

การศึกษารูปแบบและแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพช่องเปิดรับแสงธรรมชาติ
ค้ำบนแบบหลังคามอนิเตอร์

A STUDY AND DEVELOPMENT ON SKYLIGHT ELEMENT IN CASE OF
ROOF-MONITOR TYPE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ปริญญาตรีบัณฑิตศึกษาระดับปริญญาตรี

สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2552

KMITL-2009-AR-M 002-053

การศึกษารูปแบบและแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพช่องเปิดรับแสงธรรมชาติ
ด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์

A STUDY AND DEVELOPMENT ON SKYLIGHT ELEMENT IN CASE OF
ROOF-MONITOR TYPE



T105058



มัลลิกา เจ้าสกุล

MALLIKA CHOASAKUL

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....105058
วัน,เดือน,ปี... 1 2 พ.ศ. 2552



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2552

KMITL- 2009-AR-M-002053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A STUDY AND DEVELOPMENT ON SKYLIGHT ELEMENT IN CASE OF ROOF-MONITOR TYPE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
FACULTY OF ARCHITECTURE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2009
KMUTL- 2009-AR-M-002053

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2009

FACULTY OF ARCHITECTURE

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษารูปแบบและแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพของเปิดรับแสงธรรมชาติด้านบนแบบ
หลังคามอนิเตอร์

A Study and Development on Skylight Element in Case of Roof-Monitor Type

นักศึกษา นางสาวมัลลิกา เจ้าสกุล

รหัสประจำตัว 47061601

ปริญญา สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา สถาปัตยกรรมเขตร้อน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม -

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ธีรมน	ไวโรจนกิจ	
รศ.ดร.สมชาย	ศรีสมพงษ์	
รศ.กฤษมา	ธรรมดำรง	
รศ.ดร.ปรีชญา	รังสิรักษ์	
ดร.กฤชกนก	สุทัศน์ ญ อยุธยา	

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 27 เมษายน 2552 เวลา 10.00 น.

สถานที่สอบ กลุ่มวิชาสถาปัตยกรรม

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพปฎล สุวัจจนวนนท์)

คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วันที่ 27 เดือน เมษายน พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษารูปแบบและแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพของเปิดรับแสงธรรมชาติด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์
นักศึกษา	นางสาวมัลลิกา เจ้าสกุล
รหัสประจำตัว	47061601
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2552
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. อีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องพิจารณาตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคาร ดังนั้นหากผู้ออกแบบอาคารมีความรู้ความเข้าใจและรู้จักประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติกับอาคารให้มีความเหมาะสม เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดปัญหาการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองได้อีกทางหนึ่ง และยังสามารถทำให้บรรยากาศภายในอาคารนั้นน่าสนใจและเป็นการช่วยให้กิจกรรมภายในอาคารนั้นสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการศึกษาแบบของเปิดรับแสงสว่างด้านบนที่ไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร (วิรัช อธิกุล, พ.ศ. 2548) ในการทดสอบเพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมพบว่ารูปแบบหลังคามอนิเตอร์ให้ปริมาณความสว่างที่มากที่สุด จึงเห็นว่าสามารถนำมาปรับปรุงและพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ปริมาณความสว่างที่เหมาะสมได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงทำการศึกษารูปแบบของเปิดรับแสงธรรมชาติด้านบนแบบหลังคา "มอนิเตอร์" ในด้านของรูปแบบและแนวทางการออกแบบของเปิดเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพ โดยทำการศึกษาดูแปรและคุณสมบัติต่างๆที่เป็นปัจจัยในการออกแบบ ได้แก่ขนาด, ความสูง, ทิศทาง, ระยะยื่น จึงพบว่าขนาดความกว้างและความสูงในอัตราส่วน 3 ต่อ 2 เป็นสัดส่วนทำให้ได้ความสว่างภายในที่เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาในด้านการออกแบบเพื่อปรับปรุงให้มีความสว่างภายในมีคุณภาพมากที่สุด เพราะปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีอยู่ที่ 43.75% ระยะความสูงของเพดานที่ 6.00 เมตรให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดคือมีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีอยู่ที่ 43.75% และลดลงตามระยะความสูงของฝ้าเพดานที่ลดลง ความสูงของช่องเปิดไม่มีผลสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างพื้นที่ใช้งานกับฝ้าเพดาน และพบว่าการเปิดรับแสงทั้ง 4 ด้านมีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในที่ใช้งานได้ดีมากที่สุดถึง 43.75% สำหรับระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิดแบบหลังคามอนิเตอร์พบว่า ระยะยื่น 2 ใน 3 ของความสูงช่องเปิดแนวตั้ง ให้ค่าความสว่างภายในในระดับที่ใช้งานได้ดีมีปริมาณพื้นที่มากที่สุด ยิ่งยื่นมากก็จะยิ่งลดปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่มากขึ้นไปได้ แต่ก็ทำให้เพิ่มปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างไม่เพียงพอมากขึ้น ส่วนการยื่นขายคานาน้อยจนเกินไปทำให้เกิดพื้นที่ที่มีปริมาณความสว่างมากเกินไปสูงถึง 20.25%

จากนั้นจึงนำผลที่ได้จากการศึกษาข้างต้นมาพัฒนาช่องเปิดรับแสงธรรมชาติด้านบนแบบหลังคา “มอริเตอร์” เพื่อให้ค่าความสว่างภายในมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดการเข้าสู่ภายในของแสงตรง (Direct Light) และเพิ่มพื้นที่การกระจายแสงได้มากขึ้น เมื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบและวัสดุของแผ่นกรองแสงเป็นแผ่น “โพลีคาร์บอเนต” สีขุ่น มีปริมาณพื้นที่ที่มีความสว่างภายในในระดับใช้งานได้ดีค่อนข้างสูงถึง 42.27% หรือเปลี่ยนรูปแบบของพื้นผิวสะท้อนแสงภายในเป็นทรงปิรามิดเอียง 30 องศา และกรุผิวด้วยแผ่นลามิเนตผิวอลูมิเนียมลายขนแมว เพราะมีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีมากที่สุดอยู่ที่ 63.12% และมีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินไปน้อยที่สุดอยู่ที่ 7.38% และปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในระดับพอใช้มากที่สุดถึง 24.07% แสดงว่าวัสดุอลูมิเนียมมีคุณสมบัติช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และไม่ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	A Study and Development on Skylight Element in case of Roof-Monitor Type
Student	Ms. Mallika Choasakul
Student ID.	47061601
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2009
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Teeremon Wairojanakij

ABSTRACT

In Present, energy saving is important issue in the crisis of energy world. There are several reasons concerning about energy saving such as using natural light instead of electric light for reducing cost of energy and natural resources. Therefore, the understanding about application of natural light in architecture is one of the important factors and gain more efficient activities in all building.

The objective of this thesis is to **study the form and guideline for developing the most appropriate skylight element in case of roof-monitor type.** The study was conducted by varying designed factors such as sizing, height, orientation and overhang. The most appropriate interior illuminant area is 43.75% come from the ratio of roof monitor height and width 3:2 and ceiling height at 6.00 meter. When the ceiling height has reduced lighting quality area will be reducing too. Moreover, the best between overhang and vertical height opening is 2:3.

After that, the developing design of the roof aperture for the most efficiency interior illuminant as reduce the direct light and increase the areas of defuse light is by changing forms and materials of defuse object and reflecting the ceiling. The best defuse object is opal polycarbonate sheet that made the quality light area 42.27% (without direct light). Changing reflected ceiling form and material to be 30 degree pyramid which laminated with aluminum hairline surface. The lighting quality area is 63.12% and badly lighting area just 7.38%.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์, รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์, รศ. กุสุมา ธรรมธำรง, รศ.ดร.ปรีชญา รั้งดี รักษ์ และ ดร.กฤษกรณก สุทัศน์ ณ อยุธยา คณะกรรมการสอบ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์ จากท่านอาจารย์ทั้งห้าท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ บริษัท UNICON จำกัด ที่สนับสนุนและเอื้อเฟื้อจัดทำหน่วยทดลอง งานกระจก ต่างๆ และ อุปกรณ์ประกอบการทดลอง

ขอบคุณ ทนงศักดิ์ แก้วกัลยา, ทวีช ธาณี และครอบครัวธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่, กำลังกาย และ กำลังใจ ในการเก็บข้อมูล

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบิดา, มารดา, และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

มัลลิกา เจ่าสกุล

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 สมมติฐานการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 ระเบียบและวิธีในการศึกษาวิจัย.....	4
1.7 แผนงานวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	6
2.1 หน่วยและการวัดความสว่างของแสง.....	6
2.1.1 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่างของแสง.....	6
2.1.2 การใช้เครื่องมือวัดแสง.....	8
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....	10
2.2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของแสงธรรมชาติ.....	10
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติจากท้องฟ้า.....	13
2.3.1 ประเภทการจำแนกท้องฟ้า.....	13
2.3.2 ประเภทของท้องฟ้า.....	14
2.3.3 การคำนวณแสงธรรมชาติภายในอาคาร (Daylight Factor Method).....	17
2.3.4 มาตรฐานค่าการส่องสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมการใช้งาน.....	20
2.4 การใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบอาคาร.....	21
2.4.1 พื้นฐานของการใช้แสงธรรมชาติ.....	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.2 ลักษณะของห้องฟ้าที่มีผลต่อแสงธรรมชาติ	22
2.4.3 รูปแบบช่องเปิดด้านบนสำหรับแสงธรรมชาติ	23
2.4.4 การควบคุมแสงสะท้อนและแสงบาดตา	27
2.4.5 การใช้กระจกเพื่อการส่องสว่างตามธรรมชาติ	29
2.4.6 รูปร่างและทิศทางการวางอาคารที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติภายในอาคาร	30
2.5 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิจัยพฤติกรรมของแสง	31
2.5.1 การวัดจริงจากแบบจำลอง	31
2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด	34
2.5.3 วิธีการจัดเตรียมการวัดจากหุ่นจำลอง	35
2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	36
บทที่ 3 การดำเนินงานออกแบบงานวิจัย	40
3.1 เครื่องมือและหน่วยทดลองในงานวิจัย	40
3.1.1 ลักซ์มิเตอร์ (LUX METER)	40
3.1.2 หน่วยทดลอง (MODEL)	40
3.2 การบันทึกข้อมูล	42
3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบอุปกรณ์และหน่วยทดลอง	42
3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์	43
3.3 สถานที่ในการทดลอง	45
3.4 รูปแบบช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์ที่ต้องการทำการศึกษา	47
3.4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์	47
3.5 แบบการทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพ ของช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์	48
3.5.1 การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน	48
3.5.2 การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงสว่างแนวตั้งภายนอก	49
3.5.3 การศึกษาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม	49
3.5.4 การศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง	51
3.5.5 การศึกษาระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด	51

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.5.6 การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน	52
3.5.7 การศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน	53
3.5.8 การศึกษารูปแบบและวัสดุกรุผิวสะท้อนแสงภายใน	54
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล	56
4.1 กำหนดค่าความสว่างภายในที่ต้องการ	56
4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของ ช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์	57
4.2.1 ผลการศึกษานาฬิกาพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน	57
4.2.2 ผลการศึกษานาฬิกาพื้นที่ช่องเปิดรับแสงสว่างแนวตั้งภายนอก	60
4.2.3 ผลการศึกษ ปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม ...	64
4.2.4 ผลการศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง	69
4.2.5 ผลการศึกษาระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด	73
4.2.6 ผลการศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน	77
4.2.7 ผลการศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน	84
4.2.8 ผลการศึกษารูปแบบและวัสดุกรุผิวสะท้อนแสงภายใน	87
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	92
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	92
5.2 ข้อเสนอแนะการนำผลวิจัยไปใช้	93
บรรณานุกรม	95
ภาคผนวก	97
ภาคผนวก ก. ข้อมูลค่าความสว่างที่วัดได้ในแต่ละชุดการทดลอง	98
ภาคผนวก ข. ข้อมูลความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ	130
ประวัติผู้เขียน	134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ VII อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 อิทธิพลของการปรับแสงภายนอกต่อการสะท้อนแสงภายใน	19
2.2 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ	19
2.3 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) สำหรับท้องฟ้าประเภท Overcast Sky	20
3.1 ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล	46
4.1 แสดงค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับท้องฟ้าในเขตกรุงเทพฯ, ประเทศไทย)	56
4.2 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 1	59
4.3 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 2	62
4.4 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 3	68
4.5 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 4	72
4.6 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 5	75
4.7 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 6	82
4.8 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 7	87
4.9 แสดงผลการศึกษารูคดีที่ 8	90

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของลักซ์	6
2.2 เครื่องวัดปริมาณของการส่องสว่าง ฟุต-แคนเดิลมิเตอร์ และ ลักซ์มิเตอร์	7
2.3 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง	8
2.4 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่าง	8
2.5 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่างของแหล่งแสง	9
2.6 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าแสงสะท้อน และการหาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ	9
2.7 การใช้เครื่องมือวัดค่าการส่องผ่าน และการหาสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ	10
2.8 รังสีดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่บรรยากาศโลกตามวันเวลาและฤดูกาล	11
2.9 แสดงท้องฟ้าทั้ง 3 ลักษณะ	12
2.10 แสดงแสงที่สะท้อนจากพื้นดินบนวัสดุแบบต่างๆ	13
2.11 Daylight Factor	17
2.12 แสดงสัดส่วนของความสว่าง	21
2.13 แสดงการใช้แสงจากท้องฟ้าโปร่งที่มีประสิทธิภาพ	22
2.14 แสดงการใช้แสงจากท้องฟ้าที่บดบังที่เข้าสู่อาคารจากด้านข้าง	22
2.15 แสดงตัวอย่างรูปแบบอาคารที่มีการให้แสงจากด้านบน	23
2.16 แสดงวิธีการให้แสงจากด้านบนในลักษณะที่อาคารมีการซ้อนชั้น	24
2.17 แสดงวิธีการให้แสงธรรมชาติจากด้านบนในลักษณะ Atrium	24
2.18 ลักษณะพื้นฐานของ Roof Monitor กับวิธีการส่องผ่านของแสง	25
2.19 แสดงตัวอย่างการใช้ Roof Monitor ในการให้แสงจากด้านบน	25
2.20 แสดงตัวอย่างการใช้ Roof Monitor ในการให้แสงจากด้านบน	25
2.21 แสดงลักษณะทั่วไปของ Skylight	26
2.22 แสดงลักษณะทั่วไปของ Deep cylindrical plaster tubes	26
2.23 ตัวอย่างการออกแบบที่ใช้ทั้ง Roof monitor ผสมกับ Skylight ให้ผลที่น่าสนใจ	27
2.24 แสดงการติดโคมไฟเพิ่มเพื่อลดความต่างของแสง และ การใช้วัสดุเพื่อช่วยลดแสงบาดตา..	28
2.25 แสดงรูปอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่าง	30
2.26 แสดงหุ่นจำลองที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต (Lighting Geometry)	31
2.27 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้วัดคุณภาพของแสง (Qualitative Effect)	32
2.28 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้วัดปริมาณของแสง (Quantitative Effect) และการติดตั้งเครื่องมือวัด..	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ ~~ix~~อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.29 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบตัวแปร (Parametric Model Testing)	33
2.30 แสดงลักษณะทั่วไปของ Holiodon	35
2.31 แสดงการติดตั้งหุ่นจำลองและเครื่องมือเพื่อทดสอบ	35
3.1 แสดงภาพเครื่องมือวัดค่าความส่องสว่างแบบลักซ์มิเตอร์	40
3.2 แสดงแปลน, รูปตัด และรายละเอียดของหน่วยทดลอง	41
3.3 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของหน่วยทดลอง	42
3.4 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งตรวจวัดเพื่อบันทึกข้อมูล	43
3.5 แสดงตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาของเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์	44
3.6 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทำแท่นวางเครื่องมือบันทึกข้อมูล และการติดตั้งตำแหน่งบันทึกข้อมูล	44
3.7 แสดงสถานที่ที่ใช้ทำการเก็บข้อมูลจากกล่องทดลอง	45
3.8 รายละเอียดของเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์มีแผงสะท้อนแสงและแผ่นกรองแสง	47
3.9 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 1	48
3.10 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 2	49
3.11 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3 ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x20 ซม.	50
3.12 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3 ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x30 ซม.	50
3.13 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 4	51
3.14 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 5	52
3.15 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 6	53
3.16 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7	54
3.17 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 8	55
4.1 แสดงแปลน และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 1	57
4.2 แสดงการบันทึกข้อมูลการทดลองชุดที่ 1 ขนาดช่องเปิดแนวระนาบ 20 x 20 ซม. และ 30 x 30 ซม. ความสูงที่ 30 ซม.	57
4.3 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-1 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.20 x 0.20 เมตร	58
4.4 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-2 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.30 x 0.30 เมตร	58
4.5 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-3 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.40 x 0.40 เมตร	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ **ขอ**อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.6 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษานาฬิกาพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน	59
4.7 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 2	60
4.8 แสดงภาพการทดลองชุดที่ 2 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 10, 20 และ 30 ซม.	61
4.9 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-1 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 1 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ	61
4.10 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-2 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 2 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ	62
4.11 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-3 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 3 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ	62
4.12 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษานาฬิกาความสูงของช่องเปิดแนวตั้ง	63
4.13 แสดงรูปตัดและตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3 ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x20 ซม.	64
4.14 แสดงรูปตัดและตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3 ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x30 ซม.	65
4.15 แสดงภาพการทดลองชุดที่ 3 ระยะจากพื้นที่ใช้งานถึงฝ้าเพดาน 5, 4 และ 3 ม.	65
4.16 แสดงผล ชุดการทดลองที่ 3-1 ระยะความสูง 5 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20	66
4.17 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-2 ระยะความสูง 4 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20	66
4.18 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-3 ระยะความสูง 3 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20	66
4.19 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-4 ระยะความสูง 5 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30	67
4.20 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-5 ระยะความสูง 4 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30	67
4.21 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-6 ระยะความสูง 3 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30	67
4.22 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษานาฬิกาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม ..	68
4.23 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 4	70
4.24 แสดงภาพการทดลองที่ชุดที่ 4 โดยการปิดกระดาษสีดำในด้านที่ไม่ต้องการทดสอบ	70
4.25 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-1 เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน	71
4.26 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-2 เปิดรับแสงเฉพาะด้านเหนือและใต้	71
4.27 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-3 เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านเหนือ	71
4.28 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-4 เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านใต้	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ XI อ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.29 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษาศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง	72
4.30 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 5	72
4.31 แสดงภาพการทดลองที่ 5 ระยะยื่นชายคา 10, 15 และ 20 ซม.	74
4.32 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-1 ระยะยื่น 2 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง	74
4.33 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-2 มีระยะยื่น 3 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง	75
4.34 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-3 มีระยะยื่น 4 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง	75
4.35 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษาระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด	76
4.36 แสดงกราฟสรุปความสัมพันธ์ของระยะยื่นกับความสว่างภายใน	76
4.37 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 6	78
4.38 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรง 3 แบบ	79
4.39 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงกระจกฝ้าหนา 6 มม.	79
4.40 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่น Opal	79
4.41 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-1 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงแนวยาวตั้งจาก วัสดุสีขาวด้าน วางแนวทิศเหนือ-ใต้	80
4.42 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-2 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงแนวยาวตั้งจาก วัสดุสีขาวด้าน วางแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก	80
4.43 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-3 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงในแนวยาวเอียง 30° สีขาวด้าน ..	81
4.44 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-4 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงสลับเป็นตาราง วัสดุสีขาวด้าน ..	81
4.45 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-5 แผ่นกรองแสงเป็นกระจกฝ้าแผ่นเรียบ	81
4.46 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-6 แผ่นกรองแสงเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่น Opal	82
4.47 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน	83
4.48 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7	84
4.49 แสดงภาพการทดลองที่ 7 รูปแบบพื้นผิวสะท้อนแสงภายใน 3 แบบ	85
4.50 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-1 พื้นผิวแบนเรียบสีขาว	86
4.51 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-2 พื้นผิวปริมาตรเอียงลงเป็นมุม 30° สีขาวด้าน	86
4.52 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-3 ผิวโค้งนูนครึ่งทรงกลมสีขาวด้าน	86
4.53 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน	87
4.54 แสดงรูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7	88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และ **XIX** อ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.55	แสดงรูปการทดลองที่ 7 วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในสีขาวด้าน และ อลูมิเนียมหลายชั้นแนว... 88
4.56	แสดงรูปการทดลองที่ 7 วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในกระจกเงา 89
4.57	แสดงผลชุดการทดลองที่ 8-1 พีระมิดผิวเรียบสีขาวด้าน 89
4.58	แสดงผลชุดการทดลองที่ 8-2 ผิวเรียบกรุลามิเน็ตผิวอลูมิเนียมสีธรรมชาติหลายชั้นแนว 89
4.59	แสดงผลชุดทดลองที่ 8-3 ผิวเรียบกรุลามิเน็ต ผิวกระจกเงา (Poly-Mirror) 90
4.60	แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบและวัสดุผิวสะท้อนแสงภายใน 90
5.1	แสดงการวางเหลี่ยมชั้นของแปลนสำหรับการนำไปใช้ 94



บทที่ 1

บทนำ

การลดการใช้ปริมาณพลังงานสำหรับแสงสว่างภายในอาคารโดยการนำแสงธรรมชาติมาประกอบกับการใช้แสงประดิษฐ์อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากแสงธรรมชาติมีความเข้มสูง สามารถหาได้ง่าย ใช้งานได้ไม่มีวันหมด เป็นพลังงานราคาถูก แต่แสงธรรมชาติก็มีข้อจำกัดเช่นกัน สามารถใช้ได้เฉพาะในเวลากลางวัน พลังงานแสงนั้นมีความร้อนที่ปะปนเข้ามาด้วยต้องควบคุมและออกแบบการเข้ามาของแสงที่จะนำความร้อนผ่านเข้ามาด้วย อีกทั้งความสม่ำเสมอของแสงไม่สามารถควบคุมได้ ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการควบคุมการแผ่รังสีและแสงตรงจากดวงอาทิตย์ ในการออกแบบอาคารที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการออกแบบควบคุมปริมาณและทิศทางการกระจายแสงธรรมชาติให้เป็นไปตามความต้องการ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความต้องการในการใช้พลังงานในอาคารเพิ่มขึ้นเรื่อยๆโดยขาดการคำนึงถึงการใช้พลังงานอย่างพอเพียง ถูกต้อง ประหยัด และมีประสิทธิภาพในการใช้งานสูงสุด ในแต่ละปีการใช้งานอาคารต่าง ๆ นั้นได้เสียค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเป็นจำนวนมาก เนื่องจากการออกแบบอาคารนั้นๆได้ขาดการคำนึงถึงการใช้พลังงานแสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพหรือการนำพลังงานทดแทน เช่น การนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารเพื่อช่วยในการประหยัดพลังงาน ซึ่งจะต้องพิจารณาการนำมาใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบอาคาร ดังนั้นหากผู้ออกแบบอาคารมีความรู้ความเข้าใจและรู้จักประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติกับอาคารให้มีความเหมาะสม เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยลดปัญหาการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองได้อีกทางหนึ่ง และยังสามารถทำให้บรรยากาศภายในอาคารนั้นน่าสนใจและเป็นการช่วยให้กิจกรรมภายในอาคารนั้นสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การใช้แสงธรรมชาติจากทางช่องเปิดด้านบน (Top Aperture) คือช่องเปิดที่อยู่ด้านบนสุดของอาคาร เช่น ที่บริเวณคานฝ้าหรือหลังคาอาคาร เป็นเทคนิคในการออกแบบอีกวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยทั่วไปจะเป็นการเปิดช่องแสงจากทางด้านบนเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารได้โดยตรง ซึ่งพบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นกับการนำแสงธรรมชาติมาใช้โดยตรงโดยปราศจากการควบคุมที่ดีคือ ความร้อนที่ผ่านเข้าสู่อาคารพร้อมกับรังสีตรงของดวงอาทิตย์ เกิดการสะสมทำให้อุณหภูมิภายในอาคารสูงขึ้น จึงเป็นภาระของการใช้พลังงานสำหรับการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศซึ่งคิดเป็นร้อยละ 60 ของการใช้พลังงานในอาคารอยู่แล้ว ดังนั้นข้อจำกัดของการนำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงธรรมชาติมาใช้จึงอยู่ที่การป้องกันความร้อนที่จะผ่านเข้ามาด้วย เป็นหลักสำคัญของการออกแบบในเขตอากาศร้อนขึ้นอย่างในประเทศไทยเป็นต้น

แนวคิดในการทดลองโดยอ้างอิงทฤษฎีที่ได้มาอ้างอิงจากการศึกษารูปแบบช่องเปิดรับแสงสว่างด้านบนที่ไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร (วิธวัช อธิกุล, พ.ศ. 2548) โดยการศึกษา มุ่งเน้นไปในการพัฒนาประสิทธิภาพช่องเปิดด้านบนแบบหลังคาฟันเลื่อย (Saw Tooth) โดยได้ข้อสรุปจากผลการทดลองทั้งหมดดังนี้ การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายในและแนวตั้งภายนอก พบว่าเมื่อเพิ่มขนาดช่องเปิดรับแสง มีผลทำให้ปริมาณแสงและค่าการกระจายแสงมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นในลักษณะแปรผันตามอัตราส่วนช่องเปิดรับแสง

โดยการเลือกศึกษารูปแบบช่องแสงฟันเลื่อยนั้น เนื่องจากเป็นรูปแบบที่ไม่เพิ่มภาระความร้อนในหน่วยทดลอง และมีอัตราการกระจายแสงที่สม่ำเสมอ แต่จากการทดสอบเพื่อเลือกรูปแบบที่เหมาะสมนั้น ปรากฏว่ารูปแบบหลังคาอนิเตอร์นั้นให้ปริมาณความสว่างที่มากที่สุด แต่ก็นำความร้อนเข้ามาภายในมากเช่นกันด้วย จึงสามารถนำมาปรับปรุงและพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเลือกไปใช้งานได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 1.2.1 ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อพฤติกรรมของแสงธรรมชาติ เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมในการควบคุมการนำแสงสว่างธรรมชาติมาใช้ภายในอาคารผ่านช่องรับแสงสว่างด้านบน
- 1.2.2 ศึกษาประสิทธิภาพรูปแบบช่องเปิดรับแสงสว่างธรรมชาติด้านบนแบบหลังคาอนิเตอร์ ที่มีประสิทธิภาพในการรับแสงสว่าง
- 1.2.3 ศึกษาแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพช่องเปิดรับแสงธรรมชาติด้านบนแบบหลังคาอนิเตอร์ โดยการศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพค่าการส่องสว่างภายในอาคาร
- 1.2.4 ศึกษาตัวอย่างรูปแบบการใช้ช่องเปิดรับแสงสว่างธรรมชาติด้านบนโดยให้แสงที่ผ่านเข้ามาเป็นแสงสะท้อน (Indirect Light) และหลีกเลี่ยงการรับแสงตรง (Direct Light)

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1.3.1 การวิจัยใช้ที่ตั้งของกรุงเทพมหานคร (ละติจูดที่ 14 องศาเหนือ) เป็นกรณีศึกษา รวมถึงข้อมูลพื้นฐานด้านสภาพภูมิอากาศและการโคจรของดวงอาทิตย์
- 1.3.2 การวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้หน่วยจำลองในการศึกษาทดสอบและเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้น โดยใช้สภาพท้องฟ้าจริงในการทดสอบ โดยกำหนดค่าความสว่างของท้องฟ้าจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะบันทึกข้อมูลที 60,000 – 80,000 ลักซ์ เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพและใกล้เคียงกับสภาพท้องฟ้ากับอาคารจริง

- 1.3.3 การวิจัยนี้จะทำการทดสอบเก็บข้อมูลและพิจารณาปริมาณแสงที่ตกกระทบบนพื้นที่ใช้งานในแนวระนาบเท่านั้น
- 1.3.4 เนื่องจากระยะเวลาและงบประมาณในการวิจัยนี้มีจำกัด รวมถึงข้อจำกัดในด้านเครื่องมือวัสดุและอุปกรณ์ ดังนั้นจึงมุ่งเน้นในการพิจารณาประสิทธิภาพและการพัฒนาแนวทางในด้านปริมาณความสว่างเป็นหลักเท่านั้น ไม่พิจารณาในเรื่องของปริมาณความร้อน โดยอุณหภูมิให้แสงตรง (Direct Light) เท่ากับความร้อน (Heat)
- 1.3.5 ในการทดสอบเก็บข้อมูลเฉพาะส่วนการทดลอง โดยถือว่าไม่มีปัจจัยจากสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารมาเกี่ยวข้อง

1.4 สมมุติฐานการวิจัย

- 1.4.1 รูปแบบช่องเปิดรับแสงธรรมชาติจากด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ที่ทำการศึกษามีผลช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพความสว่าง
- 1.4.2 ทิศทางและขนาดของช่องรับแสง ทั้งในแนวระนาบและแนวตั้ง วัสดุและพื้นผิวที่มีค่าการสะท้อนแสงมาก มีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยเฉพาะแสงที่เป็นแสงสะท้อน (Indirect Light)
- 1.4.3 งานวิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารแบบโถงสูงชั้นเดียว เป็นการเพิ่มปริมาณความสว่างให้ประสิทธิภาพในการใช้งานดีขึ้น โดยสามารถหลีกเลี่ยงการส่องผ่านแสงธรรมชาติแบบโดยตรง (Direct Light) เพื่อลดปริมาณความร้อนที่จะเกิดขึ้นได้จากแสงตรง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการนำเสนอรูปแบบของช่องเปิดเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารจากด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์ดังต่อไปนี้

- 1.5.1 แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพความสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติโดยเพิ่มภาระความร้อนภายในอาคารให้น้อยที่สุด
- 1.5.2 เป็นข้อมูลสำหรับผู้ออกแบบอาคารสามารถนำเทคนิควิธีการของผลการทดลองไปใช้ในการออกแบบที่คำนึงถึงการให้แสงสว่างธรรมชาติกับงานสถาปัตยกรรม อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.3 ส่งผลในด้านการใช้พลังงานอย่างคุ้มค่า และลดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือยในด้านการใช้พลังงานเพื่อการส่องสว่าง

1.6 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย

1.6.1 สํารวจและศึกษาปัญหาเบื้องต้น

แนวคิดในการศึกษาวิจัยโดยการอ้างอิงจากการศึกษารูปแบบของเปิดรับแสงสว่างด้านบนที่ไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร (วิรัช อธิกุล, พ.ศ. 2548) โดยวิเคราะห์และศึกษาข้อมูลที่ได้จากการวิจัย เพื่อนำมาทำการศึกษาต่อ

1.6.2 ศึกษาทฤษฎีและรวบรวมข้อมูลสำหรับการทำวิจัย

ในการศึกษาวิจัยนี้มีการศึกษาทฤษฎีและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทำวิจัยดังต่อไปนี้

- ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงสว่างพื้นฐาน โดยเน้นไปที่การศึกษาแสงสว่างจากธรรมชาติ
- หน่วยของแสงและวิธีการวัดความสว่างของแสง
- วิธีการใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบอาคาร
- เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิจัยพฤติกรรมของแสง

1.6.3 ตั้งสมมติฐานในการวิจัย และวางแผนการดำเนินงานวิจัย

1.6.4 ดำเนินการออกแบบการทดลอง

- ออกแบบหน่วยทดลอง และระบุตำแหน่งสำหรับการติดตั้งเครื่องมือวัดค่าแสง
- ตั้งสมมติฐานของการทดลองที่ทำการศึกษาแต่ละชุด
- ออกแบบการทดลองแต่ละชุด โดยให้สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้
- ออกแบบรูปแบบของการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปประมวลผล
- ศึกษาวิธีการประมวลผลแบบต่างๆ

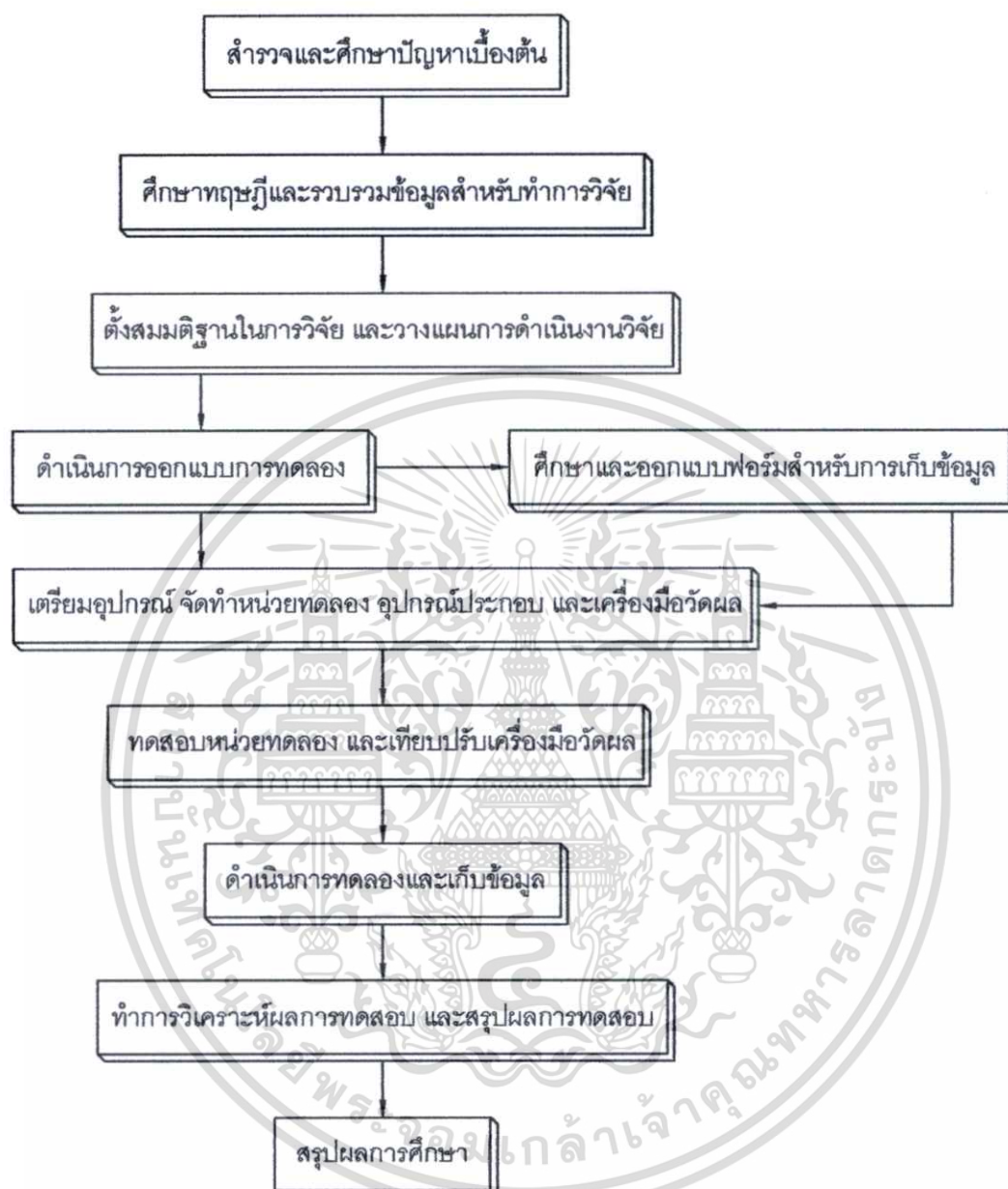
1.6.5 เตรียมอุปกรณ์ จัดทำหน่วยทดลอง อุปกรณ์ประกอบ และเครื่องมือวัดผล

1.6.6 ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล

1.6.7 ทำการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประมวลผล และสรุปผลการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง

1.6.8 สรุปผลการศึกษา และเสนอวิธีการนำไปใช้

1.7 แผนการวิจัยทั้งหมด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

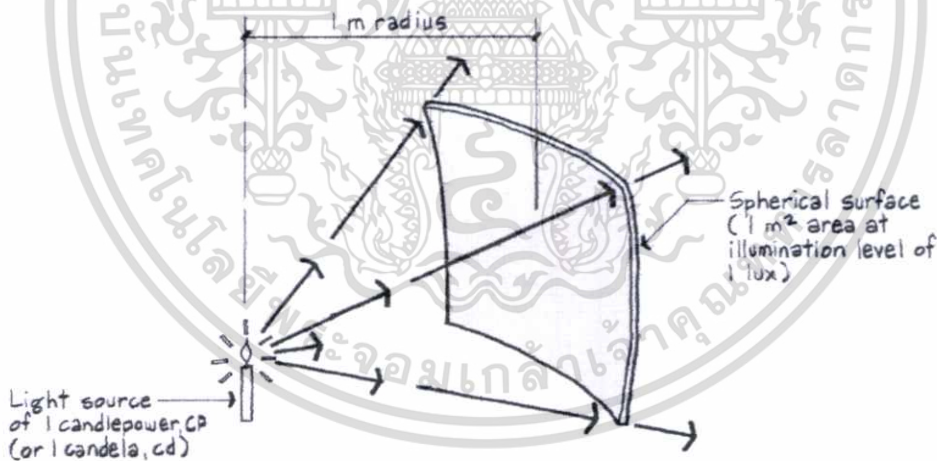
2.1 หน่วยและการวัดความสว่างของแสง

2.1.1 หน่วยที่ใช้ในการวัดความสว่างของแสง

แสงสว่างเป็นพลังงานอย่างหนึ่งที่สามารถวัดปริมาณได้เหมือนพลังงานอื่นๆ แต่มีชื่อที่เรียกแตกต่างกันออกไป การวัดปริมาณแสงสว่างอาจจะออกมาในรูปความเข้มของการส่องสว่าง, ปริมาณเส้นแรงของแสงสว่าง หรืออยู่ในรูปปริมาณเส้นแรงของแสงสว่างต่อหน่วยพื้นที่ และอื่นๆ

2.1.1.1 ค่าการส่องสว่าง (Illuminance) หรือ ลักซ์ (Lux)

แต่ถ้าเรานำแหล่งกำเนิดแสงแสงที่มีขนาดเล็กมากๆ เสมือนจุดและมีค่าความเข้มแสงของการส่องสว่างที่เปล่งออกมารอบตัวมันอย่างสม่ำเสมอรอบทุกทิศทาง และมีค่าเท่ากับ 1 แคนเดลา นำมาวางที่จุดศูนย์กลางของทรงกลมโดยมีรัศมี 1 เมตร และมีปริมาณจำนวนเส้นแรงของแสงสว่าง 1 ลูเมน ไปตกลงบนพื้นผิวของทรงกลมทุกๆ 1 เมตร ปริมาณของการส่องสว่างที่เกิดขึ้นจะมีค่าเท่ากับ 1 ลักซ์ หรือมีค่า 1 ลูเมนต่อตารางเมตร ดูที่รูป 2.1.3



รูปที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ของหน่วยวัดแสงสว่างในรูปของลักซ์

ค่าปริมาณของการส่องสว่าง 1 ฟุต-แคนเดิล จะมีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์ เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าปริมาณของการส่องสว่างที่นิยมใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบ คือ ฟุต-แคนเดิลมิเตอร์ (Foot-candlemeter) กับ ลักซ์มิเตอร์ (Luxmeter) ดูในรูป 2.1.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เครื่องวัดปริมาณของการส่องสว่าง ฟุต-แคนเดิลมิเตอร์ และ ลักซ์มิเตอร์

2.1.1.2 ความสว่าง (Luminance)

ความสว่าง หรือ ลูมิแนนซ์ หมายถึง ความส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ด้วยแสงปริมาณเดียวกันที่กระทบลงมาบนวัตถุที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน นั่นคือ ลูมิแนนซ์ที่ต่างกัน เช่น ให้แสงปริมาณเดียวกันกระทบกับกระดาษสีขาวและสีดำ จะเห็นว่าแสงสะท้อนที่กระดาษสีขาวมากกว่าสีดำทำให้รู้สึกว่กระดาษสีขาวสว่างกว่ากระดาษสีดำ

ลูมิแนนซ์มีความสัมพันธ์กับอิลลูมิแนนซ์ตามสมการดังนี้

$$L = \rho \times E / \eta \quad (2.1)$$

L = ค่าความสว่าง หรือ ลูมิแนนซ์ หน่วย แคนเดลาต่อตารางเมตร

ρ = สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ

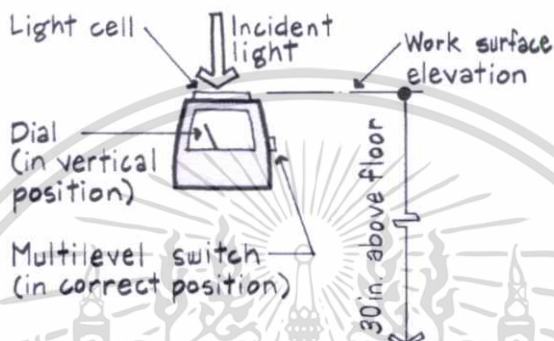
E = ค่าการส่องสว่าง หรือ อิลลูมิแนนซ์ หน่วย ลักซ์

การมองเห็นวัตถุได้ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับลูมิแนนซ์หรือแสงที่เข้ามาตา การมองเห็นวัตถุได้ง่ายนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณแสงที่เข้ามาตาซึ่งขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบ วัตถุที่มีผิวด้านเมื่อกระทบกับแสงสว่างจะมองเห็นได้ดีกว่าวัตถุที่มีผิวมัน เพราะถ้ามีแสงตกกระทบวัตถุที่ผิวมันแสงสะท้อนไปในทิศทางเดียวและไม่เข้าตาทำให้มองไม่เห็นวัตถุ หรือหากเข้าตาก็อาจเกิดแสงบาดตาทำให้มองไม่เห็นวัตถุได้เช่นกัน วัตถุที่มีสีอ่อนกว่าจะเห็นรายละเอียดได้ดีกว่าวัตถุที่มีสีเข้ม

2.1.2 การใช้เครื่องมือวัดแสง

2.1.2.1 วัดค่าความส่องสว่าง (Illumination Level Measurement)

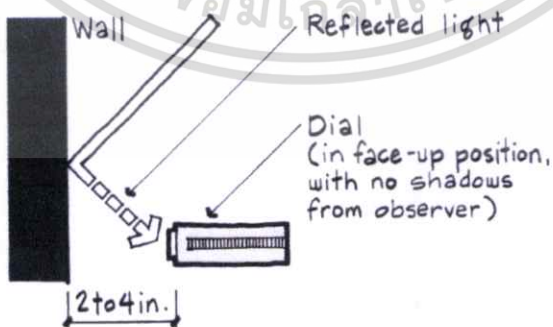
การวัดค่าความส่องสว่างของห้อง จำนวนของค่าความส่องสว่างถูกประมวลผลออกมาเป็นค่าเฉลี่ย โดยการวัดนั้นต้องถือเครื่องมือให้ขนานกับวัตถุ หรือ พื้นผิวใด ๆ ที่ต้องการวัด ระมัดระวังไม่ให้มือหรือตัวลักษ์มิเตอร์เองนั้นไปบังแสงที่เข้ามาที่ผิวรับแสงของเครื่องมือวัด และต้องอยู่ห่างจากตัวผู้วัดพอสมควร เพื่อป้องกันแสงที่สะท้อนจากเสื้อผ้า ทำให้ค่าที่อ่านผิดเพี้ยนไป ดูรูปที่ 2.1.6



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าการส่องสว่าง

2.1.2.2 วัดค่าความสว่าง (Brightness Measurement)

การวัดค่าความสว่างนั้น ตำแหน่งของเครื่องมือวัด ต้องอยู่ตรงข้ามกับพื้นผิวที่ต้องการวัด แล้วค่อยๆ เคลื่อนตัวเครื่องมือออกมาช้าๆ ให้อยู่ในระยะประมาณ 2 ใน 4 นิ้ว จนกระทั่งค่าตัวเลขนั้นจะคงที่ นั่นคือค่าของความสว่าง ระวังอย่าให้มือหรือตัวลักษ์มิเตอร์เองนั้นไปบังแสงที่เข้ามาที่ผิวรับแสงของเครื่องมือวัด และต้องอยู่ห่างจากตัวผู้วัดพอสมควร เพื่อป้องกันแสงที่สะท้อนจากเสื้อผ้า ทำให้ค่าที่อ่านผิดเพี้ยนไป

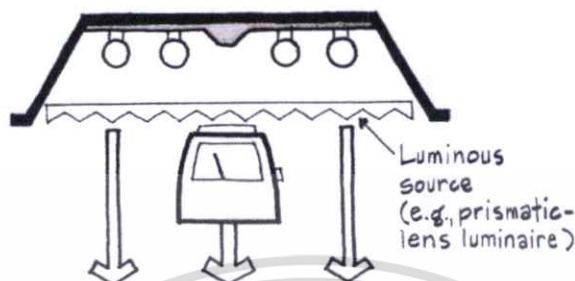


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 วัดค่าความสว่างของแหล่งแสง (Brightness Measurement of Luminous Source)

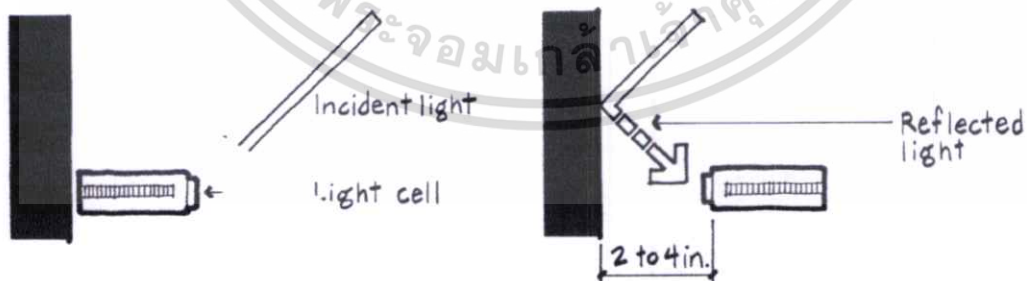
สำหรับใช้วัดค่าความสว่างของแหล่งแสง ตำแหน่งของเครื่องวัดอยู่ในระยะประชิดกับพื้นผิวของแหล่งแสงนั้นๆ เครื่องวัดจะอ่านค่า เท่ากับความสว่างของแหล่งแสงนั้นๆ



รูปที่ 2.5 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าความสว่างของแหล่งแสง

2.1.2.4 การวัดแสงสะท้อน (Reflectance Measurement)

วัตถุใดๆที่มีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ต่างกันทำให้การมองเห็นวัตถุนั้นต่างกันด้วย เมื่อส่องด้วยแสงปริมาณเดียวกัน การหาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุนั้นสามารถหาได้ดังนี้ เครื่องมือที่ใช้คือ ลักซ์มิเตอร์ นำลักซ์มิเตอร์มาวัดความส่องสว่างที่วัตถุเพื่อวัดความส่องสว่างของแสงที่ตกกระทบวัตถุ และหันลักซ์มิเตอร์เข้าหาวัตถุ เพื่อวัดความส่องสว่างที่ห่างจากตัววัตถุออกมาประมาณ 6 นิ้ว แต่ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มือหรือตัวลักซ์มิเตอร์เองนั้นไปบังแสงที่เข้ามาที่ผิวรับแสงของเครื่องมือวัด ดังในรูปที่ 2.1.9 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุนั้นก็คือความส่องสว่างสะท้อนออกมาจากตัววัตถุต่อความส่องสว่างตกกระทบที่วัตถุนั้น ตัวอย่างเช่น



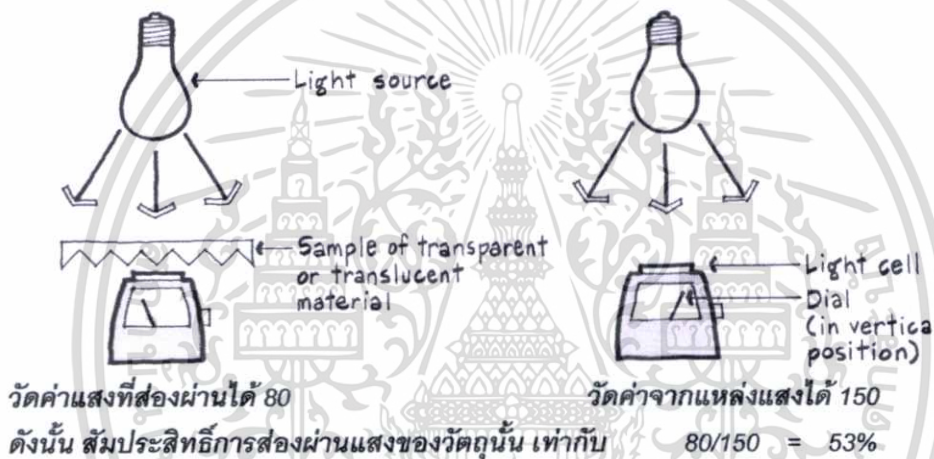
แสงที่วัดได้บนวัตถุเท่ากับ 70 เมื่อเลื่อนเครื่องมือวัดออกห่างวัตถุแสงสะท้อนได้ 45
 ดังนั้น สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุนั้น เท่ากับ $45/70 = 64\%$

รูปที่ 2.6 แสดงการใช้เครื่องมือวัดค่าแสงสะท้อน และการหาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.5 การวัดค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance and Candle Power Measurement)

วัตถุใดๆที่มีสัมประสิทธิ์การยอมให้แสงผ่านที่ต่างกันทำให้การส่องผ่านแสงนั้นต่างกันด้วย เมื่อส่องด้วยแสงปริมาณเดียวกัน การหาสัมประสิทธิ์การยอมให้แสงผ่านของวัตถุนั้นสามารถทำได้ดังนี้ เครื่องมือที่ใช้คือ ลักซ์มิเตอร์ นำลักซ์มิเตอร์มาวัดความส่องสว่างที่วัตถุเพื่อวัดความส่องสว่างของแสงที่ส่องผ่านวัตถุ และหันลักซ์มิเตอร์เข้าหาประดิษฐ์วัตถุเพื่อวัดความส่องสว่างที่ตัววัตถุ แต่ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้มือหรือตัวลักซ์มิเตอร์เองนั้นไปบังแสงที่เข้ามาที่ผิวรับแสงของเครื่องมือวัด ดังในรูปที่ 2.1.10 และวัดค่าความสว่างของแหล่งแสงโดยไม่ผ่านวัตถุ สัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุนั้นก็คือความส่องผ่านจากตัววัตถุต่อความสว่างของแหล่งแสงนั้น ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 2.7 การใช้เครื่องมือวัดค่าการส่องผ่าน และการหาสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของวัตถุ

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

2.2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของแสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติเป็นรูปแบบพลังงานที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับทิศทาง และตำแหน่งการโคจรในมุมต่างๆกันของดวงอาทิตย์ โดยปริมาณแสงธรรมชาตินั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และฤดูกาล ซึ่งเป็นผลมาจาก การโคจรของโลกรอบดวงอาทิตย์ ในระบบสุริยะ ซึ่งทำให้เกิดรูปแบบที่แน่นอนของทิศทางและปริมาณแสงธรรมชาตินี้ที่สม่ำเสมอและคงที่ แต่ก็มีปัจจัยหลายๆอย่างที่ทำให้ปริมาณและรูปแบบของแสงธรรมชาตินั้นแปรเปลี่ยนและไม่สม่ำเสมอ เช่น สภาพแวดล้อม สภาพภูมิอากาศ อุณหภูมิ ภัยธรรมชาติ มลภาวะ เป็นต้น

เมื่อพิจารณาสภาพที่ตั้งของประเทศไทย ตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยทั่วไป อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 28 – 29 องศาเซลเซียส เฉพาะเวลากลางวันมีค่าประมาณ 30

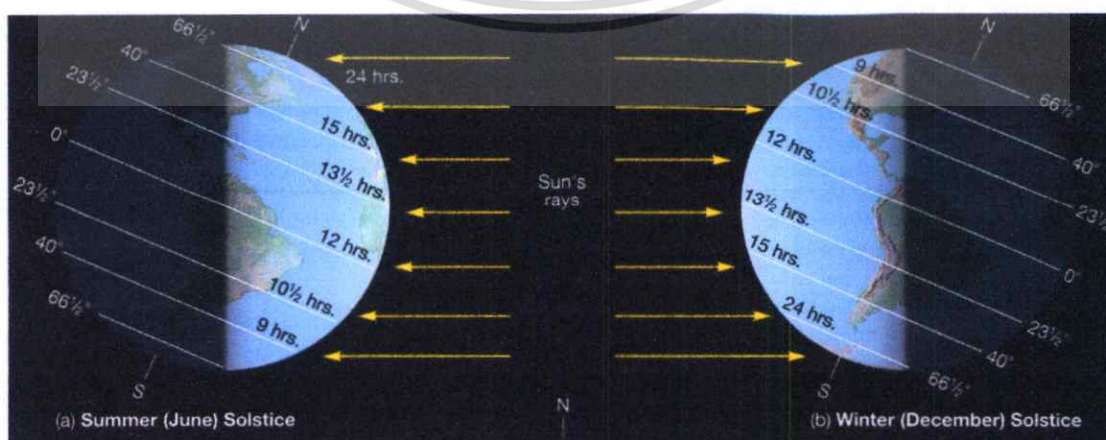
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-31 องศาเซลเซียส สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มีแดดจัดเกือบตลอดปี ดัชนีเมฆของประเทศไทยนั้นมีค่าตั้งแต่ 5.9 – 9.0 (10 คือค่าสูงสุด) และค่าระดับความสว่างของกรุงเทพฯ มีค่าในระดับ 10,000 ลักซ์ขึ้นไป มีความถี่กว่า 99% ของเวลากลางวัน

จากการที่องค์ประกอบของท้องฟ้าและสภาพแวดล้อม มีผลกระทบต่อปริมาณแสงธรรมชาติ ดังนั้น CIE (Commission International de l'Eclairage) แบ่งลักษณะของแสงธรรมชาติออกเป็นประเภทต่างๆ ตามแหล่งกำเนิดแสงได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

2.2.1.1 แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุด ความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่กระทำกับพื้นผิวโลก ขึ้นอยู่กับมุมองศาของรังสีที่กระทำกับพื้นผิวโลก ตามแต่ละภูมิภาคต่างๆ ของโลก เนื่องจากแกนของโลกนั้นทำมุม 23.5 องศา ทำให้ความเข้มของรังสีที่ตกกระทบพื้นผิวโลก มีค่าเท่ากับความเข้มของรังสีปกติคูณด้วยค่า Cosine ของมุมรังสีที่ตกกระทบตามกฎ Cosine Law เมื่อทิศทางของรังสีทำมุม 90 องศา กับพื้นผิวที่ตกกระทบ ค่าความเข้มของรังสีต่อหน่วยบนพื้นผิวโลกมีความเข้มมากที่สุด และลดลงเมื่อมุมตกกระทบเบี่ยงเบนออกจากแนวตั้งฉากกับพื้นผิว ชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมโลกก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ลดลงก่อนที่จะเดินทางลงมาถึงผิวโลก รังสีบางส่วนจะถูกดูดกลืนในชั้นโอโซน ฝุ่นละออง และ ไอน้ำ บางส่วนถูกสะท้อนกลับด้วยเมฆ และบางส่วนถูกกระจายออกด้วยโมเลกุลในบรรยากาศ รังสีที่ตกกระทบพื้นผิวโลกก็จะสะท้อนกลับสู่อวกาศ และมีส่วนหนึ่งที่ตกลงสู่ผิวโลกแล้วถูกดูดกลืนไว้ รังสีในส่วนนี้จะเปลี่ยนรูปจากพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิบนโลกสูงขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพของชั้นบรรยากาศในช่วงเวลาต่างๆ ที่มีปริมาณความแตกต่างของไอน้ำ หมอกควัน และองค์ประกอบอื่นๆ ทำให้ปริมาณความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ในแต่ละภูมิภาคของโลกมีความแตกต่างกันออกไปตามวันเวลาและฤดูกาล รูปที่ 2.7



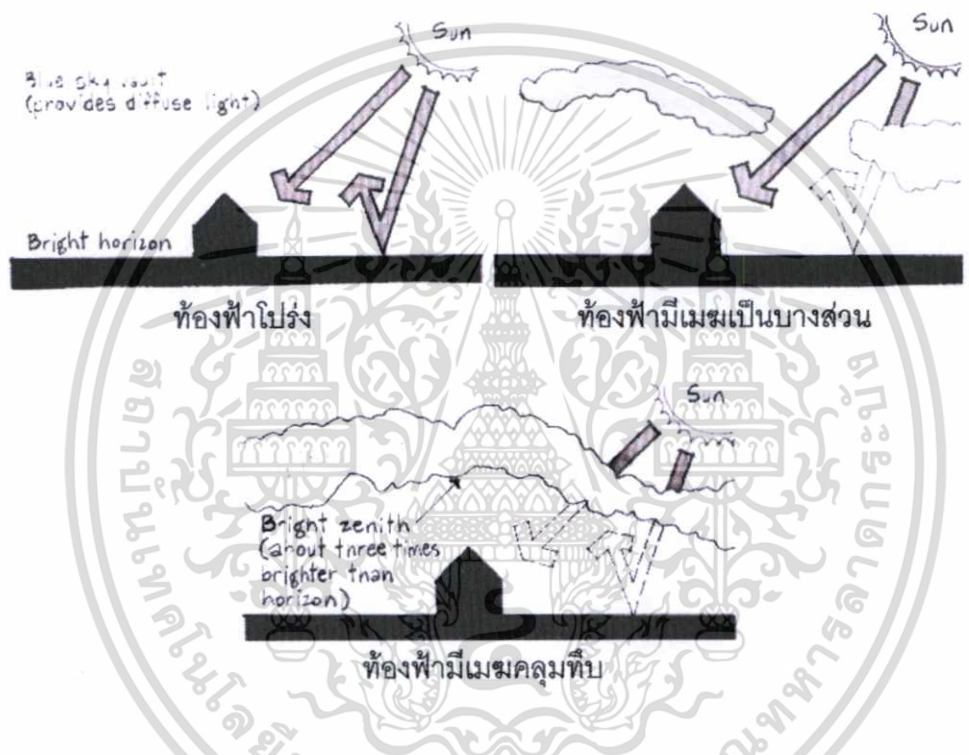
รูปที่ 2.8 รังสีดวงอาทิตย์ที่เข้าสู่บรรยากาศโลกตามวันเวลาและฤดูกาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1.2 แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า

การส่องผ่านของแสงอาทิตย์ผ่านชั้นบรรยากาศต่างๆ จะเกิดการกระจายตัวของแสงทั่วท้องฟ้า เมื่อกระทบกับฝุ่น ละอองไอน้ำ สารแขวนลอยต่างๆ ในแต่ละชั้นบรรยากาศ การกระจายตัวของแสงจากท้องฟ้า จะพิจารณาจากปริมาณของเมฆบนท้องฟ้า ทำให้เกิดลักษณะต่างๆของท้องฟ้าได้ 3 ลักษณะ ได้แก่

- 2.2.1.2.1 ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)
- 2.2.1.2.2 ท้องฟ้าที่มีเมฆเป็นบางส่วน (Partly Sky or Cloud Sky)
- 2.2.1.2.3 ท้องฟ้าที่มีเมฆคลุมทึบ (Overcast Sky)

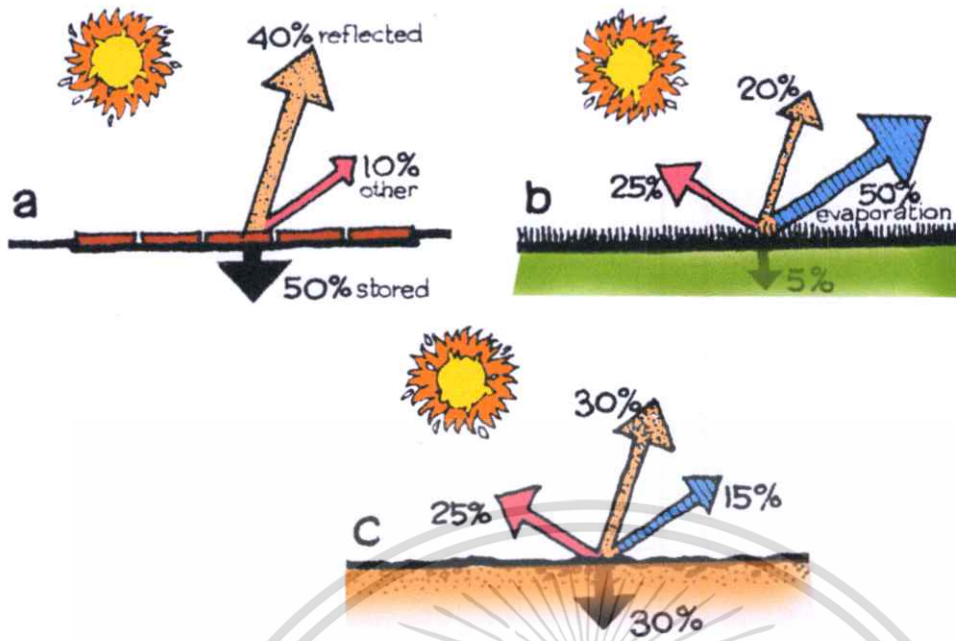


รูปที่ 2.9 แสดงท้องฟ้าทั้ง 3 ลักษณะ

2.2.1.3 แสงธรรมชาติจากพื้นดิน

การสะท้อนของแสงจากพื้นดินมีความสำคัญสำหรับการออกแบบอาคารที่ใช้แสงธรรมชาติ แสงที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนจากพื้นดินเข้าสู่ช่องเปิดอาคารนั้น จะมีค่าเฉลี่ยประมาณ 10 – 15% ของปริมาณแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดของอาคาร ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดินนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวที่สะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงแสงที่สะท้อนจากพื้นดินบนวัสดุแบบต่างๆ

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติจากท้องฟ้า

ปริมาณความสว่างของแสงธรรมชาติ นอกจากจะได้รับอิทธิพลของดวงอาทิตย์แล้ว สภาพท้องฟ้าก็เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญ นิยมใช้ในการออกแบบอาคาร เพราะเป็นแสงแบบที่ไม่จ้ามากจนเกินไป และมีความร้อนน้อยกว่า แสงตรงจากดวงอาทิตย์

2.3.1 วิธีการจำแนกท้องฟ้า

2.3.1.1 การจำแนกท้องฟ้าด้วยวิธีอัตราส่วนท้องฟ้า (The Sky Ratio Method)

เป็นการแบ่งประเภทของท้องฟ้าด้วยอัตราส่วนระหว่างปริมาณรังสีตกกระทบของท้องฟ้าบนพื้นราบ (Horizontal sky irradiance) ต่อปริมาณรังสีตกกระทบบนพื้นราบทั้งหมด (Global Horizontal Irradiance) หากสัดส่วนของการจำแนกท้องฟ้าเท่ากับ 1.0 แสดงว่ามุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์จะเท่ากับศูนย์ แต่การแบ่งประเภทของท้องฟ้าวิธีนี้จะมี ความคลาดเคลื่อนถ้ามุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์มีค่าต่ำมากๆ การจำแนกประเภทของท้องฟ้าด้วยวิธี Sky Method จะแบ่งประเภทของลักษณะท้องฟ้าตามอัตราส่วนต่างๆ ได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)	: Sky ratio < 0.3
ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Sky)	: 0.3 < Sky ratio < 0.8
ท้องฟ้ามีเมฆทึบ (Cloudy)	: Sky ratio > 0.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.2 การจำแนกท้องฟ้าด้วยองค์ประกอบปกคลุมท้องฟ้า (The Sky Cover Method)

เป็นวิธีการจำแนกประเภทของท้องฟ้าโดยการประมาณก้อนเมฆที่ปกคลุมท้องฟ้ามีมาตรฐานในการวัดตั้งแต่ 0 – 10 โดยที่ค่า 0 หมายถึงท้องฟ้าปราศจากเมฆคลุม 10 หมายถึงท้องฟ้าที่มีปริมาณเมฆปกคลุมมาก และจำแนกลักษณะของท้องฟ้าออกเป็นลักษณะตามปริมาณของก้อนเมฆได้ดังนี้

ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)	: 0-3
ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (Partly Sky)	: 4-7
ท้องฟ้ามีเมฆทึบ (Cloudy)	: 8-10

2.3.2 ประเภทของท้องฟ้า

ความส่องสว่างของท้องฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้าๆ ถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงก็ไม่สามารถสังเกตเห็นด้วยตาเปล่าได้ การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์เป็นเพียงหลักการเบื้องต้น ทั้งนี้ความสว่างยังขึ้นอยู่กับปริมาณและประเภทของเมฆบนท้องฟ้า จำนวนก้อนเมฆ ความสกปรกของอากาศ ความชื้น มีอยู่บ่อยครั้งที่ไอน้ำบนท้องฟ้าสูง อย่างไรก็ตามหลังจากที่แสงธรรมชาติผ่านสิ่งต่างๆมาถึงพื้นดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก สิ่งนี้จะช่วยให้ผู้ออกแบบเข้าใจเกี่ยวกับสภาวะของท้องฟ้า

โดยทั่วไปสภาวะของท้องฟ้าสามารถแบ่งได้ตามลักษณะต่างๆ จากการพิจารณาแบ่งประเภทของท้องฟ้า โดยทั่วไปจะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ซึ่งมีดัชนีปริมาณเมฆในท้องฟ้าตั้งแต่ 1 -10 และการแบ่งประเภทของท้องฟ้ามีวิธีการที่ใช้แบ่งประเภทของท้องฟ้าหลายวิธี วิธีที่นิยมใช้คือ การแบ่งประเภทท้องฟ้าจากปริมาณเมฆในท้องฟ้า

2.3.2.1 สภาพท้องฟ้าโปร่งปราศจากเมฆคลุม (Clear Sky)

ความสว่างของท้องฟ้าประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ความสว่างจากแสงอาทิตย์ตรง (Direct Sun) และความสว่างของแสงจากการกระจายแสง (Diffuse Illuminance) ของท้องฟ้า โดยองค์ประกอบทั้งสองนี้จะแปรผันตามตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์เป็นหลัก (Prof. Kittler, 1981) ความสว่างของท้องฟ้า จะมีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน ซึ่งระดับสูงสุดของท้องฟ้ามีค่าความสว่างน้อยกว่าที่ระนาบล่างของท้องฟ้า และท้องฟ้าประเภทนี้จะมีค่าความสว่างสูงสุด ณ ตำแหน่งของดวงอาทิตย์และมีความส่องสว่างต่ำสุดที่ตำแหน่งตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ (Prof. Hophinson & Prof. Moon,

1968) จากการที่ความสว่างของท้องฟ้าโปร่ง มีความแปรผันตามตำแหน่งมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์เหนือแนวระนาบ ดังนั้นสมการที่ใช้ในการคำนวณจะหาได้จากสมการ

$$LA = Lz (1 + 2 \sin A) / 3 \quad (2.2)$$

LA = ความสว่างของท้องฟ้า ที่ตำแหน่งมุม A องศาเหนือแนวระนาบของดวงอาทิตย์

Lz = ความสว่างของท้องฟ้าที่ตำแหน่งสูงสุด

ความสว่างที่ตำแหน่งมุม A = 0 องศา จะมีค่าเท่ากับ Lz / 3

จากองค์ประกอบของท้องฟ้าที่ประกอบด้วยแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun Illuminance) และแสงอาทิตย์กระจาย (Diffuse Sun Illuminance) ซึ่งสมการจะมีลักษณะดังนี้

กรณีความสว่างของท้องฟ้าจากแสงตรงของดวงอาทิตย์

$$E_h = 300 + 21,000 \sin A \text{ (lux)} \quad (2.3)$$

กรณีความสว่างของท้องฟ้าจากแสงกระจายของท้องฟ้า

$$E_h = 1,345 + 14,795 \sin A \text{ (lux)} \quad (2.4)$$

หากพิจารณาแสงกระจายจากท้องฟ้า เพียงครึ่งระนาบของท้องฟ้าจะมีความสว่างอยู่ระหว่าง 300 - 2,000 ฟุตแคนเดิล (เฉลี่ยที่ 1,000 ฟุตแคนเดิล)

2.3.2.2 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมเป็นบางส่วน (Partly Cloudy Sky)

จากการพิจารณาค่าความสว่างของท้องฟ้าในลักษณะนี้ทำได้ยาก เนื่องจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จากข้อมูลสถิติพบว่าท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมบางส่วน จะมีความส่องสว่างของท้องฟ้ามากกว่าท้องฟ้าแบบโปร่ง ประมาณ 10-15% ซึ่งปริมาณแสงที่เพิ่มขึ้นเกิดจากการที่แสงจากดวงอาทิตย์ส่องกระทบก้อนเมฆและสะท้อนไปมาระหว่างก้อนเมฆ (Prof. Nakamura & Prof. Oki, 1983)

แม้ว่าท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วนจะให้ปริมาณของแสงมากกว่าท้องฟ้าโปร่ง แต่ในบางกรณีหากกลุ่มเมฆที่เกิดขึ้นเป็นเมฆฝน มีสีดำทึบก็อาจทำให้แสงถูกกั้น หรือถูกดูดซึมมากกว่า ที่จะสะท้อนหรือเกิดการกระจายแสง ทำให้ค่าความสว่างของท้องฟ้ามีค่าลดลง และจากการศึกษาโดยอาศัยดัชนีเมฆ หรือ Cloudy Ratio (The Gillette Prediction Model, 1985) มาพิจารณาหาความสัมพันธ์ของการส่องสว่างของท้องฟ้า ที่เกิดจากแสงตรงจากดวงอาทิตย์และแสงกระจายบนท้องฟ้า มีความสัมพันธ์ของความสว่างเฉลี่ยของระดับระนาบนอนที่ปราศจากสิ่งกีดขวางดังนี้

$$EH = 0.35 E_s + 0.89 E_c \quad (2.5)$$

เมื่อ EH = ความส่องสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน หน่วยเป็นกิโลลักซ์

E_s = ความส่องสว่างที่เกิดจากแสงตรงของดวงอาทิตย์

E_c = ความส่องสว่างที่ได้จากการกระจายของแสงดวงอาทิตย์

2.3.2.3 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมสม่ำเสมอ (Cloudy Sky)

ท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมอย่างสม่ำเสมอเราก็อาจเลือกการกระจายความส่องสว่างแบบท้องฟ้าที่ความส่องสว่างเป็นอัตราส่วน 1 : 3 ของความส่องสว่างในแนวราบของระดับขอบฟ้ากับความส่องสว่างที่จุดยอดท้องฟ้า (Horizon to Zenith) และความส่องสว่างหาได้จากสมการดังนี้

$$EHP = 570 A \quad (2.6)$$

เมื่อ EHP = ความส่องสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ หน่วยเป็นกิโลลักซ์

A = มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าความสว่างของท้องฟ้าที่มีเมฆปกคลุมทึบ จะแปรเปลี่ยนไปตามมุมอัลติจูดของดวงอาทิตย์ แต่ก็ยังมีท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบในอีกลักษณะหนึ่งที่มีความสว่างของท้องฟ้าเท่ากันทั่วท้องฟ้าและทุกระดับความสูง (Uniform – Brightness) ซึ่งจะมี ความใกล้เคียงกับท้องฟ้าแบบความสว่างคงที่ (Uniform – Sky) เป็นท้องฟ้าในอุดมคติ ที่จะมี ความสว่างของท้องฟ้าเท่ากันทุกจุด โดยความสว่างของท้องฟ้าที่ระดับ Zenith ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบจะมีค่าเท่ากับความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง (Prof. Krochman, 1993) อธิบายเป็นสมการได้ดังนี้

$$EH = 300 + 21,000 \sin A \text{ (lux)} \quad (2.7)$$

เมื่อ EH = ความส่องสว่างภายนอกที่ระดับระนาบภายใต้สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน หน่วยเป็นกิโลลักซ์

A = มุมอัลติจูดดวงอาทิตย์ (Solar Altitude)

2.3.3 การคำนวณแสงธรรมชาติภายในอาคาร (Daylight Factor Method)

2.3.3.1 การคำนวณแสงธรรมชาติโดยวิธี (Daylight Factor Method)

เป็นวิธีการคำนวณระดับความส่องสว่างภายในอาคาร วิธีหนึ่งที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากกว่า 70 ปี โดยเฉพาะในประเทศอังกฤษ ได้มีการกำหนดกฎหมายที่เกี่ยวข้องที่อ้างอิงการคำนวณด้วยวิธีการดังกล่าว และวิธีเดย์ไลท์แฟคเตอร์ ยังคงได้รับการพัฒนาวิธีการคำนวณ รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์ที่มีผลต่อการคำนวณ ให้มีการใช้งานที่เหมาะสม สะดวกต่อการใช้งานอย่างต่อเนื่องตามลำดับจนถึงปัจจุบัน

หลักการของเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor, DF) จะเป็นวิธีการที่กำหนดขึ้นจากอัตราส่วนเปรียบเทียบ ระหว่างค่าความส่องสว่างภายในอาคารในระนาบพื้นผิว (Ei) ต่อค่าความส่องสว่างภายนอกของอาคาร (Ee) ในระนาบเดียวกัน โดยความสว่างที่เกิดขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามวันเวลา โดยมีสมการมาตรฐานที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

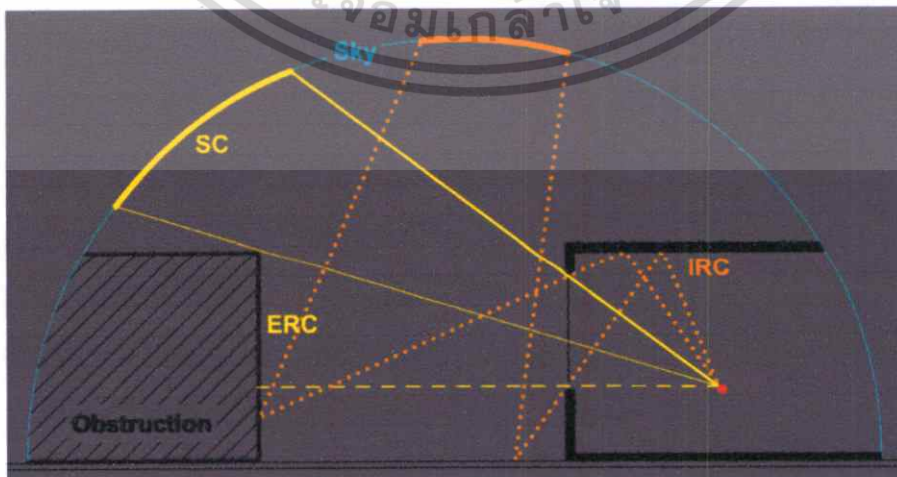
$$DF = \frac{100 \times \text{ความสว่างภายใน}}{\text{ความสว่างภายนอก}} \quad (2.8)$$

ใน IES code 1977* ได้กำหนดค่า daylight factor ออกเป็น 2 ค่า คือ daylight factor ขั้นต่ำใช้สำหรับความสว่างที่ต้องใช้สายตาเพื่อการปฏิบัติหน้าที่ และ daylight factor ขั้นต่ำอยู่ระหว่าง 0.6-2.5% และ daylight factor เฉลี่ยอยู่ที่ 5 % องค์ประกอบของ Daylight Factor

$$DF = SC + ERC + IRC \quad (2.9)$$

เมื่อ

- SC = sky component
- ERC = externally reflected component
- IRC = internally reflected component



รูปที่ 2.11 Daylight Factor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่างจากท้องฟ้า (sky component) ใช้ตัวย่อว่า SC คือความสว่างจากแสงกระจายของท้องฟ้าเข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านทางช่องเปิดอาคาร เช่น หน้าต่างหรือผนังกระจก ค่าความสว่างของจุดที่ต้องการหาจึงขึ้นอยู่กับขนาดช่องเปิดที่อยู่เหนือจุดนั้นๆ และระยะที่จุดนั้นๆ ห่างจากช่องเปิด ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SC = \frac{10/D \times (W \times H^2) T}{D^2 + H^2} \quad (2.10)$$

เมื่อ	SC	=	Sky component (%)
	W	=	ความกว้างของช่องเปิดจากจุดกึ่งกลางจุดที่ต้องการวัด (ft)
	H	=	ความสูงของหน้าต่างเหนือจุดที่ต้องการวัด (ft)
	T	=	ค่าการส่องผ่าน transmittance (%)

ความสว่างจากการสะท้อนภายนอก (External Reflected Component) ERC เป็นความสว่างที่เกิดจากที่แสงภายนอกกระทบวัตถุภายนอกอาคาร แล้วสะท้อนเข้าไปภายในอาคารผ่านช่องเปิด ในการกำหนดค่าที่แท้จริงนั้นยากมาก ต้องรู้ค่าที่แท้จริงเท่านั้น จึงจะนำมาใช้ได้ ซึ่งโดยปกติอนุโลมให้ใช้ค่า 1/10 ของความสว่างท้องฟ้าเป็นค่า ERC หรือสมการคำนวณดังนี้

$$ERC = C_b (SC_o) T \quad (2.11)$$

เมื่อ	ERC	=	External Reflected Component (%)
	C_b	=	Obstruction brightness coefficient ใช้ 0.2 เมื่อวัตถุภายนอกนั้นมีค่าน้อยกว่า 20 องศา 0.1 เมื่อมากกว่า 20 องศา 0 สำหรับเมื่อไม่มีวัตถุภายนอก
	SC_o	=	sky component จากสิ่งกีดขวาง (%)
	T	=	ค่าการส่องผ่าน transmittance (%)

ความสว่างจากการสะท้อนภายใน (Internal Reflected Component) IRC เป็นความสว่างที่เกิดจากแสงภายนอกผ่านเข้ามาภายในห้องแล้วกระทบกับพื้นผิวไม่ว่าจะเป็นพื้น ผนัง หรือ เพดาน แล้วสะท้อนเพิ่มความสว่างขึ้นภายใน มีสูตรสำหรับคำนวณหาค่าความสว่างเฉลี่ยที่เกิดจากการสะท้อนภายในซึ่งสมการดังกล่าวสร้างขึ้นโดย Building Research Station

$$IRC = 0.85 W / A (1-R) \times (C \cdot R_{w} + 5 \cdot R_{cw}) \% \quad (2.12)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W	=	พื้นที่ของหน้าต่าง
A	=	พื้นที่ของเพดาน พื้น และผนังทั้งหมด รวมทั้งพื้นที่หน้าต่างด้วย
R	=	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของเพดาน พื้น ผนัง และหน้าต่างทั้งหมด
R_{fw}	=	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นและผนังทั้งหมดส่วนที่ต่ำกว่าแนวกึ่งกลางของหน้าต่าง (ยกเว้นผนังด้านที่เป็นหน้าต่าง)
R_{cw}	=	ค่าการสะท้อนแสงเฉลี่ยของพื้นและผนังทั้งหมดส่วนที่สูงกว่าแนวกึ่งกลางของหน้าต่าง (ยกเว้นผนังด้านที่เป็นหน้าต่าง)
C	=	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอกหน้าต่าง (ดูจากตารางที่ 3.4.1)

ตารางที่ 2.1 อิทธิพลของการปรับแสงภายนอกต่อการสะท้อนแสงภายใน

มุมบังแสงเหนือแนวนอน (องศา)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ค่า C ท้องฟ้าปิด (Overcast sky)	39	35	31	25	20	14	10	7	5
ค่า C ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear sky)	50	42	35	27	21	16	11	7	5

หมายเหตุ มุม 0 องศา คือไม่มีการบัง

ค่า C คือค่าสัมประสิทธิ์การบังแสงภายนอก

การกำหนดค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในพื้นที่หนึ่งๆ พิจารณาได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 แสดงค่า Daylight Factor ที่พอเพียงต่อการใช้งานในพื้นที่ต่างๆ (สำหรับท้องฟ้าแบบ Overcast Sky)

การใช้งาน	ค่า DF %
การอ่านหนังสือ การทำงานปกติในช่วงเวลาปกติที่ไม่ได้มีการใช้สายตา ในกิจกรรมหนึ่งๆนานเกินไป (200-500 lux)	1.5 – 2.5
การอ่านหนังสือ หรือการใช้สายตาในการทำงาน ในช่วงเวลานานพอสมควร หรือ การทำงานที่ไม่มีอันตรายต่อร่างกาย (500 – 1,000 Lux)	2.5 – 4.0
การทำงานที่ต้องการความละเอียดสูง หรือ การใช้เครื่องจักร หรือ อุปกรณ์ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ (1,000 – 2,000 lux)	4.0 – 8.0

(ที่มา : Millet and Bedrick (1980) อ้างอิงใน Mechanical and Electrical Equipment for Building 8th Edition. pp 197)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.4 มาตรฐานค่าการส่องสว่างที่เหมาะสมกับกิจกรรมการใช้งาน

ความต้องการแสงธรรมชาติภายในอาคาร ก็คือการได้รับแสงที่พอเพียงตลอดเวลาการทำงานในตอนกลางวัน โดยมีปริมาณความส่องสว่างที่เหมาะสมกับ Visual Task และ Visual Comfort ในกรณีที่อยู่ในอาคารมีลักษณะหรือประเภทของกิจกรรมที่ต้องการปริมาณความส่องสว่างที่ต่างกัน ก็อาจต้องพิจารณาแบ่งส่วน ของตำแหน่งกิจกรรมที่จะเกิดขึ้น หรือพิจารณาถึงวิธีการใช้ Local Lighting ตามประเภทงานนั้นๆ มีการกำหนดโดยหน่วยงานแต่ละแห่ง เช่น IES (USA), IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอย และสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกัน ส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นอยู่กับประเทศใดประเทศหนึ่งได้แก่ CIE (International Commission of Illumination) CIE กำหนดค่าความสว่างออกเป็น 3 ค่าโดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่นๆ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบแวดล้อม แต่โดยทั่วไปความคงที่ของปริมาณความส่องสว่างภายในทั่วไปจะวัดจากค่า Daylight Factor ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์ สำหรับแต่ละกิจกรรม ดูตารางที่ 2.3.3

ตารางที่ 2.3 ตารางเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) สำหรับท้องฟ้าประเภท Overcast Sky

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน CIE	ค่าการส่องสว่าง (lx) ตามมาตรฐาน IES	ค่า Daylight Factor (%)		
			Overcast	Intermediate	จุดที่วัด
อาคารทั่วไป					
ทางเดิน	50-100-150	50-75-100	0.6 – 2.0	0.1 - 0.2	พื้น
บันได – บันไดเลื่อน	100-150-200	100-150-200	0.6 – 2.0	0.1 - 0.2	ลูกนอน
ที่เก็บของ, ห้องเก็บของ	100-150-200	100-150-200	0.5 – 1.5	0.2 – 0.5	บนโต๊ะทำงาน
ห้องน้ำ	100-150-200	100-150-200	0.5 – 1.5	0.2 – 0.5	บนเคาน์เตอร์
สำนักงาน					
พื้นที่ทำงาน, พิมพ์ดีด, คอมฯ	300-500-750	500-750-1000	2.5 – 5.0	0.9 – 2.0	บนโต๊ะทำงาน
เขียนแบบ	500-750-1000	500-750-1000	2.5 – 5.0	0.9 – 2.0	บนโต๊ะทำงาน
ห้องประชุม	300-500-750	200-300-500	2.0 - 2.5	0.3 – 0.9	บนโต๊ะทำงาน
โถงทางเข้า		100-150-200	0.6 – 2.0	0.2 – 0.5	พื้น
ห้องสมุด					
ที่นั่งหนังสือ	150-200-300	200-300-500	1.5 – 5.0	0.3 – 0.9	ชั้นวางแนวตั้ง
โต๊ะอ่านหนังสือ	300-500-750	200-300-500	1.5 – 5.0	0.3 – 0.9	บนโต๊ะทำงาน
เคาน์เตอร์ยืม - คืน	200-300-500	200-300-500	2.0 – 5.0	0.3 – 0.9	บนโต๊ะทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องประชุม

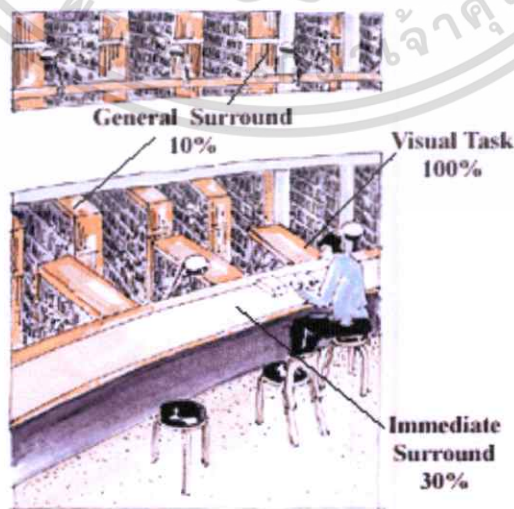
เอนกประสงค์	150-200-300	200-300-500	2.5 – 5.0	0.3 – 0.9	บนโต๊ะทำงาน
-------------	-------------	-------------	-----------	-----------	-------------

ถ้าการสะท้อนแสงของพื้นผิว หรือความเปรียบต่างต่ำกว่าปกติให้ใช้ความส่องสว่างมากขึ้น การมองวัตถุใช้เวลาสั้นมาก ก็ต้องใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น บริเวณพื้นที่ที่กำลังพิจารณาไม่มีหน้าต่าง ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น ถ้าผู้ที่ใช้งานบริเวณที่กำลังพิจารณาเป็นผู้สูงอายุ ให้ใช้ค่าความส่องสว่างมากขึ้น ความผิดพลาดเนื่องจากการมองอาจทำให้เกิดปัญหาร้ายแรง หรือเสียหายมาก ก็ให้ใช้ค่าความส่องสว่างในตารางมากขึ้น

2.4 การใช้แสงธรรมชาติในการออกแบบอาคาร

2.4.1 พื้นฐานของการใช้แสงธรรมชาติ

ความเข้มของแสงบนพื้นผิวที่อ่านนั้นต้องมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด ทั้งในแนวนอน และแนวตั้งพลังงานแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคารจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ได้นำความร้อนผ่านเข้าสู่อาคารด้วย ซึ่งเป็นภาระในการปรับอากาศ ดังนั้นการใช้แสงจากรังสีตรงจะต้องระวังและหลีกเลี่ยงการเอาความร้อนเข้าสู่อาคาร แสงธรรมชาติเป็นแหล่งแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด หาได้ง่าย ใช้ไม่มีวันหมด และมีความเข้มสูงกว่าแหล่งแสงอื่นๆ (2 เท่าของแสงจากฟลูออเรสเซนต์) ปรากฏจากแสงสะท้อน และแสงบาดตาเป็นหลักสำคัญในการออกแบบ สัดส่วนของความสว่าง เป็น 10 : 3 : 1 (Visual task : The immediate surround : The general surround) ปัญหาของการใช้แสงธรรมชาตินั้นคือ ไม่สามารถควบคุมความเข้มแสงและ ความสว่างให้สม่ำเสมอ ระยะเวลาในการใช้งานจำกัด ใช้ได้เฉพาะเวลาช่วงกลางวันเท่านั้น แสงธรรมชาติเหมาะที่จะเป็น General Background Lighting มากกว่าที่เป็นแสงสว่างหลัก



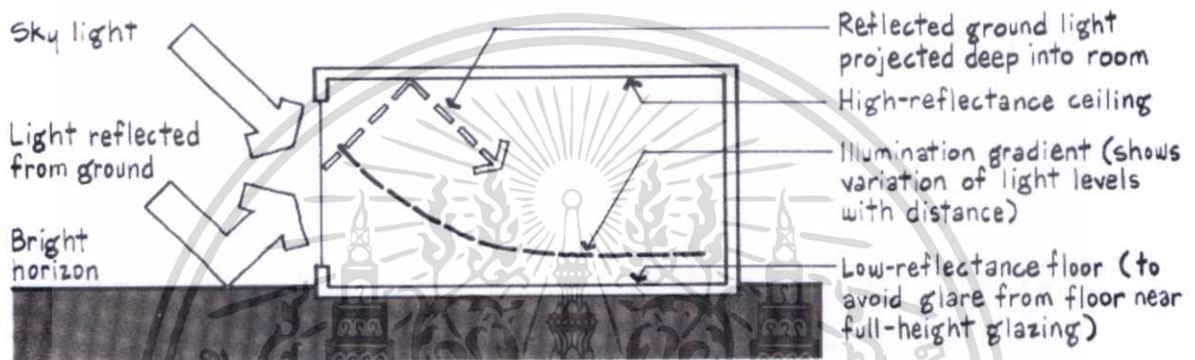
รูปที่ 2.12 แสดงสัดส่วนของความสว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 ลักษณะของห้องฟ้าที่มีผลต่อแสงธรรมชาติ

2.4.2.1 แสงจากห้องฟ้าโปร่ง

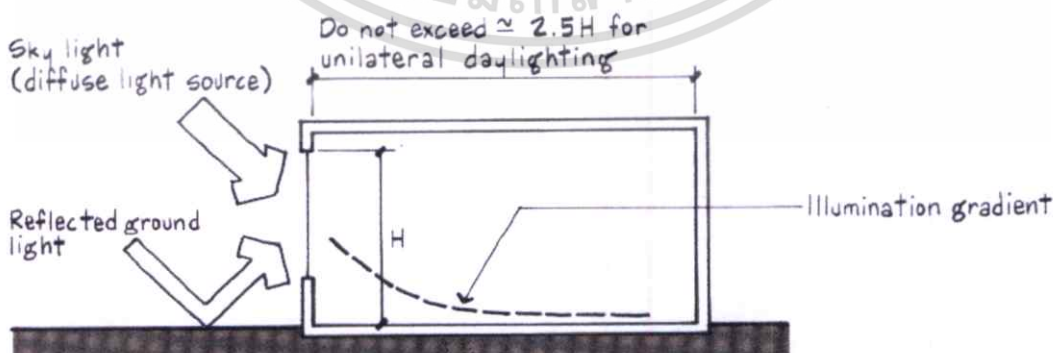
ห้องฟ้าโปร่งมีเมฆน้อยกว่า 30% ที่ขอบฟ้ามีความสว่างกว่าบริเวณกลางศีรษะ 12 ต่อ 1 แสงที่เข้าจากทางด้านข้างการเปิดหน้าต่างสูงจะช่วยให้แสงผ่านเข้ามาภายในห้อง ได้ลึกมากขึ้น วัสดุที่ใช้ทำเพดานต้องมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงสูง แต่วัสดุที่ใช้ทำพื้นต้องมีสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงต่ำ เพื่อหลีกเลี่ยงแสงบาดตาจากแสงสะท้อนจากพื้น



รูปที่ 2.13 แสดงการใช้แสงจากห้องฟ้าโปร่งที่มีประสิทธิภาพ

2. แสงจากห้องฟ้าทึบ

ห้องฟ้าทึบไปด้วยเมฆ 100% มองไม่เห็นดวงอาทิตย์ ความสว่างบริเวณกลางศีรษะ สว่างกว่าบริเวณขอบฟ้าถึง 3 เท่า เหมาะสำหรับการนำแสงเข้าอาคารจากด้านบน มากกว่า จากด้านข้าง เนื่องจากในภาพที่ 4.1.3 จะเห็นว่าแสงที่เข้าจากด้านข้างมีความเข้มที่น้อยมาก จนทำให้เข้าสู่ห้องได้ไม่ลึกพอ



รูปที่ 2.14 แสดงการใช้แสงจากห้องฟ้าทึบที่เข้าสู่อาคารจากด้านข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 รูปแบบช่องเปิดด้านบนสำหรับแสงธรรมชาติ (Top Lighting)

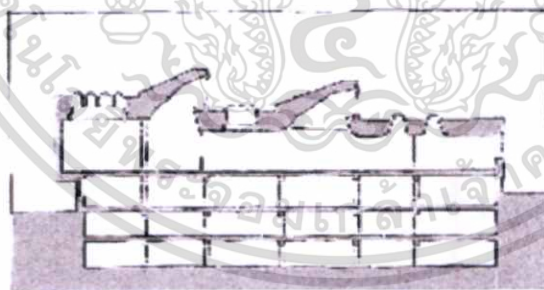
การออกแบบช่องเปิดสำหรับแสงธรรมชาตินั้นต้องระวังและควบคุมขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดให้ดี เพราะการให้แสงธรรมชาติผ่านเข้ามาได้ ความร้อนก็จะผ่านเข้ามาด้วย หลักในการออกแบบสำหรับแสงธรรมชาติไม่ว่าจะตั้งอยู่ตำแหน่งใด มีอยู่ 3 ประการ

- Sun Control : ทำให้ Cooling Load ลดลง และควบคุม Direct Glare
- Glare Control : สร้างและคงไว้ซึ่งการกระจายแสงที่ก่อให้เกิดสภาวะน่าสบาย
- Variation Control : หลีกเลี่ยงความไม่สม่ำเสมอของแสงที่เกิดขึ้น

ช่องเปิดสำหรับแสงธรรมชาตินั้นไม่ควรเป็นช่องเปิดที่นำแสงตรง(Direct Light) มาใช้ ต้องเป็นช่องเปิดที่ใช้การสะท้อน และกระจายแสงมาใช้ เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่เหมาะสมกับการใช้งานและไม่นำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยตรง ช่องเปิดสำหรับแสงธรรมชาติแบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ช่องเปิดด้านบน (Top Lighting) และ ช่องเปิดด้านข้าง (Side Lighting)

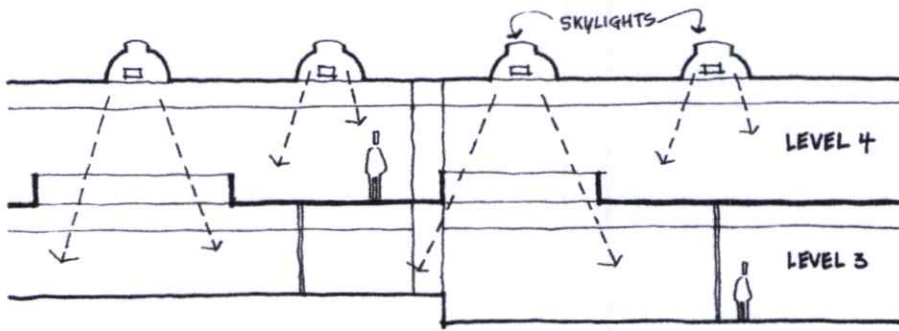
การออกแบบช่องเปิดด้านบนนั้นลักษณะของผนังสัมพันธ์กับหลังคา เพื่อควบคุมการใช้แสงจากด้านบน เนื่องจากแสงด้านบนนั้นมีความเข้มสูงและเป็นแสงตรงเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งนำความร้อนโดยตรงเข้าสู่อาคาร ดังนั้นจึงมีหลายวิธีการควบคุมแสงจากด้านบน เช่น

- การใช้อุปกรณ์ช่วยในการกระจายแสง (Introducing Diffuse)
- การใช้วัสดุที่มีการสะท้อนแสงต่ำของหลังคา (Low-glare Daylight from the Roof Level)
- การใช้ช่องเปิดด้านบน (Skylight)
- การเปิดช่องเปิดด้านบนแบบ Roof Monitors เพื่อหลีกเลี่ยงแสงอาทิตย์โดยตรง

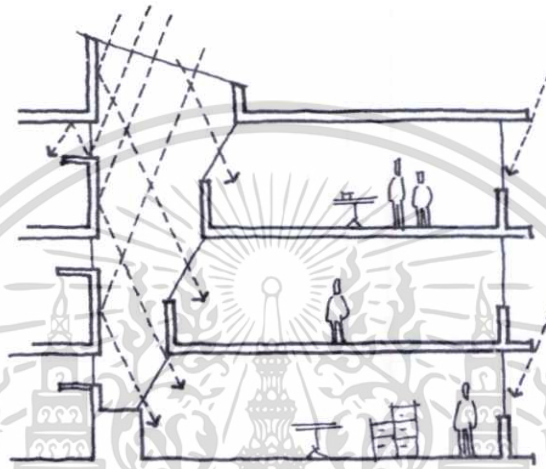


รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างรูปแบบอาคารที่มีการให้แสงจากด้านบน

การให้แสงจากด้านบนนั้นมียกจำกัดในเรื่องของการซ้อนชั้น พื้นที่ที่ได้รับแสงเป็นพื้นที่ชั้นบนสุดเท่านั้น หากเป็นอาคาร 3 – 4 ชั้น ในชั้นล่างๆก็จะได้ไม่ได้รับแสง หากเป็นอาคาร 1 – 2 ชั้น การวางผัง การเปิดช่องพื้นอาคาร ยังสามารถทำได้ง่ายกว่า



รูปที่ 2.16 แสดงวิธีการให้แสงจากด้านบนในลักษณะที่อาคารมีการซ้อนชั้น



รูปที่ 2.17 แสดงวิธีการให้แสงธรรมชาติจากด้านบนในลักษณะ Atrium

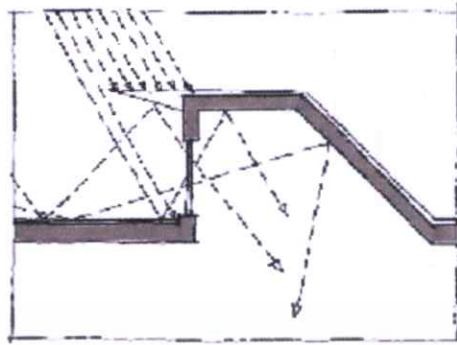
วิธีการจัดเตรียมและควบคุมแสงธรรมชาติจากด้านบนนั้นมีหลายวิธี และมีอุปกรณ์ที่ใช้แตกต่างกันไป และผลที่ได้รับนั้นย่อมต่างกันออกไปด้วย การเลือกวิธีและอุปกรณ์นั้นต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของค่าความสว่างที่ต้องการในพื้นที่นั้นๆ สภาพของท้องฟ้าภายนอกที่มักจะเกิดขึ้นเป็นส่วนใหญ่ ทิศทางการวางตัวของอาคารที่มีความสัมพันธ์กับเส้นทางการโคจรของดวงอาทิตย์ เป็นต้น อุปกรณ์และวิธีการที่ใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายมีอยู่ 2 แบบด้วยกัน ดังนี้

2.4.3.1 แบบหลังคามอนิเตอร์ (ROOF MONITOR)

เป็นช่องแสงที่ยกขึ้นจากพื้นหลังคามีช่องแสงกระจกในแนวตั้ง ลักษณะของแสงที่ได้เป็นแสงกระจาย (Diffuse Light) และแสงสะท้อน (Reflected Light) มากกว่าแสงตรง (Direct Light) ทำให้แสงมีประสิทธิภาพมากกว่าการรับแสงตรง เพราะนำความร้อนเข้าสู่อาคารน้อยกว่า และแสงที่เป็นแสงกระจายนั้นจะลดความจ้าลง ไม่ทำให้เกิดแสงบาดตา สามารถออกแบบควบคุมทิศทางแสงที่เข้ามาจากแสงตรงให้เป็นแสงกระจายได้ ข้อดีอีกประการคือมีอัตราการรั่วซึมของน้ำฝนน้อยกว่า Skylight Roof Monitor ขนาดใหญ่ทำให้เกิดลักษณะพิเศษของพื้นที่ภายในได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประการคือมีอัตราการจัดวางของน้ำฝนน้อยกว่า Skylight Roof Monitor ขนาดใหญ่ทำให้เกิดลักษณะพิเศษของพื้นที่ภายในได้

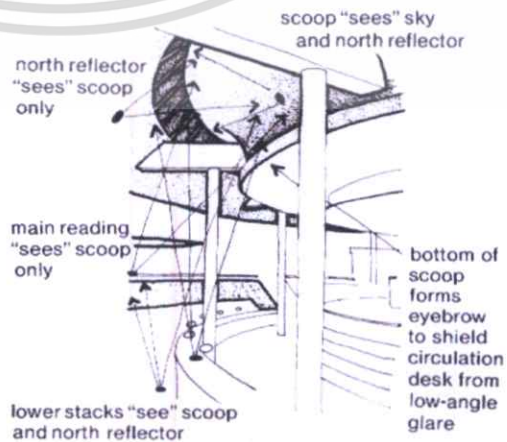


รูปที่ 2.18 ลักษณะพื้นฐานของ Roof Monitor กับวิธีการส่องผ่านของแสง



รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างการใช้ Roof Monitor ในการให้แสงจากด้านบน

Roof Monitor เหมาะสำหรับอาคารขนาด 1 – 2 ชั้นเท่านั้น หากยังมีการซ้อนชั้นมาก การกระจายแสงลงไปชั้นล่างๆจะยิ่งทำได้ยาก การออกแบบให้แสงกระจายลงสู่ชั้นล่างได้ ต้องอาศัยการวางตำแหน่งให้แสงเข้าจากช่องเปิดที่พื้นในชั้น 2 แสงธรรมชาติสามารถเข้าได้ในระยะ 7.5-10 เมตร จากเพดานลงมาที่พื้นชั้นล่าง หากระยะมากกว่านี้ จะทำให้ความเข้มแสงน้อยลงกว่าที่ควร

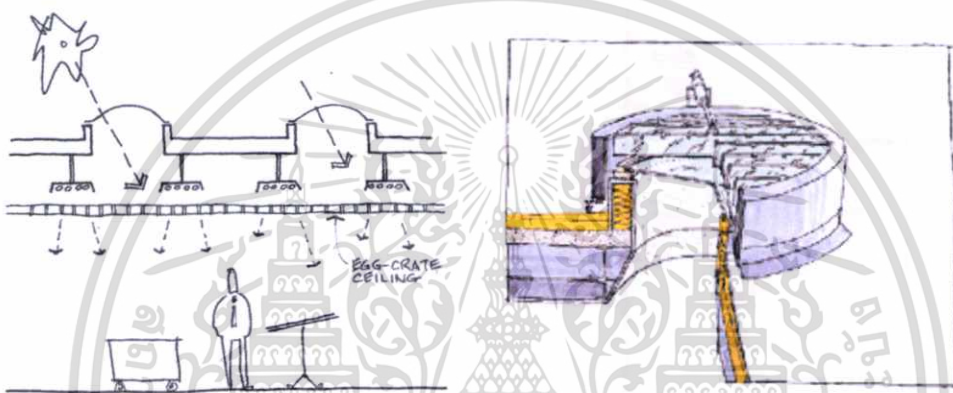


รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างการใช้ Roof Monitor ในการให้แสงจากด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

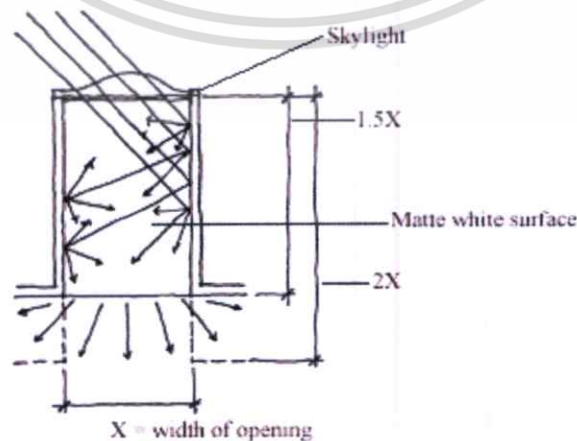
2.4.3.2 สกายไลท์ (Skylight)

เป็นช่องเปิดบนหลังคาเพื่อให้แสงธรรมชาติเข้ามา (Daylight Roof) ชนิดหนึ่ง มีลักษณะช่องเปิดนำแสงเข้าสู่อาคารโดยไม่เห็นทัศนียภาพ แต่แสงที่เข้าสู่อาคารเป็นแสงตรง จากดวงอาทิตย์ (Direct Sun-light) ให้ประสิทธิภาพความเข้มแสงที่ตีบนพื้นราบ ไม่ว่าจะ เป็นบนโต๊ะอ่านหนังสือหรือบนพื้น แต่เนื่องจากแสงที่ได้นั้นเป็นรังสีตรง จึงนำความร้อนผ่าน เข้าสู่อาคารมาด้วย ดังนั้นสกายไลท์ (Skylight) จึง เหมาะที่จะเป็นพื้นที่ขนาดเล็กให้แสงเข้า ประกอบกับพื้นที่ด้านข้างที่ทำหน้าที่กระจายแสง และลดแสงจ้าบาดตา หากพื้นที่ใช้งานอยู่ ลึกเข้าไปในอาคารไม่สามารถออกแบบให้แสงเข้าทางด้านข้างได้ Skylight จึงเป็นอีก ทางเลือกหนึ่ง



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะทั่วไปของ Skylight

การออกแบบให้แสงที่ผ่านเข้าทางสกายไลท์นั้น สามารถควบคุมจากแสงตรงให้ กลายเป็นแสงกระจายได้โดยการใช้ เกล็ดบังแดดภายนอก (Exterior Louver) และ ภายใน (Interior Louver) หรือการใช้กระจกกระจายแสง เป็นต้น แต่การใช้เกล็ดภายในนั้นจะมีปัญหา เรื่องของความร้อนที่ผ่านเข้ามาแล้วเป็นการระก่การปรับอากาศภายใน เช่นเดียวกับแบบ หลังคามอนิเตอร์ที่สามารถสร้างบรรยากาศแสงภายในได้ และยังให้ความเข้มแสงที่มากกว่า



รูปที่ 2.22 แสดงลักษณะทั่วไปของ Deep cylindrical plaster tubes

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Deep cylindrical plaster tubes เป็นส่วนประกอบสำคัญอย่างหนึ่งของ Skylight ส่วนบนสุดที่เป็นหลังคาโปร่งแสงนั้นควรจะเป็นสีขาวขุ่นเสมอ เพื่อให้ผลในการกระจายแสงมากที่สุด และแสงที่ได้จะมีคุณภาพสูง และผนังด้านข้างควรเป็นสีขาวด้านเพื่อกระจายแสงและไม่เกิดแสงจ้าบาดตา



รูปที่ 2.23 ตัวอย่างการออกแบบที่ใช้ทั้ง Roof monitor ผสมกับ Skylight ให้ผลที่น่าสนใจ

2.4.4 การควบคุมแสงสะท้อนและแสงบาดตา

ตาของมนุษย์จะเกิดการล้าได้เนื่องจากแสงจ้าหรือแสงบาดตา รวมทั้งแสงสว่างที่แตกต่างกันมากในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง การศึกษาด้านความสว่างจากบริเวณหนังสือที่อ่านกับบริเวณโดยรอบ เช่น พื้นโต๊ะ และอากาศรอบๆตัว

- สัดส่วนของความสว่างระหว่างหน้ากระดาษต่อพื้นโต๊ะ คือ 3 : 1 หากความสว่างนี้มีอัตราส่วนที่แตกต่างกันมากกว่า 5 : 1 จะเกิดความต่างมากจนเป็นปัญหาต่อการอ่าน และสายตา
- สัดส่วนของความสว่างระหว่างหน้ากระดาษต่อบริเวณรอบๆห้อง หรือบริเวณใกล้เคียง มีค่าประมาณ 5 : 1 ที่ให้มีความต่างกันมากขนาดนี้ เพื่อให้มีสมาธิในการอ่านมากขึ้น โดยทำให้ลดความสนใจต่อสิ่งแวดล้อมรอบข้างน้อยลง
- ถ้าน้ำกระดาษที่อ่านเป็นสีขาว พื้นโต๊ะก็ไม่ควรเป็นสีขาวหรือสีที่อ่อนมากๆ แต่ก็ไม่ควรที่จะเป็นสีดำ การให้ความสว่างพื้นหลังควรน้อยกว่าบนโต๊ะอ่าน
- โดยปกติหน้ากระดาษของหนังสือที่เป็นสีขาวนั้น ควรมีค่าการสะท้อนแสง (Reflectance) ประมาณ 0.7 – 0.8 หากพื้นโต๊ะมีค่าการสะท้อน 0.2 – 0.3
- ค่าความสว่างอาจจะมากขึ้นหรือน้อยลงกว่านี้ก็ได้ขึ้นอยู่กับวัสดุผิวของพื้นโต๊ะ พื้น ผนัง หรือสิ่งแวดล้อมรอบๆ ว่ามีค่าการสะท้อนแสงและสีอย่างไร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 การใช้กระจกเพื่อการส่องสว่างตามธรรมชาติ

ถ้าต้องการความเปิดโล่งและแสงสว่าง ควรพยายามใช้กระจกในส่วนประกอบของเปลือกอาคารในขนาดที่จำเป็น และคำนึงถึงทิศทางการวางอาคารของด้านที่จะใช้กระจกด้วย และใช้กระจกที่มีคุณภาพในการลดการไหลผ่านความร้อน และถ้าทำได้ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดให้กับกระจกเพื่อให้อุณหภูมิ การลดพื้นที่กระจกที่โครงสร้างอาคารไม่ได้ทำให้ลดแสงสว่างธรรมชาติลงไปมากตามส่วน เราอาจลดพื้นที่กระจกไป 1/3 แต่ลดแสงสว่างไปเพียง 1/4 เท่านั้น การใช้พื้นที่กระจกน้อยลงจะเป็นการช่วยลดภาระการทำความเย็นในแก่อาคาร

นอกจากกระจกใสที่ใช้กันอย่างแพร่หลายนั้น ยังมีกระจกที่ช่วยลดความร้อนที่ไหลผ่านกระจกเข้ามาหลายชนิด โดยมีระดับของพลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้ามาในอาคารแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจก และทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของกระจก

2.4.5.1 กระจกตัดแสง (Tinted Glass)

ช่วยลดปริมาณแสงจ้าและการไหลผ่านของปริมาณความร้อน ข้อเสียคือกระจกชนิดนี้ไม่มีความยืดหยุ่น ไม่สามารถลดหรือเพิ่มปริมาณแสงได้ในขณะที่ห้องฟ้าข้างนอกแปรเปลี่ยน ทำให้ขณะท้องฟ้ามีดมัวแสงสว่างจึงไม่เพียงพอ การใช้งานและเกิดปรับแสงจะยืดหยุ่นได้มากกว่า

2.4.5.2 กระจกดูดกลืนความร้อน (Heat – Absorbing Glass)

สามารถดูดซับความร้อนได้ถึง 45% และถ้ามีที่กันแดดให้กระจกอยู่ในร่มเงา จะช่วยลดปริมาณความร้อนได้ถึง 75%

2.4.5.3 กระจกเคลือบผิวสะท้อนแสง (Reflective Metallic Coating)

ลดทั้งปริมาณความร้อนและแสงสว่าง มีประสิทธิภาพในการต้านทาน การไหลผ่านของปริมาณความร้อนได้ดีกว่ากระจกดูดกลืนความร้อนแต่ในขณะเดียวกันก็เก็บปริมาณความร้อนมาแผ่ให้กับภายในห้อง จึงเหมาะสมกับประเทศเขตร้อนมากกว่าเมืองร้อน อีกประการหนึ่งกระจกสะท้อนแสงนี้จะทำความรบกวนกับอาคารและบริเวณข้างเคียง

2.4.5.4 กระจกสองชั้น

การใช้กระจกสองชั้นโดยมีที่ว่างอากาศและแผ่นฟิล์มป้องกันความร้อนซึ่งอยู่ตรงกลางสามารถลดความร้อนได้ถึง 80% ในขณะที่ยอมให้แสงสว่างผ่านเข้ามาได้ในปริมาณสูง แต่ช่วยลดแสงจ้าและป้องกันรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ทำลายวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่มีความจ้ามาก หรือแสงสะท้อนที่เข้าสู่การมองเห็นโดยตรงจะทำให้ระคายเคืองต่อสายตา มีผลต่อการมองเห็น อาจทำให้มองไม่เห็นวัตถุหรือตาบอดชั่วคราว แสงบาดตามี 2 ลักษณะ คือ แสงบาดตาที่ทำให้มองวัตถุไม่เห็น หรือเกิดตาบอดชั่วคราว แสงบาดตาที่ทำให้รู้สึกไม่สบายตา รบกวนสมาธิ วิธีที่จะควบคุมแสงบาดตามีหลายวิธี

- ควบคุมให้แสงส่องลงต่ำ โดยที่วัสดุกรุผิวโต๊ะเป็นผิวด้านไม่สะท้อน แต่วิธีนี้จะทำให้เกิดเงาของผู้อ่านทอดลงบนโต๊ะทำให้ความสว่างบนโต๊ะมีปัญหา
- การติดตั้งโคมไฟเพิ่มประจำโต๊ะอ่านหนังสือ ผู้อ่านจะสามารถปรับความสว่างตามที่ต้องการ



รูปที่ 2.24 แสดงการติดตั้งโคมไฟเพิ่มเพื่อลดความต่างของแสง และ การใช้วัสดุเพื่อช่วยลดแสงบาดตา

- การติดตั้งโคมไฟเพิ่มประจำโต๊ะต้องระมัดระวังแสงสะท้อนบาดตาผู้อ่านอื่นๆ การเลือกใช้วัสดุกรุผิวโต๊ะเป็นเรื่องสำคัญ
- ให้แสงที่มีความจ้ามากส่องขึ้นบนเพดานและสะท้อนกลับลงมาข้างล่าง หลีกเลี่ยงแสงบาดตาได้เป็นอย่างดี แต่วัสดุผ้านั้นต้องเป็นผิวด้าน สีสว่าง และมีระยะความสูงผ้าไม่มากจนเกินไป แต่ไม่เหมาะสำหรับส่วนที่ต้องการแสงในกรทำงานมาก
- การใช้หลอดไฟประเภท Incandescent จะเกิดเงาบางส่วน ซึ่งสามารถควบคุมแสงบาดตาได้ แต่จะทำให้สูญเสียประสิทธิภาพของแสงลงอย่างมาก และยังทำให้การออกแบบแสงภายในมีข้อจำกัดมากขึ้นด้วย
- หลอด Fluorescent ให้แสงที่ไม่เกิดแสงบาดตาได้ดี เมื่อกระทบกับกระดาษสีขาว รูปภาพ ศิลปะ หรือกระดาษเคลือบ
- การติดตั้งต้องมีอุปกรณ์ช่วยกรองแสงและกระจายแสง เช่น พลาสติกสีขาวทึบ ซึ่งจะช่วยควบคุมแสงบาดตา และหลีกเลี่ยงความสนใจของแสงที่จ้าและเป็นจุด แต่การมีอุปกรณ์เพิ่มย่อมทำให้สูญเสียประสิทธิภาพของแสงบางส่วน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาคารนับเป็นกระจกที่ป้องกันความร้อนถ่ายเทได้มาก และยอมให้แสงสว่างส่องผ่านเข้าเข้า ในอาคารได้มากด้วย แต่ราคาค่ากระจกและโครงกรอบก็สูงกว่ากระจกประเภทอื่นๆ จึงต้อง พิจารณาในเลือกใช้ให้เหมาะสม

2.4.6 รูปร่างและทิศทางการวางอาคารที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติภายใน อาคาร

แสงสว่างที่พอเพียงช่วยให้คนสามารถเคลื่อนไหวและทำงานได้อย่างสะดวกสบาย มีความมั่นคงและมีประสิทธิภาพ เหตุผลอื่นคือ เพื่อความสวยงามและผลทางด้านจิตใจ ในขณะที่ ปริมาณการผ่านเข้ามาของความร้อน ทำให้อาคารต้องมีสัดส่วน พื้นที่ผิวต่อปริมาตรต่ำ แต่ ความต้องการแสงธรรมชาติเป็นไปในทางกลับกัน พื้นที่ผิวยิ่งมากก็ยิ่งได้รับแสงธรรมชาติมาก

ในประเทศเขตร้อนชื้นอาคารรูปยาวมีโอกาสได้รับแสงธรรมชาติ และการระบายอากาศที่ดี ในอาคารปรับอากาศอาจจะมีปัญหาเพราะมีพื้นที่ผิวและช่องแสงรับปริมาณความร้อนเพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.25 แสดงรูปอาคารที่มีผลต่อการส่องสว่าง

สำหรับการวางแปลนภายในอาคารที่เปิด การกระจายความสว่างให้เหมาะสมเป็นเรื่อง สำคัญ เนื่องจากการใช้งานที่แตกต่างกันความต้องการความสว่างก็ย่อมต่างกันด้วย ส่วน ทางเข้า โถงพักรอ ทางเดิน ต้องการความสว่างไม่มากนัก แต่ในที่ ต้องการความสว่างที่สูงมาก การให้ความสว่างสูงสุดที่ต้องการสม่ำเสมอทั่วอาคารทำให้สิ้นเปลือง ทั้งค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง อุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ใช้ด้วย

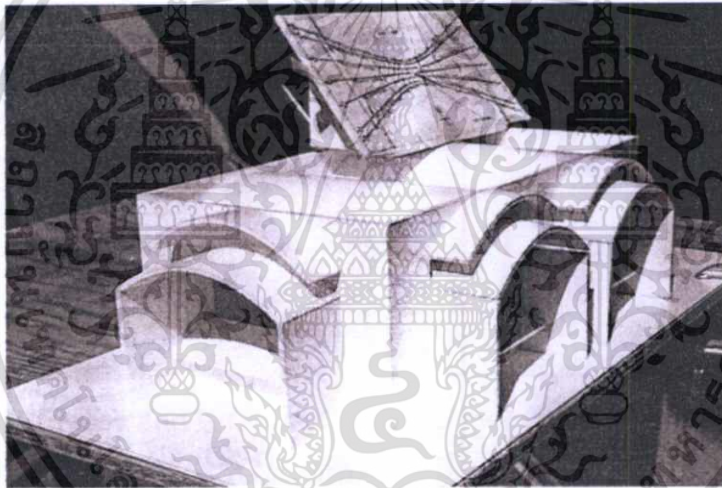
2.5 เครื่องมือและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาวิจัยพฤติกรรมของแสง

2.5.1 การวัดจริงจากแบบจำลอง

การใช้หุ่นจำลองในการศึกษาทั้งแสงประดิษฐ์ และแสงธรรมชาติ ให้ผลที่ชัดเจนกว่าการพยากรณ์ด้วยทฤษฎี หรือ การคำนวณจากคอมพิวเตอร์ ทำให้เราสามารถทราบได้ว่าแสงที่ได้ ออกแบบนั้นมีคุณภาพและปริมาณที่เพียงพอหรือไม่ หุ่นจำลองมีหลายแบบแต่ละแบบก็ใช้ในการทดสอบต่างกันออกไปดังนี้

2.5.1.1 หุ่นจำลองที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต (Lighting Geometry)

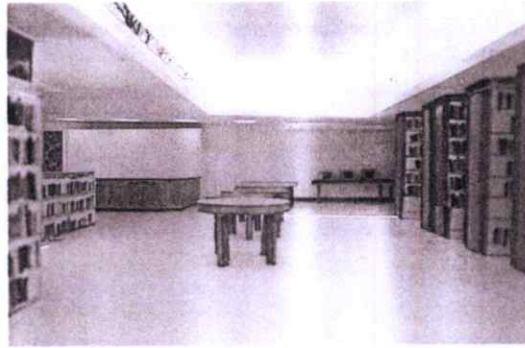
ขนาดของหุ่นจำลองขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของอาคารที่ออกแบบมาน้อยเพียงไร หุ่นจำลองต้องสร้างจากวัสดุทึบแสงในส่วนที่ไม่มีช่องเปิด ในการถ่ายภาพนั้นจะต้องเห็นตัว Sun Dial Diagram ที่ใช้ในการวัดแสงธรรมชาติด้วย



รูปที่ 2.26 แสดงหุ่นจำลองที่เป็นรูปทรงเรขาคณิต (Lighting Geometry)

2.5.1.2 หุ่นจำลองที่วัดคุณภาพของแสง (Qualitative Effect)

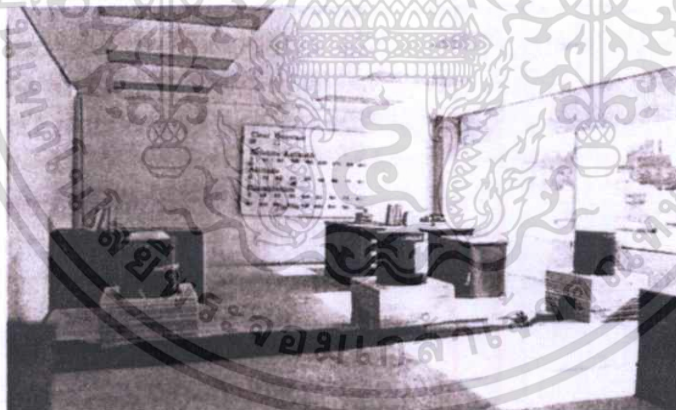
คุณภาพของแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์นั้นควรใช้หุ่นจำลองการส่องสว่าง โดยเฉพาะ เมื่อมองเข้าไปภายในหุ่นจำลองนั้นต้องแสดงรูปร่างของอาคารที่มีผลต่อแสงในหลายๆกรณีที่สามารถเกิดขึ้นได้ ซึ่งหุ่นจำลองประเภทนี้ในการทำต้องหลีกเลี่ยงการรบกวนของแสง และการทำหุ่นจำลองต้องคำนึงถึงวัสดุบางส่วนหรือการออกแบบบางส่วนที่มีการใช้วัสดุสะท้อนแสง



รูปที่ 2.27 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้วัดคุณภาพของแสง (Qualitative Effect)

2.5.1.3 หุ่นจำลองที่ใช้วัดปริมาณของแสง (Quantitative Effect)

หุ่นจำลองประเภทนี้เวลาสร้างต้องระมัดระวังเรื่องขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดเป็นอย่างมาก รวมทั้งวัสดุผิวที่ใช้ทำหุ่นจำลองนั้นต้องมีพื้นผิวที่ใกล้เคียงกับวัสดุจริงเนื่องจากสัมประสิทธิ์ค่าการสะท้อนแสงนั้นมีผลต่อการวัดปริมาณแสงที่เข้ามาภายในอาคาร ในการวัดค่าและเก็บข้อมูลนั้นใช้เครื่องมืออย่างเช่น Light Meters หรือ อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้วัดแสง โดยเฉพาะ เครื่องมือเหล่านี้จะถูกติดตั้งภายในหุ่นจำลองดังนั้นขนาดของหุ่นจำลองไม่ควรเล็กกว่า 1 : 25



รูปที่ 2.28 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้วัดปริมาณของแสง (Quantitative Effect) และการติดตั้งเครื่องมือวัด

2.5.1.4 หุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบตัวแปร (Parametric Model Testing)

หุ่นจำลองนั้นเป็นต้นแบบของการทดสอบค่าตัวแปร หุ่นจำลองนั้นจำเป็นต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้เพื่อทดสอบแต่ละตัวแปรที่ตั้งสมมติฐาน เช่น สามารถถอดหลังคา หรือผนังบางส่วน เปลี่ยนขนาดหรือตำแหน่งของหน้าต่าง เป็นต้น หุ่นจำลองประเภทนี้จึงสำคัญและเหมาะสมสำหรับงานออกแบบอาคารเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.29 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ทดสอบตัวแปร (Parametric Model Testing)

ในการสร้างหุ่นจำลองเพื่อทดสอบแสงนั้น จำเป็นต้องมีความแม่นยำสูง หากการสร้างหุ่นจำลองมีสิ่งที่ไม่ดีไปอย่างเช่นวัสดุกรรมนั้นมีค่าการสะท้อนแสงสูงกว่าของจริงมากก็อาจทำให้ข้อมูลที่เก็บมานั้นใช้ไม่ได้ มีความคลาดเคลื่อนมาก ดังนั้นการสร้างหุ่นจำลองจึงมีขั้นตอนที่ต้องคำนึงถึงดังนี้

- หุ่นจำลองควรมีขนาดที่ใหญ่พอที่จะสร้างได้ง่ายและง่ายต่อการติดเครื่องมือ ขนาดของหุ่นจำลองควรจะเป็น 1 : 10, 1 : 20, 1 : 25 เป็นต้น แต่หุ่นจำลองที่ใช้เพื่อวัดแสงธรรมชาตินั้นขนาดไม่ควรต่ำกว่า 1 : 25
- วัสดุที่ใช้ในการสร้างหุ่นจำลองควรเป็นวัสดุทึบแสงในส่วนที่เป็นอาคารทึบ โฟมอัดเป็นวัสดุที่นิยมใช้เพราะตัดง่าย แต่ตัววัสดุโปร่งสามารถให้แสงผ่านได้จึงต้องมีการกรุวัสดุผิวภายนอกด้วยกระดาษเนื้อหนา อลูมิเนียมฟอล์ย หรือ การทาสี เพื่อป้องกันแสงที่ไม่ต้องการเข้ามาในหุ่นจำลองได้
- ผิววัสดุกรุหุ่นจำลองควรจะเป็นพื้นผิวด้านหรือมันตามแต่ที่อาคารได้ออกแบบไว้ พื้นผิวภายในหุ่นควรใช้วัสดุที่มีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับของจริง ภายนอกก็เช่นเดียวกัน
- ขนาดของช่องเปิดควรมีความแม่นยำ แต่วัสดุที่เป็นกระจกไม่จำเป็นต้องติดตั้งลงในหุ่นจำลอง เนื่องจากเราสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านของกระจกไปใช้กับข้อมูลได้
- ฐานของหุ่นจำลองควรจะถูกยึดติดให้แน่น เนื่องจากการทดสอบนั้นเกิดขึ้นกลางแจ้ง อาจมีลมที่พัดแรง รวมทั้งการทดสอบนั้นต้องมีการหมุนโต๊ะทดสอบเพื่อให้ได้มุมของแสงที่ต้องการ
- ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจวัดตามตำแหน่งที่สนใจศึกษาเท่านั้น
- ปิดผนึกหุ่นจำลองให้แน่นหนาเพื่อป้องกันการรั่วไหลของแสง อาจใช้เทปกาวสีดำทดแทนได้
- ในการทดสอบหุ่นจำลองนั้น เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องสูง จำเป็นต้องมีการควบคุมการทดสอบให้ดี การทดสอบที่ดีต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดสอบหุนจำลองกลางแจ้งในวันที่มีแดดสดใส วางหุนจำลองบนโต๊ะที่สามารถปรับได้และปรับให้โต๊ะเอียงไปในตำแหน่งที่ต้องการทดสอบมุมของดวงอาทิตย์ ตรวจสอบมุมของโต๊ะกับ Sun Dial Diagram ให้ถูกต้อง ตรวจสอบว่าท้องฟ้าของหุนจำลองนั้นไม่มีสิ่งกีดขวาง และหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนจากสิ่งแวดล้อมโดยรอบ เช่น แสงสะท้อนจากน้ำ, หลังคาและกระจกรถยนต์ หรือ หน้าต่างขนาดใหญ่ เป็นต้น ใช้ Light Meter วัดปริมาณแสงภายในหุนจำลองในเวลาที่แตกต่างกัน ปกติเวลาที่ให้ทดสอบ ได้แก่ 10.00, 12.00 และ 15.00 นาฬิกาของวันที่ 21 มิถุนายน, 21 มีนาคม และ 21 ธันวาคม ตำแหน่งที่ติดตั้งเครื่องมือวัดนั้นแตกต่างกันออกไปในแต่ละประเภทของอาคาร อาคารสำนักงานตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือคือบนโต๊ะทำงาน อาคารแสดงงานศิลปะ ตำแหน่งติดตั้งเครื่องมือคือบนผนัง และยังคงติดตั้งเครื่องมือไว้ที่กลางห้อง 1 จุด ห่างจากหน้าต่าง 1.50 เมตร 1 จุด ห่างจากผนังด้านตรงข้าม 1.50 อีก 1 จุด เป็นตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ทั่วไปที่ต้องเก็บข้อมูล ก่อนและหลังทำการทดสอบ ต้องมีการวัดค่าอ้างอิงค่าความสว่างของท้องฟ้าที่ไม่มีสิ่งบดบัง เพื่อให้หาค่าพยากรณ์แสงตามทฤษฎีเพื่อใช้เปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้อง เขียนรูปตัดของอาคารในส่วนที่ทดสอบนั้น และหาค่าความสว่างจากกราฟและทฤษฎีที่กล่าวมาในช่วงต้น

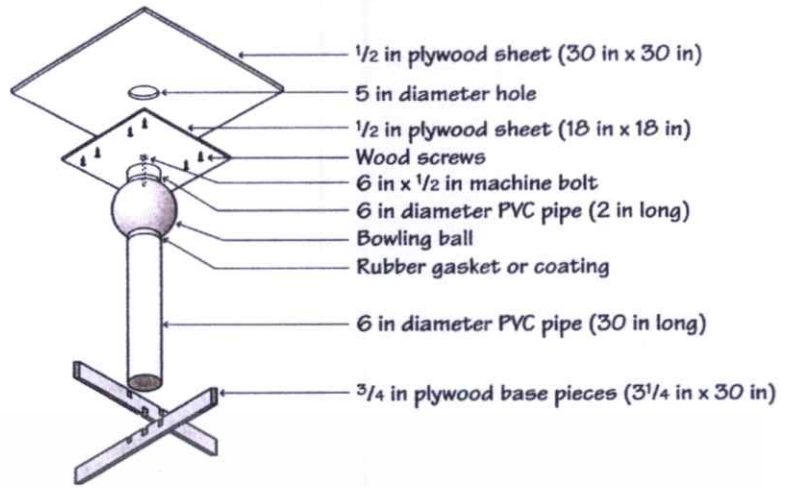
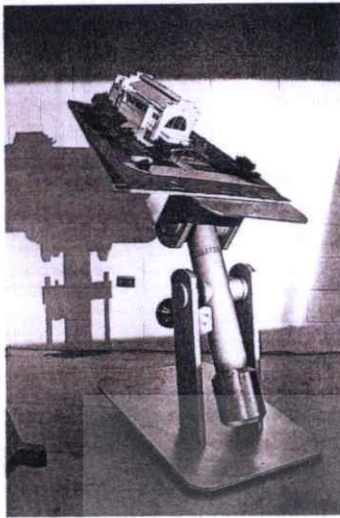
2.5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด

หุนจำลองสามารถทดสอบในท้องฟ้าจำลองและท้องฟ้าจริงได้ การใช้ท้องฟ้าจำลองนั้นสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน แต่ท้องฟ้าจริงนั้นมีความถูกต้องแม่นยำกว่ามาก เนื่องจากท้องฟ้าจำลองเป็นเพียงการประมาณค่าการกระจายแสงจริงบนท้องฟ้าจริงเท่านั้น แสงจากดวงอาทิตย์มีความเข้มแสงมากกว่าแสงประดิษฐ์ และลำแสงจากแสงประดิษฐ์มีความแตกต่างจากลำแสงจริงอย่างมาก และการทดสอบได้ท้องฟ้าจริงนั้นต้องการปัจจัยในการควบคุมน้อยมาก และค่าความผิดพลาดจากการทดสอบได้ท้องฟ้าจำลองนั้นสูงกว่าท้องฟ้าจริงถึง 10 เท่า

2.5.2.1 Holiodon

เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการทดสอบแสงธรรมชาติจากหุนจำลอง สามารถใช้ได้ทั้งกับการทดสอบได้ท้องฟ้าจริงและท้องฟ้าจำลอง มีลักษณะเป็นโต๊ะที่สามารถปรับมุมได้ มีหลักการในการให้อยู่ 2 ประการ ให้โลกหรือพื้นอยู่กับที่แล้วหมุนดวงอาทิตย์ หรือให้ดวงอาทิตย์อยู่กับที่แล้วหมุนโลกหรือพื้น การทดสอบภายใต้ท้องฟ้าจริงจำเป็นต้องใช้ Sun Dial Diagram เพื่อใช้วัดและควบคุมเวลาและตำแหน่งของดวงอาทิตย์ในการทดสอบ และควรจะใช้ Sun Dial Diagram ลงบนระนาบเดียวกันกับหุนจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

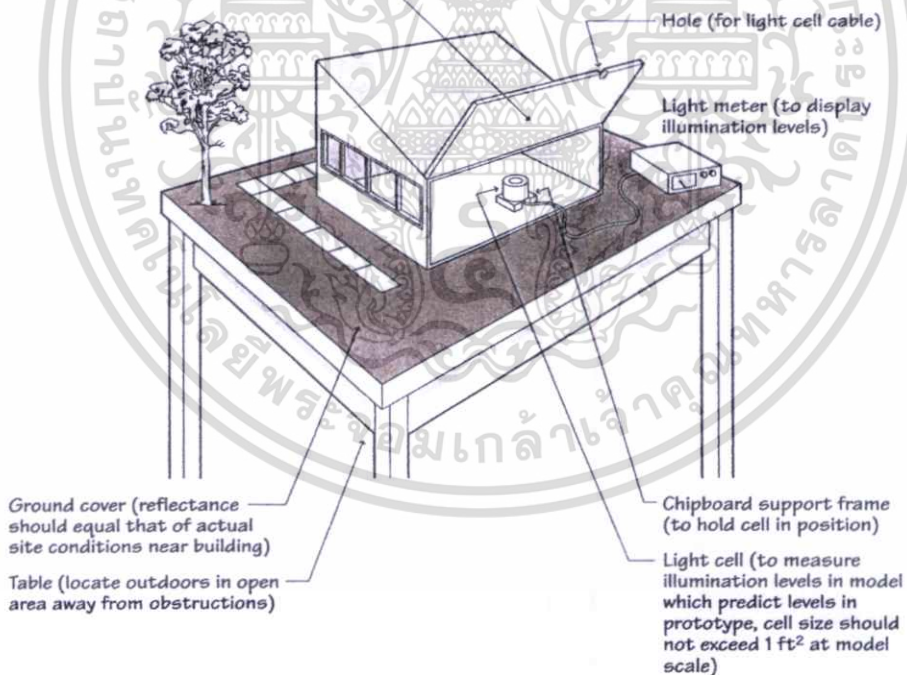


Components of Heliodon

รูปที่ 2.30 แสดงลักษณะทั่วไปของ Heliodon

2.5.3 วิธีการจัดเตรียมการวัดจากหุ่นจำลอง

Surface reflectances in model should equal prototype reflectances, and solid wall and roof materials of model must not transmit light



รูปที่ 2.31 แสดงการติดตั้งหุ่นจำลองและเครื่องมือเพื่อทดสอบ

การทดสอบหุ่นจำลองกลางแจ้ง ควรให้แน่ใจว่าท้องฟ้าและพื้นดินที่จัดเตรียมไว้ นั้นมีค่าใกล้เคียงกับอาคารจริงมากที่สุด หลีกเลี่ยงการวัดค่าและเก็บข้อมูลภายใต้ท้องฟ้าที่มีเมฆบางเป็นบางส่วน ซึ่งจะทำให้ความสว่างนั้นมีความแปรปรวนอย่างรวดเร็ว ข้อมูลก็จะมี ความคลาดเคลื่อนมากจนอาจใช้ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อ้างอิงจากการศึกษารูปแบบช่องเปิดรับแสงสว่างด้านบนที่ไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร (วิรัช อธิกุล, พ.ศ. 2548) โดยการศึกษามุ่งเน้นไปในการพัฒนาประสิทธิภาพของช่องเปิดด้านบนแบบหลังคาฟันเลื่อย (Saw Tooth) โดยมีเรื่องของอุณหภูมิเข้ามาเป็นตัวแปรที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง กระบวนการศึกษาทดลองเก็บข้อมูลและประมวลผลสรุปได้ดังนี้

2.6.1 การใช้เครื่องมือและหุ่นทดลองในการวิจัย

2.6.1.1 การใช้เครื่องมือในการเก็บผลการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณแสงสว่างคือ ลักซ์มิเตอร์ (Lux Meter) ซึ่งมีช่วงในการวัดแสงอยู่ระหว่าง 0 – 50,000 ลักซ์ และเครื่องมือในการวัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$) และองศาฟาเรนไฮต์ ($^{\circ}\text{F}$) โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอลทำการวัดอุณหภูมิผ่านตัวเก็บ (Sensor) ทำการบันทึกผลข้อมูลเป็นหน่วย องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)

การบันทึกข้อมูลจะทำการเก็บข้อมูลของค่าความส่องสว่างและอุณหภูมิภายในของหน่วยทดลอง โดยเก็บข้อมูลเป็น 2 ส่วนหลักคือ ภายในหน่วยทดลองและภายนอกหน่วยทดลอง โดยจุดที่ทำการบันทึกต้องอยู่ในตำแหน่งเดียวกันอยู่บริเวณจุดกึ่งกลางหน่วยทดลองและสูงจากพื้น 0.20 ม. โดยมีระยะห่างระหว่างหน่วยทดลอง อยู่ที่ 1.00 ม. เพื่อป้องกันการบังเงาซึ่งกันและกัน สถานที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นพื้นที่เปิดโล่งไม่มีส่วนของอาคารและต้นไม้ที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณแสงสว่างและความร้อนที่จะเข้าสู่หน่วยทดลอง การศึกษานี้ใช้สนามฟุตบอลกลาง ศูนย์กีฬาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

2.6.1.2 หุ่นทดลองในการวิจัย

หน่วยทดลองที่ใช้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 1.00 x 1.00 x 0.60 ม. มีช่องเปิดด้านบนตรงกลางขนาด 0.40 x 0.40 ม. โดยการประกอบหน่วยทดลองใช้เป็นไม้อัด MDF หนา 15 มม. ควบคุมไม่ให้มีการรั่วซึมของอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้แสงที่ไม่ต้องการเล็ดลอดเข้าไปได้ ภายในปิดผิวด้วยกระดาษสีดำด้านเพื่อควบคุมการสะท้อนแสงจากผนังและฝ้าเพดานภายใน เพราะต้องการให้อุปกรณ์รับแสงรับเฉพาะแสงที่มาจากช่องเปิดด้านบนเป็นหลัก

2.6.2 การศึกษาเปรียบเทียบเพื่อเลือกรูปแบบของช่องเปิดด้านบน

2.6.2.1 แบบแผ่นรับแสงแนวราบ (Flat Sheet)

เป็นรูปแบบที่ไม่มีการควบคุมอิทธิพลของแสงตรงดวงอาทิตย์โดยสามารถรับแสงสว่างได้ทุกทิศทาง ทำการเปิดช่องรับแสงในแนวระนาบเพียงแนวเดียวเท่านั้น ใช้ในพื้นที่ที่ต้องการปริมาณความสว่างสูง แต่มีความแปรปรวนของแสงและความร้อนที่เข้ามาสูงด้วย เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการเก็บข้อมูลความสว่างและอุณหภูมิพบว่า มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในอยู่ที่ 10.2% อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 43.5 °C แต่ยังมีค่าความแปรปรวนของแสงอยู่สูงมาก

2.6.2.2 แบบหลังคามอนิเตอร์ (Monitor Roof)

เป็นรูปแบบที่มีช่องรับแสงในแนวตั้งเปิดรับแสงได้ 4 ทิศทาง มีส่วนทึบในแนวระนาบเหนือแนวรับแสง ซึ่งสามารถป้องกันปริมาณรังสีตรงดวงอาทิตย์ได้ในบางช่วงเวลาของวัน ใช้ในพื้นที่ที่ต้องการปริมาณความสว่างสูง แต่มีความแปรปรวนของแสงและความร้อนที่เข้ามาสูงด้วย จากการเก็บข้อมูลความสว่างและอุณหภูมิพบว่า มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในอยู่ที่ 6.3% อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 41.5 °C สามารถป้องกันรังสีตรงได้บางช่วงเวลา และลดภาระการนำความร้อนได้ดีในระดับหนึ่ง และมีค่าการส่งผ่านแสงสว่างในปริมาณที่สูง แต่ยังมีค่าความแปรปรวนของแสงอยู่สูงมาก

2.6.2.3 แบบฟันเลื่อย (Saw Tooth)

เป็นรูปแบบที่สามารถรับแสงได้ทางช่องเปิดแนวตั้งเพียงด้านเดียว แนวระนาบด้านบนลาดลงเสมอแนวช่องเปิดด้านล่าง สามารถป้องกันรังสีตรงดวงอาทิตย์ได้สูงในทิศทางที่มีความเหมาะสม สามารถควบคุมความแปรปรวนของแสงได้ดี ทิศทางการเปิดมีความสำคัญกับรูปแบบนี้มาก จากการทดลองพบว่าเมื่อเปิดช่องทางทิศเหนือและใต้มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในอยู่ที่ 1.08% และ 3.90% แสดงว่าการเปิดช่องรับแสงทางทิศใต้ให้ค่าความสว่างมากกว่าทางทิศเหนือประมาณ 2.16 เท่า อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ทิศเหนือ 41.5 °C และทิศใต้ 39.6 °C มีประสิทธิภาพในการนำแสงสว่างธรรมชาติที่เหมาะสมและไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคารได้ดี

2.6.2.4 แบบฟันเลื่อยมีแผงสะท้อนแสง (Saw-Tooth with Reflector)

เป็นรูปแบบที่ทำการพัฒนาจากรูปแบบมาตรฐานโดยเพิ่มส่วนสะท้อนแสง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันแสงตรงและเพิ่มแสงสะท้อนในกรณีที่มีช่องเปิดอยู่ในทิศทางตรงกันข้ามกับดวงอาทิตย์ จากการทดลองพบว่าเมื่อเปิดช่องทางทิศเหนือและใต้มีค่าความสว่างเฉลี่ยภายในอยู่ที่ 1.44% และ 2.86% จะเห็นว่าเมื่อแผงสะท้อนแสงอยู่ในทิศตรงข้ามกับดวงอาทิตย์สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการส่งผ่านความสว่างได้ดี อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ทิศเหนือ 39.0 °C และทิศใต้ 40.6 °C แผงสะท้อนแสงมีประสิทธิภาพในการส่งผ่านแสงสว่างธรรมชาติที่เหมาะสม

2.6.3 การศึกษาแนวทางเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของช่องเปิดด้านบน

2.6.3.1 การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน และแนวตั้งภายนอก

การศึกษานาฬิกาพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน และแนวตั้งภายนอก พบว่าเมื่อเพิ่มขนาดช่องเปิดรับแสง มีผลทำให้ปริมาณแสงและค่าการกระจายแสงมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นในลักษณะแปรผันตามอัตราส่วนช่องเปิดรับแสงที่เพิ่มขึ้น

2.6.3.2 การศึกษาพื้นที่สะท้อนแสงภายใน

การศึกษาลักษณะรูปแบบพื้นที่สะท้อนแสงภายใน พบว่ามีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงสว่างโดยลักษณะแบบเว้าให้ประสิทธิภาพสูงสุดในจุดรับแสงกึ่งกลางหน่วยทดลองมีความสว่างภายในที่ 2.0% รองลงมาคือลักษณะแบนนูนมีค่าความสว่าง 1.63% และแบบเรียบมีค่าความสว่างน้อยที่สุด 1.44%

การศึกษาวัดอุณหภูมิสะท้อนของพื้นที่สะท้อนแสงภายในพบว่ากระจกเงามีประสิทธิภาพในการสะท้อนแสงสูงสุดมีค่าความสว่างภายในที่ 2.07% อลูมิเนียมมีค่าความสว่างรองลงมาที่ 1.75% และสีขาวเรียบมีค่าความสว่างต่ำที่สุดอยู่ที่ 1.56% จะพบว่ากระจกเงาให้ค่าความสว่างคิดเป็น 1.34 เท่าของวัสดุสีขาวและ 1.18 เท่าของวัสดุอลูมิเนียม

2.6.3.3 การศึกษาแสงสะท้อนแสงภายนอก

ระยะการติดตั้งของแผงสะท้อนแสงภายนอกมีผลต่อประสิทธิภาพการนำแสงสว่างเข้าสู่ภายใน พบว่าระยะการติดตั้งเท่ากับความสูงของแผงสะท้อนแสงให้ค่าความสว่างสูงสุดที่ 1.81% และเมื่อติดตั้งห่างออกไปก็ทำให้ค่าความสว่างภายในค่อยๆลดลง

ความสูงของแผงสะท้อนแสงก็มีผลต่อค่าความสว่างภายใน จากการทดลองพบว่าการติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่ระยะความสูงจากพื้น 0.30 ม. ให้ปริมาณความสว่างที่สูงที่สุดถึง 1.67% โดยมากกว่าระยะติดตั้งที่สูง 0.30 ม. อยู่ที่ 1.13 เท่า และมากกว่าที่ระยะ 0.15 ม. อยู่ที่ 1.14 เท่า สรุปได้ว่าระยะการติดตั้งแผงสะท้อนแสงที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปมีผลทำให้ประสิทธิภาพความสว่างภายในลดลง

รูปแบบของแผงสะท้อนแสงที่มีผลต่อประสิทธิภาพความสว่างภายในมากที่สุดคือรูปแบบโค้งนูน มีค่าความสว่างภายในอยู่ที่ 1.80% รองลงมาคือรูปแบบโค้งเว้า 1.60% และแบบพื้นเรียบสีขาว 1.50% เมื่อศึกษาถึงการกระจายแสงภายในพบว่ามีลักษณะค่าความส่องสว่างไปในทิศทางเดียวกัน วัสดุกระจกมีผลต่อค่าความสว่าง ผิวสะท้อนกระจกเงาให้ค่าความสว่างสูงสุดที่ 1.75% รองลงมาคืออลูมิเนียม 1.60% และ วัสดุเรียบสีขาว 1.55% มุมของแผงสะท้อนแสงก็มีผลต่อความสว่างภายในเช่นกัน พบว่ามุมรับแสงสะท้อนที่ 75° มีค่าความ

สว่างที่ 1.76% คิดเป็น 1.2 เท่าของแสงสะท้อนตั้งฉาก 90° และคิดเป็น 1.3 เท่าของมุมรับแสงที่ 105°

2.6.3.4 การศึกษาวัสดุผิวพื้นที่สะท้อนแสงแนวระนาบภายนอก

วัสดุผิวสะท้อนแสงแนวระนาบภายนอกทั้งสามแบบที่เลือกมาทดสอบได้แก่ ผิวสีขาวเรียบ, อลูมิเนียม และกระจกเงา ให้ค่าความสว่างภายในใกล้เคียงกันได้แก่ 1.50%, 1.52% และ 1.55% ตามลำดับ จึงอาจสรุปได้ว่า วัสดุพื้นผิวสะท้อนแสงแนวระนาบภายนอกไม่มีผลต่อความสว่างภายใน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การดำเนินงานออกแบบงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและหน่วยทดลองในการวิจัย

3.1.1 ลักซ์มิเตอร์ (LUX METER)

ลักซ์มิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณของการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น ลักซ์ (Lux) การทำงานของเครื่องเริ่มจากที่อนุภาคของแสงตกกระทบในบริเวณจุดรับแสง และก่อให้เกิดค่าความต่างศักย์ของไฟฟ้า และแปลงข้อมูลดังกล่าวออกมาเป็นหน่วยความสว่างของแสงตามที่เราต้องการ โดยในการทดลองนี้ใช้ลักซ์มิเตอร์ที่มีช่วงค่าการวัดปริมาณความสว่างอยู่ที่ 0 –200,000 ลักซ์



รูปที่ 3.1 แสดงภาพเครื่องมือวัดค่าความส่องสว่างแบบลักซ์มิเตอร์

3.1.2 หน่วยทดลอง (MODEL)

จุดมุ่งหมายในการทำวิจัยนี้คือสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบอาคารที่ใช้แสงธรรมชาติจากด้านบน โดยเฉพาะอาคารประเภทที่เป็นโถงสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้กับอาคารหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของอาคารนั้นๆ หน่วยทดลองจึงเลือกใช้ลักษณะผังพื้นที่เหลี่ยมจัตุรัส เนื่องจากพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบผังพื้นที่ต่างๆ ที่ขนาดพื้นที่ใช้งานเท่ากัน ผังแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสนั้นมีพื้นที่ที่รอบอาคารน้อยที่สุด จึงทำให้ได้รับแสงธรรมชาติจากด้านข้างของอาคาร มีปริมาณที่ไม่เพียงพอ และส่วนกลางของอาคารมีปริมาณแสงสว่างไม่เพียงพอ (After Ternoeoy, ctal ., 1983)

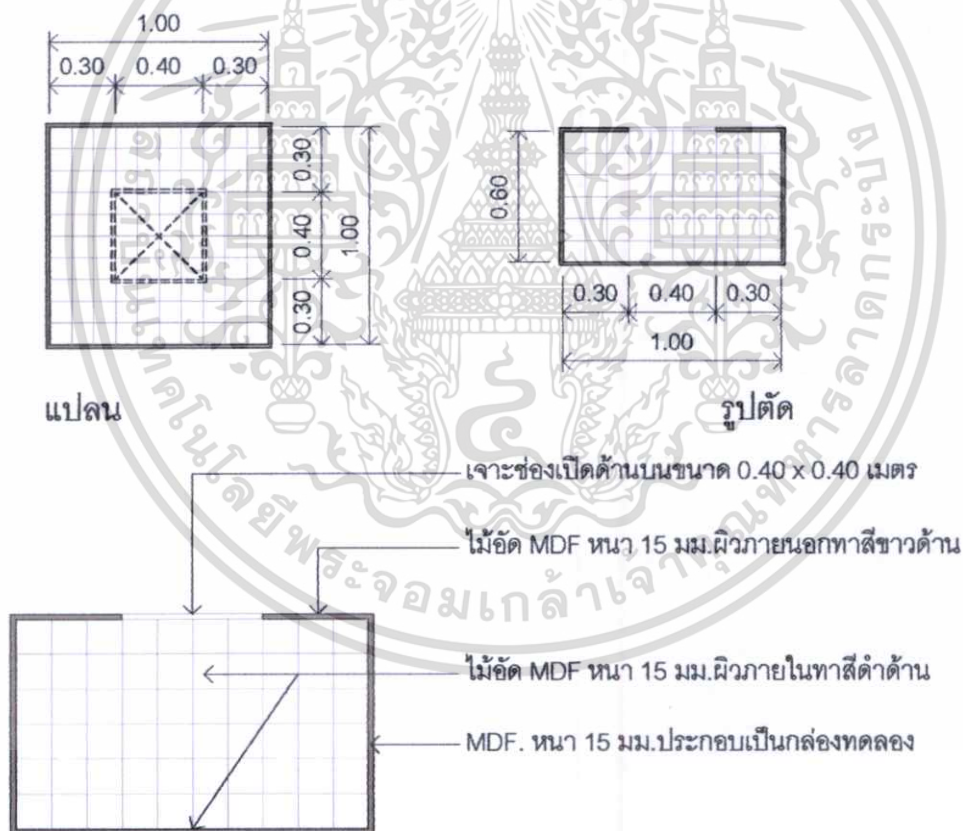
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นหน่วยทดลองแบบผังพื้นสี่เหลี่ยมจัตุรัส จึงเหมาะสมที่จะนำมาทำการทดสอบเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพ และเทคนิคการนำแสงสว่างผ่านทางช่องเปิดด้านบน และผังเหมาะสมต่อการทดสอบให้แสงผ่านทางช่องเปิดในทุกทิศได้อย่างชัดเจน

3.1.2.1 เงื่อนไขในการออกแบบหน่วยทดลอง

- ต้องไม่มีการรั่วซึมของอากาศ เพื่อป้องกันแสงจากจุดที่ไม่ต้องการให้เล็ดลอดเข้ามาในหน่วยทดลอง
- ต้องมีขนาดและปริมาตรเท่ากันทุกหน่วยทดลอง
- ค่าการสะท้อนแสงภายในต้องเท่ากันทุกหน่วยทดลอง
- ขนาดต้องมีความเหมาะสมต่อการเก็บข้อมูลและเคลื่อนย้าย
-

3.1.2.2 รายละเอียดของหน่วยทดลอง



รูปที่ 3.2 แสดงแปลน, รูปตัด และรายละเอียดของหน่วยทดลอง

หน่วยทดลองมีขนาดกว้างยาว 1.00 x 1.00 เมตร สูง 0.60 เมตร เทียบเป็นมาตราส่วนหุ่นจำลองเท่ากับ 1 : 10 เทียบเป็นขนาดห้องจริงคือ ห้องขนาด 10 x 10 เมตร สูง 6 เมตร ซึ่งเป็นอาคารประเภทโถงสูงเป็นส่วนใหญ่ ตัวหน่วยทดลองนั้นเจาะช่องเปิดด้านบนกึ่งกลางของหน่วยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งมอบไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลอง 3 ขนาด 0.20×0.20 ม. , 0.30×0.30 ม. และ 0.40×0.40 ม. วัสดุที่ใช้ทำหน่วยทดลองคือไม้อัด MDF หนา 15 มิลลิเมตร พื้นผิวภายนอกทาสีปิดทับด้วยสีขาวด้าน เพื่อเพิ่มการสะท้อนแสงภายนอก ส่วนภายในพื้นผิวทั้งหมดที่จำลองเสมือนพื้น, ผนัง และฝ้าเพดาน ทั้งหมดทาสีปิดทับด้วยสีดำ ทั้งนี้เพราะจุดประสงค์หลักในการวัดค่าความสว่างที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิดด้านบนเท่านั้น จึงต้องทาสีดำเพื่อหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนจากภายในให้มากที่สุด เพื่อให้อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างนั้นรับเฉพาะแสงที่ผ่านเข้ามาทางช่องเปิดด้านบนที่ทำการศึกษาคือเป็นหลักเท่านั้น



รูปที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติพื้นฐานของหน่วยทดลอง

3.2 การบันทึกข้อมูล

ในการบันทึกข้อมูลนั้นจะทำการบันทึกเฉพาะข้อมูลของค่าความส่องสว่างเท่านั้น โดยจุดที่เก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ ภายนอก และภายในหน่วยทดลอง ซึ่งการบันทึกข้อมูลจะแบ่งออกตามขั้นตอนของการทดสอบดังนี้

3.2.1 ขั้นตอนการศึกษาเปรียบเทียบอุปกรณ์และหน่วยทดลอง

ใช้หน่วยทดลองในการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบอุปกรณ์และหน่วยทดลองจำนวน 2 ชุด จุดที่ทำการบันทึกข้อมูลแบ่งเป็น 3 จุดได้แก่

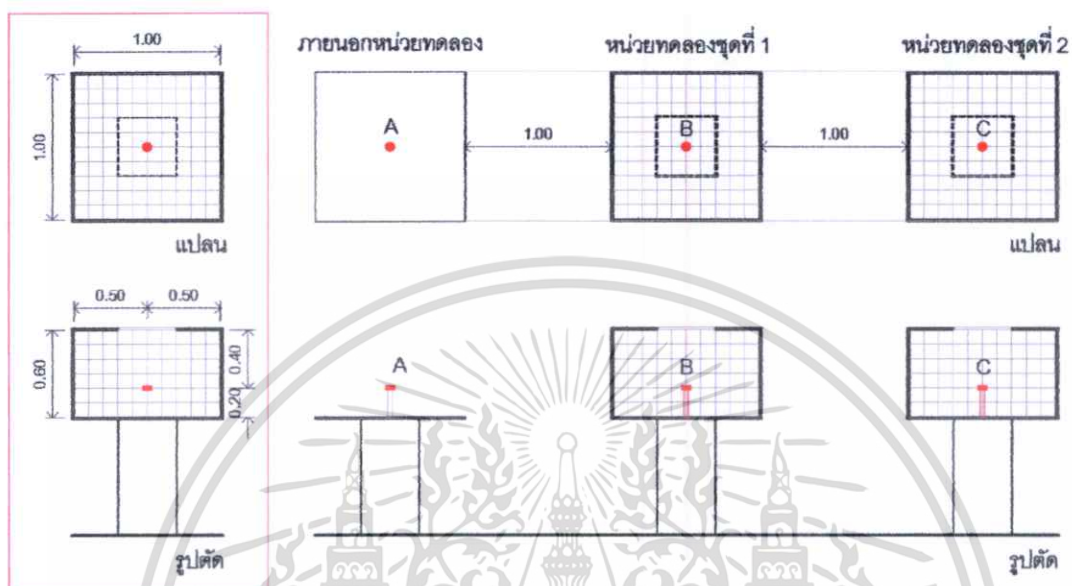
จุดที่ 1 จุดภายนอกหน่วยทดลองสูงจากระดับพื้น 0.10 เมตร

จุดที่ 2 จุดกึ่งกลางภายในหน่วยทดลองที่ 1 สูงจากระดับพื้นภายใน 0.10 เมตร

จุดที่ 3 จุดกึ่งกลางภายในหน่วยทดลองที่ 2 สูงจากระดับพื้นภายใน 0.10 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทดลองนั้นกำหนดให้แต่ละชุดการทดลองมีระยะห่างระหว่างกัน 1.00 เมตรและสูงจากระดับพื้นดิน 0.80 เมตร เพื่อหลีกเลี่ยงแสงสะท้อนจากพื้นดินซึ่งจะมีผลต่อเครื่องมือวัดแสง อาจทำให้ค่าที่บันทึกผิดเพี้ยนไปได้



รูปที่ 3.4 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งตรวจวัดเพื่อบันทึกข้อมูล

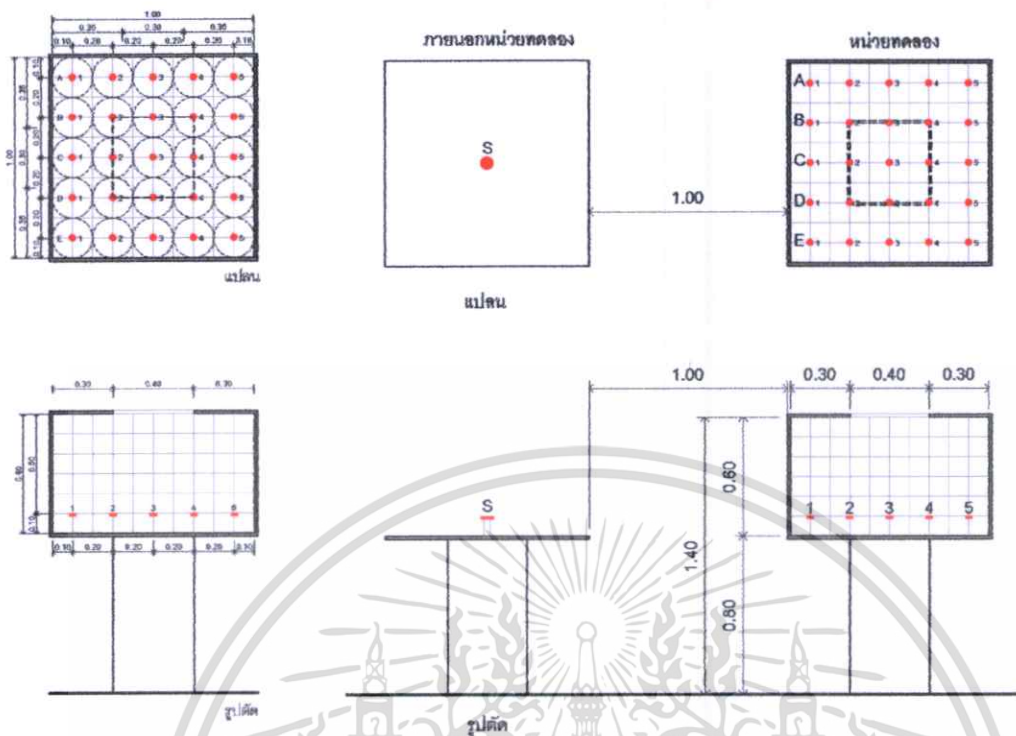
3.2.2 ขั้นตอนการศึกษาคุณสมบัติช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์

ในขั้นแรกของการทดลองได้ศึกษาตำแหน่งวางเครื่องมือสำหรับบันทึกข้อมูล และเพื่อตรวจสอบสมมติฐานการวิจัยในเบื้องต้น จากนั้นจึงใช้หน่วยทดลองจริงในการวัดค่าความสว่างจริงภายใต้แสงจริง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณภาพของความสว่างภายใน เมื่อกำหนดให้ตัวแปรต่างๆ ที่ต้องการศึกษานั้นมีความแตกต่างกัน

การทดลองแต่ละชุดนั้นได้ทำการศึกษาคุณสมบัติของตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติผ่านช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ โดยใช้หน่วยทดลองเพื่อเปรียบเทียบจำนวน 3 หน่วยทดลอง เพื่อหาอัตราส่วนของค่าความสว่างภายในว่ามีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ได้ทำการศึกษานั้นอย่างไร ในแต่ละหน่วยการทดลองนั้นได้แบ่งจุดที่ทำการบินบันทึกข้อมูลเป็นจำนวน 9 ตำแหน่งภายในหน่วยทดลอง และ 1 จุดภายนอกหน่วยทดลอง ในการบันทึกข้อมูลนั้นจะทำการบันทึกเฉพาะค่าความสว่างภายใน เมื่อค่าความสว่างของท้องฟ้าภายนอกอยู่ในช่วงระหว่าง 50,000 – 80,000 ลักซ์ เพื่อควบคุมให้ความเข้มของแสงภายนอกของแต่ละชุดการทดลองใกล้เคียงกันให้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการจัดหน่วยทดลองเพื่อบันทึกข้อมูล



รูปที่ 3.5 แสดงตำแหน่งบันทึกข้อมูลขั้นตอนการศึกษาช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์



รูปที่ 3.6 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ทำแทนวงเครื่องมือบันทึกข้อมูล และการติดตั้งตำแหน่งบันทึกข้อมูล

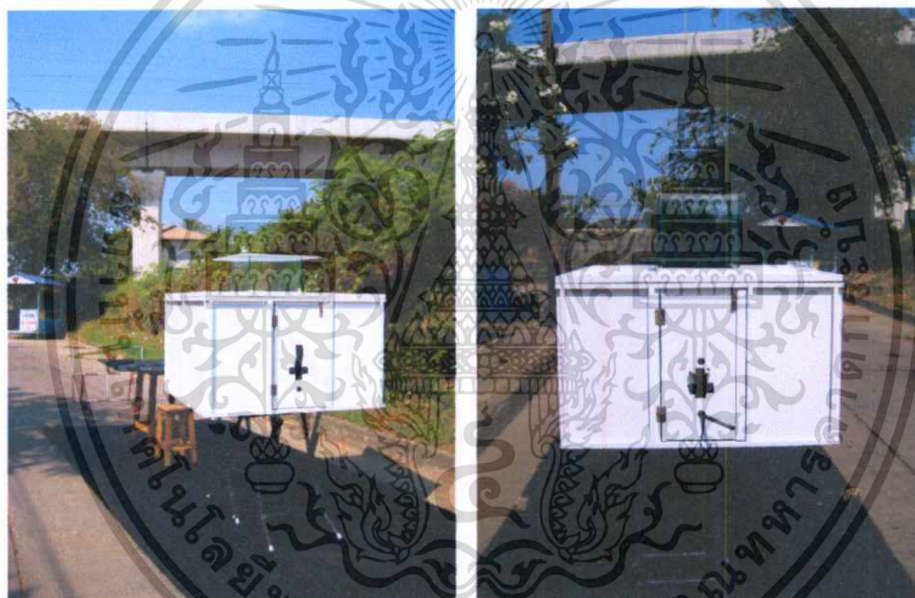
ใช้หน่วยทดลองในการศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์จำนวน 3 ชุด จุดที่ทำการบันทึกข้อมูลแบ่งเป็น 2 ประเภท คือจุดภายนอกหน่วยทดลอง ซึ่งจะบันทึกค่าความสว่างภายนอกหน่วยทดลอง อยู่ในระดับเดียวกับภายในหน่วยทดลองจำนวน 1 จุด และจุดที่ทำการบันทึกข้อมูลภายในหน่วยทดลองจำนวน 25 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการบันทึกข้อมูลในแต่ละชุดการทดลองนั้นจะต้องบันทึกข้อมูลเปรียบเทียบ 25 จุด ในแต่ละหน่วยทดลองเป็นจำนวน 3 ครั้ง โดยต้องมีความสว่างเฉลี่ยภายนอกอยู่ที่ประมาณ 60,000 – 80,000 ลักซ์ โดยต้องควบคุมให้การวัดค่าความสว่างในแต่ละหน่วยทดลองนั้นมีค่าความสว่างภายนอกที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.3 สถานที่ในการทดลอง

สถานที่ที่ใช้ในการทดลองควรเป็นพื้นที่เปิดโล่งไม่มีส่วนของอาคารหรือต้นไม้ที่จะส่งผลกระทบต่อปริมาณความส่องสว่างที่จะผ่านเข้าสู่หน่วยทดลอง และคลุมพื้นที่การทดลองด้วยตาข่ายสีดำ เพื่อลดปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดินให้มากที่สุด ในการเก็บข้อมูลหน่วยทดสอบครั้งนี้ใช้พื้นที่จอดรถหมู่บ้านเมืองทอง 2/2 ถนนพัฒนาการ กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่เก็บข้อมูล



รูปที่ 3.7 แสดงสถานที่ที่ใช้ทำการเก็บข้อมูลจากกล่องทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

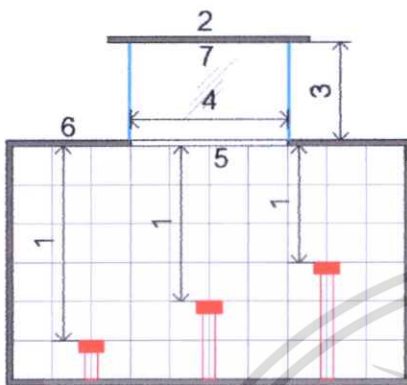
ตารางที่ 3.1 ตัวอย่างตารางที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล

การทดลองที่	เรื่อง							
วันที่	สถานที่							
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย	
	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	ภายนอก	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								
Max								
Min								
Mean								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 รูปแบบช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์ที่ต้องการทำการศึกษา

เพื่อศึกษารูปแบบทั่วไปของช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ว่ามีองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้างที่สามารถปรับเปลี่ยน และสามารถกำหนดตัวแปรควบคุมและตัวแปรอิสระในการทดลองได้อย่างถูกต้อง



- 1 : ระยะของพื้นผิวทำงาน (Working Plane)
- 2 : หลังคาของช่องเปิด
- 3 : ช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง
- 4 : ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน
- 5 : แผ่นกรองแสง
- 6 : พื้นที่สะท้อนแสงภายนอก
- 7 : พื้นที่สะท้อนแสงภายใน

รูปที่ 3.8 รายละเอียดช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์มีแผงสะท้อนแสงและแผ่นกรองแสง

3.4.1 ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพช่องเปิดรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์

การทดลองนี้เป็นการศึกษาข้อมูลของปริมาณค่าความส่องสว่างของช่องรับแสงแบบหลังคามอนิเตอร์โดยใช้หน่วยทดลองแบบต่างๆเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของช่องรับแสง โดยมีรายละเอียดตัวแปรในการทดลองดังนี้

3.4.1.1 ตัวแปรควบคุม

- (1) คุณสมบัติพื้นฐานของหน่วยทดลอง
- (2) ตำแหน่งของการบันทึกข้อมูล
- (3) สภาวะแวดล้อมในการทดลองและบันทึกข้อมูล
- (4) อุปกรณ์และเครื่องมือในการบันทึกข้อมูล

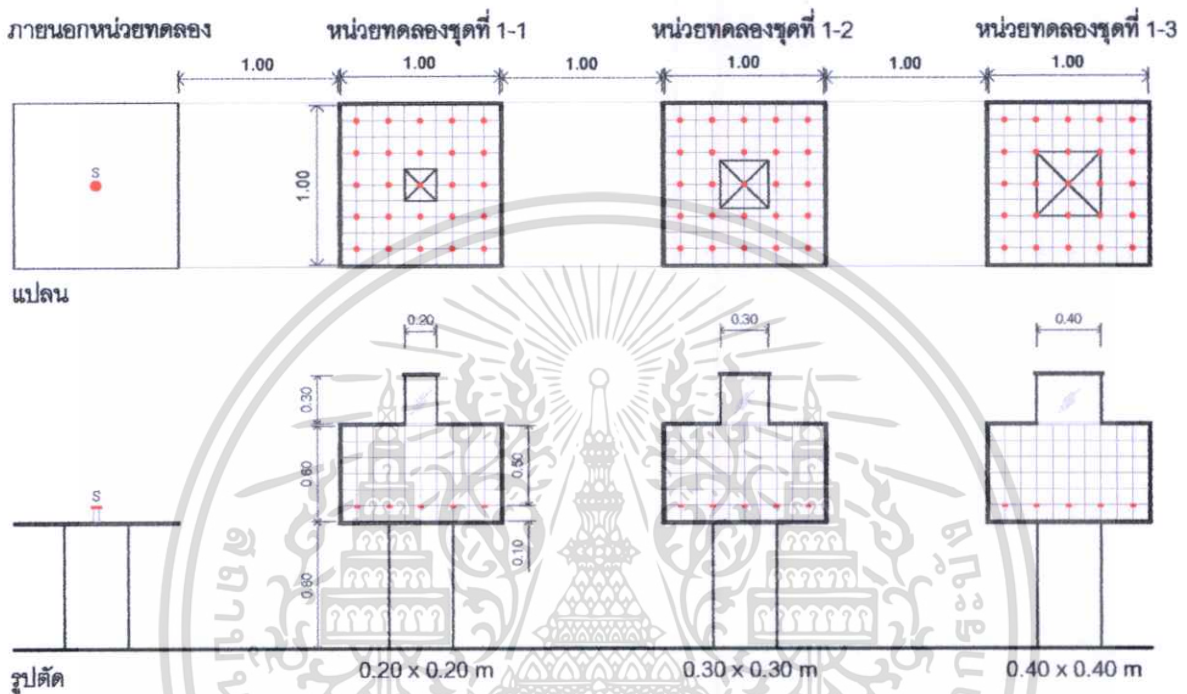
3.4.1.2 ตัวแปรที่ทำการศึกษา

- (1) ขนาดช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน
- (2) ขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงสว่างแนวตั้งภายนอก
- (3) ระยะระหว่างหลังคา กับพื้นผิวใช้งาน (Ceiling height to working plane)
- (4) ทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง
- (5) ระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด
- (6) รูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน
- (7) รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน
- (8) วัสดุผิวของพื้นผิวสะท้อนแสงภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 แบบการทดลองและศึกษาคุณสมบัติตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์

3.5.1 การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน



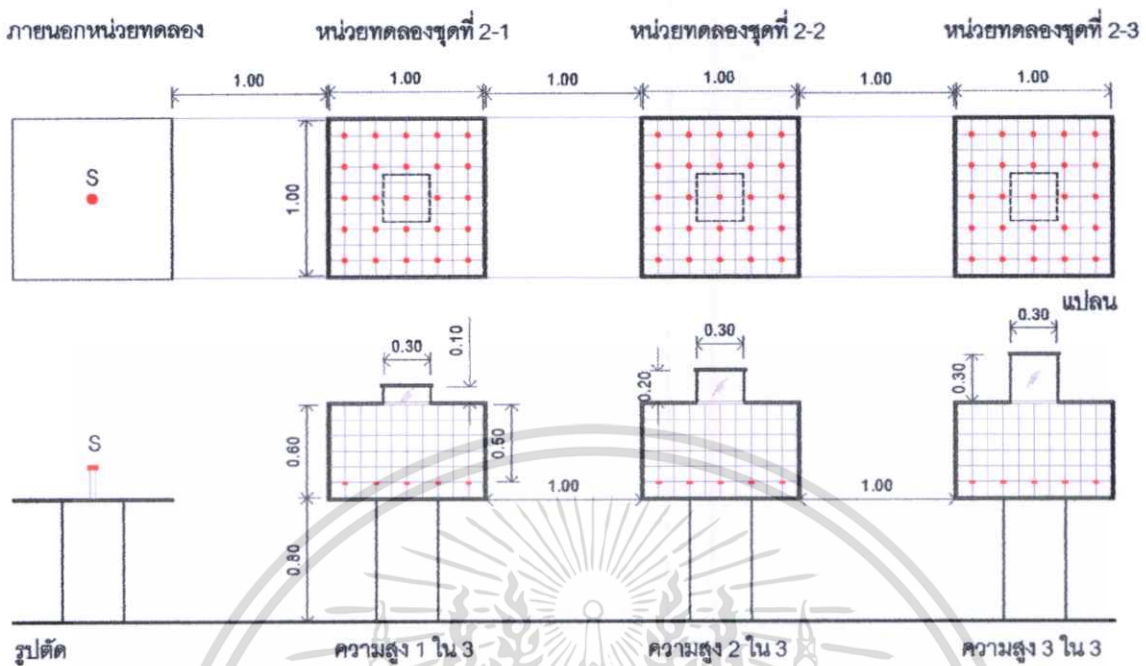
รูปที่ 3.9 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 1

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่าขนาดของช่องเปิดแนวระนาบของหลังคามอนิเตอร์มีผลต่อความสว่างที่ผ่านเข้าสู่ภายในอย่างไร และขนาดของช่องเปิดแนวระนาบกับความสว่างภายในมีอัตราส่วนสัมพันธ์กันแบบใด โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีขนาดของช่องเปิดแนวระนาบที่แตกต่างกัน โดยที่ขนาดช่องเปิดแนวตั้งคงที่ ความสูงของห้องภายในคงที่ ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 : พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.20 x 0.20 เมตร หรือ 4% ของพื้นที่ภายใน
- ชุดการทดลองที่ 2 : พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.30 x 0.30 เมตร หรือ 9% ของพื้นที่ภายใน
- ชุดการทดลองที่ 3 : พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.40 x 0.40 เมตร หรือ 16% ของพื้นที่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงสว่างแนวตั้งภายนอก



รูปที่ 3.10 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 2

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่าความสูงของช่องเปิดแนวตั้งมีผลต่อความสว่างที่ผ่านเข้าสู่ภายในอย่างไร และความสูงของช่องเปิดแนวตั้งกับความสว่างภายในมีอัตราส่วนสัมพันธ์กันแบบใด โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้เป็นสัดส่วนกับขนาดช่องเปิดแนวระนาบ ดังนี้

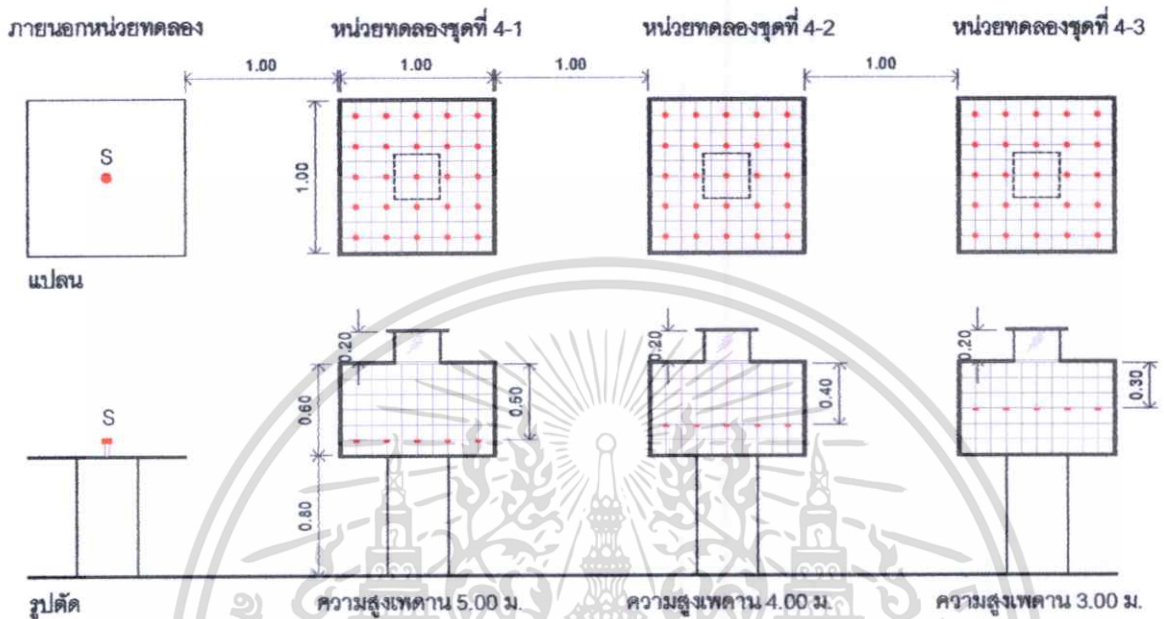
ชุดการทดลองที่ 1 : ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 1 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ
 ชุดการทดลองที่ 2 : ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 2 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ
 ชุดการทดลองที่ 3 : ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 3 ใน 3 ของขนาดช่องเปิดแนวระนาบ
 โดยการทดลองชุดนี้อ้างอิงจากผลการทดลองที่ 4.3.1 เพื่อกำหนดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.5.3 การศึกษาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม

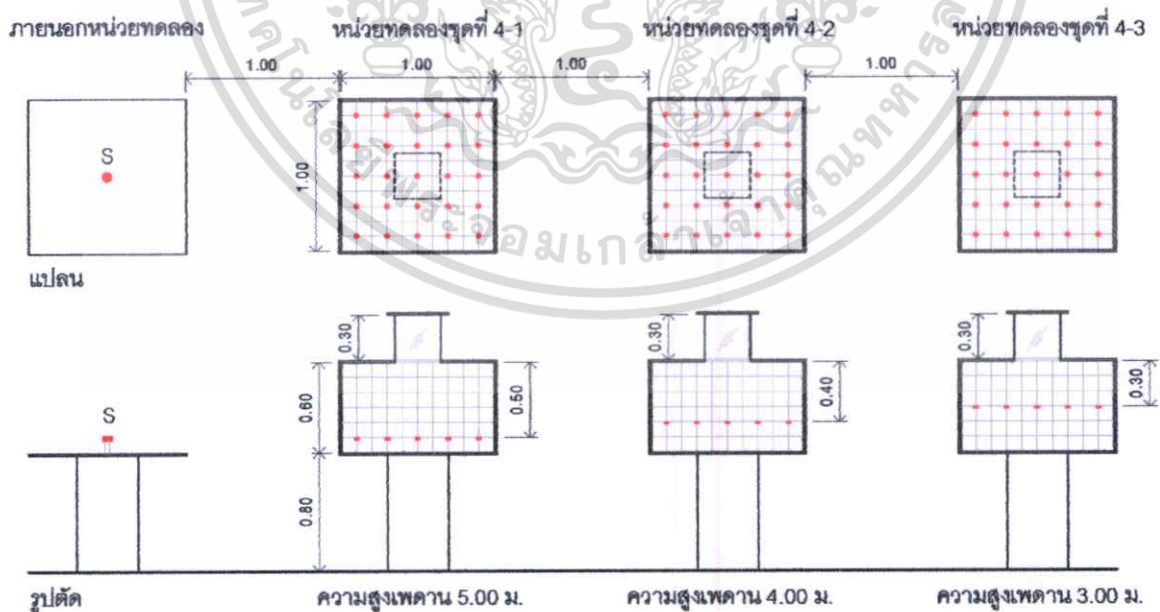
วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อให้ทราบว่าปริมาณความสว่างที่ผ่านเข้าสู่ภายในนั้น เมื่อระยะความสูงของฝ้าเพดานแตกต่างกันออกไป จะมีผลต่อปริมาณความสว่างบนพื้นที่ใช้งานอย่างไร และมีอัตราส่วนแปรผันระหว่างความสูงและความสว่างเป็นอย่างไร จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีระยะความสูงระหว่างฝ้าเพดานถึงพื้นที่ใช้งานที่แตกต่างกัน 3 ระดับ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดการทดลองที่ 1 : ระยะความสูงจากฝ้าเพดานถึงพื้นที่ใช้งาน 0.50 ม. = 5 ม.
 ชุดการทดลองที่ 2 : ระยะความสูงจากฝ้าเพดานถึงพื้นที่ใช้งาน 0.40 ม. = 4 ม.
 ชุดการทดลองที่ 3 : ระยะความสูงจากฝ้าเพดานถึงพื้นที่ใช้งาน 0.30 ม. = 3 ม.



รูปที่ 3.11 แสดงแผน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3 ขนาดช่องเปิด
 ด้านบน 30x30x20 ซม.

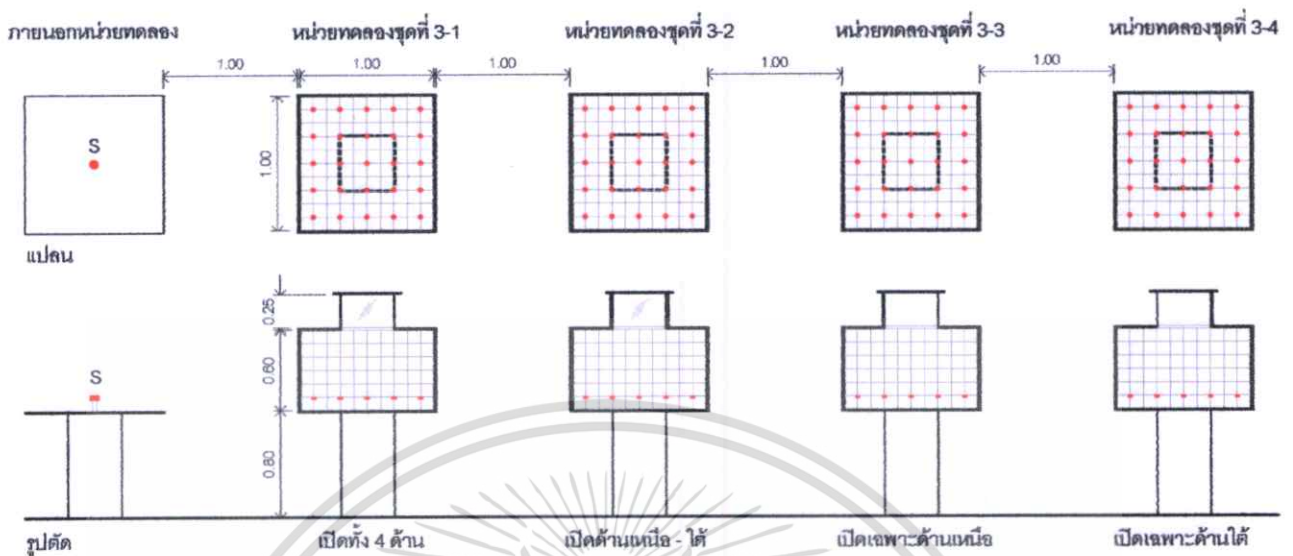


รูปที่ 3.12 แสดงแผน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3

ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x30 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 การศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง



รูปที่ 3.13 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 4

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้ เพื่อให้ทราบว่าทิศทางของการเปิดช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์นั้น จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเปิดรับแสงในทิศทางใด และทิศใดเป็นทิศที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเปิดรับแสง โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีการเปิดรับแสงในทิศทางที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 : เปิดช่องรับแสงทั้ง 4 ด้าน ทิศเหนือ, ใต้, ตะวันออก, ตะวันตก
- ชุดการทดลองที่ 2 : เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านเหนือและด้านใต้
- ชุดการทดลองที่ 3 : เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านเหนือ
- ชุดการทดลองที่ 4 : เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านใต้

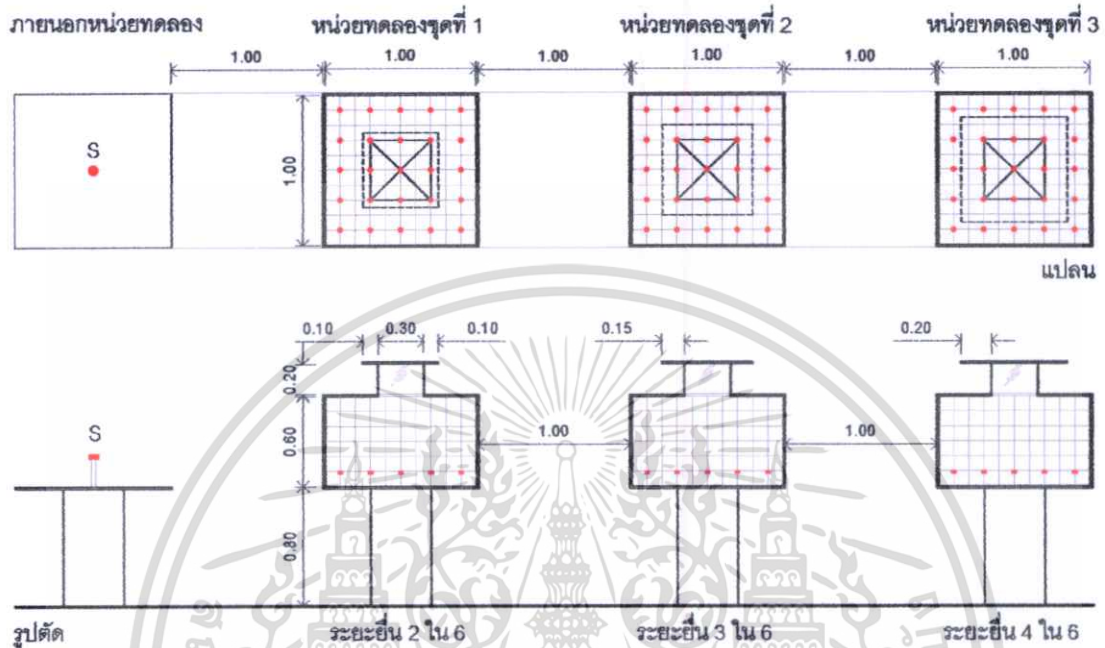
โดยการทดลองชุดนี้อ้างอิงจากผลการทดลองที่ 4.3.1 เพื่อกำหนดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด และอ้างอิงอ้างอิงจากผลการทดลองที่ 4.3.2 เพื่อกำหนดความกว้างของช่องเปิดแนวนอนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.5.5 การศึกษาระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่าระยะยื่นชายคาของหลังคามอนิเตอร์มีผลต่อความสว่างที่ผ่านเข้าสู่ภายในอย่างไร และระยะยื่นของชายคากับความสว่างภายในมีอัตราส่วนสัมพันธ์กันแบบใด โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีระยะยื่นของชายหลังคาที่แตกต่างกัน โดยกำหนดให้เป็นสัดส่วนกับระยะความสูงของช่องเปิดแนวตั้ง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดการทดลองที่ 1 : มีระยะยื่น 2 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง
 ชุดการทดลองที่ 2 : มีระยะยื่น 3 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง
 ชุดการทดลองที่ 3 : มีระยะยื่น 4 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง



รูปที่ 3.14 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 5

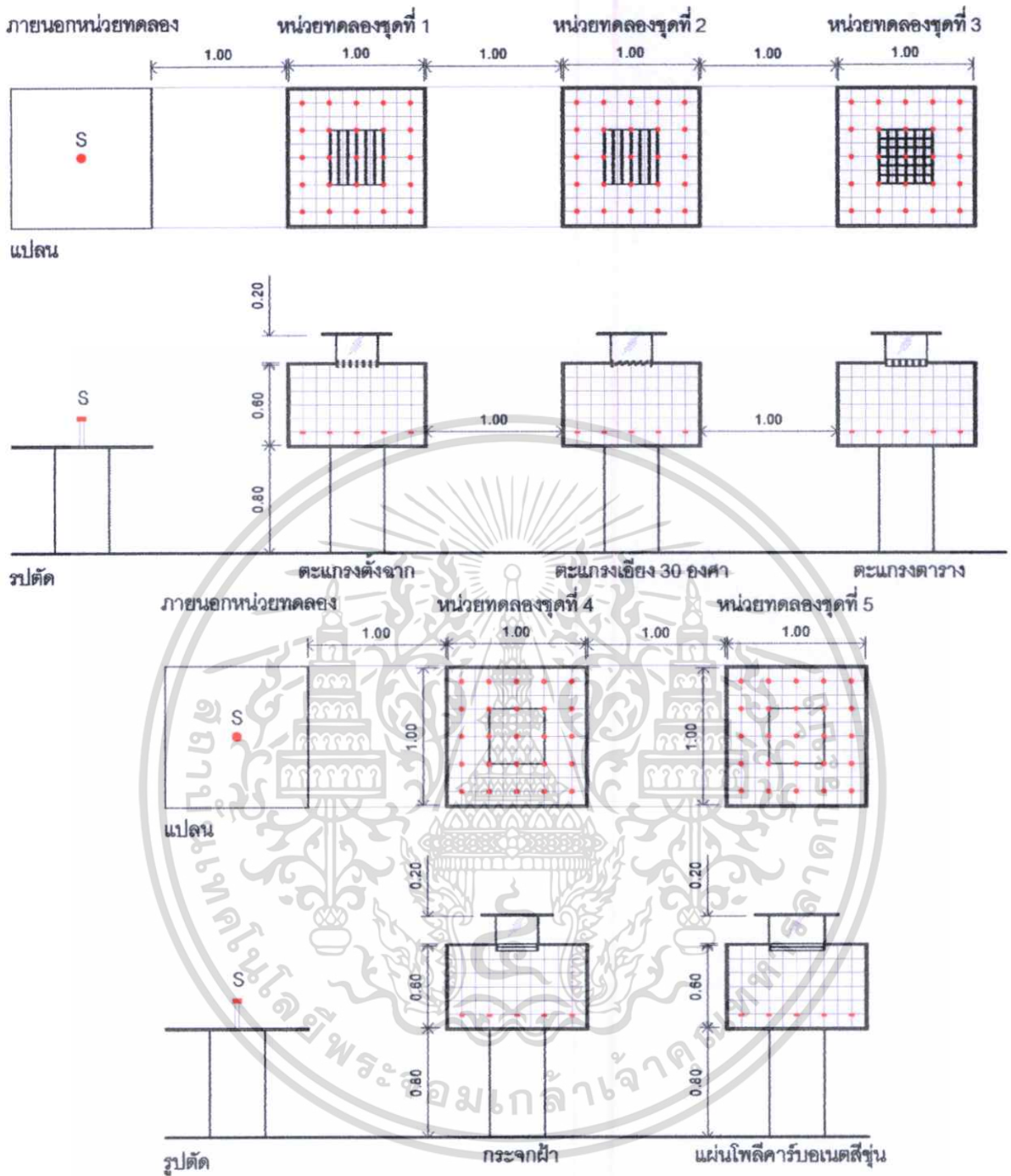
รูปแบบของชุดการทดลองนี้นั้นจะอ้างอิงจากชุดการศึกษาขนาดความสูงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง โดยใช้ความสูงของช่องเปิดขนาดที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อหาค่าความสว่างภายในจากหลังคามอนิเตอร์ที่มีระยะยื่นของชายคาที่แตกต่างกัน

3.5.6 การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่าวัสดุชนิดใดและรูปแบบใดที่มีผลต่อความสว่างภายในโดยสามารถเปลี่ยนแสงตรง (Direct Light) ที่เข้าสู่ภายในให้กลายเป็นแสงสะท้อน (Indirect Light) โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้ง 5 ชุดมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 : ใช้ระแนงวางเรียงในแนวยาวตั้งฉาก วัสดุสีขาวด้าน
 ชุดการทดลองที่ 2 : ใช้ระแนงวางเรียงในแนวยาวเฉียง 30 องศา วัสดุสีขาวด้าน
 ชุดการทดลองที่ 3 : ใช้ระแนงวางเรียงสลับเป็นตาราง วัสดุสีขาวด้าน
 ชุดการทดลองที่ 4 : ใช้กระจกฝ้าแผ่นเรียบ
 ชุดการทดลองที่ 5 : ใช้แผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 6

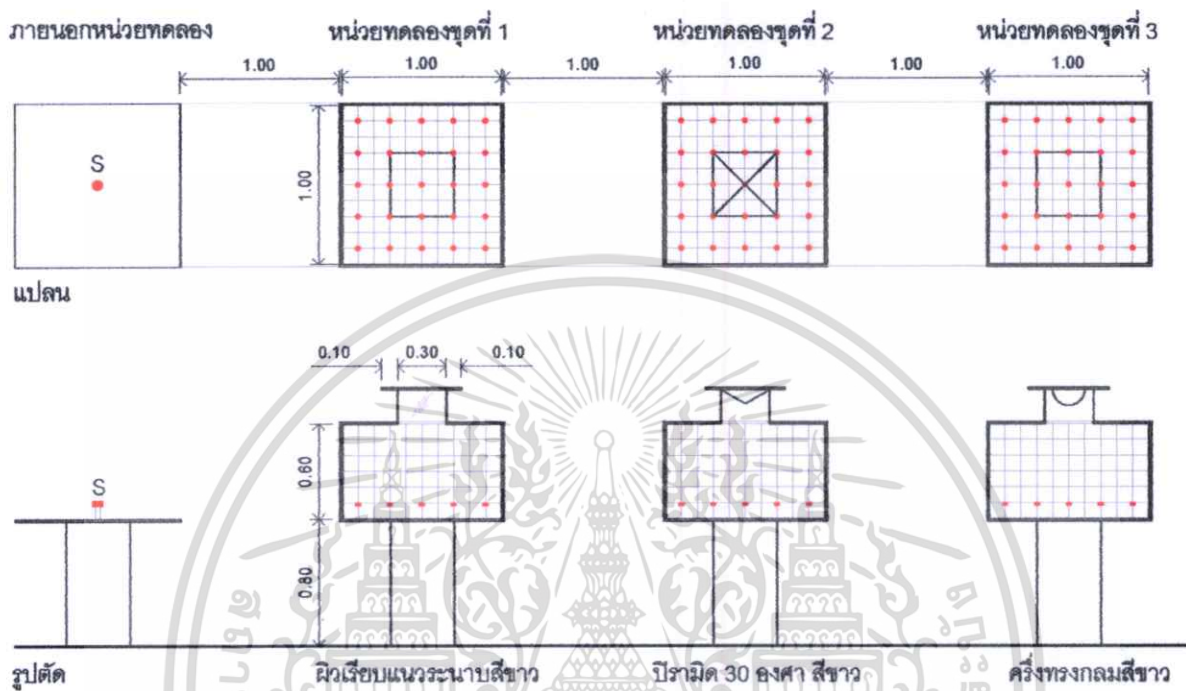
3.5.7 การศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่ารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในรูปแบบใดที่มีผลต่อความสว่างภายในโดยสามารถเปลี่ยนแสงตรง (Direct Light) ที่เข้าสู่ภายในให้กลายเป็นแสงสะท้อน (Indirect Light) โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึง

ออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ชุดการทดลองที่ 1 : พื้นผิวแบนเรียบสีขาว
 ชุดการทดลองที่ 2 : พื้นผิวเอียงลงเป็นมุม 30 องศา สีขาวด้าน
 ชุดการทดลองที่ 3 : พื้นผิวโค้งนูนครึ่งทรงกลมสีขาวด้าน



รูปที่ 3.16 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7

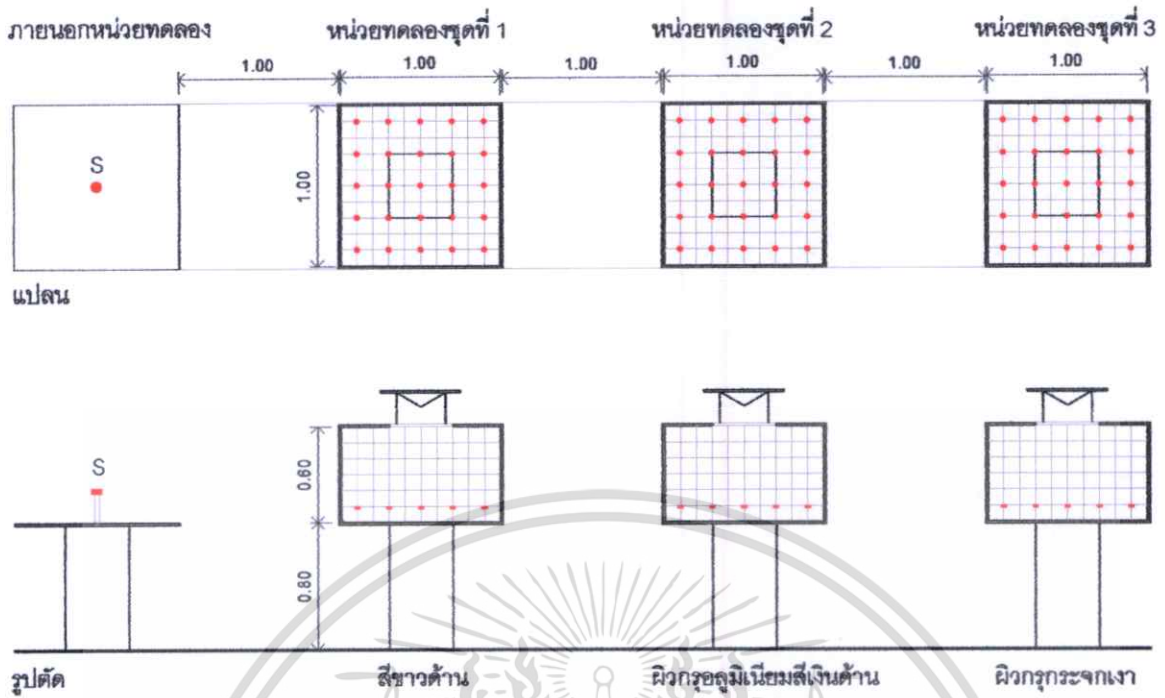
3.5.8 การศึกษารูปแบบและวัสดุผิวสะท้อนแสงภายใน

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อให้ทราบว่าวัสดุผิวสะท้อนแสงภายในรูปแบบใดที่มีผลต่อความสว่างภายในโดยสามารถเปลี่ยนแสงตรง (Direct Light) ที่เข้าสู่ภายในให้กลายเป็นแสงสะท้อน (Indirect Light) โดยคำนึงถึงปริมาณความสว่างที่เหมาะสม ดังนั้นในการทดลองนี้จึงออกแบบให้หน่วยทดลองทั้งสามชุดมีรูปแบบที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ชุดการทดลองที่ 1 : ผิวเรียบสีขาวด้าน
 ชุดการทดลองที่ 2 : ผิวเรียบกรุแผ่นลามิเนตผิวอลูมิเนียมลายขนแมว
 ชุดการทดลองที่ 3 : ผิวเรียบกรุแผ่นลามิเนตผิวกระจกเงา (Poly-Mirror)

โดยอ้างอิงจากชุดการทดลองที่ 7 เลือกรูปแบบของพื้นผิวสะท้อนแสงภายในที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ผล

4.1 กำหนดค่าความสว่างภายในที่ต้องการ

เนื่องจากค่าความสว่างภายในของมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) เป็นค่ามาตรฐานความสว่างภายในที่ใช้ลักษณะท้องฟ้าแบบมีเมฆคลุมทึบ (Overcast Sky) ซึ่งมีค่าความสว่างภายนอกที่ใช้เปรียบเทียบกับหาค่า Daylight Factor (DF%) ค่อนข้างต่ำ (ประมาณ 20,000 – 60,000 lux) ทำให้ผลของ Daylight Factor ภายในมีค่าค่อนข้างสูง

ลักษณะทั่วไปของท้องฟ้าในประเทศไทย โดยทั่วไปเป็นท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน (Intermediate Sky) ซึ่งมีค่าความสว่างจากท้องฟ้าภายนอกค่อนข้างสูงประมาณ 40,000 – 120,000 lux จึงทำให้ค่า Daylight Factor ภายในมีค่าที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงได้ทำการหาค่า Daylight Factor ที่เหมาะสมความต้องการใช้งานภายในภายในท้องฟ้าแบบมีเมฆบางส่วน (Intermediate Sky) ของกรุงเทพมหานคร โดยใช้ค่าความสว่างของท้องฟ้ากรุงเทพมหานครเฉลี่ยรวมทั้งปี ความสว่างเฉลี่ยของกรุงเทพมหานครทั้งปีอยู่ที่ 45,000 – 55,000 lux จากนั้นจึงหาค่า Daylight Factor ที่เหมาะสมกับการใช้งานต่างๆ ดังตารางที่ 4-1 โดยจะพิจารณาประสิทธิภาพการใช้งานที่ดีอยู่ในช่วง 500 – 1,000 lux (ดูตารางแสดงค่าความสว่างของท้องฟ้ากรุงเทพมหานครเฉลี่ยรวมทั้งปี ในภาคผนวก)

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทย)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (intermediate Sky)
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.9 - 2.0
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.9 - 2.0
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.5 - 1.2
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.5 - 1.7
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.3 - 0.9
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.2 - 0.5
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.1 - 0.25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการศึกษาคุณสมบัติตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพของช่องเปิด ด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์

4.2.1 ผลการศึกษาชุดที่ 1 ขนาดพื้นที่ช่องเปิดแนวระนาบภายใน

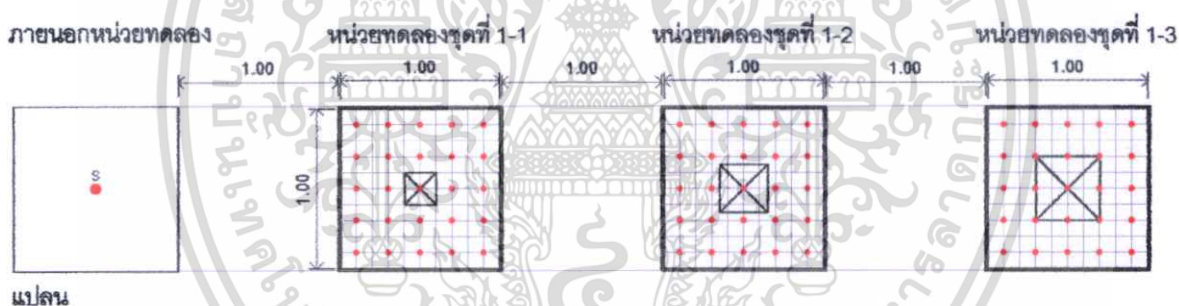
4.2.1.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- ตำแหน่งและระดับความสูงของเครื่องมือเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความสูงของช่องเปิดทั้ง 3 แบบ อยู่ที่ 30 เซนติเมตร

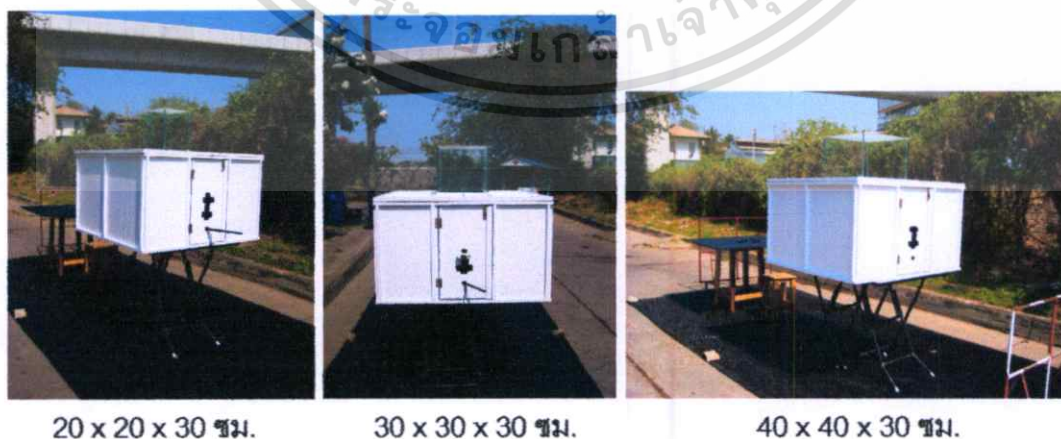
(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- ขนาดของช่องเปิดแนวระนาบ



แปลน

รูปที่ 4.1 แสดงแปลน และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 1



20 x 20 x 30 ซม.

30 x 30 x 30 ซม.

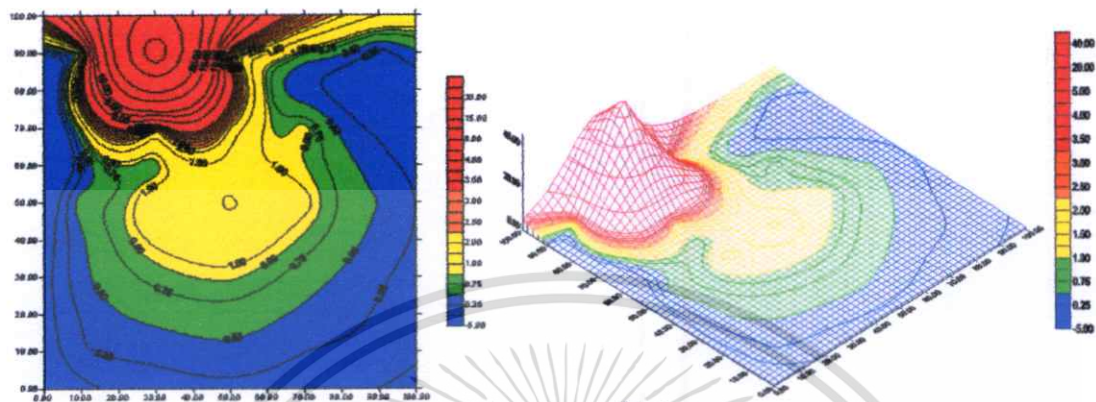
40 x 40 x 30 ซม.

รูปที่ 4.2 แสดงการบันทึกข้อมูลการทดลองชุดที่ 1 ขนาดช่องเปิดแนวระนาบ 20 x 20 ซม. และ 30 x 30 ซม. ความสูงที่ 30 ซม.

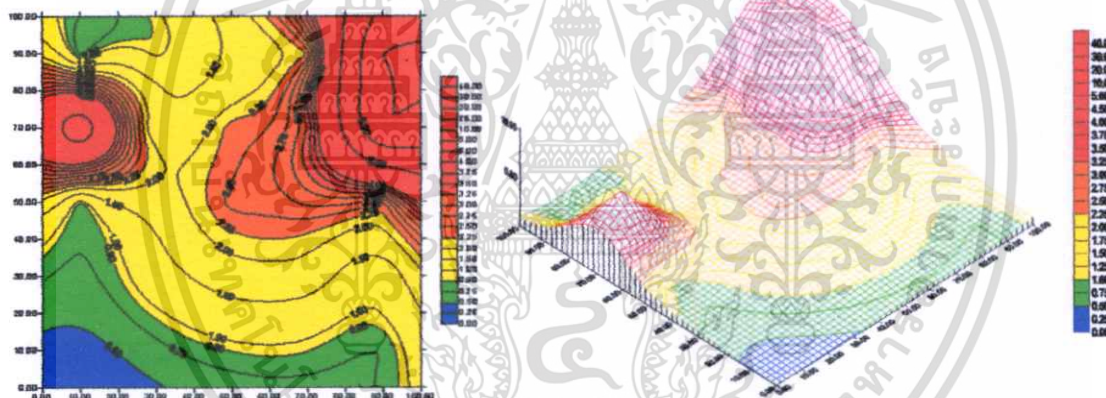
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 1

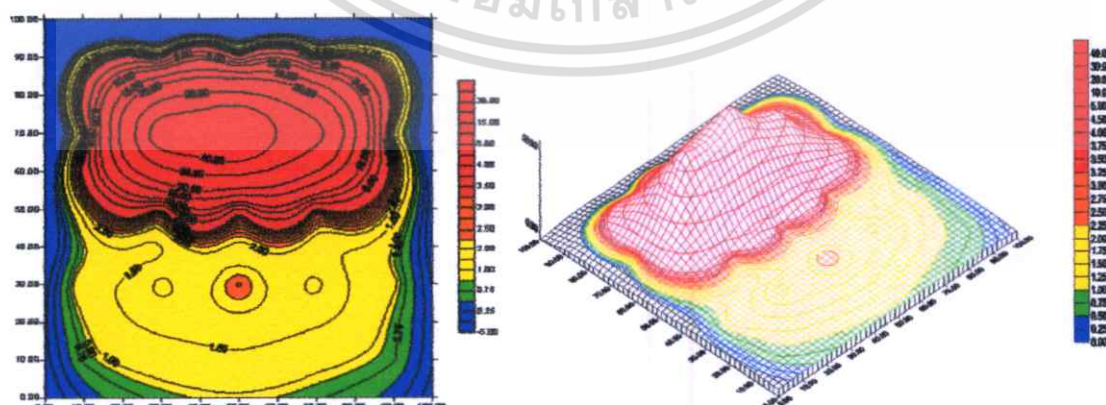
ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.
ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 75,800 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย



รูปที่ 4.3 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-1 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.20 x 0.20 เมตร



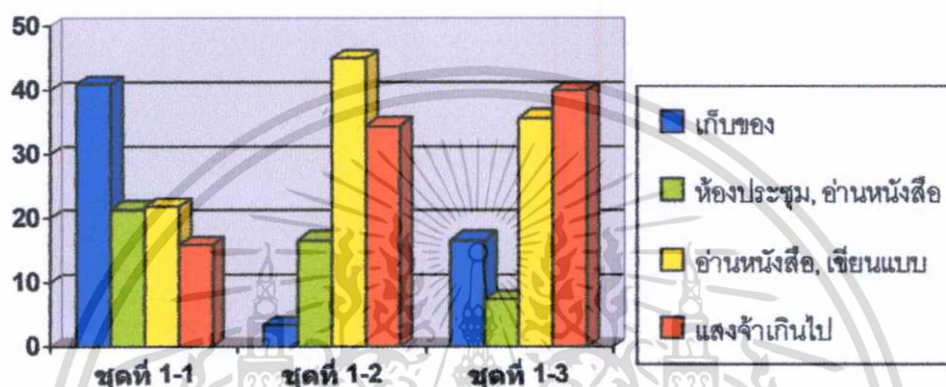
รูปที่ 4.4 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-2 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.30 x 0.30 เมตร



รูปที่ 4.5 แสดงผลชุดการทดลองที่ 1-3 พื้นที่ช่องเปิดขนาด 0.40 x 0.40 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการศึกษารายชุดที่ 1	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 1-1	ชุดที่ 1-2	ชุดที่ 1-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	40.93	3.48	16.68
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ริม-คิน	21.42	16.71	7.50
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	21.81	45.30	35.84
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	15.84	34.57	39.98



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารายชุดที่ 1-3 ของเปิดแนวระนาบภายใน

4.2.1.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองศึกษารายชุดที่ 1-3 ของเปิดแนวระนาบภายในของช่องเปิดแบบหลังคา มอนิเตอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด พบว่าค่าความสว่างภายในของหน่วยทดลองทั้งสาม แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

- (1) ชุดการทดลองที่ 1-1
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ 21.81%
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้ 21.42%
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้ 40.93%
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินไปจนกว่าจะใช้งานได้ 15.84%
- (2) ชุดการทดลองที่ 1-2
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ 45.30%
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้ 3.48%
- (3) ชุดการทดลองที่ 1-3
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้ 7.50%
 - มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินไปจนกว่าจะใช้งานได้ 39.98%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสามารถสรุปผลการศึกษานาตของเปิดแนวระนาบภายในของช่องเปิดแบบหลังคามอนิเตอร์ได้ว่า ขนาด 30 x 30 เซนติเมตร (ชุดการทดลองที่ 1-2) มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่ใช้งานได้ดีมากที่สุดอยู่ที่ 45.30% และมีระดับความสว่างภายในที่น้อยเกินกว่าจะใช้งานได้น้อยที่สุดอยู่ที่ 3.48% แต่ยังมีค่าความสว่างที่มากเกินไปค่อนข้างสูงที่ 34.57% จึงเหมาะสมที่สุดที่จะนำไปพัฒนาประสิทธิภาพของช่องเปิดรับแสงธรรมชาติ ด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ เพื่อเพิ่มความสว่างที่เหมาะสมและลดความสว่างที่มากเกินไป

4.2.2 ผลการศึกษานาตพื้นที่ช่องเปิดรับแสงสว่างแนวตั้งภายนอก

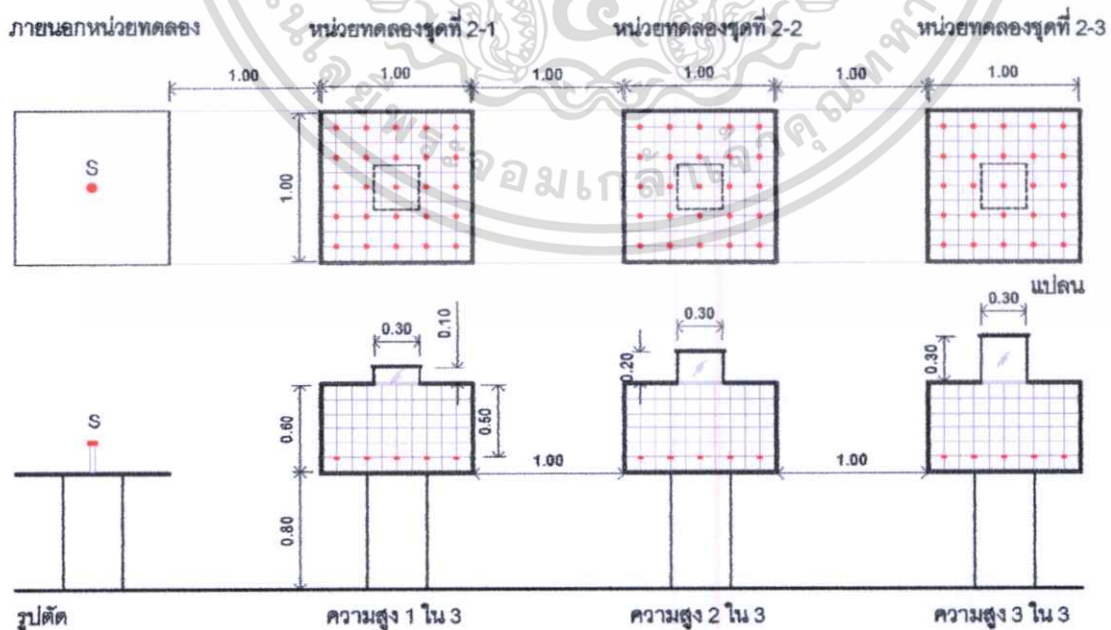
4.2.2.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- ตำแหน่งและระดับความสูงของเครื่องมือเก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร

(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้ง



รูปที่ 4.7 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำเห็นประโยชน์และประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



30 x 30 x 10 ซม.



30 x 30 x 20 ซม.

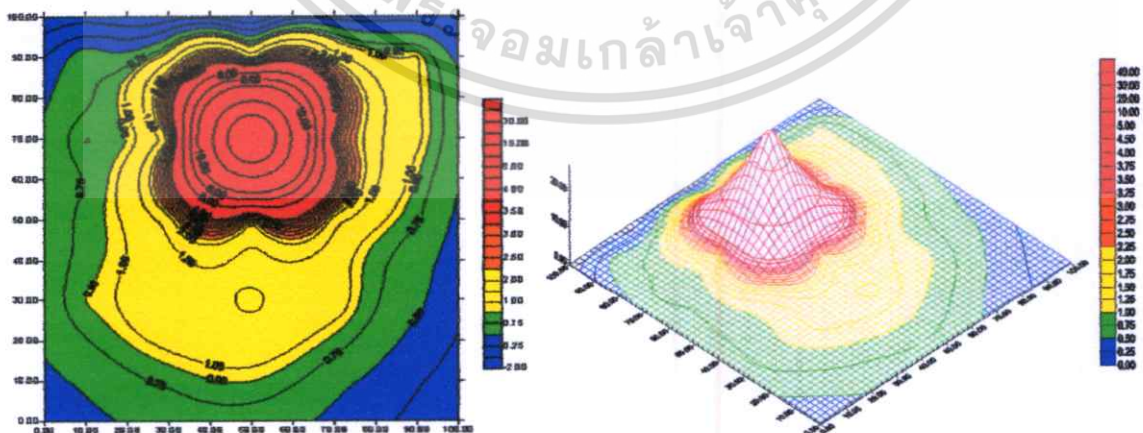


30 x 30 x 30 ซม.

รูปที่ 4.8 แสดงภาพการทดลองชุดที่ 2 ขนาดความสูงช่องเปิดแนวตั้งที่ 10, 20 และ 30 ซม.

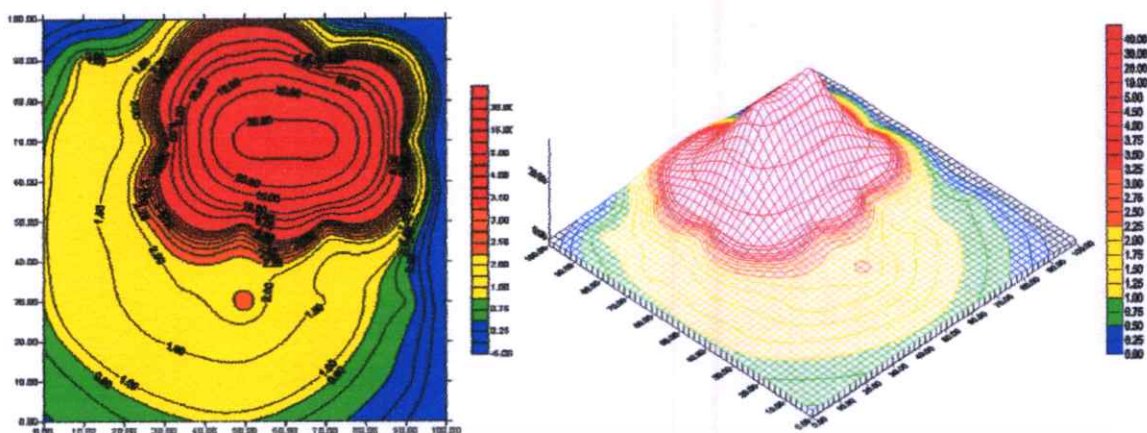
4.2.2.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 2

ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.
ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 67,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

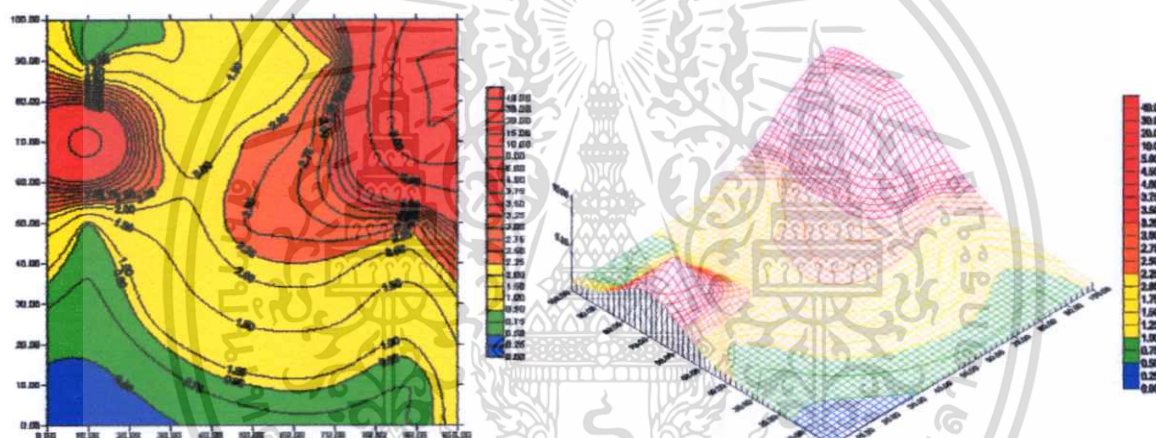


รูปที่ 4.9 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-1 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 1 ใน 3 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน **ขนาดช่องเปิดแนวระนาบ** อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



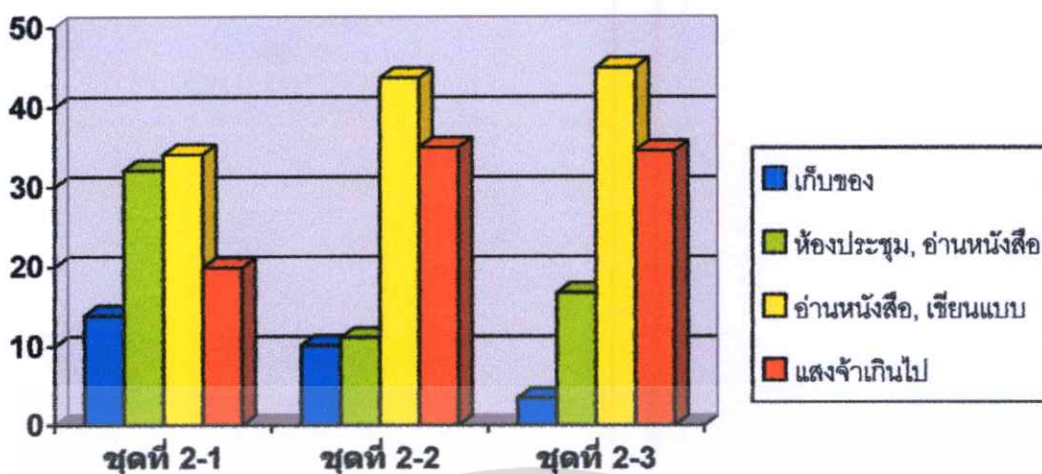
รูปที่ 4.10 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-2 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 2 ใน 3 ของ
ขนาดช่องเปิดแนวระนาบ



รูปที่ 4.11 แสดงผลชุดการทดลองที่ 2-3 ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งเป็น 3 ใน 3 ของ
ขนาดช่องเปิดแนวระนาบ

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการศึกษาชุดที่ 2	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 2-1	ชุดที่ 2-2	ชุดที่ 2-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	13.89	10.14	3.48
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์เตอร์ยืม-คืน	32.08	11.11	16.71
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	34.08	43.75	45.30
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	19.95	35.00	34.51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษานาความสูงของช่องเปิดแนวตั้ง

4.2.2.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองศึกษานาความสูงของช่องเปิดแนวตั้งหลังคามอนิเตอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด พบว่าค่าความสว่างภายในของหน่วยทดลองทั้งสาม แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

(1) ชุดการทดลองที่ 2-1

มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดี	34.08%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้	13.89%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินไปกว่าจะใช้งานได้	19.95%

(2) ชุดการทดลองที่ 2-2

มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดี	43.75%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้	11.11%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินไปกว่าจะใช้งานได้	35.00%

(3) ชุดการทดลองที่ 2-3

มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดี	45.30%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้	16.17%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินไปกว่าจะใช้งานได้	34.51%
มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้	3.48%

ดังนั้นสามารถสรุปผลการศึกษานาความสูงของช่องเปิดแนวตั้งแบบหลังคา

มอนิเตอร์ได้ว่า ชุดการทดลองที่ 2-2 ความสูง 20 ซม. และชุดการทดลองที่ 2-3 ความสูง 30

เซนติเมตร มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีอยู่ที่ 43.75%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ 45.30% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันมาก และเมื่อพิจารณาต่อที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้ก็ยังมีค่าใกล้เคียงกันอีกอยู่ที่ 11.11% และ 16.17% ความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้อยู่ที่ 10.14% และ 3.48% ซึ่งจะเห็นว่าความสูงของช่องเปิดที่ 30 ซม. มีส่วนที่มีดเกินไปน้อยกว่า 6.66% หรือ 2.9 เท่า แต่หากพิจารณาถึงมูลค่าของการก่อสร้างด้วยแล้ว จึงสรุปได้ว่า ที่ความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร เปรียบเทียบเท่ากับกระจกสูง 2.00 เมตร ในมาตราส่วน 1 : 10 จึงเหมาะสมมากกว่าที่จะนำไปใช้หรือพัฒนาต่อไป

4.2.3 ผลการศึกษาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม

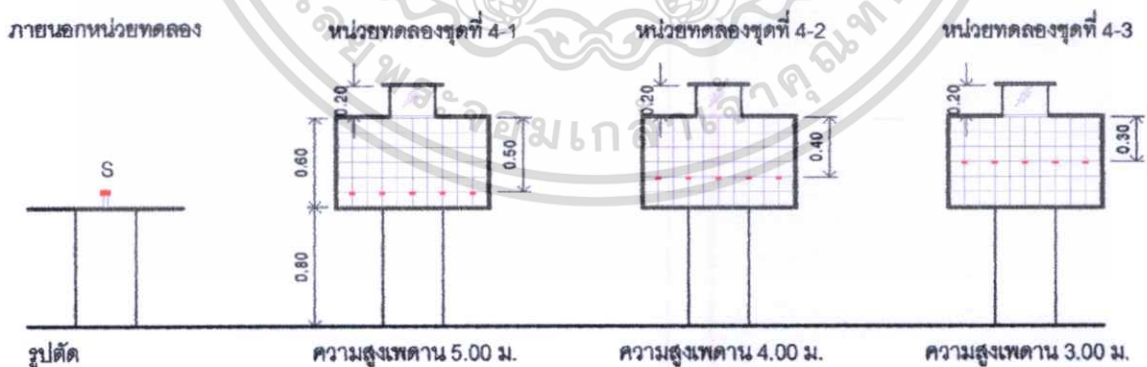
4.2.3.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้ง

(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

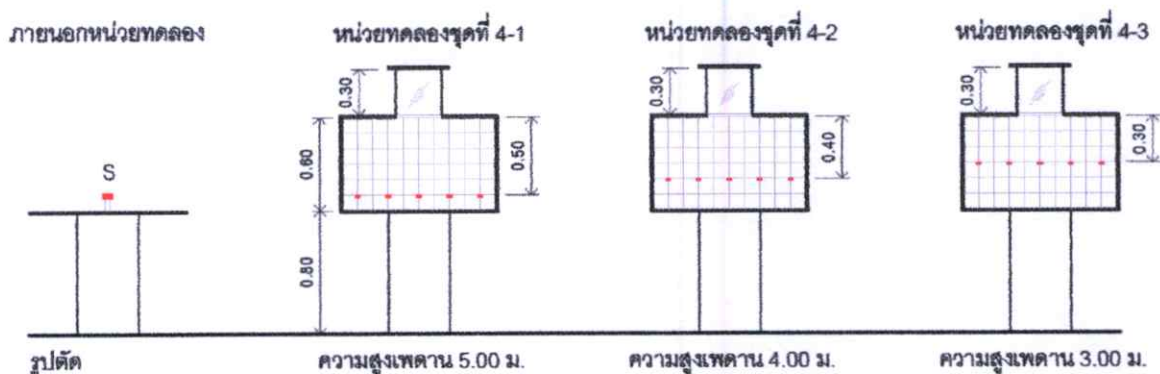
- ตำแหน่งและระดับความสูงของเครื่องมือเก็บข้อมูล



รูปที่ 4.13 แสดงรูปตัดและตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3

ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x20 ซม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงรูปตัดและตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 3
ขนาดช่องเปิดด้านบน 30x30x30 ซม.



ความสูงเพดาน - พื้นที่ใช้งาน 5.00 ม.

ความสูงเพดาน - พื้นที่ใช้งาน 4.00 ม.



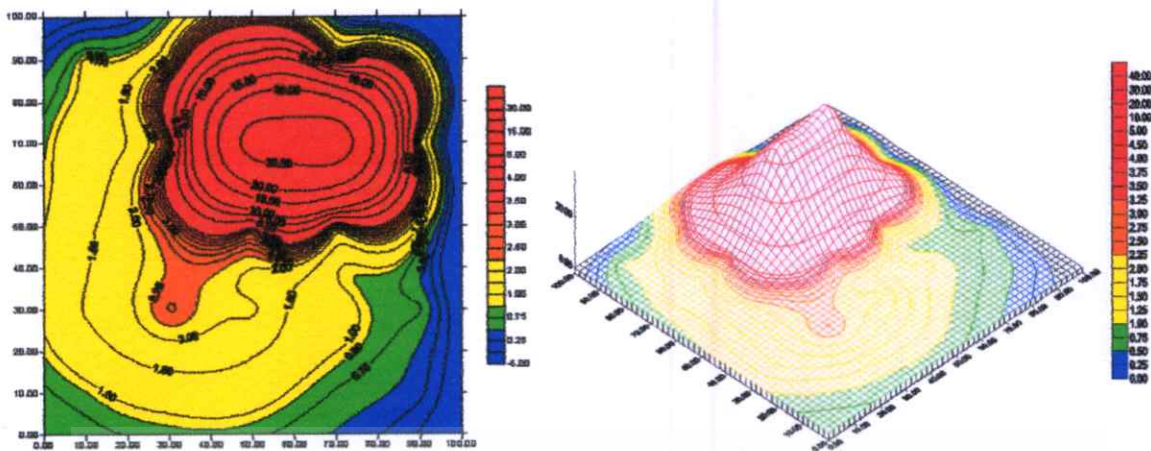
ความสูงเพดาน - พื้นที่ใช้งาน 3.00 ม.

รูปที่ 4.15 แสดงภาพการทดลองชุดที่ 3 ระยะจากพื้นที่ใช้งานถึงฝ้าเพดาน 5, 4 และ 3 ม.

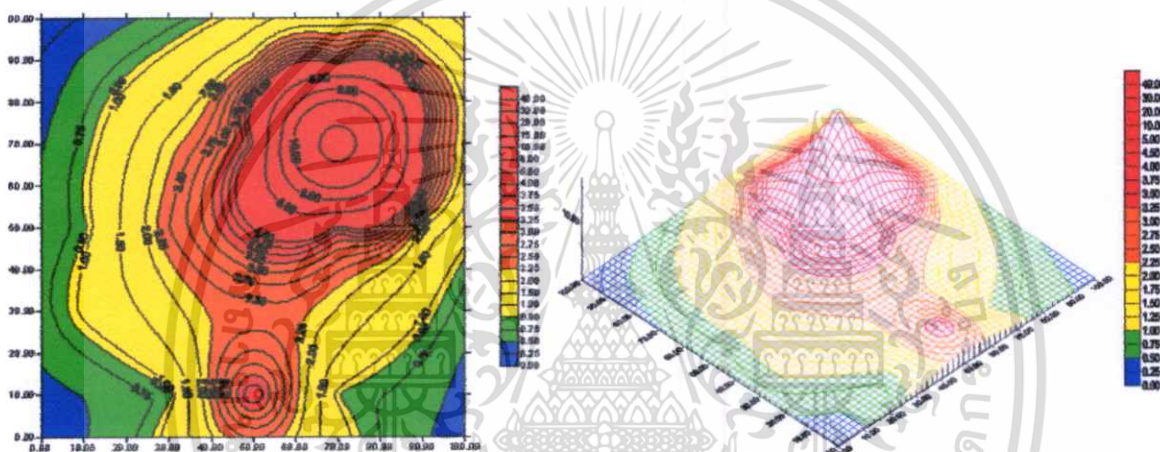
4.2.3.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 3

ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 - 15.00 น.

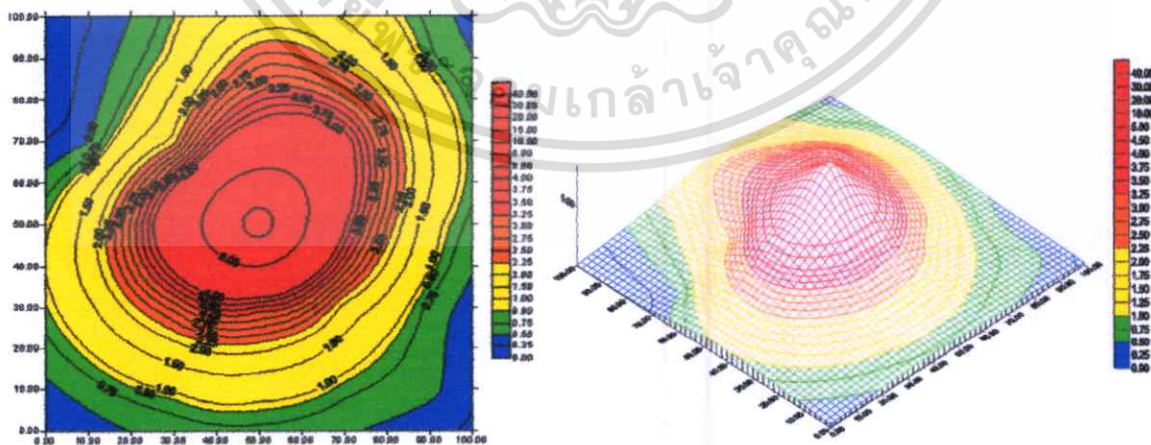
ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 66,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย
เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.16 แสดงผล ชุดการทดลองที่ 3-1 ระยะความสูง 5 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20

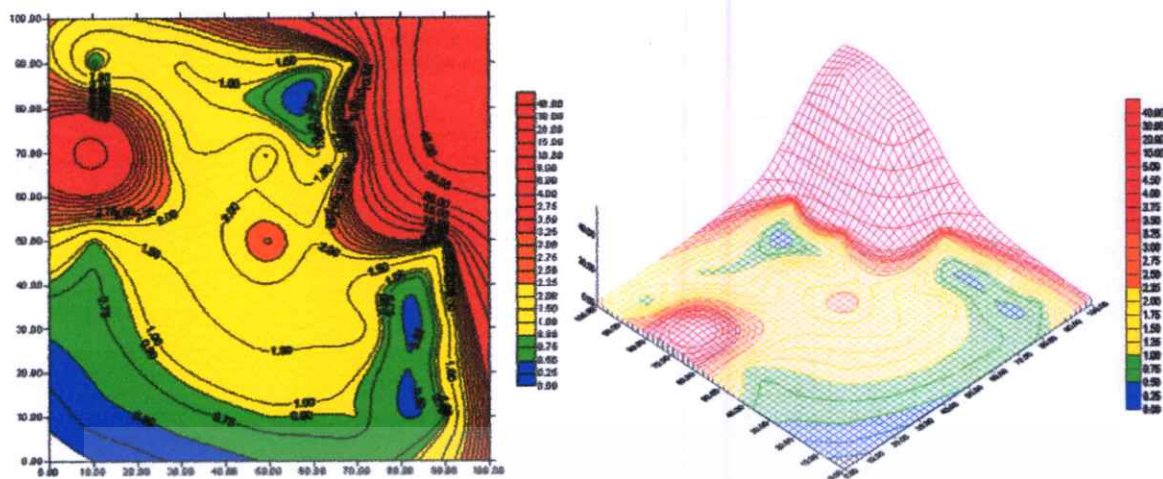


รูปที่ 4.17 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-2 ระยะความสูง 4 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20

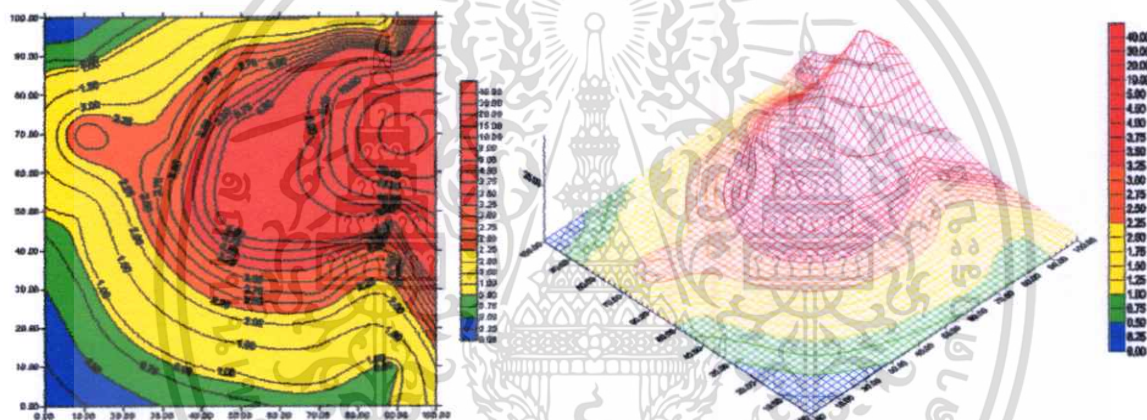


รูปที่ 4.18 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-3 ระยะความสูง 3 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x20

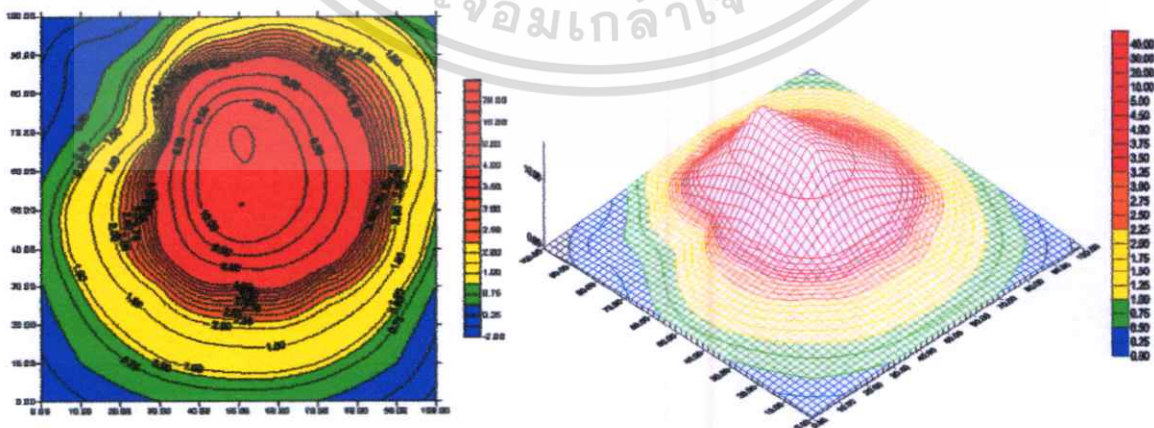
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-4 ระยะความสูง 5 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30



รูปที่ 4.20 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-5 ระยะความสูง 4 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30

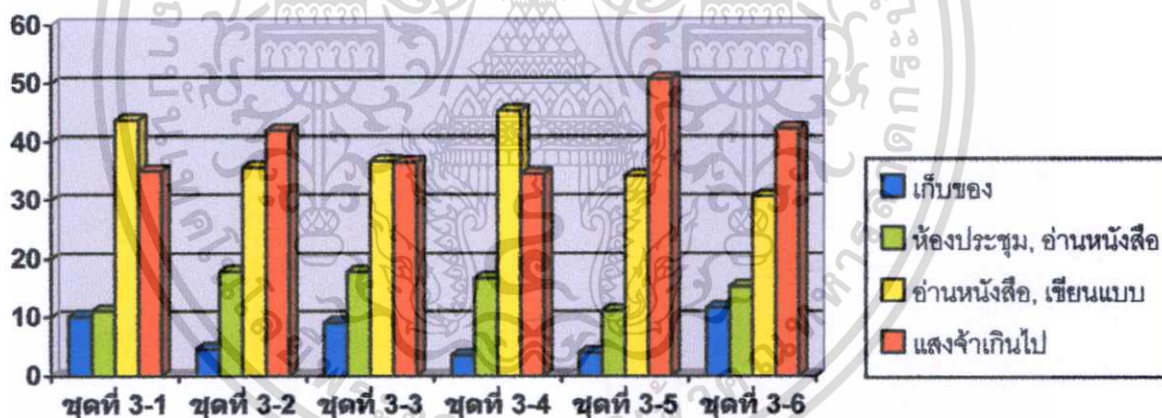


รูปที่ 4.21 แสดงผลชุดการทดลองที่ 3-6 ระยะความสูง 3 ม. ขนาดช่องเปิด 30x30x30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการศึกษารุขที่ 3	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 3-1	ชุดที่ 3-2	ชุดที่ 3-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	10.14	4.54	8.98
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ริม-คีน	11.11	17.88	17.83
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	43.75	35.61	36.69
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	35.00	41.97	36.50

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงผลการศึกษารุขที่ 3	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 3-4	ชุดที่ 3-5	ชุดที่ 3-6
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	3.48	3.92	11.65
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ริม-คีน	16.71	11.14	15.31
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	45.30	34.19	30.68
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	34.51	50.75	42.36



รูปที่ 4.22 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารุขปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสม

4.2.3.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองศึกษารุขปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสมพบว่าค่าความสว่างภายในของหน่วยทดลองทั้ง 6 มีประสิทธิภาพที่เรียงลำดับดังนี้

- (1) เรียงลำดับปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดที่ 3-4 = 3-1 > 3-3 > 3-2 > 3-5 > 3-6
- (2) เรียงลำดับปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่พอใช้งานได้ จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดที่ 3-2 = 3-3 = 3-4 > 3-6 > 3-1 > 3-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงวันเวลาสำหรับก้าวใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) เรียงลำดับปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในน้อยเกินกว่าจะใช้งานได้ จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดที่ $3-6 > 3-1 > 3-3 > 3-2 > 3-4 = 3-5$

(4) เรียงลำดับปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินกว่าจะใช้งานได้ จากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ ชุดที่ $3-5 > 3-6 > 3-2 > 3-1 = 3-3 > 3-4$

ดังนั้นสามารถสรุปผลการศึกษาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสมได้ว่า ระยะความสูงของเพดานที่ 6.00 เมตร ให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ทั้งกับช่องเปิดสูง 20 และ 30 เซนติเมตร คือมีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ คืออยู่ที่ 43.75% และ 45.30% และค่อยๆลดลงตามระยะความสูงของฝ้าเพดานที่ลดลง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าที่ระยะความสูงเพดานที่ 5.00 เมตร และ 4.00 เมตร ให้ประสิทธิภาพความสว่างภายในที่ใช้งานได้ดีใกล้เคียงกันที่ความสูงของช่องเปิด 2.00 ม. มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 35.61% และ 36.69% ส่วนที่ความสูงของช่องเปิด 3.00 ม. มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 34.19% และ 30.68% แต่ที่ระยะ 4.00 เมตรของทั้งช่องเปิดสูง 2.00 และ 3.00 ม. ปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในมากเกินกว่าจะใช้งานได้สูงที่สุดคือ 41.97% และ 50.75% จึงสามารถสรุปได้ว่าที่ระยะความสูงของเพดานที่ 6.00 เมตรดีที่สุด และระยะความสูงเพดานที่ 4.00 เมตร ดีกว่า 5.00 เมตร และความสูงของช่องเปิดไม่มีผลสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างพื้นที่ใช้งานกับฝ้าเพดาน

4.2.4 ผลการศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง

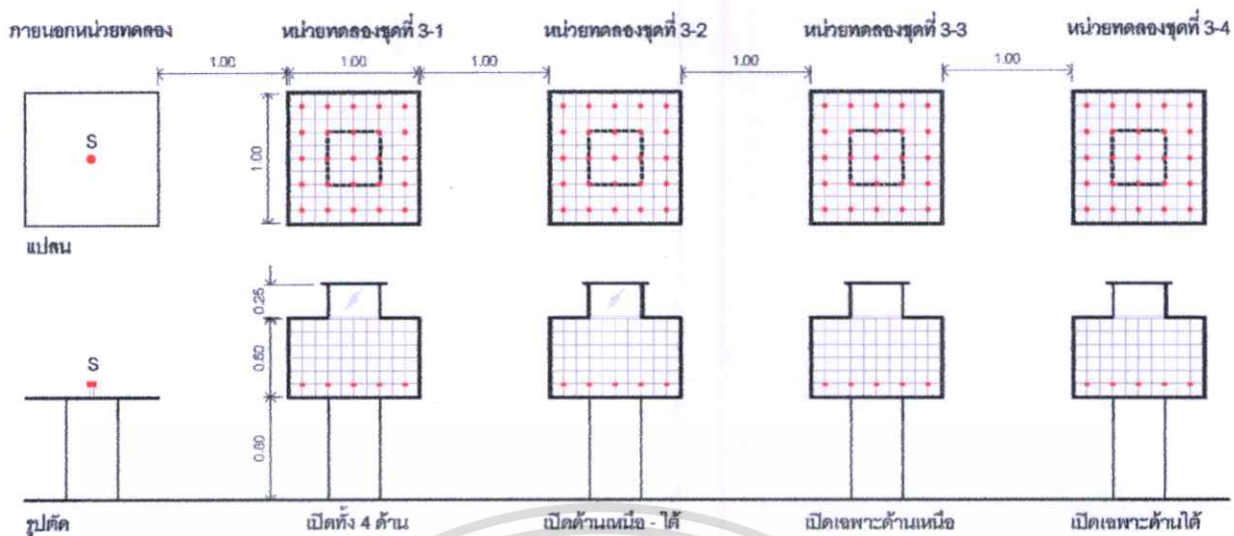
4.2.4.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

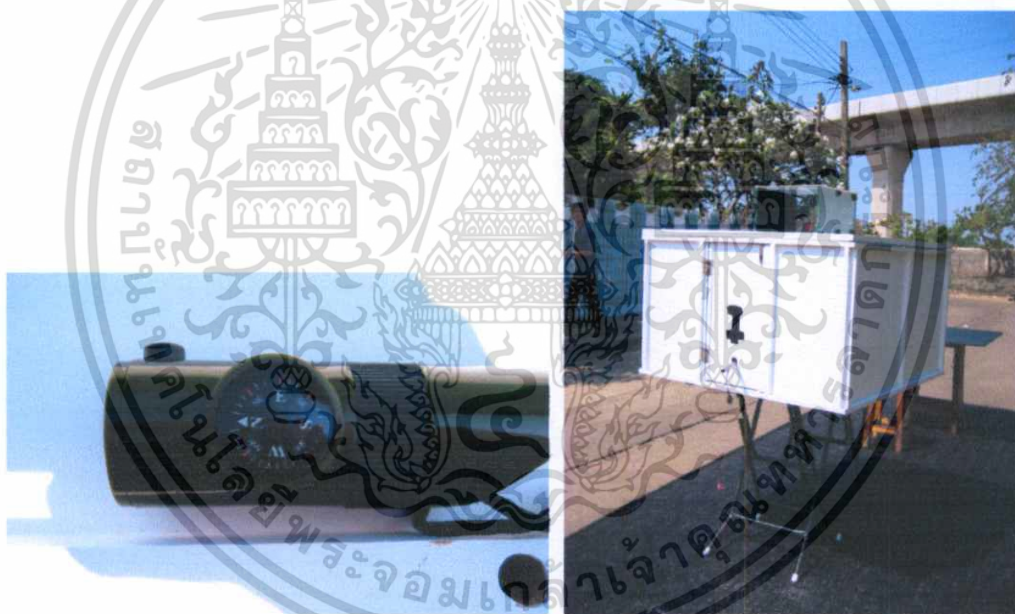
- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งอยู่ที่ 20 เซนติเมตร

(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- ทิศทางการเปิดช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสง



รูปที่ 4.23 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 4



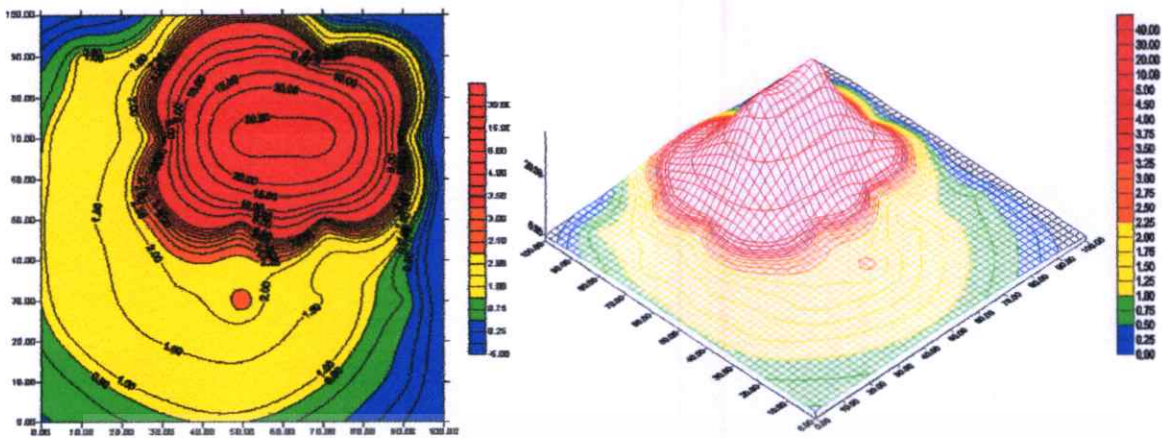
รูปที่ 4.24 แสดงภาพการทดลองที่ชุดที่ 4 โดยการปิดกระดาษสีดำในตำแหน่งที่ไม่ต้องการทดสอบ

4.2.4.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 4

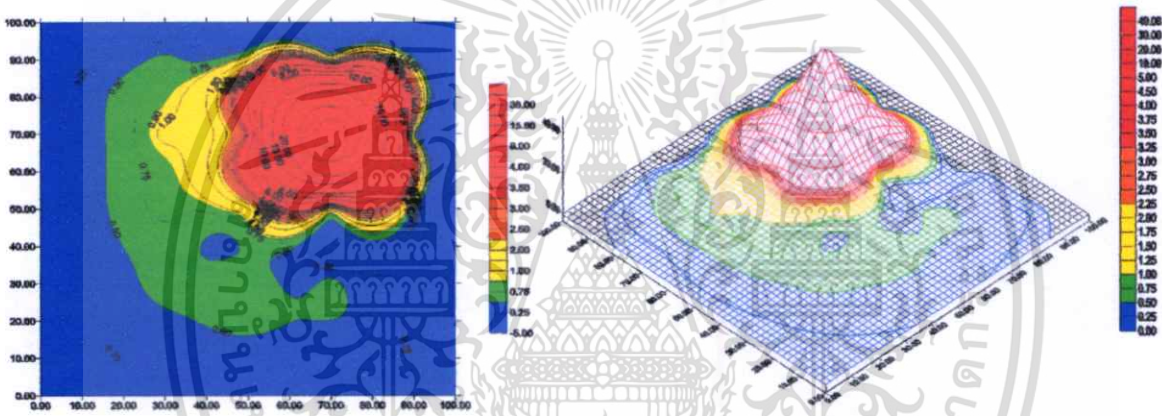
ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.

ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 77,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

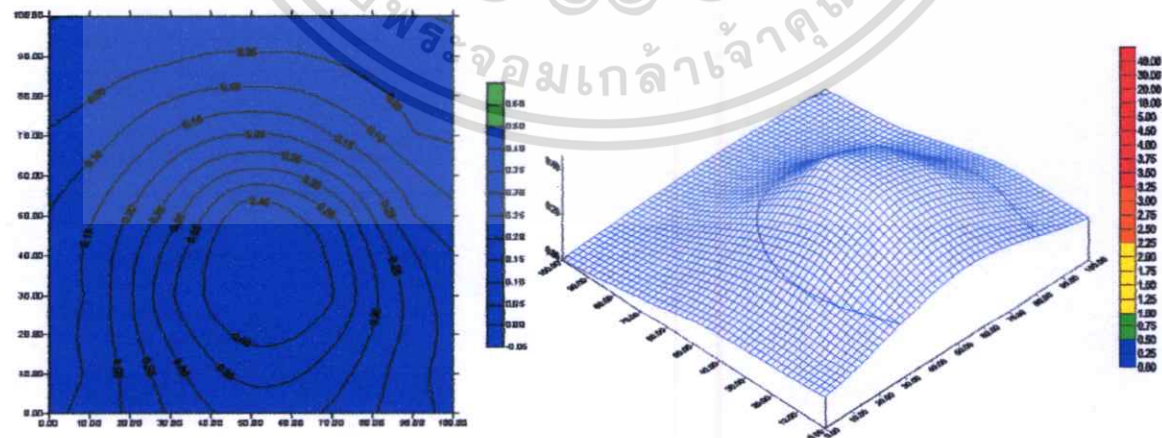
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-1 เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน

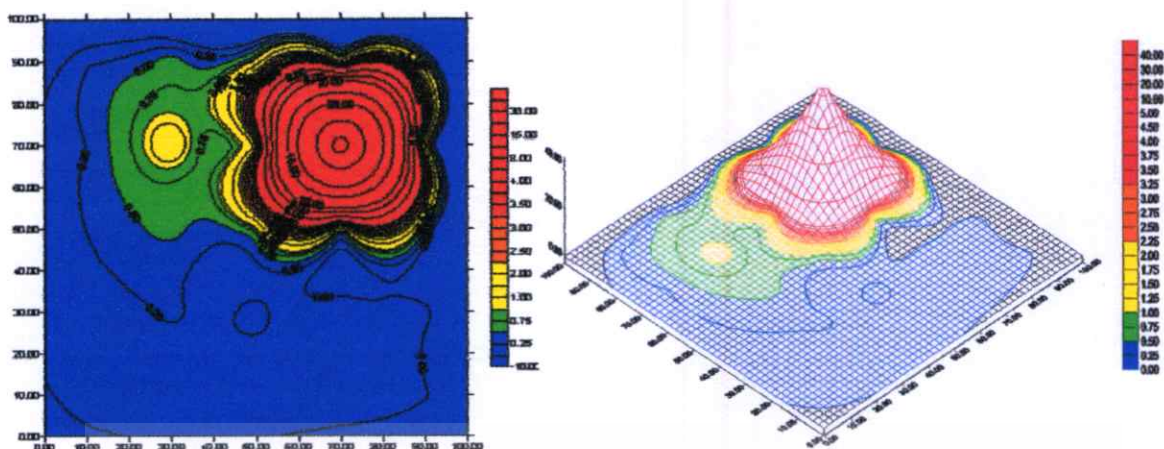


รูปที่ 4.26 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-2 เปิดรับแสงเฉพาะด้านเหนือและใต้



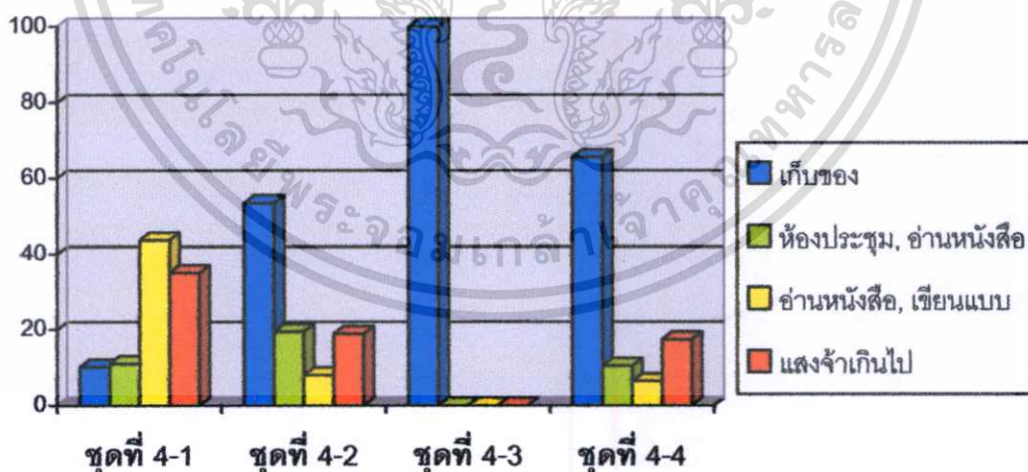
รูปที่ 4.27 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-3 เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.28 แสดงผลชุดการทดลองที่ 4-4 เปิดช่องรับแสงเฉพาะด้านใต้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการศึกษารูปที่ 4	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 4-1	ชุดที่ 4-2	ชุดที่ 4-3	ชุดที่ 4-4
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	10.14	53.50	100	65.61
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ยืม-คืน	11.11	19.52		10.52
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	43.75	8.03		6.43
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	35.00	18.95		17.44



รูปที่ 4.29 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษาทิศทางของการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง

4.2.4.3 สรุปผลการศึกษา

การเปิดรับแสงทั้ง 4 ด้านให้ประสิทธิภาพผลดีที่สุด คือมีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในเอกสารนี้ที่ใช้งานได้ดีมากที่สุดถึง 43.75% แต่มีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างที่มากเกินไปมากที่สุดเช่นกัน ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คืออยู่ที่ 35.00% ส่วนการเปิดช่องแสงด้านเหนือ-ใต้ และเฉพาะด้านใต้ให้ค่าความสว่างที่ไม่แตกต่างกันนัก คือมีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในที่ใช้งานได้คืออยู่ที่ 8.03% และ 6.43% จึงสามารถสรุปได้ว่าทิศเหนือไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของความสว่างภายใน แต่ให้ประสิทธิผลที่น่าสนใจคือมีปริมาณความสว่างที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่มีปริมาณน้อยมากคือมีความสว่างในระดับที่ใช้งานไม่ได้ 100% ซึ่งอาจจะต้องปรับความสูงและความกว้างของช่องเปิดเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณแสง

4.2.5 ผลการศึกษาระยะเวลาการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิด

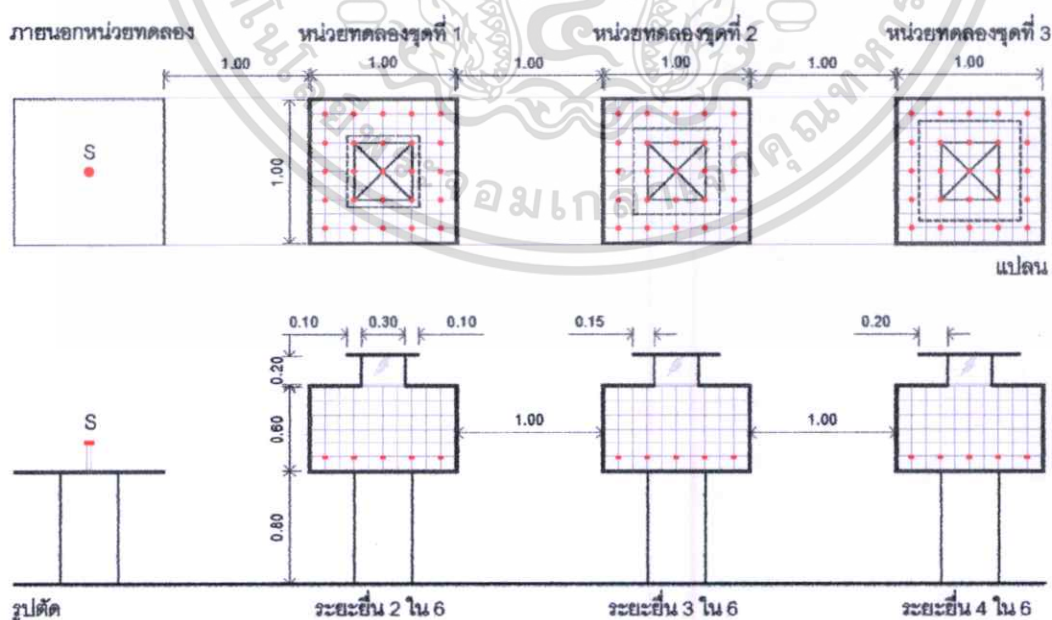
4.2.5.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร

(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- ระยะเวลาของชายคาส่วนหลังคาของช่องเปิด



รูปที่ 4.30 แสดงแผน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ระยะยื่น 2 ใน 4 = 10 ซม.



ระยะยื่น 3 ใน 4 = 15 ซม.



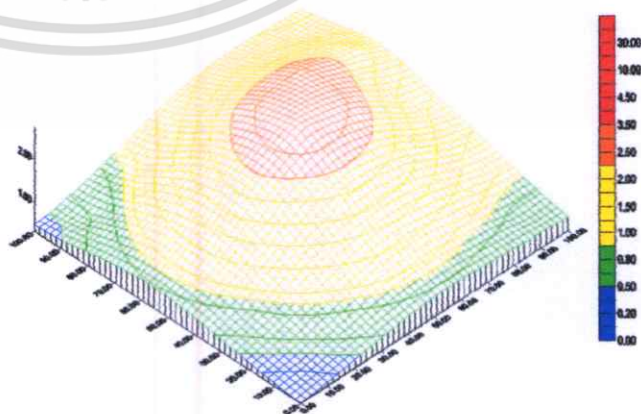
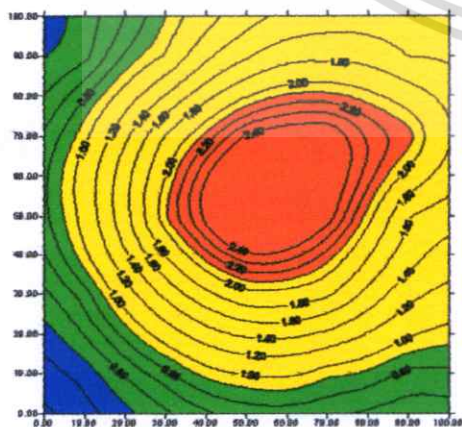
ระยะยื่น 4 ใน 4 = 20 ซม.

รูปที่ 4.31 แสดงภาพการทดลองที่ 5 ระยะยื่นชายคา 10, 15 และ 20 ซม.

4.2.5.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 5

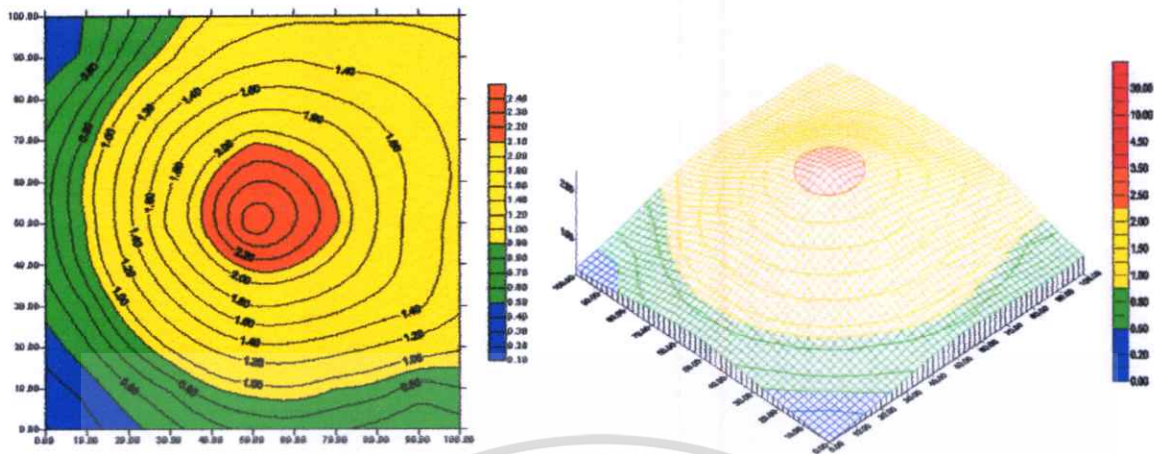
ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.

ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 67,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

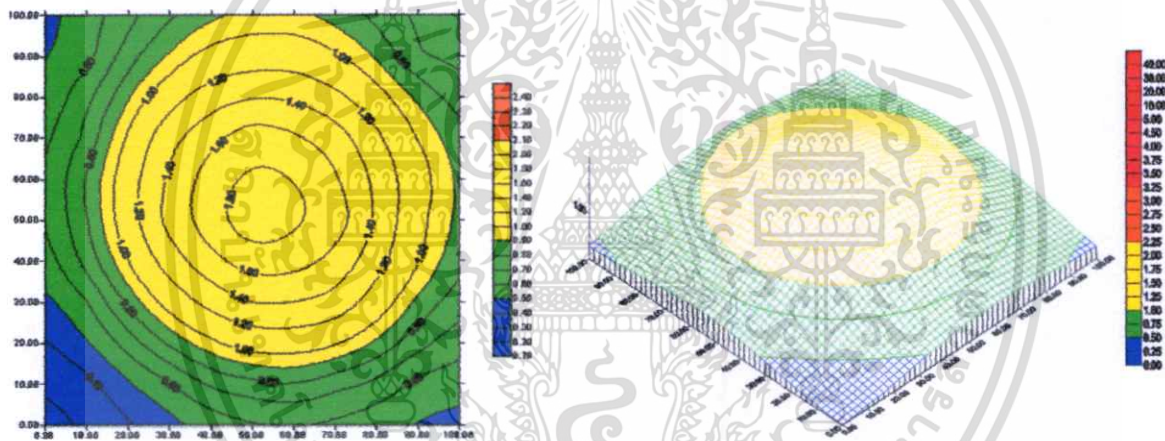


รูปที่ 4.32 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-1 ระยะยื่น 2 ใน 4 ของระยงเปิดในแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



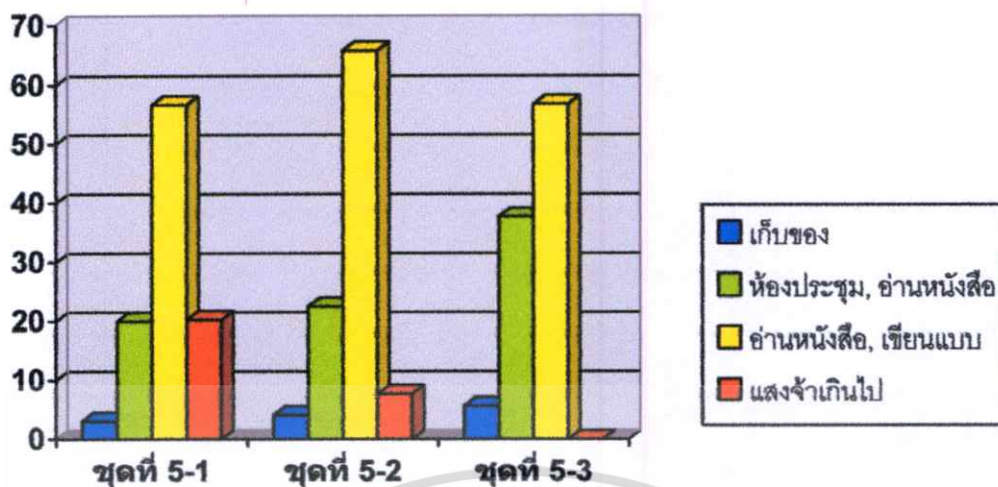
รูปที่ 4.33 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-2 มีระยะยื่น 3 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง



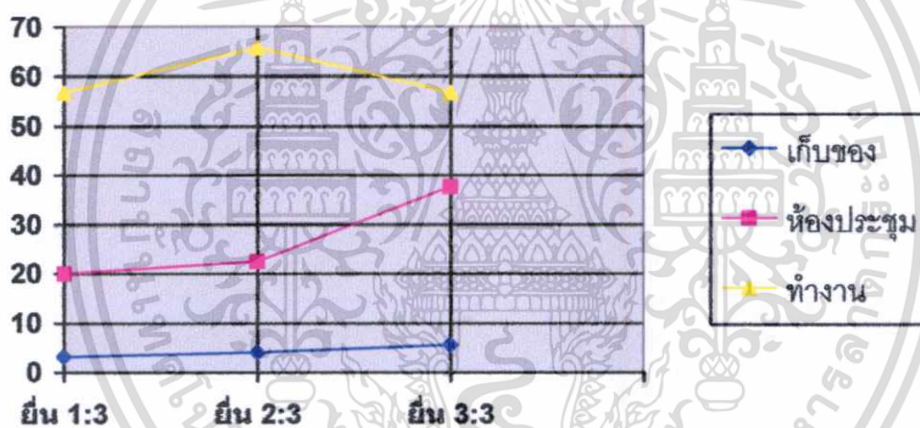
รูปที่ 4.34 แสดงผลชุดการทดลองที่ 5-3 มีระยะยื่น 4 ใน 4 ของระยะช่องเปิดในแนวตั้ง

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการศึกษาชุดที่ 5	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 5-1	ชุดที่ 5-2	ชุดที่ 5-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	3.08	4.04	5.57
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์เตอร์ยืม-คืน	19.98	22.49	37.65
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	56.69	65.80	56.78
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	20.25	7.67	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษาระยะการยื่นขยายคาของหลังคาช่องเปิด



รูปที่ 4.36 แสดงกราฟสรุปความสัมพันธ์ของระยะยื่นกับความสว่างภายใน

4.2.5.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองการศึกษาระยะการยื่นขยายคาของหลังคาช่องเปิดแบบหลังคา มอนิเตอร์ที่มีขนาดแตกต่างกัน 3 ขนาด พบว่าค่าความสว่างภายในของหน่วยทดลองทั้งสาม แตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ชุดการทดลองที่ 5-2 ระยะยื่น 2 ใน 3 ของความสูงช่องเปิดแนวตั้ง ให้ ค่าความสว่างภายในระดับที่ใช้งานได้ดีมีปริมาณพื้นที่มากที่สุด 65.80% ส่วนชุดการทดลองที่ 5-1 และ 5-3 มีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในระดับที่ใช้งานได้ดีใกล้เคียงกันมากที่สุด 56.69% และ 56.78% สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างชุดการทดลองที่ 5-1 และ 5-3 คือเมื่อยื่น ขยายคาออกไปมากเท่าไรปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินกว่าจะใช้งานได้ลดลงจาก

20.25% เป็น 0% ปริมาณพื้นที่ที่มีความสว่างพอใช้งานได้มากที่สุดถึง 37.65% เป็นชุดการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญตให้หาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทดลองที่ 5-3 แสดงว่าระยะยื่นที่มากขึ้นช่วยในเรื่องของการกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้ลึกมากขึ้น แต่ส่วนที่มีดเกินกว่าจะใช้งานได้ในชุดการทดลองที่ 5-3 อยู่ที่ 5.57% มากกว่าชุดการทดลองที่ 5-1 ยื่นระยะขายคา 1 ใน 3 อยู่ที่ 2.49%

ดังนั้นสามารถสรุปผลการศึกษาระยะการยื่นขายคาของหลังคาช่องเปิดแบบหลังคามอนิเตอร์ได้ว่า ระยะยื่น 3 ใน 4 ของช่องเปิดแนวตั้งให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือให้ความสว่างภายในในระดับที่ใช้งานได้ดีมากที่สุดมีปริมาณแสงที่จำเป็นไปน้อย มีส่วนที่มีดเกินกว่าจะใช้งานได้น้อย แสดงว่าการยื่นขายคาที่มากหรือน้อยเกินไปมีผลต่อความสว่างภายใน ยิ่งยื่นมากก็จะมีลดปริมาณความสว่างที่มากเกินไปลงแต่ก็ทำให้เพิ่มปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างไม่เพียงพอมากขึ้นไปด้วย ส่วนการยื่นขายคาที่น้อยจนเกินไปทำให้เกิดพื้นที่ที่มีปริมาณความสว่างมากเกินไปสูงเกินไป

4.2.6 ผลการศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน

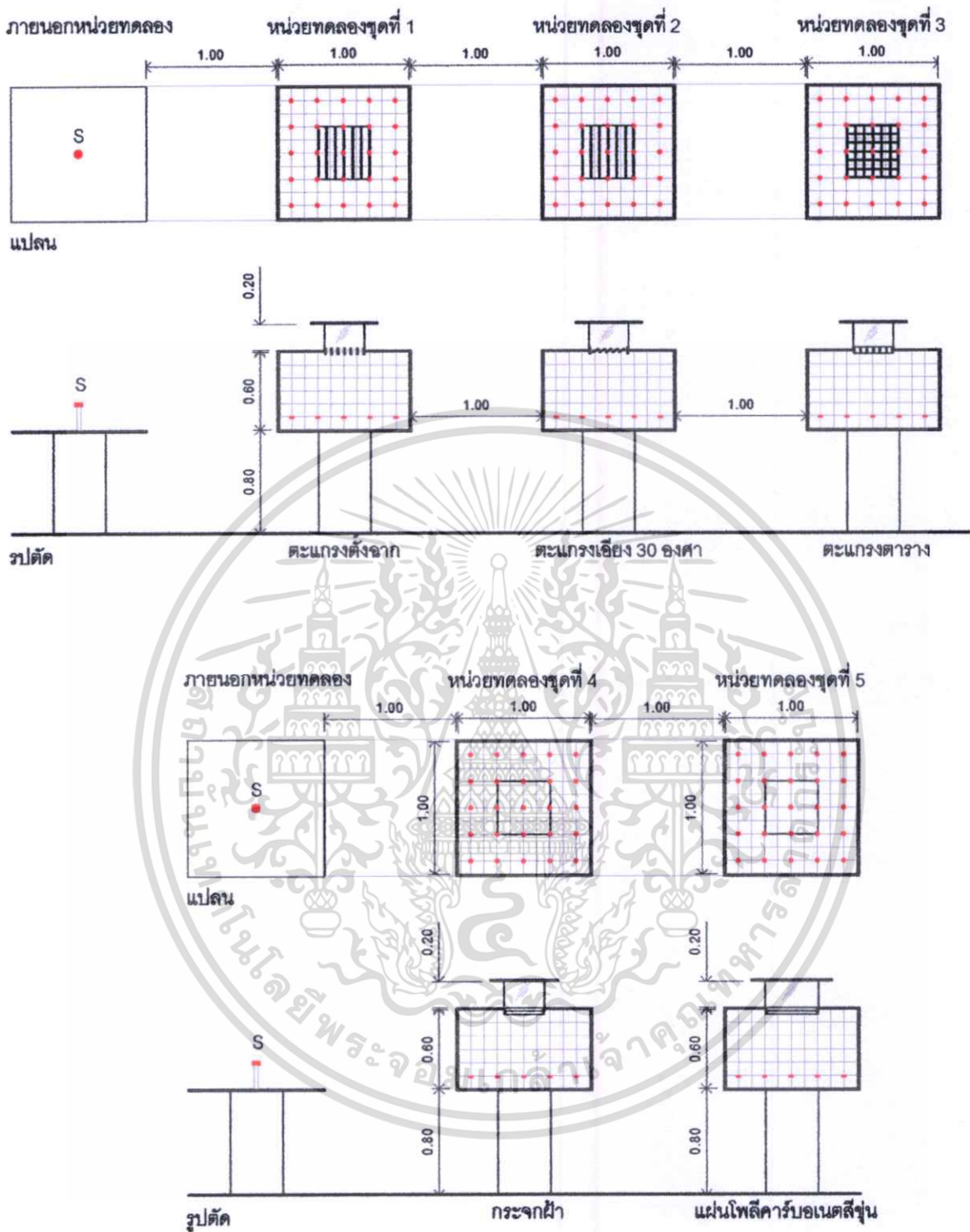
4.2.6.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร
- ระยะยื่นของขายคาส่วนหลังคาของช่องเปิด

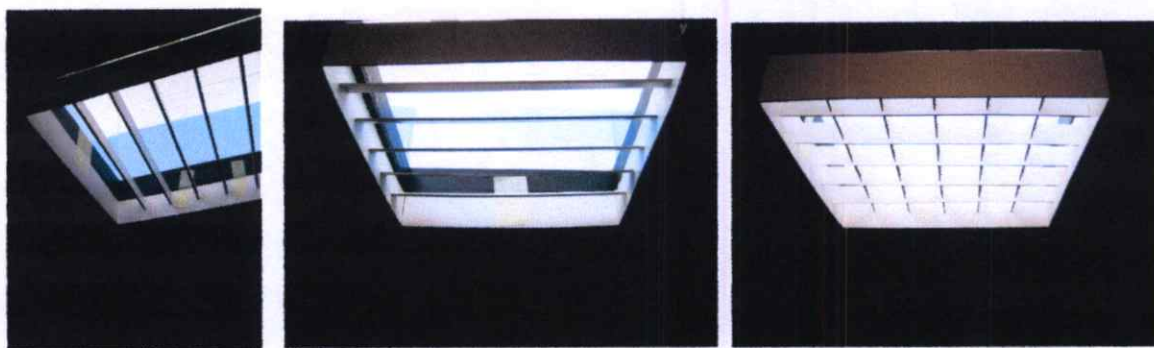
(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- รูปแบบและวัสดุของแผ่นกรองแสงภายใน



รูปที่ 4.37 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

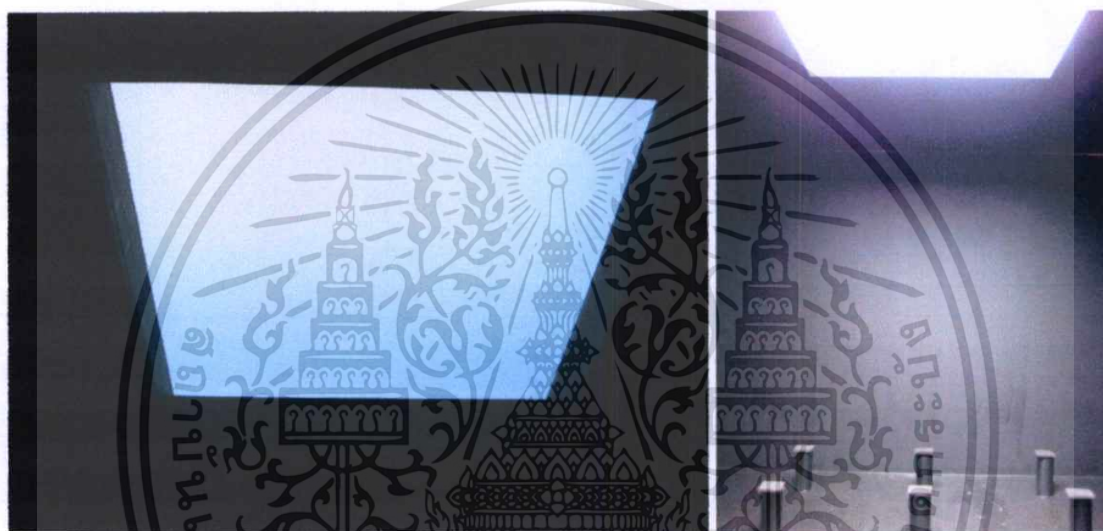


ตะแกรงตั้งฉาก

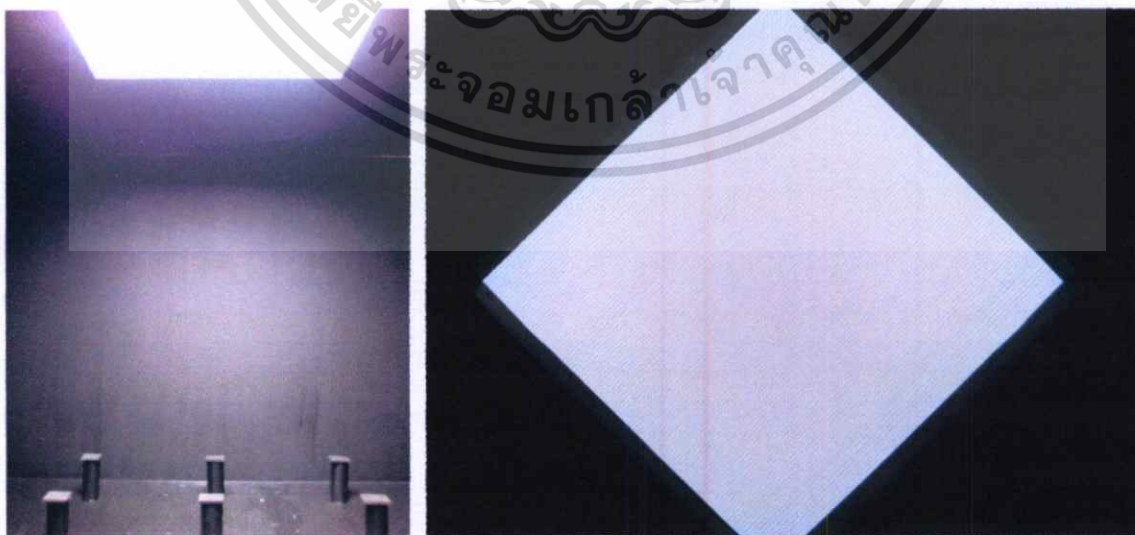
ตะแกรงเอียง 30 องศา

ตะแกรงตาราง

รูปที่ 4.38 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรง 3 แบบ



รูปที่ 4.39 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงกระจกผ้าหนา 6 มม.

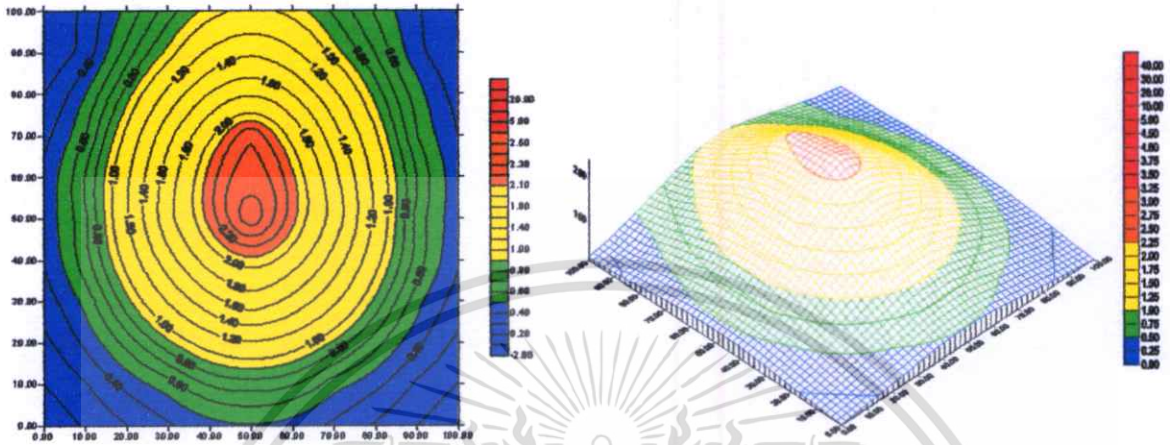


รูปที่ 4.40 แสดงภาพการทดลองที่ 6 แผ่นกรองแสงแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่น Opal

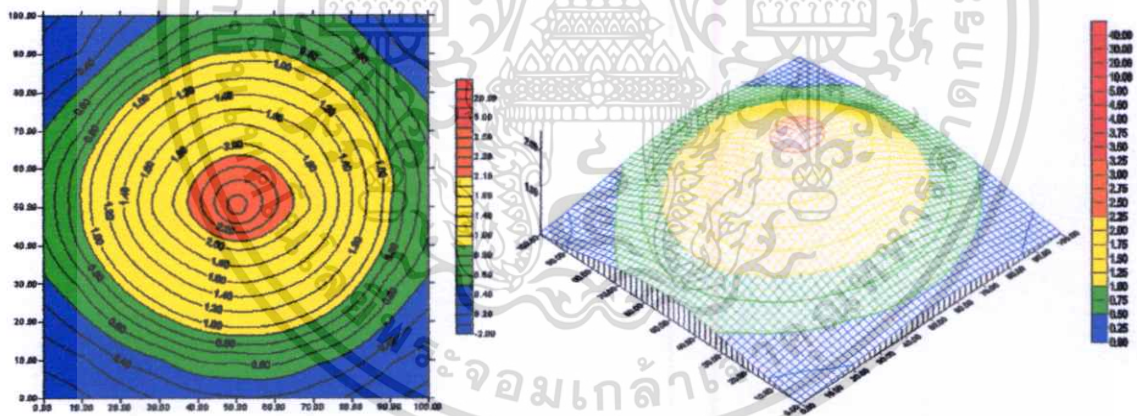
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงกว้าง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 6

ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.
ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 85,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

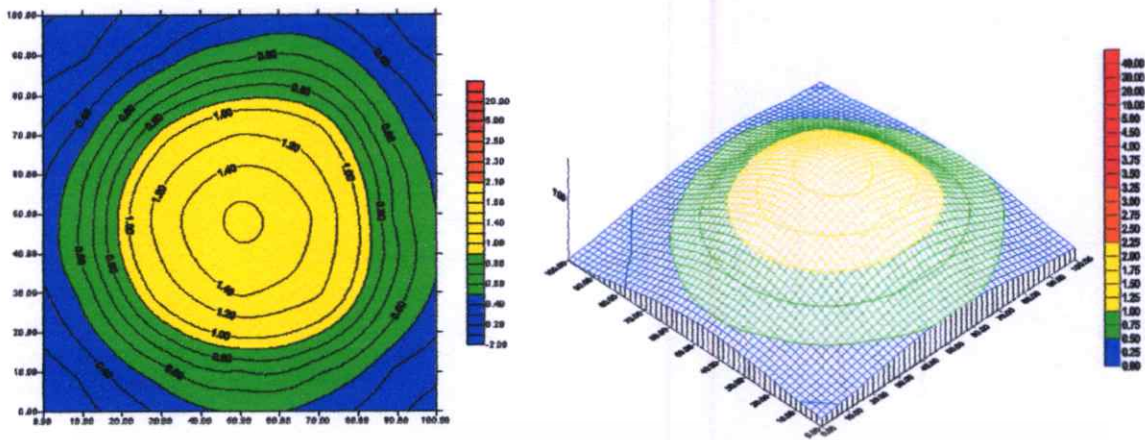


รูปที่ 4.41 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-1 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงแนวยาวตั้งฉาก
วัสดุสีขาวด้าน วางแนวทิศเหนือ-ใต้

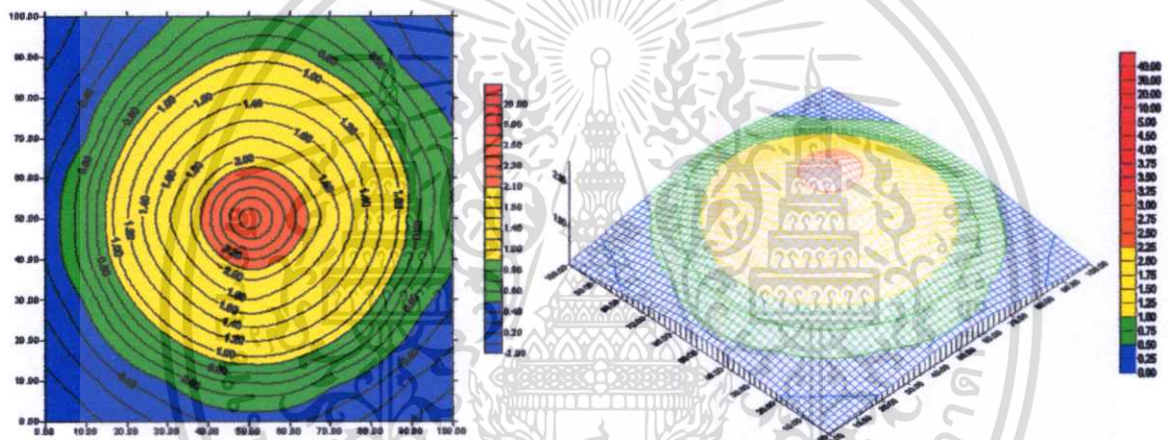


รูปที่ 4.42 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-2 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงแนวยาวตั้งฉาก
วัสดุสีขาวด้าน วางแนวทิศตะวันออก-ตะวันตก

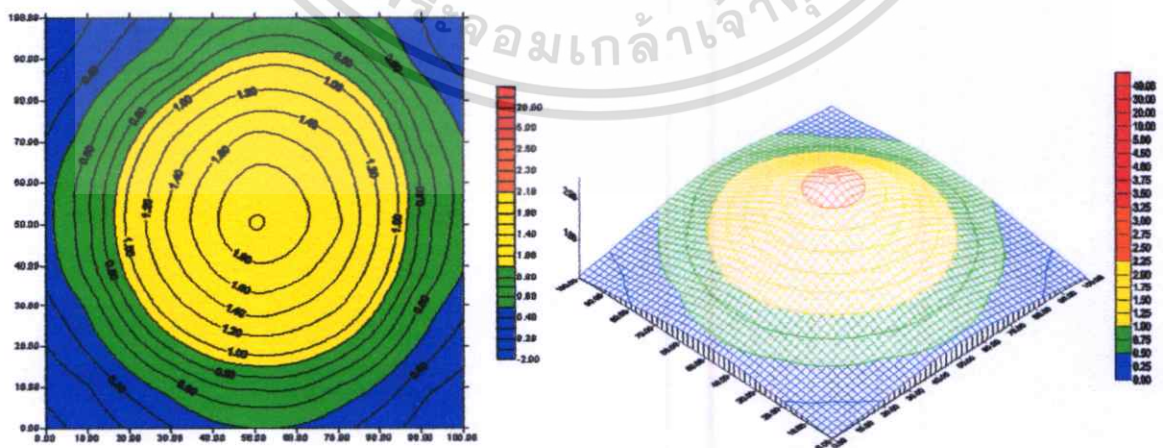
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.43 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-3 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงในแนวยาวเอียง 30° สีขาวด้าน

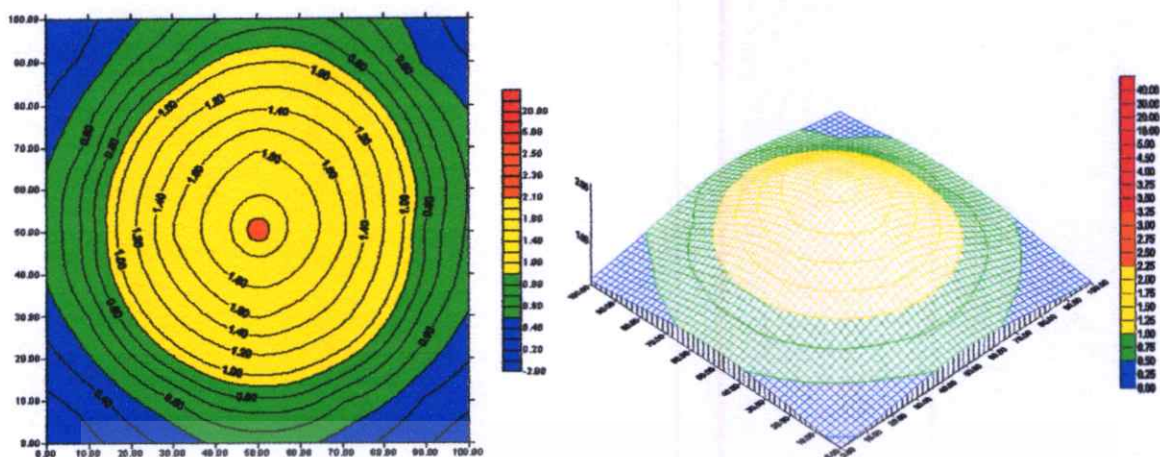


รูปที่ 4.44 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-4 แผ่นกรองแสงระแนงวางเรียงสลับเป็นตาราง วัสดุสีขาวด้าน



รูปที่ 4.45 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-5 แผ่นกรองแสงเป็นกระจกฝ้าแผ่นเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

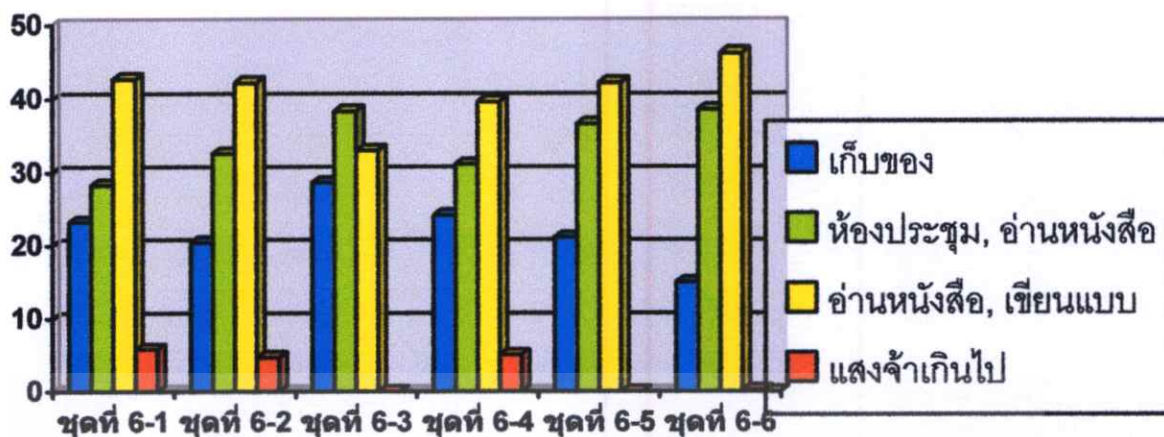


รูปที่ 4.46 แสดงผลชุดการทดลองที่ 6-6 ผ่านกรองแสงเป็นแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่น Opal

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการศึกษาชุดที่ 6	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 6-1	ชุดที่ 6-2	ชุดที่ 6-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บ้านไค,	23.19	20.41	28.61
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ริม-คิน	28.25	32.63	38.35
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	42.77	42.29	33.04
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	5.79	4.67	0

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลการศึกษาชุดที่ 6	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 6-4	ชุดที่ 6-5	ชุดที่ 6-6
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บ้านไค,	24.18	21.09	14.98
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ริม-คิน	31.16	36.64	38.56
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	39.63	42.27	46.22
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	5.03	0	0.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.47 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน

4.2.6.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการทดลองการศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายในทั้ง 6 แบบพบว่าค่าความสว่างภายในของหน่วยทดลองทั้งหมด แตกต่างกันดังนี้ ชุดการทดลองที่ 6-1, 6-2, และ 6-4 มีประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกันเมื่อพิจารณาจากปริมาณพื้นที่ของคุณภาพความสว่างในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีอยู่ที่ 42.77%, 42.29% และ 39.63% ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาจากผังสีแสดงปริมาณความสว่างจะพบว่า ชุดการทดลองที่ 6-1 มีลักษณะระดับความสว่างที่ยาวรีไปในแกนเหนือใต้ จึงเหมาะกับลักษณะห้องที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ชุดการทดลองที่ 6-2 ก็ให้ผลเช่นเดียวกันแต่ระดับจะวางตัวในแนวตะวันออก-ตะวันตกมากกว่า ส่วนชุดการทดลองที่ 6-4 แสดงระดับความสว่างเป็นวงกลมกระจายออกทุกทิศทางอย่างสม่ำเสมอ จึงเหมาะกับพื้นที่ห้องที่เป็นจัตุรัส แต่พื้นที่ความสว่างในระดับใช้งานได้ดีจะลดลงเล็กน้อย ส่วนการทดลองที่ 5-3 การวางแผ่นกรองแสงเอียง 30 องศาสามารถลดปริมาณพื้นที่ความสว่างในระดับที่มากเกินไปลงได้หมด แต่ความสว่างในระดับที่ใช้งานได้ดีมีปริมาณพื้นที่ลดลงอยู่ที่ 33.04% เท่านั้นเอง ชุดการทดลองที่ 6-5 และ 6-6 ให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันระหว่างกระจกฝ้ากับแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีทึบคือมีปริมาณพื้นที่ที่มีความสว่างภายในระดับใช้งานได้ดีค่อนข้างสูงถึง 42.27% และ 46.22% และเมื่อพิจารณาจากผังสีแสดงปริมาณความสว่างจะพบว่าทั้งสองการทดลองนี้ให้ลักษณะการกระจายแสงที่สม่ำเสมอทุกทิศทาง โดยที่ชุดการทดลองที่ 6-6 ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีมากกว่า และมีในระดับที่พอใช้งานได้ค่อนข้างสูง 38.56% ส่วนที่มีดวงเกินไปก็มีปริมาณน้อยที่สุดเพียง 14.98% และพิจารณาถึงราคาค่าก่อสร้างมาประกอบด้วยแล้ว แผ่นกรองแสงแบบโพลี-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คาร์บอนเตให้ผลต่อแสงภายในได้ดีกว่า แต่ถ้าพิจารณาถึงความทนทานกระจกฝ้าก็จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

4.2.7 ผลการศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน

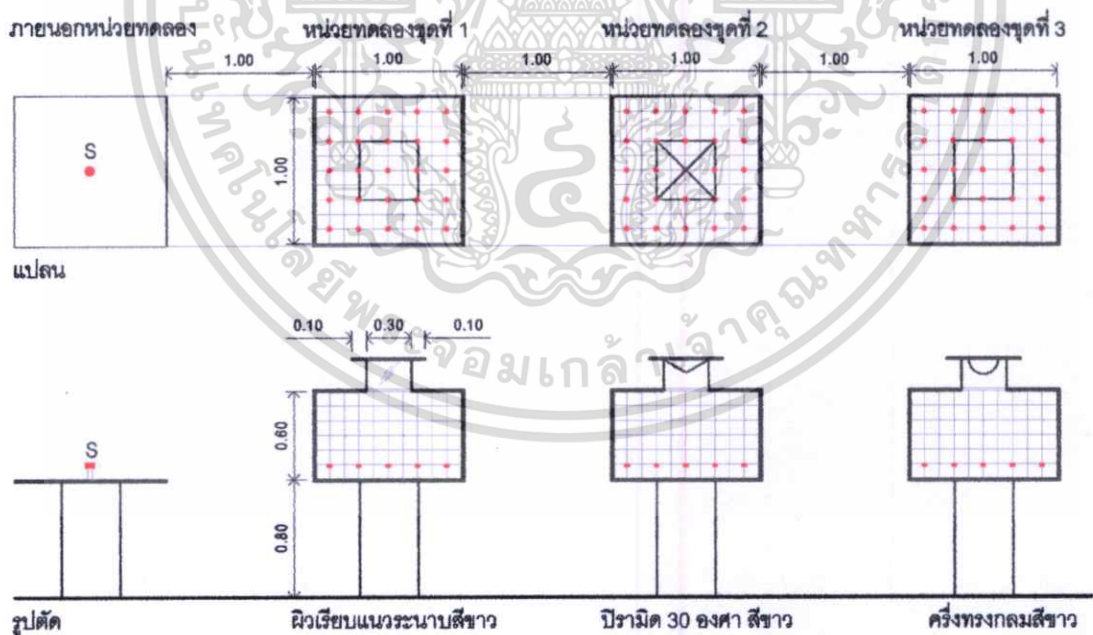
4.2.7.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล
- รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอริเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้าน
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
- ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร
- ระยะยื่นของชายคาส่วนหลังคาของช่องเปิด

(2) ตัวแปรที่ต้องการทำการศึกษา

- รูปแบบของผิวสะท้อนแสงภายใน



รูปที่ 4.48 แสดงแปลน, รูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผิวเรียบแนวระนาบสีขาว



ปิรามิดเอียง 30° สีขาวด้าน



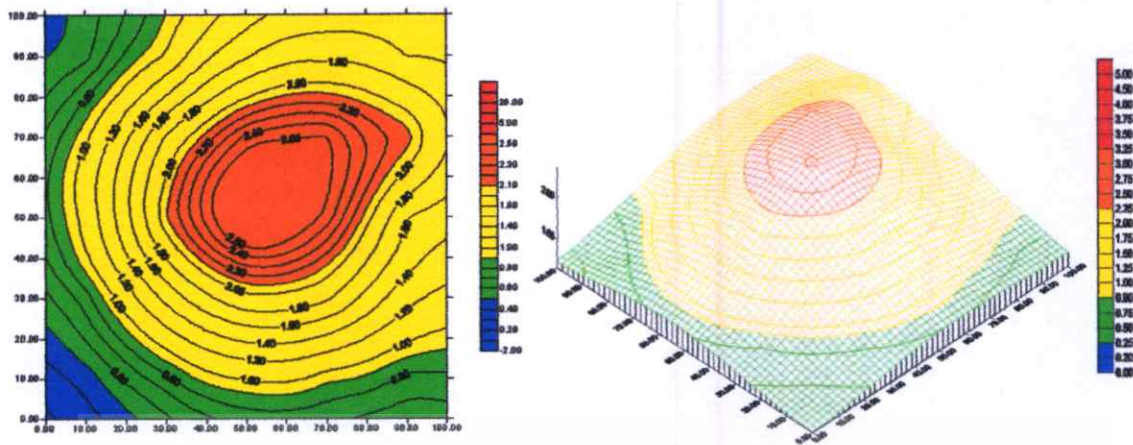
ครึ่งทรงกลมสีขาว

รูปที่ 4.49 แสดงภาพการทดลองที่ 7 รูปแบบพื้นผิวด้านแสงภายใน 3 แบบ

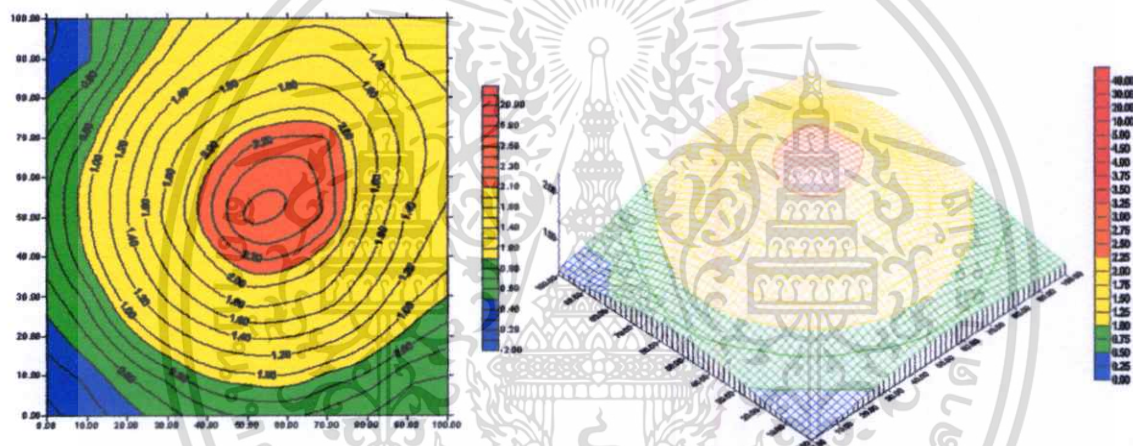
4.2.7.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 6

ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.
ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 70,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

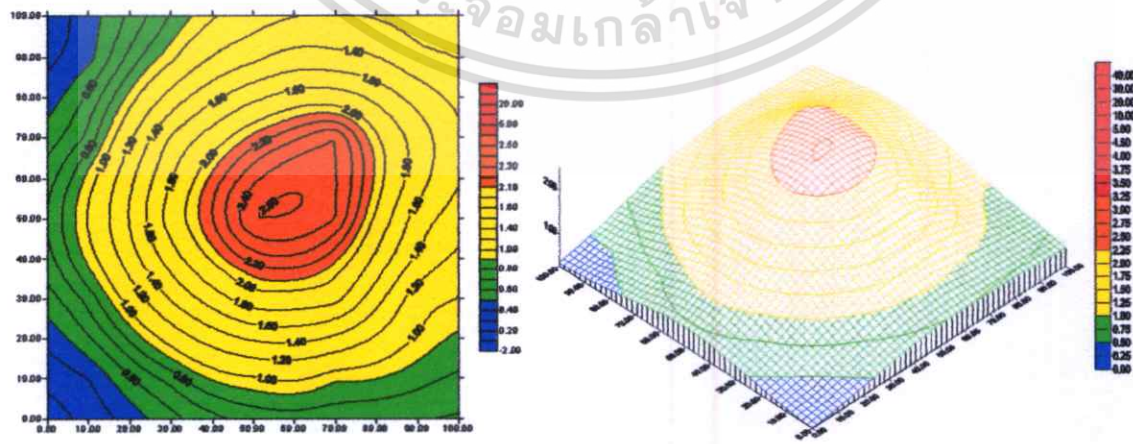
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-1 พื้นผิวแบนเรียบสีขาว



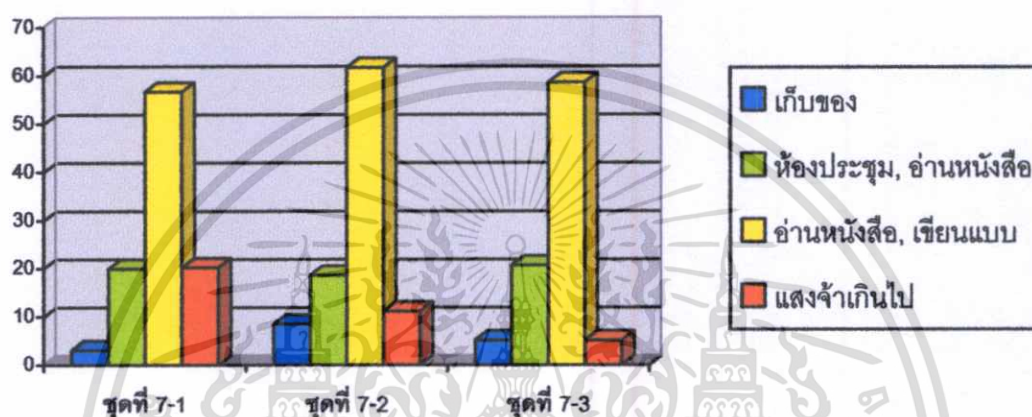
รูปที่ 4.51 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-2 พื้นผิวปิรามิดเฉียงลงเป็นมุม 30° สีขาวด้าน



รูปที่ 4.52 แสดงผลชุดการทดลองที่ 7-3 ผิวโค้งนูนครึ่งทรงกลมสีขาวด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการศึกษารูปที่ 7	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 7-1	ชุดที่ 7-2	ชุดที่ 7-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บ้านโค,	3.08	8.52	5.13
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ยืม-คืน	19.98	18.61	20.69
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	56.69	61.70	58.65
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	20.25	11.17	5.13



รูปที่ 4.53 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบผิวสะท้อนแสงภายใน

4.2.7.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่ารูปทรงของผิวสะท้อนแสงภายในแบบปิรามิดเอียง 30 องศา และรูปแบบครึ่งทรงกลมให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน มีปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีอยู่ที่ 61.70% และ 58.65% รูปแบบครึ่งทรงกลมมีปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างน้อยเกินไปอยู่ที่ 5.13% น้อยกว่าแบบปิรามิดอยู่ 3.39% ส่วนในระดับพอใช้อยู่ที่ 20.69% มากกว่าแบบปิรามิดอยู่ 2.08% เมื่อพิจารณาถึงวิธีการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมแล้วนั้น จึงสรุปได้ว่ารูปทรงปิรามิดเอียง 30 องศาเหมาะสมที่สุด

4.2.8 ผลการศึกษารูปแบบและวัสดุผิวสะท้อนแสงภายใน

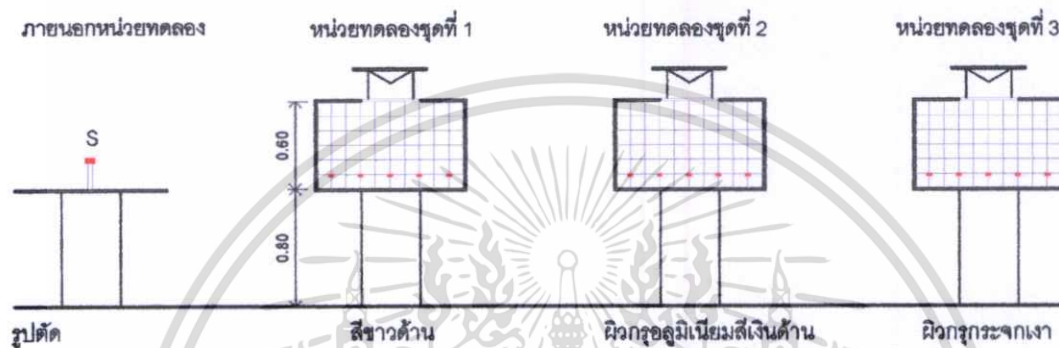
4.2.8.1 ตัวแปร

(1) ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติหน่วยทดลอง
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการเก็บข้อมูล
- อุปกรณ์การเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปแบบของช่องเปิดเป็นแบบมอนิเตอร์เปิดรับแสงทั้ง 4 ด้านไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

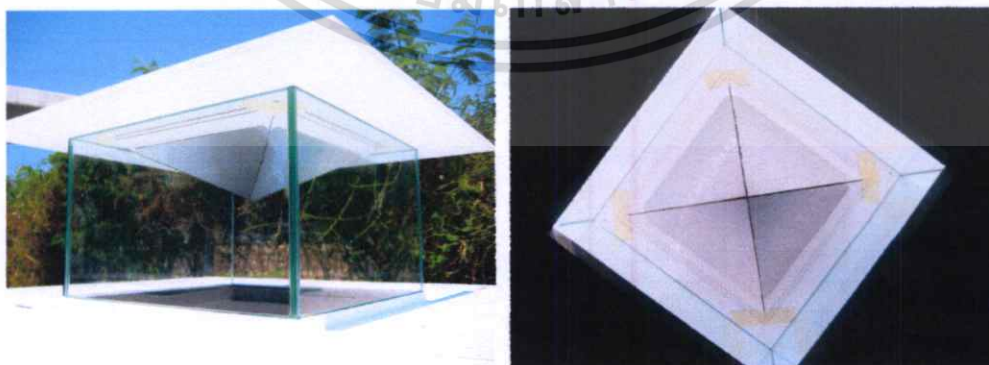
- ความกว้างของช่องเปิดแนวระนาบทั้ง 3 หน่วยทดลองที่ 30 x 30 เซนติเมตร
 - ขนาดความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร
 - ระยะยื่นของชายคาส่วนหลังคาของช่องเปิด
 - รูปแบบของผิวสะท้อนแสงภายใน
- (2) ตัวแปรที่ต้องการทำการการศึกษา
- วัสดุผิวของผิวสะท้อนแสงภายใน



รูปที่ 4.54 แสดงรูปตัด และตำแหน่งการบันทึกข้อมูลการทดลองที่ 7



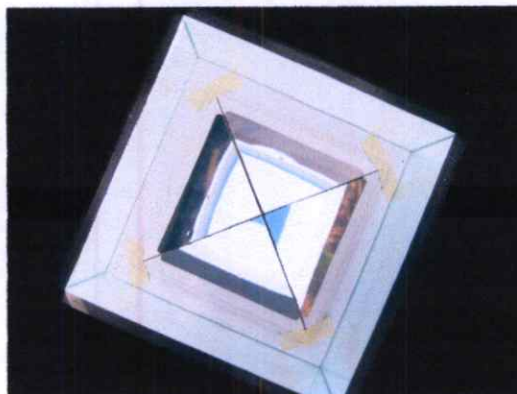
วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในสีขาวด้าน



วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในอลูมิเนียมลายขนแมว

รูปที่ 4.55 แสดงรูปการทดลองที่ 7 วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในสีขาวด้าน และ อลูมิเนียมลายขนแมว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

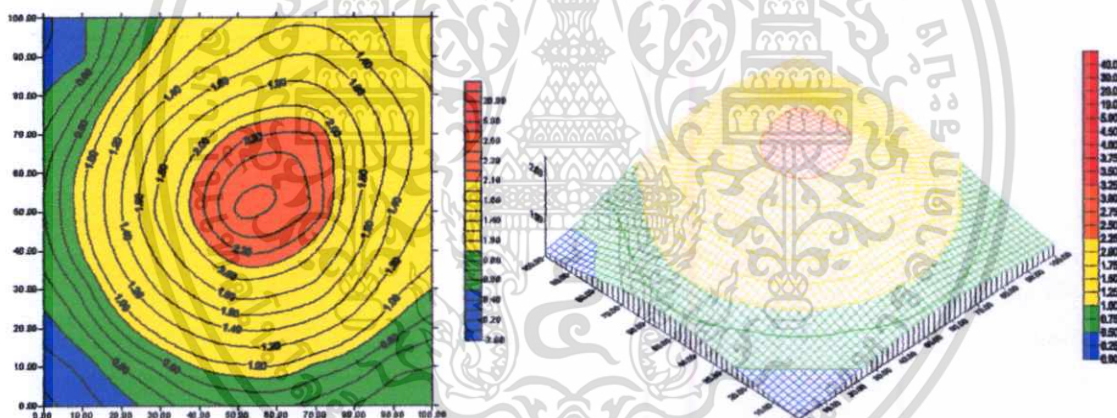


รูปที่ 4.56 แสดงรูปการทดลองที่ 7 วัสดุผิวสะท้อนแสงภายในกรงผิวกระจกเงา

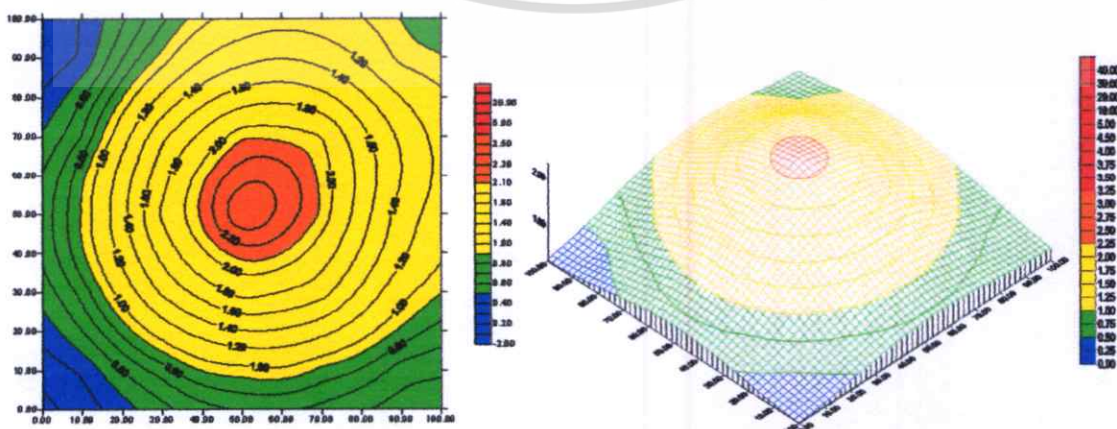
4.2.8.2 ผลการทดลองการศึกษาชุดที่ 6

ทำการเก็บผลการทดลองในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ เวลาประมาณ 11.00 – 15.00 น.

ความสว่างภายนอกเฉลี่ยอยู่ที่ 77,000 lux สภาพท้องฟ้าโปร่งมีเมฆเล็กน้อย

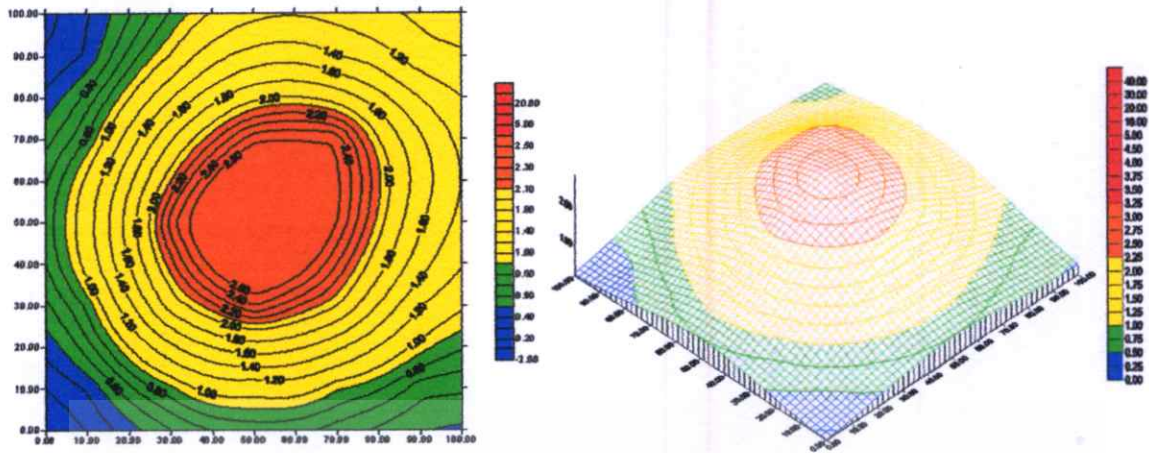


รูปที่ 4.57 แสดงผลชุดการทดลองที่ 8-1 พีรามิดผิวเรียบสีขาวด้าน



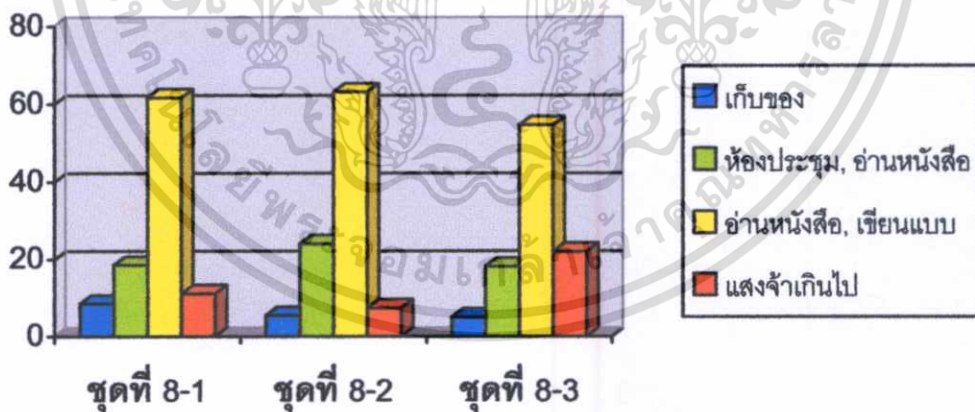
รูปที่ 4.58 แสดงผลชุดการทดลองที่ 8-2 ผิวเรียบกลมามีเนตผิวอลูมิเนียมสีธรรมชาติลายขนแมว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็น ใบเขียวประเขยขนตามการคำ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.59 แสดงผลชุดทดลองที่ 8-3 มิวเรียบกรุลามิเนต มิวกระจกเงา (Poly-Mirror)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการศึกษาชุดที่ 8	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)	พื้นที่ (%)
ลักษณะงานที่ทำ	ชุดที่ 8-1	ชุดที่ 8-2	ชุดที่ 8-3
ที่เก็บของ, ทางเดิน, บันได,	8.52	5.43	5.05
โต๊ะอ่านหนังสือ, ห้องประชุม, เคา์นเตอร์ยืม-คืน	18.61	24.07	18.22
สำนักงาน, อ่านหนังสือ, เขียนแบบ	61.70	63.12	54.67
แสงจ้าเกินไปไม่เหมาะใช้งาน	11.17	7.38	22.06



รูปที่ 4.60 แสดงกราฟสรุปผลการศึกษารูปแบบและวัสดุกรุผิวสะท้อนแสงภายใน

4.2.8.3 สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษาพบว่าชนิดของวัสดุกรุผิวที่ให้ประสิทธิภาพผลมากที่สุดคือ ลามิเนตมิว อลูมินัมลายขนแมว เพราะมีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีมากที่สุดอยู่ที่ 63.12% มีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินไปน้อยที่สุดอยู่ที่ 7.38% และปริมาณพื้นที่ที่เอกสารถนี้เป็นเอกสารถที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสว่างภายในระดับพอใช้มากที่สุดถึง 24.07% แสดงว่าวัสดุลูมิเนียมมีคุณสมบัติช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น และลดการสะท้อนแสงตรงเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น ส่วนวัสดุผิวเรียบสีขาวด้านมีปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้ดีใกล้เคียงกันกับแบบลูมิเนียมคือ 61.70% แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างในระดับที่มากเกินไป 11.17% มากกว่าลูมิเนียมอยู่ 3.79% และปริมาณพื้นที่ที่มีความสว่างน้อยเกินไปก็ยิ่งสูงที่สุดที่ 8.52% ส่วนชุดการทดลองที่ 8-3 กรูกระเจงาให้ผลที่ไม่ดีนักเพราะจากการสะท้อนแสงทำให้ปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินไปเพิ่มสูงขึ้นถึง 20.06% และยังมีแสงตรงผ่านเข้าสู่ภายในด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาขนาดช่องเปิดแนวระนาบภายในของช่องเปิดแบบหลังคามอนิเตอร์พบว่า ขนาด 30×30 เซนติเมตร (ชุดการทดลองที่ 1-2) และความสูงขนาด 20 และ 30 เซนติเมตร (ชุดการทดลองที่ 2-2 และ 2-3) มีปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 43.75% และ 45.30% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันมาก หากพิจารณาถึงมูลค่าของการก่อสร้างด้วยแล้ว จึงสรุปที่ความสูงของช่องเปิดแนวตั้งที่ 20 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละช่องเปิดแนวระนาบที่ปริมาณร้อยละ 9 และความสูงของช่องเปิดมีอัตราส่วนที่ 2 : 3 เปรียบเทียบเท่ากับกระจกสูง 2.00 เมตร ในมาตราส่วน 1 : 10 จึงเหมาะสมมากกว่าที่จะนำไปใช้หรือ พัฒนาต่อไป

การศึกษาปริมาณความสว่างกับระยะความสูงของเพดานที่เหมาะสมพบว่า ระยะความสูงของเพดานที่ 6.00 เมตรให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ทั้งกับช่องเปิดสูง 20 และ 30 เซนติเมตร คือมีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 43.75% และ 45.30% และค่อยๆลดลงตามระยะความสูงของฝ้าเพดานที่ลดลง ส่วนระยะความสูงเพดานที่ 5.00 เมตร และ 4.00 เมตร ให้ประสิทธิภาพความสว่างภายในที่ใช้งานได้ใกล้เคียงกัน คือมีปริมาณพื้นที่ที่มีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 35.61% และ 36.69% จึงสามารถสรุปได้ว่าที่ระยะความสูงของเพดานที่ 6.00 เมตรดีที่สุดสำหรับพื้นที่ 10.00×10.00 ตารางเมตร ความสูงของช่องเปิดไม่มีผลสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างพื้นที่ใช้งานกับฝ้าเพดาน และพบว่าการเปิดรับแสงทั้ง 4 ด้านให้ประสิทธิภาพที่ดีที่สุด คือมีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในที่ใช้งานได้มากที่สุดถึง 43.75% แต่มีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างที่มากเกินไปมากที่สุดเช่นกันคืออยู่ที่ 35.00% ทิศเหนือไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของความสว่างภายใน แต่ให้ประสิทธิภาพที่น่าสนใจคือมีปริมาณความสว่างที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ แต่มีปริมาณน้อยมากคือมีความสว่างในระดับที่ใช้งานไม่ได้ 100% ซึ่งอาจจะต้องปรับความสูงและความกว้างของช่องเปิดเพิ่มขึ้นเพื่อเพิ่มปริมาณแสง

สำหรับระยะการยื่นชายคาของหลังคาช่องเปิดแบบหลังคามอนิเตอร์พบว่า ระยะยื่น 2 ใน 3 ของความสูงช่องเปิดแนวตั้ง ให้ค่าความสว่างภายในในระดับที่ใช้งานได้มีปริมาณพื้นที่มากที่สุด 65.80% การยื่นชายคาที่มากหรือน้อยเกินไปมีผลต่อความสว่างภายใน ยิ่งยื่นมากก็จะยิ่งลดปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างที่มากเกินไปลง แต่ก็ทำให้เพิ่มปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างไม่เพียงพอมากขึ้นไปด้วย ส่วนการยื่นชายคาที่น้อยจนเกินไปทำให้เกิดพื้นที่ที่มีปริมาณความสว่างมากเกินไปสูงเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

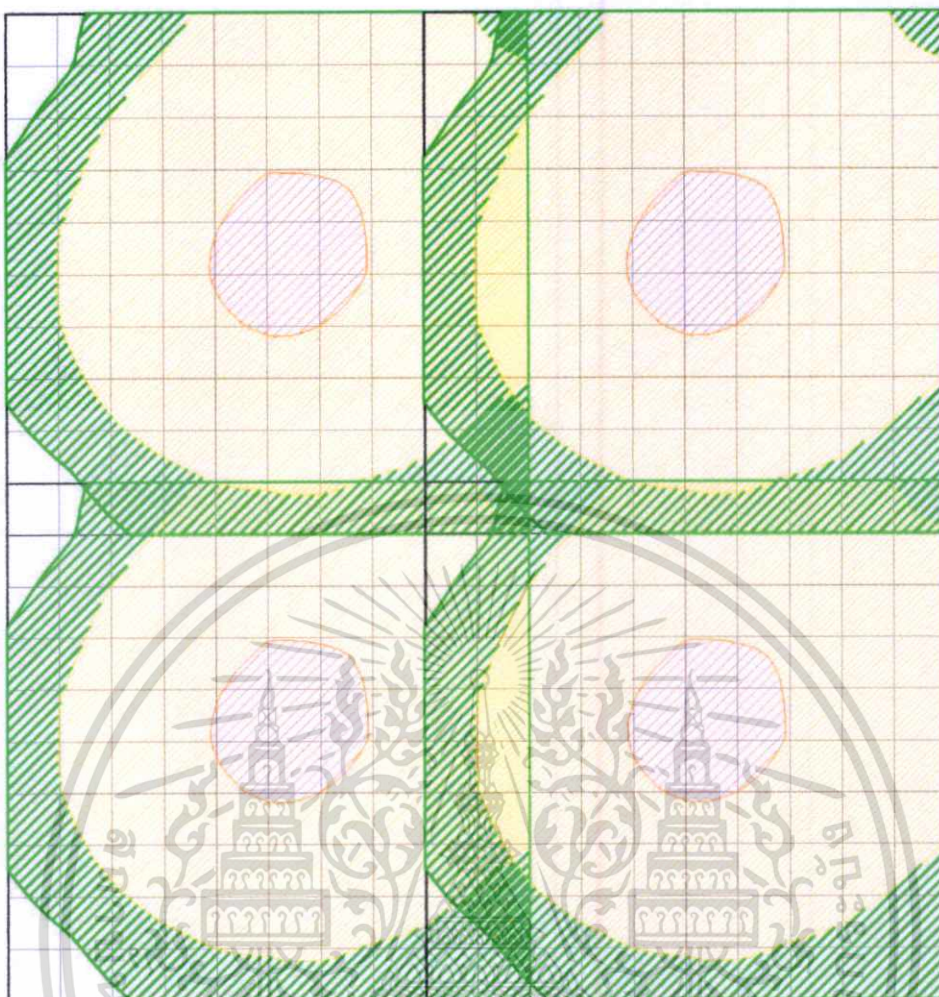
การศึกษาเรื่องการกรองแสงนั้นพบว่า ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกันระหว่างกระจกฝ้ากับแผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขุ่นคือมีปริมาณพื้นที่ที่มีความสว่างภายในระดับใช้งานได้ดีค่อนข้างสูงถึง 42.27% และมีในระดับที่พอใช้งานได้ค่อนข้างสูง 38.56% ส่วนที่มีตจนเกินไปก็มีปริมาณน้อยที่สุดเพียง 14.98% และพิจารณาถึงราคาค่าก่อสร้างมาประกอบด้วยแล้ว แผ่นกรองแสงแบบโพลีคาร์บอเนตให้ผลต่อแสงภายในได้ดีกว่า แต่ถ้าพิจารณาถึงความทนทานกระจกฝ้าก็จะมีประสิทธิภาพที่ดีกว่า

การศึกษาเรื่องรูปทรงของผิวสะท้อนแสงภายใน พบว่ารูปทรงของผิวสะท้อนแสงภายในแบบปิรามิดเอียง 30 องศาและรูปแบบครึ่งทรงกลมให้ประสิทธิภาพที่ใกล้เคียงกัน มีปริมาณพื้นที่ที่ค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้คืออยู่ที่ 61.70% และ 58.65% และเมื่อพิจารณาถึงวิธีการก่อสร้างงานสถาปัตยกรรมแล้วนั้น จึงสรุปได้ว่ารูปทรงปิรามิดเอียง 30 องศาเหมาะสมที่สุด และเมื่อเพิ่มวัสดุกรุผิวเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการสะท้อนและกระจายแสงปรากฏว่าชนิดของวัสดุกรุผิวที่ให้ประสิทธิผลมากที่สุดคือ ลามิเนตผิวอลูมิเนียมลายขนแมว เพราะมีค่าความสว่างภายในในระดับที่สามารถใช้งานได้มากที่สุดอยู่ที่ 63.12% มีปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างมากเกินไปน้อยที่สุดอยู่ที่ 7.38% และปริมาณพื้นที่ที่ความสว่างภายในระดับพอใช้มากที่สุดถึง 24.07% แสดงว่าวัสดุอลูมิเนียมมีคุณสมบัติช่วยในการกระจายแสงเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น และลดการสะท้อนแสงตรงเข้าสู่ภายในได้มากขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้

การวิจัยนี้ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบจากแสงสะท้อนของฝ้าเพดาน, ผนัง และพื้นที่อาจจะเพิ่มความสว่างภายในห้องได้ เพราะต้องการวัดเฉพาะค่าความสว่างที่ผ่านทางช่องเปิดด้านบนเท่านั้น ทั้งนี้แล้วจากการศึกษาทั้งหมดที่กล่าวมาผู้วิจัยแนะนำให้นำข้อมูลไปใช้ในลักษณะที่ไม่ลดทอนอัตราส่วนใดๆ เพราะการศึกษานี้ยังไม่ได้พิสูจน์ว่า สัดส่วนต่างๆของช่องเปิดและปริมาตรภายในที่ได้มานั้นจะมีประสิทธิผลที่แปรตามกันเป็นเส้นตรง และยังไม่ได้พิสูจน์เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนของสัดส่วนต่างๆเมื่ออัตราส่วนได้เปลี่ยนไป (Correction Factor)

การนำผลการวิจัยไปใช้นั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงขนาดพื้นที่และสัดส่วนของอาคารที่ออกแบบ เนื่องจากแสงจากช่องเปิดด้านบนมีลักษณะการผ่านเข้าสู่ภายในเป็นรูปกรวย และกระจายแสงออกทุกทิศทาง ซึ่งมักจะเกิดบริเวณที่มีตเกินไปในบริเวณมุมของหน่วยทดลอง ดังนั้นการนำช่องเปิดด้านบนแบบหลังคามอนิเตอร์ไปใช้ ควรจัดวางไว้ในลักษณะพื้นที่ที่เหลื่อมซ้อนกัน เพื่อกระจายแสงให้สม่ำเสมอทั่วบริเวณและไม่มีบริเวณที่มีตเกินไป ดังรูปที่ 5.1 เป็นตัวอย่าง เป็นต้น



รูปที่ 5.1 แสดงการวางเหลี่ยมซ้อนของแปลนสำหรับการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] กฤษกรก สุทัศน์ ณ อยุธยา : **แสงธรรมชาติในอาคาร** : กรุงเทพมหานคร, บริษัท มิสเตอร์ก๊อปปี พับลิชชิ่ง จำกัด, 2549
- [2] ชำนาญ ห่อเกียรติ : **เทคนิคการส่องสว่าง** : กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2540
- [3] ตรึงใจ บุรณสมภพ : **การออกแบบอาคารที่มีประสิทธิภาพในการประหยัดพลังงาน** : บริษัทอมรินทร์ พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน) , 2539
- [4] ธีรมน ไวโรจนกิจ : **เอกสารประกอบการสอนวิชาแสงสว่างกับงานสถาปัตยกรรม** : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2547
- [5] วิรัช อธิกุล : **ศึกษารูปแบบช่องเปิดรับแสงสว่างธรรมชาติด้านบนที่ไม่เพิ่มภาระการนำความร้อนเข้าสู่อาคาร**, 2548
- [6] สมสิทธิ์ นิตยะ : **การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น** : กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541
- [7] เรณู ด่านกุล : **การออกแบบห้องสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในสถานศึกษา กรณีศึกษา อาคารเรียนมัธยมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร**, 2544
- [8] *Ander Gregg D., Daylighting Performance and Design. AIA : John Willey & Sons, INC, NY, 1995*
- [9] *Egan David M. and Olgay Victor , Architectural Lighting Second Edition. McGraw-Hill Higher Education ,2002*
- [10] *Egan David M. , Concept in Architectural Lighting. McGraw-Hill Book Company, 1983*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [11] Fontoynt Marc Edited by, **Daylight Performance of Building**. Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Lyons, France, 1999
- [12] Moore Fuller, **Concept and Practice of Architectural Daylighting**. Van Nostrand Reinhold Company, NY , 1985



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่	1	เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน						
วันที่	25/1/1952	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 1-1 ขนาดช่องเปิดแนวระนาบขนาด 20 x 20 ซม.								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	767	762	753	646	747	538	755.67	648.67	0.86
2	762	35,800	755	32,800	749	37,600	755.33	35,400.00	46.87
3	761	1,920	755	2,090	749	2,120	755.00	2,043.33	2.71
4	766	655	754	529	748	553	756.00	579.00	0.77
5	756	103	751	113	746	105	751.00	107.00	0.14
6	752	668	753	599	747	716	750.67	661.00	0.88
7	754	1,644	749	1,612	745	1,508	749.33	1,588.00	2.12
8	754	1,524	750	1,479	745	1,500	749.67	1,501.00	2.00
9	755	725	752	773	747	745	751.33	747.67	1.00
10	755	135	752	190	747	106	751.33	143.67	0.19
11	753	519	751	508	743	499	749.00	508.67	0.68
12	754	1,049	754	1,002	744	1,020	750.67	1,023.67	1.36
13	752	1,210	751	1,185	745	1,172	749.33	1,189.00	1.59
14	751	814	749	829	747	765	749.00	802.67	1.07
15	748	359	749	381	748	360	748.33	366.67	0.49
16	773	327	771	331	757	315	767.00	324.33	0.42
17	775	602	775	665	760	612	770.00	626.33	0.81
18	777	738	772	695	761	709	770.00	714.00	0.93
19	778	482	775	483	762	465	771.67	476.67	0.62
20	778	226	772	226	764	203	771.33	218.33	0.28
21	780	156	767	174	762	170	769.67	166.67	0.22
22	778	253	767	256	758	247	767.67	252.00	0.33
23	781	318	765	316	758	365	768.00	333.00	0.43
24	784	188	769	197	759	200	770.67	195.00	0.25
25	784	127	768	130	759	134	770.33	130.33	0.17
Mean	765.12	669.61	759.16	665.04	751.88	653.13	758.72	662.59	0.87
		0.88		0.88		0.87		0.87	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.87
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่าจะอย่างไรก็ตาม ก็ให้ตัดแสงออก และต้องป้องกันแสงเข้าของเอกสารให้เรียบร้อย

การทดลองที่	1 ครั้งที่ 2	เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน							
วันที่	25/1/1952	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 1-2 ขนาดช่องเปิดแนวระนาบขนาด 30 x 30 ซม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	660	432	641	450	645	434	648.67	438.67	0.68	
2	659	619	641	644	645	597	648.33	620.00	0.96	
3	659	1,088	642	1,050	641	972	647.33	1,036.67	1.60	
4	658	1,560	641	1,450	640	1,409	646.33	1,473.00	2.28	
5	654	38,400	640	37,400	638	36,800	644.00	37,533.33	58.28	
6	648	4,910	640	4,590	634	4,440	640.67	4,646.67	7.25	
7	645	1,096	638	1,080	630	895	637.67	1,023.67	1.61	
8	644	1,614	637	1,545	632	1,367	637.67	1,508.67	2.37	
9	645	2,130	642	2,060	631	1,980	639.33	2,056.67	3.22	
10	644	31,300	642	32,200	632	31,100	639.33	31,533.33	49.32	
11	645	532	648	529	632	520	641.67	527.00	0.82	
12	645	1,083	648	1,172	629	1,133	640.67	1,129.33	1.76	
13	643	1,664	646	1,686	626	1,621	638.33	1,657.00	2.60	
14	642	1,830	645	1,780	625	1,800	637.33	1,803.33	2.83	
15	641	1,541	650	1,530	625	1,600	638.67	1,557.00	2.44	
16	623	479	608	407	591	393	607.33	426.33	0.70	
17	623	821	607	761	594	750	608.00	777.33	1.28	
18	623	1,096	604	1,080	591	1,057	606.00	1,077.67	1.78	
19	619	1,074	601	1,128	593	1,089	604.33	1,097.00	1.82	
20	620	786	601	776	591	535	604.00	699.00	1.16	
21	615	268	599	212	588	215	600.67	231.67	0.39	
22	615	413	596	382	589	398	600.00	397.67	0.66	
23	614	558	598	537	590	534	600.67	543.00	0.90	
24	613	545	597	544	592	547	600.67	545.33	0.91	
25	616	455	593	460	589	453	599.33	456.00	0.76	
Mean	636.52	1,196.64	625.80	1,165.50	616.52	1,114.73	626.28	1,158.95	1.85	
		1.88		1.86		1.81		1.85		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.87
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.87
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ก็ทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งสิ่งปลูกสร้าง และต้องอ้างอิงถึงเงาของอาคารทุกครั้งที่มีเงาบังไว้

การทดลองที่	1	เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวระนาบภายใน							
วันที่	24/1/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 1-3 ขนาดช่องเปิดแนวระนาบขนาด 40 x 40 ซม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	776	1,190	785	802	784	1,105	781.67	1,032.33	1.32	
2	778	2,300	785	2,120	788	2,600	783.67	2,340.00	2.99	
3	778	2,960	787	2,760	796	3,110	787.00	2,943.33	3.74	
4	772	2,320	789	2,190	797	2,510	786.00	2,340.00	2.98	
5	772	1,288	788	1,121	795	1,278	785.00	1,229.00	1.57	
6	776	1,646	792	1,683	791	1,649	786.33	1,659.33	2.11	
7	774	40,600	790	41,300	790	32,600	784.67	38,166.67	48.64	
8	772	44,400	788	44,900	791	46,000	783.67	45,100.00	57.55	
9	771	3,220	786	32,400	794	45,000	783.67	26,873.33	34.29	
10	774	1,469	783	1,386	781	1,463	779.33	1,439.33	1.85	
11	778	1,498	785	1,502	782	1,473	781.67	1,491.00	1.91	
12	779	2,700	788	2,730	787	2,580	784.67	2,670.00	3.40	
13	784	3,590	782	3,640	790	3,470	785.33	3,566.67	4.54	
14	781	2,730	785	2,770	789	2,720	785.00	2,740.00	3.49	
15	780	1,573	787	1,484	800	1,413	789.00	1,490.00	1.89	
16	799	1,109	781	1,171	796	1,084	792.00	1,121.33	1.42	
17	807	1,730	780	1,720	797	1,800	794.67	1,750.00	2.20	
18	805	2,080	787	2,100	799	2,130	797.00	2,103.33	2.64	
19	808	1,770	798	1,730	798	1,710	801.33	1,736.67	2.17	
20	811	1,040	807	551	798	1,080	805.33	890.33	1.11	
21	805	593	805	704	802	625	804.00	640.67	0.80	
22	802	958	801	959	800	987	801.00	968.00	1.21	
23	799	1,129	800	1,099	799	1,093	799.33	1,107.00	1.38	
24	792	890	799	895	799	900	796.67	895.00	1.12	
25	787	571	795	682	807	614	796.33	622.33	0.78	
Mean	786.40	1,741.10	790.12	1,678.48	794.00	1,751.43	790.17	1,721.59	2.18	
		2.21		2.12		2.21		2.18		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	2.18
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	2.18
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	2.18
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่าค่าในตารางนี้ อีกทั้งห้ามให้ตัดแสงลงบนผิว และต้องอ้างอิงกับเงาของอาคารที่ตรงพื้นที่นั้นๆไว้

การทดลองที่	2	เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวตั้งภายนอก (อ้างอิงขนาดช่องเปิดแนวระนาบจากการทดลองครั้งที่ 1)							
วันที่	1/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 2-1 ขนาดช่องเปิดแนวตั้งสูง 10 ซม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	739	532	670	443	650	485	686.33	486.67	0.71	
2	747	1,044	681	806	661	642	696.33	830.67	1.19	
3	749	1,257	680	1,128	678	1,201	702.33	1,195.33	1.70	
4	745	1,157	680	1,206	674	1,127	699.67	1,163.33	1.66	
5	749	712	689	700	672	729	703.33	713.67	1.01	
6	737	711	685	651	674	567	698.67	643.00	0.92	
7	730	1,460	688	1,253	671	1,225	696.33	1,312.67	1.89	
8	735	20,200	684	20,900	671	20,300	696.67	20,466.67	29.38	
9	726	2,420	689	2,560	675	2,050	696.67	2,343.33	3.36	
10	708	788	691	725	677	716	692.00	743.00	1.07	
11	688	695	699	501	689	533	692.00	576.33	0.83	
12	666	1,200	698	1,212	690	1,168	684.67	1,193.33	1.74	
13	654	1,469	700	1,497	692	1,547	682.00	1,504.33	2.21	
14	681	1,249	702	1,130	695	1,198	692.67	1,192.33	1.72	
15	690	528	699	533	699	582	696.00	547.67	0.79	
16	687	655	665	580	667	599	673.00	611.33	0.91	
17	676	890	664	946	654	955	664.67	930.33	1.40	
18	678	1,094	668	1,104	638	1,070	661.33	1,089.33	1.65	
19	677	764	664	777	630	762	657.00	767.67	1.17	
20	674	379	667	356	630	371	657.00	368.67	0.56	
21	672	322	677	353	618	396	655.67	357.00	0.54	
22	684	511	690	508	624	544	662.67	521.00	0.79	
23	687	599	680	595	607	596	658.00	596.67	0.91	
24	667	377	673	388	608	360	649.33	375.00	0.58	
25	669	182	671	187	609	170	649.67	179.67	0.28	
Mean	700.60	904.91	681.76	867.48	658.12	844.48	680.16	872.29	1.28	
		1.29		1.27		1.28		1.28		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.28
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่	2		เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวตั้งภายนอก (อ้างอิงขนาดช่องเปิดแนวระนาบจากการทดลองครั้งที่ 1)						
วันที่	1/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 2-2 ขนาดช่องเปิดแนวตั้งสูง 20 ซม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	706	833	665	680	715	710	695.33	741.00	1.07	
2	705	1,560	685	1,556	712	1,305	700.67	1,473.67	2.10	
3	698	2,220	702	2,300	712	14,740	704.00	6,420.00	9.12	
4	704	1,990	707	2,080	711	2,240	707.33	2,103.33	2.97	
5	701	1,372	722	1,235	708	1,327	710.33	1,311.33	1.85	
6	699	980	736	1,175	707	978	714.00	1,044.33	1.46	
7	696	2,150	743	2,240	708	1,920	715.67	2,103.33	2.94	
8	691	24,100	745	29,100	711	24,400	715.67	25,866.67	36.14	
9	658	21,600	743	28,100	713	27,300	704.67	25,666.67	36.42	
10	657	1,384	740	1,433	717	1,480	704.67	1,432.33	2.03	
11	633	911	742	990	714	1,103	696.33	1,001.33	1.44	
12	628	1,800	739	2,040	713	2,020	693.33	1,953.33	2.82	
13	636	2,490	741	2,810	711	2,730	696.00	2,676.67	3.85	
14	639	1,950	742	2,280	707	2,310	696.00	2,180.00	3.13	
15	648	1,000	746	969	716	1,030	703.33	999.67	1.42	
16	737	918	742	925	718	987	732.33	943.33	1.29	
17	742	1,425	746	1,496	718	1,435	735.33	1,452.00	1.97	
18	742	1,880	747	1,810	723	1,690	737.33	1,793.33	2.43	
19	742	1,138	745	1,090	723	1,151	736.67	1,126.33	1.53	
20	743	602	751	568	726	510	740.00	560.00	0.76	
21	745	578	748	673	722	516	738.33	589.00	0.80	
22	742	882	743	868	722	752	735.67	834.00	1.13	
23	740	1,003	732	972	721	881	731.00	952.00	1.30	
24	738	645	730	720	718	670	728.67	678.33	0.93	
25	744	236	733	260	719	230	732.00	242.00	0.33	
Mean	700.56	1,309.10	732.60	1,362.38	715.40	1,321.19	716.19	1,330.89	1.86	
		1.87		1.86		1.85		1.86		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.28
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้ควรตรวจสอบค่าความสว่างภายในห้องเรียน และห้องเรียนอื่นๆของอาคารทุกชั้นก่อนนำไปใช้

การทดลองที่	2		เรื่อง	การศึกษาขนาดพื้นที่ช่องเปิดรับแสงแนวตั้งภายนอก (อ้างอิงขนาดช่องเปิดแนวระนาบจากการทดลองครั้งที่ 1)					
วันที่	25/1/1952		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ					
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 2-3 ขนาดช่องเปิดแนวตั้งสูง 30 ซม.								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	660	432	641	450	645	434	648.67	438.67	0.68
2	659	619	641	644	645	597	648.33	631.50	0.97
3	659	1,088	642	1,050	641	972	647.33	1,036.67	1.60
4	658	1,560	641	1,450	640	1,409	646.33	1,473.00	2.28
5	654	38,400	640	37,400	638	36,800	644.00	37,533.33	58.28
6	648	4,910	640	4,590	634	4,440	640.67	4,646.67	7.25
7	645	1,096	638	1,080	630	895	637.67	1,088.00	1.71
8	644	1,614	637	1,545	632	1,367	637.67	1,508.67	2.37
9	645	2,130	642	2,060	631	1,980	639.33	2,056.67	3.22
10	644	31,300	642	32,200	632	31,100	639.33	31,533.33	49.32
11	645	532	648	529	632	520	641.67	527.00	0.82
12	645	1,083	648	1,172	629	1,133	640.67	1,129.33	1.76
13	643	1,664	646	1,686	626	1,621	638.33	1,657.00	2.60
14	642	1,830	645	1,780	625	1,800	637.33	1,803.33	2.83
15	641	1,541	650	1,530	625	1,600	638.67	1,557.00	2.44
16	623	479	608	407	591	393	607.33	426.33	0.70
17	623	821	607	761	594	750	608.00	777.33	1.28
18	623	1,096	604	1,080	591	1,057	606.00	1,077.67	1.78
19	619	1,074	601	1,128	593	1,089	604.33	1,097.00	1.82
20	620	786	601	776	591	535	604.00	699.00	1.16
21	615	268	599	212	588	215	600.67	231.67	0.39
22	615	413	596	382	589	398	600.00	397.67	0.66
23	614	558	598	537	590	534	600.67	543.00	0.90
24	613	545	597	544	592	547	600.67	545.33	0.91
25	616	455	593	460	589	453	599.33	456.00	0.76
Mean	636.52	1,196.64	625.80	1,165.50	616.52	1,114.73	626.28	1,162.40	1.86
		1.88		1.86		1.81		1.86	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้ต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดและเงื่อนไขการใช้งานของเอกสารทุกครั้งที่ได้รับไป

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.)						
วันที่	1/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-1 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 6.00 เมตร									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	706	833	665	680	715	710	695.33	741.00	1.07	
2	705	1,560	685	1,556	712	1,305	700.67	1,473.67	2.10	
3	698	2,220	702	2,300	712	14,740	704.00	6,420.00	9.12	
4	704	1,990	707	2,080	711	2,240	707.33	2,103.33	2.97	
5	701	1,372	722	1,235	708	1,327	710.33	1,311.33	1.85	
6	699	980	736	1,175	707	978	714.00	1,044.33	1.46	
7	696	2,150	743	2,240	708	1,920	715.67	2,103.33	2.94	
8	691	24,100	745	29,100	711	24,400	715.67	25,866.67	36.14	
9	658	21,600	743	28,100	713	27,300	704.67	27,700.00	39.31	
10	657	1,384	740	1,433	717	1,480	704.67	1,432.33	2.03	
11	633	911	742	990	714	1,103	696.33	1,001.33	1.44	
12	628	1,800	739	2,040	713	2,020	693.33	1,953.33	2.82	
13	636	2,490	741	2,810	711	2,730	696.00	2,676.67	3.85	
14	639	1,950	742	2,280	707	2,310	696.00	1,743.00	2.50	
15	648	1,000	746	969	716	1,030	703.33	985.00	1.40	
16	737	918	742	925	718	987	732.33	1,133.67	1.55	
17	742	1,425	746	1,496	718	1,435	735.33	1,890.00	2.57	
18	742	1,880	747	2,810	723	1,690	737.33	1,553.33	2.11	
19	742	1,238	745	1,090	723	1,151	736.67	985.67	1.34	
20	743	602	751	568	726	510	740.00	595.00	0.80	
21	745	578	748	673	722	516	738.33	654.00	0.89	
22	742	882	743	868	722	752	735.67	868.67	1.18	
23	740	1,003	732	972	721	881	731.00	868.00	1.19	
24	738	645	730	720	718	670	728.67	525.00	0.72	
25	744	236	733	260	719	230	732.00	242.00	0.33	
Mean	700.56	1,355.05	732.60	1,450.45	715.40	1,321.19	716.19	1,316.29	1.84	
		1.93		1.98		1.85		1.84		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.86
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ข้างต้น และต้องอ้างอิงถึงค่าของอาคารหรือพื้นที่นั้นๆ

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.)						
วันที่	5/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพหลโยธิน						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-2 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 5.00 เมตร									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	636	335	617	320	553	320	602.00	325.00	0.54	
2	636	716	616	701	541	527	597.67	648.00	1.08	
3	634	1,485	617	1,473	535	1,003	595.33	1,320.33	2.22	
4	629	2,030	619	2,480	531	1,472	593.00	1,994.00	3.36	
5	632	1,484	620	1,523	528	1,316	593.33	1,441.00	2.43	
6	634	473	542	408	528	488	568.00	456.33	0.80	
7	636	1,283	549	1,193	527	1,129	570.67	1,201.67	2.11	
8	635	2,620	561	2,130	526	1,980	574.00	2,243.33	3.91	
9	637	26,700	567	3,020	526	2,960	576.67	10,893.33	18.89	
10	632	2,190	572	2,110	526	2,160	576.67	2,153.33	3.73	
11	591	456	605	558	572	489	589.33	501.00	0.85	
12	608	1,615	609	1,465	571	1,378	596.00	1,486.00	2.49	
13	610	2,710	609	2,330	569	2,170	596.00	2,403.33	4.03	
14	614	2,740	608	2,470	572	2,440	598.00	2,248.67	3.76	
15	621	1,578	612	1,566	573	1,534	602.00	1,193.67	1.98	
16	610	485	606	469	572	404	596.00	631.33	1.06	
17	612	978	605	1,005	572	902	596.33	1,098.67	1.84	
18	606	1,425	606	1,416	568	1,357	593.33	1,397.67	2.36	
19	606	1,368	611	1,411	566	1,317	594.33	1,172.33	1.97	
20	608	819	579	832	567	808	584.67	619.33	1.06	
21	609	245	585	231	562	234	585.33	296.00	0.51	
22	609	432	586	409	553	412	582.67	466.33	0.80	
23	612	553	586	555	545	540	581.00	2,220.67	3.82	
24	610	588	582	5,569	544	588	578.67	514.67	0.89	
25	607	354	576	368	540	368	574.33	363.33	0.63	
Mean	618.96	1,244.65	593.80	1,440.48	550.68	1,131.84	587.81	1,220.48	2.07	
		2.01		2.43		2.06		2.08		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ควรมีแสงจ้าเกินไป และต้องอ้างอิงไปถึงของเอกสารทุกครั้งที่ใช้

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.)						
วันที่	4/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-3 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 4.00 เมตร									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	796	261	778	227	823	279	799.00	255.67	0.32	
2	793	790	788	838	825	964	802.00	864.00	1.08	
3	784	2,250	795	2,050	824	1,960	801.00	2,086.67	2.61	
4	782	1,500	796	1,750	821	1,537	799.67	1,595.67	2.00	
5	782	571	799	607	819	760	800.00	646.00	0.81	
6	787	387	807	438	807	310	800.33	378.33	0.47	
7	785	1,600	812	1,690	807	1,780	801.33	1,690.00	2.11	
8	771	5,150	822	5,650	805	570	799.33	3,790.00	4.74	
9	777	3,400	824	3,480	802	3,360	801.00	3,413.33	4.26	
10	788	983	829	1,435	802	1,160	806.33	1,192.67	1.48	
11	786	1,140	778	1,484	744	1,274	769.33	1,299.33	1.69	
12	798	3,990	772	3,880	736	3,690	768.67	3,853.33	5.01	
13	807	7,240	763	6,550	732	6,710	767.33	6,833.33	8.91	
14	811	4,260	767	4,180	735	4,190	771.00	3,130.33	4.06	
15	812	942	715	941	737	978	754.67	899.33	1.19	
16	806	829	746	778	744	651	765.33	1,060.00	1.39	
17	785	1,850	741	1,700	756	1,770	760.67	2,150.00	2.83	
18	774	3,020	749	2,830	766	2,910	763.00	2,610.00	3.42	
19	766	1,780	758	1,900	762	1,870	762.00	1,423.33	1.87	
20	726	538	761	620	763	603	750.00	502.00	0.67	
21	715	378	780	365	760	374	751.67	476.33	0.63	
22	654	750	788	677	765	709	735.67	751.33	1.02	
23	569	944	790	795	759	876	706.00	831.67	1.18	
24	723	775	791	675	779	768	764.33	635.33	0.83	
25	732	364	789	363	752	585	757.67	437.33	0.58	
Mean	764.36	1,660.48	781.52	1,701.13	777.00	1,463.00	774.29	1,552.88	2.01	
		2.17		2.18		1.88		2.01		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่า 0.1 โดยที่ 0.15 ถึง 0.25 นี้ให้ด้วยเช่นกัน อีกทั้งยังช่วยให้ลดมลภาวะแสง และต้องอ้างอิงถึงเงาของอาคารหรือสิ่งกีดขวางไม่ให้

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะความสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 30 ซม.)					
วันที่	25/1/1952		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ					
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-4 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 6.00 เมตร								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	660	432	641	450	645	434	648.67	438.67	0.68
2	659	619	641	644	645	597	648.33	620.00	0.96
3	659	1,088	642	1,050	641	972	647.33	1,036.67	1.60
4	658	1,560	641	1,450	640	1,409	646.33	1,473.00	2.28
5	654	38,400	640	37,400	638	36,800	644.00	37,533.33	58.28
6	648	4,910	640	4,590	634	4,440	640.67	4,646.67	7.25
7	645	1,096	638	1,080	630	895	637.67	1,023.67	1.61
8	644	1,614	637	1,545	632	1,367	637.67	1,508.67	2.37
9	645	2,130	642	2,060	631	1,980	639.33	2,056.67	3.22
10	644	31,300	642	32,200	632	31,100	639.33	31,533.33	49.32
11	645	532	648	529	632	520	641.67	527.00	0.82
12	645	1,083	648	1,172	629	1,133	640.67	1,129.33	1.76
13	643	1,664	646	1,686	626	1,621	638.33	1,657.00	2.60
14	642	1,830	645	1,780	625	1,800	637.33	1,803.33	2.83
15	641	1,541	650	1,530	625	1,600	638.67	1,557.00	2.44
16	623	479	608	407	591	393	607.33	426.33	0.70
17	623	821	607	761	594	750	608.00	777.33	1.28
18	623	1,096	604	1,080	591	1,057	606.00	1,077.67	1.78
19	619	1,074	601	1,128	593	1,089	604.33	1,097.00	1.82
20	620	786	601	776	591	535	604.00	699.00	1.16
21	615	268	599	212	588	215	600.67	231.67	0.39
22	615	413	596	382	589	398	600.00	397.67	0.66
23	614	558	598	537	590	534	600.67	543.00	0.90
24	613	545	597	544	592	547	600.67	545.33	0.91
25	616	455	593	460	589	453	599.33	456.00	0.76
Mean	636.52	1,196.64	625.80	1,165.50	616.52	1,114.73	626.28	1,158.95	1.85
		1.88		1.86		1.81		1.85	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.85
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.85
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.85
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 30 ซม.)						
วันที่	5/2/1952		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-5 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 5.00 เมตร									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	534	358	529	366	512	352	525.00	358.67	0.68	
2	531	788	528	748	509	718	522.67	751.33	1.44	
3	531	1,354	529	1,384	507	1,319	522.33	1,352.33	2.59	
4	528	1,900	532	1,723	506	1,790	522.00	1,804.33	3.46	
5	524	1,675	533	1,820	505	1,618	520.67	1,704.33	3.27	
6	524	1,717	527	850	506	1,760	519.00	1,442.33	2.78	
7	523	1,272	528	1,225	506	1,168	519.00	1,221.67	2.35	
8	521	2,300	526	2,330	508	2,200	518.33	2,276.67	4.39	
9	522	3,420	525	3,270	509	3,220	518.67	3,303.33	6.37	
10	522	19,600	523	21,800	511	20,800	518.67	20,733.33	39.97	
11	522	588	523	550	513	513	519.33	550.33	1.06	
12	523	1,532	522	1,473	517	1,428	520.67	1,477.67	2.84	
13	524	2,440	520	2,390	517	2,440	520.33	2,423.33	4.66	
14	525	3,010	518	2,770	518	2,760	520.33	2,846.67	5.47	
15	524	2,340	517	2,200	520	2,420	520.33	2,320.00	4.46	
16	530	411	522	405	522	399	524.67	405.00	0.77	
17	529	955	522	965	527	958	526.00	959.33	1.82	
18	529	1,448	523	1,420	532	1,464	528.00	1,444.00	2.73	
19	528	1,532	520	1,501	530	1,501	526.00	1,511.33	2.87	
20	526	1,191	521	1,155	532	1,202	526.33	1,182.67	2.25	
21	525	248	524	238	534	243	527.67	243.00	0.46	
22	528	434	523	426	533	443	528.00	434.33	0.82	
23	529	561	522	561	532	589	527.67	570.33	1.08	
24	528	635	522	627	532	658	527.33	640.00	1.21	
25	526	437	520	476	532	485	526.00	466.00	0.89	
Mean	526.24	1,404.26	523.96	1,331.96	518.80	1,365.43	523.00	1,367.22	2.61	
		2.67		2.54		2.63		2.61		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	สำหรับการคำนวณค่า
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	ของเอกสารทงครั้งให้นำมาใช้

การทดลองที่	3		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาสูงเพดานที่เหมาะสม (ช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 30 ซม.)						
วันที่	4/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 3-6 ความสูงจากพื้นถึงฝ้าเพดาน 4.00 เมตร									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	763	267	717	324	720	298	733.33	296.33	0.40	
2	758	840	717	762	719	650	731.33	750.67	1.03	
3	757	2,400	718	2,140	722	2,380	732.33	2,306.67	3.15	
4	750	2,060	717	2,030	723	1,960	730.00	2,016.67	2.76	
5	746	834	715	1,247	727	1,010	729.33	1,030.33	1.41	
6	743	378	715	552	730	327	729.33	419.00	0.57	
7	745	1,590	715	1,380	730	1,426	730.00	1,465.33	2.01	
8	744	24,700	715	5,420	725	5,320	728.00	11,813.33	16.23	
9	746	5,220	715	4,990	721	5,280	727.33	5,163.33	7.10	
10	750	1,320	719	2,050	715	1,900	728.00	1,756.67	2.41	
11	771	1,033	739	1,015	735	887	748.33	978.33	1.31	
12	743	2,860	744	3,380	735	3,200	740.67	3,146.67	4.25	
13	746	19,500	746	7,180	732	7,030	741.33	11,236.67	15.16	
14	746	7,480	754	5,760	733	5,630	744.33	6,290.00	8.45	
15	745	1,282	758	1,283	734	1,720	745.67	1,428.33	1.92	
16	775	758	755	692	737	629	755.67	693.00	0.92	
17	779	1,720	752	1,660	733	1,624	754.67	1,674.67	2.22	
18	777	2,760	750	2,900	732	2,670	753.00	2,776.67	3.69	
19	772	1,980	750	2,210	733	2,220	751.67	2,136.67	2.84	
20	767	734	744	916	728	831	746.33	827.00	1.11	
21	767	354	747	396	726	363	746.67	371.00	0.50	
22	763	686	743	723	725	663	743.67	690.67	0.93	
23	761	831	742	868	725	873	742.67	857.33	1.15	
24	752	748	734	766	727	697	737.67	737.00	1.00	
25	728	368	725	365	723	359	725.33	364.00	0.50	
Mean	755.76	1,738.00	733.84	1,892.39	727.60	1,853.00	739.07	1,721.82	2.33	
		2.30		2.58		2.55		2.33		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่าการนี้ทั้งนั้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแต่งสิ่งนี้ให้ตา และห้องอั่งอิงเงาเงาของเอกรทุกครั้งที่ถูกเงาเงาเงา

การทดลองที่	4	เรื่อง	การศึกษาทิศทางการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง (อ้างอิงจากการศึกษาที่ 1 และ 2) ขนาดช่องเปิด 30x30x20							
วันที่	1/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 4-1 ช่องเปิดทุกด้าน									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	706	833	665	680	715	710	695.33	741.00	1.07	
2	705	1,560	685	1,556	712	1,305	700.67	1,473.67	2.10	
3	698	2,220	702	2,300	712	14,740	704.00	6,420.00	9.12	
4	704	1,990	707	2,080	711	2,240	707.33	2,103.33	2.97	
5	701	1,372	722	1,235	708	1,327	710.33	1,311.33	1.85	
6	699	980	736	1,175	707	978	714.00	1,044.33	1.46	
7	696	2,150	743	2,240	708	1,920	715.67	2,103.33	2.94	
8	691	24,100	745	29,100	711	24,400	715.67	25,866.67	36.14	
9	658	21,600	743	28,100	713	27,300	704.67	25,666.67	36.42	
10	657	1,384	740	1,433	717	1,480	704.67	1,432.33	2.03	
11	633	911	742	990	714	1,103	696.33	1,001.33	1.44	
12	628	1,800	739	2,040	713	2,020	693.33	1,953.33	2.82	
13	636	2,490	741	2,810	711	2,730	696.00	2,676.67	3.85	
14	639	1,950	742	2,280	707	2,310	696.00	2,180.00	3.13	
15	648	1,000	746	969	716	1,030	703.33	999.67	1.42	
16	737	918	742	925	718	987	732.33	943.33	1.29	
17	742	1,425	746	1,496	718	1,435	735.33	1,452.00	1.97	
18	742	1,880	747	1,810	723	1,690	737.33	1,793.33	2.43	
19	742	1,138	745	1,090	723	1,151	736.67	1,126.33	1.53	
20	743	602	751	568	726	510	740.00	560.00	0.76	
21	745	578	748	673	722	516	738.33	589.00	0.80	
22	742	882	743	868	722	752	735.67	834.00	1.13	
23	740	1,003	732	972	721	881	731.00	952.00	1.30	
24	738	645	730	720	718	670	728.67	678.33	0.93	
25	744	236	733	260	719	230	732.00	242.00	0.33	
Mean	700.56	1,309.10	732.60	1,362.38	715.40	1,321.19	716.19	1,330.89	1.86	
		1.87		1.86		1.85		1.86		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.28
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.28
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไมวารณใดๆทั้งสิ้น ออกทงหามมเหตดแปลงเนื้อหา และตองอององเงาของเอกสารทุกคร้งทมการนาไปไซ

การทดลองที่	4		เรื่อง	การศึกษาทิศทางการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง (อ้างอิงจากการศึกษาที่ 1 และ 2) ขนาดช่องเปิด 30x30						
วันที่	7/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 4-2 ช่องเปิดแนวตั้งด้านทิศเหนือและทิศใต้									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	867	137	877	180	872	190	872.00	169.00	0.19	
2	866	626	876	636	872	642	871.33	634.67	0.73	
3	865	1,083	878	1,116	871	1,086	871.33	1,095.00	1.26	
4	867	1,132	876	1,122	871	1,070	871.33	1,108.00	1.27	
5	867	507	872	565	871	546	870.00	539.33	0.62	
6	869	266	874	258	869	260	870.67	261.33	0.30	
7	867	988	875	931	866	960	869.33	959.67	1.10	
8	865	3,170	873	2,880	867	2,970	868.33	3,006.67	3.46	
9	864	43,700	871	44,800	867	45,000	867.33	44,500.00	51.31	
10	862	518	867	540	866	562	865.00	540.00	0.62	
11	864	304	868	324	863	329	865.00	319.00	0.37	
12	867	776	871	793	864	772	867.33	780.33	0.90	
13	868	1,172	867	1,137	862	1,129	865.67	1,146.00	1.32	
14	870	942	863	972	859	977	864.00	963.67	1.12	
15	871	373	872	349	858	374	867.00	365.33	0.42	
16	839	233	822	228	837	229	832.67	230.00	0.28	
17	832	492	825	489	838	505	831.67	495.33	0.60	
18	824	632	825	657	834	646	827.67	645.00	0.78	
19	820	500	840	549	838	548	832.67	532.33	0.64	
20	825	265	842	268	837	279	834.67	270.67	0.32	
21	826	148	844	150	840	142	836.67	146.67	0.18	
22	829	283	835	270	835	278	833.00	277.00	0.33	
23	829	356	838	353	840	350	835.67	353.00	0.42	
24	823	289	837	306	837	314	832.33	303.00	0.36	
25	828	173	840	188	837	181	835.00	180.67	0.22	
Mean	850.96	661.61	857.12	657.00	854.84	660.74	854.31	659.78	0.77	
DF%		0.78		0.77		0.77		0.77		
ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)										
การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %					
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.77					
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.77					
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.77					
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.77					
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	0.77					
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	0.77					
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	0.77					

การทดลองที่	4		เรื่อง	การศึกษาทิศทางการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง (อ้างอิงจากการศึกษาที่ 1 และ 2) ขนาดช่องเปิด 30x30						
วันที่	7/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 4-3 ช่องเปิดแนวตั้งเฉพาะด้านทิศเหนือ									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	771	21	746	17	749	16	755.33	18.00	0.02	
2	773	32	747	26	748	35	756.00	31.00	0.04	
3	771	28	748	48	746	45	755.00	40.33	0.05	
4	764	33	752	35	746	32	754.00	33.33	0.04	
5	768	19	748	16	744	13	753.33	16.00	0.02	
6	771	61	751	46	735	56	752.33	54.33	0.07	
7	766	130	749	110	736	113	750.33	117.67	0.16	
8	767	158	743	150	735	148	748.33	152.00	0.20	
9	767	99	746	120	736	115	749.67	111.33	0.15	
10	770	35	746	49	735	33	750.33	39.00	0.05	
11	763	102	747	110	731	109	747.00	107.00	0.14	
12	757	243	747	235	733	141	745.67	206.33	0.28	
13	755	350	747	328	738	340	746.67	339.33	0.45	
14	756	283	751	260	739	260	748.67	267.67	0.36	
15	756	126	750	106	738	112	748.00	114.67	0.15	
16	769	123	756	116	747	117	757.33	118.67	0.16	
17	773	260	754	258	745	264	757.33	260.67	0.34	
18	773	359	754	349	743	349	756.67	352.33	0.47	
19	767	300	752	304	743	308	754.00	304.00	0.40	
20	755	174	751	173	742	167	749.33	171.33	0.23	
21	753	119	748	115	739	113	746.67	115.67	0.15	
22	754	206	747	209	735	205	745.33	206.67	0.28	
23	758	272	747	271	736	277	747.00	273.33	0.37	
24	759	238	747	244	736	239	747.33	240.33	0.32	
25	759	146	746	153	733	174	746.00	157.67	0.21	
Mean	763.80	159.91	748.80	157.55	739.52	154.68	750.71	157.38	0.21	
DF%		0.21		0.21		0.21		0.21		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องทำในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	0.21

การทดลองที่	4		เรื่อง	การศึกษาทิศทางการเปิดรับแสงของช่องเปิดรับแสงแนวตั้ง (อ้างอิงจากการศึกษาที่ 1 และ 2) ขนาดช่องเปิด 30x30					
วันที่	7/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ					
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 4-4 ช่องเปิดแนวตั้งเฉพาะด้านทิศใต้								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	814	181	811	174	786	162	803.67	172.33	0.21
2	813	533	807	555	788	501	802.67	529.67	0.66
3	813	911	805	867	790	860	802.67	879.33	1.10
4	812	1,000	795	965	789	919	798.67	961.33	1.20
5	813	576	791	592	790	563	798.00	577.00	0.72
6	814	230	789	205	787	161	796.67	198.67	0.25
7	814	1,026	786	942	783	1,140	794.33	1,036.00	1.30
8	814	1,320	783	1,260	792	1,233	796.33	1,271.00	1.60
9	812	36,600	787	35,700	796	35,200	798.33	35,833.33	44.89
10	808	650	786	750	785	762	793.00	720.67	0.91
11	811	208	782	206	784	197	792.33	203.67	0.26
12	805	514	785	456	780	491	790.00	487.00	0.62
13	807	732	785	643	778	664	790.00	679.67	0.86
14	808	624	781	606	780	628	789.67	619.33	0.78
15	811	284	779	321	779	307	789.67	304.00	0.38
16	786	100	773	95	791	99	783.33	98.00	0.13
17	781	220	776	219	790	219	782.33	219.33	0.28
18	776	277	779	281	791	277	782.00	278.33	0.36
19	770	213	782	219	789	221	780.33	217.67	0.28
20	760	94	782	94	789	104	777.00	97.33	0.13
21	763	32	785	33	784	35	777.33	33.33	0.04
22	761	60	786	64	786	65	777.67	63.00	0.08
23	767	82	781	80	785	83	777.67	81.67	0.11
24	764	62	788	64	787	63	779.67	63.00	0.08
25	771	31	787	32	788	33	782.00	32.00	0.04
Mean	794.72	449.86	786.84	439.00	786.68	441.77	789.41	443.55	0.56
DF%		0.57		0.56		0.56		0.56	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.56
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	0.56
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	0.56
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	0.56

การทดลองที่	5		เรื่อง	การศึกษาระยะเวลาการยื่นขายคานของหลังคาช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.						
วันที่	7/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 5-1 ระยะยื่น 10 ซม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	581	338	643	393	644	336	622.67	355.67	0.57	
2	562	591	651	634	645	658	619.33	627.67	1.01	
3	556	930	657	1,071	642	917	618.33	972.67	1.57	
4	545	1,059	660	1,064	632	1,082	612.33	1,068.33	1.74	
5	537	915	658	1,010	614	959	603.00	961.33	1.59	
6	545	522	659	608	606	616	603.33	582.00	0.96	
7	548	1,068	656	1,124	604	1,093	602.67	1,095.00	1.82	
8	552	1,455	655	1,454	598	1,465	601.67	1,458.00	2.42	
9	567	1,535	655	1,498	591	1,505	604.33	1,512.67	2.50	
10	575	1,314	656	1,277	590	1,315	607.00	1,302.00	2.14	
11	578	657	654	630	590	646	607.33	644.33	1.06	
12	581	1,237	653	1,310	587	1,266	607.00	1,271.00	2.09	
13	585	1,663	652	1,700	586	1,710	607.67	1,691.00	2.78	
14	597	1,503	653	1,539	590	1,483	613.33	1,508.33	2.46	
15	608	968	652	1,000	598	1,017	619.33	995.00	1.61	
16	643	468	591	465	630	466	621.33	466.33	0.75	
17	615	883	605	900	624	896	614.67	893.00	1.45	
18	615	1,218	615	1,203	622	1,197	617.33	1,206.00	1.95	
19	601	1,163	639	1,153	620	1,104	620.00	1,140.00	1.84	
20	593	796	639	777	618	759	616.67	777.33	1.26	
21	582	268	632	263	619	278	611.00	269.67	0.44	
22	580	467	634	475	620	463	611.33	468.33	0.77	
23	581	616	633	613	620	612	611.33	613.67	1.00	
24	584	535	634	588	619	582	612.33	568.33	0.93	
25	588	493	633	458	615	455	612.00	468.67	0.77	
Mean	579.96	933.08	642.76	956.00	612.96	941.75	611.89	943.61	1.54	
		1.61		1.49		1.54		1.54		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.54
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ข้างต้น อีกทั้งยังให้ตัดแสงส่องเข้าหา และต้องอ้างอิงถึงเงื่อนไขเอกสารที่แนบมาในการนำไปใช้

การทดลองที่	5		เรื่อง	การศึกษาผลกระทบของชั้นชายคาของหลังคาของเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.						
วันที่	7/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 5-2 ระยะเวลา 15 ชม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	609	325	607	336	594	288	603.33	316.33	0.52	
2	608	621	606	570	595	563	603.00	584.67	0.97	
3	611	834	607	806	592	778	603.33	806.00	1.34	
4	615	782	605	789	591	805	603.67	792.00	1.31	
5	615	759	607	776	593	779	605.00	771.33	1.27	
6	614	525	606	475	593	502	604.33	500.67	0.83	
7	614	1,011	606	969	594	963	604.67	981.00	1.62	
8	613	1,296	605	1,260	594	1,217	604.00	1,257.67	2.08	
9	613	1,155	604	1,115	595	1,145	604.00	1,138.33	1.88	
10	612	914	603	874	595	900	603.33	896.00	1.49	
11	613	535	601	541	595	567	603.00	547.67	0.91	
12	611	1,132	600	1,121	593	1,102	601.33	1,118.33	1.86	
13	611	1,502	599	1,488	593	1,477	601.00	1,489.00	2.48	
14	610	1,352	594	1,150	592	1,318	598.67	1,273.33	2.13	
15	608	926	593	833	592	882	597.67	880.33	1.47	
16	604	418	599	438	595	406	599.33	420.67	0.70	
17	606	800	600	795	594	796	600.00	797.00	1.33	
18	602	1,093	598	1,085	595	1,064	598.33	1,080.67	1.81	
19	603	1,000	596	998	595	985	598.00	994.33	1.66	
20	602	676	596	827	595	1,067	597.67	856.67	1.43	
21	602	253	598	265	595	263	598.33	260.33	0.44	
22	601	426	601	428	597	435	599.67	429.67	0.72	
23	601	578	598	572	598	572	599.00	574.00	0.96	
24	599	555	598	530	598	532	598.33	539.00	0.90	
25	600	408	599	458	601	466	600.00	444.00	0.74	
Mean	607.88	817.63	601.04	801.42	594.56	817.04	601.16	812.03	1.35	
		1.35		1.33		1.37		1.35		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.35
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.35
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.35
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.35
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้ใช้ทั้งหมดยังจำเป็นต้องอ่านคู่มือการใช้งานและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของอาคารหรือผู้ดูแลโครงการนำใช้

การทดลองที่	5		เรื่อง		การศึกษาผลกระทบการยื่นขายคาของหลังคาช่องเปิดขนาด 30 x 30 x 20 ซม.				
วันที่	8/2/2552		สถานที่		หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ				
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 5-3 ระยะยื่น 20 ซม.								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	830	467	821	468	823	473	824.67	469.33	0.57
2	829	761	820	760	826	741	825.00	754.00	0.91
3	827	915	823	865	827	943	825.67	907.67	1.10
4	828	852	822	803	830	859	826.67	838.00	1.01
5	827	582	822	581	831	602	826.67	588.33	0.71
6	823	639	824	604	827	561	824.67	601.33	0.73
7	820	1,120	825	1,130	827	1,044	824.00	1,098.00	1.33
8	821	1,412	825	1,409	827	1,383	824.33	1,401.33	1.70
9	822	1,232	834	1,245	826	1,231	827.33	1,236.00	1.49
10	822	792	832	852	829	820	827.67	821.33	0.99
11	823	625	828	660	821	678	824.00	654.33	0.79
12	822	1,225	831	1,212	822	1,188	825.00	1,208.33	1.46
13	823	1,573	831	1,602	826	1,599	826.67	1,591.33	1.93
14	822	1,363	828	1,407	836	1,458	828.67	1,409.33	1.70
15	822	885	827	856	842	862	830.33	867.67	1.04
16	826	502	807	468	832	494	821.67	488.00	0.59
17	827	882	807	862	834	884	822.67	876.00	1.06
18	825	1,164	805	1,125	835	1,175	821.67	1,154.67	1.41
19	822	1,089	803	1,052	836	1,123	820.33	1,088.00	1.33
20	820	717	816	703	834	735	823.33	718.33	0.87
21	811	307	824	304	832	291	822.33	300.67	0.37
22	808	478	828	459	832	517	822.67	484.67	0.59
23	796	594	834	627	825	659	818.33	626.67	0.77
24	795	582	835	609	816	594	815.33	595.00	0.73
25	801	456	838	528	818	416	819.00	466.67	0.57
Mean	819.68	871.13	823.60	870.29	828.56	876.63	823.95	872.68	1.06
		1.06		1.06		1.06		1.06	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.06
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.06
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.06
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.06
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่า 100 ลักทั้งห้านี้ให้ตัดแสงโดยตรง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของอาคารที่แจ้งให้มีการนำไปใช้

การทดลองที่	6		เรื่อง		การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน				
วันที่	13/2/2552		สถานที่		หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ				
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-1 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรงตั้งฉาก 90 องศา (Grill 90) @ 5 ซม. วางขนานตามแนว เหนือ-ใต้								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	838	276	861	273	833	289	844.00	279.33	0.33
2	843	799	858	785	834	778	845.00	787.33	0.93
3	847	1,189	852	1,155	835	1,134	844.67	1,159.33	1.37
4	853	766	852	795	836	845	847.00	802.00	0.95
5	860	378	853	355	843	368	852.00	367.00	0.43
6	866	524	852	508	841	476	853.00	502.67	0.59
7	863	1,276	851	1,334	839	1,317	851.00	1,309.00	1.54
8	862	1,920	845	1,990	846	1,950	851.00	1,953.33	2.30
9	859	1,305	843	1,286	847	1,205	849.67	1,265.33	1.49
10	861	537	842	493	844	503	849.00	511.00	0.60
11	858	527	839	610	840	579	845.67	572.00	0.68
12	854	1,468	841	1,422	851	1,524	848.67	1,471.33	1.73
13	858	2,100	837	2,070	846	2,100	847.00	2,090.00	2.47
14	858	1,496	832	1,412	856	1,486	848.67	1,464.67	1.73
15	862	558	832	549	857	583	850.33	563.33	0.66
16	856	444	863	468	856	446	858.33	452.67	0.53
17	862	1,045	862	1,040	850	1,032	858.00	1,039.00	1.21
18	863	1,498	862	1,497	848	1,422	857.67	1,472.33	1.72
19	865	1,066	861	1,044	848	1,069	858.00	1,059.67	1.24
20	872	454	861	468	845	458	859.33	460.00	0.54
21	874	268	858	248	843	239	858.33	251.67	0.29
22	872	472	857	473	846	477	858.33	474.00	0.55
23	869	660	859	636	845	631	857.67	642.33	0.75
24	872	459	855	457	837	473	854.67	463.00	0.54
25	869	265	857	230	833	233	853.00	242.67	0.28
Mean	860.64	923.15	851.40	921.10	843.96	919.40	852.00	921.22	1.08
		1.07		1.08		1.09		1.08	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.08
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.08
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.08
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.08
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม ผู้รับเหมาต้องแจ้งให้เจ้าของอาคารทราบก่อนการนำวัสดุเข้าพื้นที่ปฏิบัติงาน

การทดลองที่	6	เรื่อง	การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน							
วันที่	13/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-2 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรงตั้งฉาก 90 องศา (Grill 90) @ 5 ซม. วางขนานตามแนว ตะวันออก - ตะวันตก									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	841	281	870	232	872	286	861.00	266.33	0.31	
2	836	567	880	579	872	558	862.67	568.00	0.66	
3	834	771	875	807	872	778	860.33	785.33	0.91	
4	833	681	868	639	872	683	857.67	667.67	0.78	
5	829	362	858	380	871	375	852.67	372.33	0.44	
6	831	575	853	588	866	620	850.00	594.33	0.70	
7	839	1,214	847	1,246	865	1,240	850.33	1,233.33	1.45	
8	834	1,560	856	1,580	865	1,692	851.67	1,610.67	1.89	
9	837	1,312	864	1,368	866	1,280	855.67	1,320.00	1.54	
10	853	684	864	634	865	680	860.67	666.00	0.77	
11	849	795	863	749	869	796	860.33	780.00	0.91	
12	862	1,616	867	1,652	870	1,695	866.33	1,654.33	1.91	
13	878	2,150	862	2,140	875	2,160	871.67	2,150.00	2.47	
14	878	1,750	867	1,710	874	1,730	872.00	1,730.00	1.98	
15	875	778	867	776	873	797	871.67	783.67	0.90	
16	857	558	872	532	856	538	861.67	542.67	0.63	
17	860	1,057	874	1,022	853	1,025	863.00	1,034.67	1.20	
18	862	1,360	876	1,394	851	1,360	863.00	1,371.33	1.59	
19	883	1,125	872	1,152	848	1,102	867.67	1,126.33	1.30	
20	886	554	873	546	834	559	862.33	553.00	0.64	
21	880	256	873	248	832	226	861.67	243.33	0.28	
22	884	432	866	416	833	404	861.00	417.33	0.48	
23	884	542	862	537	834	514	858.67	531.00	0.62	
24	880	470	859	468	835	438	858.00	458.67	0.53	
25	885	273	858	274	838	265	860.33	270.67	0.31	
Mean	858.80	920.05	865.84	919.75	858.44	924.45	860.88	921.42	1.07	
		1.07		1.06		1.08		1.07		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องทำในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.07
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.07
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.07
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.07
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	6		เรื่อง		การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน				
วันที่	13/2/2552		สถานที่		หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ				
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-3 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรงเอียง 30 องศา (Grill 30) @ 5 ซม. เอียงรับแสงทางทิศใต้								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	855	157	840	150	847	153	847.33	153.33	0.18
2	854	331	828	360	853	336	845.00	342.33	0.41
3	859	436	822	438	855	552	845.33	475.33	0.56
4	859	445	821	475	855	522	845.00	480.67	0.57
5	857	271	832	309	856	281	848.33	287.00	0.34
6	854	367	854	362	859	415	855.67	381.33	0.45
7	855	788	855	794	860	820	856.67	800.67	0.93
8	855	1,023	856	1,037	863	1,042	858.00	1,034.00	1.21
9	854	863	855	935	860	927	856.33	908.33	1.06
10	849	428	857	490	855	482	853.67	466.67	0.55
11	844	503	863	533	852	532	853.00	522.67	0.61
12	850	1,107	860	1,127	855	1,093	855.00	1,109.00	1.30
13	849	1,415	862	1,423	852	1,421	854.33	1,419.67	1.66
14	852	1,182	863	1,173	839	1,123	851.33	1,159.33	1.36
15	842	578	853	547	843	544	846.00	556.33	0.66
16	827	425	844	453	802	430	824.33	436.00	0.53
17	847	838	842	945	785	883	824.67	888.67	1.08
18	850	1,110	841	1,256	786	1,184	825.67	1,183.33	1.43
19	882	1,052	838	1,040	788	989	836.00	1,027.00	1.23
20	882	555	838	552	792	523	837.33	543.33	0.65
21	874	294	833	268	788	237	831.67	266.33	0.32
22	871	476	826	474	788	424	828.33	458.00	0.55
23	868	593	831	564	793	566	830.67	574.33	0.69
24	857	501	823	519	803	494	827.67	504.67	0.61
25	850	312	806	303	813	307	823.00	307.33	0.37
Mean	855.84	715.05	841.72	737.95	829.68	728.67	842.41	727.22	0.86
		0.84		0.88		0.88		0.86	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.86
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.86
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.86
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.86
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ผ่านการคัดเลือกอื่น อีกทั้งห้าม ให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกกรณีการนำออกไปใช้

การทดลองที่	6		เรื่อง		การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน				
วันที่	13/2/2552		สถานที่		หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ				
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-4 แผ่นกรองแสงแบบตะแกรงตาราง (Grid)								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	789	218	799	222	800	217	796.00	219.00	0.28
2	801	475	794	540	816	518	803.67	511.00	0.64
3	804	721	792	771	816	801	804.00	764.33	0.95
4	805	632	786	618	817	626	802.67	625.33	0.78
5	808	342	796	353	806	292	803.33	329.00	0.41
6	809	369	793	386	817	438	806.33	397.67	0.49
7	835	1,064	787	1,040	816	1,073	812.67	1,059.00	1.30
8	834	1,509	786	1,417	813	1,493	811.00	1,473.00	1.82
9	835	1,203	784	1,080	803	1,230	807.33	1,171.00	1.45
10	835	560	769	608	798	573	800.67	580.33	0.72
11	833	596	765	482	792	551	796.67	543.00	0.68
12	816	1,432	754	1,359	789	1,416	786.33	1,402.33	1.78
13	814	2,100	755	1,960	787	2,050	785.33	2,036.67	2.59
14	806	1,595	763	1,454	789	1,488	786.00	1,512.33	1.92
15	793	644	761	658	794	693	782.67	665.00	0.85
16	777	422	785	407	802	395	788.00	408.00	0.52
17	776	946	781	936	799	968	785.33	950.00	1.21
18	783	1,384	779	1,420	801	1,474	787.67	1,426.00	1.81
19	774	1,024	772	1,030	797	1,072	781.00	1,042.00	1.33
20	816	452	767	481	792	476	791.67	469.67	0.59
21	824	225	779	202	789	202	797.33	209.67	0.26
22	817	408	777	397	784	393	792.67	399.33	0.50
23	818	575	780	558	777	551	791.67	561.33	0.71
24	816	443	783	418	777	421	792.00	427.33	0.54
25	806	237	795	228	775	230	792.00	231.67	0.29
Mean	808.96	822.70	779.28	803.00	797.84	832.50	795.36	819.40	1.03
		1.02		1.03		1.04		1.03	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.03
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.03
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.03
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.03
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	6		เรื่อง		การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน					
วันที่	27/2/2552		สถานที่		หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ					
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-5 กระจกฝ้าหนา 6 มม.									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	895	325	915	293	923	325	911.00	314.33	0.35	
2	880	562	915	550	926	518	907.00	543.33	0.60	
3	895	867	918	827	927	877	913.33	857.00	0.94	
4	903	760	922	747	926	733	917.00	746.67	0.81	
5	908	389	924	387	924	438	918.67	404.67	0.44	
6	921	524	924	497	921	544	922.00	521.67	0.57	
7	922	1,144	924	1,113	925	1,098	923.67	1,118.33	1.21	
8	919	1,576	923	1,576	926	1,555	922.67	1,569.00	1.70	
9	917	1,286	923	1,296	926	1,323	922.00	1,301.67	1.41	
10	918	620	924	654	922	632	921.33	635.33	0.69	
11	917	634	918	615	921	601	918.67	616.67	0.67	
12	916	1,291	918	1,336	920	1,387	918.00	1,338.00	1.46	
13	916	1,850	928	1,900	922	1,870	922.00	1,873.33	2.03	
14	912	1,454	926	1,498	925	1,571	921.00	1,507.67	1.64	
15	913	712	926	738	924	651	921.00	700.33	0.76	
16	910	484	913	462	915	475	912.67	473.67	0.52	
17	917	1,018	917	1,030	917	1,024	917.00	1,024.00	1.12	
18	914	1,375	913	1,395	892	1,372	906.33	1,380.67	1.52	
19	912	1,103	913	1,144	892	1,096	905.67	1,114.33	1.23	
20	906	530	916	524	892	533	904.67	529.00	0.58	
21	912	264	916	272	892	264	906.67	266.67	0.29	
22	913	498	917	497	896	487	908.67	494.00	0.54	
23	916	625	916	674	897	646	909.67	648.33	0.71	
24	914	532	916	554	897	531	909.00	539.00	0.59	
25	913	297	918	295	894	300	908.33	297.33	0.33	
Mean	911.16	832.23	919.32	836.68	913.68	837.14	914.72	835.35	0.91	
		0.91		0.91		0.92		0.91		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องทำในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.91
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.91
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.91
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.91
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่าค่าเหล่านี้ อีกหนึ่งห้ามให้ตัดแสงลงบนผิว และต้องอ้างอิงถึงค่าของเอกสารมาตรฐานของการนำไปใช้

การทดลองที่	6		เรื่อง	การศึกษารูปแบบของแผ่นกรองแสงภายใน					
วันที่	27/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ					
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 6-6 แผ่นโพลีคาร์บอเนตสีขาวทึบ								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	861	352	875	390	860	370	865.33	370.67	0.43
2	863	596	874	626	858	628	865.00	616.67	0.71
3	863	838	876	872	856	853	865.00	854.33	0.99
4	863	752	874	728	854	723	863.67	734.33	0.85
5	863	413	872	402	855	417	863.33	410.67	0.48
6	863	570	872	524	855	538	863.33	544.00	0.63
7	865	1,142	873	1,154	854	1,101	864.00	1,132.33	1.31
8	866	1,575	872	1,548	858	1,507	865.33	1,543.33	1.78
9	870	1,241	867	1,255	852	1,244	863.00	1,246.67	1.44
10	869	655	864	648	854	647	862.33	650.00	0.75
11	871	629	866	672	852	621	863.00	640.67	0.74
12	873	1,421	866	1,366	855	1,381	864.67	1,389.33	1.61
13	878	1,890	865	1,860	860	1,860	867.67	1,870.00	2.16
14	879	1,440	864	1,425	862	1,412	868.33	1,425.67	1.64
15	879	663	866	682	864	679	869.67	674.67	0.78
16	880	542	875	517	868	524	874.33	527.67	0.60
17	879	1,041	878	1,050	872	1,038	876.33	1,043.00	1.19
18	883	1,424	871	1,417	873	1,418	875.67	1,419.67	1.62
19	880	1,086	874	1,105	872	1,129	875.33	1,106.67	1.26
20	881	569	868	562	865	575	871.33	568.67	0.65
21	884	308	868	305	865	284	872.33	299.00	0.34
22	882	509	872	520	864	512	872.67	513.67	0.59
23	881	683	874	666	866	680	873.67	676.33	0.77
24	878	537	871	545	866	518	871.67	533.33	0.61
25	875	330	868	324	868	346	870.33	333.33	0.38
Mean	873.16	826.43	870.60	826.00	861.12	820.04	868.29	824.16	0.95
		0.95		0.95		0.95		0.95	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.95
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.95
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	0.95
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	0.95
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	7		เรื่อง	การศึกษารูปแบบของผิวสะท้อนแสงภายใน						
วันที่	13/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 7-1 รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในแบบผิวเรียบแบนสีขาว									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	581	338	643	393	644	336	622.67	355.67	0.57	
2	562	591	651	634	645	658	619.33	627.67	1.01	
3	556	930	657	1,071	642	917	618.33	972.67	1.57	
4	545	1,059	660	1,064	632	1,082	612.33	1,068.33	1.74	
5	537	915	658	1,010	614	959	603.00	961.33	1.59	
6	545	522	659	608	606	616	603.33	582.00	0.96	
7	548	1,068	656	1,124	604	1,093	602.67	1,095.00	1.82	
8	552	1,455	655	1,454	598	1,465	601.67	1,458.00	2.42	
9	567	1,535	655	1,498	591	1,505	604.33	1,512.67	2.50	
10	575	1,314	656	1,277	590	1,315	607.00	1,302.00	2.14	
11	578	657	654	630	590	646	607.33	644.33	1.06	
12	581	1,237	653	1,310	587	1,266	607.00	1,271.00	2.09	
13	585	1,663	652	1,700	586	1,710	607.67	1,691.00	2.78	
14	597	1,503	653	1,539	590	1,483	613.33	1,508.33	2.46	
15	608	968	652	1,000	598	1,017	619.33	995.00	1.61	
16	643	468	591	465	630	466	621.33	466.33	0.75	
17	615	883	605	900	624	896	614.67	893.00	1.45	
18	615	1,218	615	1,203	622	1,197	617.33	1,206.00	1.95	
19	601	1,163	639	1,153	620	1,104	620.00	1,140.00	1.84	
20	593	796	639	777	618	759	616.67	777.33	1.26	
21	582	268	632	263	619	278	611.00	269.67	0.44	
22	580	467	634	475	620	463	611.33	468.33	0.77	
23	581	616	633	613	620	612	611.33	613.67	1.00	
24	584	535	634	588	619	582	612.33	568.33	0.93	
25	588	493	633	458	615	455	612.00	468.67	0.77	
Mean	579.96	933.08	642.76	956.00	612.96	941.75	611.89	943.61	1.54	
		1.61		1.49		1.54		1.54		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องทำในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermidia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.54
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.54
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ว่ากรณีใดๆ ก็ตาม ผู้รับเหมาฯ ขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไข และต้องแจ้งถึงผู้รับจ้างก่อนการดำเนินการใดๆ ภายใต้นี้

การทดลองที่	7	เรื่อง	การศึกษารูปแบบของมิวสะท้อนแสงภายใน							
วันที่	13/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 7-2 รูปแบบมิวสะท้อนแสงภายในรูปทรงปิรามิดคว้ามิวเรียบสีขาว (Pyramid)									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	640	316	727	341	692	330	686.33	329.00	0.48	
2	648	626	730	759	690	733	689.33	706.00	1.02	
3	636	830	732	1,055	692	1,052	686.67	979.00	1.43	
4	647	1,038	733	1,170	693	1,134	691.00	1,114.00	1.61	
5	653	774	732	868	697	838	694.00	826.67	1.19	
6	658	527	727	604	711	595	698.67	575.33	0.82	
7	655	1,085	724	1,197	710	1,174	696.33	1,152.00	1.65	
8	647	1,376	728	1,590	715	1,518	696.67	1,494.67	2.15	
9	643	1,617	729	1,171	717	1,800	696.33	1,529.33	2.20	
10	665	993	721	1,109	722	1,093	702.67	1,065.00	1.52	
11	705	675	716	679	724	719	715.00	691.00	0.97	
12	703	1,333	718	1,333	731	1,360	717.33	1,342.00	1.87	
13	709	1,704	711	1,740	740	1,790	720.00	1,744.67	2.42	
14	712	1,621	702	1,591	742	1,679	718.67	1,630.33	2.27	
15	714	959	698	986	735	987	715.67	977.33	1.37	
16	721	546	747	547	750	530	739.33	541.00	0.73	
17	716	1,028	741	1,066	767	1,109	741.33	1,067.67	1.44	
18	711	1,351	731	1,420	754	1,464	732.00	1,411.67	1.93	
19	709	1,217	720	1,265	753	1,310	727.33	1,264.00	1.74	
20	713	747	719	753	742	778	724.67	759.33	1.05	
21	725	303	718	313	749	324	730.67	313.33	0.43	
22	739	534	723	542	759	563	740.33	546.33	0.74	
23	749	727	724	704	772	749	748.33	726.67	0.97	
24	774	643	728	642	780	705	760.67	663.33	0.87	
25	765	474	731	447	786	520	760.67	480.33	0.63	
Mean	694.28	975.00	724.40	1,010.35	732.92	1,052.17	717.20	1,012.51	1.41	
		1.40		1.39		1.44		1.41		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องทำในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermidia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.41
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

ไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ข้างต้น อีกทั้งยังเป็นให้ตัดงบประมาณค่า และต้องอ้างอิงถึงค่าของเอกสารทดลองที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่	7		เรื่อง	การศึกษารูปแบบของผิวสะท้อนแสงภายใน						
วันที่	13/2/2552		สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 7-3 รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในรูปทรงกลมคว่ำผิวเรียบสีขาว (Half-Sphere)									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3		ค่าเฉลี่ย		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	698	329	678	317	645	302	673.67	316.00	0.47	
2	704	690	667	627	645	625	672.00	647.33	0.96	
3	705	936	662	882	645	886	670.67	901.33	1.34	
4	708	1,038	664	965	643	911	671.67	971.33	1.45	
5	707	816	664	880	640	798	670.33	831.33	1.24	
6	711	455	666	539	642	478	673.00	490.67	0.73	
7	720	1,138	659	1,072	634	1,054	671.00	1,088.00	1.62	
8	724	1,553	658	1,396	633	1,351	671.67	1,433.33	2.13	
9	726	1,757	653	1,541	631	1,510	670.00	1,602.67	2.39	
10	716	1,147	652	1,147	625	1,125	664.33	1,139.67	1.72	
11	705	795	644	547	623	656	657.33	666.00	1.01	
12	698	1,306	637	1,216	622	1,186	652.33	1,236.00	1.89	
13	687	1,723	634	1,585	624	1,548	648.33	1,618.67	2.50	
14	678	1,639	638	1,576	624	1,456	649.00	1,557.00	2.40	
15	685	1,049	646	966	625	927	652.00	980.67	1.50	
16	725	543	722	536	717	520	721.33	533.00	0.74	
17	727	1,026	722	1,031	718	1,014	720.33	1,023.67	1.42	
18	721	1,372	725	1,397	715	1,379	720.33	1,382.67	1.92	
19	709	1,390	726	1,324	713	1,283	715.67	1,332.33	1.86	
20	709	788	719	788	714	743	715.00	773.00	1.08	
21	712	292	726	295	719	280	719.00	289.00	0.40	
22	713	538	728	538	721	532	723.67	536.00	0.74	
23	722	699	725	718	727	714	724.33	710.33	0.98	
24	721	682	728	683	732	634	727.00	666.33	0.92	
25	721	467	721	463	736	476	726.00	468.67	0.65	
Mean	710.08	1,023.78	682.52	974.65	668.52	948.09	687.20	982.17	1.43	
		1.44		1.43		1.42		1.43		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.43
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.43
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.43
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.43
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	8	เรื่อง	การศึกษานิตของผิวสะท้อนแสงภายใน						
วันที่	13/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 8-1 รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในรูปทรงปิรามิดคว่ำผิวเรียบสีขาว (Pyramid)								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	640	316	727	341	692	330	686.33	329.00	0.48
2	648	626	730	759	690	733	689.33	706.00	1.02
3	636	830	732	1,055	692	1,052	686.67	979.00	1.43
4	647	1,038	733	1,170	693	1,134	691.00	1,114.00	1.61
5	653	774	732	868	697	838	694.00	826.67	1.19
6	658	527	727	604	711	595	698.67	575.33	0.82
7	655	1,085	724	1,197	710	1,174	696.33	1,152.00	1.65
8	647	1,376	728	1,590	715	1,518	696.67	1,494.67	2.15
9	643	1,617	729	1,171	717	1,800	696.33	1,529.33	2.20
10	665	993	721	1,109	722	1,093	702.67	1,065.00	1.52
11	705	675	716	679	724	719	715.00	691.00	0.97
12	703	1,333	718	1,333	731	1,360	717.33	1,342.00	1.87
13	709	1,704	711	1,740	740	1,790	720.00	1,744.67	2.42
14	712	1,621	702	1,591	742	1,679	718.67	1,630.33	2.27
15	714	959	698	986	735	987	715.67	977.33	1.37
16	721	546	747	547	750	530	739.33	541.00	0.73
17	716	1,028	741	1,066	767	1,109	741.33	1,067.67	1.44
18	711	1,351	731	1,420	754	1,464	732.00	1,411.67	1.93
19	709	1,217	720	1,265	753	1,310	727.33	1,264.00	1.74
20	713	747	719	753	742	778	724.67	759.33	1.05
21	725	303	718	313	749	324	730.67	313.33	0.43
22	739	534	723	542	759	563	740.33	546.33	0.74
23	749	727	724	704	772	749	748.33	726.67	0.97
24	774	643	728	642	780	705	760.67	663.33	0.87
25	765	474	731	447	786	520	760.67	480.33	0.63
Mean	694.28	975.00	724.40	1,010.35	732.92	1,052.17	717.20	1,012.51	1.41
		1.40		1.39		1.44		1.41	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.41
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.41
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	8	เรื่อง	การศึกษาชนิดของผิวสะท้อนแสงภายใน							
วันที่	27/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ							
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 8-2 รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในรูปทรงปิรามิดคว่ำผิวกรูคูมินัลลายขนแมว (Hairloine Aluminum)									
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %	
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน		
1	846	340	842	373	838	345	842.00	352.67	0.42	
2	845	770	843	792	838	801	842.00	787.67	0.94	
3	843	1,158	845	1,058	838	1,138	842.00	1,118.00	1.33	
4	840	1,102	847	1,144	838	1,102	841.67	1,116.00	1.33	
5	833	780	845	828	840	795	839.33	801.00	0.95	
6	825	566	846	600	839	614	836.67	593.33	0.71	
7	818	1,330	846	1,316	838	1,257	834.00	1,301.00	1.56	
8	811	1,700	846	1,750	838	1,750	831.67	1,733.33	2.08	
9	832	1,664	848	1,720	835	1,647	838.33	1,677.00	2.00	
10	836	1,108	845	1,140	836	1,174	839.00	1,140.67	1.36	
11	842	793	842	765	837	739	840.33	765.67	0.91	
12	842	1,550	839	1,538	841	1,521	840.67	1,536.33	1.83	
13	843	2,010	838	2,000	842	2,010	841.00	2,006.67	2.39	
14	840	1,750	840	1,740	836	1,740	838.67	1,743.33	2.08	
15	839	1,107	837	1,067	834	1,101	836.67	1,091.67	1.30	
16	822	632	825	587	824	606	823.67	608.33	0.74	
17	818	1,193	823	1,174	820	1,155	820.33	1,174.00	1.43	
18	822	1,522	824	1,544	825	1,546	823.67	1,537.33	1.87	
19	827	1,392	826	1,350	829	1,420	827.33	1,387.33	1.68	
20	828	892	827	871	830	858	828.33	873.67	1.05	
21	827	355	826	345	829	341	827.33	347.00	0.42	
22	826	636	823	611	832	605	827.00	617.33	0.75	
23	828	766	827	800	834	795	829.67	787.00	0.95	
24	826	716	831	721	835	722	830.67	719.67	0.87	
25	828	535	832	535	836	550	832.00	540.00	0.65	
Mean	831.48	1,075.55	836.52	1,075.05	834.48	1,074.36	834.16	1,074.98	1.29	
		1.29		1.29		1.29		1.29		

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร, ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.29
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.29
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.29
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.29
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	

การทดลองที่	8	เรื่อง	การศึกษานิตของผิวสะท้อนแสงภายใน						
วันที่	27/2/2552	สถานที่	หมู่บ้านเมืองทอง 2 ถนนพัฒนาการ						
หน่วยทดลอง	ชุดที่ 8-3 รูปแบบผิวสะท้อนแสงภายในรูปทรงปริมาตรค่าผิวกระจกเงา (Polymirror)								
ตำแหน่งที่	วัดค่าความสว่างครั้งที่ 1 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 2 (lux)		วัดค่าความสว่างครั้งที่ 3 (lux)		ค่าเฉลี่ย (lux)		DF %
	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	ภายนอก (x100)	ภายใน	Mean ภายนอก	Mean ภายใน	
1	765	310	767	322	783	340	771.67	324.00	0.42
2	766	795	769	775	785	766	773.33	778.67	1.01
3	765	1,138	772	1,170	784	1,122	773.67	1,143.33	1.48
4	765	1,052	772	1,063	786	1,113	774.33	1,076.00	1.39
5	768	793	773	841	785	868	775.33	834.00	1.08
6	767	584	775	650	785	641	775.67	625.00	0.81
7	763	1,499	778	1,165	784	1,472	775.00	1,378.67	1.78
8	761	1,870	779	1,910	781	1,940	773.67	1,906.67	2.46
9	763	1,850	779	1,930	780	1,930	774.00	1,903.33	2.46
10	764	1,272	780	1,243	782	1,277	775.33	1,264.00	1.63
11	763	840	779	897	783	852	775.00	863.00	1.11
12	762	1,780	778	1,830	784	1,840	774.67	1,816.67	2.35
13	763	2,260	779	2,310	784	2,340	775.33	2,303.33	2.97
14	765	1,920	780	1,900	781	2,000	775.33	1,940.00	2.50
15	768	1,213	784	1,278	780	1,298	777.33	1,263.00	1.62
16	824	672	803	642	785	685	804.00	666.33	0.83
17	826	1,523	802	1,509	784	1,508	804.00	1,513.33	1.88
18	825	1,980	802	1,920	782	1,880	803.00	1,926.67	2.40
19	824	1,620	799	1,605	782	1,607	801.67	1,610.67	2.01
20	819	1,026	797	939	784	944	800.00	969.67	1.21
21	818	338	795	343	782	309	798.33	330.00	0.41
22	814	715	793	678	778	673	795.00	688.67	0.87
23	812	856	790	848	775	845	792.33	849.67	1.07
24	808	747	793	716	772	699	791.00	720.67	0.91
25	809	503	792	518	772	505	791.00	508.67	0.64
Mean	785.88	1,193.09	784.40	1,183.05	781.72	1,202.95	784.00	1,193.03	1.52
		1.52		1.51		1.54		1.52	

ค่าความสว่างภายในที่ต้องการ (สำหรับห้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานคร , ประเทศไทยเป็นแบบ Intermedia Sky)

การใช้งาน	ลักษณะงานที่ทำ	ค่าความสว่างภายใน (lux)	DF % (Overcast Sky)	DF % (Intermedia Sky)	DF %
สำนักงาน	พิมพ์ดีด, คอมพิวเตอร์	500 - 1000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.52
	เขียนแบบ	500 - 750 - 1,000	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.52
	ห้องประชุม	300 - 500	2.5 - 5.0	0.6 - 1.5	1.52
ห้องสมุด	โต๊ะอ่านหนังสือ	300 - 750	1.5 - 5.0	0.4 - 1.0	1.52
	เคาน์เตอร์ยืมคืน	200 - 500	2.0 - 5.0	0.25 - 0.6	
พื้นที่ทั่วไป	Storage, ที่เก็บของ	100 - 200	0.5 - 1.5	0.15 - 0.25	
	ทางเดิน, บันได	50 - 150	0.6 - 2.0	0.06 - 0.25	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร (Radiation and Illuminance)

กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ในละติจูดที่ $13^{\circ} 44'N$ และลองจิจูดที่ $100^{\circ} 33'E$ สภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) ทำให้มีปริมาณรังสีและปริมาณแสงสว่างที่จำเอบตลอดทั้งปี โดยปกติแล้วปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแสงสว่าง ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงปริมาณรังสีดวงอาทิตย์ ปริมาณของแสงสว่างก็จะมี การเปลี่ยนแปลง ตลอดเวลาในแต่ละช่วงวัน เดือน และปี จากการศึกษาสถิติการวัดค่าปริมาณแสงสว่างและรังสีดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี (มกราคม – ธันวาคม 2542 – 2543) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งเอเชีย (AIT) โดยเก็บข้อมูลสถิติของค่าความส่องสว่าง และค่าปริมาณรังสีแบบแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar Time) และแบบช่วงเวลากลางคืน (Local Time) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุกชั่วโมง (Klux)

Solar Time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.00	0	2.20	5.26	6.04	6.11	6.39	7.32	5.71	5.39	3.55	0	0
7.00	9.34	9.78	16.21	20.49	19.48	21.63	23.96	17.73	18.25	13.45	9.53	9.63
8.00	24.80	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.86	39.48	42.16	33.26	28.30	28.47
9.00	50.63	56.49	69.80	73.46	62.66	63.68	61.05	61.58	60.65	50.96	51.14	49.11
10.00	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.60	68.19	64.10	66.85
11.00	81.01	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
12.00	69.46	92.07	92.42	100.90	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.10	81.66
13.00	60.64	86.52	85.58	104.69	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
14.00	42.47	75.10	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.50	69.77	58.82	60.68	66.30
15.00	25.41	57.07	62.31	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
16.00	9.63	32.44	41.39	44.25	39.60	33.85	38.81	32.29	32.53	26.50	23.79	25.81
17.00	0	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
18.00	0	3.70	5.99	6.74	7.38	6.01	6.60	5.56	4.35	5.84	0	0
19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 แสดงค่าความถี่ของความส่องสว่างภายนอกในแนวระนาบของกรุงเทพฯ
(1999-2000)

ความส่องสว่างภายนอก (Lux)	จำนวนชั่วโมง / ปี	เปอร์เซ็นต์ (%)	Daylight Factor (%)
0	460	12.60	0.00
1 – 5000	46	1.26	10.00
5000 – 10000	97	2.66	5.00
10000 – 15000	139	3.81	3.33
15000 – 20000	144	3.95	2.50
20000 – 25000	142	3.89	2.00
25000 – 30000	150	4.11	1.67
30000 – 35000	168	4.60	1.43
35000 – 40000	165	4.52	1.25
40000 – 45000	139	3.81	1.11
45000 – 50000	172	4.71	1.00
50000 – 55000	176	4.82	0.91
55000 – 60000	157	4.30	0.83
60000 – 65000	140	3.84	0.77
65000 – 70000	142	3.89	0.71
70000 – 75000	173	4.74	0.67
75000 – 80000	143	3.92	0.63
80000 – 85000	137	3.75	0.59
85000 – 90000	152	4.16	0.56
90000 – 95000	126	3.45	0.52
95000 – 100000	106	2.90	0.50
100000 – 105000	111	3.04	0.48
105000 – 110000	101	2.77	0.45
110000 – 115000	62	1.70	0.43
115000 – 120000	46	1.26	0.42
120000 – 125000	31	0.85	0.40
125000 – 130000	21	0.58	0.38
130000 – 135000	4	0.11	0.37
รวม	3650 ชั่วโมง	100 %	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางแสดงค่าความถี่ของความสว่างภายนอกพบว่าค่าความถี่ของปริมาณแสงสว่างที่เกิดขึ้นส่วนมากอยู่ในช่วง 45,000 – 55,000 lux โดยสภาพของท้องฟ้าจะมีลักษณะแบบมีเมฆมาก (Partly Cloudy Sky)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวมัลลิกา เจ้าสกุล เกิดเมื่อวันที่ 31 ตุลาคม พ.ศ. 2522 กรุงเทพมหานคร
 จบมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสามเสนวิทยาลัยในปี พ.ศ. 2540 และสำเร็จการศึกษา
 สถาปัตยกรรมศาสตรบัณฑิต จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น เมื่อปี พ.ศ. 2545
 ปี พ.ศ. 2545 – 2547 เป็นสถาปนิกบริษัทสถาปนิก จิรากร ประสงค์กิจ (ACP)
 ปี พ.ศ. 2547 – ปัจจุบัน เป็นสถาปนิกอิสระ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้