สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของรูปทรงช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อน ต่อการใช้แสงธรรมชาติโดยรอบบริเวณช่องเปิดภายในอาคาร กรณีศึกษา : อาคารศูนย์การค้า 4 ชั้น

GEOMETRICAL OPENING AND ITS REFLECTING PROPERTIES UPON UTILISATION OF DAYLIGHT FOR THE ADJACENT ATRIUM CAST STUDY : 4 STORIES DEPARTMENT STORE

T061033

ธรรมนูญ ตันติโภคิน
THAMMANOON TANTIPHOKIN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61033
วัน,เดือน,ปี 7 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974 – 15 – 1871 – 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

b.11638906
i.

GEOMETRICAL OPENING AND ITS REFLECTING PROPERTIES UPON UTILISATION OF DAYLIGHT FOR THE ADJACENT ATRIUM CAST STUDY : 4 STORIES DEPARTMENT STORE

THAMMANOON TANTIPHOKIN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2005

ISBN 974 – 15 – 1871 – 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของรูปทรงช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อน ต่อการใช้แสงธรรมชาติโดยรอบบริเวณช่องเปิดภายในอาคาร กรณีศึกษา : อาคารศูนย์การค้าสูง 4 ชั้น
นักศึกษา	นาย ธรรมนูญ ตันติโภคิน
รหัสนักศึกษา	43063120
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ. สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถี
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยในด้านรูปทรงของโถงช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคารที่มีต่อการใช้แสงธรรมชาติภายใน Atrium รวมถึงการศึกษารูปแบบของช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมสำหรับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น โดยจากการทดลองพบว่า การนำแสงธรรมชาติเข้ามาสู่พื้นที่ใช้งานใน Atrium ด้วยการใช้แสงสะท้อน ผ่านช่องแสงด้านบน (Skylight) โดยใช้เกล็ดอลูมิเนียมสีขาวเพื่อสะท้อนแสง และป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ทำให้สามารถควบคุมปริมาณ และคุณภาพของแสงได้ดี โดยจากการทดลองพบว่าเมื่อออกแบบให้เกล็ดอลูมิเนียมสามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดทั้งปี ปริมาณแสงและลักษณะการกระจายแสง ที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ มีความสัมพันธ์กับขนาดของเกล็ดอลูมิเนียม จากการทดสอบโดยออกแบบเกล็ดอลูมิเนียมขนาด 50 ซม. และ 100 ซม. พบว่าเกล็ดอลูมิเนียมที่มีขนาดกว้าง 50 ซม. ให้ค่าเฉลี่ยของระดับความสว่างสูงกว่าขนาด 100 ซม. ถึง 20 เปอร์เซ็นต์

เมื่อนำรูปแบบ ช่องแสงด้านบน (Skylight) ที่ได้ทดลอง มาใช้กับ Atrium รูปทรงต่างๆ ได้แก่ สี่เหลี่ยมจัตุรัส วงกลม และสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยกำหนดเกณฑ์มาตรฐานระดับความต้องการความส่องสว่างภายในเท่ากับ 200 ลักซ์ หรือค่า Daylight Factor เท่ากับ 0.8%พบว่า รูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในช่วงเวลา 10.00-16.00 น. ได้มากที่สุด คือเท่ากับ 25% ของพื้นที่ใช้งาน รองมาคือรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ 24% และสี่เหลี่ยมจัตุรัส 20% ตามลำดับ

ในส่วนการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุที่มีผลต่อระดับการใช้แสงธรรมชาติ ได้นำรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมมาทดลองที่ค่าความสะท้อนของวัสดุภายในที่แตกต่างกัน การทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้จำแนกการใช้วัสดุภายในที่มีค่าความสะท้อน สูง กลาง และต่ำ โดยกำหนดวัสดุที่มีค่าความสะท้อนสูง คือ พื้น เท่ากับ 50% ผนัง 70% ฝ้าเพดาน 90% ค่าความสะท้อนกลาง คือ พื้น เท่ากับ 30% ผนัง 50% ฝ้าเพดาน 70% ค่าความสะท้อนต่ำ คือ พื้น เท่ากับ 10% ผนัง 30% ฝ้าเพดาน 50% พบว่าค่าการสะท้อนสูงสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติโดยรอบช่องเปิดได้เท่ากับ 25% ค่าการสะท้อนกลางเท่ากับ 22% และค่าการสะท้อนต่ำเท่ากับ 17% ตามลำดับ

นอกจากนี้ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงระยะความลึกของแสงธรรมชาติจากบริเวณรอบช่องเปิด โดยระยะความลึกของแสงในแต่ละรูปทรงของช่องเปิดในชั้นที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.6-0.8 เมตร ชั้นที่ 2 อยู่ระหว่าง1.0-1.3 เมตร ชั้นที่ 3 อยู่ระหว่าง 2.0-2.1 เมตร และชั้นที่ 4 อยู่ระหว่าง 3.0-3.5 เมตร จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังกล่าว ทำให้สามารถนำมาใช้คาดการณ์ถึงระดับความส่องสว่างที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีได้ โดยจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดพื้นที่การใช้งาน และการใช้แสงประดิษฐ์(Artificial lighting)ร่วมกับแสงธรรมชาติได้

นอกเหนือจากปัจจัยที่ได้ทำการศึกษา ควรมีการพิจารณาปัจจัยอื่นที่มีอิทธิพลต่อระดับความส่องสว่างของแสงที่เกิดขึ้นใน Atrium ด้วย ซึ่งได้แก่ สัดส่วนความกว้าง-ยาว ต่อความสูง (Well Index) ของAtrium ซึ่งจะมีผลช่วยให้เพิ่มการใช้ประโยชน์ในการใช้แสงธรรมชาติให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	GEOMETRICAL OPENING AND ITS REFLECTING PROPERTIES UPON UTILIZATION OF DAYLIGHT FOR ADJACENT ATRIUM CAST STUDY: 4 STORIES DEPARTMENT STORE
Student	Mr. Thammanoon Tantiphokin
Student ID.	43063120
Degree	Master of Architecture
Programme	Master of Architecture in Tropical Architecture
Year	2005
Thesis Advisor	Assoc.Prof. Somsak Thammavatevitee
Thesis Co.Advisor	Assoc.Prof. Teeramon Wairojanakich

ABSTRACT

This research has studied geometrical opening and its reflecting properties upon utilization of daylight for the adjacent atrium, included the study type of skylight that related to tropical zone. As the research shown that the daylight concepts to be used in atrium by skylight reflect where aluminum louver to be reflected and protected direct sunlight and it is able to control the quantity and quality of daylight as well. From the research, the aluminum louver typed could be protected direct sunlight all year long that related lighting quantity to aluminum louver size. And from the research of aluminum louver size between 50 cm. and 100 cm. and then, the 50 cm. aluminum louver is showed that the illuminance average higher than 100 cm. 20%.

In addition, from the skylight research to be used with differentiate typed of Atrium such as square, circle and rectangular by illuminance quality standard around 200 lux or 0.8% daylight factor. As of the result, it should be identified that circle type is able to take the most efficiency daylight around 25% of total adjacent space, the second is rectangular around 24% and the last one is square around 20%.

In case of reflecting properties upon utilization of daylight, as the circle type studied as differentiate reflecting properties, are able to separate the material reflecting into high, middle, and low as the following mention: the highest material as 50% of floor, 70% of wall, 90% of ceiling, the middle reflecting material as 30% of floor, 50%of wall, 70% of ceiling, and the lowest reflecting material as 10% of floor, 30%,of wall, 50% of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ceiling. As the ended research, the highest reflecting is able to take daylight in order to use 25% of total adjacent space, the middle reflecting 22% and lowest reflecting 17%.

As the information analysis in order to study the depth part of daylight from adjacent atrium such the depth part on first level between 0.6 - 0.8 meter, second level between 1.0 -1.3 meter, third level between 2.0 - 2.1 meter and forth level 3.0 - 3.5 meter. Then, from the research information is able to predict case by case the illuminance level in which reflected to area usage and daylight artificial usage.

Furthermore, from the factor recommendation research, it should be thought about the other factor that effected to atrium illuminance level such as atrium proportions in which it will be effect to the most efficiency daylight usage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และความช่วยเหลือจาก รศ. สมศักดิ์ ธรรมเวชวิถี อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และ รศ. ธีรมน ไวโรจนกิจ อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณด้วยความเคารพเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และอาจารย์ชัยยุทธ ศรีเผด็จ ที่ให้คำแนะนำและช่วยเหลือตลอดจนให้คำปรึกษาเรื่องทั่วๆ ไปเกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณดุษณี ด้วงสีแก้ว ที่ให้คำแนะนำในส่วนของบทความภาษาอังกฤษ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ นักศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำต่างๆ รวมถึงข้อมูล และเอกสารที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธรรมนูญ ตันติโภคิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูป.....X

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....1

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2

1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎี และแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....5

2.2 การใช้แสงธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม.....8

2.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับโถงช่องเปิด (Atrium).....17

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....18

2.5 ค่ามาตรฐานที่ใช้ในงานวิจัย.....20

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน.....25

3.2 การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความสว่าง.....30

3.3 การศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติการสะท้อนที่มีต่อระดับความสว่าง.....34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน.....36

4.2 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความสว่าง.....46

4.3 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติการสะท้อนที่มีต่อ
ระดับความสว่าง.....55

บทที่ 5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....62

5.2 วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง.....62

5.3 การแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลอง.....63

บทที่ 6 บทสรุป และข้อเสนอแนะ

6.1 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติภายในเอเทรียม.....78

6.2 ประโยชน์และการนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบ.....79

6.3 ข้อเสนอแนะ.....80

บรรณานุกรม.....82

ประวัติผู้เขียน.....83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) ตามประเภทการใช้งาน.....20

2.2 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน.....21

2.3 แสดงค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง.....22

2.4 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงที่แนะนำให้ใช้.....23

2.6 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงของสีและวัสดุ.....24

4.1 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 1 และ 2.....37

4.2 แสดงกราฟการกระจายตัวของแสง ของช่องแสงแบบที่ 1 และ 2.....37

4.3 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 2.1 และ 2.2.....39

4.4 แสดงกราฟการกระจายตัวของแสง ของช่องแสงแบบที่ 2.1 และ 2.2.....40

4.5 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 2.1.1 และ 2.1.2.....42

4.6 แสดงกราฟการกระจายตัวของแสง ของช่องแสงแบบที่ 2.1.1 และ 2.1.2.....42

4.7 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....47

4.8 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....48

4.9 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม.....50

4.10 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม.....51

4.11 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....53

4.12 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....54

4.13 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับต่ำ.....57

4.14 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับต่ำ.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง.....60

4.16 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง.....61

5.1 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....64

5.2 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม.....65

5.3 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....66

5.4 แสดงสัดส่วนพื้นที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงพอต่อการใช้งานช่วงเวลา 10.00- 16.00 น.ที่รูปทรงช่องเปิดต่างๆ.....67

5.5 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ค่าการสะท้อนระดับกลาง.....68

5.6 กราฟแสดงพินทีใช้งานทีระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ค่าการสะท้อนระดับต่ำ.....69

5.7 แสดงสัดส่วนพื้นที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงพอต่อการใช้งานช่วงเวลา 10.00- 16.00 น.ที่ค่าความสะท้อนต่างๆ.....70

5.8 แสดงระยะจากช่องเปิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ (เมตร) ที่รูปทรงช่องเปิดต่างๆ 74

5.9 แสดงระยะจากช่องเปิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ (เมตร) ที่ค่าความสะท้อนต่างๆ.....77

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ จากมุมอัลติจูด (Solar Altitude) , a_t และมุมอะซิมุท (Solar Azimuth) , a_z 6
2.2 แสดงช่องแสงด้านบนต่อเนื่อง (Linear Toplights).....11
2.3 แสดงช่องแสงด้านบนเฉพาะจุด (Localized or spot Toplights).....11
2.4 แสดงช่องแสงในระนาบด้านบนหลังคาแบบฟันเลื่อย (Saw tooth).....12
2.5 แสดงช่องแสงในระนาบด้านบนหลังคาแบบมอนิเตอร์(Monitor).....12
2.6 แสดงช่องเปิดด้านบนแบบสกายไลท์ (Skylight).....13
3.1 แสดงพื้นที่รับแสงของช่องแสงแบบสกายไลท์ (Skylight) กรณีกำหนดให้รูปทรงช่องเปิดแต่ละ แบบมีพื้นที่เท่ากับ 64 ตรม.....26
3.2 แสดงพื้นที่รับแสงของหลังคามอนิเตอร์ (Monitor Roof) กรณีกำหนดให้รูปทรงช่องเปิดแต่ละ แบบมีพื้นที่เท่ากับ 64 ตรม. และให้หลังคามอนิเตอร์สูง 1 เมตร.....26
3.3 แสดงรูปแบบช่องแสงแบบที่ 1 ใช้วัสดุโปร่งแสง เป็น 15% ของพื้นที่หลังคา.....27
3.4 แสดงรูปแบบช่องแสงแบบที่ 2 ใช้เกล็ดปรับมุมเพื่อป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์.....27
3.5 แสดงรูปแบบจองหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองหารูปแบบช่องแสงด้านบน.....28
3.6 แสดงตำแหน่งในการวัดแสงภายในหุ่นจำลอง.....29
3.7 แสดงเครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน.....30
3.8 แสดงรูปแบบและขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง.....32
3.9 แสดงตำแหน่งในการวัดแสงภายในหุ่นจำลอง.....33
3.10 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ.....34
4.1 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน.....36
4.2 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาขนาดเกล็ดของช่องแสงด้านบน.....39
4.3 แสดงการออกแบบมุมเกล็ดเพื่อให้สามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งปี.....41
4.4 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบนเปรียบเทียบระหว่างมุมเอียงของเกล็ด 45° และ 23°.....41
4.5 แสดงรูปตัดของช่องแสงด้านบนที่มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น.....44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.6 แสดงรูปแบบการติดตั้งการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ของช่องแสงด้านบนสำหรับรูปทรงช่องเปิดทั้ง 3 แบบ.....44
4.7 แสดงรูปแบบของช่องแสงด้านบนที่ใช้ทำการทดลองสำหรับรูปทรงช่องเปิดแต่ละแบบ.....45
4.8 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....46
4.9 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม.....49
4.10 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....52
4.11 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมค่าความสะท้อนของวัสดุภายในต่ำ.....56
4.12 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมค่าความสะท้อนของวัสดุภายในกลาง.....59
5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส.....71
5.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม.....72
5.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....73
5.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม ค่าการสะท้อนระดับกลาง.....75
5.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม ค่าการสะท้อนระดับต่ำ.....76
6.1 แสดงรูปแบบการลดระยะยื่นของพื้นชั้นบนเพื่อเปิดให้แสงธรรมชาติเข้าสู่ชั้นล่าง.....80
6.2 แสดงรูปแบบภายในศูนย์การค้าที่มีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium.....80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

โถงช่องเปิดภายในอาคารหรือ Atrium เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ผู้ออกแบบมักจะนำมาใช้ในการออกแบบอาคาร ซึ่งมีประโยชน์ในการสร้างพื้นที่ให้น่าสนใจและสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารได้ ขณะเดียวกันถ้าขาดการควบคุมปริมาณแสงที่มีมากหรือน้อยเกินไปจะเกิดผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้งานภายในอาคารให้ลดน้อยลง รวมถึงการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศ ในกรณีที่มีปริมาณแสงมากเกินจนทำให้เกิดความร้อน

อาคารศูนย์การค้าเป็นอาคารที่ส่วนใหญ่จะใช้ Atrium เป็นส่วนประกอบสำคัญของอาคารทั้งในการสร้างให้เกิดความน่าสนใจ และการใช้ประโยชน์บริเวณพื้นที่ Atrium และ บริเวณพื้นที่โดยรอบนั้น แต่การนำแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารโดยผ่านช่องแสงด้านบน ส่วนใหญ่มักจะเกิดปัญหาในเรื่องของความร้อน และปริมาณแสงที่ไม่เหมาะสม ทั้งนี้เกิดจากการออกแบบช่องแสงด้านบนอย่างผิดวิธี และไม่มีการพิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ที่จะช่วยในเรื่องของการสะท้อนกระจายแสง ซึ่งได้แก่การใช้วัสดุภายในโถงช่องเปิด รูปทรงของโถงช่องเปิด เป็นต้น

จึงมีความจำเป็นที่ควรศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในโถงช่องเปิด และบริเวณพื้นที่โดยรอบช่องเปิดอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีเหมาะสมต่อความต้องการใช้งาน และยังช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานในการปรับอากาศ และพลังงานแสงสว่าง ภายในอาคารศูนย์การค้าซึ่งเป็นอาคารประเภทหนึ่งที่มีการใช้พลังงานสูงมากในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อทราบพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายใน Atrium ที่รูปทรงของช่องเปิดและ ค่าความสะท้อนของวัสดุที่ใช้ในรูปแบบต่างๆ กัน

1.2.2 เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับใช้ในการออกแบบอาคารที่มี Atrium เป็นส่วนประกอบเพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่างใกล้เคียงต่อความต้องการใช้งาน

1.2.3 เพื่อให้ทราบแนวทางในการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติภายในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบลักษณะการกระจายของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายในอาคารบริเวณ Atrium และพื้นที่โดยรอบ ในแต่ละตัวแปรที่ทำการศึกษาซึ่งได้แก่ รูปทรงของช่องเปิด และค่าการสะท้อนของวัสดุภายในอาคารที่แตกต่างกัน

1.3.2 ศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารบริเวณAtrium โดยผ่านช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

1.3.3 ศึกษารูปแบบ Atrium ของอาคารศูนย์การค้าในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อสำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบหุ่นจำลอง (Model) สำหรับการทดลอง และเก็บข้อมูลค่าระดับความส่องสว่างภายในอาคาร

1.3.4 ศึกษาสภาพภูมิอากาศ ปริมาณความส่องสว่างในเขตกรุงเทพมหานคร และศึกษาค่าความสว่างมาตรฐานภายในอาคาร สำหรับการประเมินผล และสรุปผลการวิจัย

<u>ข้อตกลงเบื้องต้น</u>

1. เนื่องจากงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์หลักเพื่อศึกษาตัวแปรด้านรูปทรงของช่องเปิด และค่าการสะท้อนของวัสดุภายใน Atrium รูปแบบช่องแสงด้านบนที่เป็นส่วนประกอบในงานวิจัย จึงจะไม่ศึกษารูปแบบช่องแสงที่มีความซับซ้อน
2. รูปทรงช่องเปิดของ Atrium จะทำการศึกษาเฉพาะรูปทรงพื้นฐานทั่วไป ได้แก่ วงกลม สี่เหลี่ยมจัตุรัส และ สี่เหลี่ยมผืนผ้า
3. รูปแบบของช่องแสงด้านบนศึกษาเฉพาะกรณีหันหน้าสู่ทิศเหนือ และทิศใต้

<u>ข้อจำกัดการวิจัย</u>

1. งานวิจัยนี้ได้กำหนดการเก็บข้อมูล และการทดลองให้ตั้งอยู่ในเขตละติจูดที่ 14 N โดยถือเป็นตัวแทนสภาพอากาศแบบร้อนชื้น
2. เนื่องจากระยะเวลาในการศึกษาวิจัยมีจำกัด การเก็บข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ จึงทำการเก็บข้อมูลเพียงช่วงเวลาหนึ่งเท่านั้น คือ ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ ปี 2548 – พฤษภาคม ปี 2548

1.4 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนในการศึกษาดังนี้

1.4.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวกับงานวิจัย

1. ศึกษาข้อมูลสภาพภูมิอากาศ และแสงธรรมชาติในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษารูปแบบของ Atrium และทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวกับ Atrium ที่ได้มีการศึกษา

1.4.2 การศึกษารูปแบบเกี่ยวกับการให้แสงธรรมชาติภายในอาคาร

1. ศึกษารูปแบบการให้แสงธรรมชาติโดยผ่านช่องแสงด้านบน

2. ศึกษาทฤษฎีที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับแสงธรรมชาติ

3. ศึกษาวิธีการต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับแสงอาทิตย์ และคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุ

4. ศึกษาค่ามาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการให้ความสว่างภายในอาคาร

1.4.3 การออกแบบหุ่นจำลอง

การออกแบบหุ่นจำลองสำหรับการทดลองแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

1. ศึกษาและออกแบบหุ่นจำลอง เพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมสำหรับ การนำไปใช้เป็นช่องแสงสำหรับ Atrium รูปแบบต่างๆ ที่จะทำการทดลองต่อไป

2. ศึกษาและออกแบบหุ่นจำลองเพื่อทำการทดสอบตัวแปรที่ต้องการจะศึกษา คือ

- รูปแบบช่องเปิดของ Atrium แต่ละประเภท ได้แก่ วงกลม สี่เหลี่ยม จัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้า
- ค่าการสะท้อนแสง (Reflecting) โดยการเปลี่ยนวัสดุภายในอาคาร ซึ่งได้แก่ พื้น ฝ้าเพดาน และผนัง (เฉพาะผนังบริเวณรอบช่องเปิดเท่านั้น) โดยค่าการสะท้อนของวัสดุเป็น 3 ระดับคือ ค่าความสะท้อน สูง กลาง และต่ำ

1.4.4 การทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง

1. เก็บข้อมูลของแสงธรรมชาติภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง โดยเป็นการเก็บข้อมูลปริมาณแสงธรรมชาติภายใน และภายนอกเปรียบเทียบกันในแต่ละครั้งเพื่อเป็นข้อมูลเปรียบเทียบในงานวิจัย

2. เก็บข้อมูลเพื่อทดสอบหารูปแบบของช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมในด้านปริมาณ ความสว่าง โดยเลือกแบบที่ดีที่สุด ไปใช้ไปใช้เป็นช่องแสงสำหรับ Atrium รูปแบบต่างๆ ที่ได้กำหนดไว้ และทำการเก็บข้อมูลภายในเพื่อนำไปประเมินผลต่อไป

1.4.5 ขั้นตอนการประเมินผล

1. นำข้อมูลที่เก็บค่าความส่องสว่างภายในที่วัดได้จากหุ่นจำลองในการศึกษาตัวแปรกรณีต่างๆ เปรียบเทียบระดับความส่องสว่างมาตรฐานที่ต้องการสำหรับ Atrium

2. นำค่าระดับการส่องสว่างจากสภาพท้องฟ้าภายนอก ที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ มาใช้ประกอบค่า Daylight Factor ที่ได้จากหุ่นจำลอง เพื่อคาดการณ์ค่าการส่องสว่างในอาคารจริงในเวลา และกรณีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.6 สรุปผล และข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. สรุปเปรียบเทียบระดับความสว่างที่สามารถนำมาใช้งานตามค่ามาตรฐานที่กำหนด ในแต่ละกรณีของตัวแปรที่กำหนดไว้ ว่ามากน้อย และแตกต่างกันอย่างไร

2. เสนอแนวทางในการนำเอาผลสรุปที่ได้จากการวิจัยไปใช้ และสิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบพฤติกรรมของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นใน Atrium ที่รูปทรงของช่องเปิด และค่าความสะท้อนของวัสดุที่ใช้ ในรูปแบบต่าง ๆ กัน

1.5.2 เป็นแนวทางในการออกแบบ Atrium เพื่อให้ได้ปริมาณแสงสว่าง และความร้อนที่เหมาะสมกับความต้องการใช้งาน Atrium

1.5.3 สามารถกำหนดการใช้แสงประดิษฐ์ ร่วมกับการใช้แสงธรรมชาติ ใน Atrium ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.4 เป็นข้อมูลสำหรับการศึกษา เรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับโถงภายในอาคาร และช่องแสงด้านบนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

แสงธรรมชาติเป็นรูปแบบของพลังงานชนิดหนึ่งที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับทิศทาง และตำแหน่งของดวงอาทิตย์ โดยปริมาณของแสงธรรมชาติจะเปลี่ยนแปลงไปตามวัน เวลา และฤดูกาลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ ซึ่งจะทำให้เกิดรูปแบบที่แน่นอนของทิศทางและปริมาณของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ และคงที่ด้วย ซึ่งเกิดจากสภาพภูมิศาสตร์ อากาศ อุณหภูมิ และปริมาณมลภาวะ ของแสงอาทิตย์ที่ตกกระทบพื้นโลก เมื่อแสงธรรมชาติกระทบพื้นผิวต่างๆ ก็จะถูกดูดซับและแปลเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนในทันที ซึ่งจะมากหรือน้อยตามความยาวและความถี่ของคลื่นแสง และสภาพบรรยากาศของโลกที่แสงส่องผ่าน เนื่องจากแสงจะเกิดการกระจายตัวและแปรเปลี่ยนเมื่อกระทบบรรยากาศในชั้นต่างๆ

เมื่อพิจารณาสภาพที่ตั้งของประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในภูมิอากาศแบบร้อนชื้น โดยทั่วไปอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีมีค่าประมาณ 28–29 องศาเซลเซียส เฉพาะในเวลากลางวันมีค่าประมาณ 30–31 องศาเซลเซียส สภาพท้องฟ้ามีเมฆมาก มีแดดจัดเกือบตลอดทั้งปี จะเห็นว่าดัชนีของเมฆ ของประเทศไทยมีค่าตั้งแต่ 5.9 ถึง 9.0 (เมื่อค่าสูงสุดเท่ากับ10) และค่าระดับความสว่างสำหรับกรุงเทพฯ มีค่าระดับความสว่างในระดับ 10,000 ลักซ์ ขึ้นไปมีความถี่ถึงกว่าร้อยละ99 ของเวลากลางวัน

2.1.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

จากการที่องค์ประกอบของท้องฟ้าและสภาพแวดล้อม มีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณแสงธรรมชาติ ดังนั้น CIE (International Commission Illumination) ได้มีการแบ่งลักษณะของแสงธรรมชาติออกเป็นประเภทต่างๆตามแหล่งกำเนิดแสงได้ 3 ลักษณะดังนี้

2.1.1.1 **แสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์** แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์ (The Sun) เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุด ในภูมิภาคต่างๆ ของโลกจะได้ความแตกต่างของความเข้มรังสีดวงอาทิตย์โดยขึ้นอยู่กับองศาของรังสีที่กระทำกับพื้นโลก โดยที่แกนของโลกที่เอียงทำมุม 23.5 องศานั้นทำให้ความเข้มของรังสีตกกระทบพื้นผิวโลกมีค่าเท่ากับความเข้มของรังสีปกติคูณด้วยค่าโคไซน์ (Cosine) ของมุมที่รังสีตกกระทบตามกฎของโคไซน์ (Cosine Law) ซึ่งจะทำให้ความเข้มของรังสี ต่อหน่วยพื้นที่โลกที่มีความเข้มมากที่สุด เมื่อทิศทางของรังสีทำมุม 90 องศากับพื้นผิวที่ตกกระทบ และค่าจะลดลงเมื่อมุมตกกระทบเบี่ยงเบนออกจากแนวตั้งฉากกับพื้นผิว ในส่วนของชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมโลกก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าความเข้มรังสีดวงอาทิตย์มีค่า

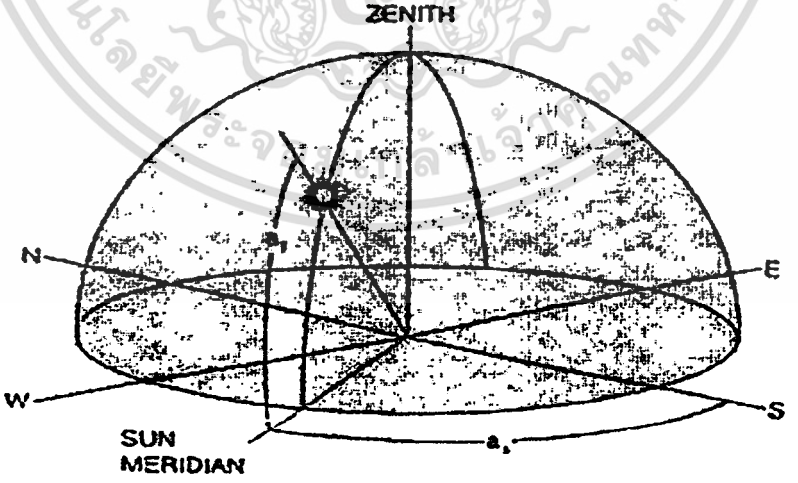
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงก่อนที่จะเดินทางมาถึงพื้นผิวโลก โดยรังสีบางส่วนเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศที่ปกคลุมโลกก็เป็นสาเหตุที่ทำให้ความเข้มรังสีของดวงอาทิตย์มีค่าลดลงก่อนที่จะเดินทางมาถึงพื้นผิวโลก โดยรังสีบางส่วนเมื่อผ่านชั้นบรรยากาศจะถูกดูดกลืนในชั้นโอโซ ฝุ่นละออง และ ไอน้ำ บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับโดยเมฆ และบางส่วนถูกกระจายออกโดยโมเลกุลในบรรยากาศรังสีที่ตกกระทบผิวโลก แล้วก็จะสะท้อนกลับสู่ชั้นบรรยากาศ และมีส่วนหนึ่งที่ตกสู่ผิวโลก แล้วถูกดูดกลืนไว้ รังสีส่วนนี้จะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน ทำให้อุณหภูมิและสภาพแวดล้อมบนโลกสูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพชั้นบรรยากาศในช่วงเวลาต่างๆที่มีปริมาณความแตกต่างของไอน้ำ หมอก ควัน และองค์ประกอบอื่นๆด้วยปรากฏการณ์ต่างๆ เหล่านี้ ทำให้ปริมาณของรังสีความเข้มของดวงอาทิตย์ในแต่ละภูมิภาคของโลกมีความแตกต่างกันไปตามวัน เวลา และฤดูกาล ซึ่งไม่เท่ากันและมีลักษณะเฉพาะในแต่ละฤดูกาล

ตำแหน่งของดวงอาทิตย์ และการหมุนของโลกนั้น จะมีความสำคัญต่อปริมาณของแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์เป็นอย่างมาก เนื่องจากจะทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของดวงอาทิตย์ในตำแหน่งต่างๆบนท้องฟ้า และเมื่อเทียบกับพื้นโลก เราจะสามารถอ้างอิงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ได้จาก

- มุมอัลติจูด (Solar Altitude) , a_t เป็นมุมในแนวดิ่ง ที่จะบอกมุมเงยของดวงอาทิตย์ เมื่อเทียบกับระดับพื้นราบ

- มุมอะซิมุท (Solar Azimuth) , a_z เป็นมุมในแนวราบ ที่จะบอกตำแหน่งดวงอาทิตย์ เมื่อวัดจากแกนในแนวทิศใต้ เป็นทิศที่เริ่มต้นที่ 0 องศา เรื่อยไปจนถึงทิศเหนือ 180 องศา และ -180 องศา



รูปที่ 2.1 รูปแสดงตำแหน่งดวงอาทิตย์ จากมุมอัลติจูด (Solar Altitude) , a_t และมุมอะซิมุท (Solar Azimuth) , a_z

ที่มา : Daylighting, Daylight Sources and Available

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.2 **แสงธรรมชาติจากท้องฟ้า** การส่องผ่านของแสงอาทิตย์ผ่านบรรยากาศในชั้นต่างๆ จะเกิดการกระจายตัวของแสงทั่วท้องฟ้า เมื่อกระทบกับฝุ่นละอองไอน้ำ และสารแขวนลอย ต่างๆ ในแต่ละชั้นบรรยากาศ การกระจายตัวของแสงในท้องฟ้า จะพิจารณาจากปริมาณของเมฆในท้องฟ้า ทำให้เกิดเป็นลักษณะต่างๆของสภาพท้องฟ้า (Sky Condition) ได้ดังนี้

- ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy Sky)
- ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมทึบ (Overcast Sky)

ท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) และท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy Sky) จะมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณแสงสว่างในท้องฟ้าอย่างรวดเร็ว ประเทศไทยส่วนมากมีท้องฟ้าในลักษณะแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วน (Partly and Cloudy Sky)

2.1.1.3 **แสงธรรมชาติจากพื้นดิน** การสะท้อนของแสงจากพื้นดินนับว่ามีความสำคัญสำหรับการออกแบบอาคารด้วยวิธีแสงธรรมชาติ สิ่งที่เกิดจากการสะท้อนจากพื้นดินเข้าสู่ช่องเปิดอาคารนั้น จะมีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10-15 ของปริมาณแสงทั้งหมดที่ผ่านช่องเปิดอาคาร ซึ่งปริมาณแสงสะท้อนจากพื้นดินเข้าสู่ช่องเปิดอาคารจะมากหรือน้อยตามลักษณะของผิวที่สะท้อนแสง หากผิวหิมะ หรือทราย หรือพื้นผิวที่เป็นสีขาวหรือสีอ่อน ปริมาณแสงที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคารก็จะมากขึ้นกว่าค่าเฉลี่ยปกติ นอกจากนี้ปริมาณแสงธรรมชาติยังมากจากการสะท้อนแสงของต้นไม้หรืออาคารข้างเคียง

หากปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องเปิดเข้าสู่อาคาร มีมากเกินความจำเป็นต่อการใช้งานก็อาจจะควบคุมปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่อาคารด้วยอุปกรณ์บังแดดชนิดต่างๆ ตามความจำเป็น

การนำแสงธรรมชาติไปใช้กับอาคาร นอกจากจะต้องคำนึงถึงเรื่องปริมาณความร้อนที่จะมากับแสงธรรมชาติเป็นสำคัญแล้ว อีกประการหนึ่งที่ต้องคำนึงคือ เรื่องความแปรปรวนของปริมาณแสงธรรมชาติ เนื่องจากท้องฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดของแสงธรรมชาติมีความเปลี่ยนแปลง อยู่ตลอดเวลา จึงยากต่อการคาดคะเนปริมาณแสงที่จะเกิดขึ้นจริง

อย่างไรก็ตามการคาดคะเนปริมาณปริมาณแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของ วัน เวลา และสภาพท้องฟ้า ในขณะนั้นๆซึ่งการศึกษาด้านแสงธรรมชาติ ได้มีการศึกษา และเก็บข้อมูลอย่างจริงจังมากว่า 60 ปีแล้ว และข้อมูลที่ได้จากการศึกษา ก็สามารถนำมาพยากรณ์และสร้างเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ต่างๆ เพื่ออธิบายถึงความสว่างจากแสงธรรมชาติได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การใช้แสงธรรมชาติในงานสถาปัตยกรรม

การนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้แสงสว่างภายในอาคาร นับว่าเป็นการนำแสงที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดมาใช้งาน เพราะแสงธรรมชาติได้มาโดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายใดๆ การใช้แสงธรรมชาติจึงเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และภาระการทำความเย็นในอาคารได้อีกส่วนหนึ่งด้วย ดังนั้นการศึกษาการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคารอย่างเหมาะสม จึงเป็นเรื่องที่สถาปนิกควรให้ความสำคัญควบคู่ไปกับการออกแบบความงามทางสถาปัตยกรรม

2.2.1 องค์ประกอบความต้องการด้านแสงสว่างทางสถาปัตยกรรม

หลักในการให้ความสว่างทางสถาปัตยกรรมนั้น มีจุดหมายเพื่อให้เกิดสภาพแวดล้อมของการมองเห็นอย่างพอเพียง และมีสภาวะความสบายทางการมองเห็นตรงกับความต้องการ หรือประโยชน์ใช้สอยของพื้นที่นั้นๆ อย่างเหมาะสม สภาวะสบายทางการมองเห็นนั้น เป็นเงื่อนไขที่สำคัญ ซึ่งแสดงถึงความพึงพอใจต่อการได้รับสภาพแวดล้อมทางการมองเห็นที่ดี

พื้นที่ภายในอาคารจะมีความสว่างตรงความต้องการของการใช้พื้นที่ และมีภาวการณ์มองเห็นที่ดี เมื่อส่วนต่างๆ ของพื้นที่ถูกออกแบบโดยคำนึงถึงการให้แสงสว่างอย่างเพียงพอ ตามภาวะสบายทางการมองเห็น ในทำนองเดียวกันการคำนึงถึงภาวะความสบายทางอุณหภูมิ และการได้ยินเสียงตามสภาพแวดล้อม

ระดับการให้แสงสว่างมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อประเภทของพื้นที่ เพราะเป็นการให้รายละเอียดในเรื่องความแตกต่างของการใช้งานที่ระดับทำงานในพื้นที่ (Working Plane) ซึ่งในการออกแบบให้เกิดภาวะที่เหมาะสม หรือเกิดสภาวะสบายทางการมองเห็นนั้น โดยทั่วไปจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบดังนี้

- ค่าระดับความเข้มของการส่องสว่างที่เหมาะสมที่ระดับใช้งาน
- ค่าเฉลี่ยการกระจายระดับความเข้มของการส่องสว่างที่สม่ำเสมอ
- อัตราการส่องสว่างต่อพื้นที่ๆเหมาะสม
- มีทิศทางการส่องสว่างที่เหมาะสมลดการเกิดเงาที่ไม่ต้องการ
- มีอุณหภูมิสีต่อการมองเห็นที่ดี
- การให้สีที่เกิดจากการส่องสว่างที่ถูกต้อง

2.2.2 รูปแบบช่องเปิดเพื่อรับแสงธรรมชาติ

แสงสว่างธรรมชาติที่ส่องเข้ามาในอาคารผ่านช่องเปิดซึ่งอาจจะเป็นหน้าต่าง หรือช่องแสงทั้งจากทางด้านข้างและด้านบน ซึ่งช่องเปิดดังกล่าวอาจจะมีการติดตั้งวัสดุโปร่งใสเช่น กระจก หรือวัสดุโปร่งแสงประเภทอื่นๆ ช่องเปิดดังกล่าวเป็นชิ้นส่วนหนึ่งในการก่อสร้างและเป็นส่วนหนึ่งของอาคารเพื่อมีหน้าที่ประโยชน์ใช้สอยทั้งในด้านการเปิดรับทัศนียภาพ และการรับแสงสว่างจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรรมชาติให้แก่อาคาร ความเหมาะสมของการเปิดช่องเปิดนอกจากจะต้องคำนึงถึงจำนวนช่องเปิด ขนาดและเนื้อที่แล้ว ลักษณะรูปร่าง รูปทรง และรูปแบบของช่องเปิดก็เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งในการพิจารณาเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์เพื่อนำแสงเข้ามาใช้ในอาคาร

ช่องเปิดที่กล่าวมา ทั้งที่เป็นหน้าต่าง ช่องแสง ทั้งบนผนัง ฝ้าเพดาน และส่วนต่างๆของเปลือกอาคาร ในกรณีที่จะกล่าวต่อไป โครงสร้างของช่องเปิดดังกล่าวพิจารณาเป็น สามส่วน

- วัสดุโปร่งใสของช่องเปิด (Transparent Elements)
- วัสดุโครงสร้าง (Structure Obstruction)
- วัสดุสะท้อนแสง (Light-Reflecting Surfaces)

ลักษณะพิเศษบางประการของช่องเปิดที่มีผลต่อการรับแสงสว่างธรรมชาติสามารถพิจารณาเพื่อให้ได้แสงสว่างธรรมชาติที่ต้องการมีปัจจัยต่างๆ ดังนี้

- ตำแหน่งบริเวณที่ตั้งช่องเปิด (Location)
- ขนาดของกรอบช่องเปิดที่พิจารณา (Nominal Dimension) เป็นระยะขนาดของกรอบช่องเปิดที่พิจารณาประกอบด้วย พื้นที่แสงสามารถส่องผ่านได้อยู่ในกรอบของช่องเปิดในหน่วยของโครงสร้าง สำหรับการให้แสงสว่างธรรมชาตินั้น ช่องเปิดด้านข้าง (Side-Lighting) ขนาดของช่องแสงที่สามารถส่องผ่านได้อาจจะไม่น้อยไปกว่าขนาดของช่องเปิดที่พิจารณา อย่างไรก็ดีช่องเปิดด้านบน (Top-Lighting) ขนาดของที่ช่องแสงสามารถส่องผ่านได้อาจจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของช่องกรอบทั้งหมด
- มุมของการติดตั้งช่องเปิด และมุมต่อทิศทางของการติดตั้ง (Angle of Slope and Orientation) มุมของการติดตั้งช่องเปิด (Ø) เป็นมุมที่ช่องเปิดติดตั้งวางกระทำบนระนาบ ส่วนทิศทางของช่องเปิดให้พิจารณาเป็นมุมระหว่างระนาบ (ß) ที่แสงส่องผ่านได้กับแกนทิศเหนือโดยวัดในทิศทางตามเข็มนาฬิกา (หรือมุมอะสิมุทของระนาบปกติ)
- ลักษณะการส่งผ่านการกระจายแสง (The Form of Light Transmission, Direct or Diffuse) นั้นขึ้นอยู่กับคุณภาพ คุณลักษณะของวัสดุที่ใช้ในการกรุช่องเปิด เช่นกระจก หรือกระจกฝ้า ซึ่งจะให้ลักษณะการกระจายแสงที่แตกต่างกัน
- ลักษณะการให้แสงภายในพื้นที่ (Character of Distributing Light in Space) สามารถอธิบายด้วยหลักการการกระจายการส่องสว่างซึ่งขึ้นกับองค์ประกอบทางโครงสร้างของช่องเปิด
- ประสิทธิภาพและอายุการใช้งานของช่องเปิด (Efficiency and Aging of Openings) ประสิทธิภาพของช่องเปิดนั้น (¶) เป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสง (Luminous Flux) ที่ส่องผ่านเข้ามาพื้นที่ภายในที่กำลังพิจารณา กับปริมาณแสงภายนอกที่เกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุกระจก ซึ่งเป็นการชี้วัดประสิทธิภาพของช่องเปิดในการส่องผ่านของแสงธรรมชาติ บนผิวหน้าวัสดุกระจกของช่องเปิดอาจมีความสกปรกอันเกิดจากคราบฝุ่น ซึ่งมีผลเป็นตัวลดความสามารถการส่งผ่านของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความสกปรกดังกล่าวขึ้นอยู่กับจำนวนมลภาวะของสภาพแวดล้อมและอายุการใช้งานของช่องเปิด นอกจากนี้ประสิทธิภาพของช่องเปิดยังขึ้นอยู่กับรูปร่างและโครงสร้างของช่องเปิดด้วย นอกจากนี้ตำแหน่งการวางช่องเปิดเพื่อให้ได้มุมมองที่ดีก็เป็นคุณภาพที่สำคัญของช่องเปิดด้วย ตำแหน่งของการเปิดช่องเปิดจึงเป็นไปได้ทั้งในระนาบแนวตั้งของผนัง และระนาบด้านบนของหลังคา

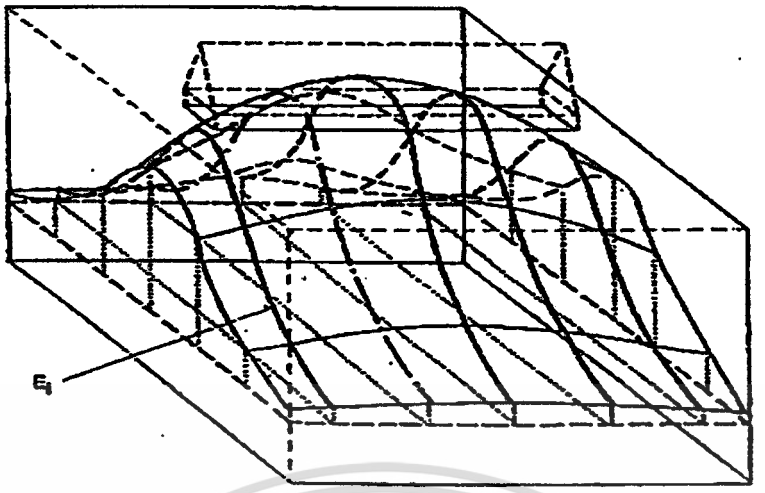
การให้แสงสว่างธรรมชาติกับอาคาร เราสามารถนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาพื้นที่ภายในงานสถาปัตยกรรมได้สองวิธีหลักๆคือ แสงที่เข้ามาจากทางด้านข้าง (Side-Lighting) และแสงที่เข้ามาจากทางระนาบด้านบน (Top-Lighting) โดยที่แสงที่มาจากด้านบนนั้น ถือว่าเป็นแสงที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าแสงที่มาจากด้านข้าง ในแง่ของการให้ความสว่างของที่ว่างภายในอาคาร นอกจากนี้อาจมีการเพิ่มประสิทธิภาพของแสงสว่างโดยใช้เทคนิคอุปกรณ์ช่วยเช่น (Light Pipe) หรือระนาบสะท้อนแสง (Light Shelf) เป็นต้น สิ่งที่ควรระวังคือ แสงธรรมชาติเข้ามาให้โดยตรง แต่ควรนำแสงสว่างที่สะท้อนจากแสงธรรมชาติโดยตรง (Indirect Light) มาใช้เท่านั้น หรือนำแสงอาทิตย์ที่ผ่านการหักเหหรือสะท้อนก่อนที่จะเข้าสู่อาคารมาใช้

- แสงที่เข้ามาจากทางด้านข้าง (Side-Lighting) จะต้องคำนึงถึงเรื่องความลึกของห้องที่ค่อยๆ ออกห่างจากหน้าต่าง และความสูงของช่องหน้าต่าง อย่างไรก็ตามก็ต้องใช้ทั้งความสูง และความกว้างของหน้าต่างควบคู่กันไป ความสูงของหน้าต่างยิ่งมากแสงที่สองเข้ามาภายในอาคารก็ยิ่งลึกมากและกระจายได้ทั่วสม่ำเสมอ

- แสงที่เข้ามาจากทางด้านบน (Top-Lighting) หากเป็นการให้แสงทางด้านทิศเหนือจะได้แสงที่สม่ำเสมอและหลีกเลี่ยงการได้รับรังสีความร้อน ส่วนการรับแสงทางทิศใต้มีโอกาสที่จะได้รับรังสีความร้อน (Heat Gain) และเกิดความจ้าของแสง (Glare) เข้ามามาก แต่ละอาคารโดยมากต้องการแสงทางทิศเหนือเท่านั้น ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะภูมิอากาศ ภูมิประเทศ ว่าตั้งอยู่ทางซีกโลกใด นอกจากนี้ยังต้องมีสิ่งพิจารณาที่ควบคู่กันไปคือ การจัดวางอาคาร การใช้พลังงาน โดยมีรูปแบบของช่องเปิดด้านบน ซึ่งสามารถแบ่งวิธีการออกแบบช่องเปิดให้แสงทางด้านบนเป็นสองรูปแบบใหญ่ๆ คือ

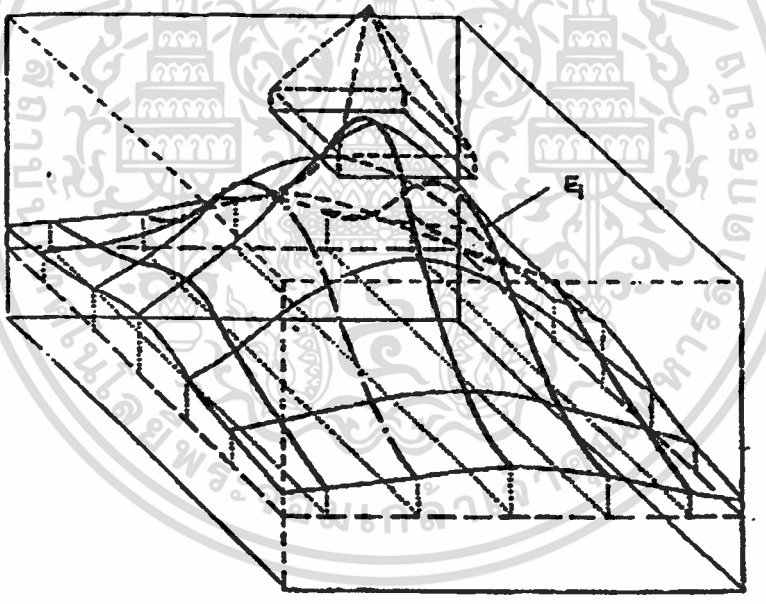
1. ช่องแสงด้านบนต่อเนื่อง (Linear Toplights)
2. ช่องแสงด้านบนเฉพาะจุด (Localized or spot Toplights)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงช่องแสงด้านบนต่อเนื่อง (Linear Toplights)

ที่มา : András Majors,Daylighting, 1988, page 19



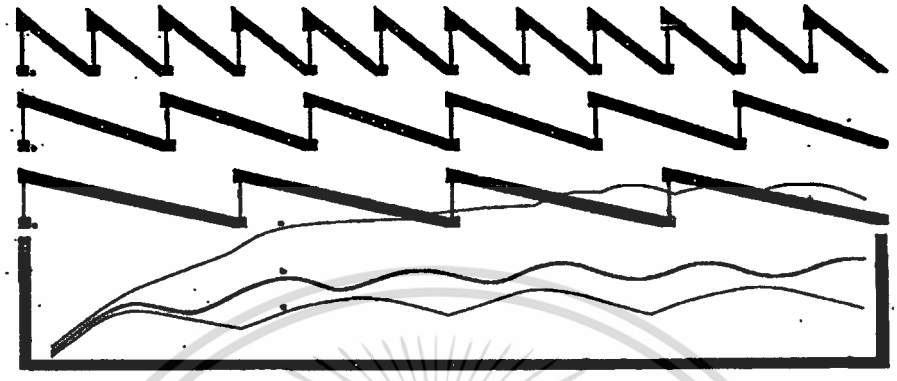
รูปที่ 2.3 แสดงช่องแสงด้านบนเฉพาะจุด (Localized or spot Toplights)

ที่มา : András Majors,Daylighting, 1988, page 22

ส่วนลักษณะรูปทรงของช่องเปิดของทั้งสองรูปแบบนั้นมีได้มากมายหลายชนิด ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะโครงสร้างและวัตถุประสงค์ในการให้แสงสว่างจากทางด้านบนที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งรูปของช่องแสงทางด้านบนได้เป็นรูปแบบต่างๆ การให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบนสามารถพิจารณามาจากสองทิศทาง คือ ทิศทางตั้ง (Vertical) และทิศทางแนวราบ (Horizontal)

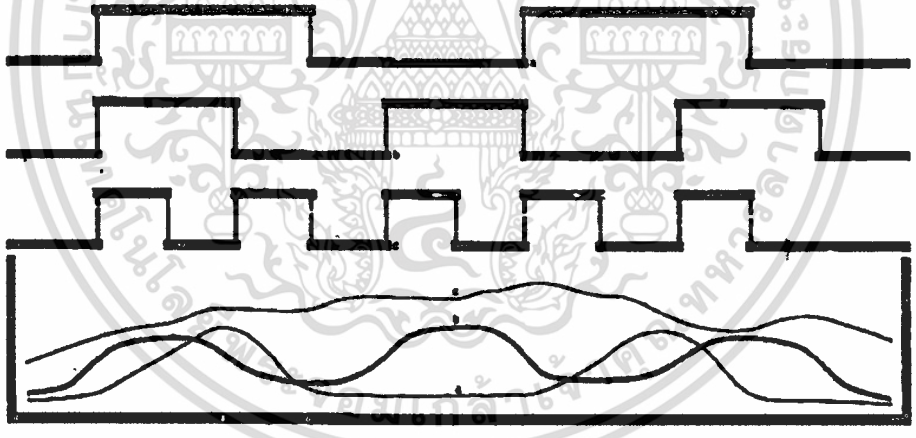
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านทางหลังคา (Roof Lighting) ซึ่งมีหลายรูป เช่น สกายไลท์ (Skylight) ฟันเลื่อย (Saw tooth), หรือหลังคามอนิเตอร์ (Monitor) เป็นต้น แต่ไม่ว่าจะเป็นการให้แสงในลักษณะใด มีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้



รูปที่ 2.4 แสดงช่องแสงในระนาบด้านบนหลังคาแบบฟันเลื่อย (Saw tooth)

ที่มา : Cladude L, Robbins, Daylighting Design & Analysis, 1986, page 101



รูปที่ 2.5 แสดงช่องแสงในระนาบด้านบนหลังคาแบบมอนิเตอร์ (Monitor)

ที่มา : Cladude L, Robbins, Daylighting Design & Analysis, 1986, page 108

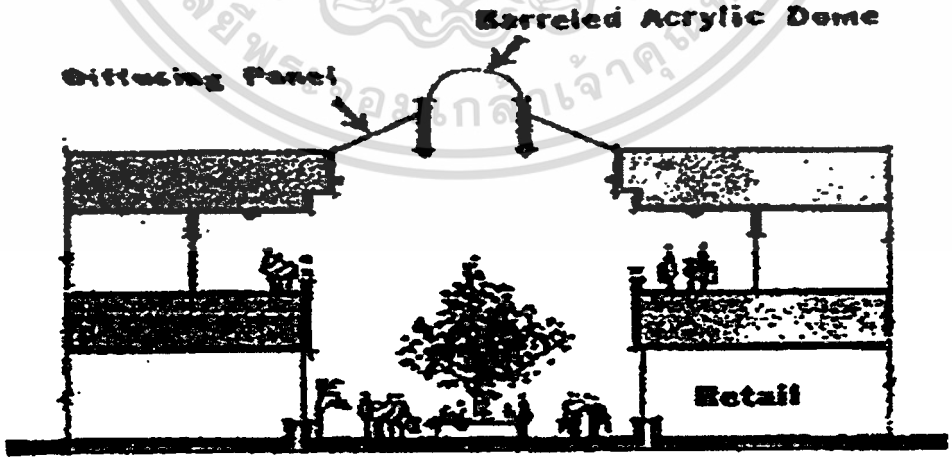
ช่องแสงหลังคาฟันเลื่อย (Saw tooth) เป็นรูปแบบการเปิดช่องเปิดในแนวตั้งในทางด้านใดด้านหนึ่งของอาคาร โดยส่วนใหญ่มักจะหันช่องเปิดไปทางด้านเหนือ ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์น้อยที่สุด สำหรับประเทศไทยที่ตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 14 องศาเหนือ ดวงอาทิตย์จะโคจรไปทางทิศใต้เป็นส่วนใหญ่ถึง 8 เดือน ในรอบ 1 ปี ดังนั้นการออกแบบจึงมักหันช่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปิดหลังคาฟันเลื่อยไปทางทิศด้านทิศเหนือ เพื่อป้องกันความร้อนจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์เข้ามา และง่ายต่อการควบคุมแสงจ้า (Glare) แต่ถ้าช่องเปิดหันไปทางทิศอื่นๆ การใช้กันสาด (Overhang), ครีบ (Fin), กระจกกรองแสง (Diffusing Glass) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือใช้ร่วมกันเพื่อควบคุมปัญหานั้น

หลังคามอนิเตอร์ (Monitor Roof) เป็นรูปแบบของหลังคาที่ให้แสงเข้ามาได้ทั้งสองด้านขึ้นไป ซึ่งจะออกแบบให้สมมาตรทั้งสองด้านหรือไม่ก็ได้ หากถ้ามีการใช้ร่วมกับอุปกรณ์บังแดดที่เหมาะสมในบริเวณที่เปิดรับแสงในด้านทิศต่างๆ จะทำให้การกระจายของภายในของอาคารเกิดความสม่ำเสมอดีขึ้น

สกายไลท์ (Horizontal Skylights) เป็นการเปิดรับแสงด้านบนในแนวราบ (Horizontal Plane) ซึ่งต่างจากรูปแบบการให้แสงจากทางด้านบนแบบอื่นๆ ที่เน้นการเปิดรับแสงในแนวตั้ง (Vertical Plane) วิธีนี้มีผลกระทบเมื่อพิจารณาคุณสมบัติเรื่องความร้อน เนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์และประมาณแสงที่จ้าเกินความจำเป็น โดยทั่วไปการควบคุมความจ้า (Glare Control) และความต้องการการกระจายแสง อาจจะนำเอากระจกกรองแสง (Diffusing Glazing) มาใช้เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว แต่จะทำให้ทัศนียภาพของท้องฟ้าเสียไปรวมไปถึงราคาของวัสดุที่ใช้ มีราคาสูงด้วย อย่างไรก็ตาม สกายไลท์ (Skylight) ก็เป็นที่นิยมในประเทศเขตหนาว เนื่องจากสภาพอากาศที่เย็นทำให้ผู้ใช้อาคารต้องนำความอบอุ่นจากดวงอาทิตย์มาใช้ภายในอาคาร สำหรับการให้แสงด้านบนอีกรูปแบบหนึ่ง จะให้แสงลาดเอียงไปตามมุมของหลังคา เรียกว่าเชดรูฟ (Shed Roof) ซึ่งต่างจากสกายไลท์ (Skylight) ตรงที่มันทำให้เกิดการกระจายแสงที่แตกต่างไปเล็กน้อย โดยจะขึ้นอยู่กับมุมเอียงของหลังคา



SECTION

รูปที่ 2.6 แสดงช่องเปิดด้านบนแบบสกายไลท์ (Skylight)

ที่มา : Daylighting Performance and Design, page 88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โถงนำแสง หรือไลท์เวล (Light Well) เป็นการเปิดรับแสงด้านบนในแนวราบ (Horizontal Plane) คล้ายกับช่องแสงแนวราบหรือสกายไลท์ (Horizontal Skylights) แต่มีผนังด้านข้างภายในซึ่งทำให้เกิดเป็นพื้นที่ลักษณะช่องเปิดโล่ง เรียกว่าช่องโถง หรือ เวล (Well) ซึ่งเป็นช่องรับแสงสว่างธรรมชาติจากด้านบนไลท์เวล (Light Well) มีทั้งความลึกและการสะท้อนแสงของพื้นผิว Light Well มีความสำคัญต่อการนำแสงเข้ามาภายใน รูปร่างของเวล (Well) มีความสำคัญต่อการกระจายแสงและการส่องแสงจ้า (Glare) เมื่อมองจากข้างล่างขึ้นมา ดังนั้นจึงต้องมีการคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดจากกระจกกรองแสง (Diffusing Glass) และพื้นที่กว้างระหว่างสกายไลท์ (Skylights)

เมื่อพิจารณาลักษณะเฉพาะในแต่ละรูปแบบ เพื่อหารูปแบบที่มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้กับอาคารในประเทศไทย ที่อยู่ในภูมิอากาศร้อน ซึ่งเป็นเขตที่มีสภาพอากาศภายนอกร้อนเกือบตลอดปีและมีความส่องสว่างภายนอกสูงเกือบตลอดปีเช่นกัน ซึ่งเป็นสภาวะไม่น่าสบาย (Discomfort Zone) ดังนั้นความเย็นสบายและปริมาณแสงที่พอดีกับการใช้งานจึงเป็นสิ่งที่ผู้ใช้อาคารต้องการมากที่สุด รูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีความเหมาะสมที่จะใช้กับอาคารในเขตร้อนจึงควรจะเป็นรูปแบบที่สามารถลดอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นที่มาของความร้อนและความจ้า ที่จะเข้าสู่ภายในอาคารได้ จากรูปแบบต่างๆ พบว่ารูปแบบที่มีประสิทธิภาพในการลดอิทธิพลดังกล่าว มีอยู่ 2 แบบคือ รูปแบบช่องเปิดแบบหลังคาฟันเลื่อย (Saw Tooth) กับรูปแบบช่องเปิดแบบมอนิเตอร์ (Monitor)

จากรูปแบบทั้งสองข้างต้น พบว่ารูปแบบช่องเปิดแบบมอนิเตอร์ (Monitor) มีลักษณะการเป็นช่องเปิดเพื่อรับแสงธรรมชาติได้หลายด้าน หรือโดยรอบทุกด้านก็ได้ ซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของช่องเปิดในการรับแสงธรรมชาติ มากกว่ารูปแบบฟันเลื่อย (Saw Tooth) ที่มีการเปิดรับแสงเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ จึงใช้รูปแบบมอนิเตอร์ (Monitor) มาพัฒนารูปแบบช่องเปิดเพื่อลดอิทธิพลจากดวงอาทิตย์ ณ ตำแหน่งละติจูดที่ 14 องศาเหนือ นำมาเปรียบเทียบกับแบบฟันเลื่อย (Saw Tooth) เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมให้การให้แสงธรรมชาติ สามารถให้ความสม่ำเสมอในการกระจายแสงได้ดี ลดการเกิดแสงจ้า และไม่เกิดการบังเงา

2.2.3 ปัญหาในการนำแสงธรรมชาติมาใช้สำหรับภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Daylight and Problem of Utilization in Hot Humid Climate)

แสงจากดวงอาทิตย์จะมีทิศทางกระจายไปทั่วท้องฟ้าโดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณ และสภาพการกระจาย ตัวของเมฆเป็นหลัก (Cloudiness Factor) ในเขตหนาวจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าเรียกว่าท้องฟ้ามืด (Overcast Sky) จะมีปริมาณแสงค่อนข้างคงที่ สำหรับประเทศในเขตร้อนชื้นมักจะมีปริมาณเมฆบนท้องฟ้าปานกลางจนถึงน้อยมากเรียกว่า ท้องฟ้ามีเมฆ (Partly Cloudy Sky)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งมีปริมาณแสงสว่างที่ไม่ค่อยคงที่ ส่วนอีกสภาพหนึ่งเป็นท้องฟ้าแจ่มใส ซึ่งมีปริมาณแสงที่คงที่และความเข้มสูง ในกรณีของท้องฟ้าที่มีเมฆ ความคงที่ของแสงจะไม่แน่นอนสลับกันไปมา เมื่อถูกแสงอาทิตย์โดยตรง (Direct Sunlight) ปริมาณส่องสว่างอาจจะถึง 10,000 ฟุตแคนเดิล แต่ในขณะที่แสงสะท้อน (Diffused Sunlight) ปริมาณความส่องสว่างอาจจะลดลงเหลือเพียง 2,000 ฟุตแคนเดิล เท่านั้น ดังนั้นในการออกแบบแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในอาคารจึงต้องคำนึงถึงความคงที่สม่ำเสมอของแสงที่เกิดขึ้น เพราะมีผลต่อการประกอบกิจกรรมภายในอาคาร ในบางครั้งตำแหน่งของแสงอาทิตย์ (Direct Sunlight) ก็สามารถที่จะส่องตรงไปยังบริเวณพื้นที่ใช้งานได้ เป็นสาเหตุให้เกิดสภาวะที่ไม่สบายต่อสายตา (Visual Uncomforted) ขึ้นได้ และยังทำให้ประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง การให้แสงสว่างธรรมชาติเข้าไปในอาคารนั้นควรจะมีการออกแบบที่เหมาะสม เช่น การออกแบบช่องเปิดเพื่อให้ได้รับแสงนั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงขนาดช่องเปิดด้วย หากช่องเปิดมีขนาดใหญ่มากปริมาณแสงที่เข้ามาก็มาก แต่ก็มีความร้อนเข้าสู่อาคารมาก ดังนั้นการออกแบบช่องเปิดควรที่จะมีขนาดที่เหมาะสมที่แสงสว่างเข้ามาได้อย่างพอเพียง มีความร้อนเข้ามาน้อยและกำหนดตำแหน่งการให้แสงสว่างในพื้นที่ๆ ต้องการ รวมทั้งไม่ก่อให้เกิดการรบกวนต่อบริเวณที่ทำงาน การให้แสงสว่างในทิศเหนือ – ใต้ (North – South Lighting) จะไม่ก่อให้เกิดแสงแดดตรง (Direct Sunlight) ตลอดปี ยกเว้นแต่ในตอนเช้าและเย็นของเดือนในฤดูร้อน แต่สำหรับในเขตภูมิอากาศชื้นอย่างเช่นในประเทศไทย พบว่าการเปิดหน้าต่างทางทิศเหนือจะได้รับประสิทธิภาพของแสงสว่างที่มีคุณภาพกว่าทางทิศใต้ เพราะแสงสว่างจากทางทิศเหนือมีปริมาณความเข้มของแสงที่มีความคงที่และไม่รุนแรงเท่ากับแสงสว่างทางทิศใต้ เมื่อมีปริมาณความเข้มของรังสีดวงอาทิตย์ที่น้อยกว่าก็ย่อมนำความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารได้น้อยกว่านั่นเอง ส่วนการเปิดหน้าต่างรับแสงทางทิศใต้นั้น แม้ว่าจะได้ปริมาณความส่องสว่างตลอดทั้งปีที่มีมากกว่าทิศเหนือ เนื่องจากการโคจรของดวงอาทิตย์อ้อมทางทิศใต้ 8 เดือน ในขณะที่อ้อมทางทิศเหนือเพียง 4 เดือน แต่ก็เป็นแสงที่มีความเข้มของรังสีสูงและมีความร้อนที่เข้ามาสู่อาคารได้มากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการพิจารณาบังเงา (Shading Devices) ให้แก่ช่องหน้าต่างในส่วนนี้ซึ่งต้องการการบังเงาทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง บังเงาในแนวนอนเมื่อดวงอาทิตย์ทำมุมอัลติจูด (Altitude) ที่สูง (ตอนสายถึงบ่าย) แต่ก็เป็นการบดบังปริมาณความส่องสว่างจากดวงอาทิตย์ไปด้วยเป็นสาเหตุให้ภายในอาคารได้รับแสงธรรมชาติไม่เพียงพอต่อการทำงาน

ปริมาณความส่องสว่างของแสงธรรมชาติสำหรับภูมิภาคเขตร้อนชื้น เช่น ประเทศไทยนั้น จะมีฤดูร้อน ฤดูฝน เป็นต้น รวมทั้งองค์ประกอบท้องฟ้า เช่น ปริมาณเมฆ ฯลฯ ดังนั้นในการนำแสงธรรมชาติในเขตภูมิภาคร้อนชื้นมาใช้ จะต้องมีความระมัดระวังและรอบคอบเป็นพิเศษ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องของปริมาณความสว่าง (Brightness) ของท้องฟ้าจะมีปริมาณที่สูง เนื่องจากตำแหน่งของดวงอาทิตย์จะอยู่ในแนวเหนือศีรษะ หรือตั้งฉากกับพื้นโลกมากกว่าในเขตภูมิภาคอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนาว ดังนั้นการกำหนดปริมาณแสงที่จะเข้ามาภายในอาคารต้องเป็นไปตามความต้องการที่จะใช้งานเท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่แสงธรรมชาติเข้ามาสู่ภายในอาคารเกินความจำเป็นการใช้งาน ซึ่งอาจจะก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานตามมา จากภาระการปรับอากาศ และความร้อนสู่สภาพแวดล้อมได้

ดังนั้นสำหรับประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ในภูมิภาคร้อนชื้น (Hot – Humid Climate) การประยุกต์ใช้แสงธรรมชาติควรต้องมีหลักการดังนี้

- หลีกเลี่ยงแสงตรงจากดวงอาทิตย์ โดยเน้นการใช้แสงสว่างที่ได้จากการสะท้อนจากดวงอาทิตย์ (Diffused Light)

- ขนาดของช่องเปิด ไม่ควรมีขนาดใหญ่เกินความจำเป็น คือมีขนาดพอดีต่อการนำแสงธรรมชาติเข้ามาส่องสว่างพื้นที่ภายใน ในระดับที่เพียงพอต่อการใช้งาน

- แนวทางที่จะนำแสงเข้าสู่ภายในอาคาร เพื่อหลีกเลี่ยงแสงแดดตรง จึงควรออกแบบอาคารให้มีระดับของขอบวงกบล่างของช่องเปิดสูงกว่าระดับสายตา หรือสร้างการบังเงาให้กับบริเวณพื้นที่ช่องเปิดอาคาร เพื่อควบคุมความสว่างและการสะท้อนของแสงภายนอกที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร สำหรับประเทศไทย แนวทางหนึ่งที่จะนำมาใช้คือ การให้แสงธรรมชาติผ่านทางช่องเปิดด้านบน (Top Lighting) ซึ่งเป็นแนวทางที่ใช้การกระจายของแสงดีกว่าแสงที่ผ่านช่องเปิดด้านข้าง (Side Lighting) นอกจากนี้แสงทางด้านบนยังจะช่วยลดปัญหาในการเกิดแสงจ้าหรือแสงบาดตา และอาจเลือกใช้ระเบียงหรือแผงกันแดดในแนวตั้งหรือแนวนอน เพื่อควบคุมปริมาณและทิศทางของแสงธรรมชาติที่จะเข้าสู่อาคาร

นอกจากนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพท้องฟ้าแล้ว ปัจจัยแวดล้อมภายนอกโดยรอบอาคารและปัจจัยที่อยู่ภายในอาคารยังส่งผลเกี่ยวเนื่องโดยตรงกับปริมาณความส่องสว่างภายในอาคารทั้งหมด ปัจจัยทั้งหมดจะเป็นตัวกำหนดปริมาณของแสงที่ตกกระทบลงบนพื้นที่ใช้งานภายในอาคาร

การสะท้อนของผิวภายในอาคาร หากมีค่าการสะท้อนแสงของเพดานและผนังที่สูง จะทำให้ค่าความส่องสว่างภายในเพิ่มขึ้นได้ ในช่วงที่สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมมากและมีค่าความส่องสว่างลดลง แต่หากภายในอาคารได้รับอิทธิพลจากรังสีดวงอาทิตย์ ค่าการสะท้อนแสงภายในที่สูงก็อาจจะก่อให้เกิดความไม่สบายต่อสายตาในลักษณะแสงจ้าได้ อย่างไรก็ตามทิศทางของดวงอาทิตย์และปริมาณความส่องสว่างจะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงวันและเวลาต่างๆ ซึ่งผู้ออกแบบสามารถออกแบบให้มีความสอดคล้องกับทิศทางต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับโถงช่องเปิด (Atrium)

Atrium ถูกใช้เป็นองค์ประกอบในการออกแบบอาคารมากว่า 100 ปีจนถึงปัจจุบัน ส่วนใหญ่การประหยัดพลังงานมักจะกล่าวถึงเป็นลำดับแรก และการออกแบบ Atrium ภายในอาคารได้อย่างมีประสิทธิจะช่วยส่งเสริมทั้งในด้านการใช้พลังงาน ซึ่งได้ แก่การใช้แสงธรรมชาติ รวมถึงการสร้างคุณค่าที่ดีให้กับพื้นที่ และเกิดความประทับใจต่อผู้ใช้อาคารนั้นๆ

2.3.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ Atrium

ประสิทธิภาพการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium วัดได้จากปัจจัยพื้นฐาน 2 ประการ คือ ความสามารถในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ และการประหยัดพลังงานของอาคารว่าเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด ซึ่งความสามารถในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ให้เป็นประโยชน์ขึ้นกับอิทธิพลของการเคลื่อนที่ ลักษณะทิศทางของการส่องสว่างภายนอก และองค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่สำคัญหลาย ๆ ส่วน

การเปลี่ยนแปลงของการส่องสว่างภายนอกมีความสัมพันธ์กับเวลาแต่ละช่วงของวัน ฤดูกาล และที่ตั้งโครงการ ซึ่งมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มของแสง อันเนื่องมาจากมุมตกกระทบที่แตกต่างกัน ลักษณะเช่นนี้ของแสงธรรมชาติมีอิทธิพลอย่างรุนแรงต่อกลวิธีการออกแบบเพื่อนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium

องค์ประกอบทางสถาปัตยกรรมที่สำคัญประกอบด้วย ระบบช่องแสงที่เลือกใช้ รูปทรงของ Atrium ลักษณะพื้นผิว และ อื่นๆ โดยมีบทบาทในการกำหนดระดับการรับรู้ของมนุษย์และสุนทรียภาพของการส่องสว่างภายใน Atrium ซึ่งควรจะมีการศึกษาต่อไปเพื่อเป็นแนวทางที่จะช่วยให้ผู้ออกแบบประเมินผลการออกแบบในการนำแสงธรรมชาติมาใช้ได้อย่างเห็นจริง ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ Atrium ประกอบด้วย

1. **ค่าการส่องสว่างภายนอก** ของแหล่งกำเนิดแสงภายนอกอาคาร ซึ่งได้แก่
   - แสงตรงจากดวงอาทิตย์
   - แสงกระจายจากท้องฟ้า
   - แสงสะท้อนจากสิ่งก่อสร้างข้างเคียง และแสงสะท้อนจากพื้นดิน
   - ความชื้น และความหนาแน่นของบรรยากาศ
2. **ประสิทธิภาพของช่องแสง** ช่องแสงทำหน้าที่นำ และสร้างความต่อเนื่องของแสงธรรมชาติระหว่างภายนอก และภายในอาคาร รูปร่างของช่องแสง คุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุ รวมถึงการดูแลสภาพกระจกล้วนส่งผลถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่ส่องผ่านเข้ามา ซึ่งปริมาณแสงที่ส่องผ่านเข้ามานี้ก็ส่งผลถึงการกระจายตัวของแสงธรรมชาติ และประสิทธิภาพของช่องแสงสามารถแจกแจงเป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบได้ดังนี้
   - ขนาด และตำแหน่งที่กระจกติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61033

- รูปแบบช่องแสง
- คุณสมบัติของกระจก เช่น ค่าการส่องผ่านของแสง และ ค่าการสะท้อนแสง
- อุปกรณ์บังแดด และระบบควบคุม
- การดูแลรักษาสภาพกระจก

3. **ประสิทธิภาพของพื้นที่** Atrium ที่เกี่ยวเนื่องกับลักษณะทางกายภาพของรูปร่างพื้นที่ Atrium เช่นภูมิศาสตร์ของ Atrium และค่าการสะท้อนของพื้นผิว เป็นต้น ปัจจัยเหล่านี้สามารถเพิ่มการกระจายของแสงธรรมชาติทั่วทั้ง Atrium และสามารถสร้างมิติขึ้นได้ ระดับความส่องสว่างของแสงธรรมชาติที่ต้องการในการออกแบบเกิดจากตัวแปรต่อไปนี้

- ภูมิศาสตร์ของ Atrium ทางกายภาพ เช่น ซอกมุม ชั้นลอย เป็นต้น
- คุณลักษณะของพื้นผิว
- การจัดสวนและองค์ประกอบภายใน Atrium
- การดูแลรักษาพื้นผิววัสดุ

4. **ช่องโล่งหรือลักษณะของพื้นที่ที่ต่อเนื่องกับ** Atrium ที่ทำให้เกิดมุมมองที่มีความเชื่อมโยงกัน และแสงจาก Atrium จะส่องผ่านเข้าไป ช่องโล่งเหล่านั้นมีบทบาทต่อการกำหนดข้อดี ข้อเสียของคุณภาพหรือปริมาณแสงที่ผ่านเข้าไปในห้อง จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องมีความเข้าใจในอิทธิพลของช่องเปิดต่อการกระจายแสงใน Atrium และการส่งผ่านแสงจาก Atrium ไปยังพื้นที่ที่ติดกัน ประสิทธิภาพของช่องเปิดในการออกแบบมีดังนี้

- ขนาด และตำแหน่งของช่องเปิด
- คุณสมบัติของกระจก ถ้าบริเวณรอบช่องเปิดเป็นกระจก
- อุปกรณ์บังแดด และระบบควบคุม

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยต่างๆ ทั้งภายใน และต่างประเทศที่เกี่ยวกับการใช้แสงธรรมชาติภายในโถงช่องเปิดภายในอาคาร โดยส่วนมากจะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมของแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคาร โดยทำการศึกษาทั้งวิธีทำการทดลองโดยใช้หุ่นจำลอง และการคำนวณด้วยสูตรคำนวณทางคณิตศาสตร์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโถงช่องเปิดภายในอาคารของ KYOO D.SONG เป็นการทดลองเพื่อหาระดับความส่องสว่างและการกระจายแสงที่เกิดขึ้นภายในโถงช่องเปิดภายในอาคาร โดยมีการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของช่องแสงบนหลังคา 5 ประเภท รวมถึงการใช้วัสดุช่องแสงที่แตกต่างกัน การทดลองได้กระทำภายในสภาพท้องฟ้าโปร่ง (Clear Sky) และสภาพท้องฟ้ามืดมน (Overcast Sky) ผลการทดลองแสดงให้เห็นปัจจัยด้านรูปแบบของช่องแสง สัดส่วนของโถง ที่มีผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อระดับความสว่าง นอกจากนี้ยังแสดงเปรียบเทียบให้เห็นค่า เดย์ไลท์ แฟคเตอร์ (Daylight Factor) แตกต่างกันเมื่อทำการทดสอบภายใต้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกัน

สำหรับงานวิจัยโดยใช้วิธีการคำนวณ ของ Manoj Joshi เป็นการศึกษาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติที่ผ่านช่องแสงด้านบนโดย การใช้วิธี Lumen Method ประยุกต์ใช้สำหรับคำนวณระดับความสว่างของแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้น ภายในพื้นที่โถงช่องเปิด ในงานวิจัยได้กล่าวถึงปัจจัยต่างๆ ที่ต้องพิจารณาในการออกแบบช่องแสงด้านบน และ โถงช่องเปิดภายในอาคาร และได้แสดงการคำนวณแสงธรรมชาติภายในอาคารโดยวิธี Lumen Method ซึ่งมีหลักการคล้ายกับ Zonal Cavity Method สำหรับการคำนวณแสงสว่างจากไฟฟ้า (Electric Lighting) วิธีการคำนวณนี้ค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยที่เกิดขึ้นภายในพื้นที่ทั้งหมด โดยได้มีการทดลองเปรียบเทียบโดยการวัดแสงจากอาคารจริงกับการคำนวณโดยวิธี Lumen Method โดยใช้ห้างสรรพสินค้าฟิวเจอร์พาร์ครังสิตเป็นกรณีศึกษา

นอกจากนี้ยังมีบทความมากมายที่กล่าวถึงการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติภายใน Atrium โดย Murat Ozdamar ได้กล่าวถึงสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบการนำแสงธรรมชาติมาใช้ใน Atrium และ ปัจจัยที่มีต่อแสงธรรมชาติที่เกิดขึ้นภายใน Atrium และพื้นที่โดยรอบ ซึ่งได้แก่ ระบบโครงสร้างของหลังคาและช่องแสง การส่งผ่านแสงของวัสดุกระจก รูปทรงของ Atrium ความสะท้อนของผิวพื้นและผนังภายใน Atrium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ค่ามาตรฐานทั่วไป

2.5.1 มาตราฐานการส่องสว่างภายในอาคารสำหรับพื้นที่และกิจกรรมต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน(ก)	CIE (Lux)	IES (Lux)	พื้นที่ใช้งาน(ข)
ทางเดิน, พื้นที่ทำงานภายนอก	20 – 30 – 50	20 – 30 – 50 (a)	Public space with dark Surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50 – 75 - 100	50 – 75 – 100 (a)	Simple orientation for shot temporary
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเป็นเวลานาน	100 – 150 - 200	100 – 150 – 200 (a)	Working space where visual tasks are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน, งานชิ้นใหญ่	200 – 300 - 500	200 – 300 – 500 (b)	Performance of visual tasks of height contrast or large size
งานที่ใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงาน	300 – 500 - 750	500 – 750 – 1000(b)	Performance of visual tasks of medium contrast of small size
งานที่ใช้สายตามาก เช่น การเขียน	500 – 750 - 1000		
งานที่ใช้สายตามากๆ เช่น การประกอบชิ้นส่วน	750 – 1000 – 1500	1000 – 1500 – 2000(b)	Performance of visual tasks of low contrast or very small size
งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ	1000 – 1500 – 2000	2000 – 3000 – 5000(x)	Performance of visual tasks of low contrast or very small size, Prolonged period
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	5000 – 7500 – 10000(x)	Performance of very prolonged and exciting
		10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

ที่มา : (ก) **ดร. ชำนาญ ห่อเกียรติ** (1 - 6)

(ข) IES Illuminating Engineering Society (1983: A3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเหนือจากการกำหนดระดับการส่องสว่างเป็นบักซ์หรือฟุตแคนเดิลแล้วการกำหนดกำหนดระดับการส่องสว่างยังสามารถกำหนดมาตรฐานเป็นค่า Daylight Factor โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบมาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES (USA) และมาตรฐานการกำหนดค่า Daylight Factor ตามประเภทการใช้งาน (บางส่วน)

พื้นที่ใช้งาน	ค่าการส่องสว่าง (Lux) ตามมาตรฐาน CIE (ก)	ค่าการส่องสว่าง (Lux) ตามมาตรฐาน IES (ข)	ค่า Daylight Factor (%) , (ค)		
		อาคารทั่วไป	เฉลี่ย	ต่ำ	จุดที่วัด
ทางเดิน	50 – 100 – 150	50 – 75 – 100	2	0.6	พื้น
บันได – บันไดเลื่อน	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	2	0.6	ลูกนอน
ที่เก็บของ, ห้องเก็บของ	100 – 150 – 200	100 – 150 – 200	1.5	0.5	Work place
ห้องน้ำ	100 – 150 - 200	100 – 150 - 200	1.5	0.5	Work place
		สำนักงาน			
พื้นที่ทั่วไป, พิมพ์ดีด	300 – 500 – 750	500 – 750 - 1000	5	2.5	Work place
		คอมพิวเตอร์			
เขียนแบบ	500 – 750 – 1000	500 – 750 – 1000	5	2.5	Work place
ห้องประชุม		200 – 300 – 500			
โถงทางเข้า	300 – 500 – 750	100 – 150 – 200	2	0.6	Work place
		ห้องสมุด			
หิ้งหนังสือ	150 – 200 – 300	200 – 300 – 500	5	1.5	Vertical
โต๊ะอ่านหนังสือ	300 – 500 – 750	200 – 300 – 500	5	1.5	Work place
เคาน์เตอร์	200 – 300 – 500	200 – 300 - 500	5	2	Work place
		ห้องประชุม			
เอนกประสงค์	150 – 200 – 300	200 – 300 - 500	5	2.5	Work place

ที่มา : (ก) **ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ** (1 – 6)

(ข) IES Illuminating Engineering Society (1983: A3)

(ค) BSI Draft for Development (73)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 **ปริมาณแสงสว่าง และรังสีดวงอาทิตย์ของกรุงเทพมหานคร** (Radiation and Illuminance)

จากการที่กรุงเทพตั้งอยู่ที่ละติจูดที่ 13 องศา 44 'N และลองติจูดที่ 100 องศา 33'E ซึ่งอยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น (Tropical Zone) ทำให้มีปริมาณรังสีและปริมาณแสงสว่างที่จ้าเกือบตลอดทั้งปี โดยปกติแล้วปริมาณรังสีจากดวงอาทิตย์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณของแสงสว่างถ้าปริมาณของรังสีมากปริมาณแสงสว่างก็จะมีค่าของความส่องสว่างมากด้วย ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณของรังสีจากดวงอาทิตย์และปริมาณของแสงสว่างจะมีการแปรเปลี่ยนตลอดเวลาในแต่ละช่วงวัน เดือน ปี จากการศึกษาสถิติการวัดค่าปริมาณแสงสว่างและรังสีของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปี (มกราคมถึงเดือนธันวาคม : 2542 – 2543) ของสถาบันวิจัยและพัฒนาเอเชีย AIT โดยเก็บข้อมูลสถิติของค่าความส่องสว่างและค่าปริมาณรังสีแบบแนวโคจรของดวงอาทิตย์ (Solar time) และแบบตามช่วงเวลาปกติ (Local time) ดังแสดงในตารางที่ 2.3 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.3 ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างรวมของท้องฟ้าทุก 1 ชั่วโมง (Klux)

Hourly mean values of global illuminance (Klux) by calendar month (Solar time)

Solar Time	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	2.2	5.26	6.04	6.11	6.39	7.32	5.71	5.39	3.55	0	0
7	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	24.8	30.51	44.57	48.93	39.71	41.79	44.83	39.48	42.16	33.26	28.3	28.47
9	50.63	56.49	69.8	73.46	62.66	63.68	61.05	61.58	60.65	50.96	51.14	49.11
10	67.83	77.97	81.38	87.76	70.95	81.41	75.07	78.93	75.6	68.19	64.1	66.85
11	74.78	84.77	88.62	96.43	82.01	85.56	82.81	83.52	80.66	72.19	77.65	78.86
12	81.01	92.07	92.42	100.9	79.38	78.52	83.65	81.71	85.84	75.67	77.1	81.66
13	69.46	86.52	85.58	104.69	70.41	70.93	82.38	74.36	83.13	67.75	66.76	78.02
14	60.64	75.1	77.58	91.82	64.44	64.76	74.75	62.5	69.77	58.82	60.68	66.3
15	42.47	57.07	62.31	75.03	52.45	50.39	55.42	47.65	51.97	44.22	41.35	47.42
16	25.41	32.44	41.39	44.25	39.6	33.85	38.81	32.29	32.53	26.5	23.79	25.81
17	9.63	10.74	18.39	18.96	20.62	17.34	21.35	16.51	14.06	10.44	9.56	8.76
18	0	3.7	5.99	6.74	7.38	6.01	6.6	5.56	4.35	5.84	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ที่มา : Chirarattananon and Chaiwiwatwatworalul (2001: P.A – 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงที่แนะนำให้ใช้

พื้นที่	พื้นผิว	ช่วงของตัวประกอบการสะท้อนแสง (%)
ทั่วไป	เพดาน	70 – 90
	ผนัง	40 - 50
	เครื่องแต่งเรือน	25 – 45
	พื้น	20 - 50
สำนักงาน	เพดาน	80 – 90
	ผนัง	40 – 50
	เครื่องแต่งเรือน	25 - 45
	อุปกรณ์สำนักงาน	25 – 45
	พื้น	20 - 40
ที่อยู่อาศัย	เพดาน	60 – 90
	ผ้าม่าน (ผืนใหญ่)	35 – 60
	ผนัง	35 – 60
	พื้น	15 – 35
โรงเรียน	เพดาน	70 – 90
	ผนัง	40 – 60
	กระดานดำ	สูงถึง 20
	พื้น	30 - 50
อุตสาหกรรม	เพดาน	80 – 90
	ผนัง	40 – 60
	อุปกรณ์และพื้นโต๊ะ	25 – 45
	พื้น	20 ขึ้นไป

ที่มา : พิบูลย์ ดิษฐอุดม (2544: 101)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าตัวประกอบการสะท้อนแสงของสีและวัสดุ

สีและวัสดุ	เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสง	สีและวัสดุ	เปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสง
ขาว	75 – 85	แดง	45 – 55
เทาอ่อน	40 – 60	แดงแก่	15 – 20
เทาแก่	10 – 15	ดำ	2 – 5
น้ำเงินอ่อน	40 – 50	ไม้สีอ่อน	25 – 35
น้ำเงินแก่	15 – 20	ไม้สีแก่	10 – 15
เขียวอ่อน	45 – 55	หินอ่อน	30 – 70
เขียวแก่	15 – 20	ปูนฉาบ	40 – 45
เหลืองอ่อน	60 – 70	คอนกรีต	20 – 30
น้ำตาล	20 – 30	ดินเผา	10 - 15

ที่มา : ชำนาญ ห่อเกียรติหน้า (4 – 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยการศึกษาจากหุ่นจำลอง เพื่อหาระดับความสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ตามแต่ละตัวแปรที่ต้องการศึกษา ซึ่งได้แก่ ตัวแปรด้านรูปทรงของช่องเปิด และตัวแปรด้านการสะท้อนของวัสดุที่ใช้ภายในอาคาร โดยการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลจะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ

1. การศึกษาเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน
2. การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความสว่างภายใน
3. การศึกษาอิทธิพลของการสะท้อนแสงของวัสดุที่มีต่อระดับความสว่างภายใน

โดยการทดลองจะทำตามขั้นตอนทีละขั้น และนำผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในแต่ละขั้นตอนมาทำการทดลองต่อในขั้นตอนต่อไป

3.1 การศึกษาเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน

3.1.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

เพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมในด้านการใช้งานสำหรับสภาพภูมิอากาศ และการนำไปใช้ในการทดลองสำหรับ Atriumในแต่ละรูปทรง

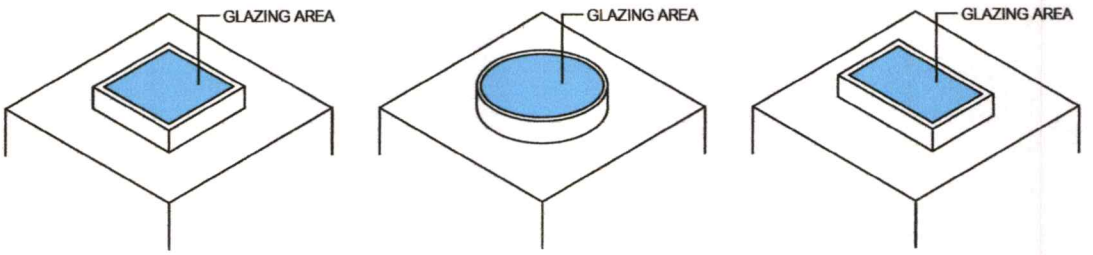
3.1.2 การกำหนดรูปแบบของช่องแสง

ข้อพิจารณาในการเลือกรูปแบบช่องแสงสำหรับการทดลองมีดังนี้

1. ช่องแสงสามารถนำไปใช้ได้สำหรับเอเทรียมในแต่ละรูปทรงที่กำหนดได้
2. พื้นที่รับแสงของช่องแสงที่นำไปใช้กับ Atrium ในแต่ละรูปทรงที่ได้กำหนดไว้ควรมีขนาด เท่ากัน เพื่อให้แสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าสู่ภายในมีปริมาณใกล้เคียงกัน เนื่องจากกำหนด ให้ปริมาณแสงเป็นตัวแปรควบคุม
3. ช่องแสงควรให้แสงผ่านเข้าสู่ภายใน ในปริมาณที่เหมาะสม และสามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้

ดังที่กล่าวมารูปแบบช่องแสงด้านบนที่สามารถนำมาพิจารณาใช้มีเพียงแบบเดียวได้แก่ ช่องแสงแบบสกายไลท์ (Skylight) เนื่องจากช่องแสงแบบฟันเลื่อย (Saw-tooth) มีข้อจำกัดด้านการก่อสร้างสำหรับเอเทรียมแบบวงกลม และช่องแสงแบบหลังคามอนิเตอร์ (Monitor Roof) ในกรณีที่พื้นที่ช่องเปิดแต่ละรูปทรงมีขนาดเท่ากัน พื้นที่รับแสงจะไม่เท่ากัน ซึ่งจะมีผลต่อปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายในที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส พื้นที่รับแสง 64 ตรม. ช่องเปิดแบบวงกลม พื้นที่รับแสง 64 ตรม. ช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า พื้นที่รับแสง 64 ตรม.

รูปที่ 3.1 แสดงพื้นที่รับแสงของช่องแสงแบบสกายไลท์ (Skylight) กรณีกำหนดให้รูปทรงช่องเปิดแต่ละ แบบมีพื้นที่เท่ากับ 64 ตรม.

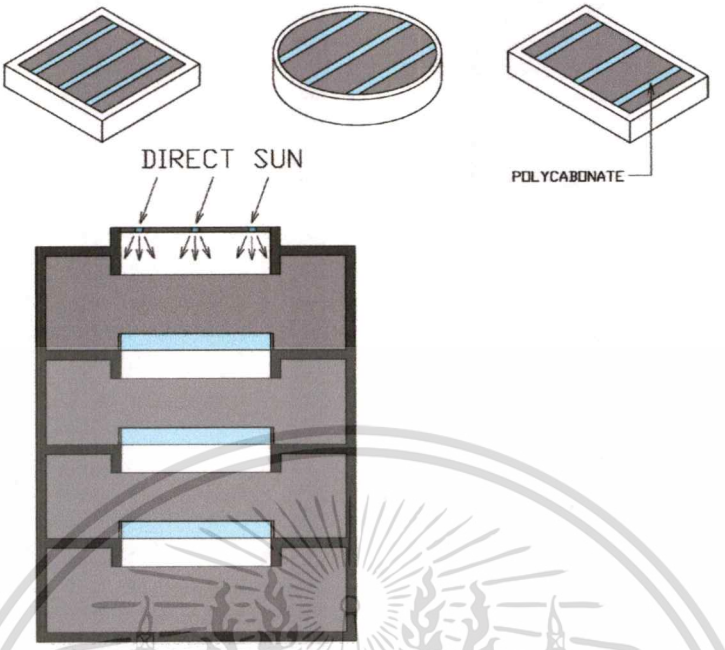
ช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส พื้นที่รับแสง 32 ตรม. ช่องเปิดแบบวงกลม พื้นที่รับแสง 28 ตรม. ช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า พื้นที่รับแสง 33 ตรม.

รูปที่ 3.2 แสดงพื้นที่รับแสงของหลังคามอนิเตอร์ (Monitor Roof) กรณีกำหนดให้รูปทรงช่องเปิดแต่ละ แบบมีพื้นที่เท่ากับ 64 ตรม. และให้หลังคามอนิเตอร์สูง 1 เมตร

เนื่องจากงานวิจัยนี้ทำการทดลองที่ตำแหน่ง 14 °N และถือเป็นตัวแทนของสภาพร้อนชื้น รูปแบบช่องแสงแบบสกายไลท์ อาจทำให้เกิดปัญหาความร้อนสะสม และปริมาณแสงที่เข้าสู่อาคารมากเกินความต้องการ เพื่อเป็นการป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่ภายในอาคาร และการควบคุมปริมาณแสง จึงพิจารณารูปแบบของช่องแสงที่จะนำมาทดลอง 2 แบบคือ

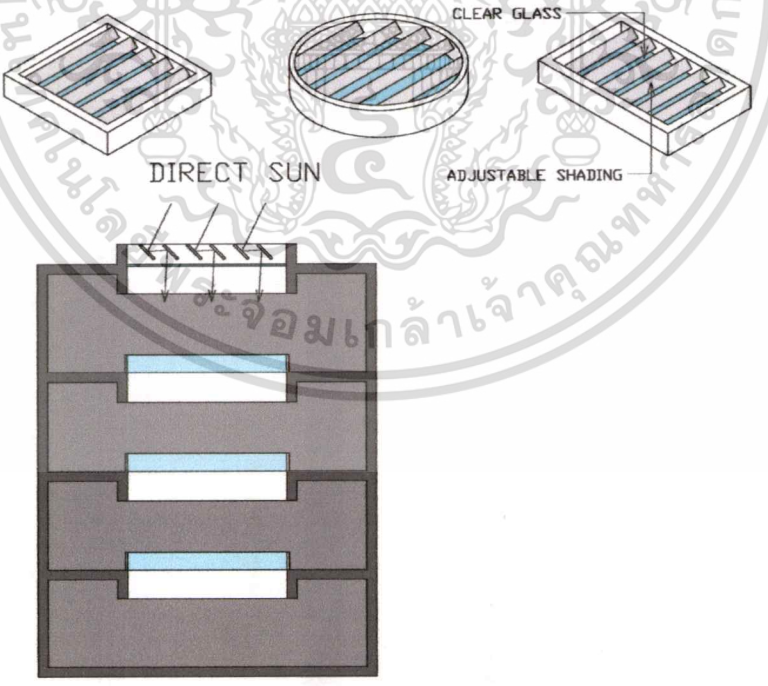
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **ใช้วัสดุโปร่งแสง เป็น 15% ของพื้นที่หลังคา**



รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบช่องแสงแบบที่ 1 ใช้วัสดุโปร่งแสง เป็น 15% ของพื้นที่หลังคา

2. **ใช้เกล็ดปรับมุมเพื่อป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์**



รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบช่องแสงแบบที่ 2 ใช้เกล็ดปรับมุมเพื่อป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

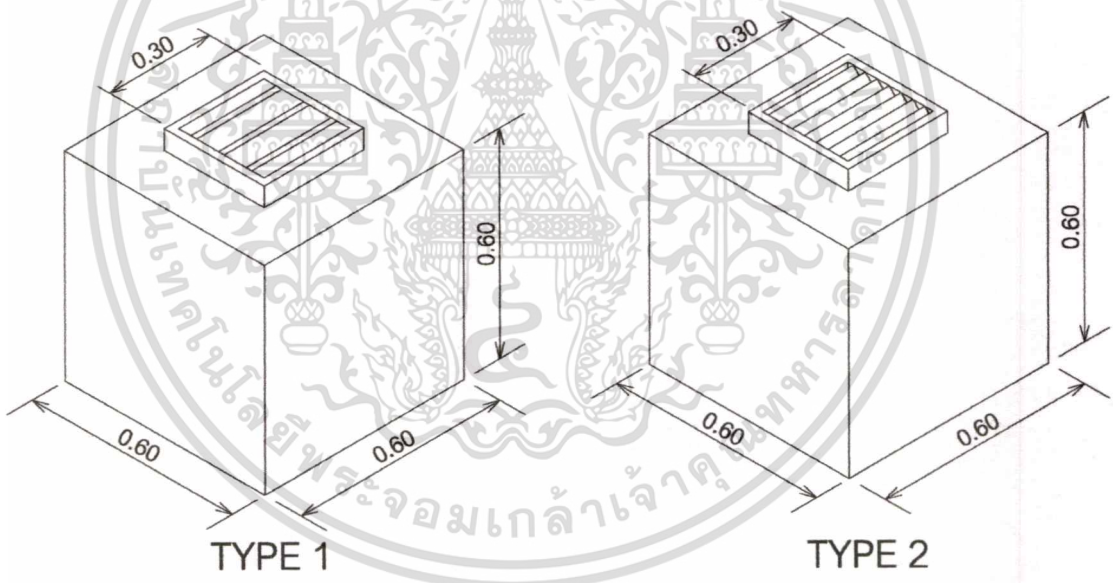
3.1.3 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบเพื่อหารูปแบบช่องแสง ได้ออกแบบหุ่นจำลอง ขนาดกว้าง 6.0x6.0x6.0 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ช่องแสงใช้รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส เป็นตัวแทนในการทดลอง โดยมีขนาดช่องแสง 3.0 x3.0 เมตร

- ขนาดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ใช้คือ 1:10 ซึ่งเป็นขนาดที่เหมาะสมเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่ใช้ทำการวัด และเป็นขนาดที่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกในการเก็บข้อมูล

- วัสดุที่ใช้ทำหุ่นจำลอง วัสดุที่ใช้ทำ พื้น ผนัง และเพดานคือโฟมอัดแบบความหนาแน่นสูง และกรุผิวด้วยกระดาษ ภายในทั้งหมดกรุด้วยกระดาษสีดำชนิดด้าน ภายนอกกรุด้วยกระดาษเทาขาว บริเวณมุมกล่องทั้งหมดปิดทับด้วยเทปผ้า 2 ชั้นเพื่อป้องกันการเล็ดรอดของแสงตามรอยต่อ

- วัสดุที่ใช้ทำช่องแสง สำหรับช่องแสงแบบที่ 1 วัสดุโปร่งแสงใช้เป็นแผ่น Polycarbonate ส่วนทึบแสงใช้กระดาษกระดาษโฟโต้บอร์ดสีขาว ส่วนช่องแสงแบบที่ 2 ส่วนที่เป็นเกล็ดบังแสงใช้เป็นกระดาษโฟโต้บอร์ดสีขาว (ค่าการสะท้อนประมาณ 75%)

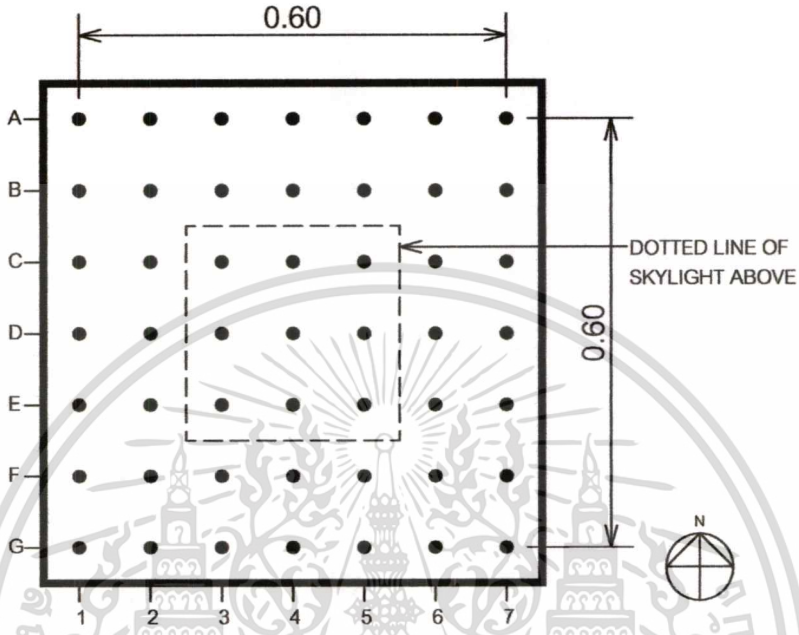


รูปที่ 3.5 แสดงรูปแบบของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองหารูปแบบช่องแสงด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเก็บข้อมูลภายในหุ่นจำลอง

ทำการตรวจวัดค่าความส่องสว่างภายในหุ่นจำลอง และค่าความส่องสว่างภายนอก อ่านค่าเป็นลักซ์ (Lux) โดยทำการวัดที่ระดับพื้นกล่องทุกระยะ 1 ตารางเมตร ทั้งหมดจำนวน 49 จุด โดยหันทิศทางรับแสงของช่องแสงไปทางทิศเหนือ



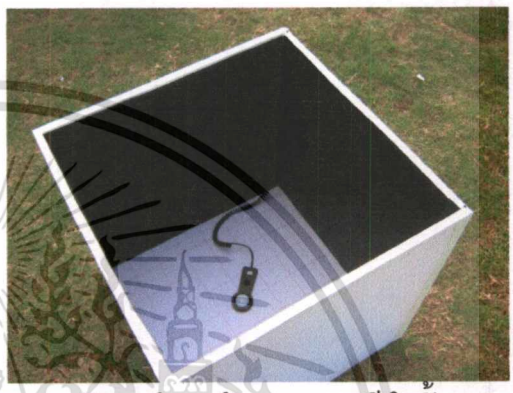
รูปที่ 3.6 แสดงตำแหน่งในการวัดแสงภายในหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

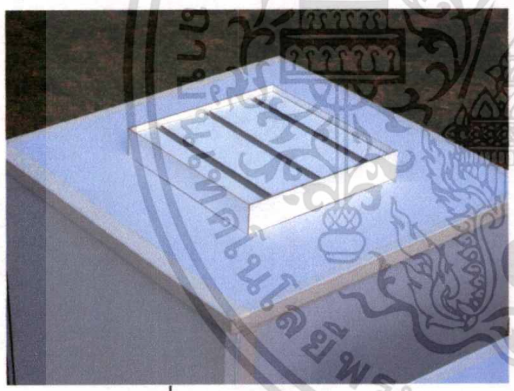
เข็มทิศสำหรับกำหนดทิศทางของหุ่นจำลอง

เครื่องมือวัดแสง ลักซ์มิเตอร์

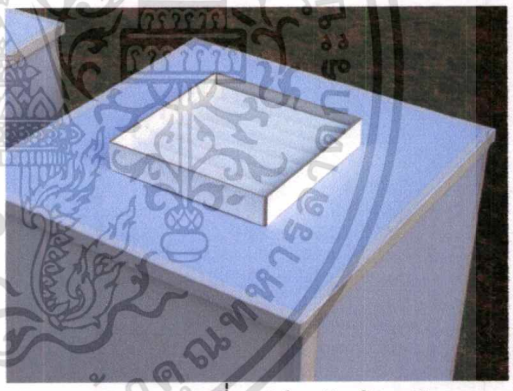
หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง



ผนังภายในกรุด้วยกระดาษสีดำทั้งหมด



ช่องแสงแบบที่ 1 ใช้วัสดุโปร่งแสงเป็น15% ของพื้นที่หลังคา



ช่องแสงแบบที่ 2 ใช้เกล็ดป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์

รูปที่ 3.7 แสดงเครื่องมือและหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน

3.2 การศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความสว่างภายใน

3.2.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายแสงที่เกิดขึ้นภายในAtrium และพื้นที่โดยรอบในแต่ละรูปทรงที่ได้กำหนดไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 การกำหนดรูปทรงของช่องเปิดสำหรับการทดลอง

รูปทรงช่องเปิดที่จะนำมาทำการทดสอบพิจารณารูปทรงที่เป็นพื้นฐาน 3 แบบได้แก่ รูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า และวงกลม โดยแต่ละรูปทรงที่นำมาทดสอบนั้นจะถูกกำหนดให้มีพื้นที่ของช่องเปิดเท่ากัน และในส่วนของพื้นที่ใช้งานซึ่งได้แก่พื้นที่บริเวณกลาง Atrium ที่ชั้นล่างและทางเดินบริเวณรอบช่องเปิดในแต่ละชั้น ก็ถูกกำหนดให้เท่ากัน เพื่อให้สามารถเปรียบเทียบวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละแบบได้

3.2.3หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

งานวิจัยนี้ได้กำหนดกรณีศึกษาคือ อาคารศูนย์การค้าที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จึงได้ทำการออกแบบหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบจากข้อมูลที่เป็นพื้นฐานทั่วไปที่เป็นอาคารศูนย์การค้าในเขตกรุงเทพมหานคร จากการสำรวจข้อมูลพบลักษณะทางกายภาพดังนี้

- อาคารศูนย์การค้าส่วนใหญ่มีความสูง 4 ชั้น โดยไม่รวมชั้นในส่วนบริการ และที่จอดรถ
- ความสูงระหว่างชั้นประมาณ 5.00 เมตร ซึ่งเป็นระยะมาตรฐานที่สามารถออกแบบอาคารที่จอดรถระหว่างชั้นได้โดยที่มีความสูงเพียงพอ
- ระดับฝ้าเพดานสูงจากพื้นประมาณ 3.50 เมตร เนื่องจากส่วนใหญ่ต้องการพื้นที่สำหรับเดินงานระบบไฟฟ้าและปรับอากาศ รวมถึงพื้นสำหรับความหนาของพื้น และโครงเคร่าของฝ้าเพดาน
- ช่วงเสาภายในอาคาร ประมาณ 8.00 เมตร เป็นระยะที่ความเหมาะสมในด้านโครงสร้าง การแบ่งร้านค้า รวมถึงการแบ่งพื้นที่สำหรับที่จอดรถได้พอดีตามกฎหมาย
- ระยะทางเดินบริเวณรอบช่องเปิดประมาณ 3-6 เมตร

จากข้อมูลดังกล่าวได้ออกแบบหุ่นจำลอง โดยมีลักษณะดังนี้

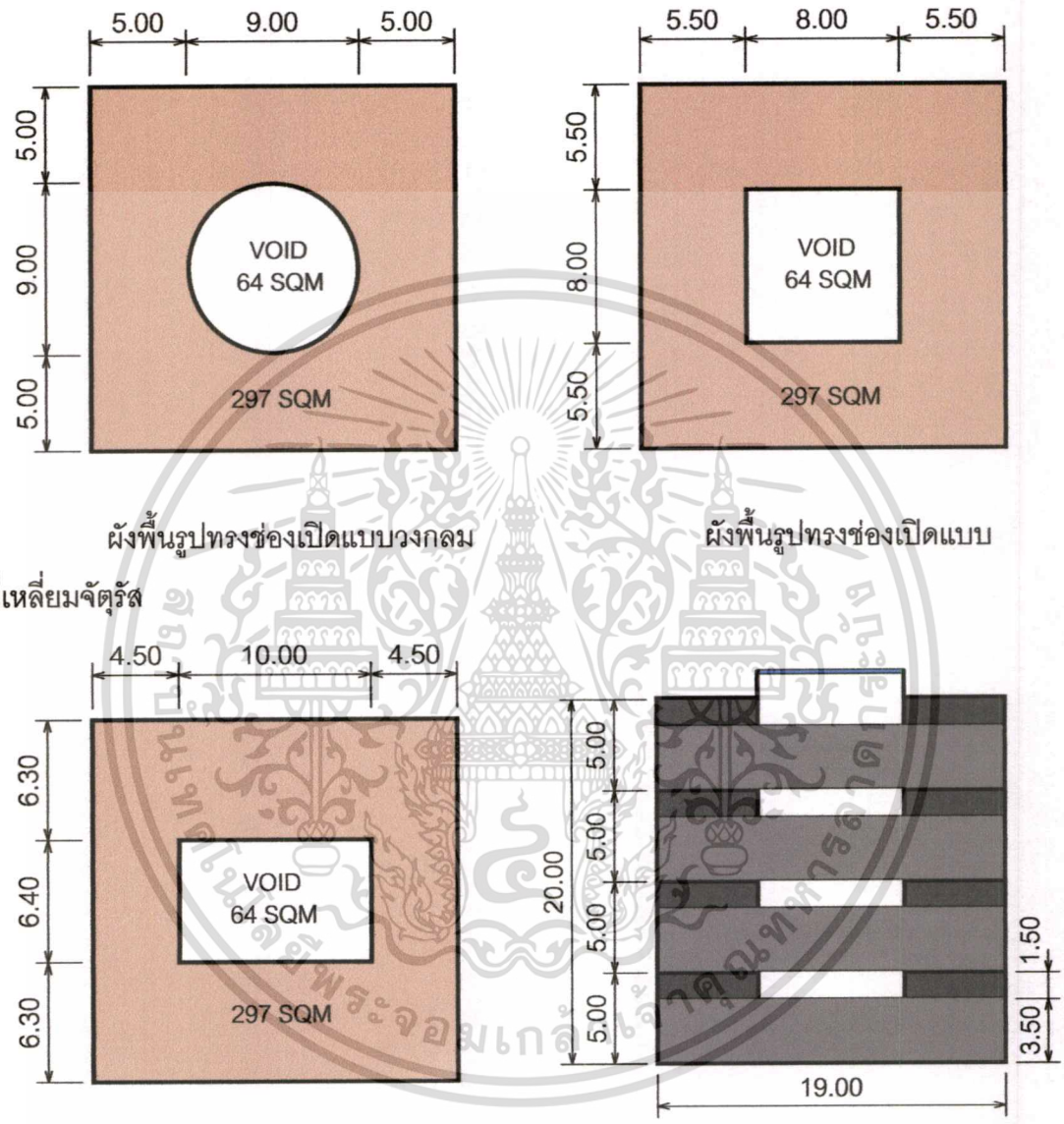
1. หุ่นจำลองมีขนาด 20x20x20 เมตร (กว้าง xยาวx สูง) โดยภายในแบ่งเป็น 4 ชั้น แต่ละชั้นสูง 5 เมตร ความสูงฝ้าเพดานแต่ละชั้น เท่ากับ 3.5 เมตร และเจาะช่องเปิดที่ชั้น 2-4 ตามรูปทรงต่างแต่ละประเภท ที่กำหนดไว้

2. ขนาดมาตราส่วนของหุ่นจำลองที่ใช้คือ 1:20 ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถเก็บข้อมูลภายในได้ตามวัตถุประสงค์

3. วัสดุที่ใช้ทำหุ่นจำลอง โครงทั้งหมดทำด้วยแผ่น MDF โดยผนังภายในทั้งหมดทาด้วยสีดำ ภายนอกกรุด้วยกระดาษเทาขาว บริเวณรอยต่อทั้งหมดกรุด้วยเทปผ้าสีดำ ส่วนวัสดุพื้น เพดาน และผนังโดยรอบช่องเปิดนั้น ใช้วัสดุที่มีค่าความสะท้อนสูงตามเกณฑ์มาตรฐาน โดยผนังใช้กระดาษการ์ดแป้งสีขาว(ค่าความสะท้อนประมาณ 70%) เพดานใช้กระดาษอาร์ตการ์ดชนิดมัน (ค่าความสะท้อนประมาณ 90%) ส่วนพื้นใช้กระดาษเทาขาว (ค่าความสะท้อนประมาณ 50%) เนื่องจากต้องการให้เห็นพฤติกรรมของแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละตัวแปรได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วัสดุที่ใช้ทำช่องแสงด้านบนใช้กระดาษโฟโต้บอร์ดสีขาวทั้งหมด โดยพื้นที่เป็นกระจกของช่องแสงจะเปิดโล่ง เพื่อสามารถเพื่อให้ค่าที่วัดได้เป็นค่าพื้นฐาน สามารถนำไปเปรียบเทียบกับวัสดุช่องแสงแต่ละประเภทได้



ผังพื้นรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ผังพื้นรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

ผังพื้นรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปตัดของหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.8 แสดงรูปแบบและขนาดของหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลอง

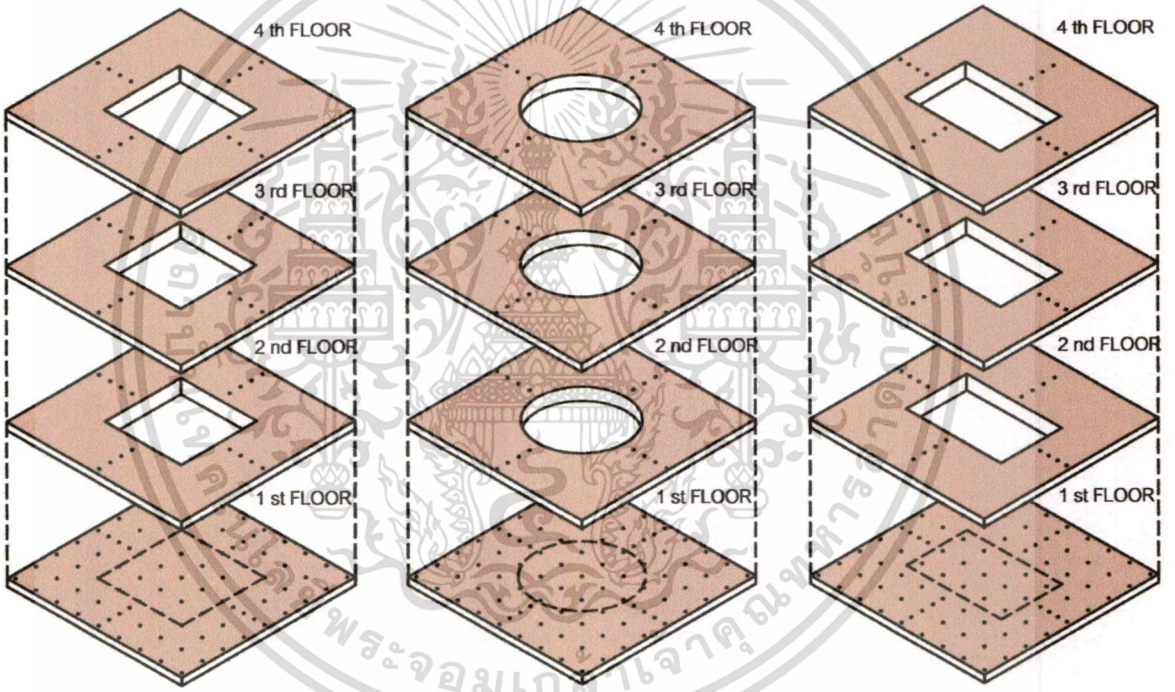
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.4 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูล ทำโดยการเก็บค่าความส่องสว่างด้วยเครื่องมือวัดแสง ลักซ์มิเตอร์ ภายในหุ่นจำลองเปรียบเทียบกับค่าความส่องสว่างที่วัดได้ภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง เพื่อเปรียบเทียบเป็นค่าเดไลท์แฟคเตอร์ (Daylight Factor) โดยการเก็บข้อมูลภายในหุ่นจำลอง จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะตามจุดประสงค์ที่ต้องการคือ

1. เก็บข้อมูลเพื่อหาลักษณะการกระจายแสงภายในอาคาร โดยการเก็บข้อมูลทุกระยะ 2 ตรม.ที่ชั้น 1

2. เก็บข้อมูลเพื่อหาระยะความลึกของแสงในแต่ละชั้น โดยการเก็บข้อมูลทุกระยะ 1 เมตร จากริมช่องเปิดทั้ง 4 ทิศ ตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้น 4



รูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงช่องเปิดวงกลม รูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปที่ 3.9 แสดงตำแหน่งในการวัดแสงภายในหุ่นจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลขณะทำการทดลอง

ภายในหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.10 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

3.3 การศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุต่อระดับความสว่างภายใน

3.3.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

เพื่อศึกษาลักษณะการกระจายแสงที่เกิดขึ้นภายในเอเทรียม และพื้นที่โดยรอบในแต่ละค่าคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุที่แตกต่างกัน

3.3.2 การกำหนดคุณสมบัติการสะท้อนสำหรับการทดลอง

คุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุภายในจะทดลองที่ค่าความสะท้อน 3 ระดับได้แก่

1. ค่าความสะท้อนระดับสูง

พื้นมีค่าความสะท้อน 50% ผนังมีความสะท้อน 70% ฝ้าเพดานมีความสะท้อน 90%

2. ค่าความสะท้อนระดับกลาง

พื้นมีค่าความสะท้อน 30% ผนังมีความสะท้อน 50% ฝ้าเพดานมีความสะท้อน 70%

3. ค่าความสะท้อนระดับต่ำ

พื้นมีค่าความสะท้อน 10% ผนังมีความสะท้อน 30% ฝ้าเพดานมีความสะท้อน 50%

3.3.3 หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดสอบ

หุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองใช้รูปแบบเดียวกับที่ใช้ทดลองตัวแปรด้านรูปทรงของช่องเปิด โดยจะเลือกรูปทรงที่มีผลการทดลองที่ดีที่สุดมาใช้ทดลองต่อ โดยวัสดุที่ใช้เป็นตัวแทนสำหรับค่าความสะท้อนต่างๆ มีดังนี้

- ค่าความสะท้อน 90% ใช้กระดาษอาร์ตการ์ดชนิดมัน
- ค่าความสะท้อน 70% ใช้กระดาษการ์ดแป้ง
- ค่าความสะท้อน 50% ใช้กระดาษแข็งเทาขาว สีขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความสะท้อน 30% ใช้กระดาษแข็งเทาขาว สีเทา
- ค่าความสะท้อน 10% ใช้กระดาษโปสเตอร์สีน้ำตาลเข้ม

3.3.4 การเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลทำลักษณะเดียวกันกับการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิด โดยจะเลือกพิจารณาทำการทดลองเฉพาะรูปทรงช่องเปิดที่ให้ค่าความส่องสว่างสูงสุดเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลอง

ผลการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของรูปทรงช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อน ต่อการใช้แสงธรรมชาติโดยรอบบริเวณช่องเปิดภายในอาคาร จะแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักคือ

1. ผลการทดลองหารูปแบบช่องแสงด้านบน
2. ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความส่องสว่าง
3. ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุที่มีต่อระดับความส่องสว่าง

4.1 การทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน

เป็นการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำแสงธรรมชาติมาใช้ภายใน Atrium

4.1.1 ผลการทดลองหารูปแบบช่องแสงด้านบน

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าระดับความสว่าง และลักษณะการกระจายแสงของช่องแสงแต่ละแบบ

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2548 เวลา 15.00-16.00 น

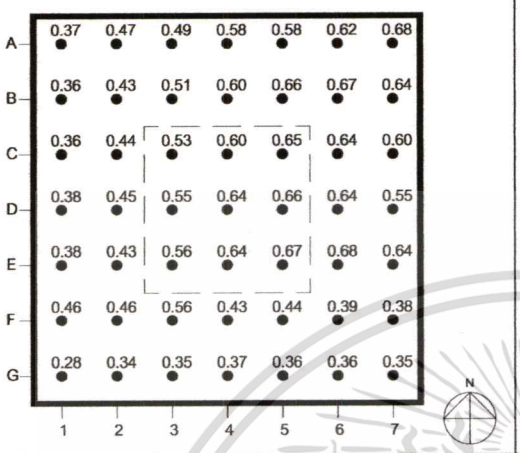
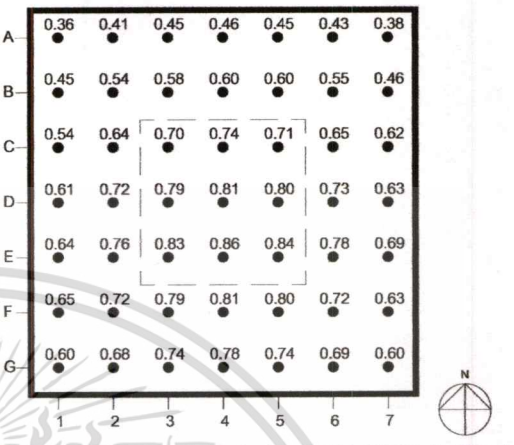
สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

รูปที่ 4.1 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน

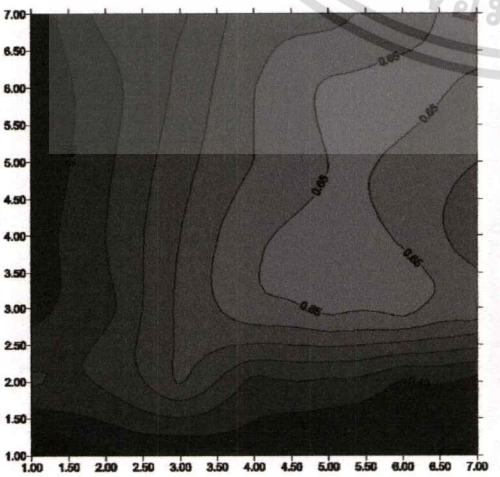
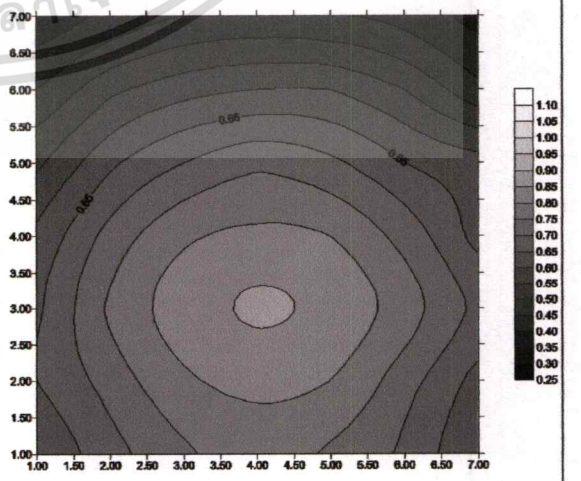
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 1 และช่องแสงแบบที่ 2

ช่องแสงแบบที่ 1 (ใช้วัสดุโปร่งแสง เป็น 15% ของพื้นที่หลังคา)	ช่องแสงแบบที่ 2 (ใช้เกล็ดปรับมุมป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์)
	
ค่า DF ต่ำสุด = 0.28 ค่า DF สูงสุด = 0.68 ค่าเฉลี่ย DF = 0.51	ค่า DF ต่ำสุด = 0.36 ค่า DF สูงสุด = 0.86 ค่าเฉลี่ย DF = 0.65

ค่า Daylight Factor ที่ได้จากการทดลองสามารถหาลักษณะการกระจายแสงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.2 แสดงกราฟการกระจายตัวของแสง ของช่องแสงแบบที่ 1 และแบบที่ 2

ช่องแสงแบบที่ 1 (ใช้วัสดุโปร่งแสง เป็น 15% ของพื้นที่หลังคา)	ช่องแสงแบบที่ 2 (ใช้เกล็ดป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์)
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

- ช่องแสงแบบที่ 2 ให้ค่าระดับความส่องสว่างมากกว่าแบบที่ 1
- การกระจายของช่องแสงรูปแบบที่ 2 มีความสม่ำเสมอมากกว่า และมีลักษณะการกระจายแสงออกจากกึ่งกลางพื้นที่

จากข้อมูลดังกล่าวเห็นได้ว่าช่องแสงแบบที่ 2 มีความเหมาะสมกว่าแบบที่ 1 จึงนำช่องแสงแบบที่ 2 มาทดลองต่อโดยได้พิจารณาองค์ประกอบอื่นของช่องแสงที่จะมีผลต่อระดับความสว่างและลักษณะการกระจายแสงภายในซึ่งได้แก่

- วัสดุของเกล็ดสะท้อนแสง
- สัดส่วนของเกล็ดสะท้อนแสง
- มุมเอียงของเกล็ดสะท้อนแสง

4.1.1.1 วัสดุของเกล็ดสะท้อนแสง

การเลือกวัสดุของเกล็ดสะท้อนแสงจะพิจารณาในเรื่องของ คุณสมบัติการสะท้อน และความเหมาะสมในการก่อสร้าง เป็นปัจจัยสำคัญ

- ด้านการก่อสร้าง พิจารณาวัสดุที่มีความเหมาะสมสำหรับติดตั้งภายนอกอาคารโดยทั่วไป ได้แก่ Aluminium Composite ,Metal Sheet ,Stainless Steel
- คุณสมบัติการสะท้อน วัสดุดังกล่าวมีคุณสมบัติการสะท้อนดังนี้

  Aluminium Composite (สีขาว) ค่าการสะท้อน 76%

  Metal sheet (แผ่นเรียบ) ค่าการสะท้อน 53%

  Stainless (mirror) ค่าการสะท้อน 36%

  Stainless (Hairline) ค่าการสะท้อน 46%

จากข้อมูลดังกล่าวพิจารณาวัสดุที่มีค่าการสะท้อนที่สูงที่สุดมาใช้ในการทดลอง ได้แก่ Aluminium Composite สีขาว

4.1.1.2 สัดส่วนของเกล็ดสะท้อนแสง

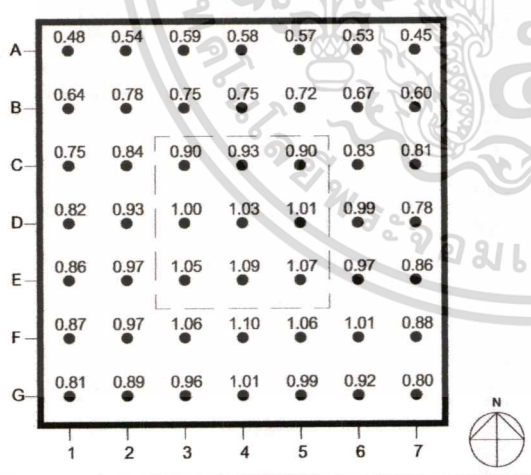
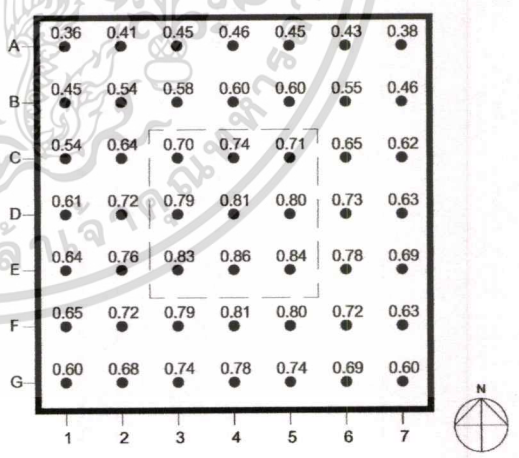
จากการพิจารณาในด้านสัดส่วนของเกล็ดเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของช่องแสง รวมถึงความสวยงาม และการดูแลรักษา ได้พิจารณาทดลองขนาดของเกล็ด 2 สัดส่วนคือ

- ช่องแสงแบบที่ 2.1 ความกว้างเกล็ด 0.5 เมตร
- ช่องแสงแบบที่ 2.2 ความกว้างเกล็ด 1 เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาขนาดเกล็ดของช่องแสงด้านบน เปรียบเทียบระหว่างความกว้างเกล็ด 0.5 เมตร และ 1 เมตร

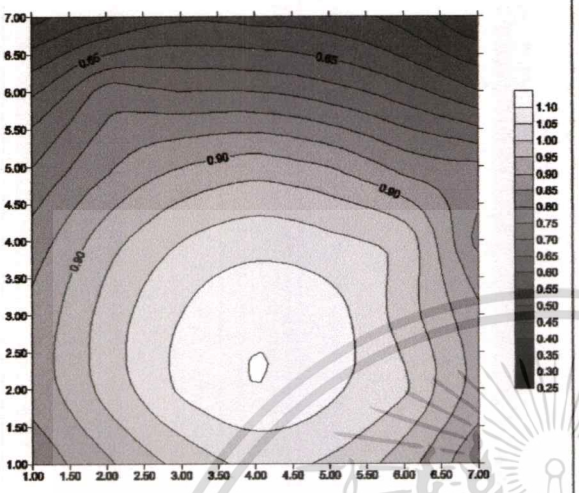
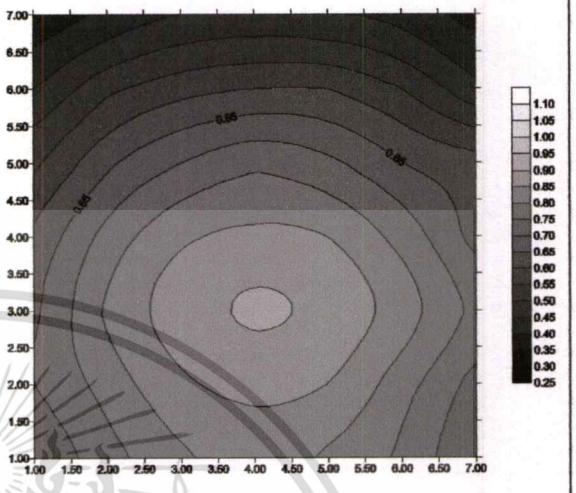
ตารางที่ 4.3 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 2.1 และช่องแสงแบบที่ 2.2

ช่องแสงแบบที่ 2.1 (ความกว้างเกล็ด 0.5 เมตร)	ช่องแสงแบบที่ 2.2 (ความกว้างเกล็ด 1.0 เมตร)
	
ค่า DF ต่ำสุด = 0.45 ค่า DF สูงสุด = 1.10 ค่าเฉลี่ย DF = 0.84	ค่า DF ต่ำสุด = 0.36 ค่า DF สูงสุด = 0.86 ค่าเฉลี่ย DF = 0.65

ค่า Daylight Factor ที่ได้จากการทดลองสามารถหาลักษณะการกระจายแสงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 แสดงกราฟการกระจายตัวของแสงของช่องแสงแบบที่ 2.1 และแบบที่ 2.2

ช่องแสงแบบที่ 2.1 (ความกว้างเกล็ด 0.5 เมตร)	ช่องแสงแบบที่ 2.2 (ความกว้างเกล็ด 1.0 เมตร)
	

จากผลการทดลองพบว่า

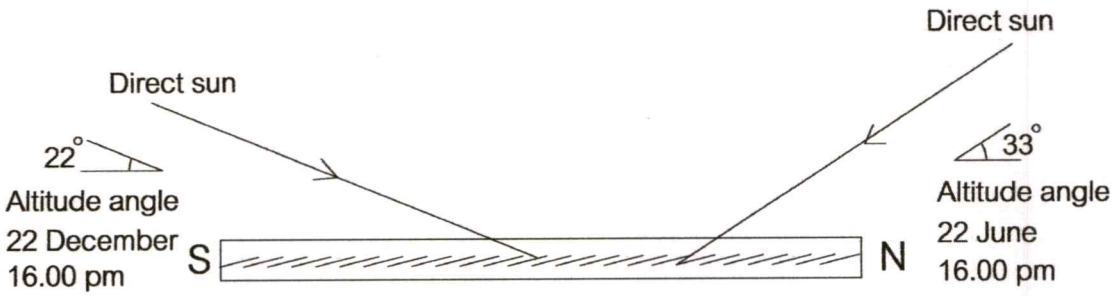
- ช่องแสงแบบขนาดเกล็ดกว้าง 0.5 เมตร ให้ค่าระดับความสว่างมากกว่าเกล็ดกว้าง 1.0 เมตร ขณะที่ลักษณะการกระจายแสงใกล้เคียงกัน จึงเลือกใช้เกล็ดขนาด 0.5 เมตร หรือช่องแสงแบบที่ 2.1 สำหรับการทดลองต่อไป

4.1.1.3 มุมเอียงของเกล็ดสะท้อนแสง

เนื่องจากการใช้เกล็ดสะท้อนแสงมีจุดประสงค์เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ ซึ่งการโคจรของดวงอาทิตย์ตลอดทั้งปีมีทิศทางที่เปลี่ยนแปลง คือช่วงกลางเดือนเมษายนถึงกลาง เดือนสิงหาคมดวงอาทิตย์จะเยื้องไปทางเหนือโดยจะอ้อมทางเหนือสุดวันที่ 22 มิถุนายน นอกจาก นั้นเวลาส่วนใหญ่ 8 เดือน จะเยื้องไปทางทิศใต้โดยจะอ้อมใต้สุดวันที่ 22 ธันวาคม จากลักษณะดังกล่าว เพื่อที่จะให้เกล็ดสะท้อนแสงที่ออกแบบไว้สามารถป้องกันรังสีตรงได้ตลอดทั้งปี จึงพิจารณา เป็น 2 แนวทางในการออกแบบคือ

- ช่องแสงแบบที่ 2.1.1 ออกแบบเกล็ดให้มีมุมที่ต่ำที่สุด เพื่อให้ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ในช่วงเวลาที่ดวงอาทิตย์อ้อมเหนือมากที่สุด (วันที่ 22 มิถุนายน เวลา16.00 น.ดวงอาทิตย์ทำมุมกับระนาบพื้นในแนวดิ่งเท่ากับ 33 องศา) โดยกำหนดให้เกล็ดมีมุมเอียงเท่ากับ 23 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แสดงการออกแบบมุมเกล็ดเพื่อให้สามารถป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งปี

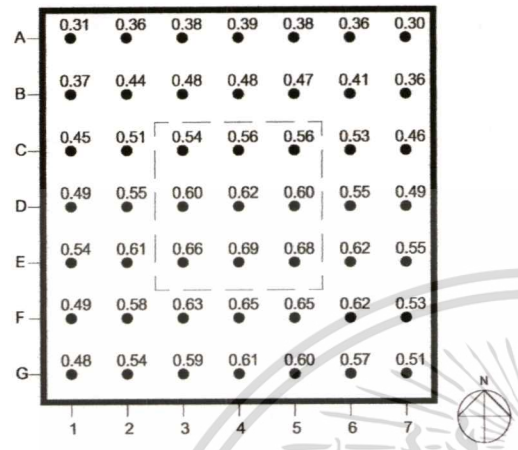
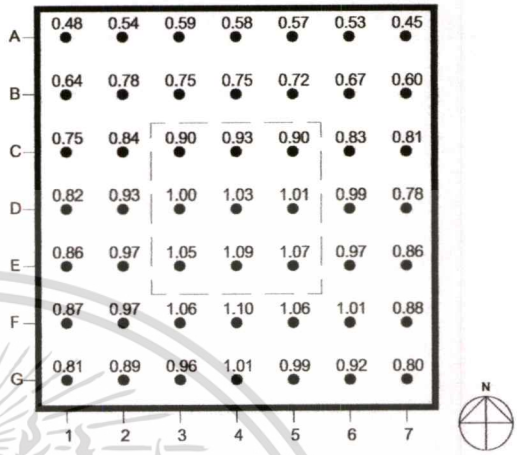
- ช่องแสงแบบที่ 2.1.2 ออกแบบเกล็ดให้มีมุมปกติ (45°) แต่ให้สามารถเปลี่ยนแปลงทิศทางการในการป้องกันแสงของเกล็ดได้

โดยการทดลองในขั้นตอนนี้จะทดลองเฉพาะช่องแสงแบบที่ 2.1.1 เท่านั้น ส่วนช่องแสงแบบที่ 2.1.2 จะนำผลการทดลองที่ได้ทำไว้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้มาใช้

รูปที่ 4.4 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน เปรียบเทียบระหว่างมุมเอียงของเกล็ด 45° และ 23°

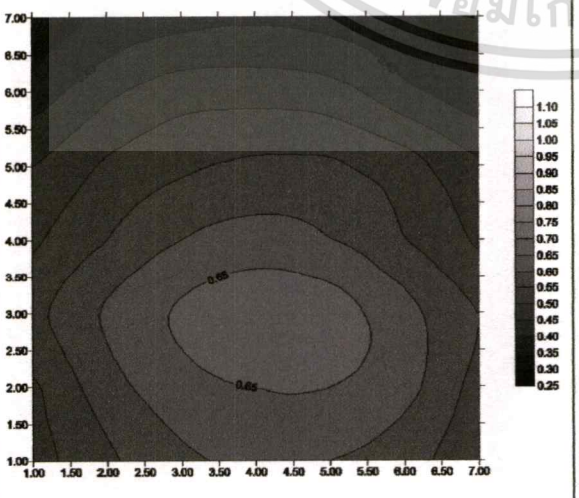
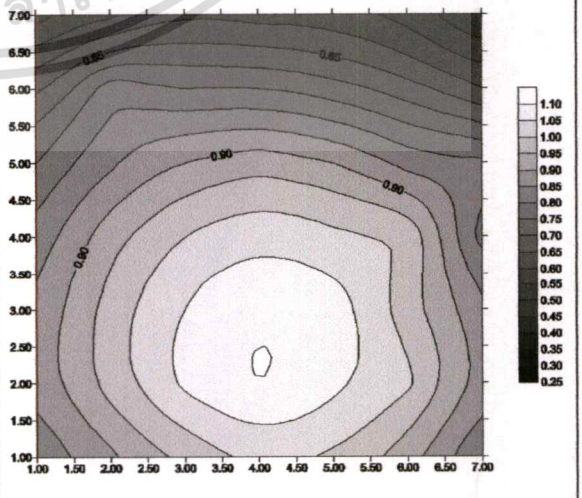
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงค่า Daylight Factor ของช่องแสงแบบที่ 2.1.1 และช่องแสงแบบที่ 2.1.2

ช่องแสงแบบที่ 2.1.1 (มุมเกล็ด 23°)	ช่องแสงแบบที่ 2.1.2 (มุมเกล็ด 45°)
	
ค่า DF ต่ำสุด = 0.30 ค่า DF สูงสุด = 0.69 ค่าเฉลี่ย DF = 0.52	ค่า DF ต่ำสุด = 0.45 ค่า DF สูงสุด = 1.10 ค่าเฉลี่ย DF = 0.84

ค่า Daylight Factor ที่ได้จากการทดลองสามารถหาลักษณะการกระจายแสงได้ดังนี้

ตารางที่ 4.6 แสดง กราฟการกระจายตัวของแสงของช่องแสงแบบที่ 2.1.1 และแบบที่ 2.1.2

ช่องแสงแบบที่ 2.1.1 (มุมเกล็ด 23°)	ช่องแสงแบบที่ 2.1.2 (มุมเกล็ด 45°)
	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดลองพบว่าการออกแบบเกล็ดเพื่อให้สามารถป้องกันแสงตรงจากดวงอาทิตย์ได้ทั้งปีนั้นมีผลทำให้ระดับความสว่างภายในลดลงถึง 40% และมีค่าเฉลี่ยเดไลท์แฟกเตอร์เท่ากับ 0.52% (ค่าเดไลท์แฟกเตอร์ที่เพียงพอต่อการใช้งานเท่ากับในช่วงเวลา 10-00 น.-16.00 น.เท่ากับ 0.80%) ซึ่งจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ต่อการใช้แสงธรรมชาติภายในที่อาจไม่เพียงพอได้

ดังนั้นการทดลองในขั้นตอนแรกนี้ จึงสรุปใช้รูปแบบช่องแสงด้านบนโดยใช้เกล็ดอลูมิเนียมสีขาว เพื่อป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยที่ขนาดของเกล็ดมีความกว้างเท่ากับ 0.50 เมตร และมุมของเกล็ดเท่ากับ 45 องศา และต้องสามารถปรับยกทิศทางของเกล็ดตามทิศทางของดวงอาทิตย์ได้

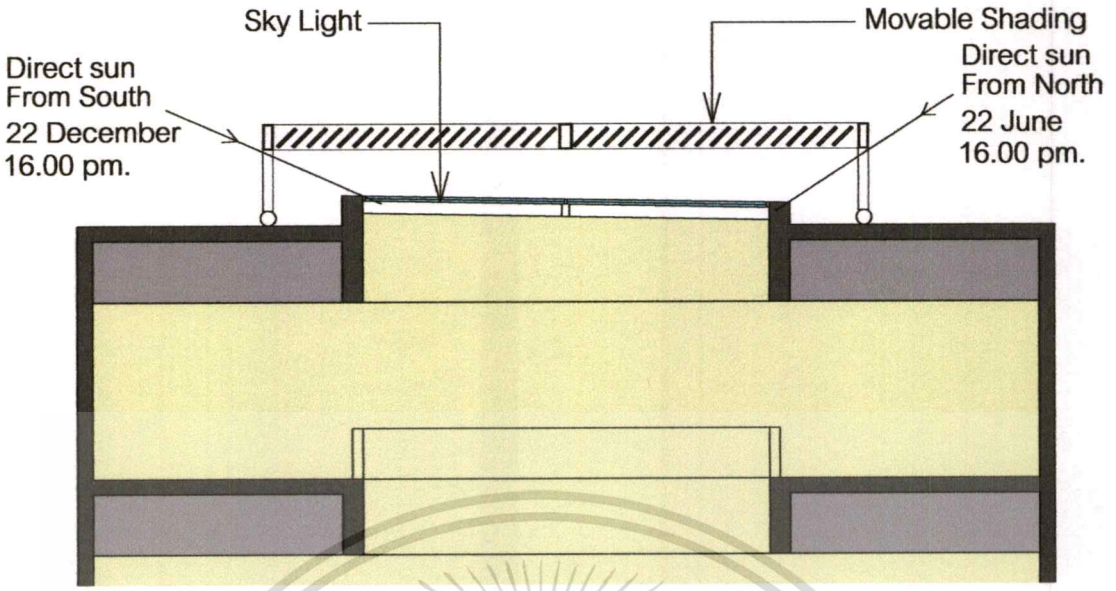
4.1.2 การประยุกต์รูปแบบช่องแสงด้านบนสำหรับการใช้งาน

นอกจากรูปแบบช่องแสงด้านบนที่ได้มีการศึกษารูปแบบที่มีความเหมาะสมในด้านปริมาณแสงที่เข้าสู่ภายในอาคารและการป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ อีกปัจจัยสำคัญที่ต้องพิจารณาคือ การใช้งานในสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้นได้อย่างเหมาะสม ซึ่งได้แก่ การป้องกันการถ่ายเทความร้อนจากโครงสร้างของอาคาร ความสามารถในการระบายความร้อนสะสมที่เกิดในวัสดุของช่องแสง ความสามารถในการระบายน้ำฝน ความเป็นไปได้ในการก่อสร้าง และการใช้งานรวมถึงการดูแลรักษา จากข้อพิจารณาดังกล่าวสามารถกำหนดรูปแบบที่มีความเหมาะสมได้ดังนี้

1. โครงสร้างของอุปกรณ์บังแดดมีลักษณะ โปร่งและเบา แยกจากโครงสร้างหลักจากอาคาร สามารถระบายอากาศได้ดี เพื่อไม่ให้เกิดการกักความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์บังแดด และลดถ่ายเทความร้อนโดยการนำผ่านโครงสร้างเข้าสู่ภายในอาคาร

2. สามารถเคลื่อนย้ายสำหรับเปลี่ยนทิศทางเกล็ดอลูมิเนียมตามทิศทางของแสงจากดวงอาทิตย์ได้เพื่อป้องกันรังสีตรงเข้าสู่ภายในอาคาร รวมถึงช่วยให้สามารถทำความสะอาดอุปกรณ์บังแดด และช่องแสงได้สะดวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงรูปตัดของช่องแสงด้านบนที่มีการออกแบบอุปกรณ์บังแดดให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น

รูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส สี่เหลี่ยมผืนผ้า

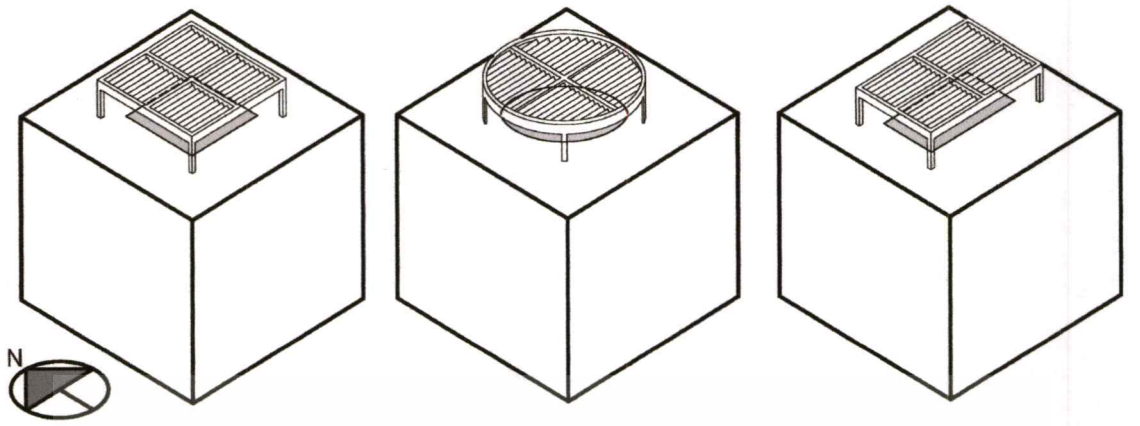
รูปทรงช่องเปิดวงกลม

รูปทรงช่องเปิด

รูปที่ 4.6 แสดงรูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์บังแดด ของช่องแสงด้านบนสำหรับรูปทรงช่องเปิดทั้ง 3 แบบ

จากการศึกษาเพื่อหารูปแบบช่องแสงด้านบน รวมถึงการประยุกต์รูปแบบเพื่อการนำไปใช้งาน สามารถสรุปรูปแบบที่มีความเหมาะสมดังที่ได้แสดงไว้ ซึ่งจะนำไปใช้สำหรับการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยในด้านรูปทรงของช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อนที่มีต่อระดับความสว่างต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



3

รูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส รูปทรงช่องเปิดวงกลม รูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปที่ 4.7 แสดงรูปแบบของช่องแสงด้านบนที่ใช้ทำการทดลองสำหรับรูปทรงช่องเปิดแต่ละแบบ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดที่มีต่อระดับความสว่าง

เป็นการทดลองเพื่อวัดการกระจายแสงภายในหุ่นจำลองที่มีรูปทรงช่องเปิดแต่ละประเภท โดยกำหนดให้แต่ละประเภทมีพื้นที่ใช้งานและพื้นที่ช่องเปิดมีขนาดเท่ากัน โดยรูปทรงช่องเปิดที่ทำการทดสอบได้แก่

1. รูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส
2. รูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม
3. รูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

4.2.1 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าระดับความส่องสว่างภายในรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 19 เมษายน 2548 เวลา 15.00-16.00 น

สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

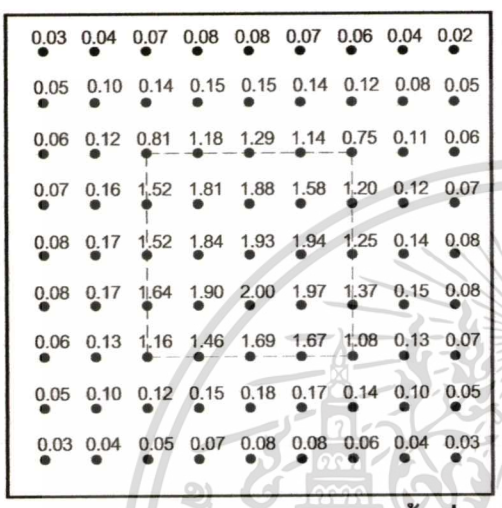
รูปที่ 4.8 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

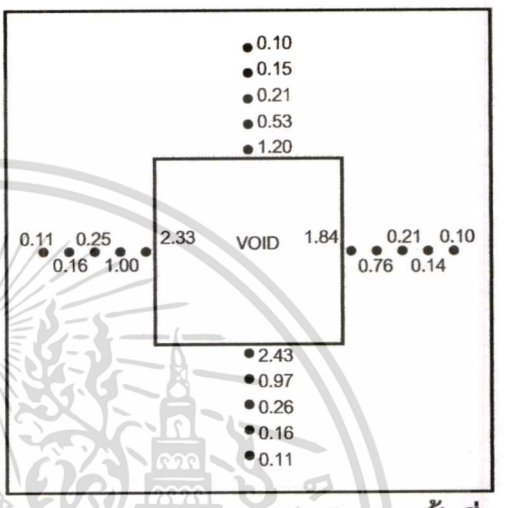
จากการทดลองการวัดระดับค่าการส่องสว่างภายในที่มีรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.7 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคาร รูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

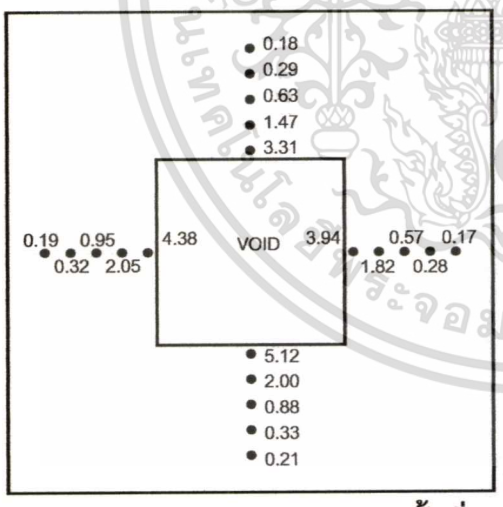
รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมจัตุรัส



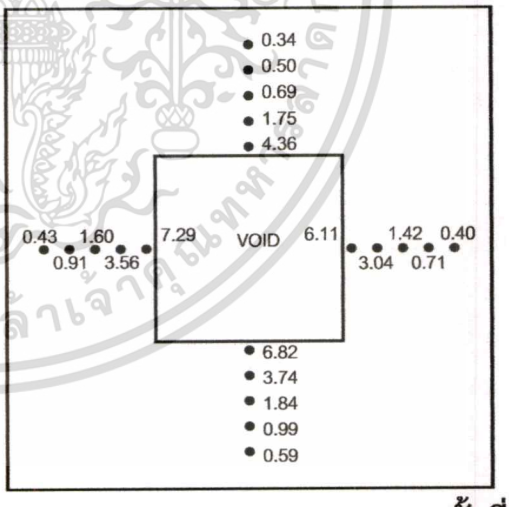
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการวัดในชั้นล่าง ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นลักษณะการกระจายแสงภายในอาคาร ซึ่งสามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อหาลักษณะการกระจายในส่วนชั้นอื่น โดยการใช้วิธีเทียบสัดส่วนในจุดที่ได้ทำการวัดในลักษณะทิศทางเดียวกัน ซึ่งจากการเปรียบเทียบสัดส่วนและแทนค่าข้อมูลแล้วนั้นสามารถทราบระดับความสว่างที่จุดต่างและลักษณะการกระจายแสงได้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของ รูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมจัตุรัส

0.03	0.04	0.07	0.08	0.08	0.07	0.06	0.04	0.02
0.05	0.10	0.14	0.15	0.15	0.14	0.12	0.08	0.05
0.06	0.12	0.81	1.18	1.29	1.14	0.75	0.11	0.06
0.07	0.16	1.52	1.81	1.88	1.58	1.20	0.12	0.07
0.08	0.17	1.52	1.84	1.93	1.94	1.25	0.14	0.08
0.08	0.17	1.64	1.90	2.00	1.97	1.37	0.15	0.08
0.06	0.13	1.16	1.46	1.69	1.67	1.08	0.13	0.07
0.05	0.10	0.12	0.15	0.18	0.17	0.14	0.10	0.05
0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.08	0.06	0.04	0.03

ชั้นที่ 1

0.04	0.05	0.09	0.10	0.10	0.09	0.07	0.05	0.03
0.07	0.15	0.19	0.21	0.21	0.19	0.17	0.10	0.05
0.08	0.17	1.02	1.09	1.20	1.33	0.80	0.14	0.07
0.09	0.23	2.33	VOID			1.16	0.18	0.09
0.11	0.25	2.33				1.84	0.21	0.10
0.11	0.25	2.51				2.51	0.19	0.10
0.08	0.19	1.71	2.09	2.43	2.40	1.51	0.17	0.09
0.07	0.14	0.17	0.22	0.26	0.24	0.20	0.15	0.06
0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.11	0.08	0.05	0.04

ชั้นที่ 2

0.07	0.09	0.16	0.18	0.18	0.16	0.13	0.09	0.04
0.12	0.49	0.58	0.63	0.63	0.59	0.50	0.31	0.10
0.14	0.66	2.23	3.01	3.31	3.67	1.92	0.39	0.13
0.16	0.89	4.38				2.48	0.50	0.15
0.19	0.95	4.38	VOID			3.94	0.57	0.17
0.19	0.95	4.73				4.05	0.53	0.17
0.14	0.72	3.42	4.40	5.12	5.07	3.21	0.46	0.15
0.12	0.55	0.58	0.73	0.88	0.83	0.68	0.43	0.10
0.07	0.10	0.13	0.18	0.21	0.21	0.16	0.10	0.07

ชั้นที่ 3

0.15	0.17	0.31	0.34	0.34	0.31	0.25	0.17	0.09
0.27	0.71	0.64	0.69	0.69	0.64	0.55	0.55	0.25
0.32	1.12	3.37	3.97	4.36	4.84	2.77	0.98	0.30
0.37	1.50	7.29				3.85	1.23	0.35
0.43	1.60	7.29	VOID			6.11	1.42	0.40
0.43	1.60	7.87				6.29	1.33	0.40
0.32	1.22	5.07	5.86	6.82	6.75	4.59	1.15	0.35
0.27	1.01	1.21	1.53	1.84	1.73	1.42	0.96	0.25
0.19	0.29	0.36	0.51	0.59	0.55	0.44	0.29	0.18

ชั้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าระดับความสว่างภายในรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 17 เมษายน 2548 เวลา 14.30-16.00 น

สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

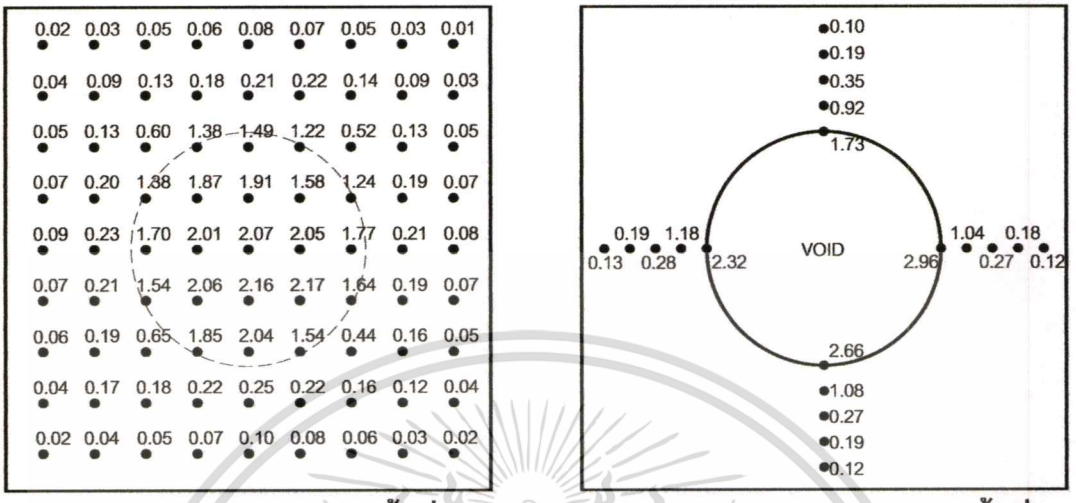
รูปที่ 4.9 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม

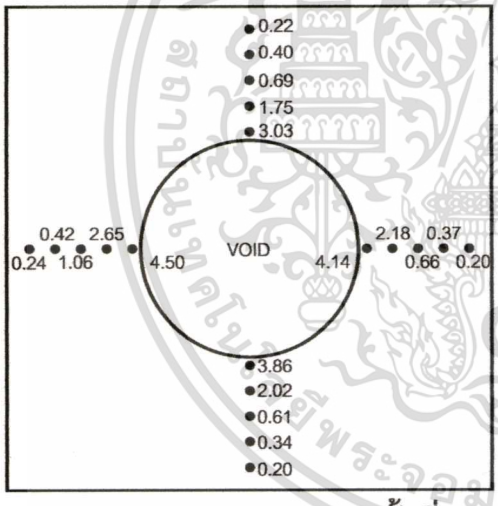
จากการทดลองการวัดระดับค่าการส่องสว่างภายในที่มีรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ได้ผลดังนี้

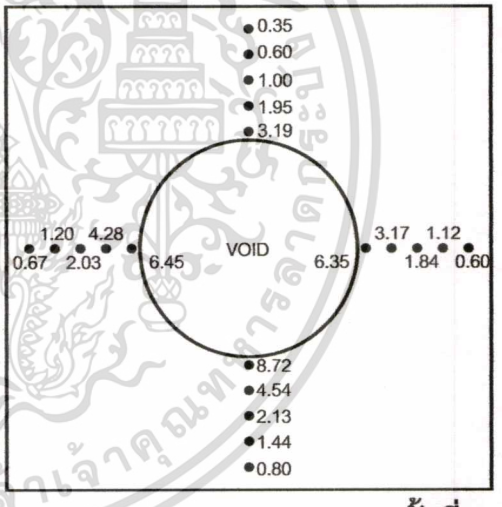
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคาร แบบช่องเปิดวงกลม

รูปทรงช่องเปิด : วงกลม





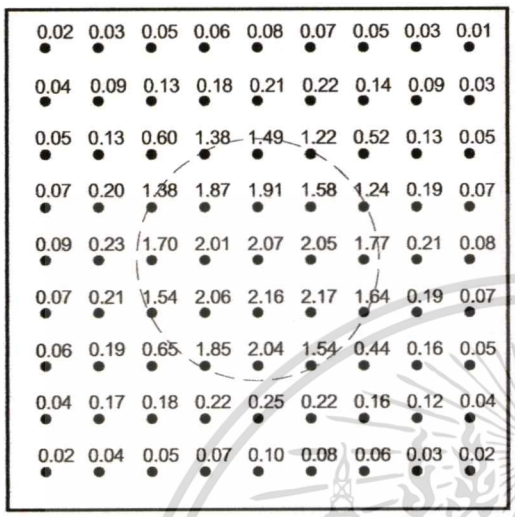


จากข้อมูลการกระจายแสงที่วัดได้ของชั้นที่ 1 เมื่อนำไปเทียบสัดส่วนและแทนค่าในชั้นที่ 2-4 ได้ผลดังนี้

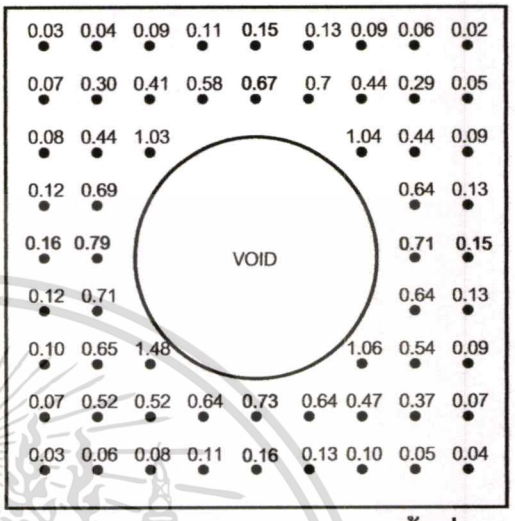
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของ รูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม

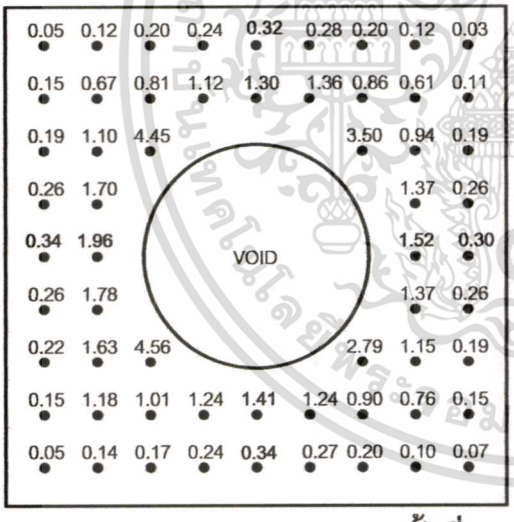
รูปทรงช่องเปิด : วงกลม



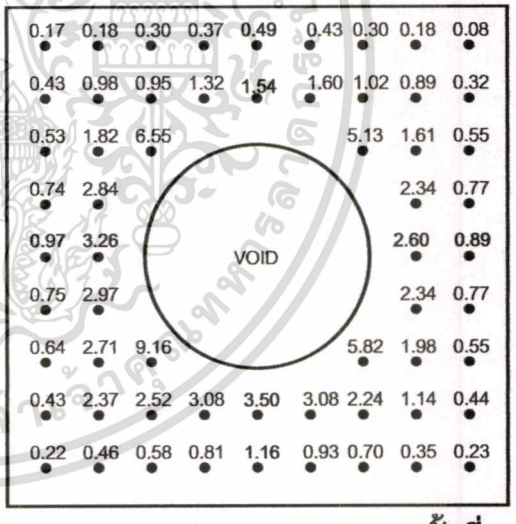
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

วัตถุประสงค์

เพื่อหาค่าระดับความสว่างภายในรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 20 เมษายน 2548 เวลา 15.00-16.00 น

สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

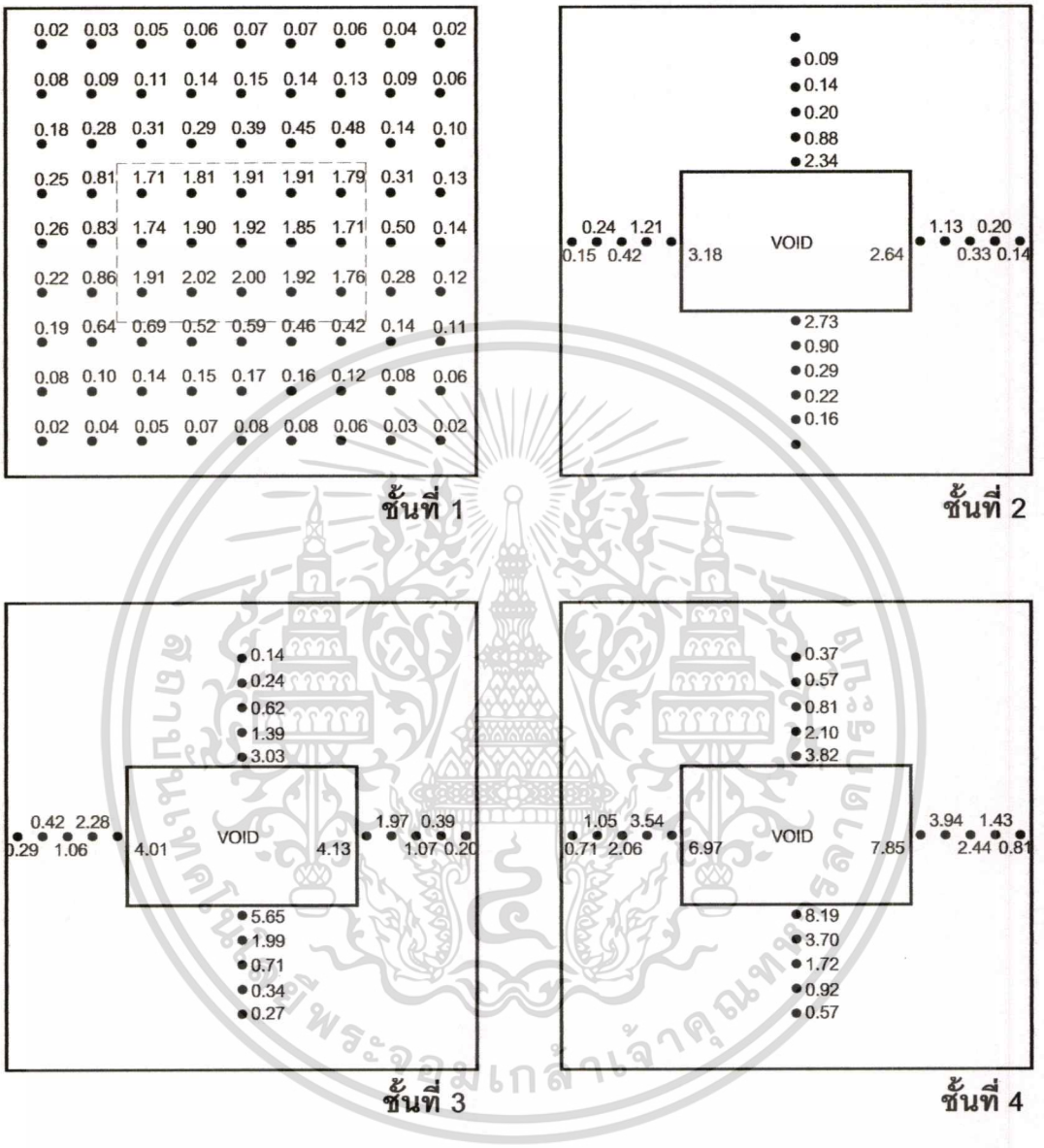
รูปที่ 4.10 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

จากการทดลองการวัดระดับค่าการส่องสว่างภายในที่มีรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคาร แบบช่องเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมผืนผ้า

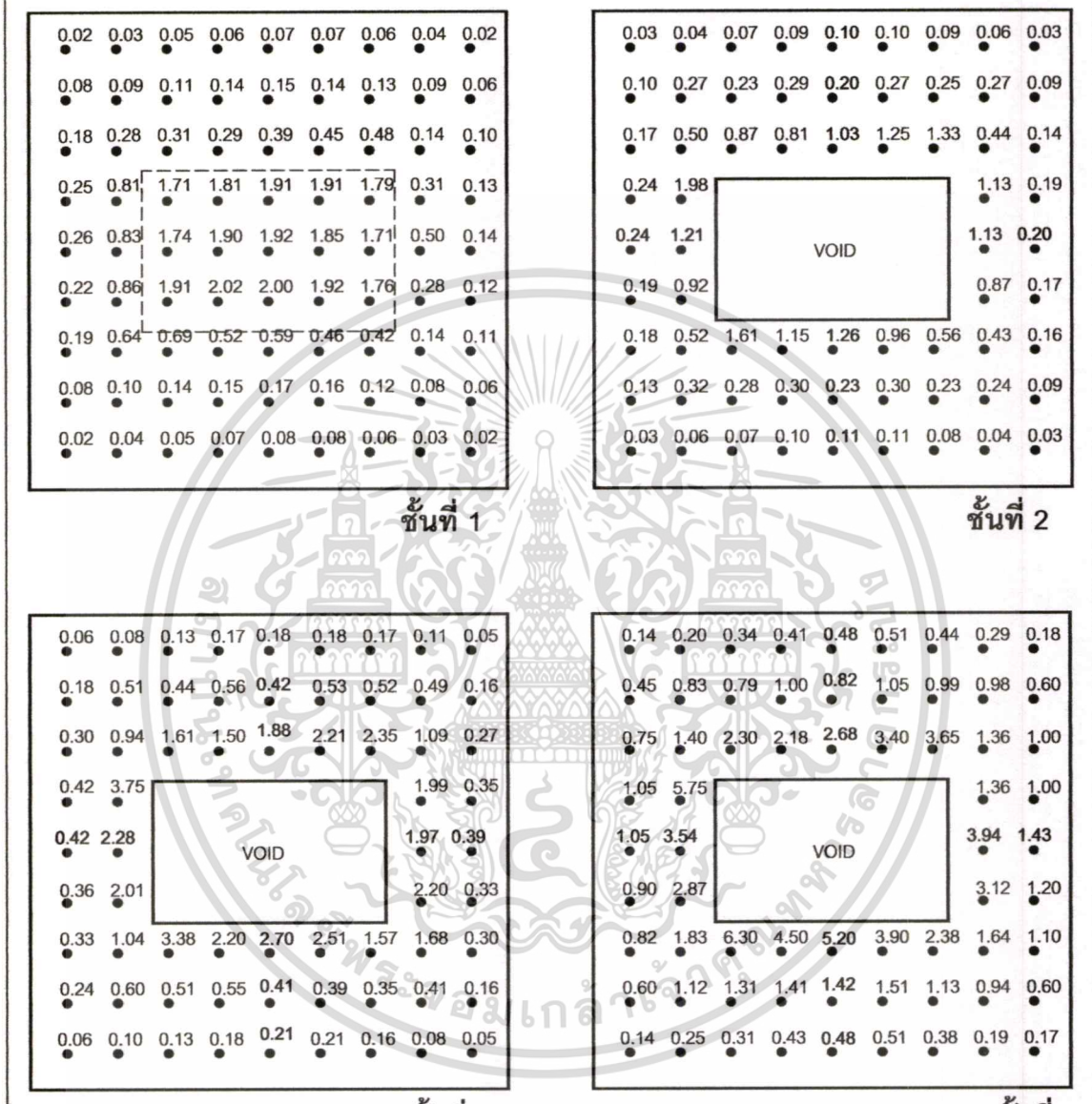


จากข้อมูลการกระจายแสงที่วัดได้ของชั้นที่ 1 เมื่อนำไปเทียบสัดส่วนและแทนค่าในชั้นที่ 2-4 ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของ รูปทรงช่องเปิด แบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมผืนผ้า



จากผลการทดลองในส่วนของการศึกษาตัวแปรด้านรูปทรงของช่องเปิดพบว่ารูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมมีระดับความสว่างที่สูงที่สุด จึงใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลของค่าการสะท้อนที่มีต่อระดับความสว่างภายในต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของการสะท้อนแสงของวัสดุที่มีต่อระดับความสว่างภายใน

เป็นการทดลองเปรียบค่าความสะท้อนของวัสดุที่ใช้ภายที่แตกต่างกัน โดยทดลองค่าความสะท้อน 3 ระดับคือ

1. ค่าความสะท้อนสูง

   พื้น = 50% ผนัง = 70% ฝ้าเพดาน = 90%

2. ค่าความสะท้อนกลาง

   พื้น = 30% ผนัง = 50% ฝ้าเพดาน = 70%

3. ค่าความสะท้อนต่ำ

   พื้น =10% ผนัง = 30% ฝ้าเพดาน = 50%

การเก็บข้อมูลทำเฉพาะค่าการสะท้อนกลาง และต่ำเท่านั้น ส่วนค่าความสะท้อนสูง ใช้ข้อมูลเดิมที่ได้มีการทดลองแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของค่าความสะท้อนของวัสดุภายในต่ำ

วัตถุประสงค์

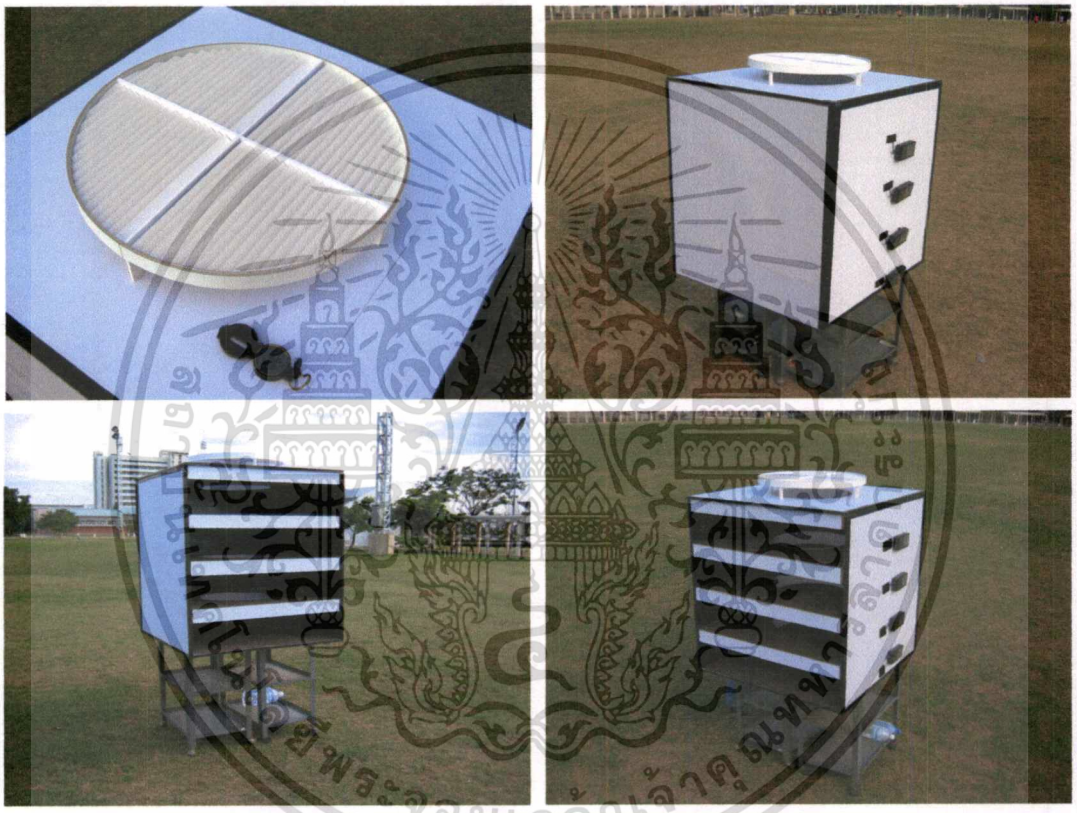
เพื่อหาค่าระดับความสว่างภายในรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนต่ำ

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 24 เมษายน 2548 เวลา 15.00-16.00 น

สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

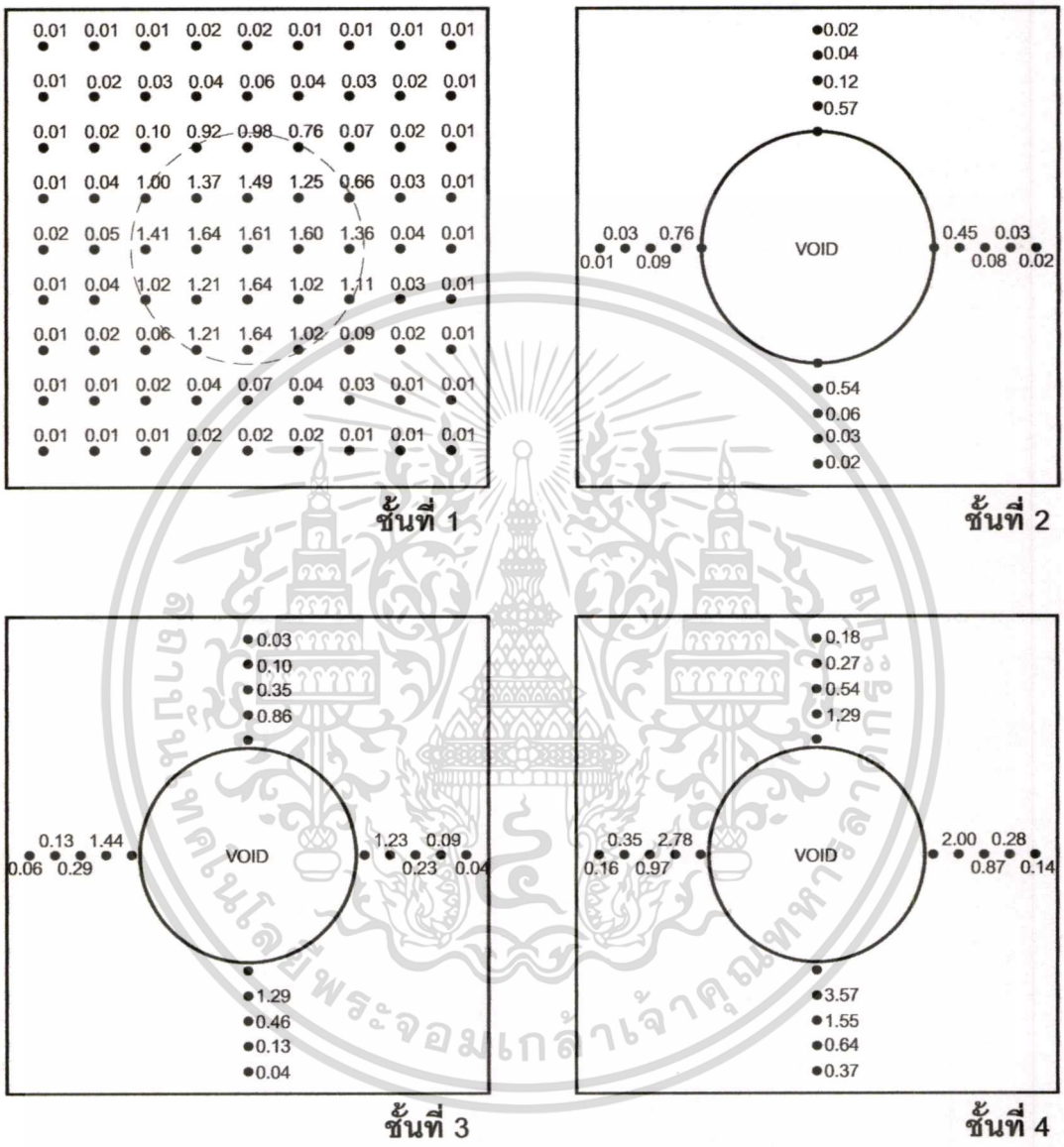


รูปที่ 4.11 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับต่ำ

ค่าการสะท้อนของวัสดุ : ระดับต่ำ

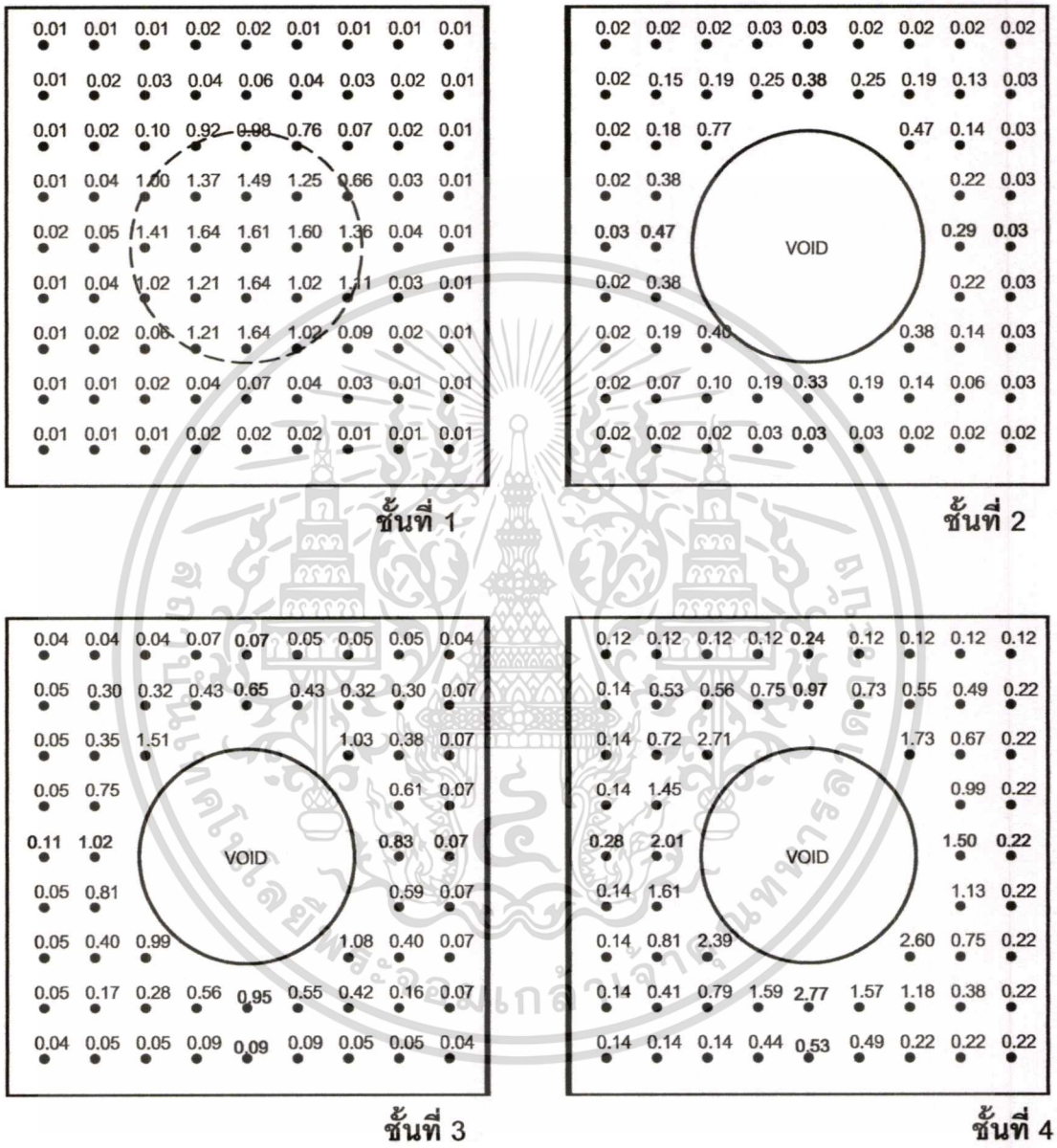


จากข้อมูลการกระจายแสงที่วัดได้ของชั้นที่ 1 เมื่อนำไปเทียบสัดส่วนและแทนค่าในชั้นที่ 2-4 ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับต่ำ

ค่าการสะท้อนของวัสดุ : ระดับต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดลองการศึกษาอิทธิพลของค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง

วัตถุประสงค์

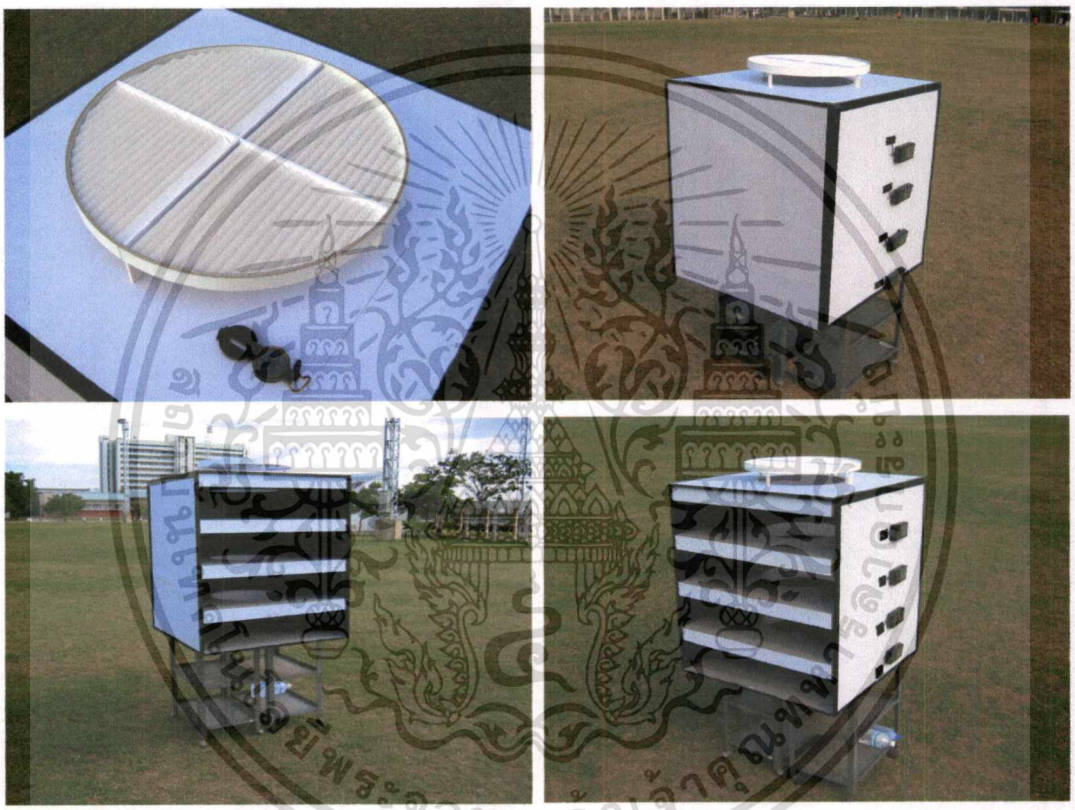
เพื่อหาค่าระดับความสว่างภายในรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนระดับกลาง

วันที่ทำการเก็บข้อมูล

วันที่ 25 เมษายน 2548 เวลา 15.00-16.00 น

สภาพท้องฟ้า

สภาพท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky)

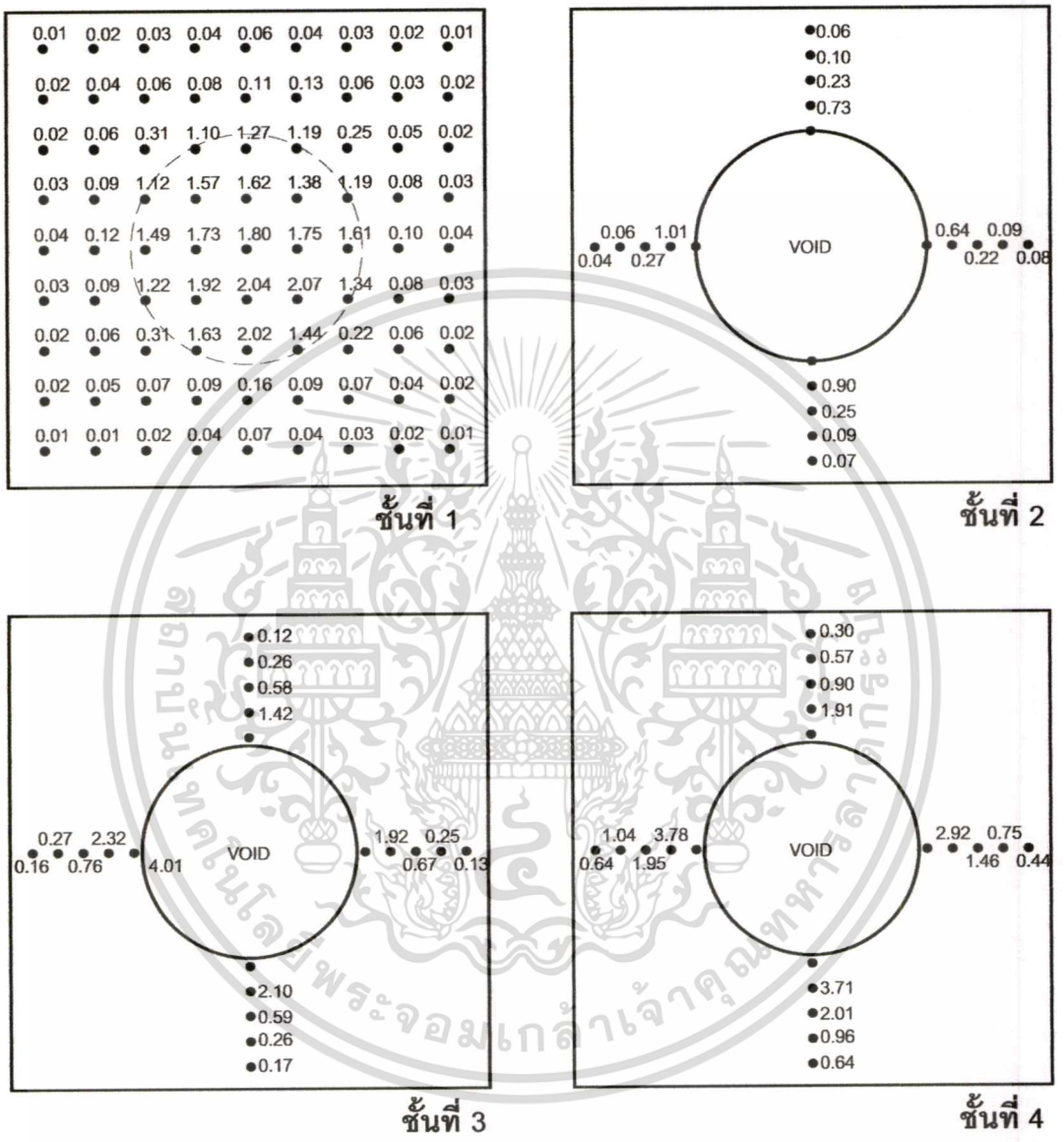


รูปที่ 4.12 แสดงหุ่นจำลองที่ใช้ในการทดลองรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 แสดงค่า Daylight Factor ภายในอาคารของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง

ค่าการสะท้อนของวัสดุ : ระดับกลาง

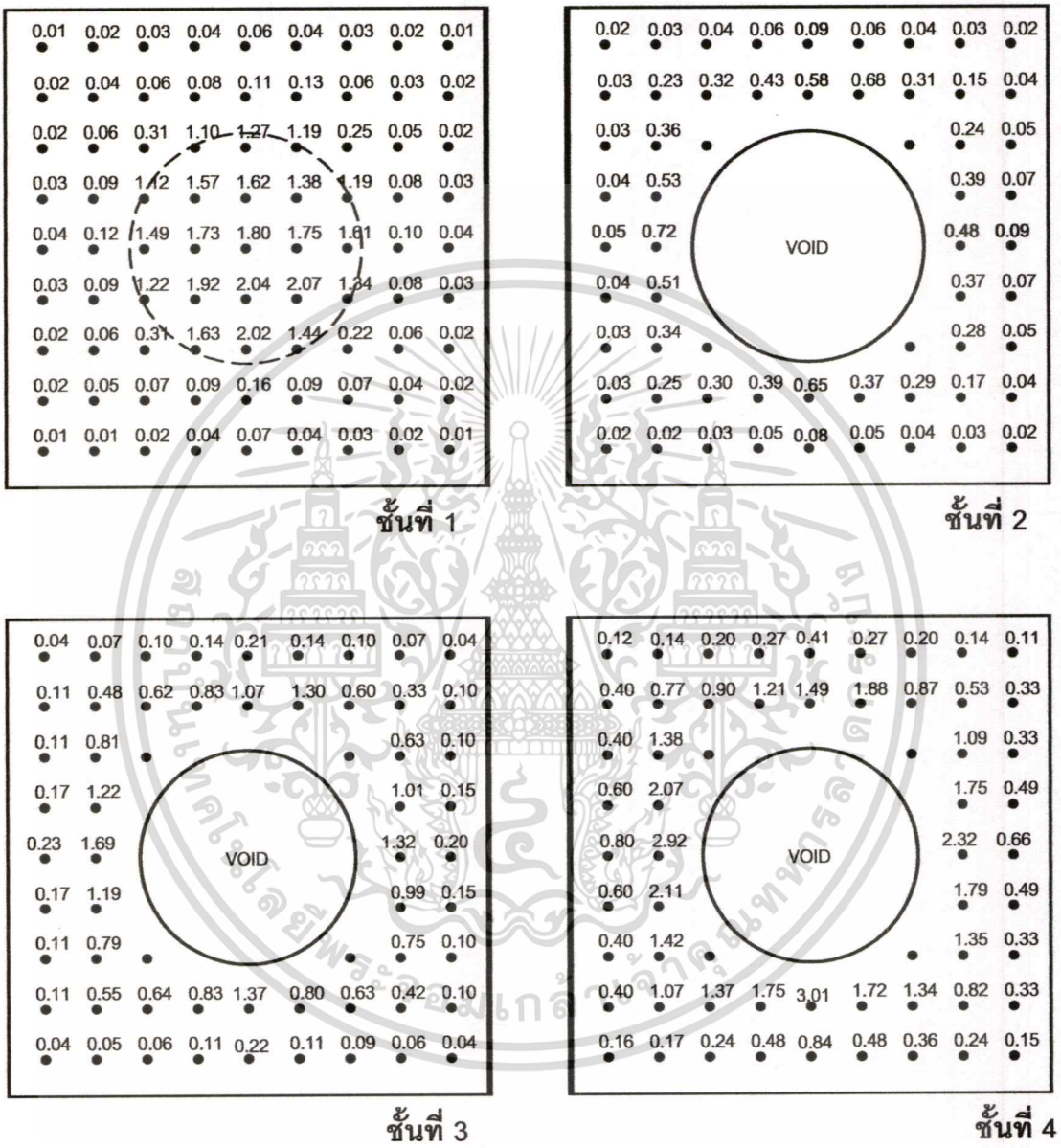


จากข้อมูลการกระจายแสงที่วัดได้ของชั้นที่ 1 เมื่อนำไปเทียบสัดส่วนและแทนค่าในชั้นที่ 2-4 ได้ผลดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 แสดงค่า Daylight Factor ที่คำนวณได้โดยวิธีการเทียบสัดส่วนของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมที่มีค่าความสะท้อนของวัสดุภายในระดับกลาง

ค่าการสะท้อนของวัสดุ : ระดับกลาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 เกณฑ์ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เกณฑ์มาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง จะพิจารณาจากเกณฑ์มาตรฐานค่าการส่องสว่างจาก CIE เป็นหลัก โดยค่าการส่องสว่างสำหรับพื้นที่ทางเดิน รวมถึงพื้นที่บันไดเลื่อนซึ่งเป็นองค์ประกอบทั่วไปของพื้นที่บริเวณรอบช่องเปิด อยู่ระหว่าง 100-150-200 ลักซ์ โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าสูงสุดของเกณฑ์มาตรฐานซึ่งเท่ากับ 200 ลักซ์

จากข้อมูลที่ได้ทำการเก็บ รวมถึงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณเทียบค่าสัดส่วนนั้น สามารถนำมาพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์ของแสงธรรมชาติ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลเก็บได้เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของท้องฟ้ารายชั่วโมงที่ได้มีการเก็บบันทึกไว้

ค่าเฉลี่ยความส่องสว่างของท้องฟ้ารายชั่วโมงในเดือนที่มีค่าความส่องสว่างต่ำที่สุด

เวลา 15.00 = 41,350

เวลา 16.00 = 25,410

เวลา 17.00 = 8,760

ระดับความสว่างภายในที่ต้องการ = 200 lux

เพราะฉะนั้นได้ค่า Daylight Factor ที่ให้ค่าระดับความสว่างเพียงพอในแต่ละช่วงเวลา

เวลา 15.00 = 0.5%

เวลา 16.00 = 0.8%

เวลา 17.00 = 2.3%

จากการเก็บข้อมูลระดับความสว่างด้วยหุ่นจำลองพบว่าค่าที่เก็บได้ส่วนใหญ่มีค่า Daylight Factor ต่ำกว่า 2.3% อยู่มาก จึงพิจารณาใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติถึงช่วงเวลา 16.00 น. ซึ่งมีค่า Daylight Factor เท่ากับ 0.8% เป็นเกณฑ์ในการหาพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติในช่วงเวลา 10.00 น.-16.00 น.

5.2 วิธีการวิเคราะห์ผลการทดลอง

5.2.1 การวิเคราะห์เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

เป็นการนำข้อมูลที่วัดได้เป็นค่า Daylight Factor ป้อนลงในโปรแกรม Surfer 6 เพื่อแสดงผลเป็นกราฟแบบ Contour โดยกำหนดให้การแสดงผลแสดงขอบเขตพื้นที่ที่มีค่า Daylight Factor ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือ ค่า Daylight Factor สูงกว่า 0.8% จากนั้นจึงทำการคิดพื้นที่ของบริเวณที่มีค่าระดับความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์ เปรียบเทียบกับพื้นที่ใช้งานทั้งหมดในแต่ละชั้น โดยข้อมูลที่ได้ในส่วนนี้จะสามารถนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการใช้แสงธรรมชาติโดยรอบช่องเปิดในแต่ละรูปทรงของช่องเปิด และค่าความสะท้อนระดับต่างๆ ได้

การคิดสัดส่วนพื้นที่ของบริเวณที่มีค่าระดับความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์ ต่อพื้นที่ใช้งานทั้งหมด จะไม่นำพื้นที่ในบริเวณช่องเปิดชั้นที่ 1 และ พื้นที่ช่องเปิดชั้นที่2-4 มาใช้ในการคำนวณ

5.2.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะความลึกของระดับความส่องสว่างที่เพียงพอจากบริเวณรอบช่องเปิด

เป็นการนำข้อมูลที่ได้ทำการวัดที่ทุกระยะ 1 เมตรจากช่องเปิดทั้ง 4 ทิศแต่ละชั้น มาหาค่าเฉลี่ย และสร้างเป็นกราฟเชิงเส้นและเปรียบเทียบกับระดับความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งจะทำให้ทราบระยะความลึกของแสงธรรมชาติที่มีค่าเพียงพอต่อการใช้งานในแต่ละชั้นได้ โดยข้อมูลส่วนนี้จะใช้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาออกแบบ Atrium และ การใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติได้

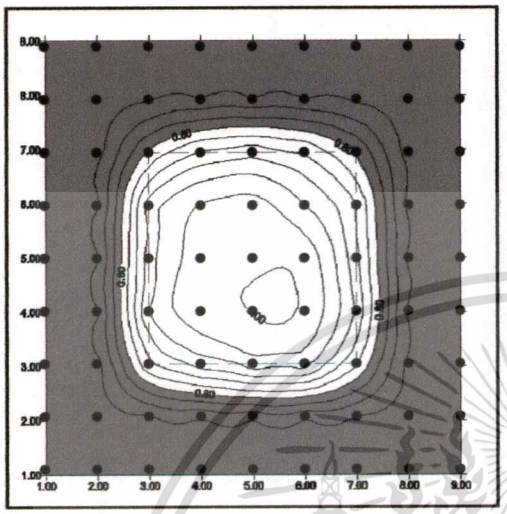
5.3 การแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลของการทดลอง

5.3.1 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

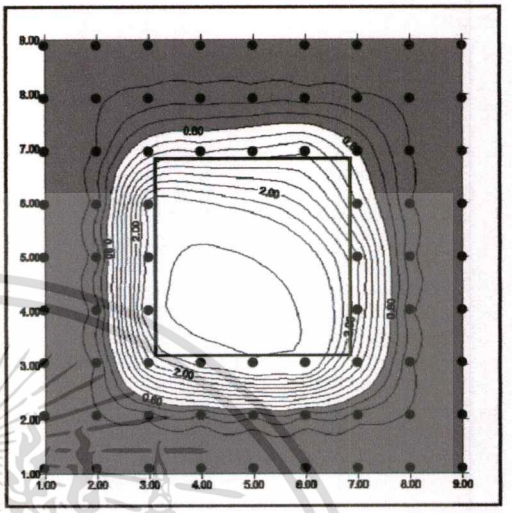
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส

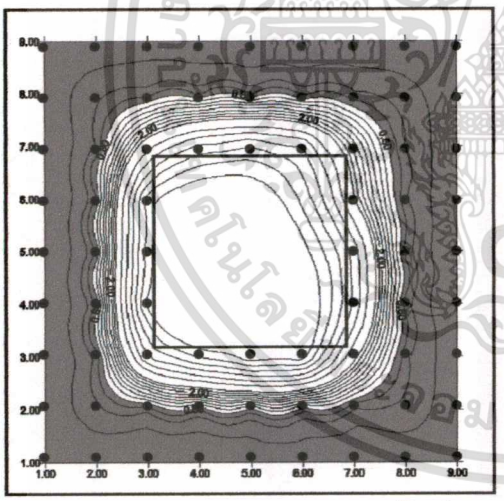
รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมจัตุรัส



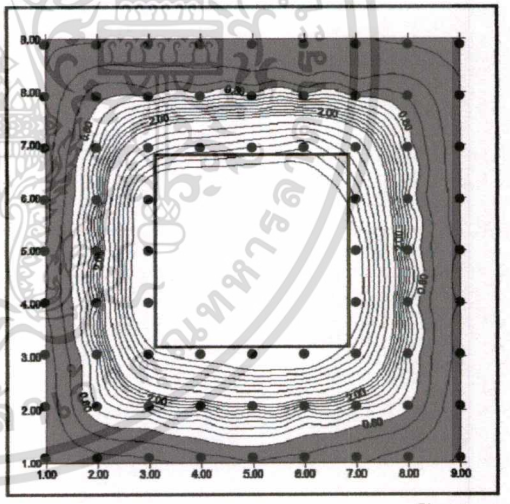
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



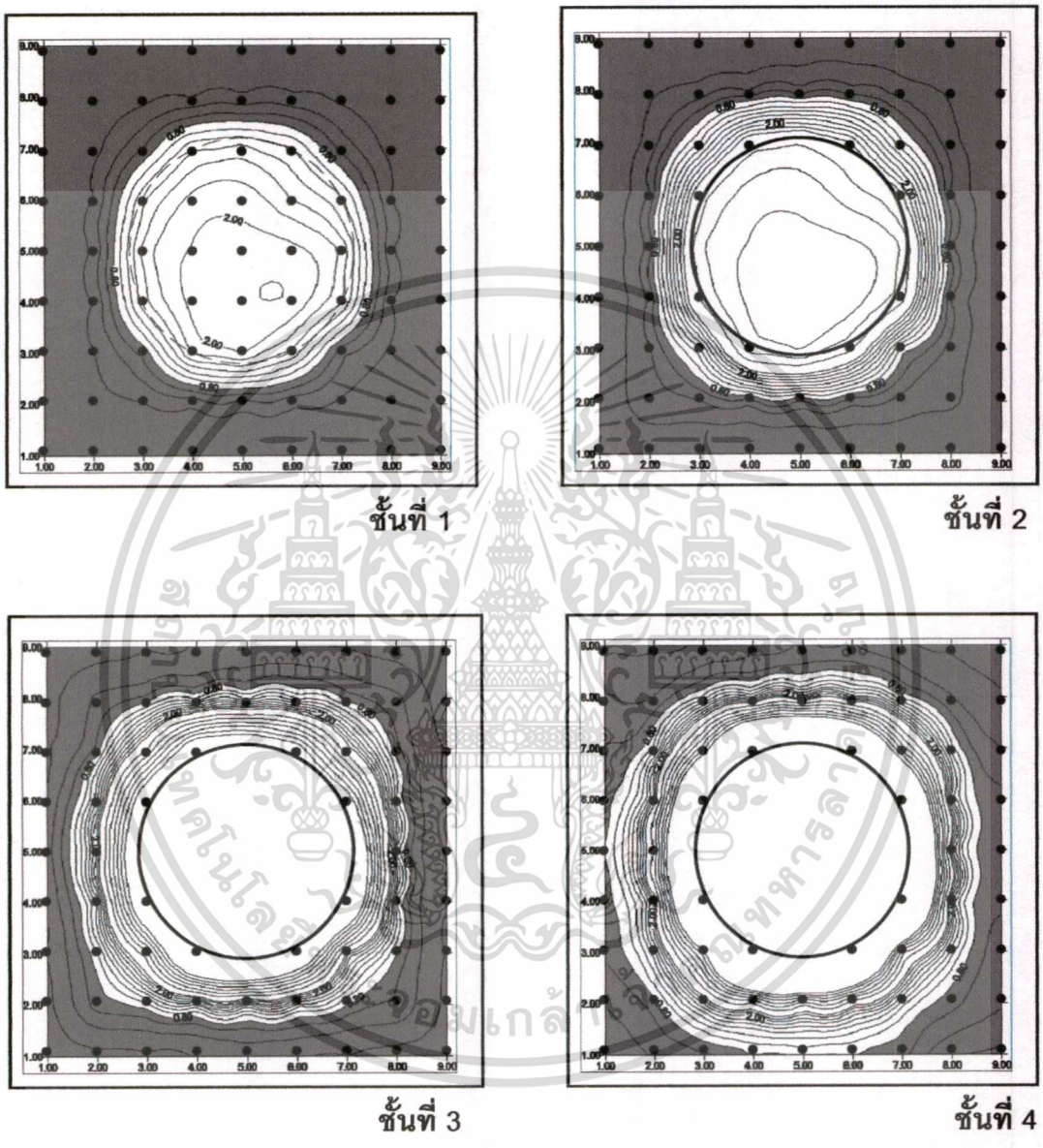
ชั้นที่ 4

จากตารางที่ 6.1 สามารถคำนวณสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละชั้นได้คือ ชั้นที่ 1 เท่ากับ 9% (ไม่รวมพื้นที่บริเวณช่องเปิด) ชั้นที่ 2 เท่ากับ 14% ชั้นที่ 3 เท่ากับ 24% และชั้นที่ 4 เท่ากับ 33%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม

รูปทรงช่องเปิด : วงกลม



ชั้นที่ 1 **ชั้นที่ 2**

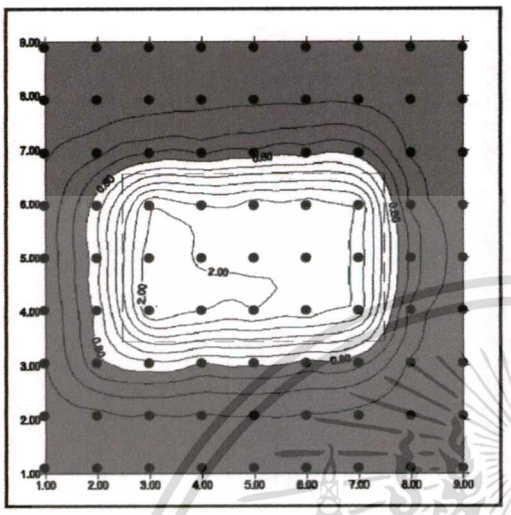
ชั้นที่ 3 **ชั้นที่ 4**

จากตารางที่ 6.2 สามารถคำนวณสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละชั้นได้คือ ชั้นที่ 1 เท่ากับ 9% (ไม่รวมพื้นที่บริเวณช่องเปิด) ชั้นที่ 2 เท่ากับ 18% ชั้นที่ 3 เท่ากับ 31% และชั้นที่ 4 เท่ากับ 43%

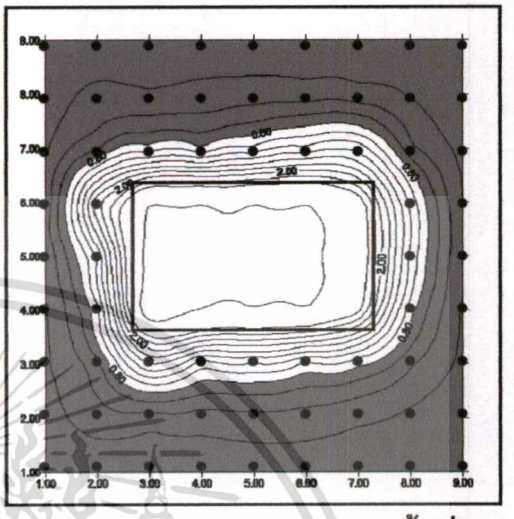
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.3 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า

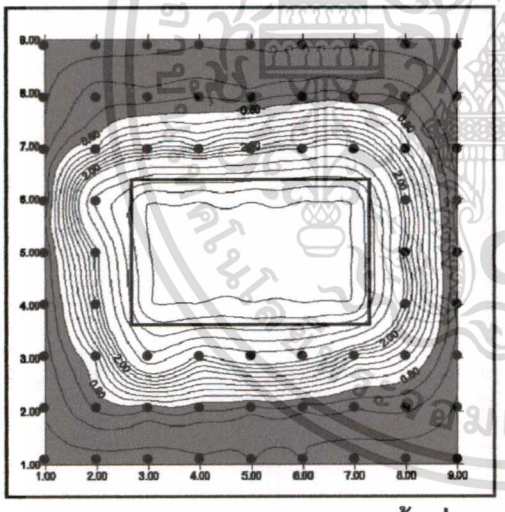
รูปทรงช่องเปิด : สี่เหลี่ยมผืนผ้า



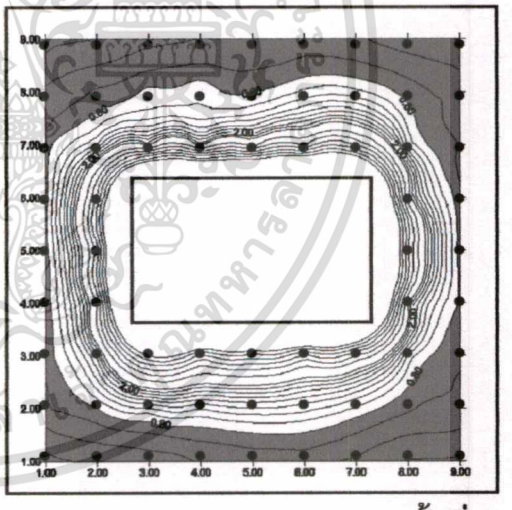
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4

จากตารางที่ 6.3 สามารถคำนวณสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละชั้นได้คือ ชั้นที่1 เท่ากับ 8%(ไม่รวมพื้นที่บริเวณช่องเปิด) ชั้นที่ 2 เท่ากับ 17% ชั้นที่ 3 เท่ากับ 29% และชั้นที่ 4 เท่ากับ 41%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสัดส่วนพื้นที่ที่มีระดับความสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมด ในแต่ละรูปทรงของช่องเปิดสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.4 แสดงสัดส่วนพื้นที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเต่อพื้นที่ใช้งานทั้งหมดในช่วงเวลา 10.00- 16.00 น. ที่รูปทรงช่องเปิดต่างๆ

	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	9%	14%	24%	33%
วงกลม	9%	18%	31%	43%
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	8%	17%	29%	41%

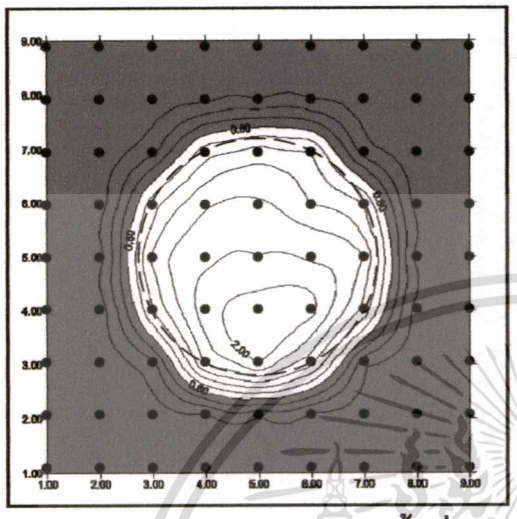
จากตารางที่ 5.4 แสดงให้เห็นว่ารูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้ดีที่สุด รองลงมาได้แก่สี่เหลี่ยมจัตุรัส และสี่เหลี่ยมผืนผ้าตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

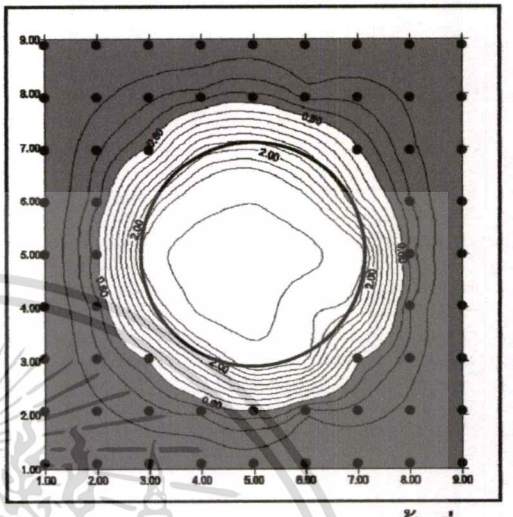
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ค่าการสะท้อนระดับกลาง

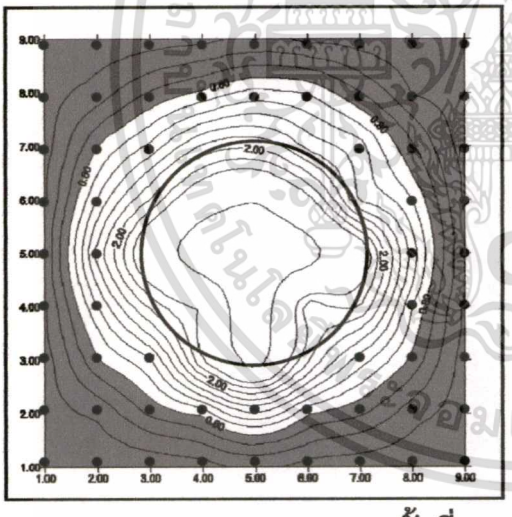
ค่าการสะท้อน : ระดับกลาง



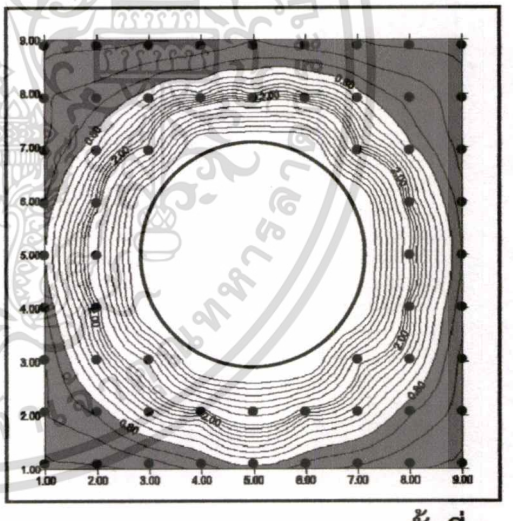
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



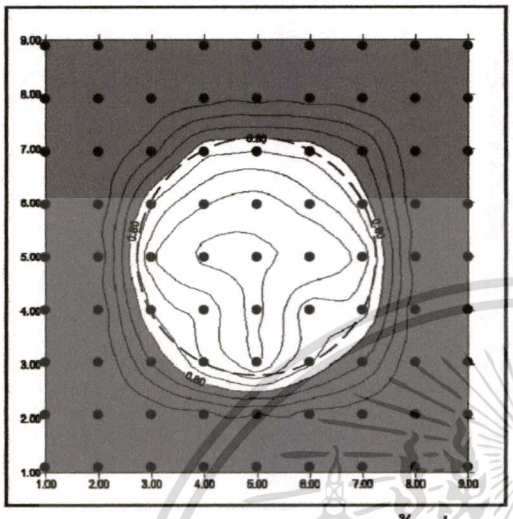
ชั้นที่ 4

จากตารางที่ 6.5 สามารถคำนวณสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละชั้นได้คือ ชั้นที่1 เท่ากับ 6%(ไม่รวมพื้นที่บริเวณช่องเปิด) ชั้นที่ 2 เท่ากับ 15% ชั้นที่ 3 เท่ากับ 28% และชั้นที่ 4 เท่ากับ 40%

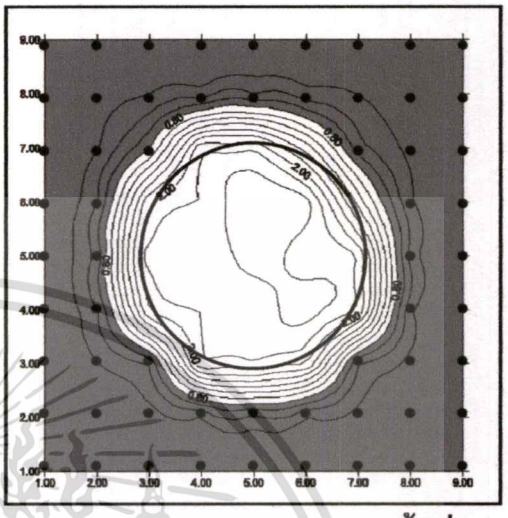
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 กราฟแสดงพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ค่าการสะท้อนระดับต่ำ

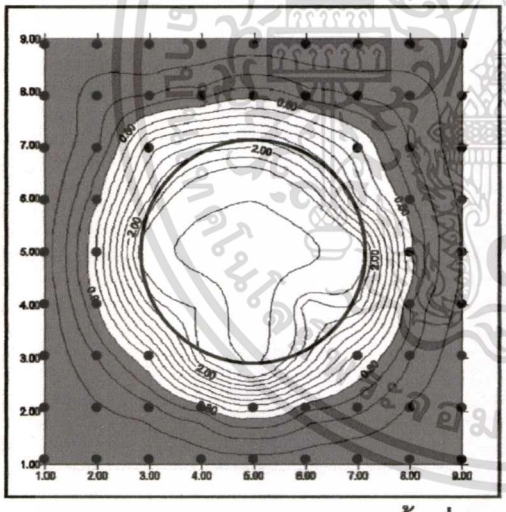
ค่าการสะท้อน : ระดับต่ำ



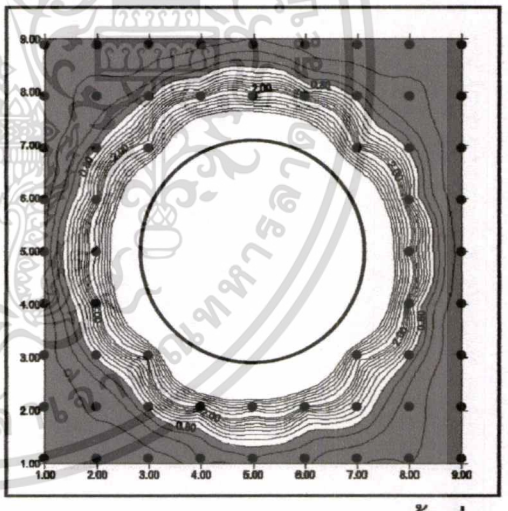
ชั้นที่ 1



ชั้นที่ 2



ชั้นที่ 3



ชั้นที่ 4

จากตารางที่ 6.6 สามารถคำนวณสัดส่วนของพื้นที่ใช้งานที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละชั้นได้คือ ชั้นที่ 1 เท่ากับ 4% (ไม่รวมพื้นที่บริเวณช่องเปิด) ชั้นที่ 2 เท่ากับ 12% ชั้นที่ 3 เท่ากับ 19% และชั้นที่ 4 เท่ากับ 33%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาสัดส่วนพื้นที่ที่มีระดับความสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานต่อพื้นที่ทั้งหมดในแต่ละค่าการสะท้อนของวัสดุ พื้น ผนังโดยรอบช่องเปิด และฝ้าเพดาน ตามที่ได้มีการกำหนดรายละเอียดค่าการสะท้อนไว้ สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.7 แสดงสัดส่วนพื้นที่ระดับความส่องสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเพียงพอต่อการใช้งานช่วงเวลา 10.00- 16.00 น. ที่ค่าความสะท้อนต่างๆ

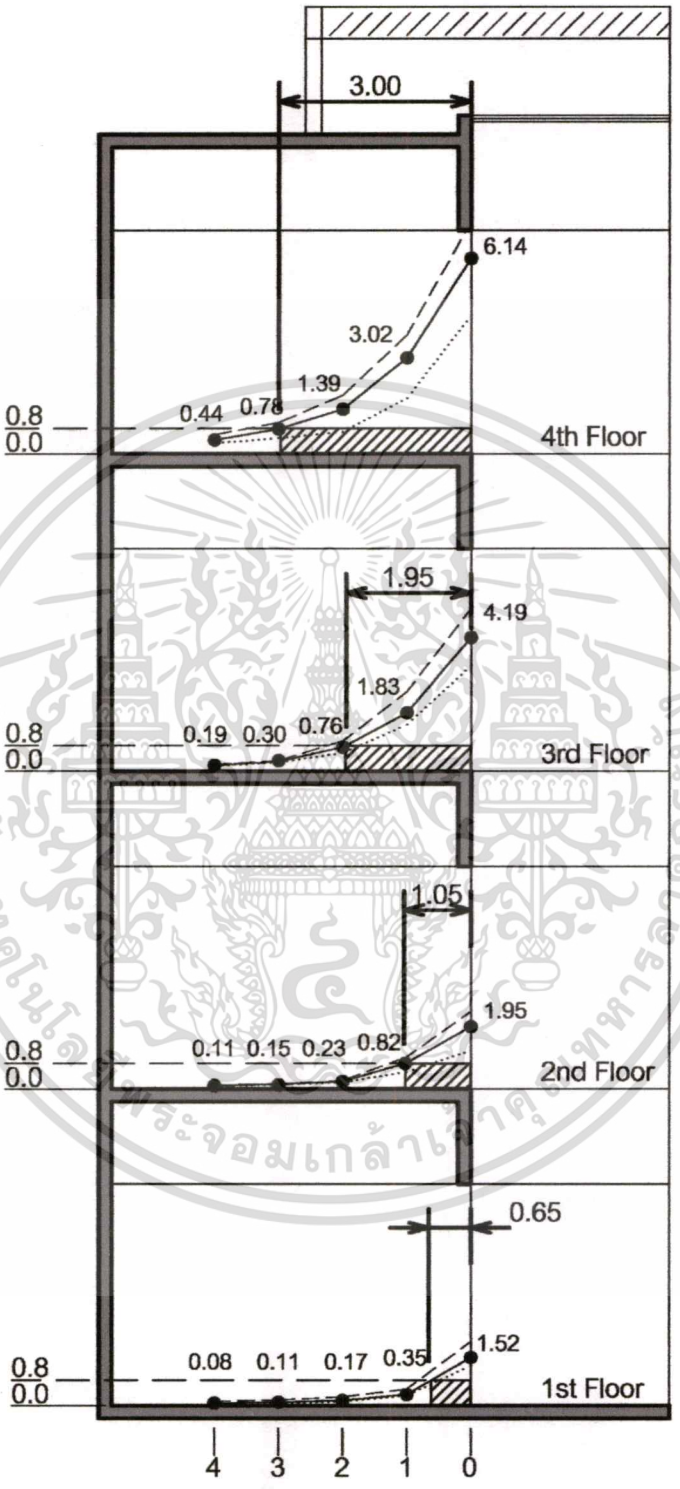
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
ค่าการสะท้อนสูง	9%	18%	31%	43%
ค่าการสะท้อนกลาง	6%	15%	28%	40%
ค่าการสะท้อนต่ำ	4%	12%	19%	33%

5.3.2 แสดงผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบระยะความลึกของระดับความส่องสว่างที่เพียงพอจากบริเวณรอบช่องเปิด

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

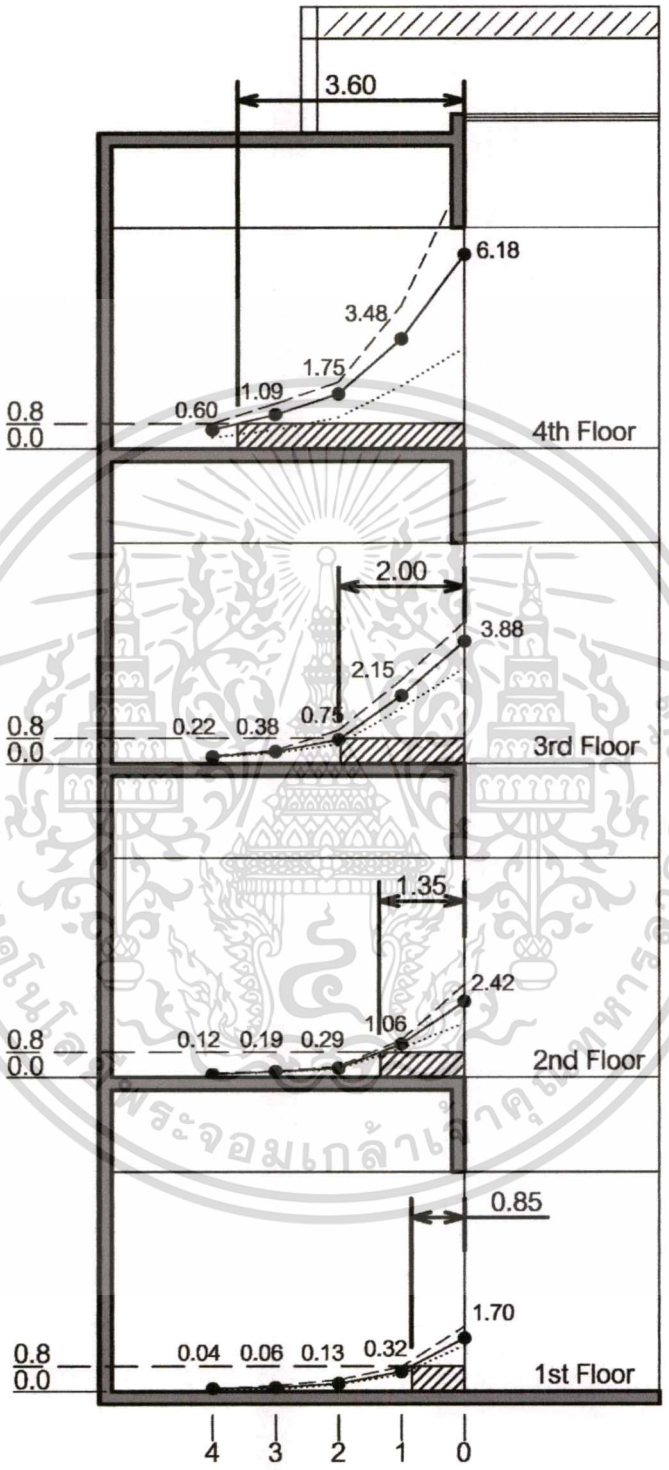
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมจัตุรัส



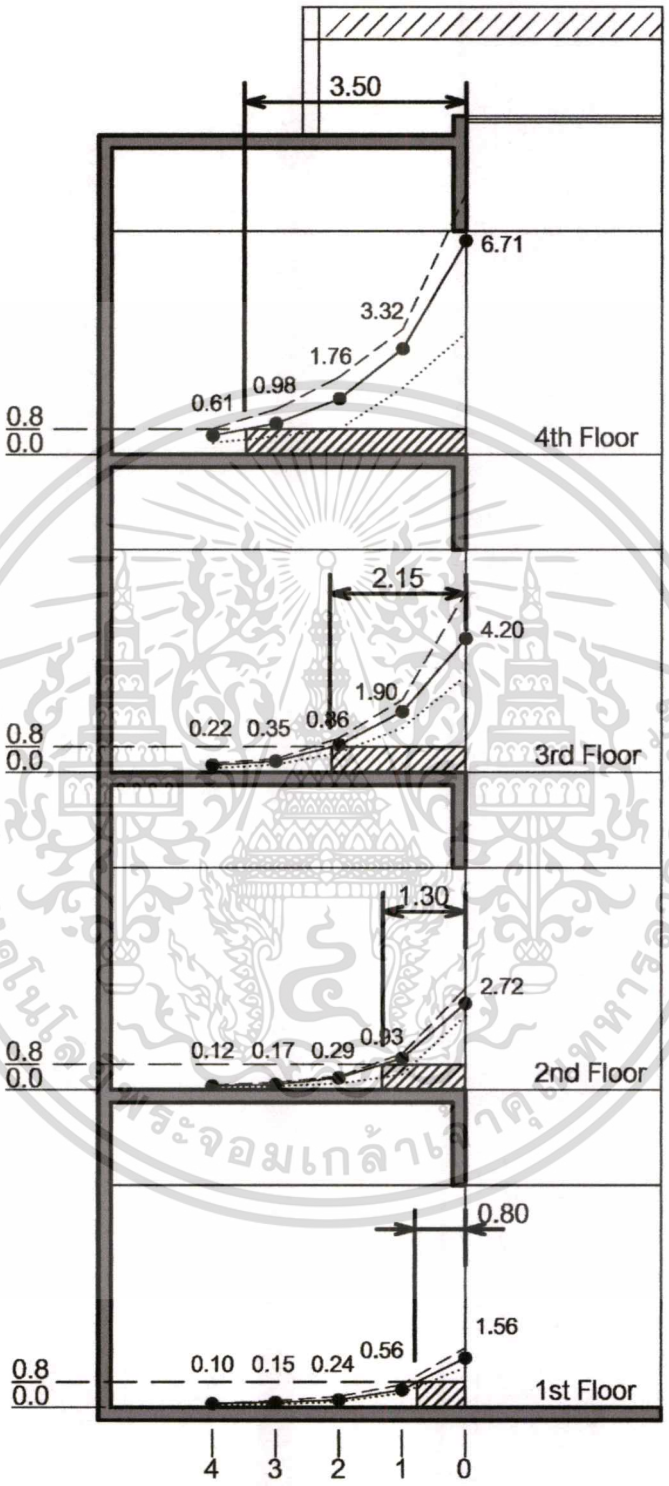
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.3 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดสี่เหลี่ยมผืนผ้า



ค่าเฉลี่ย Daylight Factor

ค่า Daylight Factor สูงสุด

ค่า Daylight Factor ต่ำสุด

บริเวณระดับแสงเพียงพอต่อการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาระยะความลึกของแสงมีระดับความสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในแต่ละรูปทรงของช่องเปิดที่ต่างกันสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.8 แสดงระยะจากช่องเปิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ (เมตร) ที่รูปทรงช่องเปิดต่างๆ

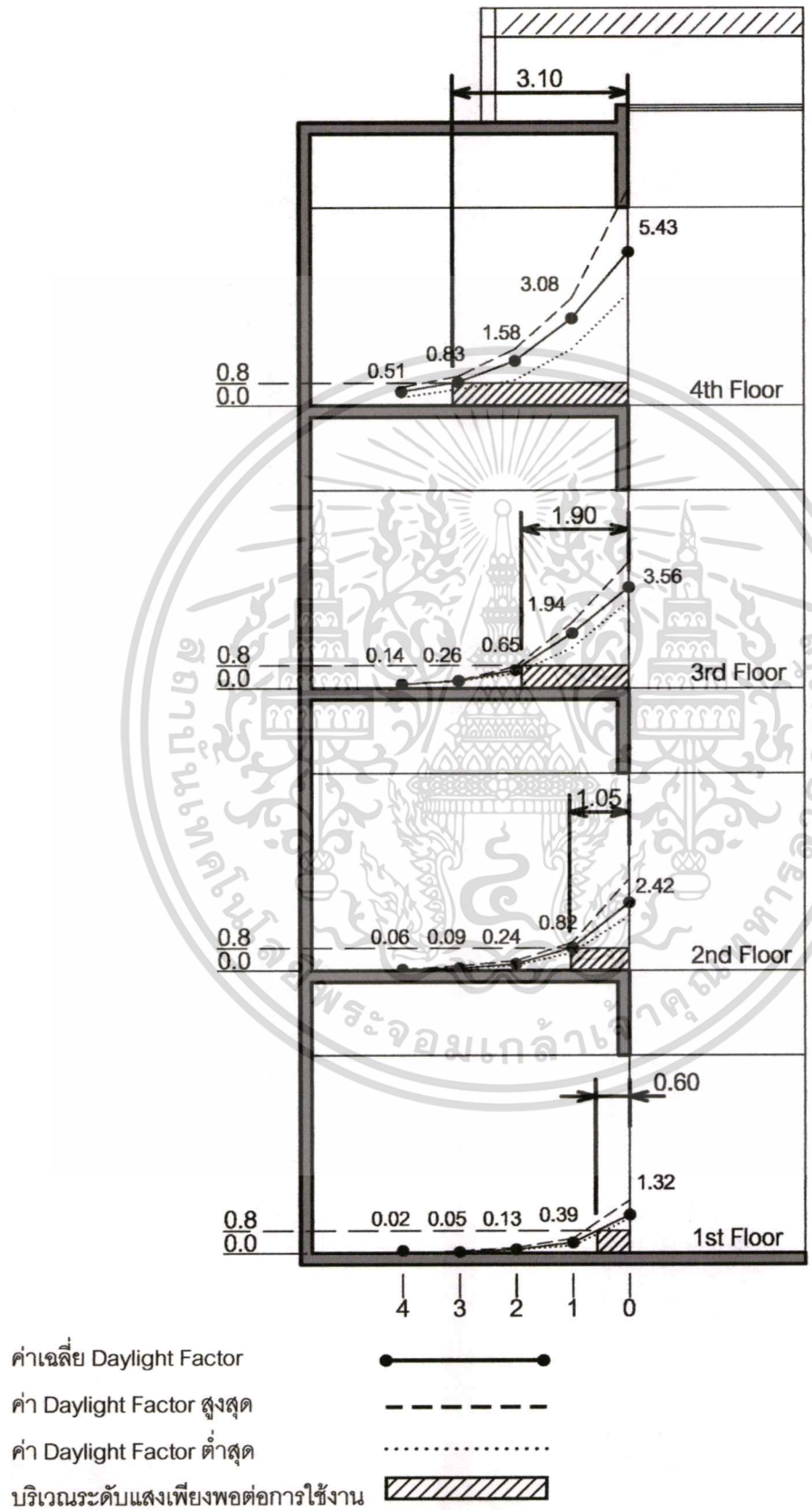
	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
สี่เหลี่ยมจัตุรัส	0.6	1.0	2.0	3.0
วงกลม	0.8	1.3	2.0	3.6
สี่เหลี่ยมผืนผ้า	0.8	1.3	2.1	3.5

จากตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่ารูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมมีระยะความลึกของระดับความส่องสว่างที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มากที่สุด รองลงมาได้แก่รูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า และรูปทรงสี่เหลี่ยมจัตุรัสตามลำดับ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

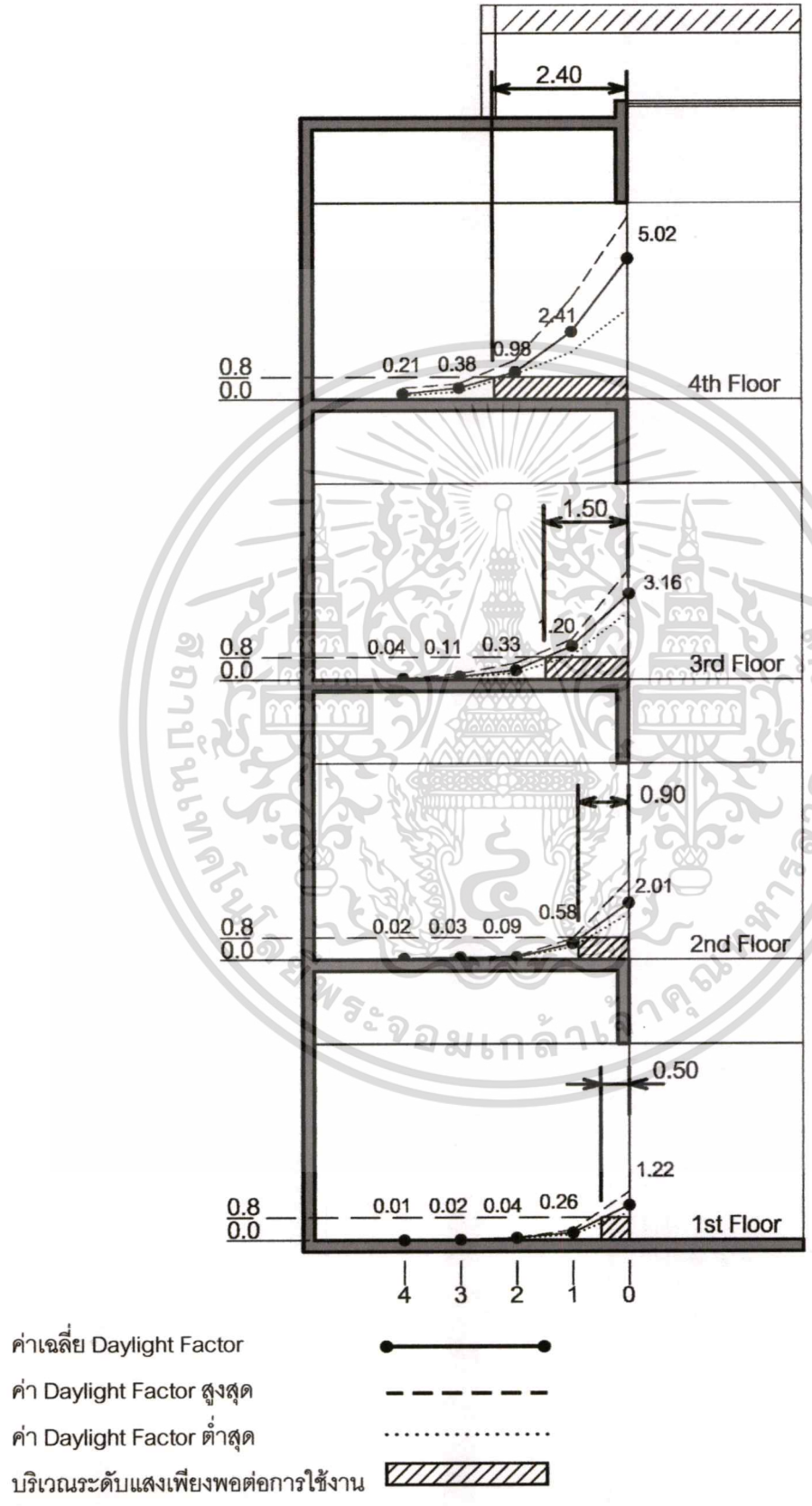
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม ค่าการสะท้อนระดับกลาง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยDaylight Factor และระยะความลึกของแสงที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของรูปทรงช่องเปิดวงกลม ค่าการสะท้อนระดับต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์หาระยะความลึกของแสงมีระดับความสว่างอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานในแต่ละค่าการสะท้อนของวัสดุ พื้น ผนังโดยรอบช่องเปิด และฝ้าเพดาน ตามที่ได้มีการกำหนดรายละเอียดค่าการสะท้อนไว้ สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 5.9 แสดงระยะจากช่องเปิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ (เมตร) ที่ค่าความสะท้อนต่างๆ

	ชั้นที่ 1	ชั้นที่ 2	ชั้นที่ 3	ชั้นที่ 4
ค่าการสะท้อนสูง	0.8	1.3	2.0	3.6
ค่าการสะท้อนกลาง	0.6	1.0	1.8	3.1
ค่าการสะท้อนต่ำ	0.5	0.9	1.5	2.4

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

6.1 การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติภายในเอเทรียม

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาปัจจัยในด้านรูปทรงของโถงช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ภายในอาคารที่มีต่อการใช้แสงธรรมชาติภายใน Atrium รวมถึงการศึกษารูปแบบของช่องแสงด้านบนที่มีความเหมาะสมสำหรับสภาพภูมิอากาศในเขตร้อนชื้น โดยได้ทำการทดลอง การนำแสงธรรมชาติเข้ามาสู่พื้นที่ใช้งานใน Atrium ด้วยรูปแบบช่องเปิดด้านบนที่มีการใช้เกล็ดสะท้อนแสง ป้องกันรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ โดยได้มีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ทางด้านกายภายของช่องแสง ได้แก่ มุมเอียงของเกล็ด ขนาดของเกล็ด วัสดุของเกล็ด โดยได้ข้อสรุปว่าเกล็ดอลูมิเนียมสีขาว ที่มีขนาดกว้าง 0.5 เมตร มุมเอียงของเกล็ดเท่ากับ 45 องศา มีความเหมาะสมต่อการนำแสงธรรมชาติสำหรับเข้ามาใช้ภายในอาคาร โดยจากการทดลองวัดการกระจายแสงที่ผ่านช่องแสงด้านบนดังกล่าว โดยไม่มีอิทธิพลของแสงสะท้อนภายใน สามารถวัดค่าเฉลี่ย Daylight Factor ได้เท่ากับ 0.84% โดยเมื่อได้นำไปเปรียบเทียบกับระดับความส่องสว่างภายนอกอาคารที่ได้มีการเก็บบันทึกไว้ จะมีค่าความส่องสว่างในช่วงเวลา 10.00 – 16.00 น. ไม่ต่ำกว่า 200 ลักซ์ ซึ่งถือว่าเพียงพอต่อการใช้งานบริเวณโดยรอบช่องเปิดตามค่ามาตรฐานของ CIE ที่กำหนดไว้

ผลการทดลองการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคารในส่วนของบริเวณ Atrium และพื้นที่โดยรอบช่องเปิด โดยผ่านช่องแสงด้านบนที่ได้ทำการทดลอง พบว่า สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในช่วงเวลา ตั้งแต่เวลา 10.00 น -16.00 น. ได้ตั้งแต่ 17% ถึง 25% ของพื้นที่ใช้งานบริเวณ Atrium และพื้นที่โดยรอบช่องเปิด ซึ่งจะขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านรูปทรงของช่องเปิดภายในอาคาร และ ค่าการสะท้อนของวัสดุ โดยจากการทดลองพบว่า รูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมสามารถนำแสงธรรมชาติมาใช้ในช่วงเวลาดังกล่าวมากที่สุด คือเท่ากับ 25% ของพื้นที่ใช้งาน รองมาคือรูปทรงช่องเปิดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ 24% และสี่เหลี่ยมจัตุรัส 20% ตามลำดับ

ในส่วนการศึกษาคุณสมบัติการสะท้อนของวัสดุที่มีผลต่อระดับการใช้แสงธรรมชาติ ได้นำรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลมมาทดลองที่ค่าความสะท้อนของวัสดุภายในที่แตกต่างกัน การทดลองได้จำแนกการใช้วัสดุภายในที่มีค่าความสะท้อน สูง กลาง และต่ำ โดยกำหนดวัสดุที่มีค่าความสะท้อนสูง คือ พื้น เท่ากับ 50% ผนัง 70% ฝ้าเพดาน 90% ค่าความสะท้อนกลาง คือ พื้น เท่ากับ 30% ผนัง 50% ฝ้าเพดาน 70% ค่าความสะท้อนต่ำ คือ พื้น เท่ากับ 10% ผนัง 30%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฝ้าเพดาน 50% พบว่าค่าการสะท้อนสูงสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติโดยรอบช่องเปิดได้เท่ากับ 25% ค่าการสะท้อนกลางเท่ากับ 22% และค่าการสะท้อนต่ำเท่ากับ 17% ตามลำดับ

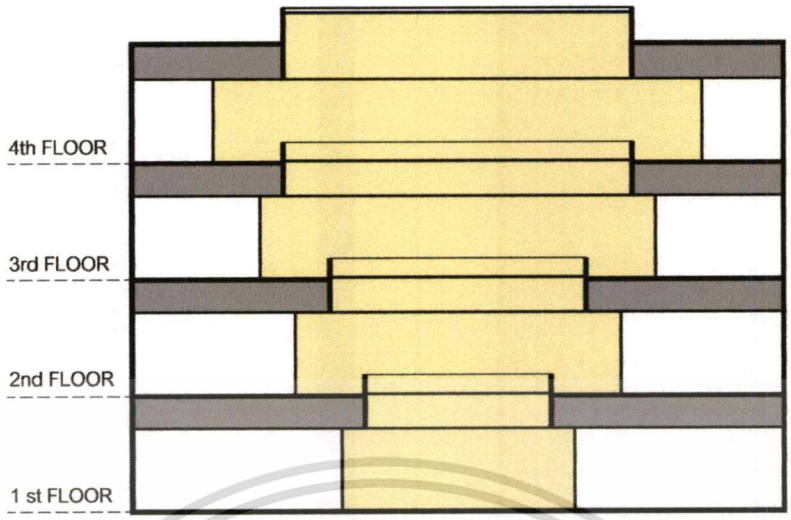
นอกจากนี้ได้มีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ทราบถึงระยะความลึกของแสงธรรมชาติจากบริเวณรอบช่องเปิด โดยระยะความลึกของแสงในแต่ละรูปทรงของช่องเปิดในชั้นที่ 1 อยู่ระหว่าง 0.6-0.8 เมตร ชั้นที่ 2 อยู่ระหว่าง1.0-1.3 เมตร ชั้นที่ 3 อยู่ระหว่าง 2.0-2.1 เมตร และชั้นที่ 4 อยู่ระหว่าง 3.0-3.5 เมตร จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองดังกล่าว ทำให้สามารถนำมาใช้คาดการณ์ถึงระดับความส่องสว่างที่เกิดขึ้นในแต่ละกรณีได้ โดยจะเป็นประโยชน์ต่อการกำหนดพื้นที่การใช้งาน และการใช้แสงประดิษฐ์(Artificial lighting)ร่วมกับแสงธรรมชาติได้

6.2 ประโยชน์และการนำงานวิจัยไปประยุกต์เป็นแนวทางการออกแบบ

จากผลการศึกษางานวิจัยนี้ ทำให้ทราบถึงพฤติกรรมของแสงและระดับความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้ ซึ่งจากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการใช้แสงธรรมชาติค่อนข้างมีข้อจำกัดในด้านการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติบริเวณโดยเฉพาะรอบช่องเปิดในชั้นล่างของอาคาร ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้น้อยมาก การพิจารณาเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติที่เข้าสู่ภายอาคารอาจทำให้ระดับการส่องสว่างบริเวณรอบช่องเปิดเพิ่มขึ้นได้ แต่ขณะเดียวกันก็ควรคำนึงถึงผลกระทบที่อาจตามมา ทั้งในเรื่องของความร้อนที่เกิดขึ้นรวมถึงอาจเกิดภาวะแสงจ้าในชั้นบน ซึ่งจากทดลองพบว่าค่า Daylight Factor ของรูปทรงช่องเปิดแบบวงกลม ในชั้นล่างมีค่าสูงสุดประมาณ 2 % ขณะที่ค่า Daylight Factor ชั้นบนสุดจะมีค่าถึง 8.7% ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบกับค่าความส่องสว่างภายนอกในช่วงเที่ยงของเดือนเมษายน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุดของความส่องสว่างประมาณ 100,000 ลักซ์ จะทำให้มีค่าความส่องสว่างของชั้นบนสูงถึงประมาณ 870 ลักซ์ ซึ่งค่อนข้างสูงเกินความต้องการของลักษณะกิจกรรมในพื้นที่นั้นอยู่แล้ว จากข้อมูลของงานวิจัยดังกล่าวเห็นได้ว่าควรพิจารณาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ร่วมกับแสงสว่างจากไฟฟ้าจึงจะเป็นการช่วยประหยัดพลังงานได้ โดยในส่วนของชั้น1 และ 2 ระยะใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเท่ากับ 60-80 ซม. ในชั้นที่ 1 และ 1.0 -1.3 เมตรในชั้นที่ 2 ซึ่งในทางปฏิบัติไม่สามารถนำมาเป็นประโยชน์ในการพิจารณาใช้ร่วมกับแสงประดิษฐ์ได้ ขณะที่ชั้นที่ 3 และ 4 ระยะจากช่องเปิดที่สามารถใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติได้เท่ากับ 2.0-2.1 เมตรในชั้นที่ 3 และ 3.0-3.6 เมตรในชั้นที่ 4 ซึ่งสามารถพิจารณาการใช้แสงประดิษฐ์ร่วมกับแสงธรรมชาติได้ โดยวิธีการออกแบบวางผังดวงโคมร่วมกับการกำหนดระยะเวลาเปิด-ปิดดวงโคมได้

นอกจากนี้ผลการทดลองที่แสดงให้เห็นระยะความลึกของแสงจากรอบช่องเปิดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานยังสามารถนำมาประยุกต์สำหรับการออกแบบได้ โดยการลดระยะยื่นของพื้นชั้นบนเพื่อเปิดให้แสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นในชั้นล่างได้มากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงรูปแบบการลดระยะยื่นของพื้นชั้นบนเพื่อเปิดให้แสงธรรมชาติเข้าสู่พื้นชั้นล่าง

รูปที่ 6.2 แสดงรูปภายในศูนย์การค้าที่มีการลดระยะยื่นของพื้นชั้นบน เพื่อการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในพื้นชั้นล่างได้มากขึ้น

6.3 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีระยะเวลาการศึกษาที่จำกัด ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะสำหรับเป็นแนวทางในการศึกษา และวิจัยดังต่อไปนี้

1. สภาพท้องฟ้าขณะที่ทำการเก็บข้อมูลเป็นแบบ Partly Cloud Sky ผลการทดลองอาจมีความแตกต่างในกรณีทำการทดลองภายใต้สภาพท้องฟ้าแบบอื่น

2. รูปแบบช่องแสงด้านบนที่ใช้ในการทดลองเป็นรูปแบบที่กำหนดขึ้น นอกจากข้อพิจารณาด้านสภาพภูมิอากาศแล้ว ยังมีเงื่อนไขของการทดลองที่ช่องแสงด้านบนจะต้องใช้ได้สำหรับทุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปทรงของช่องเปิด ในกรณีที่ไม่มีข้อจำกัดดังกล่าว สามารถพิจารณาออกแบบรูปแบบช่องแสงแบบอื่นที่เห็นว่าเหมาะสม และมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นได้

3. รูปแบบของช่องแสงด้านบนที่ใช้ในการทดลอง เป็นการจำลองรูปแบบเพื่อใช้ในการทดลอง ซึ่งการนำไปประยุกต์ใช้งานจริง ควรคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆ ที่จะมีผลต่อระดับความส่องสว่างภายในอาคารได้ ซึ่งได้แก่ โครงสร้างของหลังคาบริเวณช่องเปิด วัสดุที่ใช้ทำช่องแสง เป็นปัจจัยพิจารณาด้วย

4. ควรศึกษาปัจจัยอื่นสำหรับการใช้แสงธรรมชาติภายใน Atrium นอกจากปัจจัยด้านรูปทรงของช่องเปิด และคุณสมบัติการสะท้อน โดยเฉพาะปัจจัยด้านสัดส่วนของ Atrium (Well Index) ซึ่งยังขาดการศึกษาส่วนนี้สำหรับสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น

5. เนื่องจากข้อจำกัดด้านเครื่องมือที่ใช้เก็บค่าความส่องสว่าง (Lux Meter) ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาค่อนข้างมากในการเก็บข้อมูล ซึ่งมีผลต่อทิศทางของแสงอาทิตย์ที่เปลี่ยนไป อาจทำให้ข้อมูลมีความคลาดเคลื่อนได้ จึงควรใช้เครื่องมือที่สามารถเก็บข้อมูลได้ทีละจำนวนมากเพื่อลดระยะเวลาในการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 2538 **พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม**. กรุงเทพฯ
2. ปัทมาพร ศิริผลวุฒิชัย, 2542. **" เทคนิคการใช้แสงธรรมชาติผ่านแผงควบคุมช่องเปิดด้านบน."** วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. พัทธวดี รุ่งโรจน์ดี, 2542. **" ผลกระทบของรูปทรงและคุณสมบัติการสะท้อนภายในต่อการส่องสว่างภายในช่องเปิดโล่งในอาคาร สำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น."** วิทยานิพนธ์ สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาคาร ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. พิบูลย์ ดิษฐอุดม, 2537. **การออกแบบระบบแสงสว่าง.** Illuminance Engineering. **กรุงเทพฯ** : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดยูเคชั่น
5. วิเชียร สุวรรณรัตน์, 2531. **ภูมิอากาศวิทยาในการออกแบบสถาปัตยกรรม.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
6. อรวลี อมรลีตระกูล, 2545. **" การออกแบบหลังคาโถงสูงเพื่อความสบายด้านแสงสว่างและประหยัดพลังงาน."** วิทยานิพนธ์ ปริญญามหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรมเขตร้อน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. Al-Turki, Ibrahim. 1994. **Predicting Natural Light in Atria and Adjacent Space using Physical Models.** University of Southern California, Los Angeles, California.
8. Andras Majoros. 1998. **Daylighting ,Brisbane** : The University of Queenland Printery.
9. Joshi, Manoj, 1998. **A Study of Lumen Method for Daylighting From Overhead Aperture.** The Degree of Master of Science, School of Environment, Resources And Development, Asian Institute of Technology.
10. Song, Kyoo Dong. 1993. **"Illuminance Level and Luminance Distribution in Sunlit Atria with Difference Canopy System and Well Configurations."** Ph.D.Thesis of College of Architecture Texas A&M University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล ธรรมนูญ ตันติโภคิน

วัน เดือน ปีเกิด 15 ตุลาคม 2516

ที่อยู่ปัจจุบัน 81/80 ถ.นวมินทร์ แขวงคลองกุ่ม เขตบึงกุ่ม กรุงเทพมหานคร (10240)

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2539 สถาปัตยกรรมศาสตร์บัณฑิต (สถ.บ.) คณะสถาปัตยกรรม-ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548 สถาปัตยกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต คณะสถาปัตยกรรม-ศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2539-2543 สถาปนิก บริษัท เออร์เบิ้น อาคิเต็ค จำกัด

พ.ศ. 2544-2547 สถาปนิก บริษัท เซ็นทริส คอร์ปอเรชั่น จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้