ก. โดยใช้ความดันสถิตตามที่กำหนดสำหรับ
หน้าต่างแต่ละประเภทแล้ว ระยะแอ่นตัวในแนวตั้งและแนวระดับต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด
ในตารางที่ 5.1

6.2 การรั่วของอากาศ (Air Infiltration)

เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ข. โดยใช้ความดันที่ใช้ทดสอบตามที่กำหนดสำหรับ
หน้าต่างแต่ละประเภทแล้ว อัตราการรั่วของอากาศต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดในตารางที่
5.2

ตารางที่ 5.1 ระยะแอ่นตัว

ประเภท	ระยะแอ่นตัวสูงสุด มิลลิเมตร
1	ช่วงบาน* (Span) ทหาร 240
2	ช่วงบาน* (Span) ทหาร 240
3	ช่วงบาน ทหาร 180

หมายเหตุ * ท่อเย็บเป็นมิลลิเมตร

ตารางที่ 5.2 อัตราการรั่วของอากาศ

ประเภท	อัตราการรั่วของอากาศสูงสุด ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมงต่อเมตร ของความยาวรอยต่อหน้าต่าง	ความดัน ที่ใช้ทดสอบ พาสคัล
1	12	200
2	12	150
3	12	100

6.3 การรั่วของน้ำ (Water Penetration)

เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ค. โดยใช้ความดันตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5.3

แล้ว น้ำต้องไม่รั่วเข้ามาด้านในของกรอบบาน

ตารางที่ 5.3 ความดันที่ใช้ทดสอบการรั่วของน้ำ

ประเภท	ความดันพาสคัล
1	300
2	
3	150

6.4 แรงที่ใช้เปิดหน้าต่างบานเลื่อน

หน้าต่างบานเลื่อนต้องเปิดได้สะดวก แรงสูงสุดที่ใช้เมื่อเริ่มเคลื่อนหน้าต่างบานเลื่อนที่ปิดโดยไม้สไลด์กลอนต้องไม่เกิน 230 นิวตันต่อพื้นที่กรอบบาน 1 ตารางเมตร หรือ 120 นิวตัน แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า โดยลักษณะของแรงกระทำต้องไม่เป็นแรงกระทำ และกระทำตามแนวนอนในระนาบที่ขนานกับวงกบบนหรือล่าง และแรงสูงสุดที่ใช้ในการคงภาวะการเคลื่อนที่ เมื่อกระทำในลักษณะเดียวกัน ต้องไม่เกิน 80 นิวตันต่อพื้นที่กรอบบาน 1 ตารางเมตร หรือ 80 นิวตัน แล้วแต่ค่าใดจะมากกว่า สำหรับหน้าต่างบานเลื่อนซึ่งมีอุปกรณ์มือจับที่ยื่นออกมา ให้ใช้แรงกระทำ ณ ตำแหน่งมือจับนั้น ในกรณีที่อุปกรณ์มือจับฝังอยู่กับกรอบบาน ให้ใช้แรงกระทำที่ระยะ 1 ใน 3 ของความสูงของกรอบบานจากวงกบล่าง ในการทดสอบแรงที่ใช้เปิดหน้าต่างบานเลื่อน ต้องทดสอบที่ละบาน

6.5 การรับแรงพิสูจน์

เมื่อทดสอบตามภาคผนวก ก. โดยใช้แรง 1.5 เท่าของแรงกระทำตามประเภทของหน้าต่างแล้ว หน้าต่างต้องไม่เสียหายเนื่องจากสาเหตุอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

1. กระจกเคลื่อนตัว
2. วงกบหน้าต่าง หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของวงกบหน้าต่างเคลื่อนตัว
3. ช่องแสงทั้งกรอบบานหรือเฉพาะกระจกแยกตัวออกจากวงกบ
4. กรอบบานหน้าต่างและอุปกรณ์ส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหาย เช่น กลอนหน้าต่าง ตัวยึด หรือบานพับ ซึ่งทำให้กรอบบานเปิดออก
5. กรอบบานส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหาย เช่น กลอนหน้าต่าง ตัวยึดหรือบานพับ ซึ่งทำให้กรอบบานเปิดออก

หมายเหตุ 1. เมื่อหน้าต่างรับแรงพิสูจน์ หน้าต่างอาจเปลี่ยนรูปร่างถาวร และใช้งานต่อไปไม่ได้ การทดสอบนี้มีจุดประสงค์เพื่อป้องกัน ไม่ให้บุคคลที่อยู่บริเวณใกล้เคียงกับอาคาร ได้รับบาดเจ็บเนื่องจากหน้าต่างอาจเสียหายภายใต้ภาวะที่รุนแรง

เมื่อหน้าต่างติดตั้งกับอาคารขณะใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในสำนักงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปยังหน่วยงานอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ในระหว่างการทดสอบการรับแรงพิสัย ต้องมีการเตรียมการป้องกัน
อย่างเพียงพอเพื่อความปลอดภัยของผู้ทดสอบ

7. เครื่องหมายและฉลาก

7.1 ที่ด้านในของหน้าต่างหรือที่แผ่นอะลูมิเนียมซึ่งติดอยู่ที่หน้าต่างทุกชุดอย่าง
น้อยต้องมีเลข อักษร สูงไม่น้อยกว่า 3 มิลลิเมตร หรือเครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไป
นี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน และไม่ลบเลือนง่าย

- 1. ประเภท
- 2. ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

7.2 ที่หีบห่อที่บรรจุหน้าต่างทุกหน่วย อย่างน้อยต้องมี เลข อักษร หรือ
เครื่องหมายแจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

- 1. ประเภท และชนิด
- 2. ขนาด
- 3. ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า

7.3 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่กำหนด
ไว้ข้างต้น

7.4 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมาย
มาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

8. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

8.1 รุ่น ในที่นี้ หมายถึงหน้าต่างอะลูมิเนียมประเภท ชนิด และขนาด ระบุ
เดียวกัน ที่ทำหรือซื้อขายหรือส่งมอบในระยะเวลาเดียวกัน

8.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่
กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากับทางวิชาการกับแผนที่กำหนด
ไว้

8.2.1 การชักตัวอย่าง
ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกัน ตามแผนการชักตัวอย่าง
ในตารางที่ 4

8.2.2 เกณฑ์ตัดสิน

8.2.2.1 จำนวนตัวอย่างที่ไม่เป็นไปตามข้อ 4 ข้อ 5 และข้อ
6 แต่ละรายการ ต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับใน
ตารางที่ 5.4 จึงจะถือว่าหน้าต่างอะลูมิเนียมรุ่นนั้น
เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

ตารางที่ 5.4 แผนการชักตัวอย่าง

ขนาดรุ่น ชุด	ขนาดตัวอย่าง ชุด	เลขจำนวน ที่ยอมรับ
ไม่เกิน 500	2	0
เกิน 500	8	1

8.2.2.2 ในกรณีที่ตัวอย่างชุดใดชุดหนึ่ง ไม่ผ่านการทดสอบ การแอนด์หรือการรับแรงพิสูจน์ แต่ผ่านรายการทดสอบตามข้อ 4 และ ข้อ 5 ให้ชักตัวอย่างโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันอีก 2 ตัวอย่างมาทดสอบตามข้อ 6 ตัวอย่างทั้งสองต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 6 จึงจะถือว่าหน้าต่างรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

9. การทดสอบ

9.1 ข้อกำหนดทั่วไป

ให้ติดตั้งตัวอย่างกับตำแหน่งของห้องอัดอากาศ (Air Chamber) ในขณะเดียวกันกับการติดตั้งจริงกับช่องเปิดของอาคาร ตามคำแนะนำในการติดตั้งของผู้ทำการทดสอบหน้าต่างต้องกระทำในลักษณะที่ปิดและใส่กลอน เว้นแต่ในกรณีที่ทดสอบแรงที่ใช้เปิดหน้าต่างบานเลื่อน ไม่ต้องใส่กลอนหน้าต่าง

9.2 ลำดับการทดสอบ

การทดสอบจะต้องกระทำตามลำดับดังนี้

9.2.1 การแอนด์

9.2.2 การรั่วของอากาศ

9.2.3 การรั่วของน้ำ

9.2.4 แรงที่ใช้เปิดหน้าต่างบานเลื่อน

9.2.5 การรับแรงพิสูจน์

9.3 การรายงานผลการทดสอบ

ในรายงานผลการทดสอบจะต้องประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลักษณะและข้อมูลทั่วไปของหน้าต่างที่ทดสอบ
2. แบบที่ถูกละเมิดส่วนของหน้าต่างที่ทดสอบ แสดงมิติ แบบขยายของการก่อสร้าง ประเภทและชนิด ความหนาและขนาดของกระจก พื้นที่ระนาบของหน้าต่าง ตำแหน่งและประเภทของวัสดุป้องกันการรั่วซึมที่ใช้ ชนิดของอุปกรณ์การเปิดปิด ตำแหน่งของเครื่องมือวัด และรายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
3. ข้อความอธิบายว่าทดสอบอะไรบ้าง และลำดับใดบ้างที่จะต้องควบคุม ตลอดจนอธิบายความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากวิธีทดสอบที่กำหนด
4. รายละเอียดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง



บทที่ 6

CURTAIN WALL

ในงานสถาปัตยกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง อาคารสูง รูปทรงซึ่งเกิดจากพื้นผิวรอบรูปอาคาร เป็นส่วนปรากฏอันแรกที่จะประทับใจ ในขณะเดียวกันก็เป็นพื้นที่ผิวที่สร้างสภาพการใช้สอยภายในและความคุมสภาพแวดล้อมภายใน ให้อยู่ในลักษณะที่เหมาะสมกับการใช้งานของมนุษย์ พื้นผิวรอบรูปอาคารจึงมีความสำคัญมากที่สุดส่วนหนึ่งของอาคาร

ใน Industrialized walling systems อาจจะแบ่งระบบ Walling system ออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

1. Heavy System
2. Light System

หากมีการจัดตามระบบดังกล่าวเบื้องต้นแล้ว Curtain Wall จัดอยู่ใน Light System

แม้ว่า Curtain Wall จะอยู่ใน Light System ซึ่งไม่ได้มีความหมายในการที่จะให้รับแรงอะไรมากมายนักก็ตาม แต่ในความเป็นจริงแล้ว Curtain Wall ต้องรับน้ำหนักของตัวเอง แต่สิ่งที่ Curtain Wall ต้องทนทานได้ คือแรงลมที่กระทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Dynamic Pressure ในส่วนที่เป็น Negative อันมหาศาล และส่วนที่มาพร้อมกับพายุฝนและในบางครั้งก็ต้องทนกับแผ่นดินไหวได้ด้วย

Curtain Wall คือระบบผนังอาคารเบา ชนิดไม่รับน้ำหนัก (Non Load Bearing) ที่มีการทำงานกันเป็นระบบต่อเนื่อง ทั้งในแนวด้านข้างและในแนวดิ่ง เพื่อป้องกันแรงลม น้ำ ความร้อนหนาว และสิ่งอื่น ๆ

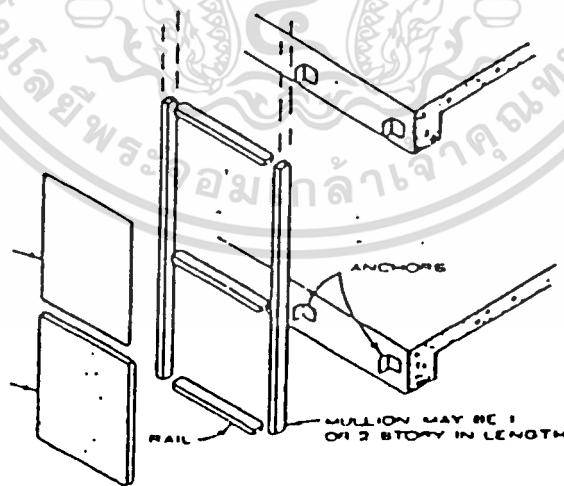
สำหรับอาคารสูงแล้วระบบ Curtain Wall ที่ดีและถูกต้องตามลักษณะการใช้งานจะสามารถป้องกันการรั่วได้ดี

ชนิดของ Curtain Wall

แบ่งตามระบบได้ 3 ระบบ คือ

1. Grid System ชนิดที่เป็น Stick System ระบบนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 4 ชนิด ซึ่งเป็นชิ้นส่วนสำเร็จมาประกอบในที่ก่อสร้างคือ

Mullion	โครงตัวตั้ง
Rail หรือ Transom	โครงตัวนอน
Panel	แผ่นลูกฟูก จะเป็นโลหะหรือกระจก
Anchor	ตัวยึดโครงหน้าคาหรือบนคาน



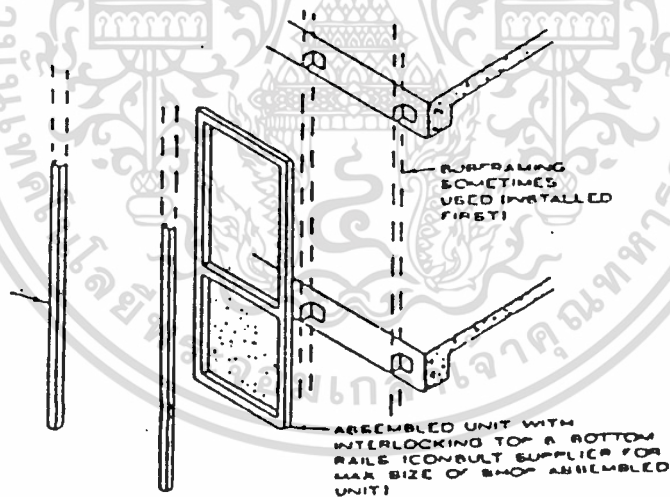
รูปที่ 6.1 grid system ชนิด stick system

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Grid System ชนิด Panel and Mullion

ระบบนี้ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลัก 3 ชิ้น ประกอบสำเร็จเป็นบานผนัง (Panel) มาจากโรงงาน มาประกบกับ Mullion ในที่ก่อสร้างขึ้นส่วนของระบบประกอบไปด้วย

Panel	ชนิดผนังประกอบสำเร็จ
Mullion	โครงตัวตั้งหรือโครงครอบ
Anchors	ตัวยึดโครงหน้าคาน หรือบนคาน

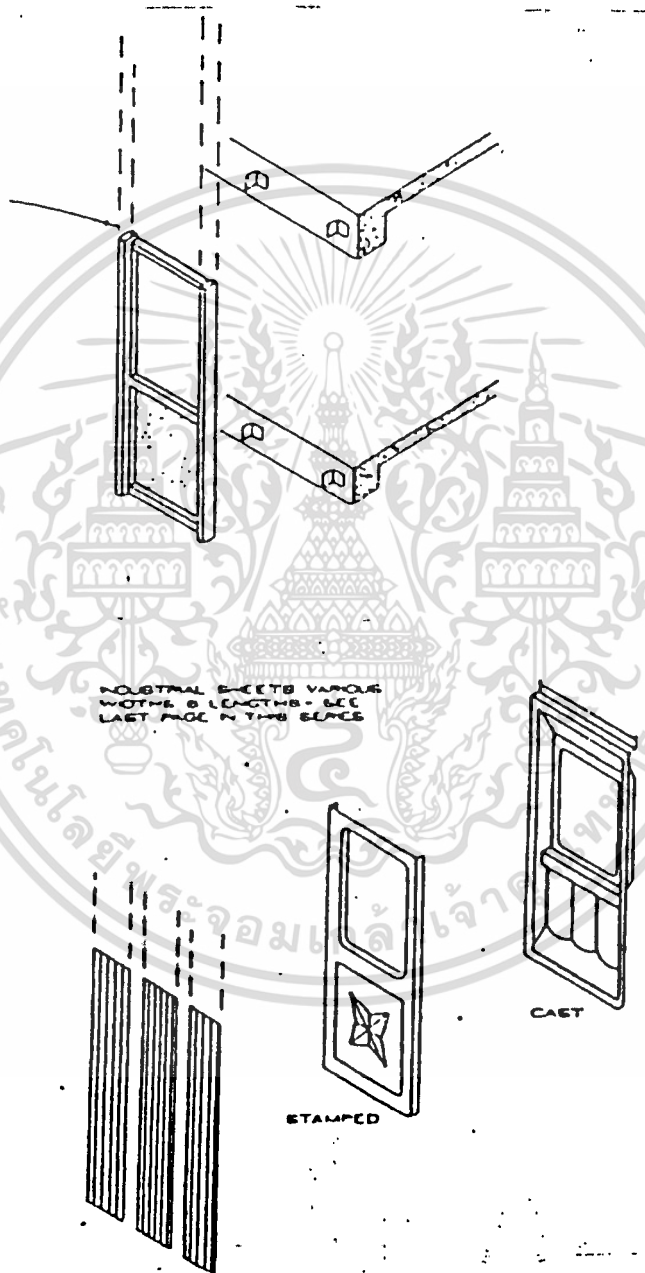


รูปที่ 6.2 grid system ชนิด panel and mullion

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. Panel System เป็นแผ่นผนังประกอบสำเร็จ มีทั้ง Mullion และ Transom รวมทั้งแผ่นผนังสำเร็จ มี 2 แบบ คือ

1. ชนิดมี Interior Finish
2. ชนิดไม่มี Interior Finish



รูปที่ 6.3 panel system

Curtain Wall แบ่งตามลักษณะการเว้นช่องว่าง ออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. Custom Type

เป็นชนิดออกแบบเฉพาะสำหรับอาคารใดอาคารหนึ่ง ตามความเหมาะสมกับรูปแบบทางสถาปัตยกรรมที่ต้องการแสดง

2. Commercial Type

เป็นชนิดมาตรฐานจากโรงงานซึ่งจะต้องออกแบบตามที่โรงงานมีอยู่ใน Stock หรืออาจจะตาม Pattern ของสถาปนิก เป็นการผลิตจำนวนมาก จึงมีราคาค่อนข้างถูก และมักจะใช้กับอาคารที่สูงประมาณ 2 ชั้น

3. Industrial Type

มักจะเป็นแบบมาตรฐานจากผู้ผลิต ซึ่งมีการใช้ประสบผลสำเร็จค่อนข้างมาก และใช้กับอาคารที่มีมาตรฐานค่อนข้างดี

การเลือกระบบ Curtain Wall

ปัญหาสำคัญของ Curtain Wall ก็คือการเลือกระบบ Curtain Wall ทั้งนี้เนื่องจากว่าในจำนวน Curtain Wall ทั้งหมดที่มีอยู่ จะมีจุดอ่อนโดยประมาณดังนี้คือ

90%	ฝนรั่ว
60%	แข็งแรงไม่พอ
20%	กระจกหลุดหรือแตก
10%	อากาศรั่ว

ปัญหาหลักที่พบมากในประเทศไทย ก็คือฝนรั่ว เมื่อมีฝนกับการแตกและหลุด เป็นปัญหาใหญ่ในเทคโนโลยีของ Curtain Wall นั้น ปัญหาเรื่องรั่วจะแก้ไขได้เมื่อเลือกระบบ Curtain Wall ที่ถูกต้อง แต่ปัญหาสำคัญที่จะแก้ไม่ได้เลยก็คือถ้าเกิด Thermal Breakage เทคโนโลยีของการกันหลุดเนื่องจาก Dynamic Force จะมีผลกระทบกับเทคโนโลยีในการป้องกัน Thermal Breakage และความสมดุลของเทคโนโลยีสองประการนี้จึงสำคัญไม่น้อยไปกว่าการเลือกระบบ

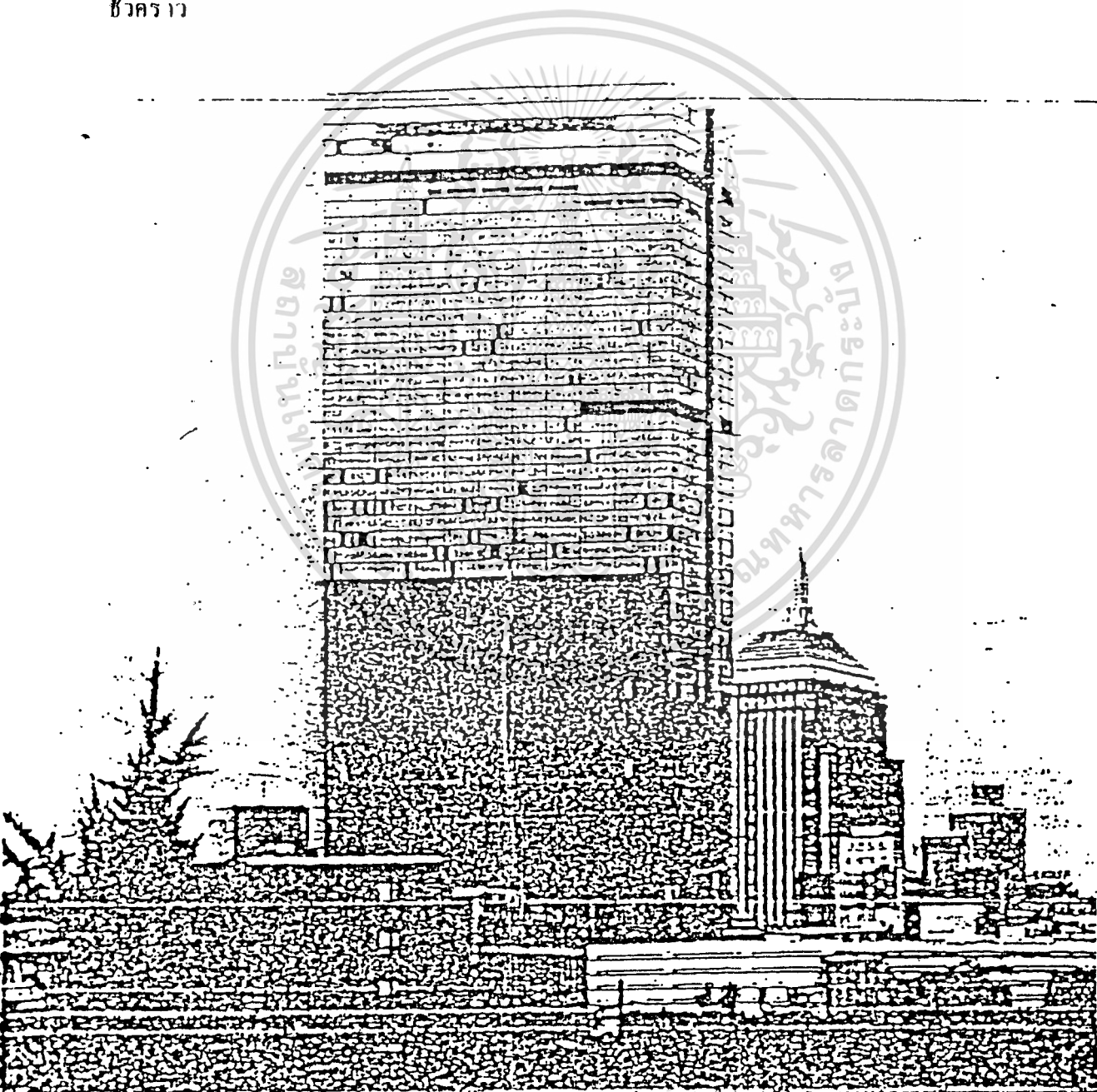
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในประเทศไทยปัจจุบันก็คือ มาตรฐานการก่อสร้างของ Main Contractor ไม่มีความเที่ยงตรงพอ สำหรับ Grid System ชนิดที่เป็น Panel and Mullion หรือ full Panel System เพราะถ้าประกอบมาจากโรงงานแล้วจะติดตั้ง

John Hancock Tower, Boston

กระจกหลุดเกือบหมดจกอาคาร ข้อจำกัดที่เห็นเป็นการเอาไม้ขัดมาปะไว้

ชั่วคราว



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้ คงมีระบบเดียวในประเทศไทยที่สามารถใช้ได้ก็คือ Grid System ชนิดที่เป็น stick System อย่างไรก็ตามสำหรับ Stick System ที่มีความสูงพอสมควร (ประมาณ 100 เมตร) ต้องการความเที่ยงตรงในแนวตั้งถึง 1 : 3000 หรือ ± 2.5 cm. ในการติดตั้งของความสูงรวม

การออกแบบ Standard Design กับ Custom Design นั้นมีข้อควรพิจารณาดังนี้

- Standard Design ควรใช้เมื่อมีการศึกษาถึงระบบและวิธีการใช้ชั้นเป็นลักษณะเฉพาะพอสมควร ควรดูข้อกำหนดในเรื่องเกี่ยวกับความแข็งแรงและรายงานการทดสอบ หรือตามข้อกำหนดรายละเอียดของการออกแบบ Detail ซึ่งมักจะเป็น Designer ในประเทศให้เข้ากับระบบโครงสร้างและ Element เฉพาะของอาคารแต่ละหลังมักจะเป็นจุดอ่อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งความแข็งแรงของระบบ ทำให้ล้มเหลวไปทั้งระบบได้

- Custom Design มีแนวโน้มในการใช้งานมาก เนื่องจากอาคารแต่ละหลังมักจะไม่เหมือนกันเลย และสถาปนิกมักจะต้องการแสดงลักษณะพิเศษของแต่ละอาคาร ข้อดีก็คือ ทั้ง Main System และ Detail Design ได้รับการออกแบบมาสำหรับอาคารแต่ทั้งนี้และทั้งนี้ Designer ของระบบจะต้องเป็นผู้ที่มีความชำนาญ และควรจะต้องทดสอบระบบ Curtain Wall ด้วย Mock Up Model เท่าของจริง ด้วยสถาบันทดสอบที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน

ข้อดีและข้อเสียของ Curtain Wall

ข้อดี

1. เป็นการแสดงลักษณะเด่นทางสถาปัตยกรรมของอาคาร โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับ Commercial Type
2. ราคาถูก
3. ติดตั้งง่าย ถ้าทำถูกต้อง
4. รวดเร็วในการติดตั้ง

5. มีน้ำหนักเบา ทำให้ภาระการรับน้ำหนักของอาคารลดลง
6. ถ้าเลือกระบบ Curtain Wall ที่ถูกต้อง จะป้องกันการรั่วได้
7. อลูมิเนียมหรือเหล็ก Stainless กับกระจกมีความคงทน ไม่ต้องการการดูแลมากนักนอกจากการล้าง

ข้อเสีย

1. อาคารจะร้อนขึ้นถ้าเลือกระบบ Curtain Wall ผิด
2. อาคารจะร้อนขึ้นถ้าใช้ Sealant ผิด
3. กระจกแตก ถ้าไม่คำนึงถึง Thermal Brakage
4. กระจกหลุด ถ้า Glazing ไม่ถูกต้อง
5. ถ้าใช้กระจกโดยไม่พิจารณา Heat Transfer จะสูงมาก
6. รบกวนสิ่งแวดล้อม ถ้าใช้กระจกไม่ถูกต้อง

ข้อดีที่สำคัญที่ทำให้ Curtain Wall เป็นที่นิยมกันมากก็คือการแสดงลักษณะเด่นทางสถาปัตยกรรม การติดตั้งเร็ว ทำให้ cash Flow ดีสำหรับ Marketing และไม่ต้องดูแลซ่อมเปลี่ยนสำหรับอาคารสูง ไม่ต้องการ

ข้อควรคำนึงถึงในการออกแบบ Curtain Wall

1. ต้องเป็นระบบ Curtain Wall ที่เหมาะสม และติดตั้งได้โดยที่ Tolerance ไม่เป็นปัญหาในการติดตั้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ที่เป็นระบบ Curtain Wall รอบอาคารทั้ง 4 ด้าน

2. ความแข็งแรงของระบบ

2.1 ขึ้นอยู่กับ Specification ของระบบซึ่งสถาปนิกหรือที่ปรึกษาเป็นผู้กำหนด ตามความเหมาะสมกับชนิดของอาคาร

2.2 Dynamic และ Static Load ซึ่งต้องใช้เทศบัญญัติ ข้อมูลย้อนหลัง รูปทรง ความสูงและขนาดของอาคาร ตำแหน่งที่ตั้งอาคาร สภาพแวดล้อมของอาคาร ซึ่งจะเป็นการคำนวณเป็น Criteria เบื้องต้นในการออกแบบ

2.3 Anchorage System จะต้องกำหนดค่าให้เหมาะสมกับ System ของอาคาร และ Dynamic Load และ Dead Load ของตัวระบบ Curtain Wall

2.4 ตรวจสอบการคำนวณของ Main System ทั้ง Anchorage, Mullion and Transom เกี่ยวกับ Deflection และ Stress ของ Member

2.5 ตรวจสอบ drawing การประกอบชิ้นส่วน

3. เลือกกระบบที่ไม่รั่วฝนและอากาศ

3.1 ไม่ควรเลือกกระบบ Main System ที่เป็นระบบที่ผากการป้องกันรั่วไว้กับ Sealant หรือ Gasget แต่เพียงอย่างเดียว

3.2 ไม่ควรเลือกกระบบ Main System ที่รอยต่อตามแนวตั้งกับแนวนอน มาประชุมกันมากที่สุดโดยจุดหนึ่ง

3.3 เป็นที่ทราบแล้วว่า Curtain Wall โดยทั่วไปจะรั่วฝนถึง 90% ในการทดสอบพบว่า Main System ที่เป็นระบบที่ป้องกันฝนได้ดี จึงจะป้องกันการรั่วได้ผล

3.4 ตรวจสอบดูว่าเป็นระบบตามที่ 3.3 จริง หรือไม่ว่าเป็นระบบที่มีการป้องกันการรั่ว แต่ไม่ได้ทำงานในระบบดังกล่าวเบื้องต้น

3.5 แม้จะเป็นระบบดังกล่าวตาม 3.3 จริง ก็ต้อง Check Detail ของ Transom กับ Mullion การติดตั้ง Transom จะต้องเป็น Air Seal โดยไม่มีจุดอ่อน

3.6 Check การ Design ของส่วนอื่น ๆ ตาม Criteria เฉพาะ รวมทั้ง Detail ของรอยต่อต่าง ๆ

3.7 เช็ค Flashing การป้องกันการรั่วของแต่ละ Floor

4. เลือกกระบบที่ Main System ทำงานร่วมกับกระจก โดยไม่เกิด Thermal breakage

4.1 สถาปนิกและที่ปรึกษาเป็นผู้กำหนด Glass Factor สำหรับกระจก โดยปกติจะกำหนดไว้ที่ 2.5 ซึ่งหมายความว่า จะมีควมล้มเหลวในการใช้กระจก 8 ใน 1000

4.2 ตรวจสอบ Thermal Brakage ดูว่ากระจกจะแตกจกการสะสม ความร้อนหรือไม่ เพราะถ้าไม่พอแล้วกระจกจะแตกโดยไม่มีเหตุบังเอิญ ความหนาของ กระจกจะไม่สามารถช่วยได้

4.3 ตรวจสอบ Glazing ว่า Bite, Bead, Front and Back Clearance พอหรือไม่ ทน Dynamic Pressure ได้หรือไม่ มิฉะนั้นกระจกจะหลุดถ้า Bite น้อยไป และถ้า Bite มากเกินไป จะเกิด Thermal Breakage ด้วย

4.4 ตรวจสอบ Negative และ Positive Pressure ว่าจะต้องใช้ กระจกหนาเท่าไร

4.5 ตรวจสอบ Internal Shade โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Spandrel Area กระจกจะแตกง่ายมาก สำหรับ Vision Area จะต้องออกแบบให้ถ่าย Air ให้เหมาะสม ระยะห่างของผนัง การระบายอากาศ การใช้สีของผนัง หรือบังตา ต้อง มีการคำนวณตรวจสอบเพื่อทำ Thermal Breakage

4.6 ต้องระวัง Shading ที่ตกบน Curtain Wall กับเลือกชนิดของ กระจกและสีให้ถูกต้อง เงาเป็นรูปทำให้เกิด Thermal Shock กระจกแตกทันที การ ใช้ที่กันแดดกับ Curtain Wall กระบอบกระเบื้องทั้ง Thermal Shock และเพิ่ม Load ให้กับอาคาร

4.7 วางแผนออกแบบตำแหน่งของอาคารให้เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิด Thermal Shock ของกระจกได้

5. เลือกระบบ Curtain Wall ที่ไม่เกิดการจับตัวของไอน้ำ(Condensing)

การเลือกระบบ Curtain Wall ที่ป้องกันการจับตัวของไอน้ำได้ับว่าสำคัญ เพราะถ้าเกิดขึ้นแล้วการแก้ไขทำได้ยากมาก และจะต้องแก้หลายจุด ผลที่ปรากฏมีสภาพเหมือนกันกับอาคารรั่ว และระบบฝ้าจะเสียไปด้วย

5.1 ควบคุมอัตราการรั่วของอากาศ ตาม ASTM Standard, ANSI หรือ AAMA

5.2 เลือกระบบ Curtain Wall ที่มีช่องเปิดที่เหมาะสม ไม่รั่ว ตามมาตรฐาน ANSI หรือ AAMA

5.3 ใส่ ฉนวนป้องกัน ให้ถูกต้องตามตำแหน่ง

5.4 วางแผนออกแบบอาคาร ไม่ให้เกิดการสะสมของความร้อน

5.5 ไม่ควรติดระบบ Air โดยไม่จำเป็น ควรให้เป็น IDLE เมื่อไม่มีการใช้ห้อง

6. เลือกระบบที่ไม่สั่นและป้องกันเสียง

6.1 การเลือกกระเบื้องที่ไม่สั่น กระเบื้องได้ยากมาก เพราะจะต้องเข้าใจจากรายละเอียดการวางแนวของระบบ ชิ้นส่วนของระบบที่จะติดกับตัวกั้นที่ดี ตัวอาคารที่ดี รวมทั้งการยึดจะต้องมีลักษณะเป็น การต่อขยาย(Expansion Join ทั้งสิ้น สิ่งที่ทำให้ได้ง่ายที่สุดคือ : เลือกกระเบื้องที่แข็งแรง

6.2 เรื่องของเสียงแบ่งออกได้เป็น 2 ประการคือ

ก. เสียงจากภายนอก วิธีที่ดีคือใช้ Double Glaze หรืออาจจะใช้ Laminated Glas เชื่อกันมุลการป้องกันเสียงจากผู้ผลิตกระจก

ข. เสียงระหว่างชั้น สำหรับ การป้องกันเสียงระหว่างชั้นแล้วไม่ เป็นปัญหามากนัก ใช้ Barrier และ Sound Absorption ที่ spandrel Area

• เนื่องระบบ Curtain Wall ที่ทำงานสัมพันธ์กันทั้งระบบ

ในการใช้ Curtain Wall นั้นสิ่งที่ต้องระวังพร้อม ๆ กันไป จะต้องกันน้ำ กันเสียง กันไฟ เนื่องจากที่หน้า Spandrel เมื่อเกิดไฟขึ้นอุณหภูมิสูงสุดจะปรากฏที่หน้า Spandrel ประมาณ 2000 F จะต้องใช้ Curtain Wall Insulation ในการป้องกัน

7. Heat Transfer ของ Curtain Wall

เป็นสิ่งที่ต้องระมัดระวังมาก เราใช้สำหรับระบบ Curtain Wall ที่ติดตั้งจะสามารถใช้ Curtain Wall ให้มีค่าความต้านทานความร้อนได้ต่ำมาก หากไม่มีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณ

ส่วนที่ป้องกันความร้อนแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนของ Vision area ซึ่งต้องคำนึงถึงการใช้กระจกที่ถูกต้อง โดยให้รับพลังงานในส่วนของ Visible Light ให้มากที่สุด ส่วนสะท้อนออกให้น้อยในขณะที่เดียวกันให้สะท้อนส่วนของ Invisible Light ให้มากที่สุด อันจะเป็นส่วนของความร้อน และไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกอึดอัดสภาพแวดล้อมพร้อมกันไปด้วย

Shading CO.EF. เป็นส่วนที่จะต้องพิจารณาประกอบ เพราะผลรวมของ Heat Transfer เป็นค่ารวมของ Heat Transfer ผ่านกระจกในส่วนของ Spandrel Area เป็นส่วนที่ควรจะต้องป้องกันความร้อนได้ดีกว่า จึงควรมี Insulation ป้องกันความร้อนที่จะไหลผ่านเข้าไปที่ผนัง Spandrel Area ในขณะเดียวกันก็เป็นวัสดุป้องกันไฟและควัน

8. วัสดุที่ใช้ในงาน Curtain Wall

8.1 วัสดุที่ใช้ในโครงกรอบของ Mullion และ Transom มีทั้งไม้

เหล็ก และอลูมิเนียม

สำหรับ Curtain wall ของอาคารสูงนิยมใช้ Stainless Steel กับ Aluminum, Aluminum นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะราคาถูกกว่า stainless Steel มาก ขึ้นรูปง่าย ตัด เจาะ ทำงานได้ง่ายกว่า และความแข็งแรงสูง เมื่อเทียบกับน้ำหนักพร้อมกันนั้นความหนาแน่นเบาของอลูมิเนียมเป็นสิ่งได้เปรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมาคมผู้ผลิตอลูมิเนียมของ U.S.A. ได้รวมตัวกันจัดทำข้อมูลทำการวิจัย และมีโปรแกรมข้อกำหนด สำหรับอลูมิเนียมอย่างกว้างขวางและเป็นที่ยอมรับจนเป็นมาตรฐานแห่งชาติของ U.S.A. (ANSI)

อลูมิเนียมที่มักเราใช้อย่างกว้างขวางมากในงาน Curtain Wall คือ 606.-T5 และ 6063-T6 สำหรับการอบชุบของ T6 ทำให้ Tensile stress ของอลูมิเนียมสูงกว่า T5 มาก แต่การชุบผิว (Coating) มีปัญหาและมักจะปิดตัว ถ้าการควบคุมไม่ดีพอ

อลูมิเนียมที่พัฒนาเทียบเท่า แต่มี Tensile Stress สูงกว่า คือ KE 45-T5 และ KE45-T6

การทำการชุบผิว (Coating) มีมาตรฐานต่าง ๆ กัน และทำให้ความแข็งแรงของอลูมิเนียมเพิ่มขึ้นมาก ถึงแม้ว่า Oxidation ของอลูมิเนียมจะแตกต่างกันเล็กน้อยก็ตาม สำหรับ Stainless steel นั้น นอกจากมีราคาสูงแล้ว มาตรฐานจากสมาคมผู้ผลิตในการแสดงเทคโนโลยีในการใช้มีจำกัดและไม่กว้างขวาง ทำให้ผู้ใช้เสียเปรียบมาก

8.2 วัสดุแผ่นประกอบ (Panel) ของ Curtain wall ที่ใช้ในส่วน ของ Vision Area ก็ได้แก่ กระจก สำหรับประเทศที่ยากจนเราใช้กระจกสองชั้น หรือ ใช้ Laminated Glass มีราคาแพงมาก Reflective Glass จึงเป็น วัสดุกระจก อันเดียวที่จะแก้ปัญหานี้ แต่ทั้งนี้ก็ควรจะมีการเปรียบเทียบ ควบคุมการใช้ที่เหมาะสม เพื่อมิให้ไปรบกวนผู้อื่น การใช้กระจก Tinted Glass โดยเฉพาะอย่างยิ่ง Heat Absorption Glass ทำให้มีความเสี่ยงในเรื่อง Thermal Breakage มาก ดังที่เคยกล่าวมาแล้ว จึงต้องพิจารณาและทำ Try & Error ในการคำนวณ จนกว่าจะเห็นผลลัพท์

กระจกที่ใช้ในงาน Curtain Wall ควรจะเป็น Float Glass Coating หรือเป็น Cast Aluminum ซึ่งเป็นทั้งชนิดที่มี Interior Finish และไม่มีชนิดที่มี Interior Finish จะมี Insulation ประกอบมาสำเร็จและมีค่า U ต่ำกว่า ความร้อนได้ดี

สำหรับ Cast Aluminum นั้น การทำ Colour Matching ของ การชุบผิว(Coating) จะต้องปราณีตมาก มิฉะนั้นจะเกิดการต่าง

9. MainTenance ของ Curtain Wall

Curtain Wall อื่นๆ การดูแลรักษาแต่เพียงการล้างกระจกและอลูมิเนียม เป็นส่วนใหญ่ ควรจะมีการล้างกระจกทุก ๆ 3 เดือน Gondola เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ใช้ในการล้างกระจก แบ่งออกได้เป็น

- Gondola แบบชั่วคราว ซึ่งมีมอเตอร์ อยู่ที่ตัวกระเช้า การป้องกันอุบัติเหตุมีน้อยและไม่มี Guide Reil บนตัว Curtain Wall มอเตอร์อาจจะไม่ทำงาน และจะต้องทำการกู้ Gondola โดยที่พนักงานต้องอยู่กลางอากาศ หรืออาจจะเกิดการกระแทกกับตัวกระจก ทำให้กระจกแตกได้
- Gondola แบบถาวร มีชนิด 2 Slings และ 4 Slings ชนิด 4 Slings มีความปลอดภัยสูงกว่าและมีการแกว่งน้อย จะต้อง Design ให้มี Guide Rail บน Mullion ของระบบ Curtain Wall ด้วย

วิธีการดำเนินการในการออกแบบ

1. Building Design ควรระวังในการออกแบบ Paramenter (1 เส้นรอบรูป) ของอาคาร ให้เหมาะสม ไม่ทำให้เกิดการบดบังทางเทคโนโลยี ของการติดตั้ง Curtain Wall

ความเข้าใจในระบบ Curtain wall ของสถาปนิกเป็นสิ่งสำคัญ หากจำเป็นต้องเลือกบริษัทที่เหมาะสม Consultant ทางด้าน Curtain Wall จะเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะ Curtain wall จะเกี่ยวข้องกับ Building System อื่น ๆ ของอาคาร รวมทั้งการวางแผนด้วย การแก้ปัญหาในขั้นออกแบบ จะช่วยลด Cost และการบังคับทางเทคโนโลยี ได้มาก

2. Standard Specification ของระบบ Curtain Wall จะต้องมีความละเอียดและถี่ถ้วนในการควบคุมเทคโนโลยีทั้งหมดของ Curtain Wall ในขณะเดียวกันก็ต้องเปิดกว้าง ให้สามารถเลือกระบบได้โดยที่ Specification จากมาตรฐานที่เป็น

ความเปลี่ยนแปลงของเทคโนโลยีเป็นไปรวดเร็ว การบันทึกผลต่างๆ

จะช่วยให้ Specification ทันต่อเหตุการณ์ที่เปลี่ยนไป

3. เลือก Designer และ บริษัทผู้ผลิต ที่มีผลงานและมีฝีมือจริง ๆ เป็นผู้
ออกแบบระบบให้กับท่าน

งาน Curtain Wall จะไม่ประสบผลสำเร็จ ถ้าผู้ประกอบการติดตั้งไม่มี
ความรู้ ความรอบรู้และความชำนาญพอ เพราะมีความละเอียดในการประกอบทุก ๆ จุด

เทคโนโลยีของ Joint กับ Sealant มีเทคโนโลยีในการประกอบติดตั้งมากที่สุด

4. การทดสอบ (Testing) มีความสำคัญมาก ถ้าเป็นระบบพิเศษใช้มาแล้ว
ต้องตรวจสอบผลทดสอบทางด้านเทคโนโลยีให้ครบทุกด้าน

สำหรับ Custom Design แล้วจะต้องทำ Full Scale Mock up
Testing ตาม ASTM Standard หรือสูงกว่า

5. Consultant, เลือก Consultant ที่มีความสามารถเป็นผู้ช่วยเพราะ
ถ้าไม่เท่ากันจะเสียเปรียบ Designer และ บริษัทผู้ผลิต ในทุก ๆ กรณี Cost จะสูงใน
ขณะที่ระบบไม่ดีเท่าที่ควร หรือถ้าถามมาตรฐานโดยไม่รู้ตัว

การเปรียบเทียบราคาของระบบ Curtain Wall

โครงการก่อสร้างที่ใช้ระบบ Curtain Wall เป็นผนังรอบอาคารจำนวน 5 โครงการซึ่งแสดงราคาในการติดตั้งดังต่อไปนี้

1. โครงการ วอเตอร์พอร์ตคอนโดมิเนียม

งานอลูมิเนียม

ค่าวัสดุ

3,000

บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน

350

บาท/ตร.ม.

งานกระจก

ค่าวัสดุ

1,250

บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน

200

บาท/ตร.ม.

หมายเหตุ

- เป็น Curtain Wall ชนิด Stick System แบบเห็นเฟรมจากภายนอก
- ติดตั้งกระจกแบบ Dry Glaze
- ใช้กระจก Reflective หนา 6 มม. แบบ Hard Coat รุ่น Super Silver ของเบลเยียม
- อลูมิเนียมสีชา 514

2. โครงงาน กรีนทาวเวอร์

งานอลูมิเนียม

ค่าวัสดุ	4,350	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	500	บาท/ตร.ม.

งานกระจก

ค่าวัสดุ	1,250	บาท/ตร.ม.
ค่าแรงงาน	250	บาท/ตร.ม.

หมายเหตุ

- เป็น Curtain Wall ระบบ Panel System มองจากภายนอกเห็นโครงแนวนอนจากภายนอก
- ติดตั้งกระจกด้วย Structural Silicone
- ใช้กระจก Reflective ทา 6 มม.แบบ Hard Coat รุ่น Super Silver ของเบลเยียม
- อลูมิเนียมสีชา 514

8. โครงการ ผนังไทพอลาซ่า

งานอลูมิเนียม

ค่าวัสดุ 4,500 บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน 500 บาท/ตร.ม.

งานกระจก

ค่าวัสดุ 1,250 บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน 250 บาท/ตร.ม.

หมายเหตุ

- เป็น Curtain Wall ระบบ Panel System มองจากภายนอกไม่เห็นโครงอลูมิเนียม
- ติดตั้งกระจกด้วย Structural Silicone
- ใช้กระจก Reflective หนา 6 มม.แบบ Hard Coat รุ่น Super Silver ของเบลเยียม
- อลูมิเนียมสีชา 517

4. โครงการ ยูนิตคทาวเวอร์

งานอลูมิเนียม

ค่าวัสดุ 4,500 บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน 500 บาท/ตร.ม.

งานกระจก

ค่าวัสดุ 2,000 บาท/ตร.ม.

ค่าแรงงาน 250 บาท/ตร.ม.

หมายเหตุ

- เป็น Curtain Wall ระบบ Panel System มองจากภายนอกเห็นโครงอลูมิเนียม
- แนวนอน
- ติดตั้งกระจกด้วย Structural Silicone
- ใช้กระจก Reflective หนา 6 มม.แบบ Soft Coat รุ่น CR08 ของ Guardian
- อลูมิเนียมสีชา 517

บทที่ 7

สรุปและเสนอแนะ

การเลือกใช้วัสดุทำผนังอาคารมีความสำคัญอย่างยิ่ง สถาปนิกและวิศวกรจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติหลักของวัสดุ ทั้งทางกายภาพ ทางกล และทางเคมี เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบ และทำรายละเอียดการก่อสร้างที่ก่อให้เกิดความมั่นคงแข็งแรง และความทนทานได้ตามที่ต้องการซึ่งการนำกระจกมาใช้เป็นผนังมีประโยชน์ดังนี้

1. ทำให้รูปทรงอาคารดูสวยงาม
2. ช่วยให้มองเห็นภายนอกได้ชัดเจน แต่ยังคงความเป็นส่วนตัวไว้ได้
3. ให้แสงสว่างจากภายนอกผ่านเข้ามาในอาคารในส่วนที่ต้องการ
4. ก่อให้เกิดภาพสะท้อนที่สวยงาม
5. ช่วยป้องกันพลังงานความร้อนและความเจิดจ้าของแสงอาทิตย์

ข้อด้อยของผนังกระจกคือ

1. ค่าบำรุงรักษาสูง
2. ต้องการการดูแลรักษาเมื่อครบกำหนดเวลา

ผู้เ็นกระจกจะใช้เป็นส่วนประกอบของ CURTAIN WALL ซึ่งเป็ระบบโครงสร้างของผนังอาคาร มีอยู่ 3 ระบบคือ

1. GRID SYSTEM ชนิด STICK SYSTEM
2. GRID SYSTEM ชนิด PANEL AND MULLION
3. PANEL SYSTEM

จากกำรศึกษาการติดตั้งผนังรอบอาคารระบบ Curtain Wall จากโครงการจริง
เราจะพบว่า

ระบบ Grid System ชนิด Stick System

ข้อได้เปรียบ

1. ราคาในการขนส่งมีราคาถูก
2. ราคาวัสดุในการติดตั้งมีราคาถูก
3. สามารถปรับ แต่งทิศทางในการติดตั้งได้ข้้นแต่ทำการติดตั้ง ณ
ที่ติดตั้ง

ข้อเสียเปรียบ

1. การควบคุมคุณภาพในการติดตั้งทำได้ยาก
2. การติดตั้งประกบกับกรอบเฟรมทำได้ยาก

ระบบ Grid System ชนิด Panel And Mullion

ข้อได้เปรียบ

1. เป็นโครงสร้างที่มีความสมบูรณ์แข็งแรง
2. การควบคุมคุณภาพทำได้ดี
3. การขนส่งมีราคาถูก

ข้อเสียเปรียบ

1. โครงสร้างมีรอยต่อมาก
2. ราคาวัสดุในการติดตั้งมีราคาแพง
3. ราคาค่าติดตั้งมีราคาแพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบ Panel System

ข้อได้เปรียบ

1. สามารถรวบรวมวัสดุและควบคุมการประกอบได้ในโรงงาน
2. การควบคุมคุณภาพทำได้ดี
3. การติดตั้งทำได้รวดเร็ว

ข้อเสียเปรียบ

1. ราคาในการขนส่งมีราคาแพง
2. ราคาติดตั้งมีราคาแพง
3. ไม่สามารถปรับ แต่งทิศทางในการติดตั้งได้ ณ ที่ติดตั้ง



ข้อเสนอแนะ

1. ข้อกำหนดในการเลือกระบบ CURTAIN WALL ในปัจจุบันมิได้ขึ้นอยู่กับบริเวณผลการทดสอบชิ้นส่วนหรือส่วนประกอบของระบบใดๆของระบบ Curtain Wall แต่เพียงอย่างเดียว ไม่มีการทดสอบการ TEST ในสถานที่จริง เมื่อทำการติดตั้ง
2. ความเข้าใจในการทำงานของระบบ Curtain Wall เป็นความสำคัญอีกประการหนึ่ง ซึ่งจะแสดงผลออกมาในเชิงแท้จริง ว่าระบบ Curtain Wall ที่เลือกเป็นระบบที่เหมาะสมหรือไม่
3. ความสามารถและความชำนาญในการประกอบ ติดตั้งระบบ Curtain Wall การวางแผนในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือจักร เป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดอีกประการหนึ่งในการใช้ระบบ Curtain Wall

บรรณานุกรม

1. ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่องการควบคุมการก่อสร้าง ปี พ.ศ. 2522
2. สก็อตตันส์ กริฟฟ์ซาติอนันต์, The designed of average wind force in general building, ปรินซ์ตันพิทยภาควิชาวิศวกรรมโยธา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
50 หน้า , 1992
3. เอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์กระจก บริษัท กระจกไทย-อาซาฮี จำกัด
4. เอกสารแนะนำผลิตภัณฑ์กระจก บริษัท กระจกไทยวิราคอน จำกัด
5. เอกสารประกอบการอบรมเรื่อง "Curtain Wall", สมาคมสถาปนิกแห่งประเทศไทย
6. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม วงกบและกรอบบานโลหะสำหรับประตูและหน้าต่าง
: หน้าต่างอลูมิเนียม
7. รศ.ดร.นิภาพ สุนทรสมัย, วัสดุวิศวกรรมการก่อสร้าง, พิมพ์ครั้งที่ 4, 2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การทดสอบการแอ่นตัว

ก. 1 การทดสอบนี้ เป็นการทดสอบการรับความดันของโครงสร้างหน้าต่าง โดยใช้ความดันสถิต (Static Pressure)

ก. 1.1 การทดสอบการรับความดันอากาศของหน้าต่างด้านนอก (Positive air pressure)

ก. 1.1.1 ติดตั้งตัววัดแรงในห้องอัดอากาศหรือด้านหนึ่งของห้องอัดอากาศ ให้ผนังด้านนอกของตัววัดแรงรับความดันอากาศโดยอุดรอยรั่วตามขอบและรอยต่อ เพื่อป้องกันการรั่วของอากาศ

ก. 1.1.2 ให้ความดันอากาศ 100 พาสคัล นกตัวอย่างเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้หน้าต่างเกิดการกระชกตัว หลังจากนั้นลดความดันออกหมด แล้ววัดตำแหน่งที่ปลิวและที่ทิ้งกลองของกรอบบน และบันทึกไว้

ก. 1.1.3 การเพิ่มความดันให้เพิ่มครั้งละ 100 พาสคัล หรือพหุคูณของ 100 พาสคัล และให้คงค่าความดันที่เพิ่มนี้ไว้อย่างน้อย 1 นาที แล้วบันทึกกระชกแอ่นตัวที่เกิดขึ้นแต่ละครั้ง จนกระทั่งความดันเพิ่มถึงอัตราที่กำหนดของหน้าต่างแต่ละประเภท

ก. 1.1.4 ตรวจสอบและบันทึกความเสียหายของตัวอย่าง ทุกกรณีหลวมของวัสดุป้องกันการรั่วซึม ตัวยึด การบิดตัวของส่วนต่าง ๆ ตลอดจนความเสียหายของโครงสร้างหรือประโยชน์ใช้สอยของหน้าต่าง

ก. 1.2 การทดสอบการรับความดันอากาศของหน้าต่างด้านใน (Negative air-pressure test)

ก. 1.2.1 ติดตั้งตัวอย่งงดเมวี่ที่ระบุนข้อ ก. 1.1.1 โดยให้ผนังด้านในของตัวอย่งรับความดันอากาศ

ก. 1.2.2 การรับความดันอากาศ ให้กระทำดเมวี่ที่ระบุนข้อ ก. 1.1 ยกเว้นแรงกระทำต้องกระทำในทิศทางไปสู่นายนอก แล้วบันทึกกระยะแ่นตัวที่เกิดขึ้นไว้

ก. 1.2.3 ตรวจคณิจและบันทึกความเสียหายของตัวอย่งตลอดจนทุก



ภาคผนวก ข.

การทดสอบการรั่วของอากาศ

ข. 1 การติดตั้งตัวอย่าง

ติดตั้งตัวอย่างลงในห้องอัดอากาศหรือตำแหน่งหนึ่งของห้องอัดอากาศ ให้ผนังด้านนอกของตัวอย่างรับความดันอากาศ อุดรอยต่อตามขอบโดยรอบ เพื่อป้องกันการรั่วของอากาศ ส่วนรูรั่วของตัวอย่างให้ปล่อยไว้ สำหรับตัวอย่างที่ใช้กับอาคารที่มีกำแพงรอบ ๆ อาคารให้ติดตั้งตัวอย่างให้ผนังด้านในรับความดันอากาศ

ข. 2 วิธีทดสอบ

ข. 2.1 อุดรอยต่อและรูรั่วทุกแห่งของตัวอย่างโดยปิดให้สนิทด้วยแถบกาวยหรือแผ่นฟิล์มที่ต่อเนื่องกัน อัดอากาศเข้าม หรือดูดอากาศออกไปจากห้องอัดอากาศ จนค่าความดันระหว่างผนังด้านนอกและด้านในของตัวอย่างถึงค่าที่กำหนดไว้ที่ 2 ความดันนี้จะคลาดเคลื่อนได้ไม่เกิน $\pm$ ร้อยละ 1 ขณะที่วัดการรั่วของอากาศที่ผนังรอยต่อของตัวอย่าง

ข. 2.2 การวัดการรั่วของอากาศ ให้วัดทั้งในกรณีที่ยัดอากาศเข้าม และดูดอากาศออกไป

ข. 2.3 การวัดการรั่วของอาคารครั้งแรก เป็นการวัดอาคารที่รั่วบนเครื่องมือที่ใช้ทดสอบและทำการวัดครั้งที่สองเป็นการวัดอาคารที่รั่วผ่านตัวอย่างและเครื่องมือที่ใช้ทดสอบ

หลังจากวัดการรั่วของอาคารครั้งแรกแล้ว ให้ปิดกั้นบริเวณของอาคารครั้งแรก และเอาแถบกาวยหรือแผ่นฟิล์มที่อุดรอยต่อและรูรั่วออก แล้วจึงใช้ความดันที่กระทำในครั้งก่อนกระทำต่อตัวอย่าง วัดการรั่วของอาคาร ค่าความแตกต่างระหว่างการรั่วของอาคารเมื่ออุดรอยต่อและรูรั่วของตัวอย่าง กับเมื่อไม่ได้อุดรอยต่อและรูรั่วของตัวอย่างเป็นค่าการรั่วของอาคารของตัวอย่าง

หมายเหตุ การทดสอบการรั่วของอาคาร เป็นไปตาม BS 5368 Part 1

ภาคผนวก ค.

การทดสอบการรั่วของน้ำ

ค. 1 การติดตั้งตัวอย่าง

ติดตั้งตัวอย่างลงในห้องอัดอากาศ ให้ผนังด้านนอกของตัวอย่างรับความดันอากาศและ
น้ำที่พ่นมายังตัวอย่าง อุดรอยต่อตามขอบโดยรอบเพื่อป้องกันการรั่วของอากาศ

ค.2 วิธีทดสอบ

พ่นน้ำติดต่อกันให้ทั่วพื้นผิวตัวอย่างในอัตราไม่น้อยกว่า 0.05 ลูกบาศก์เดซิเมตรต่อ
ตารางเมตรต่อวินาที ใช้ความดันอากาศตามที่ระบุในตารางที่ 3 กระทำต่อตัวอย่าง
เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที ถ้ามีน้ำปรากฏบนพื้นผิวด้านในของหน้าต่าง ต้องบันทึก
ไว้ในรายงานผลการทดสอบ รวมทั้งระบุจุดที่เกิดการรั่วและลักษณะการรั่วของน้ำ

หมายเหตุ การทดสอบการรั่วของน้ำ ให้เป็นไปตาม BS 5368 Part 2