การให้ความสว่างทางเดินภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ โดยทางช่องท่อนำแสง

INDUCING ILLUMINATION TO CORRIDOR BY MEANS OF LIGHT SHAFT

T074859

เด่น แซ่อึ้ง

DEN SAE-OUNG

วน.
ด1863ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 74859
วัน,เดือน,ปี 11 ต.ค. 2550

b 11830219
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรมเขตร้อน
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INDUCING ILLUMINATION TO CORRIDOR BY MEANS OF LIGHT SHAFT

DEN SAE-OUNG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ARCHITECTURE IN TROPICAL ARCHITECTURE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUY'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2007

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUY'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การให้ความสว่างทางเดินภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติโดยทางช่องท่อนำแสง
ชื่อนักศึกษา	นายเด่น แซ่อึ้ง
รหัสประจำตัว	45062109
ปริญญา	สถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรมเขตร้อน
พ.ศ.	2550
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ

บทคัดย่อ

การนำแสงสว่างจากธรรมชาติมาใช้ให้เกิดประโยชน์นั้น จะช่วยประหยัดพลังงานได้จำนวนหนึ่ง โดยเฉพาะในพื้นที่ของอาคารที่แสงธรรมชาติไม่สามารถเข้าถึงได้ เช่น พื้นที่ทางเดินแบบอยู่ตรงกลาง (DOUBLE LOADED CORRIDOR)และมักจะออกแบบให้มีห้องน้ำและช่องท่อติดทางเดินดังกล่าว ซึ่งบริเวณนี้มักจะอับแสงและต้องใช้แสงไฟประดิษฐ์เสียเป็นส่วนใหญ่ หากเราใช้ประโยชน์จากส่วนหนึ่งของช่องท่อเป็นปล่องนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในแต่ละชั้นของอาคาร โดยใช้ลักษณะการนำแสงธรรมชาติจากด้านบน (TOP LIGHTING) ผสมผสานกับระบบท่อนำแสง (LIGHT SHAFT) ที่ใช้ลักษณะการสะท้อนแสงของกระจกเงา (REFLECTING MIRROR)ในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารได้อย่างเหมาะสม

โดยหลักการที่ทำการศึกษานี้ ได้ตั้งสมมติฐานให้ตัวรับแสงด้านบนของอาคาร มีลักษณะคล้ายเครื่องกลที่สามารถปรับมุมรับแสงแดดตามตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปได้ใน แต่ละช่วงเวลา และสามารถรับแสงแดดโดยตรงได้จากดวงอาทิตย์ตลอดเวลา (DIRECT SUNLIGHT)

ซึ่งการทดลองได้แบ่งรูปแบบการทดลองเป็น 5 รูปแบบการทดลอง ได้แก่

1. การศึกษาลักษณะและรูปแบบการส่องสว่างในแต่ละชั้นของอาคาร
2. การศึกษาพฤติกรรมของการส่องสว่างของท่อนำแสงในแต่ละช่วงเวลา
3. การทดสอบประสิทธิภาพและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงแบบผิวดัดโค้งในแนวนอน และติดตั้งเอียงเป็นมุม 45 องศา
4. การทดสอบประสิทธิภาพและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงแบบโค้งครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอน
5. การเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อเป็นลักษณะผิวดัดโค้งในแนวนอน และติดตั้งเอียงเป็นมุม 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองในแต่ละรูปแบบการทดลองสรุปได้ดังนี้

1. ท่อนำแสงสามารถนำแสงธรรมชาติเข้าจ่ายยังทางเดินแบบอยู่ตรงกลาง (DOUBLE LOADED CORRIDOR) ที่ระดับพื้นทางเดินได้ แต่คุณภาพของแสงที่ได้ มีความเข้มและความสว่างเฉพาะจุด และไม่กระจายอย่างทั่วถึงในบริเวณพื้นที่ทางเดิน

2. ท่อนำแสงสามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้บริเวณทางเดินได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อย้ายจุดกระจายแสงไปใกล้ฝ้าเพดาน โดยใช้การสะท้อนแสงจากเพดาน และใช้ร่วมกับตัวสะท้อนแสงแบบครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้ง โดยแบบท่อโค้งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและการกระจายแสงได้ดีกว่า เพราะมีรูปทรงผิวโค้งทั้งสองทิศทาง คล้ายรูปทรง PARABOLA ที่ช่วยการกระจายแสงได้มากและสัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่ใช้งานที่มีลักษณะแคบและยาวแบบทางเดิน

3. การเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีผิวดัดโค้งในแนวนอนนั้น ผลที่ได้กลับทำให้ประสิทธิภาพการส่องสว่างลดลง เนื่องจากลักษณะผิวดัดโค้งในแนวนอนของตัวสะท้อนแสง ทำให้ทิศทางการสะท้อนแสงมีการหักเหและถูกบดบังภายในช่องท่อนำแสงเอง แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านวัสดุในการทดลอง หากเปลี่ยนแปลงตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อเป็นผิวดัดโค้งในแนวตั้งได้ เชื่อว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Inducing Illumination to Corridor by Means of Light Shaft
Student	Mr. Den Sae-oung
Student ID.	45062109
Degree	Master of Architecture
Program	Tropical Architecture
Year	2007
Thesis Adviser	Assoc. Prof. Teeramon Wairojanakich

ABSTRACT

In order to save energy, we could employ some daylight for architecture and designing. However, there are some areas have less daylight from outside such as double loaded corridor. It has normally been designed with bathroom and shaft. Those areas often have no daylight and need to employ sufficient artificial light. We can use shaft as light shaft in order to bring lightness into each floor in the building appropriately by the process of top lighting together with light shaft which reflects the mirror.

Theoretically, we make an assumption that the carriers of light from the top of the building work like the engine which adapt the angle of daylight following orbiting position of sun. The carriers change regarding the period of time and are able to get daylight directly from the sun.

The experiment consists of 5 procedures as follows;

1. Studying characteristics of illumination on each floor of Building
2. Studying behavior of light shaft of illumination on each period of time.
3. Testing of effectiveness and characteristics of diffusion of reflector which has curve surface on horizontal plane and located angle at 45 degree incline.
4. Testing of effectiveness and characteristics of diffusion of reflector which has half spheres and curved pipe on horizontal plane.
5. Increasing effectiveness of illumination with the reflector inner light shaft has curved surface on horizontal plane and located angle at 45 degree incline.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Conclusion of Experiment

1. Light shaft intake the daylight to double loaded corridor at floor level. However, quality of light is well intense but not diffuse throughout corridor area.

2. Light shaft intake the daylight more effective when move diffuser to nearly ceiling with reflecting from ceiling and together with the half sphere reflector and the curve pipe reflector. However, the curve pipe reflector increase a great deal of effectiveness and diffusion because surface has two directions of curve which look like parabola shape that more diffuse and related with working area which is narrow and long corridor.

3. Increasing effectiveness of illumination with the reflector inner light shaft which is surface curve on horizontal plane. The result is to get less effective of illumination because characteristic of curve surface on horizontal plane of reflector is refracted and to be obstructing itself inner light shaft. Due to the limitation of material in experiment, we change reflector inner light shaft have curve surface on vertical plane. It will have more such increasing effectiveness of illumination.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยการให้คำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ธีรมน ไวโรจนกิจ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รวมถึง รศ.ดร.สมชาย ศรีสมพงษ์ และ ผศ.ชัยยุทธ ศรีเผด็จ อาจารย์ผู้ให้คำแนะนำ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์และความเมตตาจากท่านและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ บริษัท สำนักงานโฟร์เอส จำกัด , คุณศุภฤกษ์ มัลลิกะมาลย์ ที่ให้โอกาสและให้การสนับสนุนในการศึกษาตลอดมา สุดท้ายขอขอบคุณ คุณจักษวัฏ ชาครนฤนาท ที่อนุเคราะห์สถานที่ และให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ คุณประโยชน์ทั้งหลายที่เกิดขึ้นจากการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เด่น แซ่อึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....III

กิตติกรรมประกาศ.....V

สารบัญ.....VI

สารบัญตาราง.....VIII

สารบัญรูปภาพ.....IX

บทที่1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย.....2

1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2

1.4 สมมุติฐานการวิจัย.....2

1.5 ระเบียบวิธีในการวิจัย.....3

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....4

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ.....5

2.1.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ.....5

2.1.2 พฤติกรรมของแสง.....5

2.1.3 สภาพท้องฟ้า.....8

2.1.4 ค่ามาตรฐานการสะท้อนแสงของวัสดุและค่ามาตรฐานความส่องสว่าง.....10

2.1.5 มาตรฐานการสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ.....11

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....13

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย.....21

3.1 เครื่องมือและหุ่นทดลองในการวิจัย.....21

3.2 การบันทึกข้อมูล.....29

3.3 สถานที่ในการทดลอง.....31

3.4 รูปแบบปล่องนำแสงที่ทำการศึกษา.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและวิเคราะห์.....36
4.1 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปล่องนำแสง.....36
4.2 การศึกษาเปรียบเทียบรูปแบบตัวสะท้อนแสงภายในทางเดิน.....47

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย.....86
5.1 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ.....86
5.2 ข้อเสนอแนะ.....87

บรรณานุกรม.....88

ประวัติผู้เขียน.....89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 การเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างมาตรฐานระหว่าง CEI และ IES (USA) ตามประเภทการใช้งาน....10

2.2 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุพื้น....11

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสี....11

2.4 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ....12

2.5 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำดวงโคม....12

4.1 เปรียบเทียบค่าความสว่างของการทดลองที่4.1.1 การศึกษาลักษณะและรูปแบบการส่องสว่างในแต่ละชั้นของอาคาร....41

4.2 แสดงค่าความสว่างที่วัดค่าพร้อมกันทั้ง 3 ชั้น ทุกๆ ครึ่งชั่วโมง โดยทำการวัดตำแหน่งเดียวกันเพียงชั้นละ 1 จุด....45

4.3 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในการเดิน) แบบโค้งแนวนอน (ทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์)....55

4.4 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงแดด....56

4.5 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบโค้งแนวนอน (ทำการทดสอบกับแสงไฟ)....57

4.6 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอนโดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ โดยตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม....75

4.7 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอนโดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ โดยตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบท่อโค้งในแนวนอน....76

4.8 ค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลมโดยทำการทดสอบกับแสงแดดตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม....77

4.9 ค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลมโดยทำการทดสอบกับแสงแดดตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบท่อโค้งในแนวนอน....78

4.10 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3....80

4.11 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3....82

4.12 เปรียบเทียบการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพของการส่องสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนภายในช่องท่อแบบผิวดัดโค้ง และแบบตรง....85

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ.....6

2.2 แสดงลักษณะการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ.....6

2.3 แสดงลักษณะของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลางที่มีลักษณะโปร่งใสและโปร่งแสง.....7

2.4 แสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky.....8

2.5 แสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky.....9

2.6 แสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี (2533-2542).....9

2.7 แสดงรูปด้านของอาคาร Ken Yeang's bioclimatic skyscraper proposal.....13

2.8 แสดงตำแหน่งท่อนำแสงในผังอาคารซึ่งเรียงอยู่เป็นแนวและเข้าสู่แกนอาคารทางด้านทิศตะวันตก สัญลักษณ์หัวลูกศรแสดงตำแหน่งของท่อนำแสง.....13

2.9 แสดงท่อนำแสงที่ทำด้วยกระจก แสง ณ ตำแหน่งมุมสูงที่เข้าสู่ท่อจะสูญเสียไปโดยตรงจากการสะท้อนที่มากมาย.....14

2.10 แสดงท่อนำแสงที่ทำด้วย LCP. (Laser Cut Panels) LPC จะทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางเข้าสู่ภายในท่อ โดยลดจำนวนครั้งของการสะท้อนซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความเข้มของแสง...14

2.11 รูปตัดแสดงลักษณะการนำแสงเข้าไปจ่ายในแต่ละ Zone ของอาคาร.....15

2.12 แสดงรูปตัดของผนัง Laser Cut Panel ซึ่งแสงที่ส่องผ่านเข้ามาจะมีทั้งเปลี่ยนทิศทางและส่องผ่าน.....15

2.13 อัตราส่วนของการหักเหของมุมตกกระทบของแสงสำหรับความแตกต่างของช่องว่างระหว่างอัตราส่วนของความกว้างและความลึก.....16

2.14 แสดงการใช้ประโยชน์ของท่อนำแสงที่ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งแสงจะเข้าสู่ช่องท่อตั้งแต่เวลาเที่ยงจนถึงตอนบ่าย ดังรูปที่ 9 โดยแสงที่เข้าสู่ช่องท่อจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของท่อและมุมของแสงแดดในแต่ละช่วงเวลาของวัน.....16

2.15 การส่งผ่านของแสงภายในท่อ แสดงให้เห็นแนวลำแสงที่มีการหักเหและไม่หักเหของแสง ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของวัน.....16

2.16 แสดงการจ่ายแสงออกมาเป็นช่วงๆ ของท่อนำแสง.....17

2.17 แสดงการใช้ผนังกระจายแสง Laser Cut Light Spreading Panel.....17

2.18 แสดงการกระจายของแสงที่ปราศจากตัวเปล่งแสง.....17

2.19 แสดงแสงที่เปลี่ยนทิศทางขึ้นสู่ฝ้าเพดานด้วยตัวกระจายแสง Laser Cut Panel.....18

2.20 แสดงลักษณะของตัวกระจายแสงที่นำมาใช้กับแสงไฟฟ้าประดิษฐ์.....18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
2.21	แสดงตัวรับและรวมแสง ที่สามารถหมุนรับแสงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา	19
2.22	แสดงอาคารและลักษณะการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร	19
2.23	แสดงรูปแบบตัวกระจายแสงที่นำมาใช้กับแสงไฟฟ้าประดิษฐ์	20
3.1	เครื่องมือวัดแสงแบบ ลักซ์มิเตอร์ (LUX Meter)	21
3.2	ไฟส่องสนาม หลอด Metal Halide Line ขนาด 400 วัตต์	22
3.3	แสดงรูปตัดของหุ่นทดลองและลักษณะของการนำแสงธรรมชาติจากด้านบนเข้ามาใช้ในอาคาร	23
3.4	ลักษณะของหุ่นทดลอง	24
3.5	รายละเอียดแปลนของหุ่นทดลอง และตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ	25
3.6	ภาพรวมรายละเอียดของหุ่นจำลอง	26
3.7	ช่องรับแสงด้านบนติดตัวสะท้อนแสงเป็นวัสดุกระจกเทียม	26
3.8	ตัวสะท้อนแสงภายนอกปรับมุมรับแดดได้ตลอดเวลาเป็นวัสดุกระจกเทียม	26
3.9	ลักษณะของวัสดุและสีภายในของหุ่นจำลอง	27
3.10	จุดจ่ายแสงย่อยในแต่ละชั้นมีตัวสะท้อนเป็นกระจกเทียมปิดด้วยแผ่นอะคลีลิคใส หนา 1.5 มม	27
3.11	ฝาเปิด-ปิดในการวัดค่าความสว่างฐานอาคารติดล้อทั้ง 4 มุม ช่วยในการหมุนปรับรับแดดได้ตลอดเวลา	27
3.12	แสดงส่วนประกอบตัวสะท้อนแสงภายในแบบท่อโค้งและช่องจ่ายแสง	28
3.13	แสดงลักษณะพื้นภายในและช่องจ่ายแสงที่พื้น	28
3.14	แสดงลักษณะฝาที่เปิด-ปิด เพื่อวัดค่าความสว่าง	28
3.15	แสดงส่วนประกอบตัวสะท้อนแสงภายในแบบครึ่งวงกลมและช่องจ่ายแสง	28
3.16	แสดงลักษณะการบันทึกข้อมูล	29
3.17	แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.1 โดยจะทำการวัดทั้ง 3 ชั้น ไม่พร้อมกัน	29
3.18	แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.2 โดยจะทำการวัดในตำแหน่งเดียวกันเพียง 1 จุด ของทั้ง 3 ชั้น พร้อมกัน	30
3.19	แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.3 โดยจะทำการวัดในตำแหน่งเดียวกันของทั้ง 3 ชั้น พร้อมกัน	30
3.20	แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.2.1 , 4.2.2 , 4.2.3 โดยจะทำการวัดทั้ง 3 ชั้น ไม่พร้อมกัน	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

3.21 สถานที่ทำการทดลอง....32

3.22 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และติดตั้งเอียง 45 องศา ณ บริเวณจุดจ่ายแสงของแต่ละชั้น....32

3.23 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ แต่ดัดโค้งในแนวนอนและติดตั้ง 45 องศา....33

3.24 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และดัดโค้งในแนวนอน....33

3.25 ตัวสะท้อนแสงรูปโค้งครึ่งวงกลม....34

3.26 ตัวสะท้อนแสงรูปท่อโค้งทั้ง 2 ทิศทาง....34

3.27 ตัวสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (Rotating Mirror)....35

4.1 รูปแบบของท่อนำแสงและลักษณะการนำแสงมาจ่ายยังแต่ละชั้นของอาคาร....36

4.2 การทดลองที่ 4.1.1....37

4.3 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 3....38

4.4 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 2....39

4.5 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 1....40

4.6 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.1.1....42

4.7 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.1.2....43

4.8 การทดลองที่ 4.1.2....44

4.9 ผลการทดลองที่ 4.1.2 ศึกษาพฤติกรรมของการส่องสว่างของท่อนำแสงแต่ละช่วงเวลา....45

4.10 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.1.2....46

4.11 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.2.1 รูปแบบตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้ง....47

4.12 แสดงรายละเอียดตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้งแนวนอน และบริเวณที่ติดตั้ง....48

4.13 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 3....49

4.14 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 2....50

4.15 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 1....51

4.16 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3....52

4.17 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 2....53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.18 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 1.....54

4.19 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.2.1.....58

4.20 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.2.2.....60

4.21 รูปแบบตัวสะท้อนแสง.....61

4.22 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3.....62

4.23 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 2.....63

4.24 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 3.....64

4.25 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 2.....65

4.26 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3.....66

4.27 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 2.....67

4.28 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลมและวัดแสงในชั้นที่ 1.....68

4.29 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 3.....69

4.30 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 2.....70

4.31 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 1.....71

4.32 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.2.2.....73

4.33 แสดงรายละเอียดของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีผิวเรียบดัดโค้ง.....79

4.34 ผลการทดลองที่ 4.2.3 เทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงจากสแตนเลสเป็นกระจกเงา (เพิ่มขึ้น 40%).....81

4.35 เทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงจากแสตนเลสเป็นกระจกเงา (เพิ่มขึ้น 40%).....83

4.36 ผลการทดลองที่ 4.2.3.....84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาการขาดแคลนพลังงาน นับเป็นปัญหาสำคัญที่กำลังรณรงค์ให้มีการแก้ไข ซึ่งสาเหตุปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจากการบริโภคพลังงานอย่างฟุ่มเฟือยและขาดจิตสำนึก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างเป็นส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่ง ที่มีการใช้งานภายในอาคารอยู่อย่างต่อเนื่อง และมีการสิ้นเปลืองพลังงานในปริมาณที่มาก หากสามารถลดการใช้พลังงานแสงสว่างภายในอาคารลงได้ โดยมีการนำแสงธรรมชาติมาใช้ในอาคาร ทดแทนการใช้แสงสว่างจากแสงประดิษฐ์ ก็จะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์ลงได้ในระดับหนึ่ง

ในการพิจารณาเพื่อนำแสงธรรมชาติเข้าใช้ภายในอาคาร นั้น อาจจะต้องพิจารณาถึงปัญหาอื่นๆที่ตามา เช่น ลักษณะของความสว่างที่ไม่สม่ำเสมอของการกระจายแสง ปริมาณแสงที่เข้ามาตกกระทบในพื้นที่ห้อง การมีปริมาณมากหรือน้อยเกินไป ปัญหาการเกิดแสงจ้าบาดตา ตลอดจนปัญหาเรื่องการสะสมความร้อนของอาคารที่เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้น ในการพิจารณาเรื่องการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องคำนึงถึงรูปแบบและวิธีการนำไปใช้ และบริเวณที่ถูกนำไปใช้งานประกอบด้วยว่า ถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงไร

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันมีการออกแบบอาคารประเภทพักอาศัยรวม เช่น อพาร์ทเม้นท์ คอนโดมิเนียม มีที่ตั้งอยู่กลางใจเมืองจำนวนมาก และในการออกแบบมักจะมุ่งเน้นผลตอบแทนทางด้านธุรกิจสูงสุดเป็นหลัก และออกแบบให้มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่สูงสุด และอย่างคุ้มค่า (Utilize Space) เนื่องจากที่ดินมีราคาแพง จึงมักจะออกแบบให้อาคารมีลักษณะที่มีทางเดินแบบ Double Loaded Corridor โดยมีห้องน้ำอยู่ติดทางเดินด้านใน ซึ่งอาคารลักษณะนี้มีข้อเสียคือจะทำให้พื้นที่ดังกล่าวเป็นบริเวณอับชื้นและอับแสง โดยห้องน้ำจะต้องทำการระบายอากาศผ่านทางช่องท่อ (Shaft) ส่วนลักษณะของทางเดินแบบ Double Loaded Corridor ก็จะต้องพึ่งพาไฟฟ้าจากแสงประดิษฐ์เสียเป็นส่วนใหญ่ และทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน จากจุดนี้หากเราประยุกต์ใช้ช่องท่อ ซึ่งใช้สำหรับการเดินท่องานระบบ และเพื่อการระบายอากาศจากห้องน้ำโดยการใช้ส่วนหนึ่งของช่องท่อดังกล่าวเป็นปล่องนำแสงธรรมชาติเข้าจ่ายในห้องน้ำ และบริเวณทางเดินที่มีลักษณะ Double Loaded Corridor ในแต่ละชั้นของอาคาร เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติ และลดปริมาณการใช้แสงประดิษฐ์ลงก็จะช่วยประหยัดพลังงานในภาพรวมของอาคารได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.2.1 ศึกษาปัจจัยต่างๆ ทีมีผลต่อการนำแสงธรรมชาติจากด้านบน(Top Lighting) เข้ามาใช้ภายในอาคารผ่านทางช่องท่อนำแสง (Light Shaft) เข้ามาจ่ายยังส่วนลึกของอาคาร โดยใช้ตัวสะท้อนแสงที่เป็นกระจกเงา

1.2.2 ศึกษารูปแบบของช่องท่อนำแสงที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ภายในอาคาร

1.2.3 ศึกษาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างให้แก่บริเวณทางเดินภายในอาคาร

1.2.4 ศึกษารูปทรงของตัวสะท้อนที่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่าง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ในการศึกษาเลือกใช้อาคารพักอาศัยที่มีลักษณะทางเดินเป็นแบบ Double Loaded Corridor ในเขตกรุงเทพมหานคร เช่น คอนโดมิเนียม อพาร์ทเม้นท์

1.3.2 กำหนดให้ตัวอาคารในการทดลองมีระบบรับแสงธรรมชาติอยู่ด้านบนอาคารในลักษณะของ Top Lighting ด้วยมีตัวสะท้อนแสงเป็นกระจกเงาสามารถปรับเปลี่ยนรับมุมของแสงแดดได้ตลอดเวลา โดยในการทดลองจะไม่ทำการศึกษาถึงระบบของการรับแสงดังกล่าว แต่จะเน้นทำการศึกษาไปถึงระบบช่องท่อนำแสง (Light Shaft) ในการนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ยังบริเวณทางเดินเป็นหลัก

1.3.3 กำหนดให้ตัวสะท้อนทุกรูปแบบในการทดลอง เป็นวัสดุกระจกเงา แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ จึงใช้วัสดุกระจกเทียมแทน ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับกระจกเงา

1.3.4 ในการทำการวิจัยเป็นงานวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้หุ่นทดลองในการศึกษาเก็บข้อมูลใช้สภาพท้องฟ้าและดวงอาทิตย์จริงในการศึกษาเพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด

1.3.5 ในการวิจัย จะทำการทดสอบเก็บข้อมูล เฉพาะส่วนการทดลอง โดยถือว่าไม่มีปัจจัยจากสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารมาเกี่ยวข้อง

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1.4.1 รูปแบบลักษณะภายในช่องท่อนำแสง สามารถนำแสงสว่างมาจ่ายยังแต่ละชั้นของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 รูปแบบและลักษณะของตัวสะท้อนแสง ภายในทางเดินสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและการกระจายแสงได้อย่างพอเพียงตามเกณฑ์มาตรฐานการส่องสว่างของพื้นที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ระเบียบวิธีในการศึกษาวิจัย

เป็นการศึกษาเพื่อหารูปแบบการนำแสงสว่างธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคารที่มีลักษณะ Double Loaded Corridor และมีห้องน้ำอยู่ติด Corridor โดยใช้ระบบการนำแสงธรรมชาติในลักษณะของ Light Shaft ซึ่งนำแสงจากด้านบน (Top Lighting) เข้ามาจ่ายในแต่ละชั้นของอาคารในแนวตั้ง (Vertical) โดยนำเทคนิคของระบบ Light Shaft มาปรับใช้ โดยจะนำเสนอวิธีการดำเนินงานวิจัยดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย โดยศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อให้ทราบที่มาของปัญหา แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาปรับใช้กับงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ทำการศึกษาถึงทฤษฎีและรูปแบบของระบบท่อนำแสง (Light Shaft) ที่นำแสงมา

จากด้านบน (Top Lighting) แต่นำไปใช้ในส่วนต่างๆ ของอาคารในแนวตั้ง (Vertical) โดยนำไปใช้ในแต่ละชั้นของอาคาร

1. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่างธรรมชาติ และสภาพท้องฟ้าของกรุงเทพมหานคร

2. ศึกษาถึงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อระบบท่อนำแสง

3. ศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุสะท้อนแสง และนำมาปรับใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่าง

ขั้นตอนที่ 3 ทำการออกแบบรูปแบบของท่อนำแสง โดยการทำหุ่นจำลองเพื่อทำการศึกษาดังนี้

1. ศึกษาถึงความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบของแสงแดดที่สะท้อนผ่านช่องเปิดรับแสงด้านบน (Top Lighting) กับตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ในแต่ละช่วงเวลาของวันที่ดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่ไป

2. ทำการศึกษาถึงรูปแบบภายในของช่องท่อ ว่ามีผลต่อประสิทธิภาพในการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้อย่างไร

3. ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติและรูปทรงของวัสดุสะท้อนแสงภายในทางเดินว่ามีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างและกระจายแสงได้อย่างทั่วถึงมากน้อยเพียงไร ในบริเวณพื้นที่ใช้งานในแต่ละชั้นของอาคาร

ขั้นตอนที่ 4 ทำการทดสอบการทดลองและทำการบันทึกผลการทดลอง โดยใช้หุ่นจำลอง ซึ่งกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลองคือ

1. ทิศทางและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสง ด้านบนกับตัวสะท้อนแสงภายนอกสามารถปรับหมุนและรับแสงแดดได้ตลอดเวลาตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์

2. ขนาดและสัดส่วนตลอดจน วัสดุผิว และค่าสะท้อนแสงของหุ่นทดลองมีค่าเท่ากับทุกๆ การทดลอง เพราะใช้หุ่นทดลองชุดเดียวกันทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สภาพแวดล้อมขณะทำการทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 ประเมินผลการทดลอง

- นำข้อมูลที่ได้จากผลการทดลองมาสรุป เพื่อหาทางแก้ไขและวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อเสียที่เกิดจากการทดลอง

ขั้นตอนที่ 6 การสรุปผลและข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. สรุปผลว่าการนำแสงธรรมชาติจากด้านบน (Top Lighting) มาใช้ในลักษณะท่อนำแสง (Light Shaft) แต่ละชั้นของอาคารนั้นมีขีดจำกัดอะไรบ้าง และสามารถนำมาใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพหรือไม่

2. เสนอแนะแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงและสามารถนำไปประยุกต์กับการใช้งานได้จริง

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ในงานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะเสนอเทคนิคของรูปแบบของระบบท่อนำแสง (Light Shaft) ผ่านตัวสะท้อนแสงที่เป็นกระจกเงา ในการนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ยังบริเวณทางเดินแต่ละชั้นของอาคาร ซึ่งคาดว่าจะได้รับประโยชน์ ดังนี้

1.6.1 ทำให้รู้ถึงปัญหาและข้อจำกัดในการนำแสงธรรมชาติจากด้านบน (Top Lighting) เข้ามาใช้ภายในอาคารของระบบท่อนำแสง (Light Shaft)

1.6.2 เป็นแนวทางในการพัฒนาในการนำแสงธรรมชาติ เข้ามาใช้ภายในอาคารด้วยระบบท่อนำแสง (Light Shaft) ในส่วนอื่นๆของอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับแสงธรรมชาติ

2.1.1 แหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ

2.1.1.1 แสงตรงจากดวงอาทิตย์ เป็นแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยตรง มีความเข้มสูง โดยเฉพาะในช่วงที่สภาพท้องฟ้ามีเมฆน้อย แสงตรงจะไม่ถูกใช้โดยตรงเพื่อให้ความสว่างภายในอาคาร เนื่องจากแสงมีปัญหาเรื่องความแปรปรวนของแสงสูง รวมทั้งปริมาณความร้อนจากรังสีความร้อนดวงอาทิตย์ที่มาพร้อมแสง

2.1.1.2 แสงจากท้องฟ้า เป็นแสงที่เกิดจากการกระจายและสะท้อนของแสงตรงในบรรยากาศ มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ให้ความสว่างภายในอาคาร เนื่องจากมีคุณภาพของแสงที่สูง

2.1.2 พฤติกรรมของแสง

แสงของดวงอาทิตย์เดินทางมายังโลกโดยการแผ่รังสี แสงดวงอาทิตย์ส่องผ่านชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้เกิดการดูดซึมที่ชั้นบรรยากาศ,การหักเหและการสะท้อน ก่อนส่องลงมายังพื้นโลก และเมื่อมายังพื้นโลกยังมีการดูดซึม,การหักเหและการสะท้อน ของแสงกับวัตถุที่ตกกระทบ เกิดเป็นพฤติกรรมของแสงที่กระทำกับวัตถุที่ตกกระทบ ดังนี้

- การดูดซึม(Absorbtion)
- การสะท้อน(Reflection)
- การส่องผ่าน(Transmission)

(ซึ่งพฤติกรรมแต่ละแบบขึ้นอยู่กับลักษณะคุณสมบัติและพื้นผิวของวัตถุ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

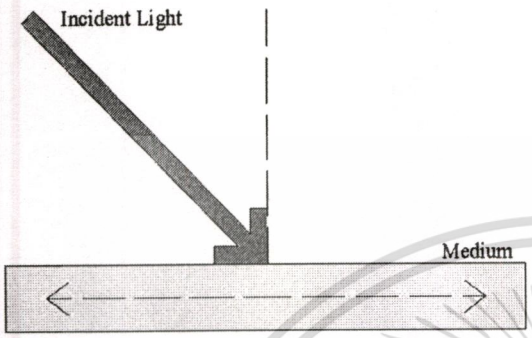
พฤติกรรมของแสงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางใดๆ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

พฤติกรรมของแสง

ลักษณะพฤติกรรม

1. การดูดซึม (Absorbtion)

แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลาง เป็นปรากฏการณ์ที่แสงถูกดูดกลืนหายเข้าไปในตัวกลาง และมีการเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อน

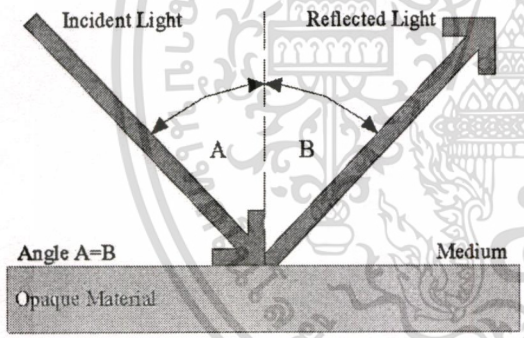


รูปที่ 2.1 แสดงการดูดกลืนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุกระทบ

2. การสะท้อน (Reflection)

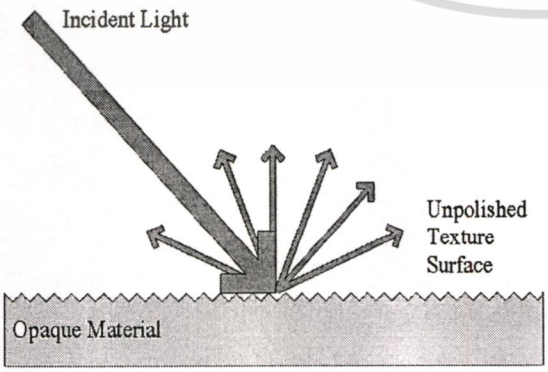
แสดงการสะท้อนแบบเสมือนกระจก เป็นปรากฏการณ์ที่แสตกกระทบบนตัวกลางและสะท้อนออกโดยที่ความถี่ของคลื่นไม่เปลี่ยนแปลง

- เมื่อแสงตกระทบบนตัวกลางที่เป็นวัสดุทึบแสง(Opaque Materials) เป็นวัสดุที่เป็นผิวเรียบขัดมัน(Polish Serface) การสะท้อนจะมีลักษณะของมุมของแสงที่ตกกระทบ(Angle of Reflection)



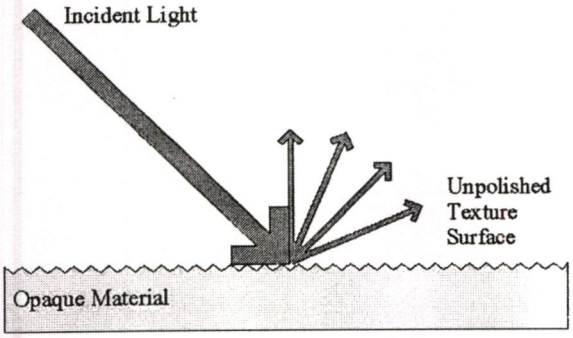
แสดงการสะท้อนแบบ (Perfect Diffuse Serface)

- เมื่อแสงตกกระทบกับวัสดุทึบแสงที่มีผิวหยาบจะถูกสะท้อนออกไปในหลายๆทิศทาง แสงที่ถูกออกไปนั้นจะไม่เท่ากับมุมของแสงที่ตกกระทบ หากผิวของวัสดุนั้นเป็นลักษณะผิวที่ไม่เรียบสม่ำเสมอ แสงที่สะท้อนออกมาจะสะท้อนลักษณะแบบกระจายแสงแบบสมบูรณ์

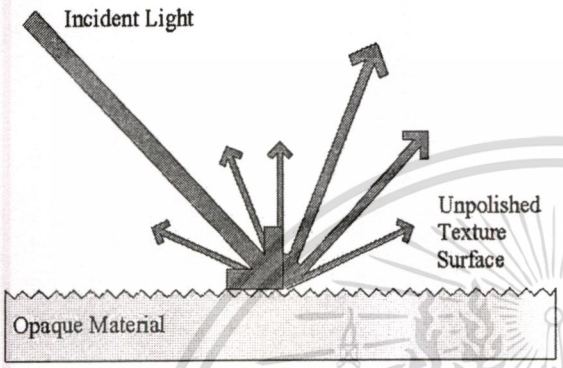


รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการสะท้อนของแสงเมื่อตกกระทบวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



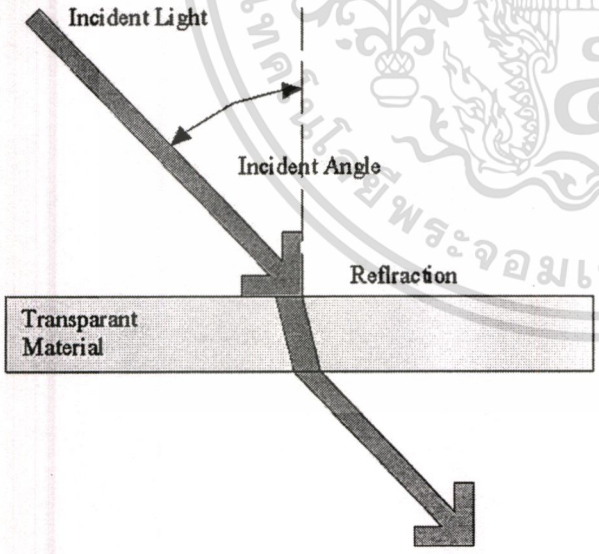
แสดงการสะท้อนแบบ (Semi Diffusing Serface)
- เป็นการสะท้อนที่มีความสว่างเท่าๆกันในทุกมุมสะท้อน แต่หากผิววัตถุไม่เรียบ แสงสะท้อนที่ได้ก็จะมีลักษณะสะท้อนกระจัดกระจาย



แสดงการสะท้อนแบบ (Combined Specular & Diffuse Reflection)
- โดยทั่วไปแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุจะมีลักษณะผสมกันระหว่างการสะท้อนแบบเสมือนกระจกเงาและการสะท้อนแบกระจาย แสดงแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลางและทะลุผ่าน

รูปที่ 2.2 (ต่อ)

<u>ตัวกลางโปร่งใส</u> (Transparant Medium)



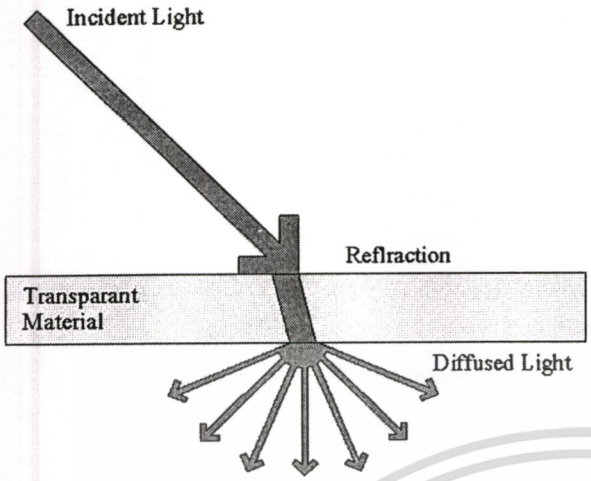
- เมื่อแสงตกกระทบด้านหนึ่งของตัวกลางและทะลุผ่านไปยังอีกด้านหนึ่งแสงส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืน วนหนึ่งจะถูกสะท้อนกลับ และส่วนที่เหลือจะทะลุผ่าน หมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบเท่ากับปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนรวมกับปริมาณแสงที่สะท้อนกลับรวมกับปริมาณแสงที่ทะลุผ่าน ได้เป็นสมการดังนี้

Absorbtance+Refletance+Transmittance = 1

รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะของแสงเมื่อตกกระทบตัวกลางที่มีลักษณะโปร่งใสและโปร่งแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ตัวกลางโปร่งแสง</u> (Translucent Medium)



แสดงแสงที่ตกกระทบตัวกลางและทะลุผ่านแบบกระจาย

- ตัวกลางโปร่งแสง แสงจะเกิดหักเห (Reflected)หรือเปลี่ยนทิศทาง(Bent)ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของตัวกลาง และทะลุผ่านในลักษณะเดิมของลำแสงที่ตกกระทบโดยยังมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงอีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน เช่นกระจกใสเป็นต้น
- แสงที่ส่องผ่านลักษณะเป็นแสงกระจายในกรณีนี้ จะไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงอีกด้านหนึ่งของตัวกลางได้อย่างชัดเจน

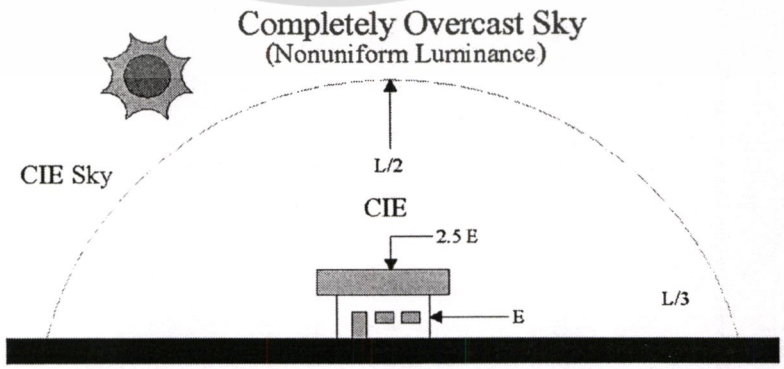
รูปที่ 2.3 (ต่อ)

ที่มา : ไพศาล จันเตยูร

2.1.3 สภาพท้องฟ้า

ค่าความสว่างและความจ้าของท้องฟ้าอันเนื่องมาจากธรรมชาติที่แปรเปลี่ยนตลอดเวลาเป็นผลเกิดจากการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ ปริมาณของเมฆ และอนุภาคในอากาศ เช่น ฝุ่น , ควัน หรือไอน้ำ โดยทั่วไปสภาพของท้องฟ้าแยกพิจารณาออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

2.1.3.1 สภาพท้องฟ้าปิด (Overcast Sky) เป็นสภาพท้องฟ้าที่ปกคลุมด้วยเมฆจนไม่สามารถมองเห็นแหล่งกำเนิดแสงหรือดวงอาทิตย์ และมีการเปลี่ยนแปลงแบบช้ากว่าท้องฟ้าชนิดอื่นๆ ความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้มีความสว่างในปริมาณที่แตกต่างกัน (Non Uniform Brightness) ซึ่งความสว่างในระดับสูงสุดจะอยู่ที่บริเวณกึ่งกลางท้องฟ้า (Zenith-Brightness) และมีสัดส่วนความสว่างที่เส้นขอบฟ้าเท่ากับ 1/3 มีผลให้พื้นผิวในระนาบมีความสว่างมากกว่าพื้นผิวในแนวตั้ง

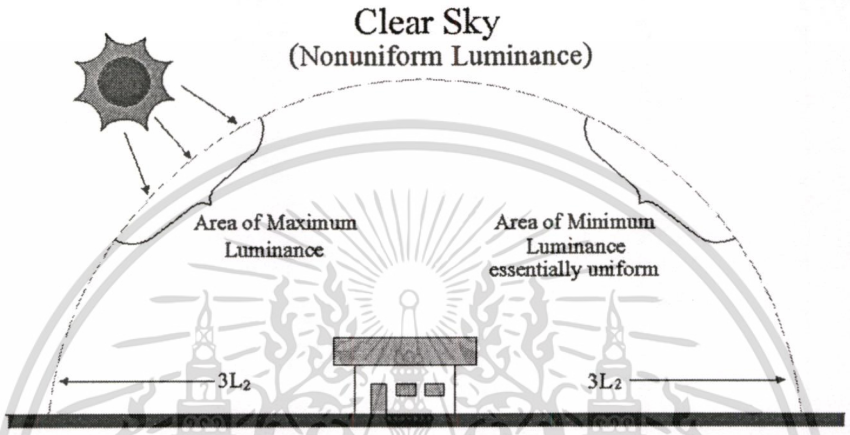


รูปที่ 2.4 แสดงท้องฟ้าแบบ Overcast Sky

ที่มา : Stein and Raynolds (หน้า 974)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

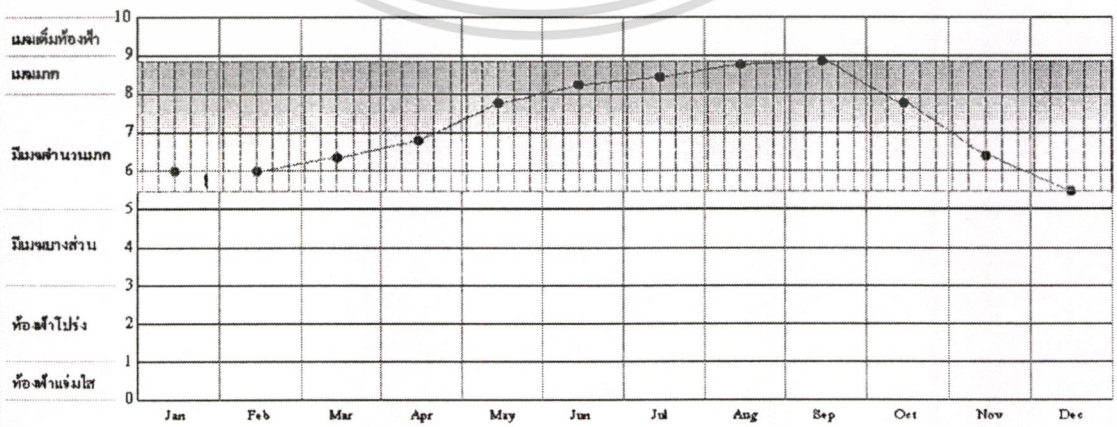
2.1.3.2 สภาพท้องฟ้าโปร่งใสไม่มีเมฆปกคลุม (Clear Sky) ค่าความสว่างของท้องฟ้าแบบนี้ เกิดจาก 2 องค์ประกอบคือ แสงกระจายท้องฟ้า (Diffuse Illumination) และแสงตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun) ซึ่งปริมาณความสว่างของทั้ง 2 องค์ประกอบขึ้นอยู่กับตำแหน่งของดวงอาทิตย์ (Solar altitude) เป็นหลัก โดยมีความสว่างของท้องฟ้าในปริมาณที่แตกต่างกัน ความสว่างในระดับสูงสุดที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวระนาบ มีค่าน้อยกว่าความสว่างในแนวระนาบที่ส่องกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ปริมาณ 3 เท่า หากไม่พิจารณาถึงมุมที่สามารถมองเห็นดวงอาทิตย์



รูปที่ 2.5 แสดงท้องฟ้าแบบ Clear Sky

ที่มา : Stein and Raynolds (หน้า 974)

2.1.3.3 สภาพท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมบางส่วน (Party Cloudy Sky) การหาค่าความสว่างของท้องฟ้าลักษณะนี้จะทำได้ยาก เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงของเมฆอยู่ตลอดเวลา โดยทั่วไปการพิจารณาค่าความส่องสว่างของท้องฟ้าแบบมีเมฆปกคลุมบางส่วนนี้ หากเมฆที่ปกคลุมมีลักษณะบางเบา ไม่หนาทึบ (น้อย) ค่าความสว่างจากท้องฟ้านี้มีค่ามากกว่าค่าความสว่างที่ได้จากท้องฟ้าแบบโปร่ง 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการสะท้อนของเมฆ (Nadamura and Oki, 1983)



รูปที่ 2.6 แสดงสภาพท้องฟ้าในเขตกรุงเทพมหานครเฉลี่ย 10 ปี (2533-2542)

ที่มา : ข้อมูลกรมอุตุนิยมวิทยา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ค่ามาตรฐานการสะท้อนแสงของวัสดุและค่ามาตรฐานความส่องสว่าง

2.1.4.1 มาตรฐานการส่องสว่างระหว่าง CIE และ IES

ในการกำหนดระดับความส่องสว่างสำหรับการใช้งานต่างๆ ได้มีการกำหนดค่าความสว่างเพื่อเป็นมาตรฐานใช้งานเดียวกันจากหน่วยงานต่างๆ เช่น IES (USA) , IES (BS) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับการใช้สอยและสภาพอากาศ ดังนั้นค่าที่กำหนดอาจมีความแตกต่างกันส่วนมาตรฐานที่กำหนดเป็นมาตรฐานสากลไม่ขึ้นกับประเทศใดประเทศหนึ่งได้แก่ CIE (International Commission on Illumination) กำหนดความสว่างออกเป็น 3 ค่า โดยใช้ค่ากลางเป็นค่าเฉลี่ย ส่วนอีก 2 ค่าใช้ในกรณีอื่นๆ คืออาจใช้ค่ามากกว่าค่าเฉลี่ยหรือน้อยกว่าค่าเฉลี่ย ขึ้นอยู่กับสภาพต่างๆ

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าการส่องสว่างมาตรฐานระหว่าง CIE และ IES(USA) ตามประเภทการใช้งาน

พื้นที่ใช้งาน(ก)	CIE (Lux)	IES(Lux)	พื้นที่ใช้งาน(ข)
ทางเดิน,พื้นที่ทำงานภายนอก	20-30-50	20-30-50 (a)	Publicspace with dark surrounding
ทางเดินภายในและการแวะผ่านระยะสั้น	50-75-100	50-75-100 (a)	Simple orientation for shot temporary
ห้องที่ไม่ได้ใช้งานแบบต่อเนื่องเวลานาน	100-150-200	100-150-200 (a)	Working space where visual task are only occasionally performed
งานที่ใช้สายตาไม่มาก เช่น โรงงาน , งานชิ้นใหญ่	200-300-500	200-300-500 (b)	Performance of visual tasks of high contrast or large size
งานใช้สายตาปานกลาง เช่น สำนักงาน	300-500-750	500-750-1000	Performance of visual tasks of medium contrast or small size
งานที่ใช้สายตามาก	500-750-1000		
งานที่ใช้สายตามากๆ	750-1000-1500	1000-1500-2000 (b)	Performance of visual tasks of low contrast or very small size
เช่น งานประกอบชิ้นส่วน		2000-3000-5000 (x)	Performance of visual tasks of low contrast or very small size longed period
งานที่ใช้สายตาเป็นพิเศษ	1000-1500-2000		
		5000-7500-10000 (x)	Performance of very prelong and exacting
งานที่ใช้สายตาพิถีพิถัน เช่น การผ่าตัด	มากกว่า 2000	10000 up (x)	Performance of very special visual tasks of extremely low contrast and small size

ที่มา: IES Illuminating Engineering Society

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.5 มาตรฐานการสะท้อนแสงของวัสดุต่างๆ

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุพื้น

Ground Surface	Reflectance Factor %
Meadow , Lawn	Approx. 5
Snow , Fresh	Approx. 70
Snow, Old	Approx. 50
Fields	Approx. 25
Concrete	Approx. 50
Gravel	Approx. 20
Grit	Approx. 10

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสี

Color	Reflectance Factor %
White	70-85
Light Gray	45-65
Medium Gray	25-40
Dark Gray	10-20
Black	< 5
Yellow	65-75
Yellowish Brown	30-50
Dark Brown	10-25
Ligh Green	30-55
Drak Green	10-25
Pink	45-60
Light Red	25-35
Drak Red	10-20
Light Blue	30-55
Dark Blue	10-25

ที่มา: Light Book the Plactice of Light Design (P.44)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ

Materials	Reflectance Factor %
Lacquer , Brittiant White	87-88
Aluminium , high-gloss anodiszed	75-87
Aluminium , mat anodiszed	75-84
Sound Absorbing ceiling , white, perforated	60-80
Marble , White	60-70
Motar Light	35-50
Cocrete , Light	30-40
Concrete , Dark	15-25
Sandstone , Light	30-40
Sandstone , Dark	15-25
Granite	15-25
Brick , Light	20-30
Brick , Dark	10-15
Wood , Light	30-50
Wood , Dark	10-25

ที่มา : Light Book the Plactice of Light Design (P.44)
By Ulrike Brandi – Christoph Geissmar – Brandi

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุที่ใช้ทำดวงโคม

Trpical specular matrials	Reflectance %
Silver	90-92
Chromium	63-66
Aluminium Polished	60-70
Aluminium Alzak Polished	75-85
Stainless Steel	50-60

ที่มา : Concepts in architectural Lighting (P. 42)

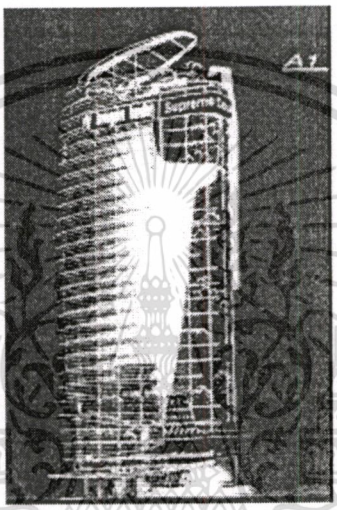
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 THE USE OF LIGHT SHAFTS FOR DEEP PLAN OFFICE BULDINGS

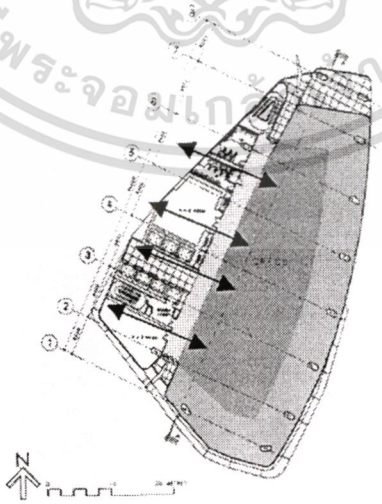
A case study of Ken Yeang's bioclimatic skyscraper proposal for KLCC,Malaysia

เป็นกรณีศึกษาของการพัฒนาประโยชน์ใช้สอยของเทคโนโลยีของท่อนำแสงสำหรับอาคารสูงในกัวลาลัมเปอร์ ประเทศมาเลเซีย โดยนำเสนอรูปแบบการทดลองที่ใช้ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้ท่อนำแสงในการเพิ่มปริมาณแสงธรรมชาติ และลดความต้องการในการใช้ไฟฟ้าให้แก่อาคาร โดยคำนึกถึงสภาพแวดล้อม และเป็นการลดการใช้พลังงานของอาคาร



รูปที่ 2.7 แสดงรูปด้านของอาคาร Ken Yeang's bioclimatic skyscraper proposal

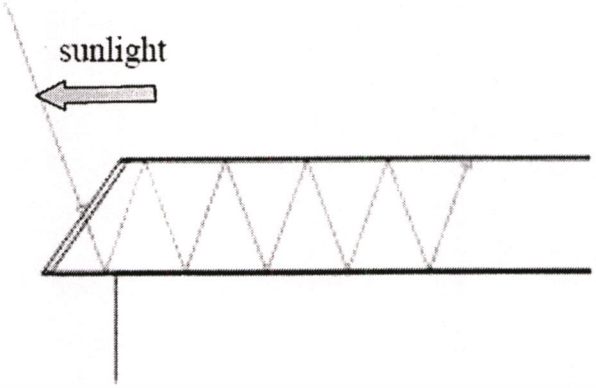
ที่มา : แหล่งข้อมูล Ken Yeang)



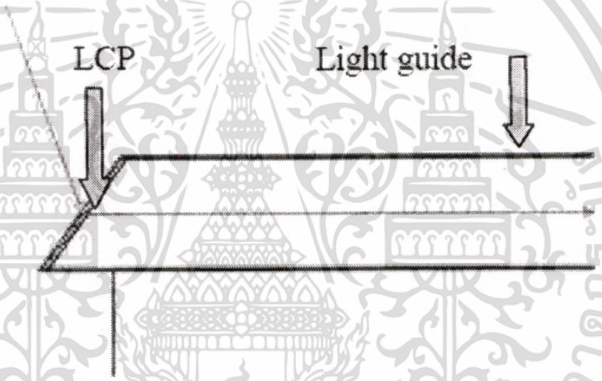
รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งท่อนำแสงในผังอาคารซึ่งเรียงอยู่เป็นแนวและเข้าสู่แกนอาคารทางด้านทิศตะวันตก สัญลักษณ์หัวลูกศรแสดงตำแหน่งของท่อนำแสง

ที่มา : แหล่งข้อมูล Greg Evans

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงท่อนำแสงที่ทำด้วยกระจก แสง ณ ตำแหน่งมุมสูงที่เข้าสู่ท่อจะสูญเสียไปโดยตรงจากการสะท้อนที่มากมาย



รูปที่ 2.10 แสดงท่อนำแสงที่ทำด้วย LCP. (Laser Cut Panels) LPC จะทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางเข้าสู่ภายในท่อ โดยลดจำนวนครั้งของการสะท้อนซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียความเข้มของแสง

ประโยชน์ของเทคโนโลยีท่อนำแสงของอาคารแห่งนี้

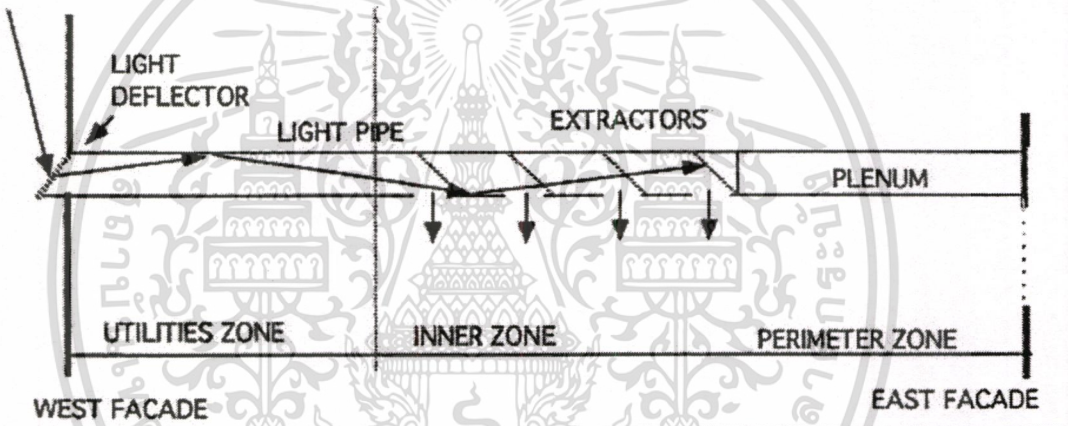
การออกแบบของอาคารริมน้ำแห่งนี้ ส่วนโซนใช้ประโยชน์ใช้สอยของอาคารนั้นมีข้อเสียก็คือไม่มีหน้าต่างทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ทำงานของอาคาร สิ่งที่คาดหวังคือพื้นที่รอบนอกของด้านทิศตะวันออกจะได้รับแสงสว่างในช่วงเช้า และความสว่างจะลดลงในตอนบ่าย ซึ่งวัตถุประสงค์ของระบบท่อนำแสงก็คือ จะช่วยส่องสว่างในส่วนชั้นในของพื้นที่ทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในตอนบ่าย ซึ่งท่อนำแสงจะทำให้แสงตกกระทบด้านทิศตะวันตกไปสู่พื้นที่ภายในช่องฝ้าเพดาน (Plenum) เหนือพื้นที่ที่จะใช้ประโยชน์ ซึ่งจะได้รับแสงสว่างจากแสงธรรมชาติไปสู่พื้นที่ชั้นในของอาคาร , ประสิทธิภาพของท่อซึ่งยาว 24 เมตร และใช้ 4 ท่อต่อชั้น จะทำให้การส่องสว่างดีขึ้น โดยปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. ตัวหักเหแสงของผนังเลเซอร์คัท ซึ่งติดตั้งอยู่ปากทางของท่อจะช่วยหักเหแสงในมุมสูงเข้าสู่ภายในแกนระหว่างช่องท่อมากกว่าแสงที่เข้ามาโดยตรง

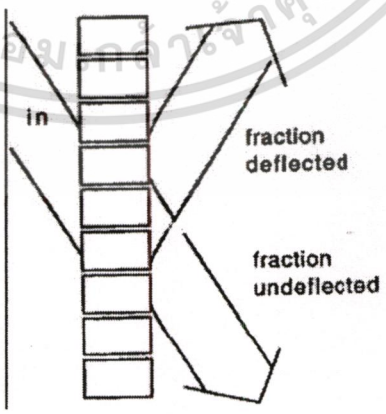
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย

2. ระบบจ่ายแสง ซึ่งจะจ่ายแสงตามสัดส่วนความต้องการของท่อไปสู่พื้นที่ชั้นในของอาคาร
3. ระบบกระจายแสง (แสดงในรูปที่ 11 และรูปที่ 13) จะช่วยนำแสงไปตามทิศทางจากพื้นที่ด้านล่างโดยตรงของท่อนำแสง และพื้นที่โดยรอบบริเวณนั้น

รูปแสดงรูปตัดของท่อนำแสง Laser Cut Panel (Edmands, 1993) ผลิตโดยการใช้แสงเลเซอร์ที่เป็นเส้นขนานตัดแผ่นอะคลีลิกใสโดยในแต่ละรอยตัดจะติดแผ่นกระจกบางๆ แทรกอยู่ ซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางของแสงมากกว่าในแสงปกติ ดังแสดงใน รูปตัดของผนัง Laser Cut Panel ซึ่งอัตราส่วนของการหักเหของแสง = fd. ขึ้นอยู่กับมุมตกกระทบของแสง = i และช่องว่างของการตัดขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความลึกของการตัด = D/W แสดงในรูปอัตราส่วนของการหักเหของมุมตกกระทบของแสง

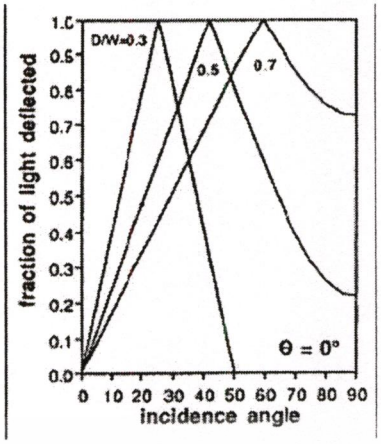


รูปที่ 2.11 รูปตัดแสดงลักษณะการนำแสงเข้าไปจ่ายในแต่ละ Zone ของอาคาร

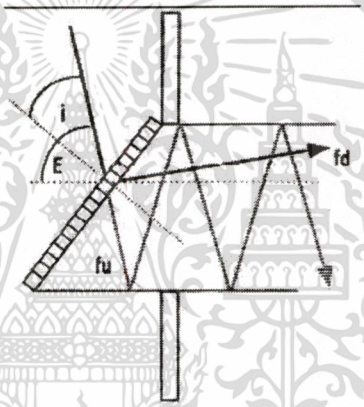


รูปที่ 2.12 แสดงรูปตัดของผนัง Laser Cut Panel ซึ่งแสงที่ส่องผ่านเข้ามาจะมีทั้งเปลี่ยนทิศทางและส่องผ่าน

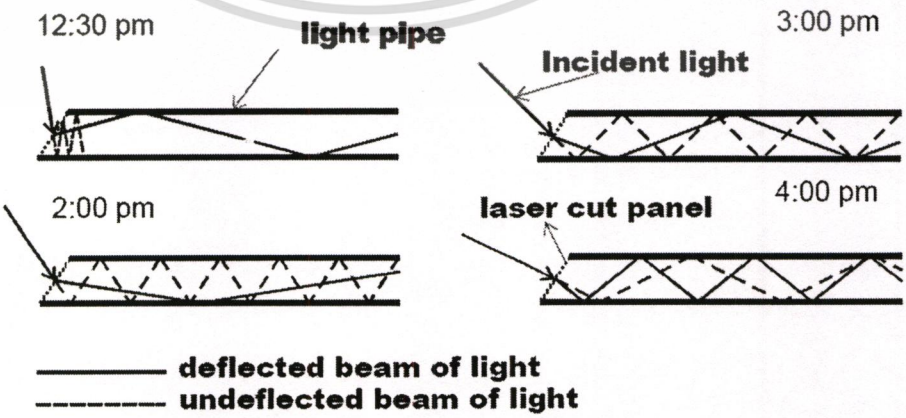
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 อัตราส่วนของการหักเหของมุมตกกระทบของแสงสำหรับความแตกต่างของช่องว่างระหว่างอัตราส่วนของความกว้างและความลึก



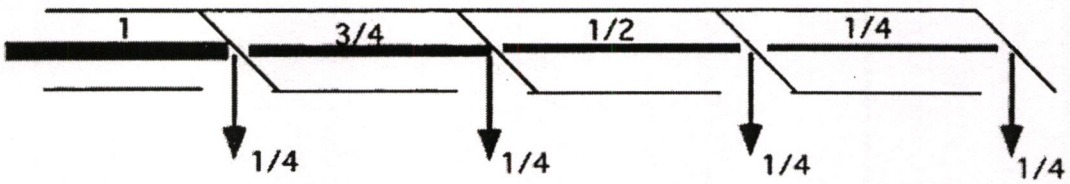
รูปที่ 2.14 แสดงการใช้ประโยชน์ของท่อนำแสงที่ติดตั้งอยู่ทางด้านทิศตะวันตก ซึ่งแสงจะเข้าสู่ช่องท่อตั้งแต่เวลาเที่ยงจนถึงตอนบ่าย ดังรูปที่ 9 โดยแสงที่เข้าสู่ช่องท่อจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของท่อและมุมของแสงแดดในแต่ละช่วงเวลาของวัน



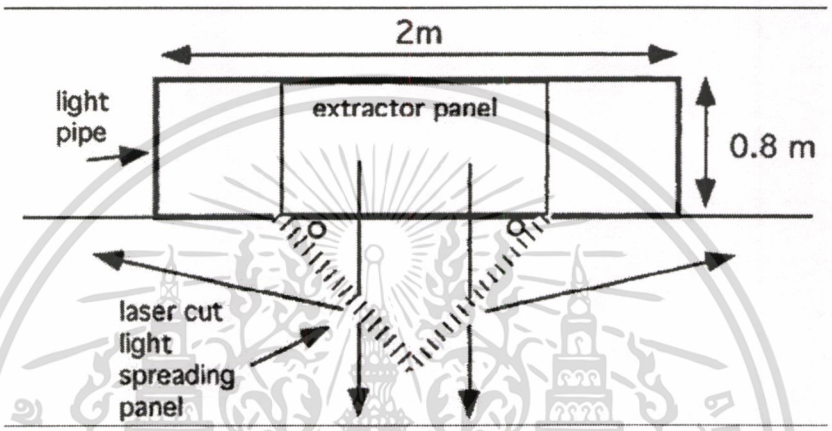
รูปที่ 2.15 การส่งผ่านของแสงภายในท่อ แสดงให้เห็นแนวลำแสงที่มีการหักเหและไม่หักเหของแสง ณ ช่วงเวลาที่แตกต่างกันของวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

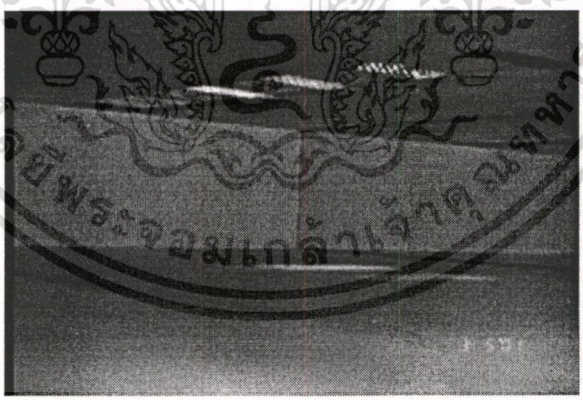
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.16 แสดงการจ่ายแสงออกมาเป็นช่วงๆ ของท่อนำแสง

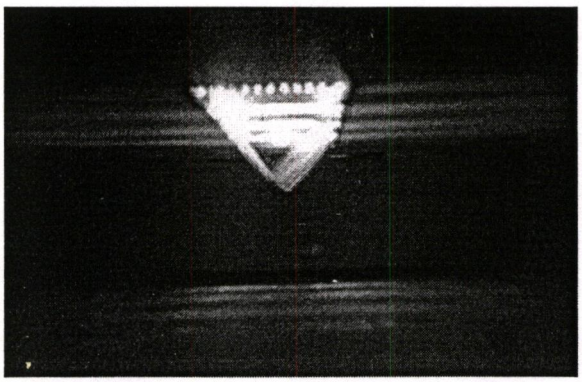


รูปที่ 2.17 แสดงการใช้ผนังกระจายแสง Laser Cut Light Spreading Panel



รูปที่ 2.18 แสดงการกระจายของแสงที่ปราศจากตัวเปล่งแสง

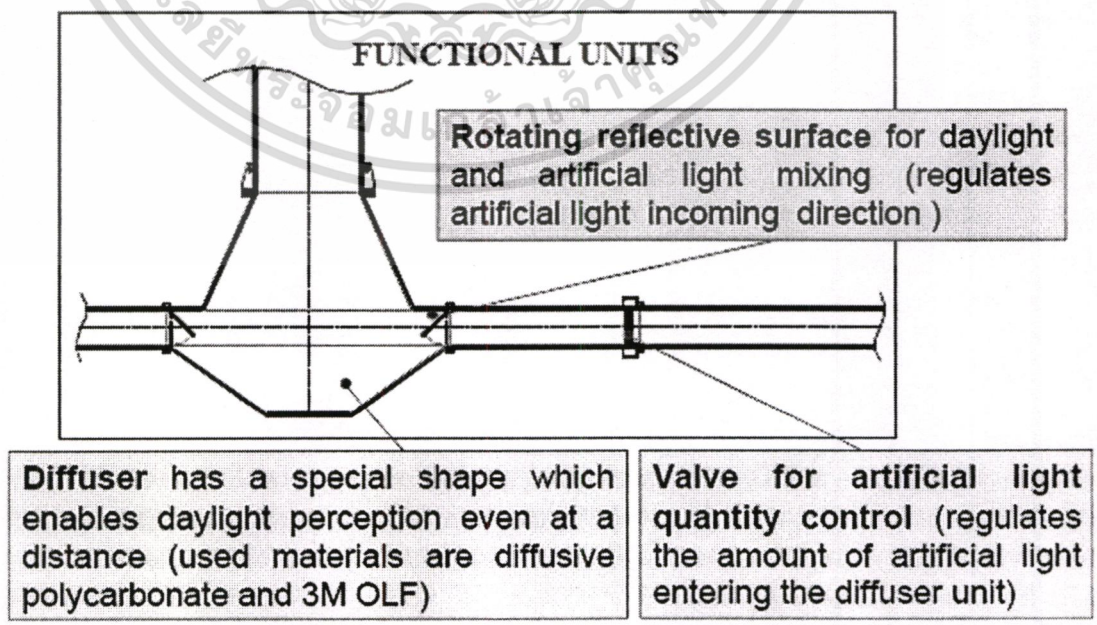
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
74859



รูปที่ 2.19 แสดงแสงที่เปลี่ยนทิศทางขึ้นสู่ฝ้าเพดานด้วยตัวกระจายแสง Laser Cut Panel

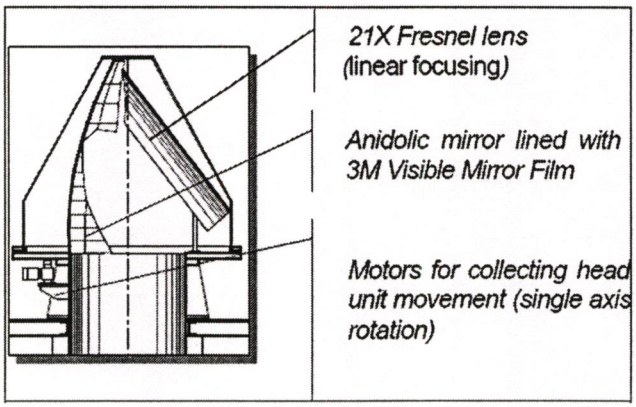
2.2.2 An Innovative system for Daylighting Collecting and transport for Long Distances and Mixing with artificial Light coming from Hollow Light Guides

ในงานวิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเทคนิค Light Shaft ซึ่งเป็นการศึกษาเพื่อสร้างสภาวะความน่าสบายในการมองเห็นและการผสมผสานการใช้แสงสว่างธรรมชาติร่วมกับแสงไฟฟ้าประดิษฐ์ ซึ่งมีการศึกษาส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ ส่วนรวมแสง, ส่วนนำพาแสง, ส่วนกระจายแสงและมีการทดสอบเพื่อหารูปแบบของวัสดุ และระยะที่ดีที่สุด โดยทำการทดสอบกับหุ่นจำลองในห้องทดลองและการทดสอบจากสภาพท้องฟ้าจริงและสภาพท้องฟ้าจำลองในห้องทดลอง โดยมีการเก็บข้อมูลตลอดทั้งปีและคำนวณโดยใช้สูตรคณิตศาสตร์ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทำการเปรียบเทียบจากสถานที่ตั้งของ 2 ประเทศคือประเทศอิตาลี และเยอรมัน

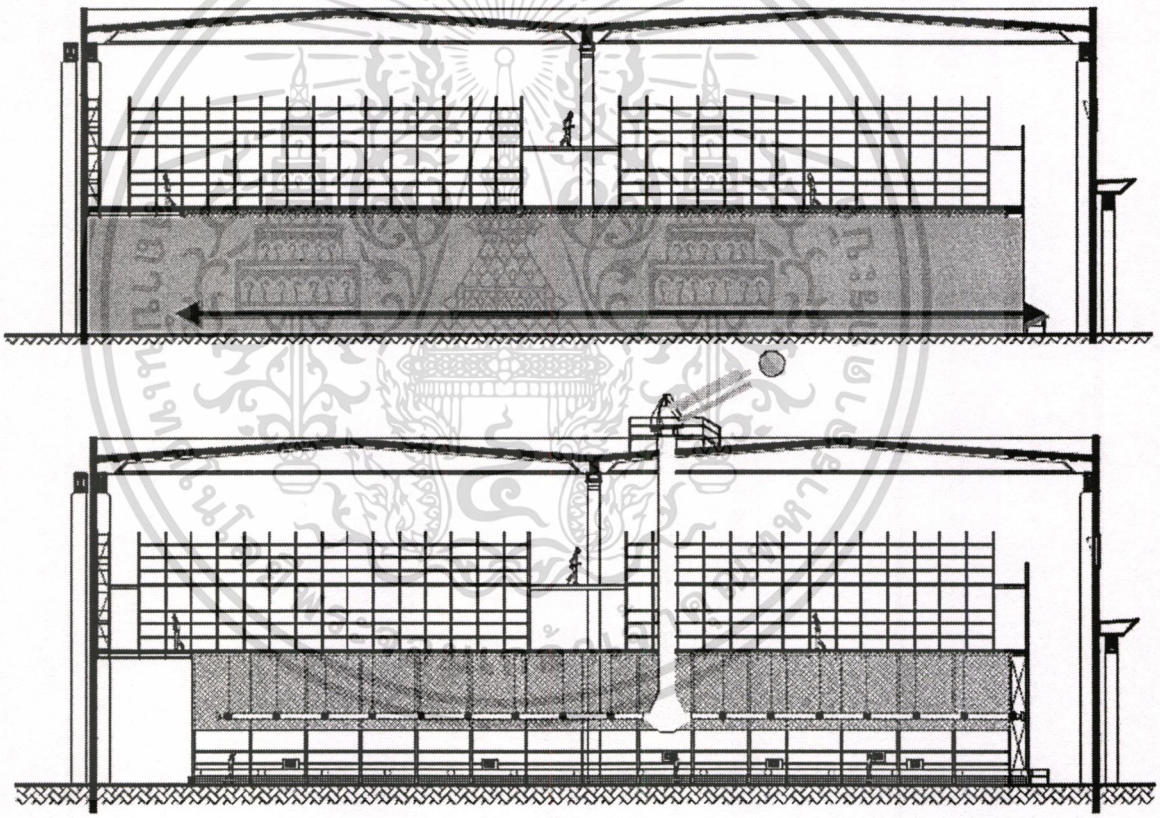


รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะของตัวกระจายแสงที่นำมาใช้กับแสงไฟฟ้าประดิษฐ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

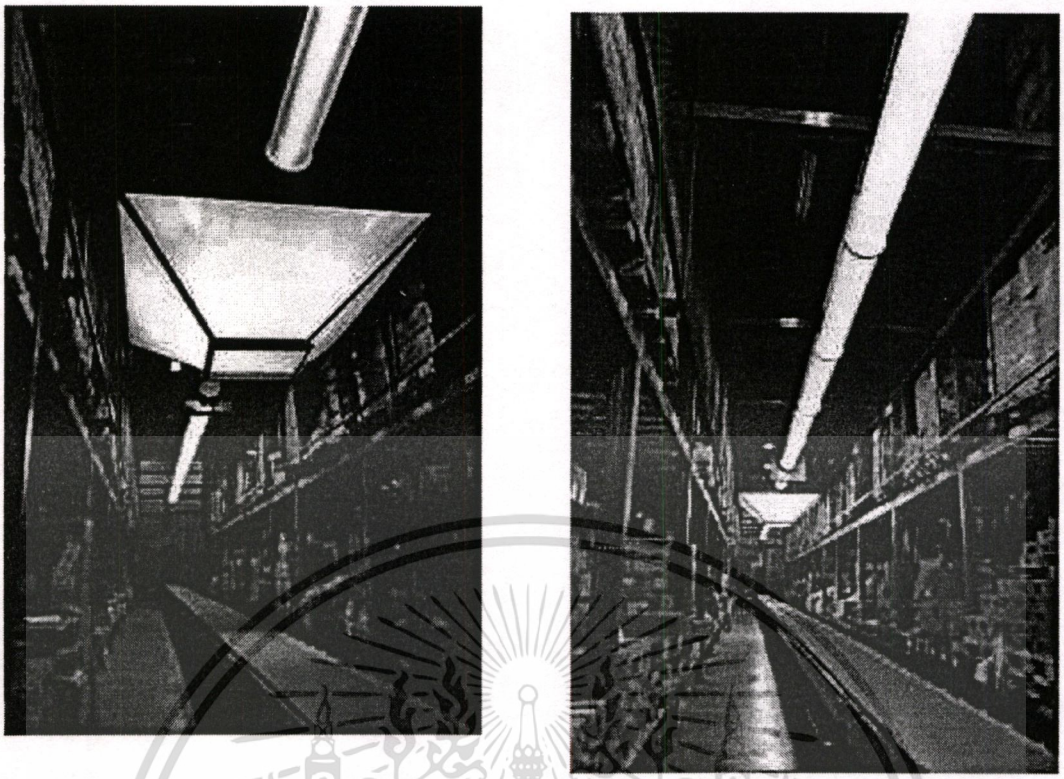


รูปที่ 2.21 แสดงตัวรับและรวมแสง ที่สามารถหมุนรับแสงจากดวงอาทิตย์ได้ตลอดเวลา



รูปที่ 2.22 แสดงอาคารและลักษณะการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงรูปแบบตัวกระจายแสงที่นำมาใช้กับแสงไฟฟ้าประดิษฐ์

ระบบการนำแสงสว่างธรรมชาติถูกออกแบบ เพื่อให้มีความสัมพันธ์กับสภาพการใช้งานและสิ่งแวดล้อม และยังสามารถผสมผสานการใช้งานระหว่างระบบไฟฟ้าแสงสว่างและแสงธรรมชาติเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี โดยมีการใส่ระบบเครื่องกลในการรับแสงให้สามารถรับแสงแดดโดยตรงตลอดทั้งวัน (Sun Tracking Systems) โดยประโยชน์จากระบบของเทคนิคท่อนำแสงนี้สามารถนำไปใช้กับอาคารอื่นๆ ได้หลายประเภท เช่น โรงงานอุตสาหกรรม , สถานีรถไฟฟ้าใต้ดิน ซึ่งเป็นระบบที่สามารถพัฒนาไปสู่ระบบที่ช่วยในการประหยัดพลังงานในอนาคตได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือและ Model ทดลองในการวิจัย

3.1.1 ลักซ์มิเตอร์ (LUX Meter)

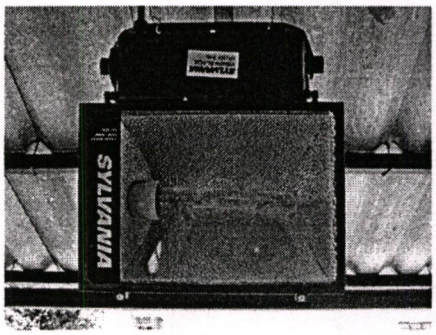
ลักซ์มิเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความสว่าง มีหน่วยเป็นลักซ์ (LUX) โดยมีลักษณะการทำงานดังนี้ เมื่อมีอนุภาคของแสง (FLUX) ตกกระทบบริเวณจุดรับแสง จะทำให้เกิดค่าความต่างศักดิ์บริเวณจุดรับแสง ส่งผลให้เครื่องมือที่ใช้ตรวจวัดจะอ่านค่าความต่างศักดิ์ของไฟฟ้า แล้วแปลงค่าออกมาเป็นหน่วยของค่าความสว่างของแสง โดยในการวิจัยนี้จะใช้ลักซ์มิเตอร์ที่มีช่วงการวัดแสงอยู่ระหว่าง 0-50,000 ลักซ์ ซึ่งมีคุณสมบัติเพียงพอต่อการวัดแสงในการทดลอง

รูปที่ 3.1 เครื่องมือวัดแสงแบบ ลักซ์มิเตอร์ (LUX Meter)

3.1.2 ไฟส่องสนาม หลอด Metal Halide Line ขนาด 400 วัตต์

ใช้ประกอบในการทดลองในบางช่วง กรณีช่วงที่ไม่มีแสงแดดจะใช้หลอดไฟวัดค่าความสว่างแทนดวงอาทิตย์ โดยจะพิจารณาแต่ลักษณะการส่องสว่างและการกระจายแสง แต่ไม่พิจารณาเรื่องปริมาณ ค่าความสว่าง เนื่องจากค่าความเข้มของแสงไฟแตกต่างจากค่าความเข้มของดวงอาทิตย์มาก และลักษณะของแสงไม่ได้เป็นเส้นขนานอย่างแสงอาทิตย์ โดยในการทดสอบค่าแสงสว่างกับไฟดังกล่าวจะทำการติดตั้งโคมไฟห่างจากจุดรับแสงด้านบนอาคาร ประมาณ 1.00 ม. และทำการทดสอบและวัดความสว่างในเวลากลางคืนเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

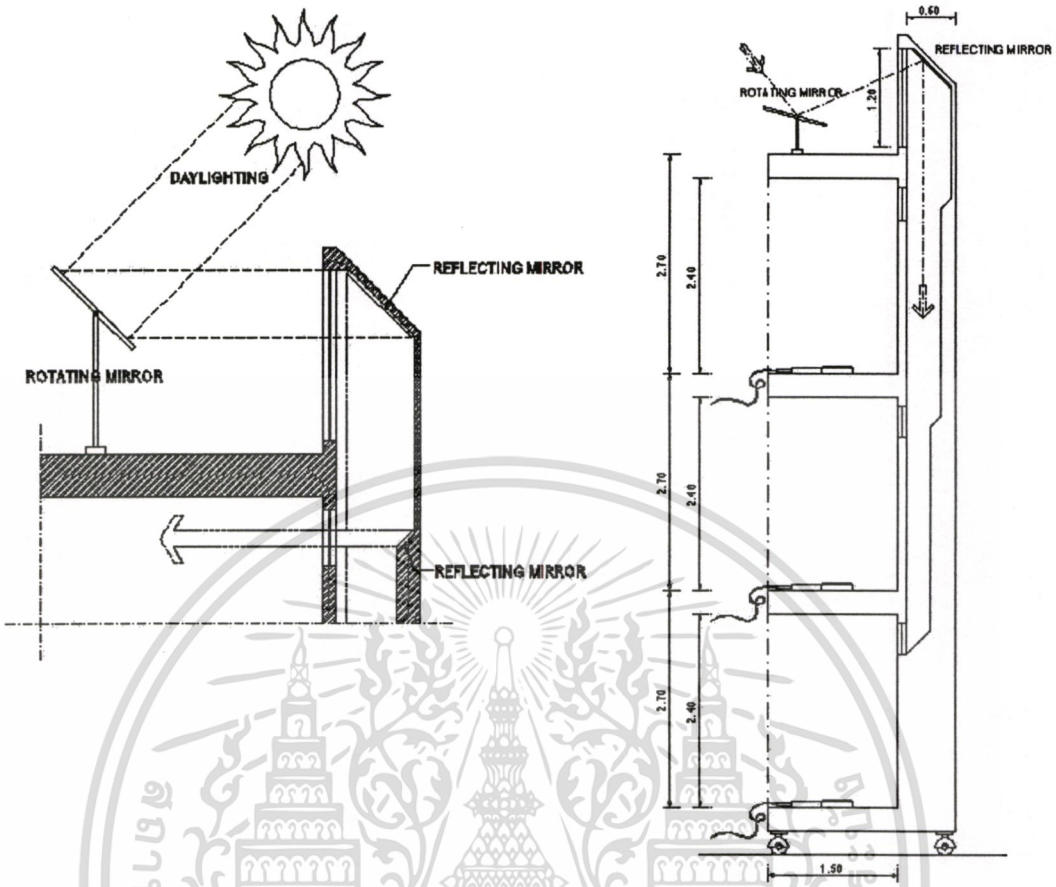


รูปที่ 3.2 ไฟส่องสนาม หลอด Metal Halide Line ขนาด 400 วัตต์

3.1.3 Model ทดลองที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากเป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นในเรื่องการนำแสงธรรมชาติ (Top Lighting) เข้ามาใช้บริเวณทางเดินอาคารพักอาศัยที่มีลักษณะแบบ Double Loaded Corridor โดยมีห้องน้ำและช่องท่อติดทางเดินด้านในอาคาร ด้วยการนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในแต่ละชั้นของอาคารผ่านทางช่องท่อนำแสง ซึ่งได้กำหนดให้ Model โดยกำหนดให้ Model ในการทดลองมีขนาดช่องท่อ (Shaft) มีขนาด 0.06x0.06 ม. เนื่องจากเป็นขนาดที่เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานจริง และสามารถทำเป็นช่องท่อนำแสงที่สามารถนำแสงไปใช้ได้อย่างพอเพียง และมีลักษณะโครงสร้างแบบ Post Tension ซึ่งมีความสูงระหว่างชั้น 2.70 เมตร จำนวน 3 ชั้น และจะมีความสูงถึงฝ้าเพดานอย่างน้อย 2.40 เมตร และมีความกว้างของทางเดิน 1.50 เมตร (ตาม พ.ร.บ.ควบคุมอาคารปี 2522) โดยกำหนดความยาวเพียง 4 เมตร เนื่องจากเป็นความกว้างของขนาดห้องพักอาศัยที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงโดยตั้งสมมติฐานให้ตัวสะท้อนแสงด้านบนอาคาร ซึ่งเป็นกระจกเงาที่สามารถหมุนและปรับเปลี่ยนมุมรับการสะท้อนของแสงแดดด้านบนอาคารที่เปลี่ยนแปลงไปตามช่วงเวลาของวันได้ตลอดเวลา โดยสะท้อนแสงลงสู่ช่องท่อนำแสงที่มีการปิดกั้นฝุ่นละอองเพื่อรักษาคุณสมบัติในการสะท้อนแสงของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่เป็นกระจกเงาและสะท้อนแสงไปจ่ายยังแต่ละชั้นของอาคาร โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นและทำการศึกษาถึงประสิทธิภาพของช่องท่อนำแสง และการเพิ่มประสิทธิภาพความสว่างภายในทางเดินเป็นหลัก โดยไม่พิจารณาถึงระบบรับแสงด้านบนอาคารประกอบ แต่ตั้งสมมติฐานในการทดลองว่าจุดรับแสงด้านบนอาคารนั้น สามารถปรับเปลี่ยนตามการโคจรของตำแหน่งดวงอาทิตย์และสามารถนำแสงธรรมชาติลงมาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากพอต่อความต้องการ และทำการพิจารณาแต่เรื่องประสิทธิภาพการสะท้อนแสงภายในช่องท่อและแนวทางการนำแสงสว่างมาใช้ยังพื้นที่ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพเป็นหลักโดยไม่พิจารณาเรื่องปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

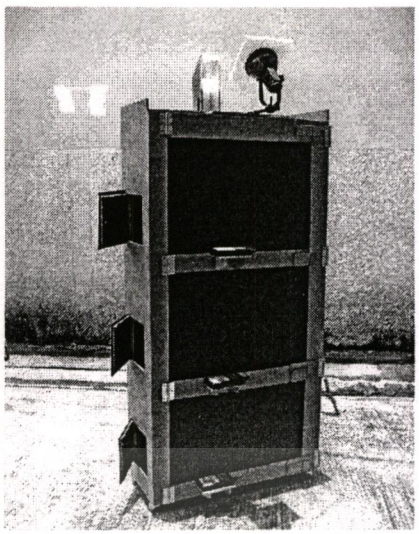


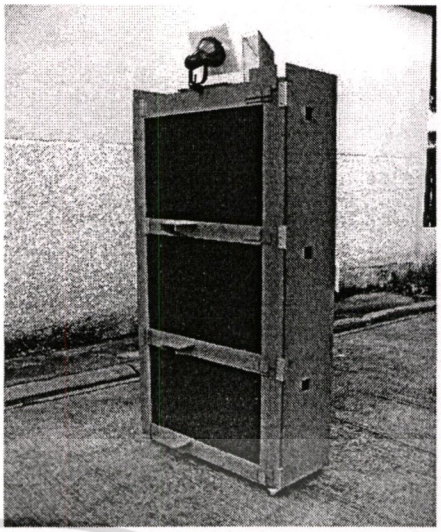
รูปที่ 3.3 แสดงรูปตัดของหุ่นทดลองและลักษณะของการนำแสงธรรมชาติจากด้านบนเข้ามาใช้ในอาคาร

3.1.3.1 เงื่อนไขในการออกแบบ Model ทดลอง

- หน่วยทดลองต้องไม่มีการรั่วของแสงจากภายนอก
- ค่าการสะท้อนแสงภายในต้องมีปริมาณที่เท่ากันในทุกการทดลอง และใช้ Model เดียวกันในทุกการทดลอง
- ขนาดมีความเหมาะสมในการเก็บข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.4 ลักษณะของหุ่นทดลอง

3.1.3.2 รายละเอียดของ Model ทดลอง

เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ และอุปกรณ์ในการทดลอง จึงได้กำหนดขนาดของ Model ในการทดลองเท่ากับ 1:5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

กำหนดให้ความกว้างของทางเดินกว้าง 1.50 เมตร และยาว 4.00 เมตร และมีความสูงของแต่ละชั้นของอาคาร 2.70 เมตร ขนาดของช่องท่อนำแสง 0.60 x 0.60 เมตร และมีรายละเอียดของวัสดุดังนี้

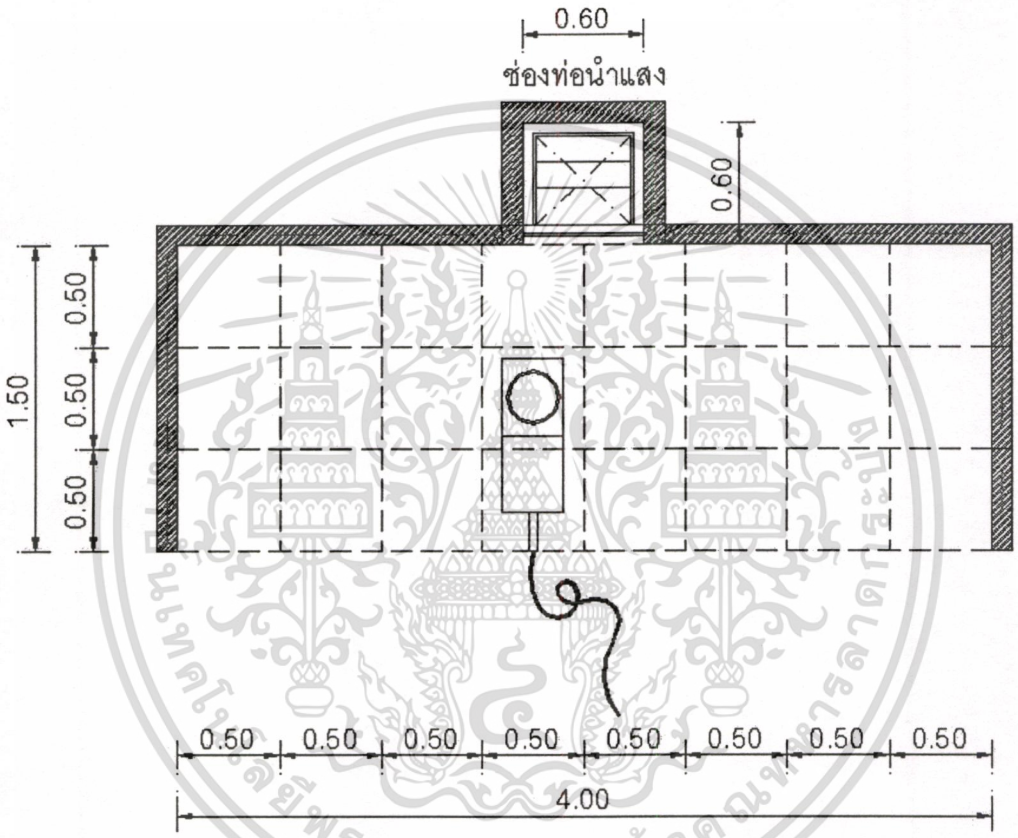
- วัสดุโครงสร้างหลักของ Model เป็นไม้ MDF ขนาดหนา 10 มิลลิเมตร
- วัสดุปิดผิวภายในหุ่นทดลองมีดังนี้
  - ○ ฝ้าเพดานปิดแผ่นโฟมสีขาวหนา 4 มิลลิเมตร (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับ 60-90%)
  - ○ ผนังด้านข้างภายในปิดแผ่นกระดาษสีเทา (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับ 35-60%)
  - ○ ผนังด้านสกัดภายในปิดแผ่นกระดาษสีดำ เนื่องจากไม่ต้องการคิดค่าการสะท้อนแสงจากด้านข้าง
  - ○ พื้นสีน้ำตาลของแผ่นไม้ MDF (ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากับ 15-35%)
- วัสดุปิดผิวภายในของปล่องนำแสง
  - ○ ผนังภายในของปล่องนำแสงโดยรอบปิดด้วยแผ่นกระดาษสีขาว
  - ○ ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อนำแสงเป็นกระจกเงา (เป็นวัสดุกระจกเทียมที่ทำจากแผ่นอะคลีลิคหนา 3 มิลลิเมตร ฉาบด้วยสารปรอทที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับกระจกเงา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุตัวสะท้อนแสงภายนอกด้านบนอาคารเป็นกระจกเงา

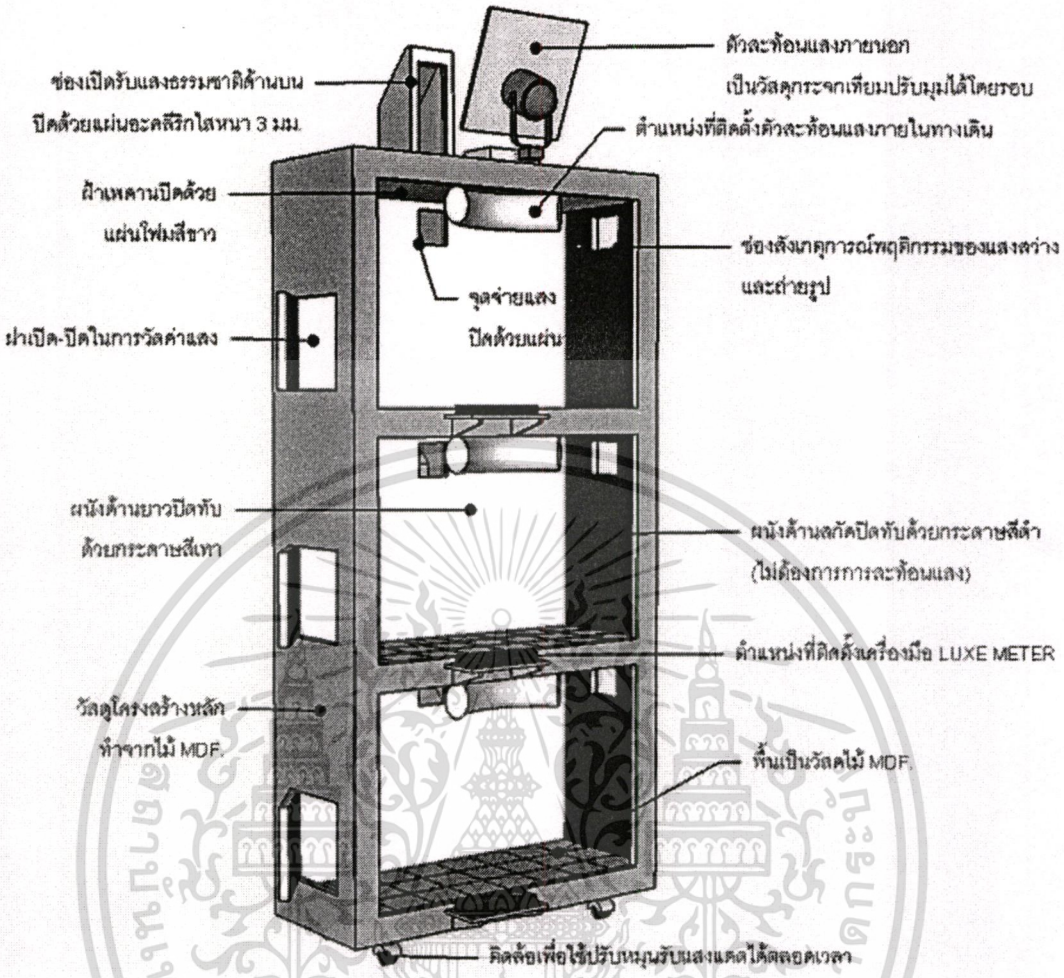
วัสดุกระจกเทียมทำจากแผ่นอะคลีลิคหนา 3 มิลลิเมตร ฉาบด้วยสารปรอทที่มีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับกระจกเงา และสามารถปรับเปลี่ยนมุมทั้งในแนวตั้งและแนวนอนตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ได้

- บริเวณที่ฐานอาคารติดลูกล้อ 4 จุด เพื่อช่วยในการหมุนแกนของอาคารในการรับกับมุมของแสงแดดได้ตลอดเวลา

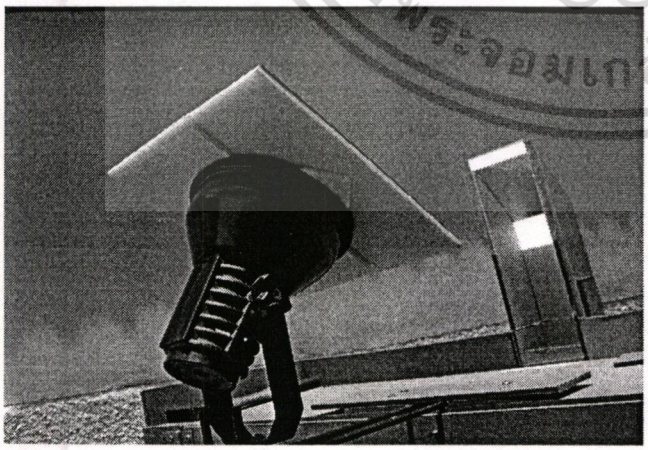


รูปที่ 3.5 รายละเอียดแปลนของหุ่นทดลอง และตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ

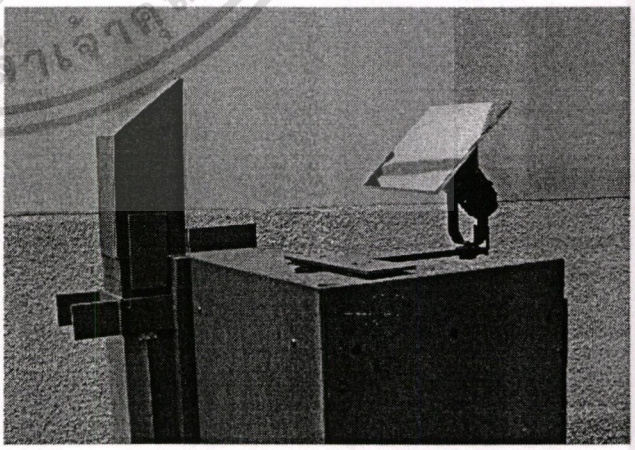
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพรวมรายละเอียดของหุ่นจำลอง

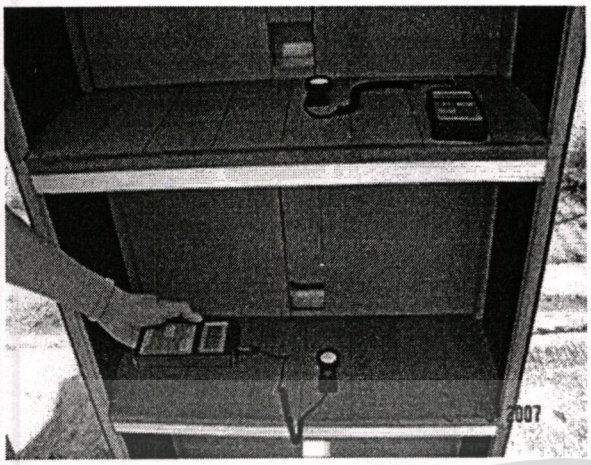


รูปที่ 3.7 ช่องรับแสงด้านบนติดตัวสะท้อนแสงเป็นวัสดุกระจกเทียม



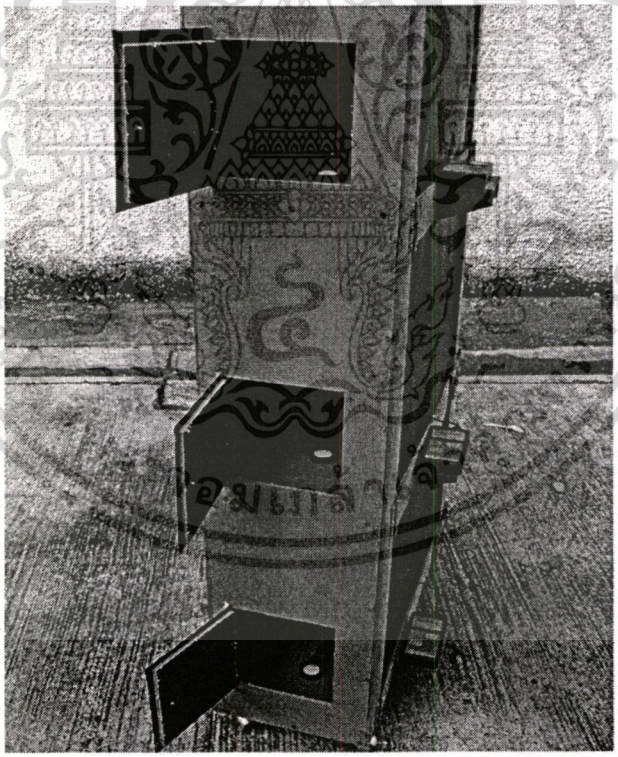
รูปที่ 3.8 ตัวสะท้อนแสงภายนอกปรับมุมรับแดดได้ตลอดเวลาเป็นวัสดุกระจกเทียม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



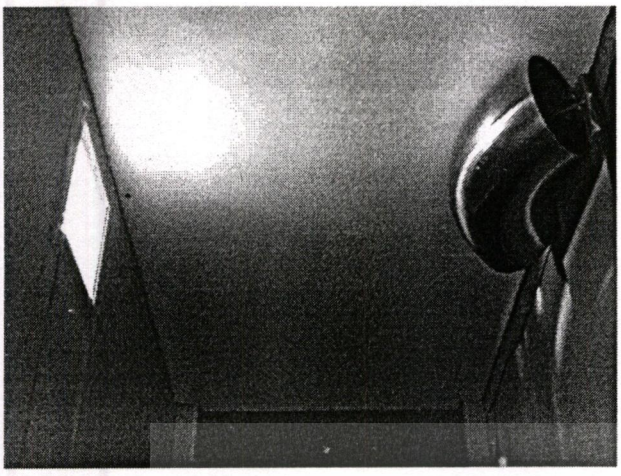
รูปที่ 3.9 ลักษณะของวัสดุและสีภายในของหุ่นจำลอง

รูปที่ 3.10 จุดจ่ายแสงย่อยในแต่ละชั้นมีตัวสะท้อนเป็นกระจกเทียมปิดด้วยแผ่นอะคลีลิคใส หนา 1.5 มม.

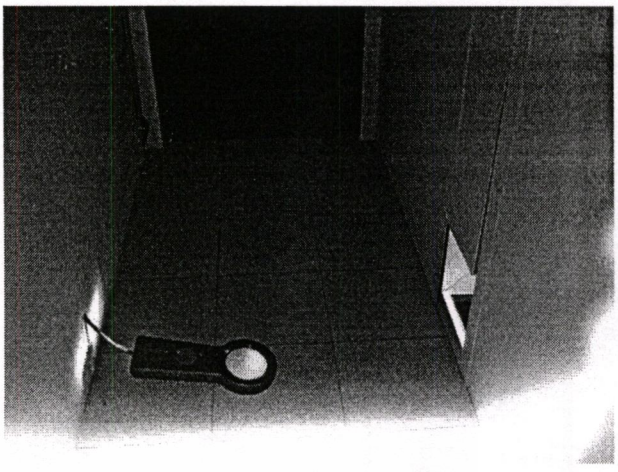


รูปที่ 3.11 ฝาเปิด-ปิดในการวัดค่าความสว่างฐานอาคารติดล้อทั้ง 4 มุม ช่วยในการหมุนปรับรับแดดได้ตลอดเวลา

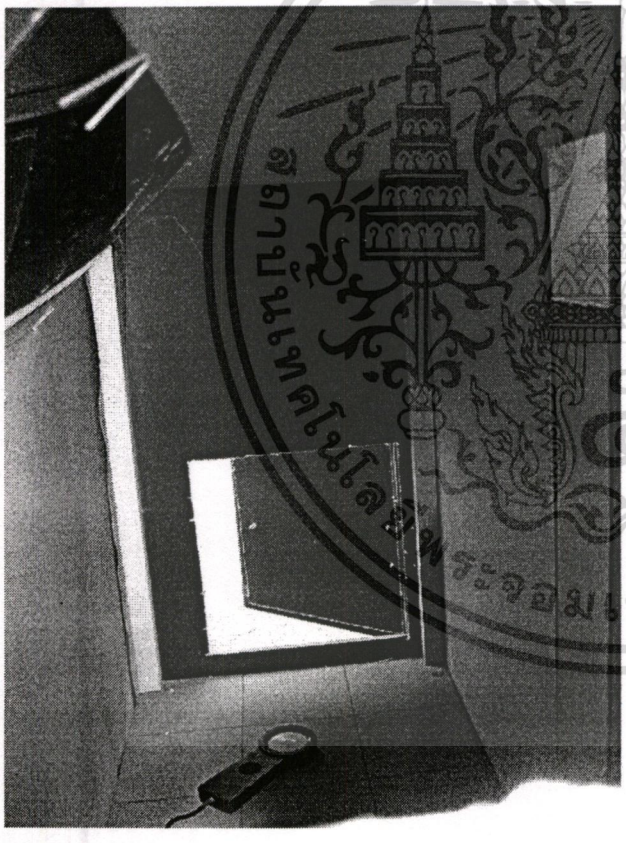
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



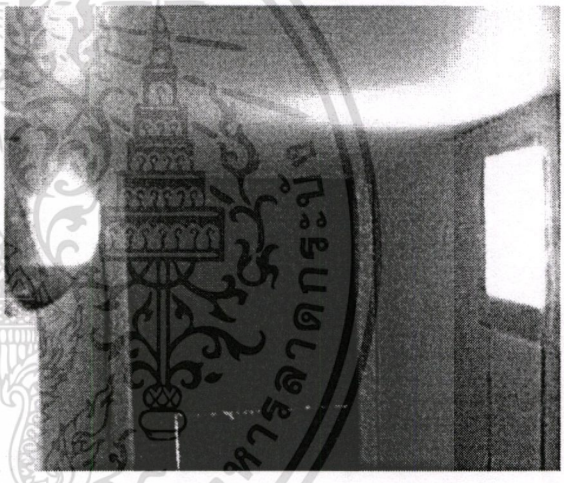
รูปที่ 3.12 แสดงส่วนประกอบตัวสะท้อนแสงภายในแบบท่อโค้งและช่องจ่ายแสง



รูปที่ 3.13 แสดงลักษณะพื้นภายในและช่องจ่ายแสงที่ขึ้น



รูปที่ 3.14 แสดงลักษณะฝาที่เปิด-ปิด เพื่อวัดค่าความสว่าง

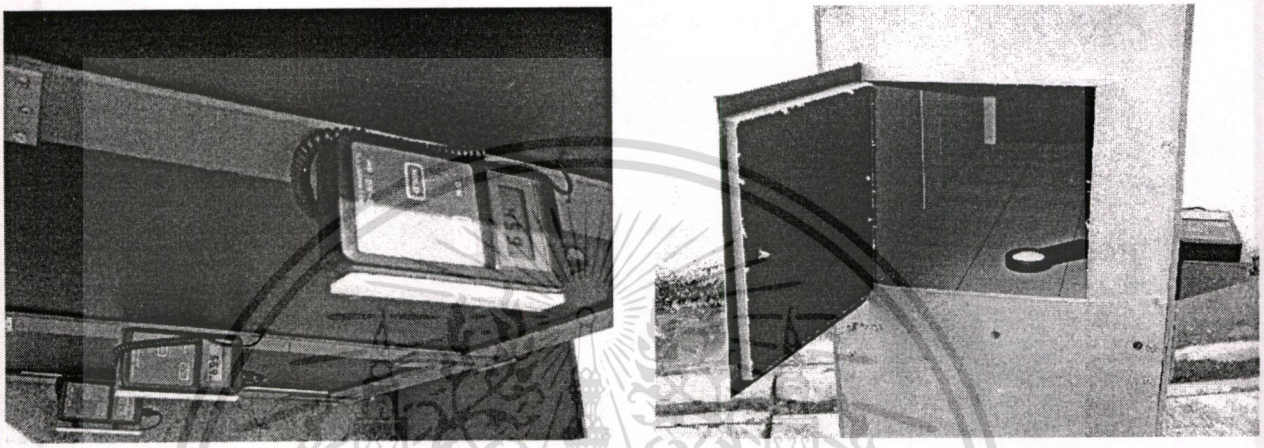


รูปที่ 3.15 แสดงส่วนประกอบตัวสะท้อนแสงภายในแบบครึ่งวงกลมและช่องจ่ายแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

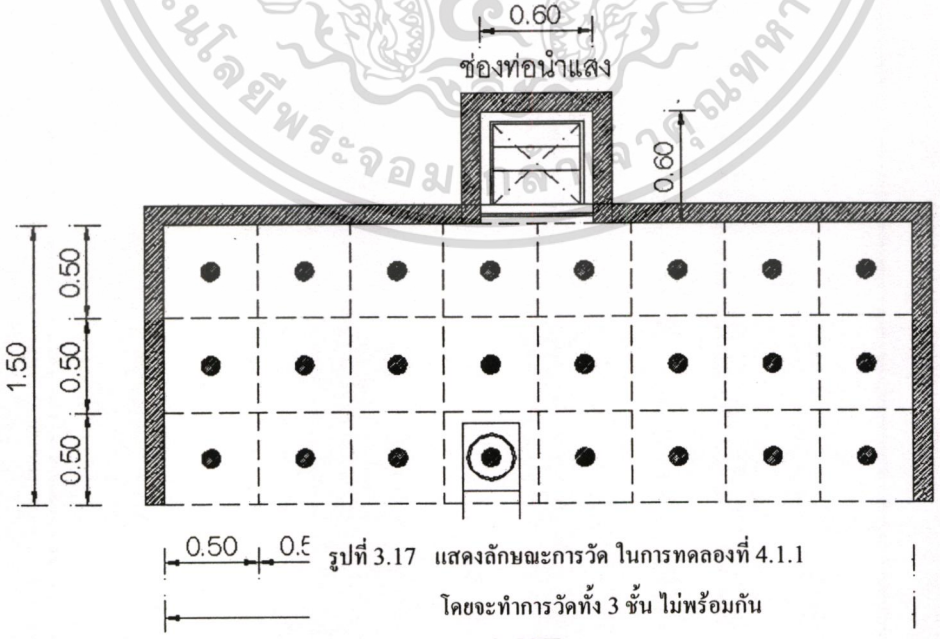
3.2 การบันทึกข้อมูล

ลักษณะการการเก็บข้อมูลภายในหุ่นทดลอง จะทำการวัดค่าความสว่าง ณ ระดับพื้นทางเดิน โดยจะทำการแบ่งช่อง Grid ในการการวัดค่าออกเป็นช่วงๆ ละ 0.50 เมตร โดยลักษณะทางเดินมีความกว้าง 1.50 เมตร และ 4.00 เมตร ก็ได้ช่อง Grid ในการวัดจำนวน 24 ช่อง โดยจะมีรายละเอียดในการวัดค่าความสว่างในลักษณะการทดลอง ดังนี้



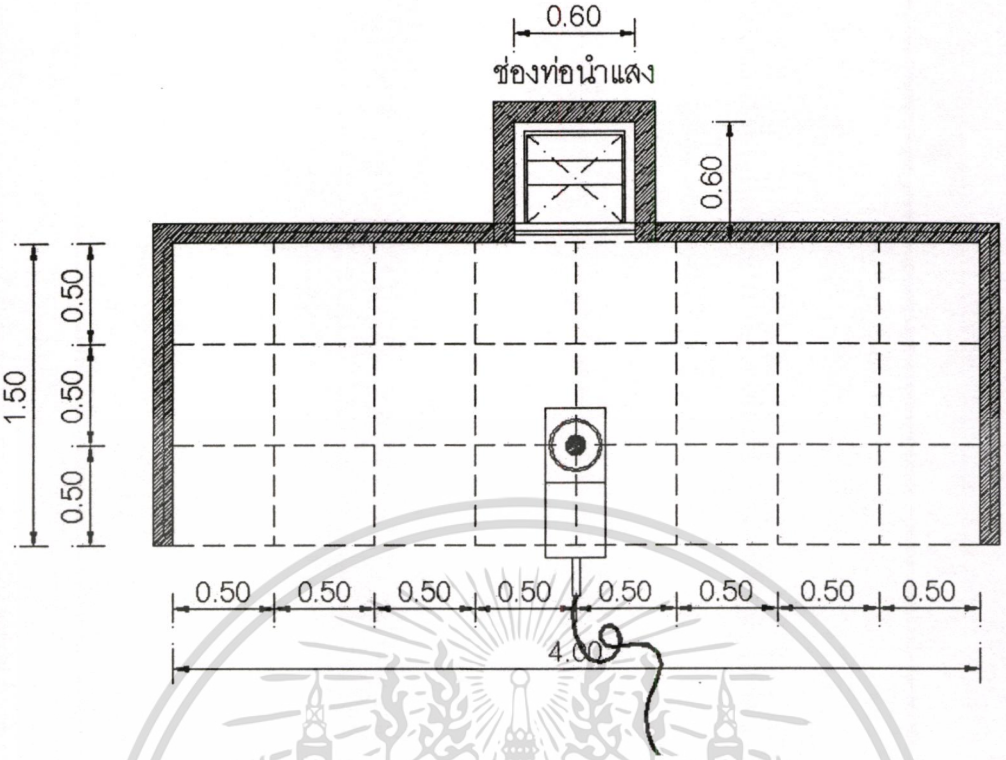
รูปที่ 3.16 แสดงลักษณะการบันทึกข้อมูล

- ขั้นตอนในการทดสอบประสิทธิภาพของช่องท่อนำแสง

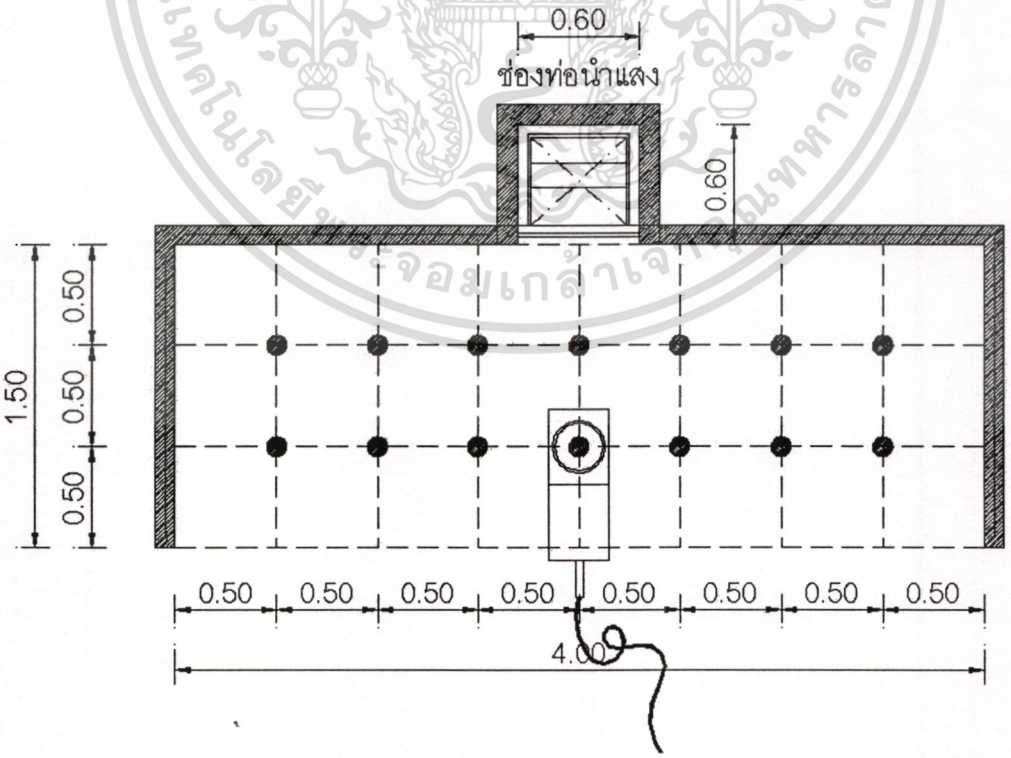


รูปที่ 3.17 แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.1 โดยจะทำการวัดทั้ง 3 ชั้น ไม่พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



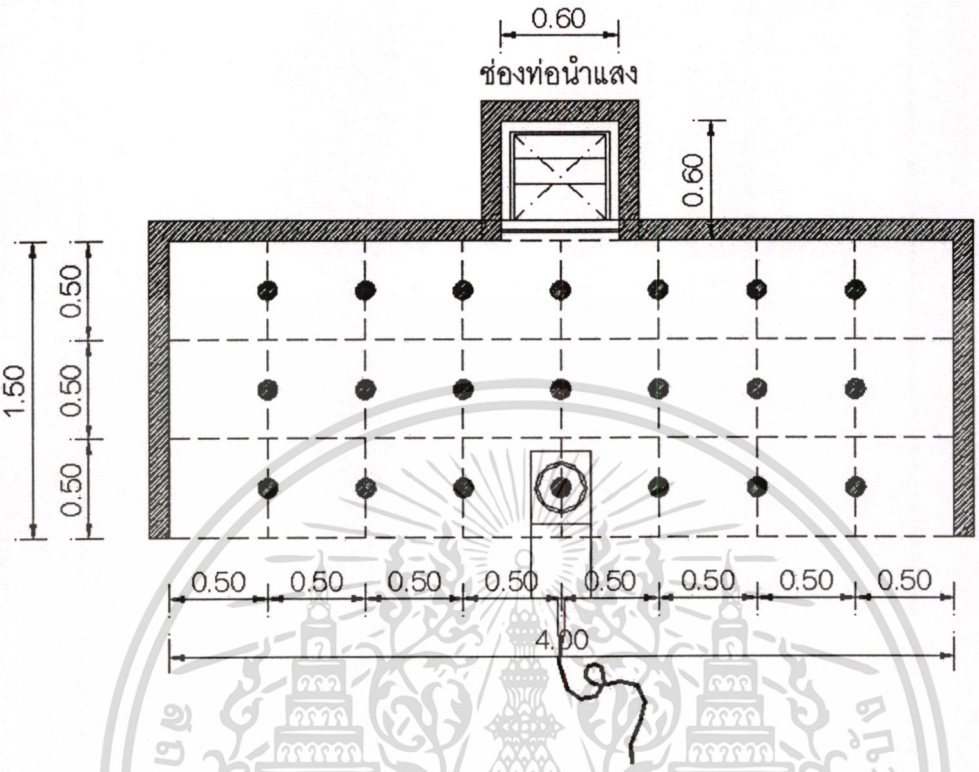
รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.2 โดยจะทำการวัดในตำแหน่งเดียวกัน เพียง 1 จุด ของทั้ง 3 ชั้น พร้อมกัน



รูปที่ 3.19 แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.1.3 โดยจะทำการวัดในตำแหน่งเดียวกัน ของทั้ง 3 ชั้น พร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ขั้นตอนในการเพิ่มประสิทธิภาพการให้แสงสว่างภายในทางเดิน

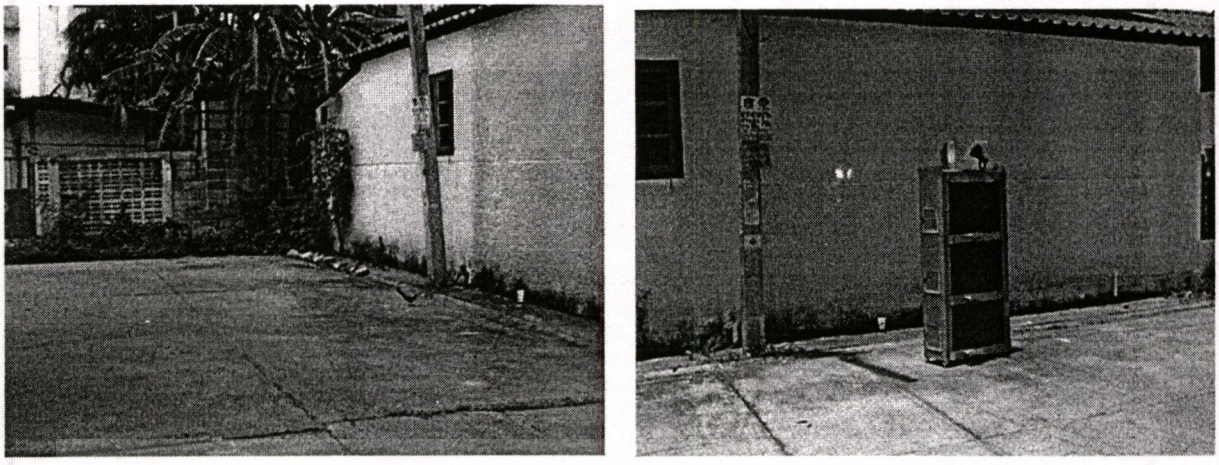


รูปที่ 3.20 แสดงลักษณะการวัด ในการทดลองที่ 4.2.1 , 4.2.2 , 4.2.3 โดยจะทำการวัดทั้ง 3 ชั้น ไม่พร้อมกัน

3.3 สถานที่ในการทดลอง

เนื่องจากดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า สมมติฐานของงานวิจัยกำหนดให้อาคารดังกล่าวมีช่องเปิดรับแสงด้านบนอาคารที่มีตัวสะท้อนแสงภายนอกที่สามารถปรับองศา และหมุนรับแสงแดดได้ตลอดเวลา ดังนั้น ในการเลือกสถานที่ในการทดลอง จึงไม่ค่อยมีขีดจำกัดมากนัก จึงได้เลือกบริเวณลานคอนกรีตเปิดโล่ง โดยไม่มีสิ่งกีดขวางมาบดบังตำแหน่งดวงอาทิตย์ และสามารถหมุนหุ่นทดลองให้รับตำแหน่งของแสงแดดได้อยู่ตลอดเวลา โดยพิจารณาจากมุมของแสงแดดและปริมาณแสงสว่างที่ลงสู่ช่องท่อเป็นหลักในขณะทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



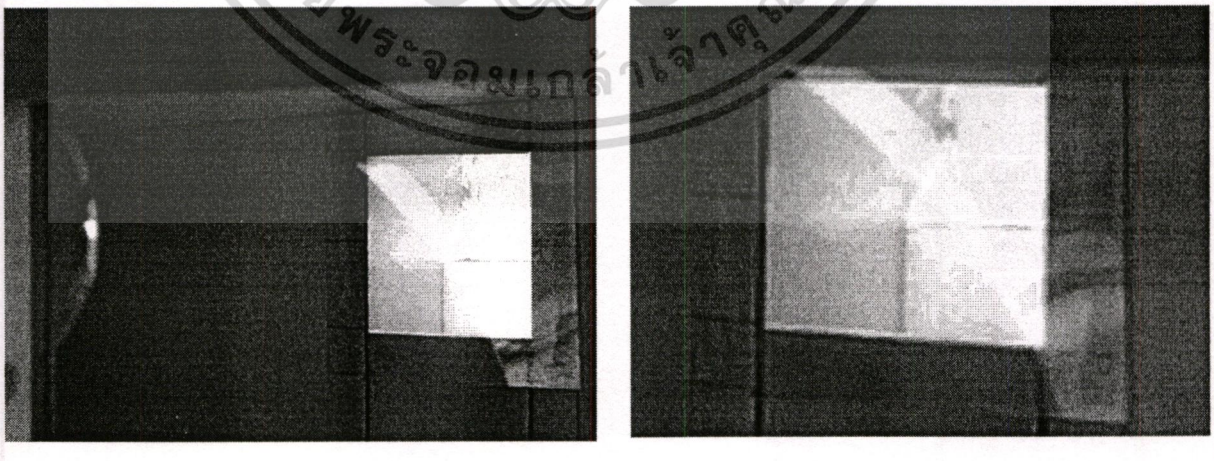
รูปที่ 3.21 สถานที่ทำการทดลอง

3.4 รูปแบบของตัวสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลอง

ในการทดลองกำหนดให้ตัวสะท้อนแสงเป็นกระจกเงา (ซึ่งมีค่าการสะท้อนแสงสูงถึง 95-100%) โดยได้ใช้วัสดุที่เป็นกระจกเทียม ทำจากแผ่นอะคลีลิคหนา 3 มิลลิเมตร ฉาบด้วยสารปรอทที่มีคุณสมบัติการสะท้อนแสงใกล้เคียงกับกระจกเงาจริง และแบ่งรูปแบบของตัวสะท้อนแสงออกเป็น 2 ส่วน

3.4.1 ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อนำแสง ซึ่งจะช่วยสะท้อนแสงจากจุดจ่ายแสงในแต่ละชั้นของอาคารมี 2 รูปแบบ ได้แก่

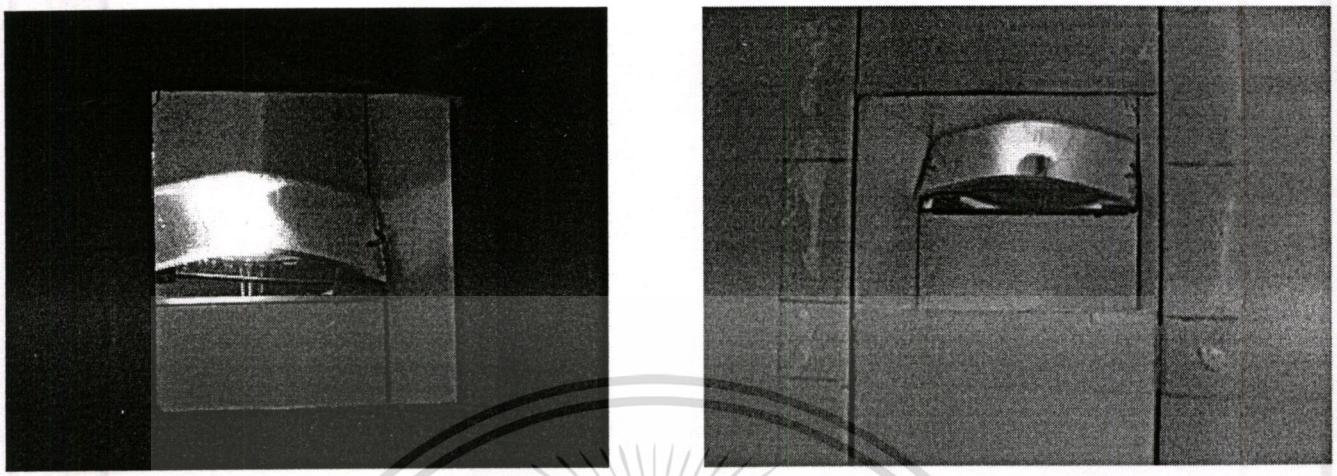
3.4.1.1 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และติดตั้งเอียง 45 องศา ณ บริเวณจุดจ่ายแสงของแต่ละชั้น



รูปที่ 3.22 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และติดตั้งเอียง 45 องศา ณ บริเวณจุดจ่ายแสงของแต่ละชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.1.2 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ แต่ดัดโค้งในแนวนอนและติดตั้ง 45 องศา



รูปที่ 3.23 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ แต่ดัดโค้งในแนวนอนและติดตั้ง 45 องศา

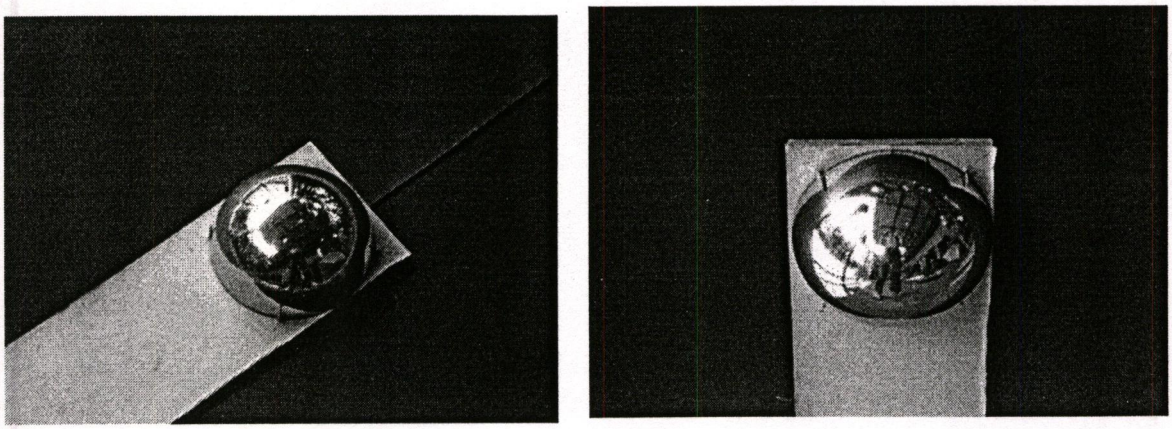
3.4.2 ตัวสะท้อนแสงภายในทางเดิน เป็นตัวสะท้อนที่ช่วยกระจายแสงให้ทั่วถึงบริเวณภายในทางเดินมี 3 ลักษณะ ได้แก่

3.4.2.1 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และดัดโค้งในแนวนอน

รูปที่ 3.24 ตัวสะท้อนแสงแบบแผ่นเรียบ และดัดโค้งในแนวนอน

3.4.2.2 ตัวสะท้อนแสงรูปโค้งครึ่งวงกลม ซึ่งในการทดลองจะใช้เป็นวัสดุแสตนเลส (ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง 50-65%) แทนวัสดุกระจกเทียม เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ แต่ในการวัดค่าการทดลองจะใช้วิธีเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ค่าการสะท้อนแสงของวัสดุให้เพิ่มขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



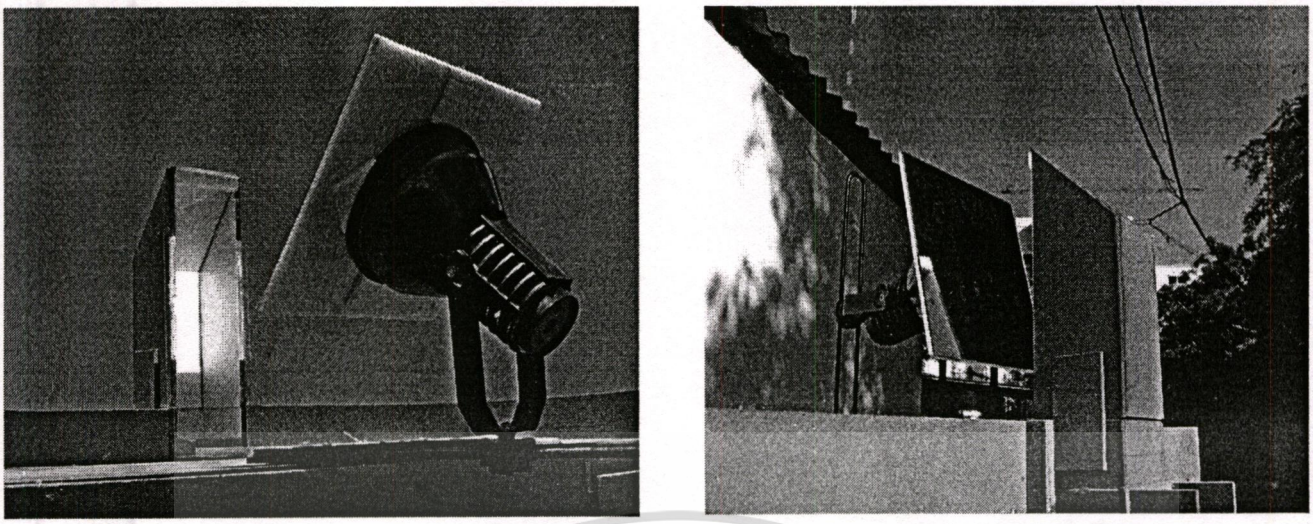
รูปที่ 3.25 ตัวสะท้อนแสงรูปโค้งครึ่งวงกลม

3.4.2.3 ตัวสะท้อนแสงรูปท่อโค้งทั้ง 2 ทิศทางใช้เป็นวัสดุแสตนเลสเช่นกัน

รูปที่ 3.26 ตัวสะท้อนแสงรูปท่อโค้งทั้ง 2 ทิศทาง

3.4.3 ตัวสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (Rotating Mirror) จะเป็นตัวสะท้อนแสงที่ติดตั้งบนอาคาร สามารถปรับเปลี่ยนมุมได้ทั้งสองแกน และที่ฐานของหุ่นทดลองติดตั้งล้อทั้ง 4 ล้อ ก็จะช่วยให้หมุนรับตำแหน่งของแสงแดดได้ตลอดเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 ตัวสะท้อนแสงภายนอกอาคาร (Rotating Mirror)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

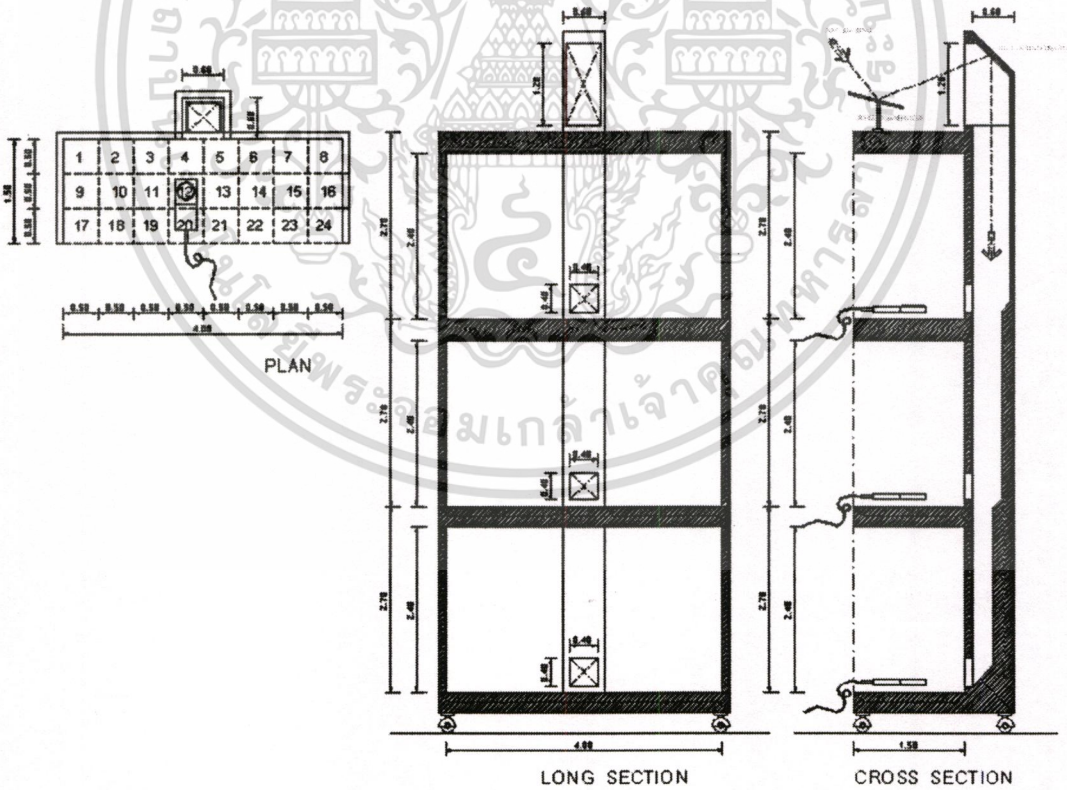
บทที่ 4
การทดลองและวิเคราะห์

4.1 การศึกษาประสิทธิภาพของช่องท่อนำแสง

ในการทดลองขั้นตอนแรกนี้จะเป็นการทดสอบว่าช่องท่อนำแสงนี้สามารถนำแสงสว่างมาใช้ได้จริงและลักษณะการส่องสว่างของแสงเป็นอย่างไร

4.1.1 การศึกษาลักษณะและรูปแบบการส่องสว่างในแต่ละชั้นของอาคาร

การทดลองนี้เป็นการศึกษาลักษณะการส่องสว่างของแสงที่ถูกนำเข้ามาจ่ายยังแต่ละชั้นของอาคาร โดยใช้ Model ในการทดลองที่มีตำแหน่งการจ่ายแสงในแต่ละชั้นของอาคาร ในระดับใกล้พื้นทางเดิน ซึ่งนำการเก็บข้อมูลโดยแบ่งช่วง Grid ละ 0.50 เมตร ซึ่งลักษณะทางเดินจะมีความกว้าง 1.50 เมตร และยาว 4.00 เมตร ซึ่งจะได้จุดในการเก็บข้อมูล 24 จุดต่อชั้นของ Model การทดลอง โดยมีรายละเอียดดังนี้

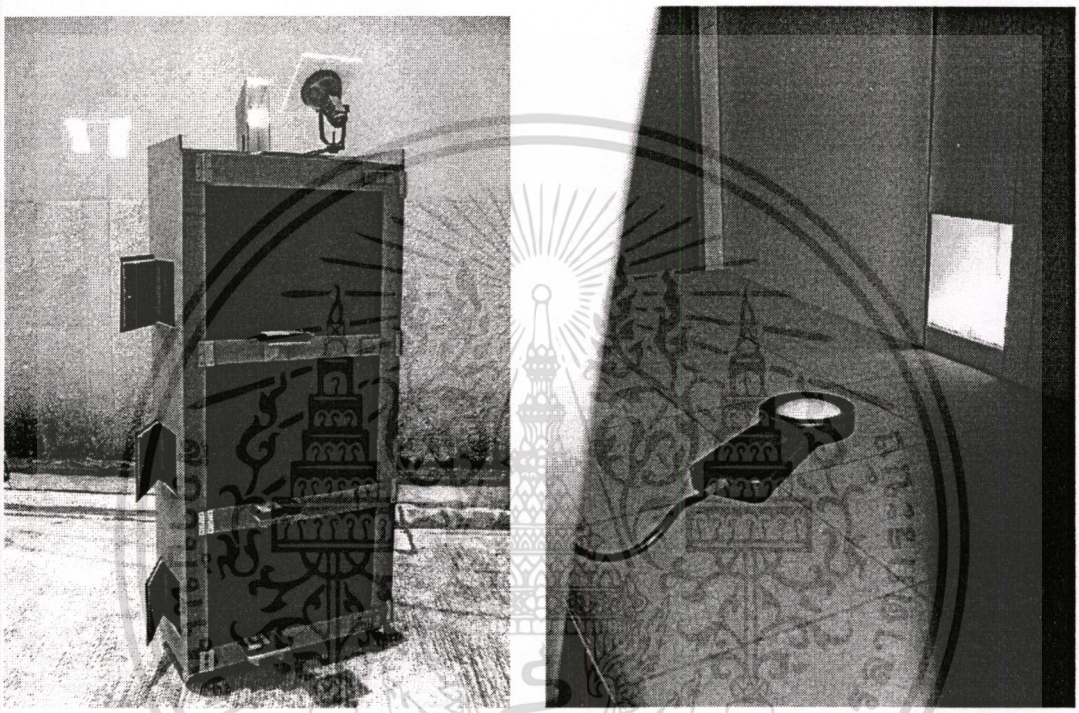


รูปที่ 4.1 รูปแบบของท่อนำแสงและลักษณะการนำแสงมาจ่ายยังแต่ละชั้นของอาคาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติของ Model ในการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสงด้านบน
- ขนาดและตำแหน่งของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ



รูปที่ 4.2 การทดลองที่ 4.1.1

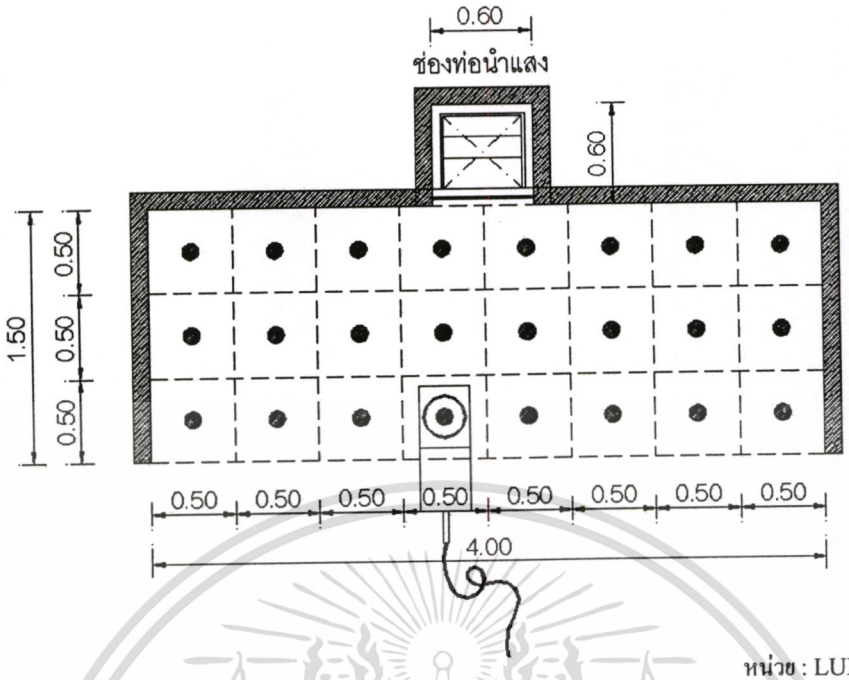
4.1.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ประสิทธิภาพของช่องเปิดรับแสงและตัวสะท้อนแสงภายในและภายนอกของท่อนำแสง

- ค่าความส่องสว่าง
- ลักษณะของการส่องสว่างและรูปแบบการกระจายแสง

4.1.1.3 ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



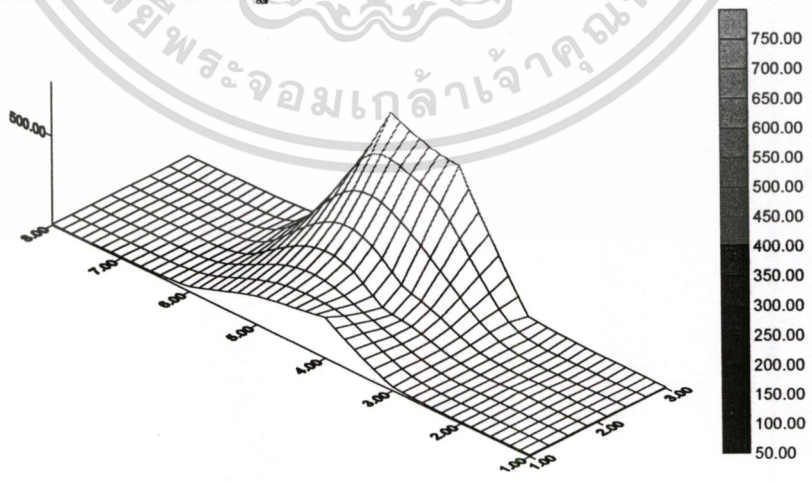
หน่วย : LUX

9	10	24	225	158	28	10.5	8.7
10	15	30	109	306	41	15	9
9	13	32	687	800	40	17.7	10

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 800

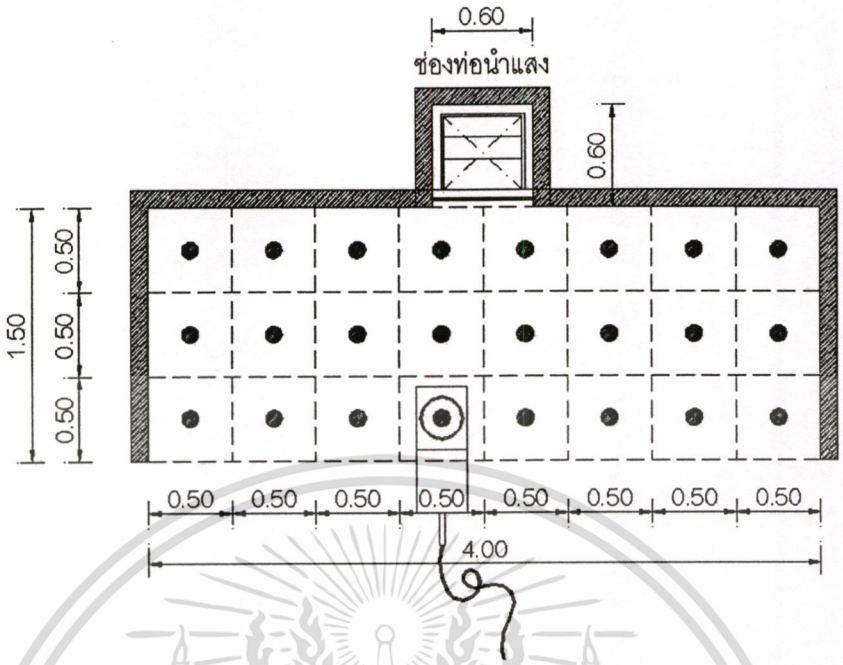
ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 8.9

จำนวนค่าความสว่างที่ได้เกณฑ์มาตรฐาน 50 Lux. 50 : 6



รูปที่ 4.3 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



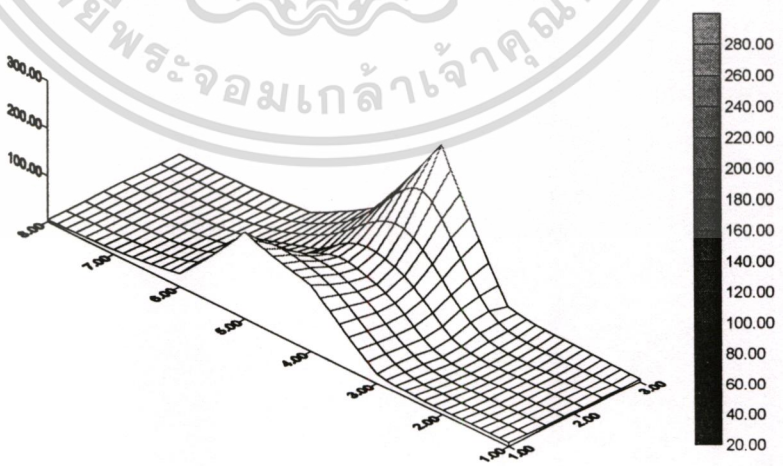
หน่วย : LUX

11.4	12.5	23.5	144	187	30	12	7
7.5	5.5	11	102	65	27	12	7
9	13.7	25	300	100	20.5	8	5

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 300

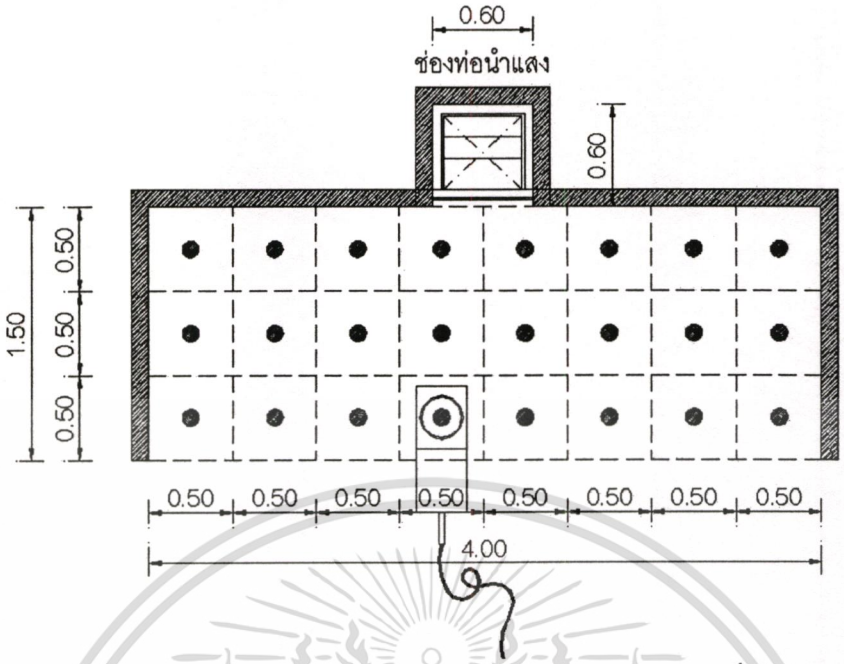
ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 5

จำนวนค่าความสว่างที่ได้เกณฑ์มาตรฐาน 50 Lux. 50 : 6



รูปที่ 4.4 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



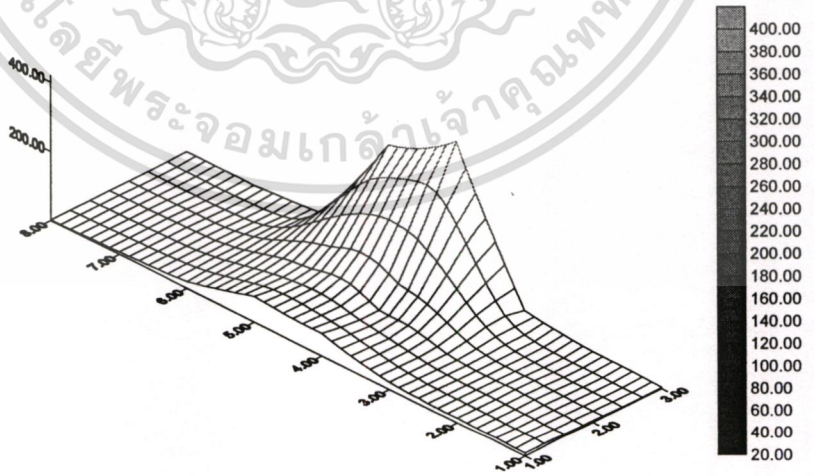
หน่วย : LUX

11.2	15.5	24	67	76	20.5	9.5	4
7.7	15	21.6	53	76.7	28.4	9	5.5
6.2	11.5	33	420	313	22	5.2	3.9

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 420

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 4

จำนวนค่าความสว่างที่ได้เกณฑ์มาตรฐาน 50 Lux. 50 : 6



รูปที่ 4.5 ผลการทดลองที่ 4.1.1 การวัดค่าความสว่าง ชั้น 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

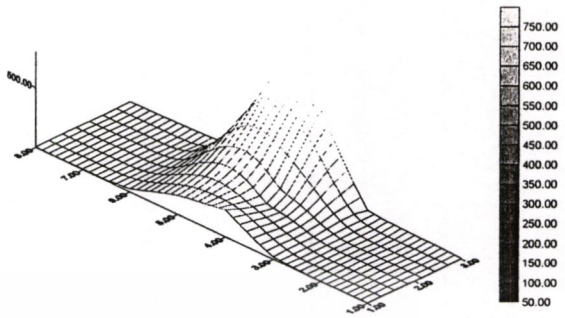
ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบค่าความว่างของการทดลองที่ 4.1.1

28 มี.ค. 50

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

9	10	24	225	158	28	10.5	8.7
10	15	30	109	306	41	15	9
9	13	32	687	800	40	17.7	10

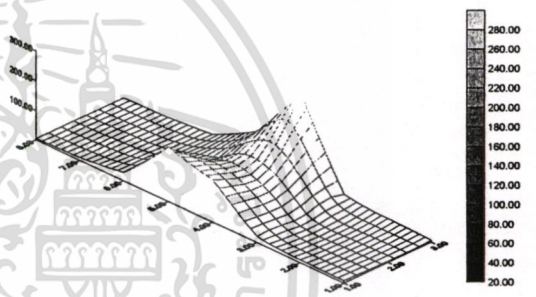
Max.	800
Min.	9
จำนวนช่องที่มีค่าเกิน 50	6



วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

11.4	12.5	23.5	144	187	30	12	7
7.5	5.5	11	102	65	27	12	7
9	13.7	25	300	100	20.5	8	5

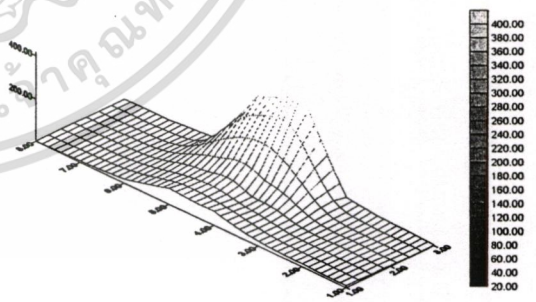
Max.	300
Min.	5
จำนวนช่องที่มีค่าเกิน 50	6



วัดแสง ชั้น 1 หน่วย : LUX

11.2	15.5	24	67	76	20.5	9.5	4
7.7	15	21.6	53	76.7	28.4	9	5.5
6.2	11.5	33	420	313	22	5.2	3.9

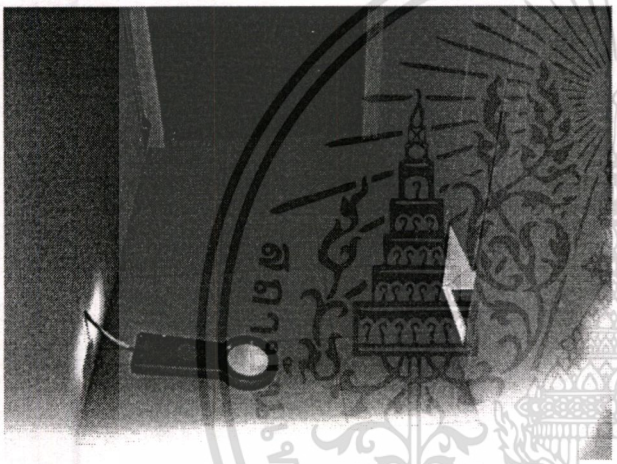
Max.	420
Min.	3.9
จำนวนช่องที่มีค่าเกิน 50	6



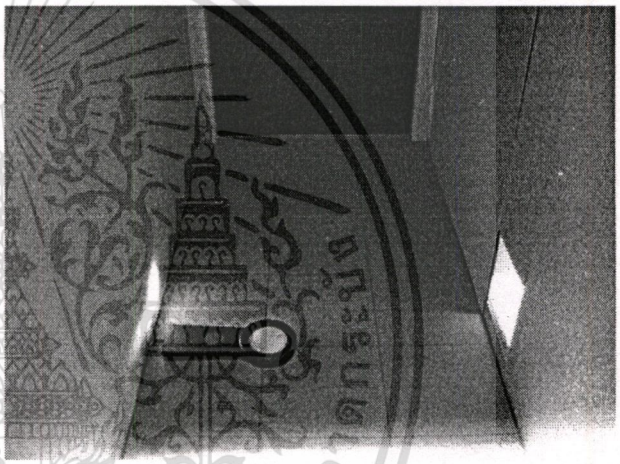
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

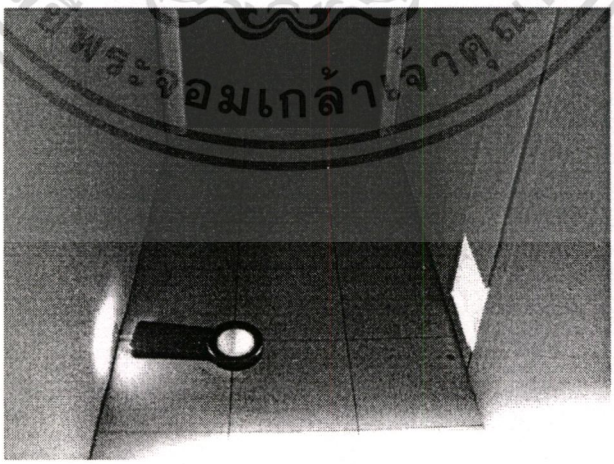
จากผลการทดลอง ค่าความส่องสว่างจะมีมากที่สุด บริเวณใกล้ผนังฝั่งตรงข้ามของจุดจ่ายแสงและบริเวณตรงกลางของแนวลำแสงที่ส่องออกและลดลงตามลำดับในบริเวณริมทางเดินทั้งสองข้าง เป็นผลมาจากการสะท้อนของลำแสงจากผนังฝั่งตรงข้ามกับจุดจ่ายแสง และลักษณะความเข้มของความสว่างจะมีมากเฉพาะบริเวณดังกล่าว โดยมีความแตกต่างของความสว่างจากจุดที่มากที่สุดและน้อยสุดมาก เนื่องจากเป็นการสะท้อนของดวงอาทิตย์ผ่านกระจกเงาโดยตรง โดยจะมีความเข้มของแสงสว่างมากที่สุดบริเวณที่ใกล้ตำแหน่ง Focus ดวงอาทิตย์พอดี ส่วนลักษณะของการส่องสว่างที่ได้ไม่คงที่เกิดจากลักษณะของสภาพท้องฟ้าและมุมตกกระทบของแสงแดดที่เปลี่ยนที่ไปตามช่วงเวลาของวันด้วย



ลักษณะของแสงสว่างที่เข้ามาที่ชั้น 3



ลักษณะของแสงสว่างที่เข้ามาที่ชั้น 2



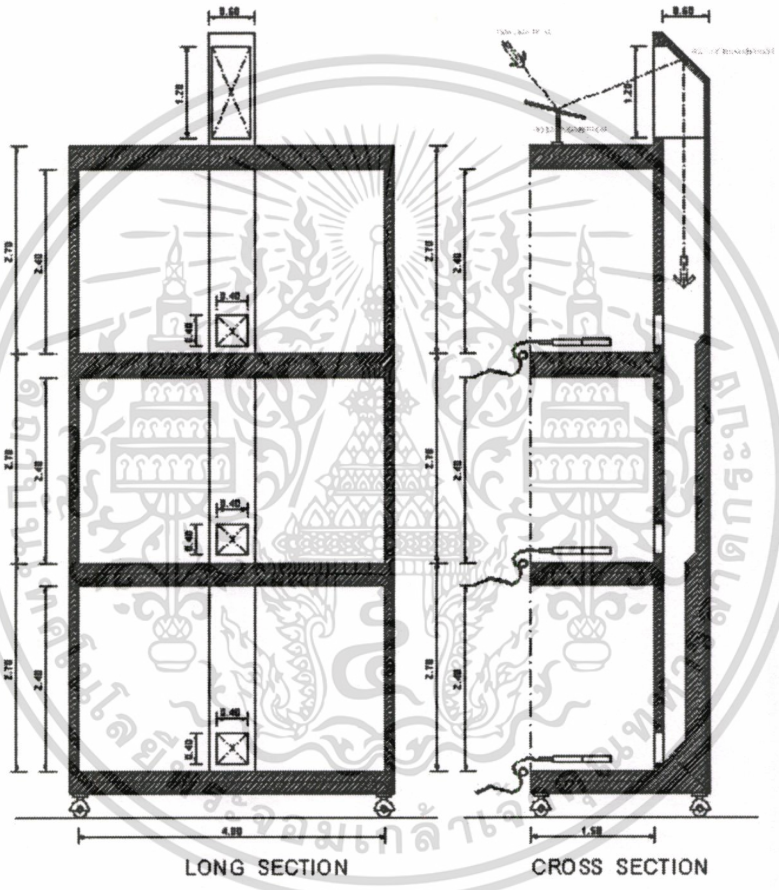
ลักษณะของแสงสว่างที่เข้ามาที่ชั้น 3

รูปที่ 4.6 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การศึกษาพฤติกรรมของการส่องสว่างของท่อนำแสงในแต่ละช่วงเวลา

การทดลองนี้จะทำการศึกษาค่าความสว่างในแต่ละชั้นของอาคารในแต่ละช่วงเวลา โดยทำการวัดค่าความสว่างบริเวณจุดที่มีความสว่างสูงสุด โดยทำการวัดจุดละ 3 ครั้ง เพื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยและทำการวัด 1 จุดต่อชั้นของอาคาร และทำการวัดทุกๆ ครึ่งชั่วโมง โดยทำการวัดพร้อมกันทั้ง 3 ชั้นในแต่ละจุด โดยพยายามปรับตัวสะท้อนแสงภายนอกให้แสงแดดลงไปให้มากที่สุดในแต่ละช่วงเวลา เนื่องจากตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีผลต่อมุมตกกระทบของแสงที่ลงสู่ภายในช่องท่อ ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

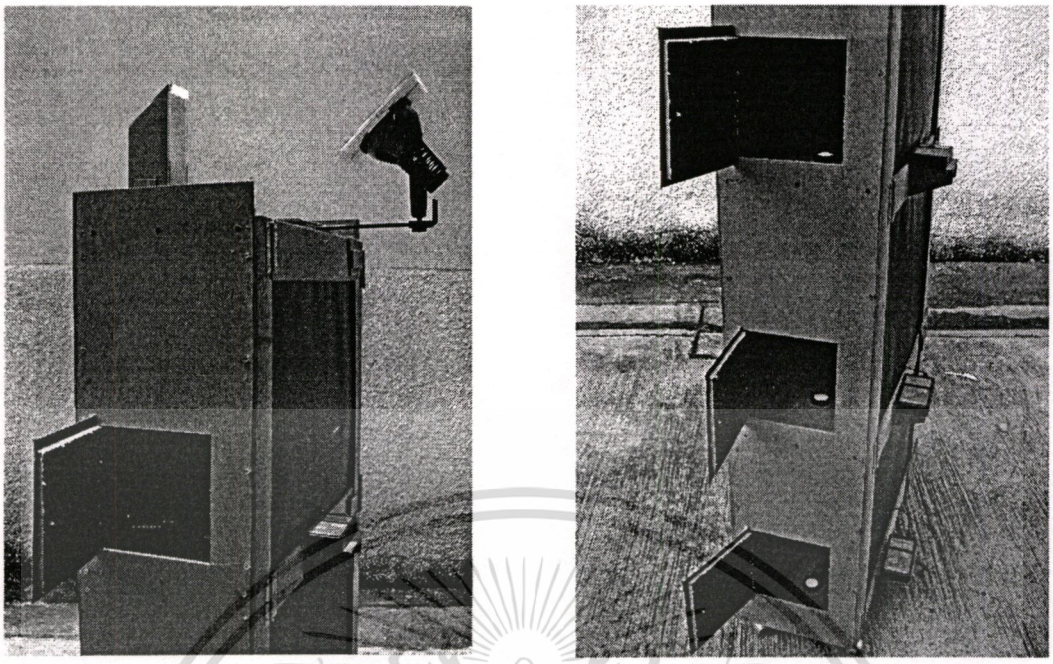


รูปที่ 4.7 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.1.2

4.1.2.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติของ Model ในการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสงด้านบน
- ขนาดและตำแหน่งของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การทดลองที่ 4.1.2

4.1.2.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ประสิทธิภาพและความแตกต่างของการส่องสว่างในแต่ละชั้นของอาคารของท่อนำแสงในแต่ละช่วงเวลาว่ามีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

- ค่าความส่องสว่าง
- สัดส่วนของความส่องสว่างที่เพิ่มขึ้นและลดลงในแต่ละช่วงเวลา

4.1.2.3 ผลการทดลอง

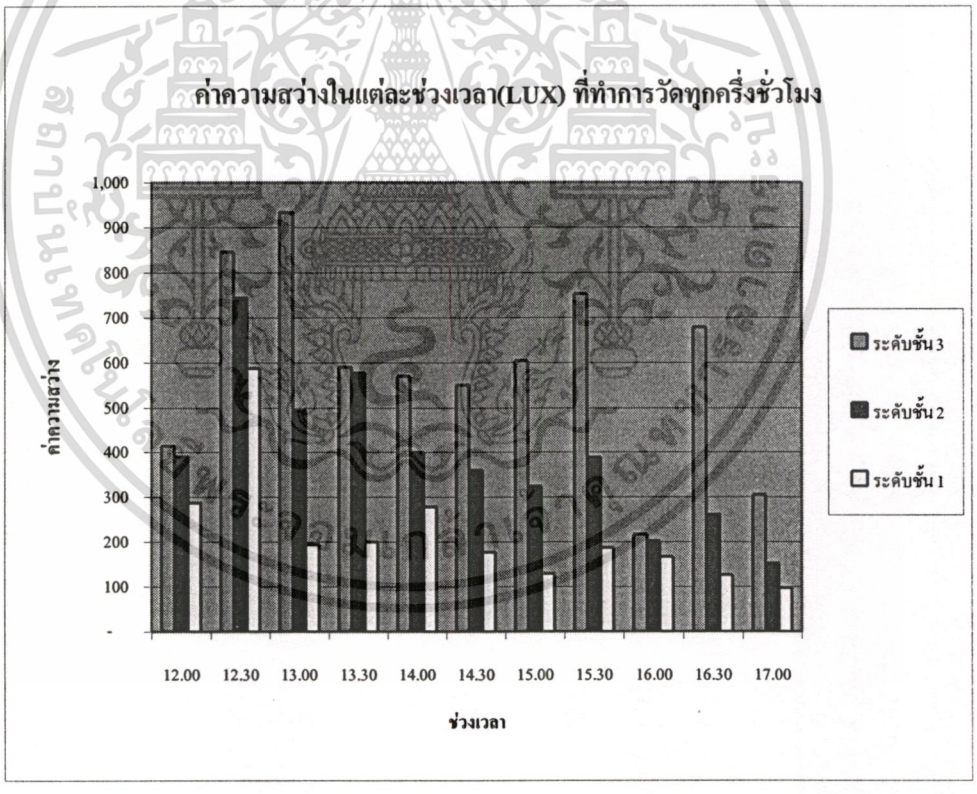
ลักษณะการเก็บข้อมูล พยายามปรับตัวสะท้อนแสงภายนอกให้สามารถรับแสงแดดลงสู่ท่อนำแสงให้ได้ค่าความสว่างสูงสุด และทำการเก็บข้อมูลพร้อมกันทั้ง 3 ชั้นของอาคาร โดยทำการวัดเพียงชั้นละ 1 จุด และเป็นจุดที่มีค่าความสว่างสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความสว่างที่วัดค่าพร้อมกันทั้ง 3 ชั้น ทุกๆ ครึ่งชั่วโมง โดยทำการวัดตำแหน่งเดียวกันเพียงชั้นละ 1 จุด

ระดับชั้น	ค่าความสว่างในแต่ละช่วงเวลา (LUX) ที่ทำการวัดทุกครึ่งชั่วโมง										
	12.00	12.30	13.00	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00	16.30	17.00
ระดับชั้น 3	415	845	933	589	570	550	604	753	217	679	307
ระดับชั้น 2	390	744	494	576	401	360	325	389	204	262	153
ระดับชั้น 1	288	586	195	201	280	177	131	187	167	128	97

กราฟแสดงค่าความสว่างที่วัดค่าพร้อมกันทั้ง 3 ชั้น ทุกๆ ครึ่งชั่วโมง
โดยทำการวัดตำแหน่งเดียวกันเพียงชั้นละ 1 จุด



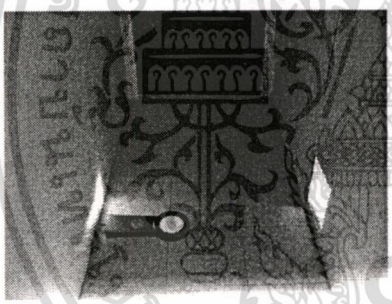
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองที่ 4.1.2 ศึกษาพฤติกรรมของการส่องสว่างของท่อนำแสงแต่ละช่วงเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดลองที่ 4.1.2 เป็นการทดลองเพื่อศึกษาดูลักษณะการส่องสว่างของช่องท่อนำแสง และสัดส่วนของค่าความส่องสว่างที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงในแต่ละช่วงเวลา และในแต่ละชั้นอาคาร โดยผลที่ได้นั้น ค่าความส่องสว่างจะมีลักษณะแปรปรวนมาก เนื่องจากตำแหน่งการโคจรของดวงอาทิตย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา อีกทั้งมีข้อจำกัดในด้านเครื่องมือในการทดลอง คือตัวสะท้อนแสงภายนอกที่จะต้องปรับตามลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์นั้น ปรับเปลี่ยนโดยใช้มนุษย์ ไม่ได้ใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือพิเศษ ดังนั้น ค่าความส่องสว่างที่ได้จึงไม่แน่นอน และเที่ยงตรงมากนัก อย่างไรก็ตาม ลักษณะพฤติกรรมการส่องสว่างในภาพรวมก็ยังใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริง โดยจะมีค่าความสว่างมากที่สุดบริเวณชั้น 3 ในแต่ละช่วงเวลา และลดลงไปที่ชั้น 2 และชั้น 1 ตามลำดับ และลักษณะการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของค่าความสว่างเป็นไปในทิศทางเดียวกัน

จึงสรุปได้ว่า ช่องท่อนำแสงสามารถนำแสงสว่างลงไปใช้งานในทางเดินได้ทั้ง 3 ชั้น ในแต่ละช่วงเวลา และค่าความสว่างจะมากที่สุดที่ชั้น 3 และลดลงมาที่ชั้น 2 และชั้น 1 ตามลำดับ แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบของแสงจากดวงอาทิตย์ และตัวสะท้อนแสงภายนอกและภายในช่องท่อในแต่ละช่วงเวลาของวันที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา



ลักษณะการส่องสว่างที่ชั้น 3

ลักษณะการส่องสว่างที่ชั้น 2

ลักษณะการส่องสว่างที่ชั้น 1

รูปที่ 4.10 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.1.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

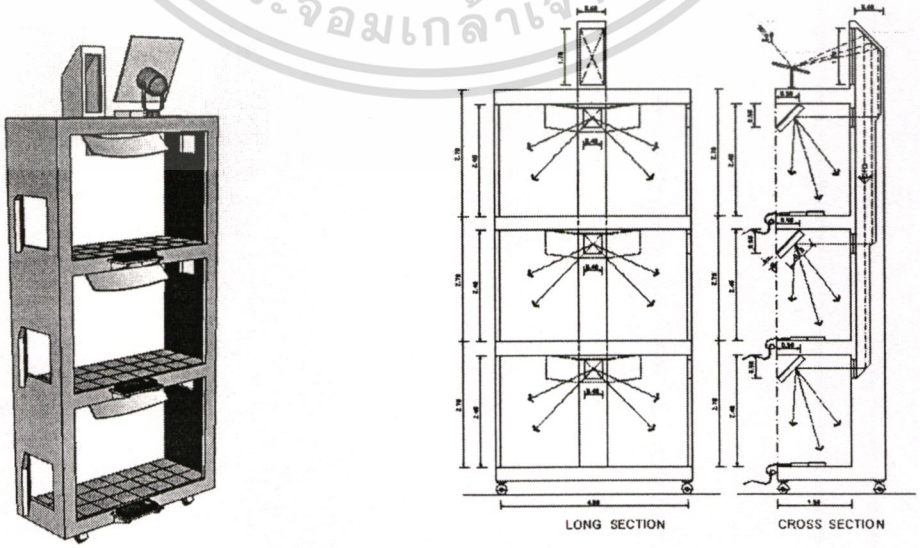
4.2 การศึกษาแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างของช่องท่อนำแสง

จากผลการทดลองในข้อ 4.1 ที่ผ่านมาทำให้ทราบว่าท่อนำแสงที่นำแสงเข้ามาใช้ภายในแต่ละชั้นของอาคารนั้น สามารถนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ได้จริงนั้น ขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของมุมตกกระทบของแสงกับลักษณะการโคจรของดวงอาทิตย์ในแต่ละช่วงเวลา จะมีผลต่อค่าความสว่างมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับการปรับมุมของตัวสะท้อนแสงภายนอก ที่ส่งผลต่อมุมตกกระทบของแสงของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ ซึ่งลักษณะความสว่างที่ได้จะมีความสว่างเฉพาะจุด ไม่กระจายอย่างทั่วถึงและความแตกต่างของค่าความสว่างบริเวณมากที่สุดและน้อยที่สุดมีความแตกต่างกันมาก (Brightness) ดังนั้น จึงได้หาแนวทางในการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพของช่องท่อนำแสง ดังนี้

- ปรับเปลี่ยนตำแหน่งจุดจ่ายแสงย่อยและตัวสะท้อนภายในช่องท่อให้อยู่ในระดับใกล้ฝ้าเพดาน เนื่องจากต้องการแสงในลักษณะของการสะท้อนจากฝ้าเพดาน และลักษณะการสะท้อนดังกล่าวน่าจะทำให้แสงกระจายสู่บริเวณที่พื้นที่ทางเดิน ซึ่งเป็นบริเวณที่ใช้งานได้มากยิ่งขึ้น
- พิจารณาเรื่องตัวสะท้อนแสงภายในทางเดินที่ระดับฝ้าเพดานที่มีรูปทรงที่แตกต่างกัน โดยคำนึงถึงรูปทรงที่มีผลต่อการสะท้อนแสงได้อย่างทั่วถึงบริเวณทางเดิน และได้ระดับค่าความสว่างตามเกณฑ์ลักษณะของการใช้งานบริเวณทางเดิน
- พิจารณาเรื่องตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อ หากปรับเปลี่ยนเป็นตัวสะท้อนแสงที่มีลักษณะผิวโค้งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสงได้มากยิ่งขึ้นหรือไม่

4.2.1 การทดสอบประสิทธิภาพและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนภายในทางเดินที่มีรูปทรงดัดโค้งในแนวนอน และทำการติดตั้งเป็นมุมเอียง 45 องศา

ในขั้นตอนของการทดลองนี้ จะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่าง โดยใช้ตัวสะท้อนแสงที่เป็นกระจกเงาดัดโค้งในแนวนอน และทำการวัดค่าความสว่างภายในทางเดินจำนวน 21 จุด ของแต่ละ



รูปที่ 4.11 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.2.1 รูปแบบตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

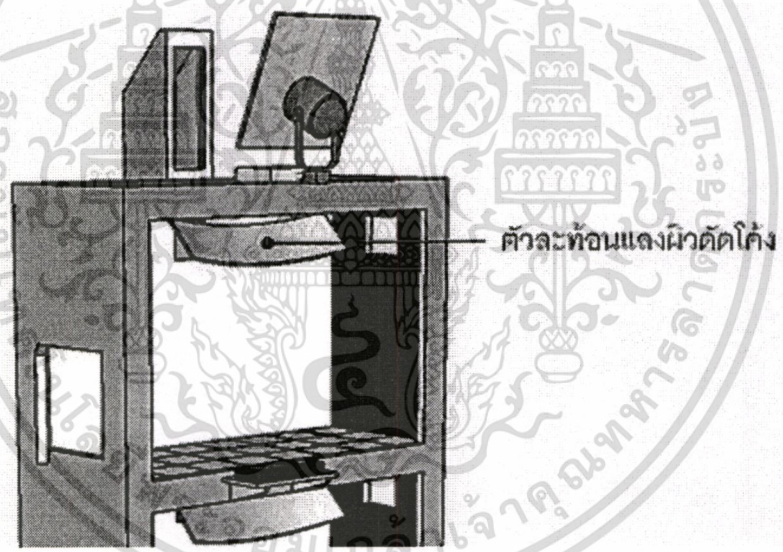
4.2.1.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติของ Model ในการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสงด้านบน
- ขนาดและตำแหน่งของตัวสะท้อน
- ขนาดและตำแหน่งของแสงไฟประดิษฐ์

4.2.1.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

ประสิทธิภาพของการส่องสว่างและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงแบบจัดโค้งแนวนอน

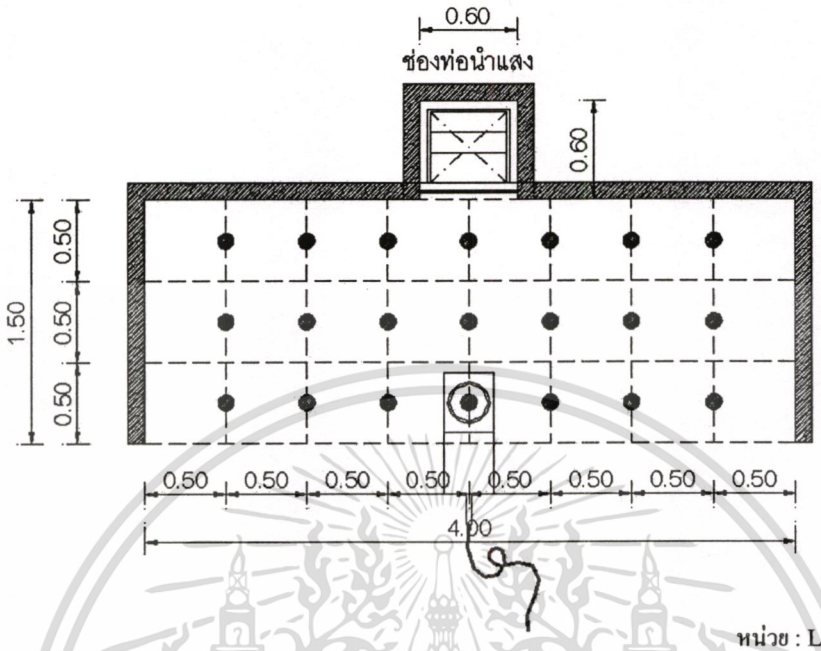
- ค่าความส่องสว่าง
- ลักษณะรูปแบบของการกระจายแสง



รูปที่ 4.12 แสดงรายละเอียดตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้งแนวนอน และบริเวณที่ติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1.3 ผลการทดลอง

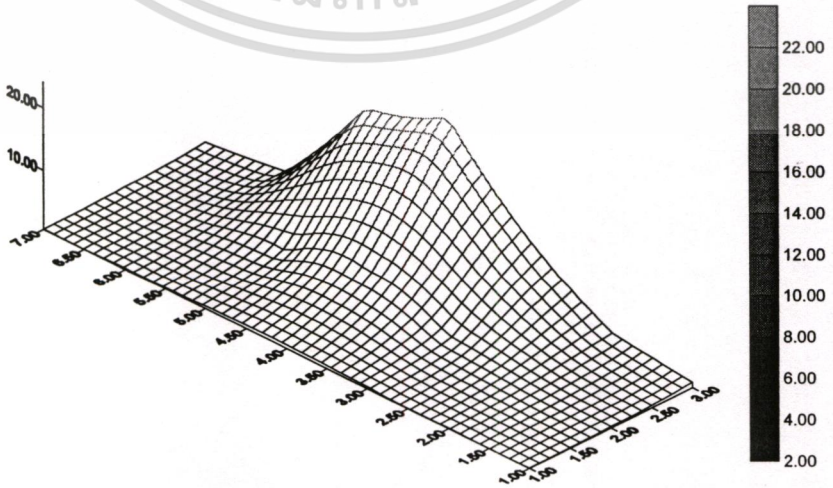


หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.9	1.1	0.1	0.8	0.6
0.8	1.4	2.6	6.8	3.3	1.5	0.9
1.4	3	11.6	24.7	19.8	3.2	1.5

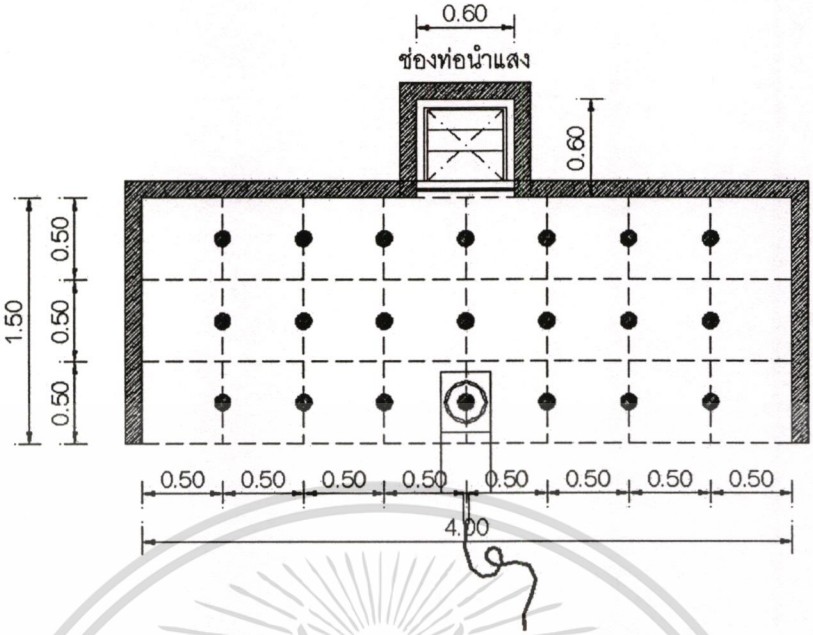
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 24.7

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.6



รูปที่ 4.13 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

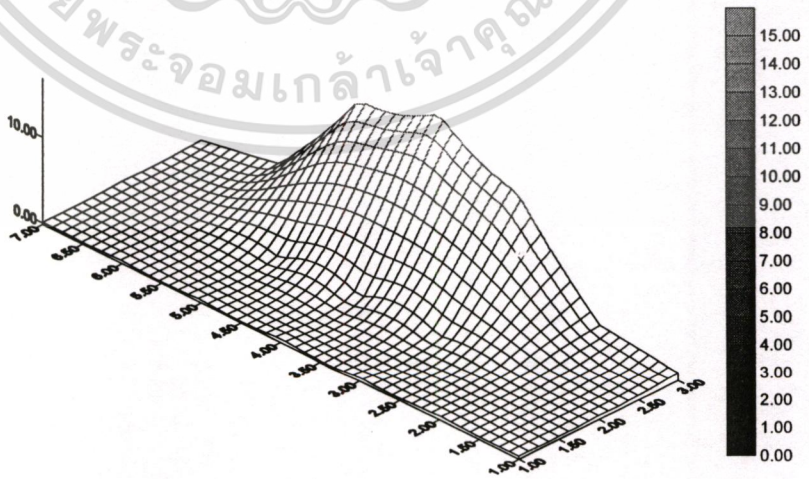


หน่วย : LUX

0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2
0.8	1.9	12.6	17.3	14.2	2.2	0.3

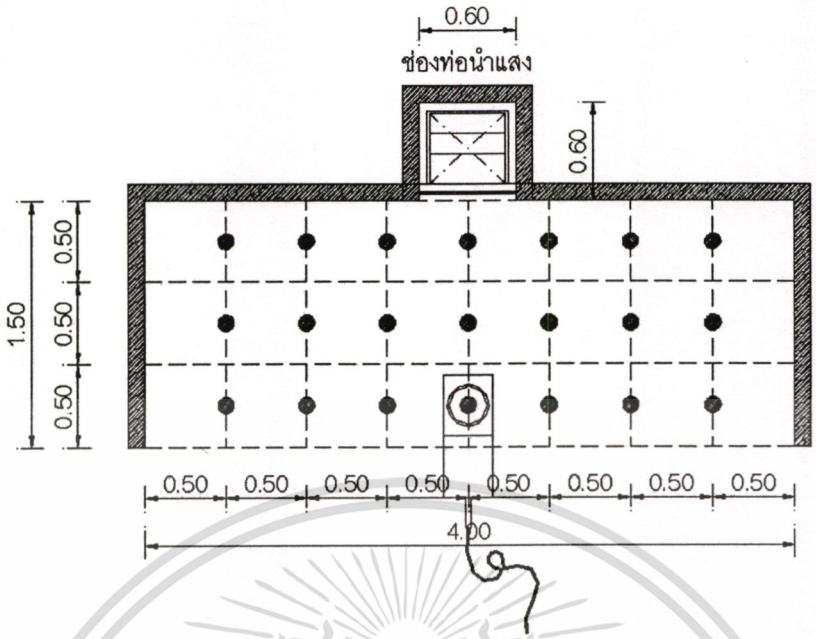
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 17.3

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.1



รูปที่ 4.14 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

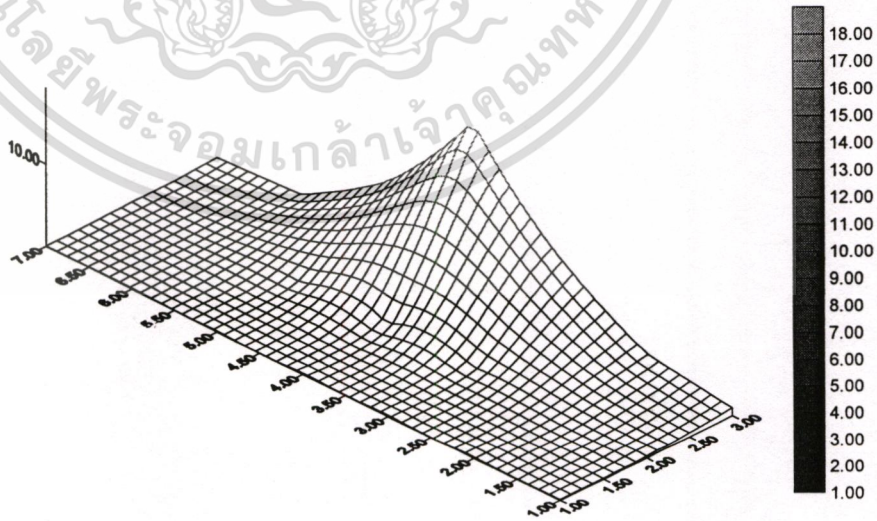


หน่วย : LUX

0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
0.4	0.6	0.9	1	0.8	0.4	0.3
1.1	2.6	9	20	7.8	1.1	0.4

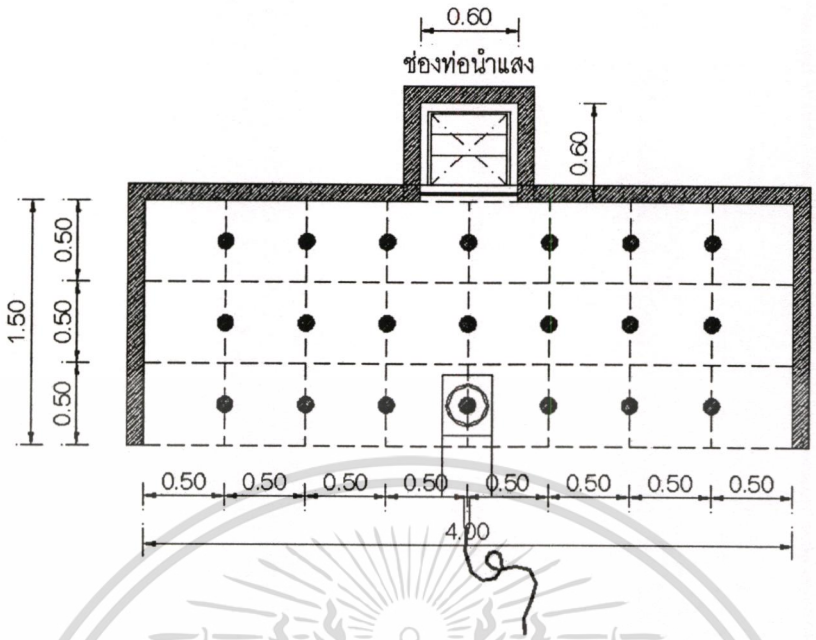
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 20

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.2



รูปที่ 4.15 กรณีวัดแสงจากแสงไฟประดิษฐ์ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอนและวัดแสงในชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

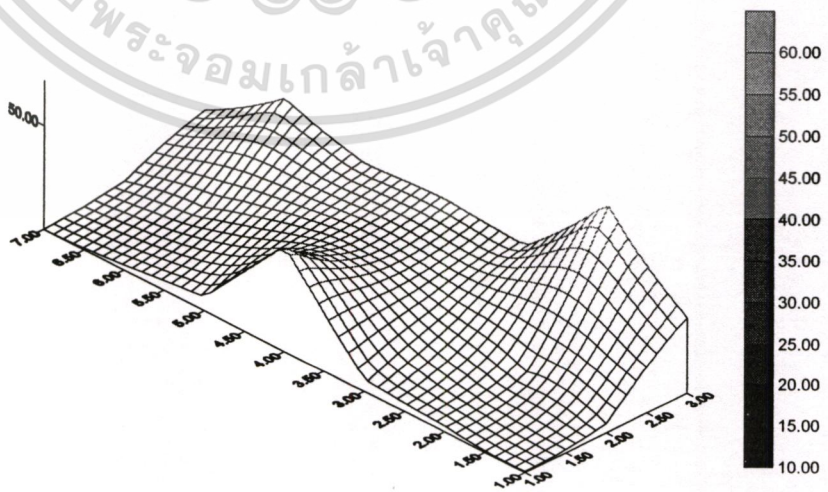


หน่วย : LUX

6.5	8.4	11.3	51	11.8	8.1	5.9
9.8	14.9	24.2	31.3	26.5	15.5	9.4
38.7	70	34.5	36.8	34.5	45	22.4

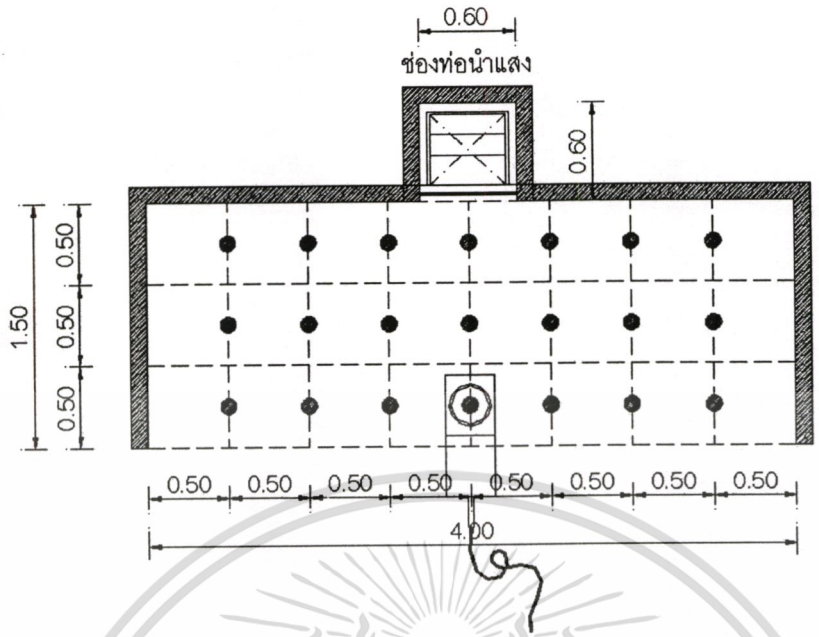
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 36.8

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 5.9



รูปที่ 4.16 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

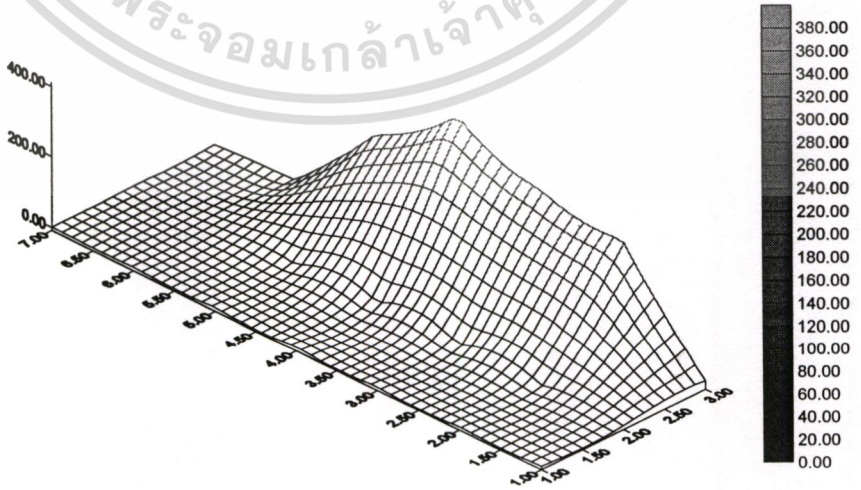


หน่วย : LUX

1.8	2.3	2.7	3.8	2.4	1.8	1.5
2.8	4.4	6.9	13.8	7	2.9	1.8
15.5	301	330	423	259	15.9	2.9

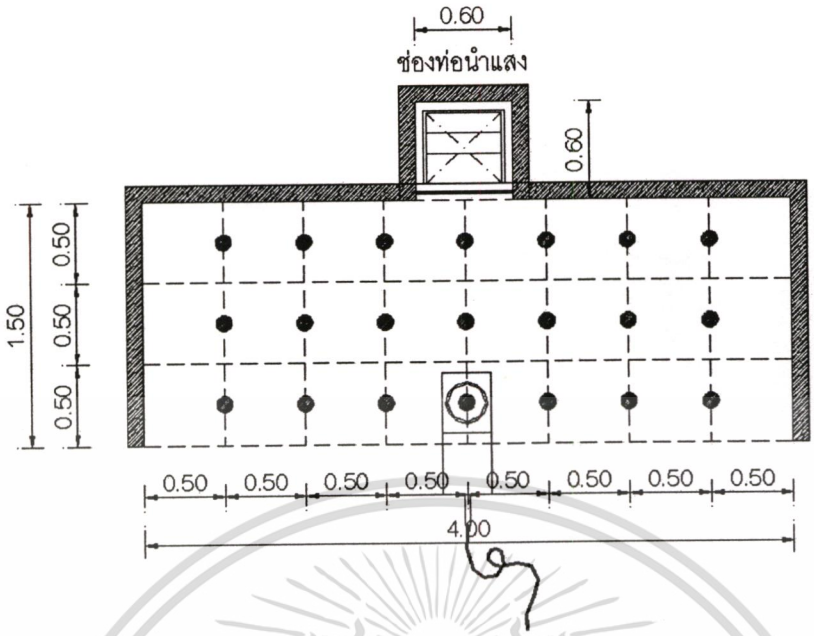
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 423

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 1.5



รูปที่ 4.17 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

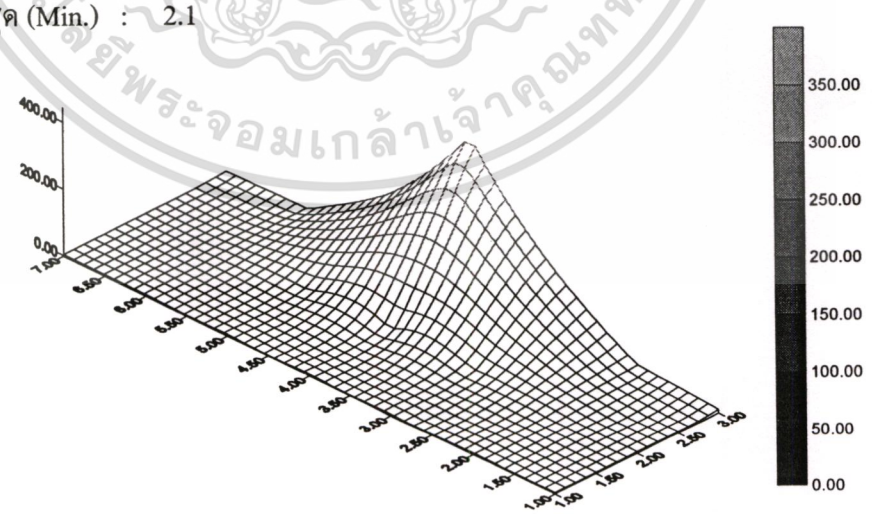


หน่วย : LUX

2.1	3.2	3.7	4.2	3.8	3.2	2.7
2.7	9.3	12.7	14.2	10.7	6.9	4.1
7.8	23.3	191	464	176	12.9	6.4

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 464

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 2.1



รูปที่ 4.18 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบดัดโค้งแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 1

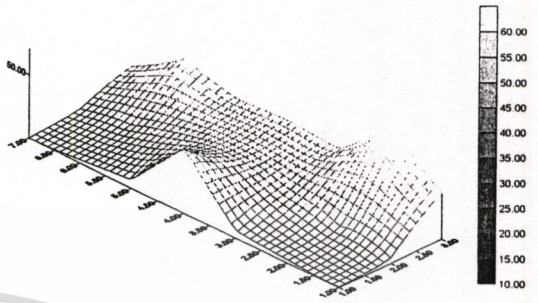
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงแดด

11 พ.ค. 50

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

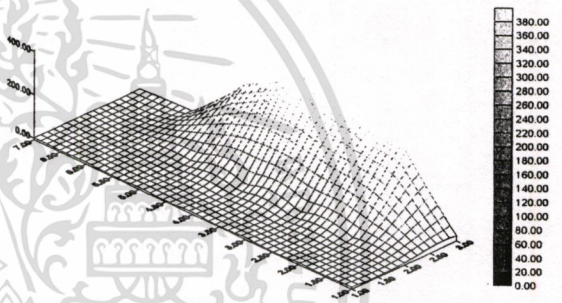
6.5	8.4	11.3	51	11.8	8.1	5.9
9.8	14.9	24.2	31.3	26.5	15.5	9.4
38.7	70	34.5	36.8	34.5	45	22.4



Max.	51
Min.	5.9
จำนวนช่องที่เกิน 50	1

วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

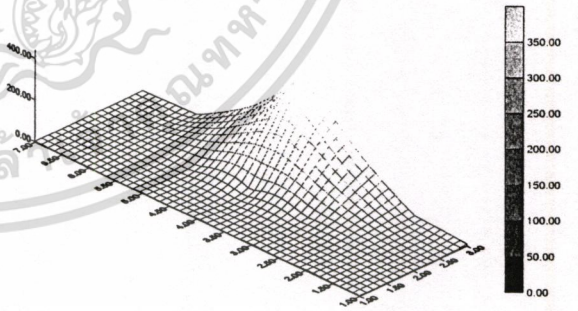
1.8	2.3	2.7	3.8	2.4	1.8	1.5
2.8	4.4	6.9	13.8	7	2.9	1.8
15.5	301	330	423	259	15.9	2.9



Max.	423
Min.	1.5
จำนวนช่องที่เกิน 50	4

วัดแสง ชั้น 1 หน่วย : LUX

2.1	3.2	3.7	4.2	3.8	3.2	2.7
2.7	9.3	12.7	14.2	10.7	6.9	4.1
7.8	23.3	191	464	176	12.9	6.4



Max.	464
Min.	2.1
จำนวนช่องที่เกิน 50	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบโค้งแนวนอน (ทำการทดสอบกับแสงไฟ)

10 พ.ค. 50 วัดแสงจากไฟ

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.9	1.1	0.1	0.8	0.6
0.8	1.4	2.6	6.8	3.3	1.5	0.9
1.4	3	11.6	24.7	19.8	3.2	1.5

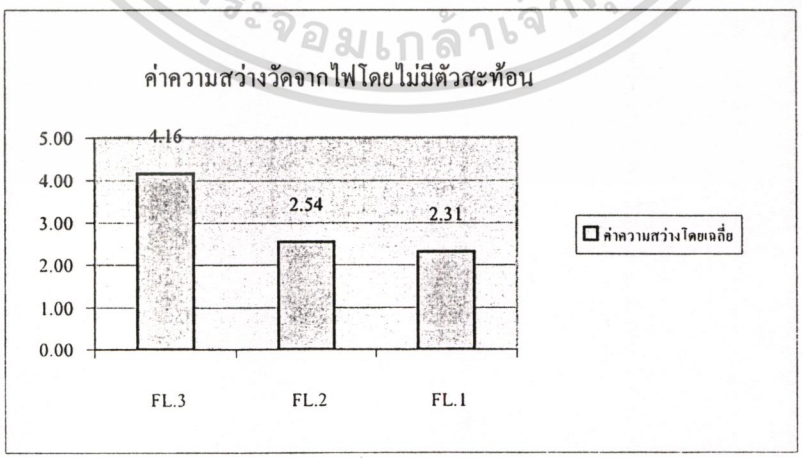
วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.2	0.2
0.8	1.9	12.6	17.3	14.2	2.2	0.3

วัดแสง ชั้น 1 หน่วย : LUX

0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2
0.4	0.6	0.9	1	0.8	0.4	0.3
1.1	2.6	9	20	7.8	1.1	0.4

กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพความสว่างโดยเฉลี่ย โดยใช้ตัวสะท้อนแสงแบบโค้งแนวนอน ทำการทดลองกับแสงไฟฟ้า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

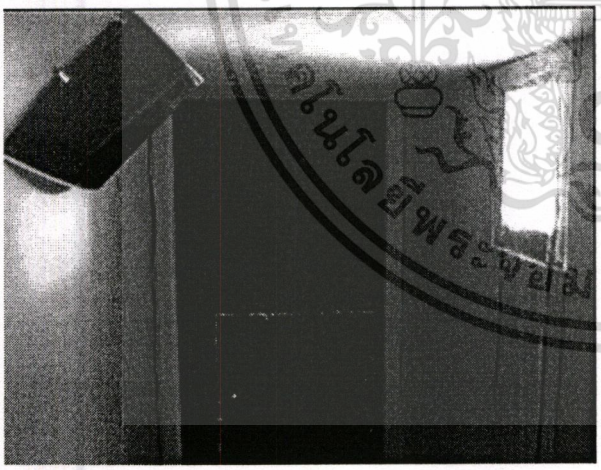
4.2.1.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

การทดสอบประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้งตามแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ ได้ผลของค่าความสว่างดังนี้

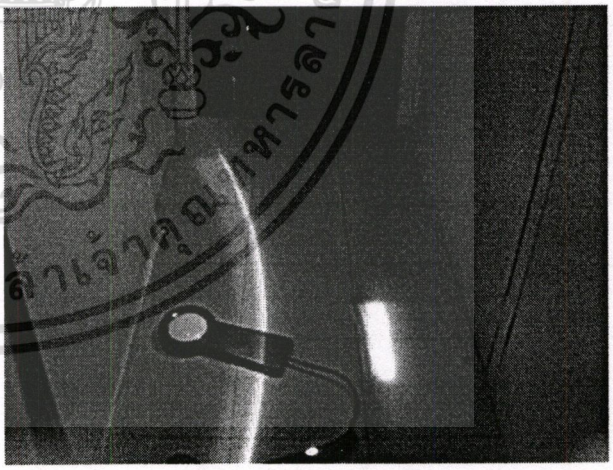
ลักษณะการกระจายแสงในแต่ละชั้นของการทดลองมีลักษณะการกระจายแสงอย่างทั่วถึง และมากยิ่งขึ้น โดยลักษณะการกระจายแสงจะเป็นเหมือนรูปทรงของตัวสะท้อนแสงซึ่งดัดโค้งในแนวนอน และกระจายแสงสู่บริเวณด้านข้างมากยิ่งขึ้น ส่วนบริเวณที่มีค่าความสว่างมาก จะเป็นบริเวณที่แสงตกกระทบจากตัวสะท้อนแสงโดยตรง และมีลักษณะการส่องสว่างเหมือนรูปทรงของตัวสะท้อนแสงและเมื่อพิจารณาเรื่องค่าความสว่างที่สม่ำเสมอ จะมีค่าความสว่างที่กระจายสม่ำเสมอมากกว่าที่วัดจากแสงแดด แต่ความเข้มของแสงและความแตกต่างของค่าความสว่างมีน้อยกว่าการที่วัดจากแสงแดดโดยตรง เนื่องจากไม่มีความแปรปรวน และการเคลื่อนที่เหมือนดวงอาทิตย์

การทดสอบประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงแบบดัดโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงแดดโดยตรง ได้ผลค่าความสว่างดังนี้

ลักษณะการส่องสว่างมีลักษณะการกระจายแสงตามลักษณะโค้งของตัวสะท้อนแสง และบริเวณที่มีค่าความสว่างมากจะเป็นบริเวณที่มีการสะท้อนจากตัวสะท้อนแสงโดยตรง แต่ยังมีความแตกต่างของค่าความสว่างมาก ส่วนค่าความสว่างโดยเฉลี่ยของแต่ละชั้นนั้น จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ของ มุมตกกระทบของแสงแดดที่กระทำกับตัวสะท้อนแสงในแต่ละช่วงเวลาของวัน



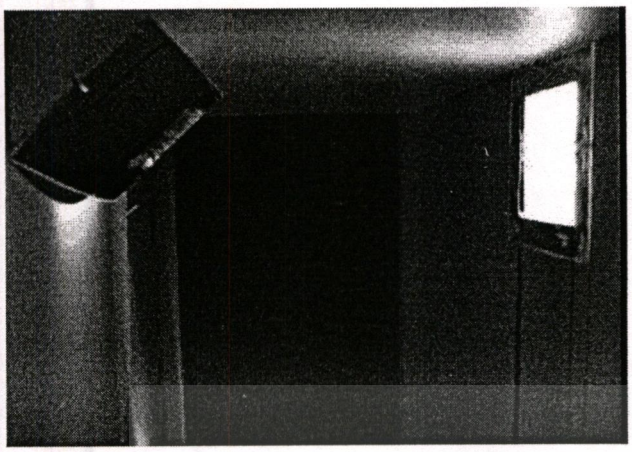
ลักษณะของแสงที่มากระทำตัวสะท้อนแสงบริเวณชั้น 3

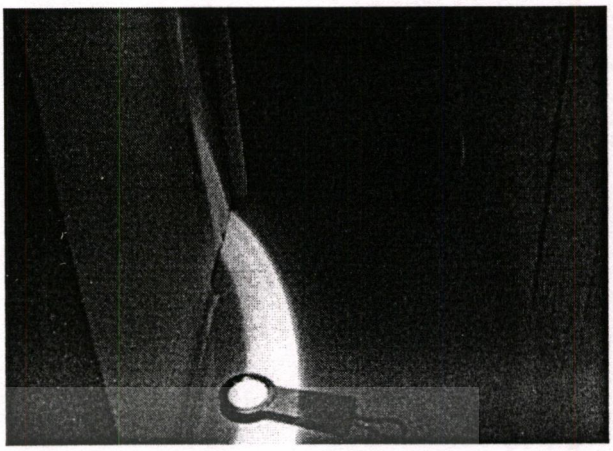


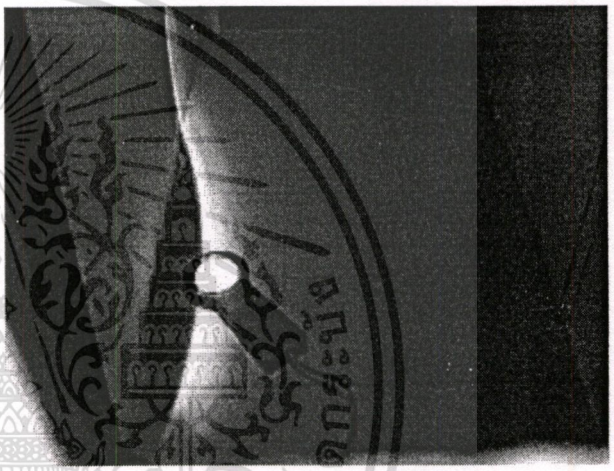
ลักษณะเด่นของแสงที่สะท้อนลงสู่บริเวณทางเดินชั้น 3

รูปที่ 4.19 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







ลักษณะของแสงที่มากระทำตัวสะท้อนแสงบริเวณชั้นที่ 1

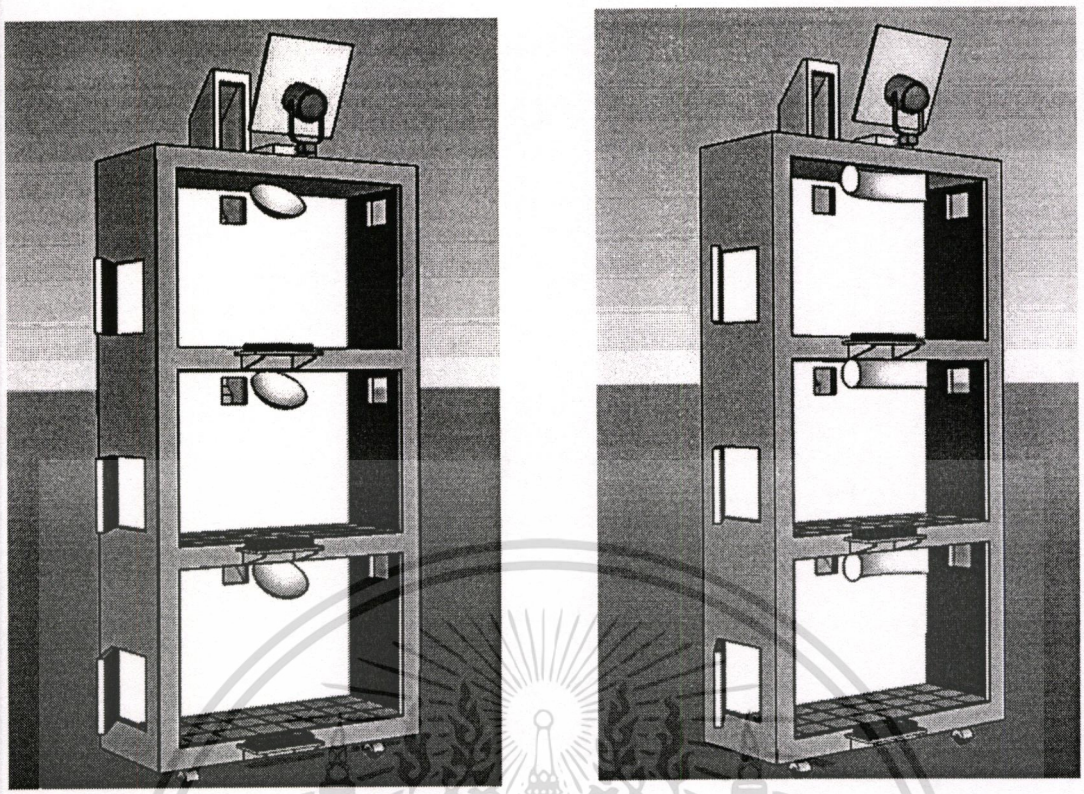
ลักษณะของแสงที่สะท้อนลงสู่บริเวณทางเดินชั้น 1

รูปที่ 4.19 (ต่อ)

4.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงภายในทางเดินที่มีรูปทรงแบบโค้งครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอน

เนื่องจากผลการทดลองที่ 4.2.1 ลักษณะการส่องสว่างและการกระจายแสงจะกระจายแสงไปในทิศทางด้านข้างเพียงอย่างเดียว และเป็นรูปโค้งตามรูปทรงของตัวสะท้อนแสง แต่เนื่องจากต้องการแสงที่มีลักษณะการกระจายไปในทั้ง 2 ทิศทาง จึงได้ประยุกต์ใช้ตัวสะท้อนแสงที่มีลักษณะรูปครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอน แต่มีผิวเป็นแสตนเลสแทนวัสดุที่เป็นกระจกเงา เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านต้นทุนในการวิจัย แต่จะมุ่งเน้นพิจารณาในเรื่องลักษณะของการกระจายแสงมากกว่า โดยค่าความสว่างที่ได้จะใช้วิธีเทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงของวัสดุแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน การสะท้อนแสงจากกระจกเงาเป็นหลัก และในการทดลองนี้ จะทำการทดสอบทั้งจากแสงไฟประดิษฐ์ และจากแสงแดดโดยตรง

เอกสารนี้จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 แสดงรายละเอียดการทดลองที่ 4.2.2

4.2.2.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

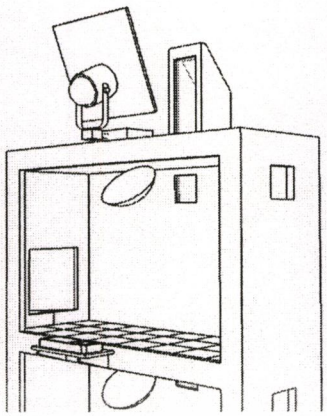
- คุณสมบัติของ Model ในการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสงด้านบน
- ขนาดและตำแหน่งของตัวสะท้อน
- ขนาดและตำแหน่งของแสงไฟประดิษฐ์

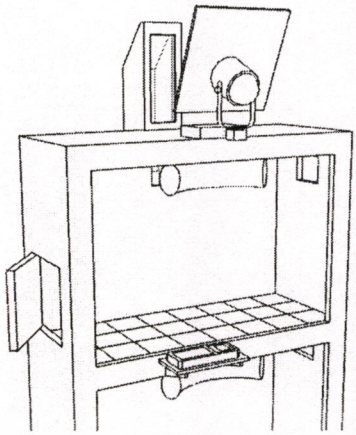
4.2.2.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการส่องสว่างและลักษณะการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงแบบโค้งครึ่งวงกลม กับตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอน

- ค่าความส่องสว่าง
- ลักษณะรูปแบบของตัวสะท้อนแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





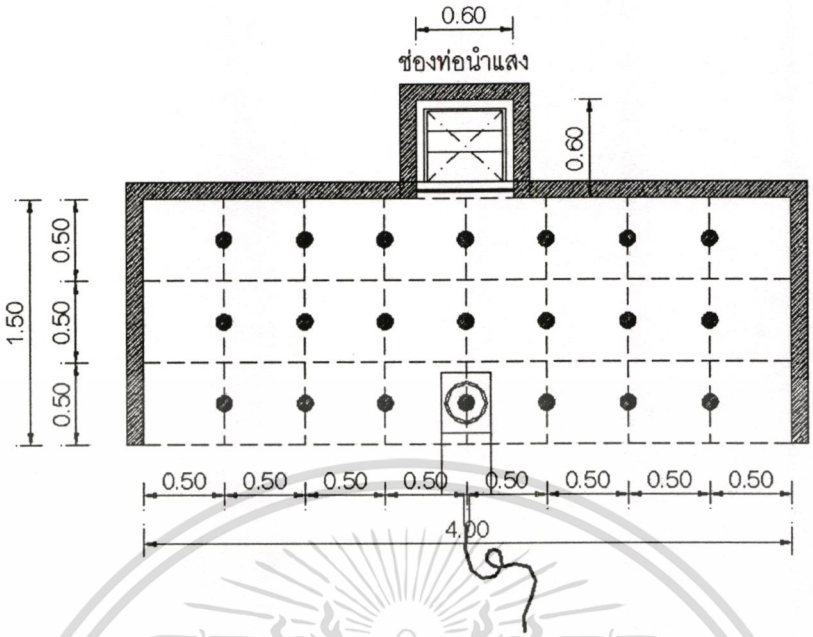
รูปแบบตัวสะท้อนแสงแบบโค้งครึ่งวงกลม รูปแบบตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอน

รูปที่ 4.21 รูปแบบตัวสะท้อนแสง

4.2.2.3 ผลการทดลอง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

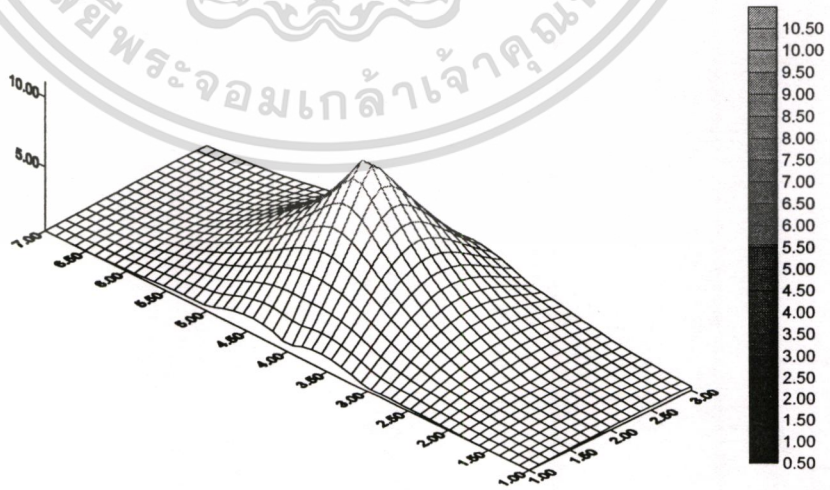


หน่วย : LUX

0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.5	0.4
0.6	1.1	4.1	11.7	4.7	1.2	0.6
0.7	1.2	2.3	3.2	2.3	1.3	0.7

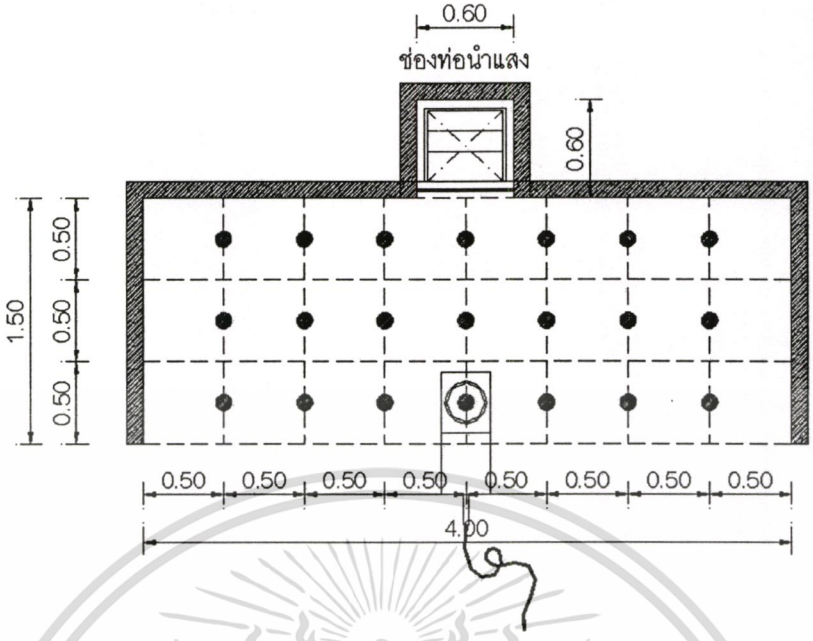
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 11.7

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.4



รูปที่ 4.22 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

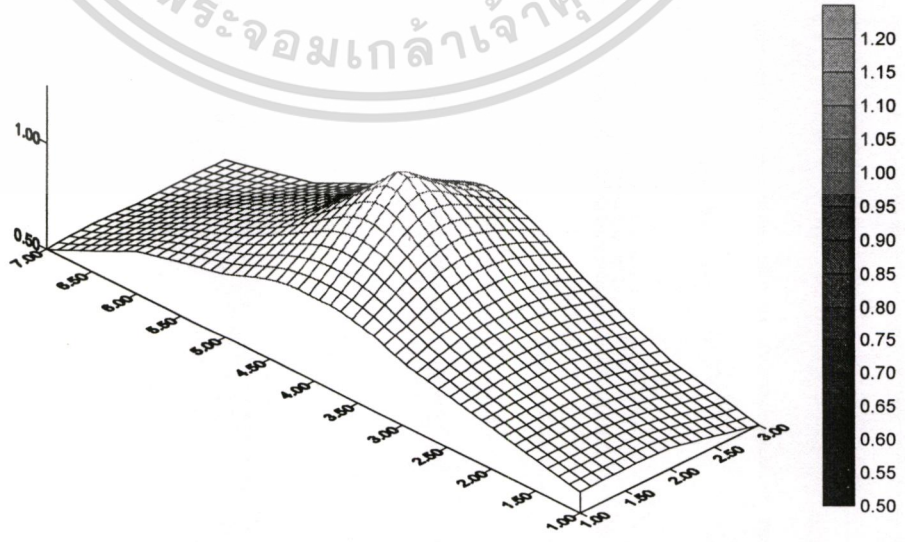


หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.5
0.6	0.7	0.9	1.3	0.9	0.7	0.5
0.5	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.5

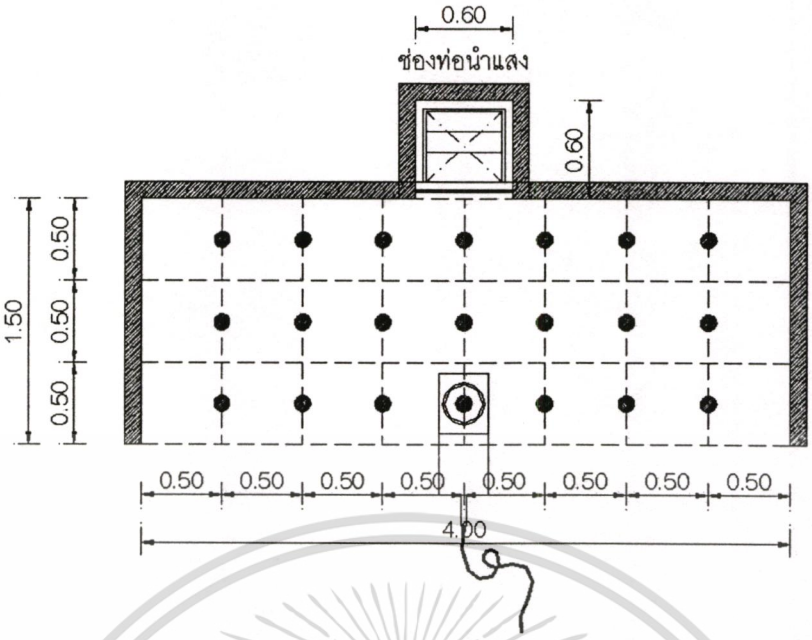
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 1.3

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.5



รูปที่ 4.23 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

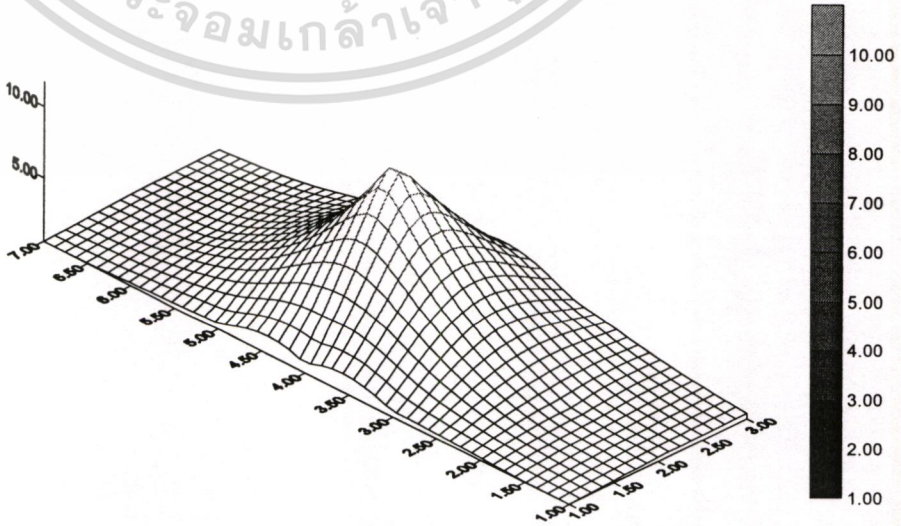


หน่วย : LUX

0.5	0.7	0.9	1.1	0.9	0.7	0.5
0.8	1.3	4.8	12.4	4.5	1.3	0.8
0.9	1.6	2.9	4.2	3	1.6	0.9

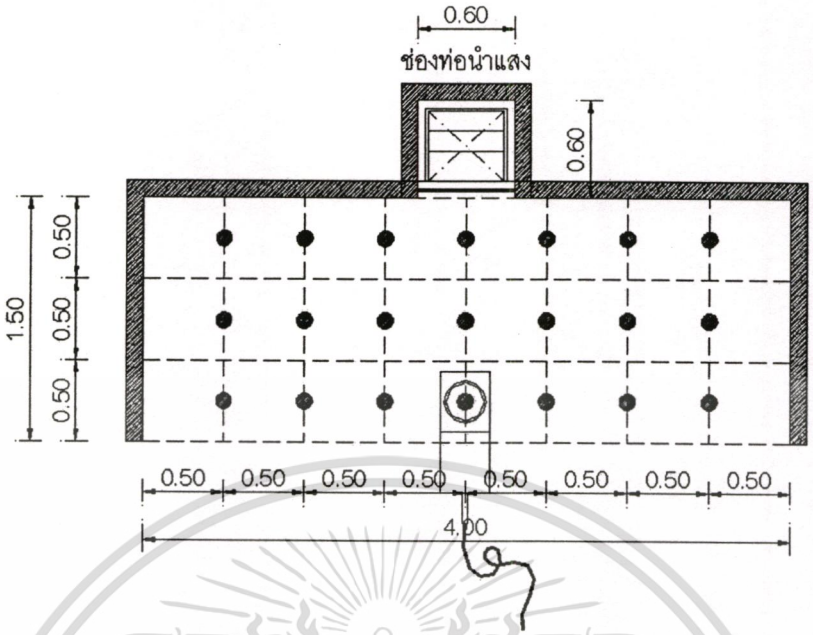
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 12.4

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.5



รูปที่ 4.24 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

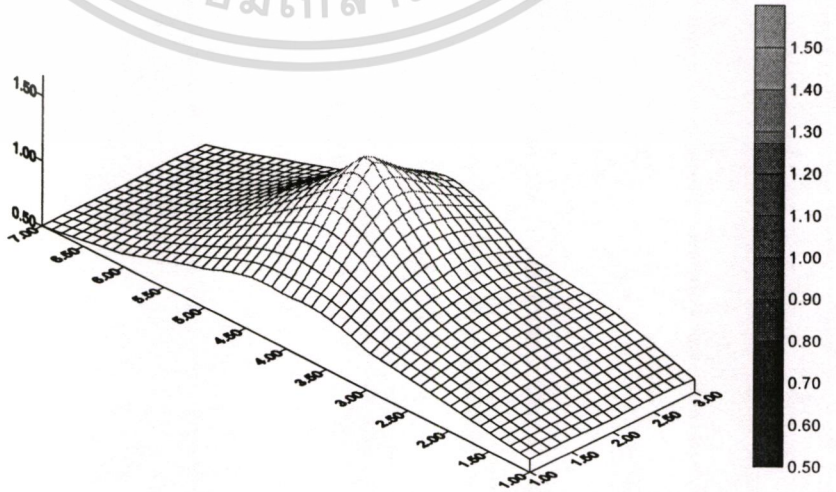


หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5
0.6	0.8	1	1.7	1.1	0.7	0.5
0.6	0.8	0.9	1.2	0.9	0.7	0.5

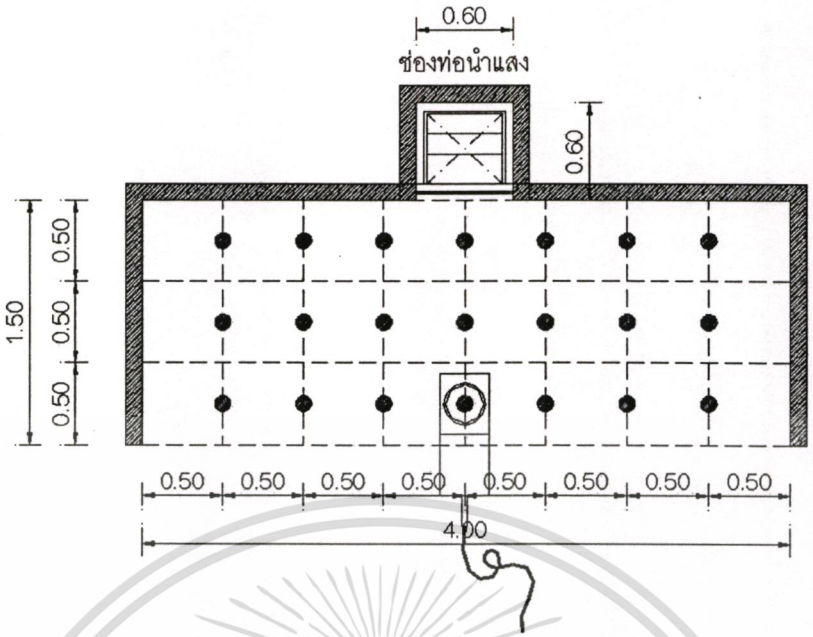
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 1.7

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 0.5



รูปที่ 4.25 กรณีวัดแสงจากไฟ ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

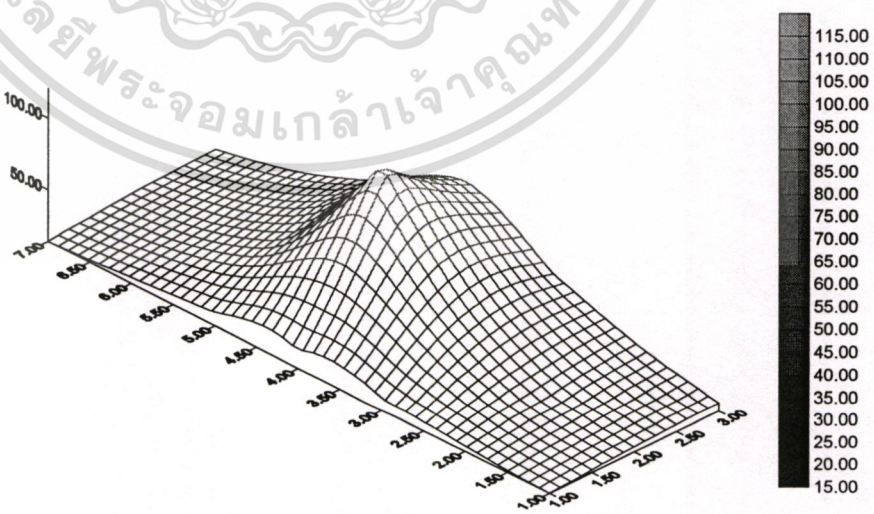


หน่วย : LUX

14.2	18	22.5	26.3	23	18.3	14.1
17.8	25.6	56.4	126	50.4	26.5	18.5
19.9	32.1	51.9	85.6	56.8	34	20.6

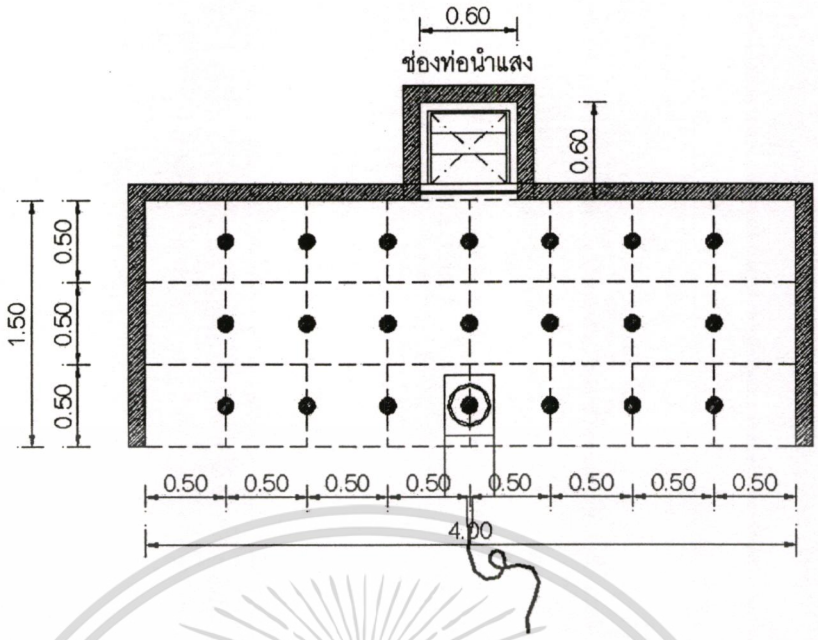
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 126

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 14.1



รูปที่ 4.26 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

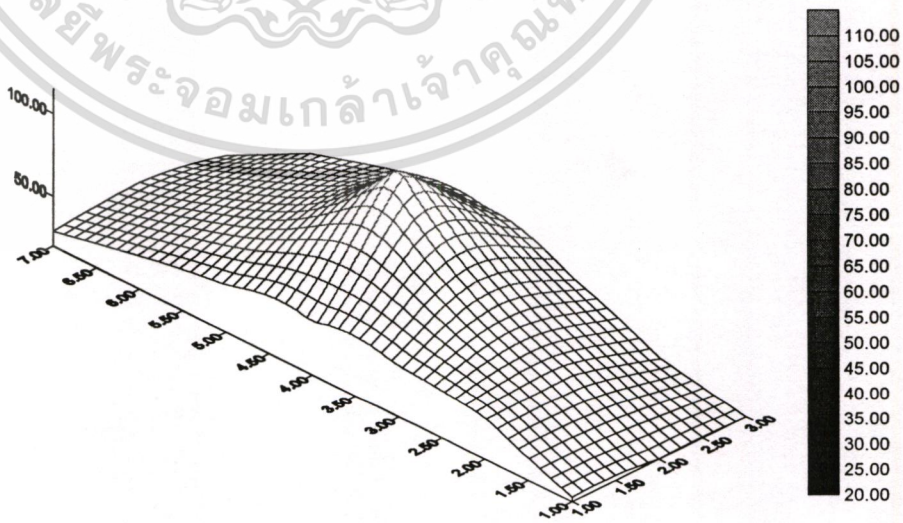


หน่วย : LUX

22.3	45.2	50.8	51.8	48.1	39.8	28.5
19.7	46.4	71.5	119.5	71.3	48.7	32.1
19.6	30.1	52.7	69.3	64.8	49.8	22.4

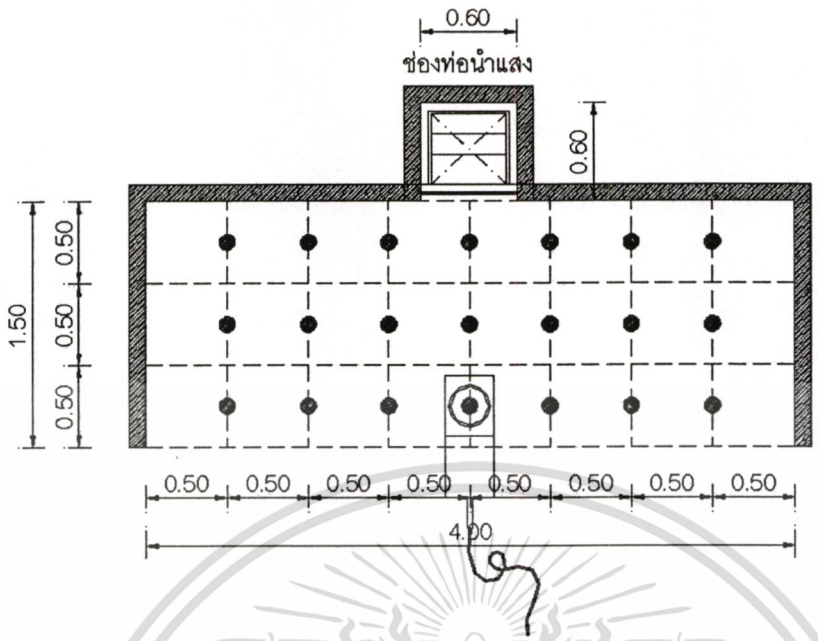
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 119.5

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 19.6



รูปที่ 4.29 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

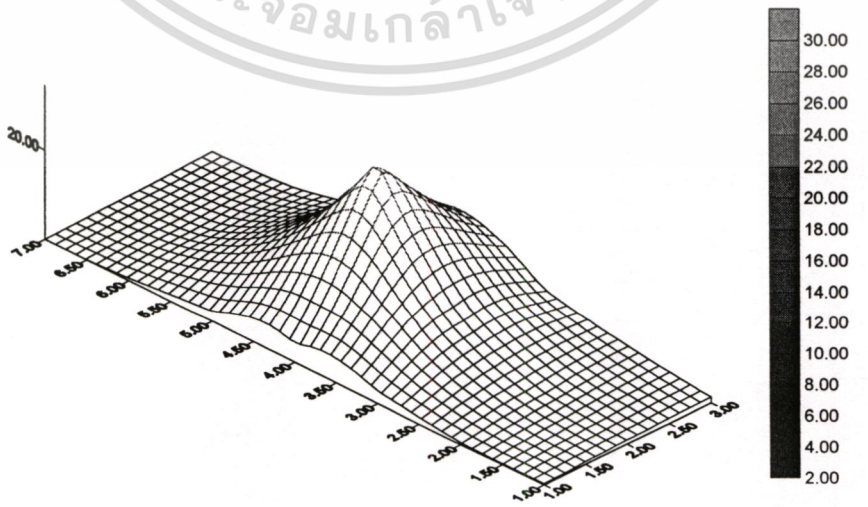


หน่วย : LUX

6.6	7.2	13.2	16.8	11.7	7.2	5.7
8.1	12.3	33.6	104.1	39.9	10.8	6.6
24.3	15.9	25.5	48.6	22.8	11.4	8.1

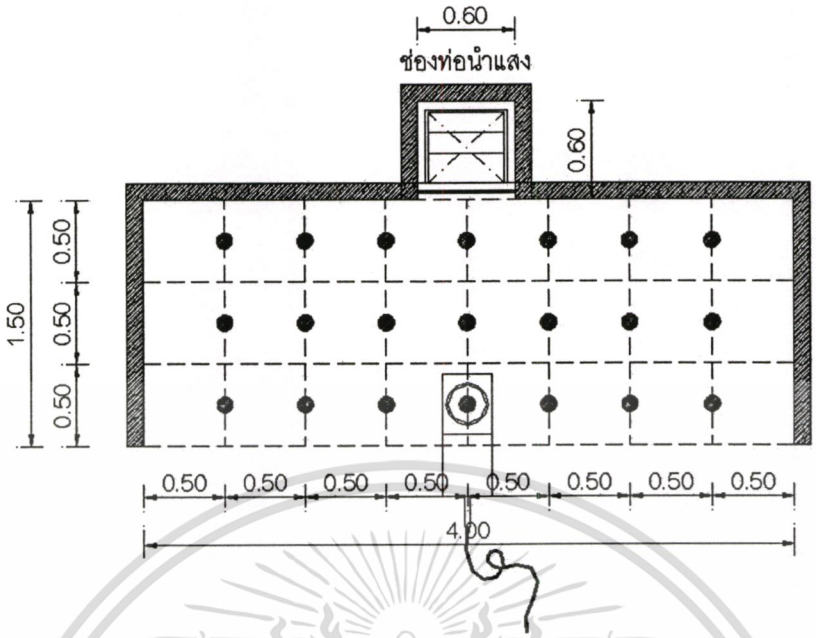
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 104

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 5.7



รูปที่ 4.27 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

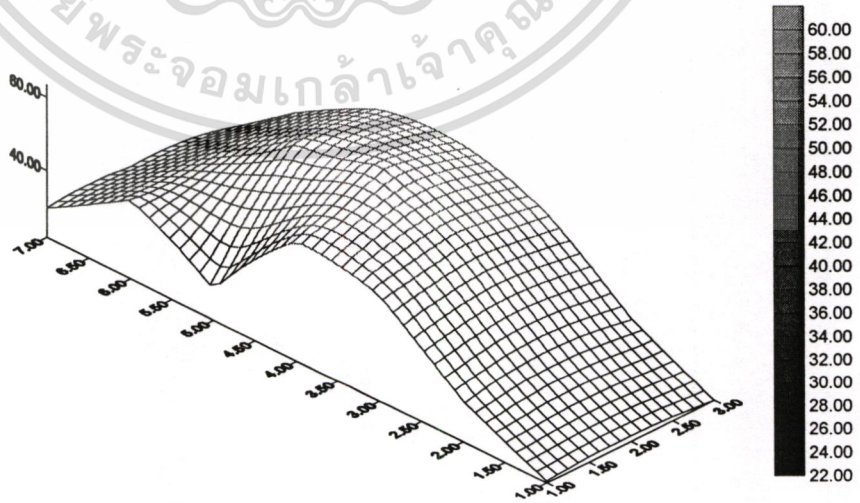


หน่วย : LUX

22.3	32.9	51.1	54.5	30.1	43.3	29.8
23.2	36.2	54.8	64	58.5	43.3	29.6
21.7	33.4	51	58	56.5	44.3	27.8

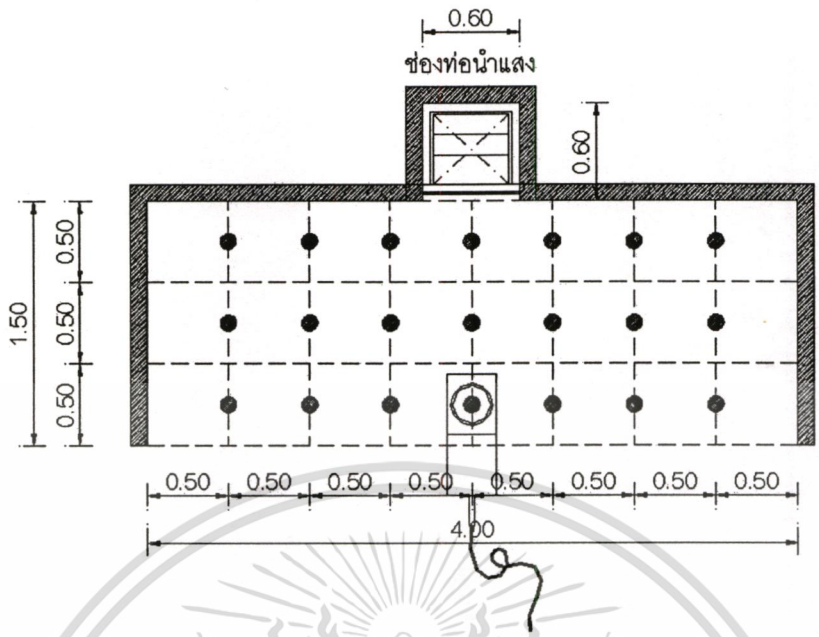
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 64

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 21.7



รูปที่ 4.28 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบโค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

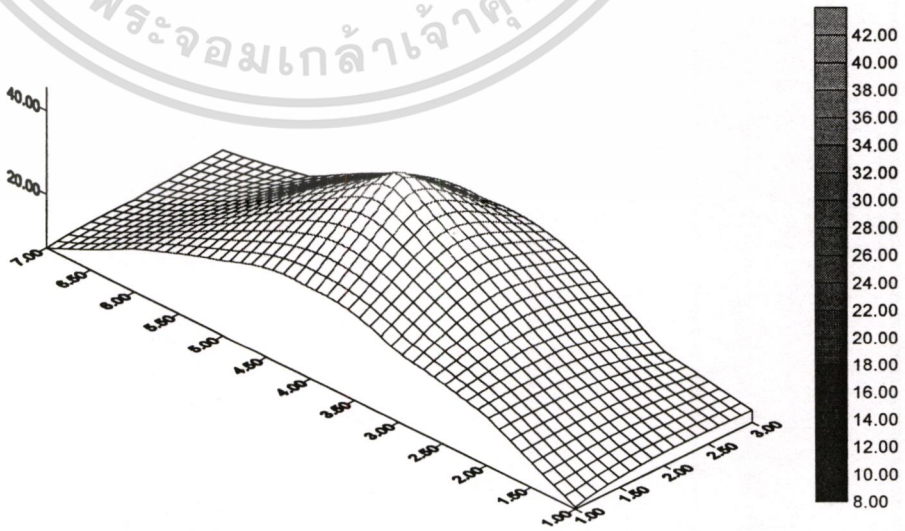


หน่วย : LUX

7.7	19	23.8	28.9	25	17.5	7.2
10.3	18.8	32.4	46.7	31.7	17.3	8.2
10.1	13.8	26.5	28.9	25	13.8	9.7

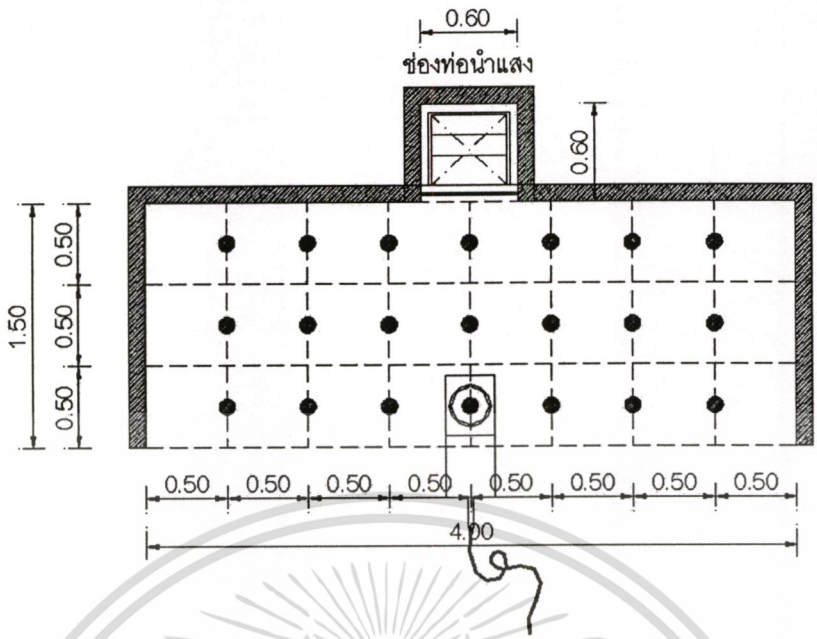
ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 46.7

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 7.2



รูปที่ 4.30 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

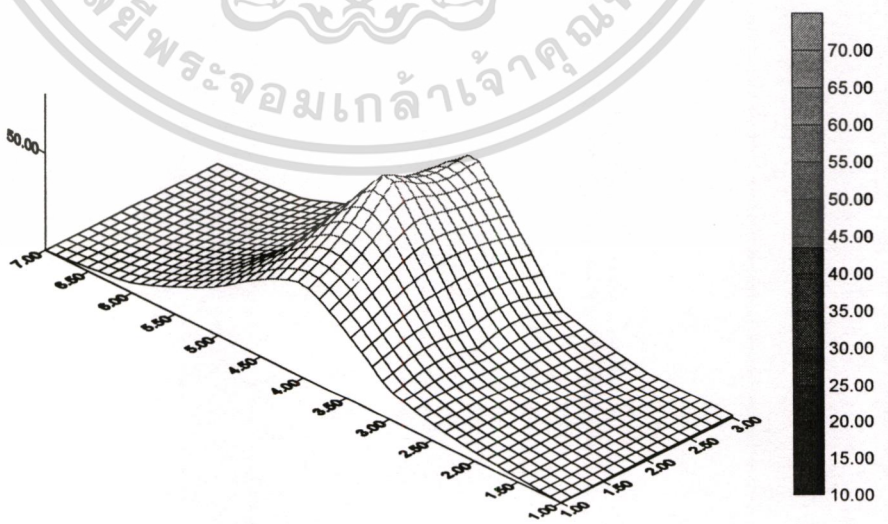


หน่วย : LUX

8.7	12.5	21	48.5	29	12.6	8.6
9.5	13.7	22.4	77.8	28.5	14	9
9.7	10.2	19.3	67.2	27	12.1	8.7

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 77.8

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 8.6



รูปที่ 4.31 กรณีวัดจากแสงแดด ตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

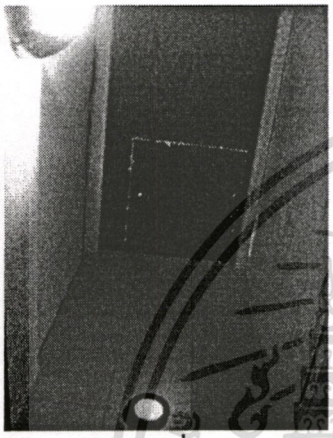
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงแบบโค้งครึ่งวงกลมกับตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ได้ผลของค่าความสว่าง ดังนี้

ลักษณะการส่องสว่างและการกระจายแสงของตัวสะท้อนแสงทั้งสองแบบมีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความสว่างมากบริเวณตรงกลางทางเดิน และลดลงสู่บริเวณโดยรอบเป็นลำดับ และมีค่าความแตกต่างของความสว่างจากจุดที่มากที่สุดและน้อยที่สุดไม่มากนัก เมื่อเปรียบเทียบค่าความสว่างโดยเฉลี่ย และลักษณะการกระจายแสงอย่างทั่วถึงแล้ว ตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอนจะมีค่าความสว่างโดยเฉลี่ยมากกว่า และลักษณะการกระจายแสงทั่วถึงกว่าแบบโค้งครึ่งวงกลม ก็เนื่องมาจากรูปทรงของตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอน มีรัศมีความโค้งในแนวตั้งที่น้อยกว่ารัศมีความโค้งในแนวนอน ซึ่งส่งผลให้ลักษณะการสะท้อนของแสงกระจายไปได้อย่างทั่วถึงของบริเวณทางเดินที่มีลักษณะแคบและยาว ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอนมากกว่าตัวสะท้อนแสงแบบครึ่งวงกลมที่มีลักษณะการกระจายแสงออกจากศูนย์กลางตามลักษณะผิวโค้งรูปครึ่งวงกลม

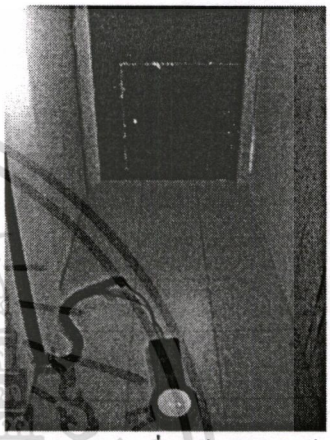
การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงแบบโค้งครึ่งวงกลมกับท่อโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงแดดโดยตรงเช่นกัน รูปแบบและลักษณะการส่องสว่างตลอดจนลักษณะการกระจายแสง จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับการทดลองจากแสงประดิษฐ์ แต่จะแตกต่างกันที่ปริมาณความเข้มของการส่องสว่าง และความสม่ำเสมอของการส่องสว่างในแต่ละจุด เนื่องจากแหล่งของแสงหรือตำแหน่งดวงอาทิตย์มีการเคลื่อนที่ตลอดเวลา และเมื่อพิจารณาเรื่องค่าความส่องสว่างโดยเฉลี่ยต่อลักษณะพื้นที่ใช้งานจริงบริเวณทางเดินนั้น เนื่องจากตัวสะท้อนแสงที่ใช้ในการทดลองเป็นแสตนเลส แต่เมื่อเทียบค่าการสะท้อนแสงกลับไปเป็นวัสดุประเภทกระจกเงานั้น ค่าความสว่างโดยเฉลี่ยต่อพื้นที่ใช้งานนั้นก็อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จึงสรุปได้ว่า รูปแบบตัวสะท้อนแสงแบบท่อโค้งในแนวนอน ทำให้มีค่าความสว่างที่เพียงพอต่อการใช้งาน และมีลักษณะการกระจายแสงได้อย่างทั่วถึงบริเวณทางเดินมากกว่าตัวสะท้อนแสงรูปแบบอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของแสงที่มากระทบตัวสะท้อนแบบครึ่งวงกลม



ลักษณะของแสงที่สะท้อนตัวสะท้อน
แบบครึ่งวงกลมลงสู่บริเวณผนัง

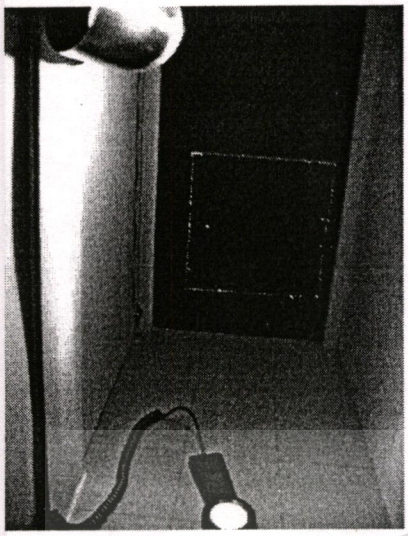


ลักษณะของแสงที่สะท้อนตัวสะท้อน
แบบครึ่งวงกลมลงสู่บริเวณทางเดิน

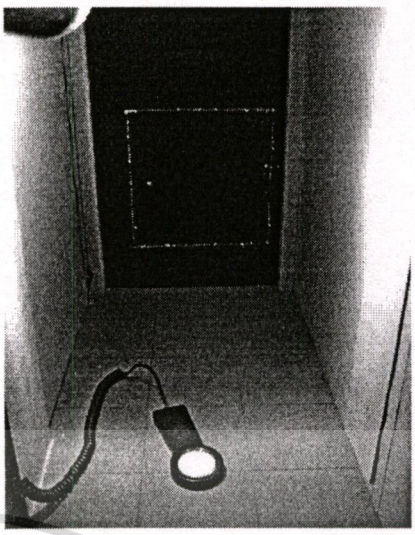
ลักษณะของแสงที่มากระทบตัวสะท้อนแบบท่อโค้งในแนวนอน

รูปที่ 4.32 ลักษณะการส่องสว่างของการทดลองที่ 4.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะของแสงที่สะท้อนตัวสะท้อนแบบท่อโค้งในแนวนอนลงสู่บริเวณผนัง



ลักษณะของแสงที่สะท้อนตัวสะท้อนแบบท่อโค้งในแนวนอนลงสู่บริเวณทางเดิน

รูปที่ 4.32 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

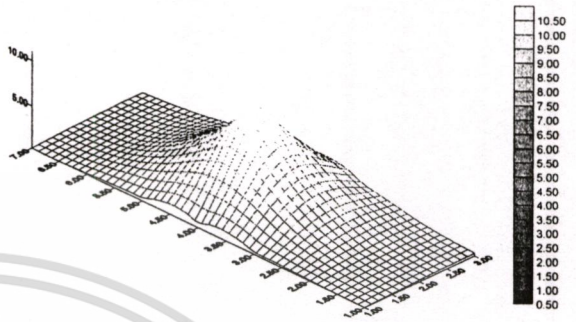
ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอนโดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ โดยตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม

15 พ.ค. 50

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.5	0.4
0.6	1.1	4.1	11.7	4.7	1.2	0.6
0.7	1.2	2.3	3.2	2.3	1.3	0.7

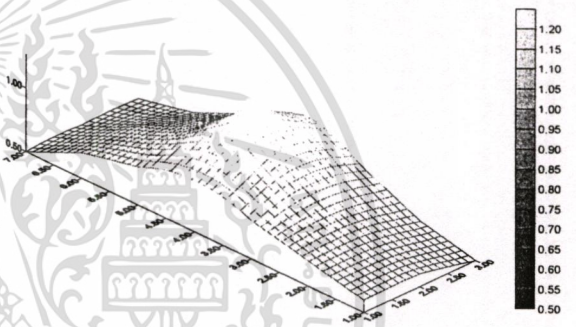
Max.	11.7
Min.	0.4



วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.7	0.5
0.6	0.7	0.9	1.3	0.9	0.7	0.5
0.5	0.6	0.8	1	0.8	0.6	0.5

Max.	1.3
Min.	0.5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม และแบบท่อโค้งในแนวนอน โดยทำการทดสอบกับแสงไฟประดิษฐ์ โดยตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบท่อโค้งในแนวนอน

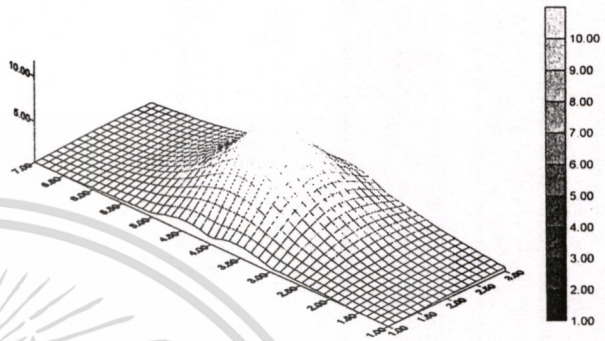
15 พ.ค. 50

ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบท่อโค้งในแนวนอน

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

0.5	0.7	0.9	1.1	0.9	0.7	0.5
0.8	1.3	4.8	12.4	4.5	1.3	0.8
0.9	1.6	2.9	4.2	3	1.6	0.9

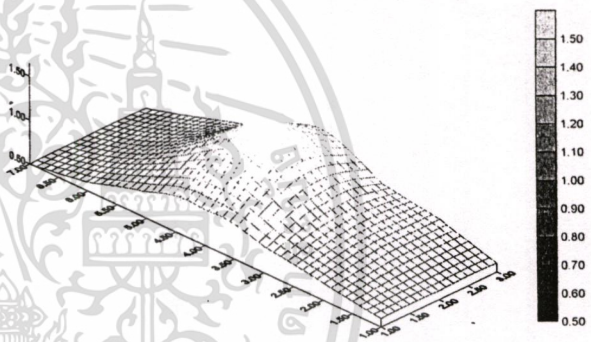
Max.	12.4
Min.	0.5



วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

0.6	0.7	0.8	0.9	0.8	0.6	0.5
0.6	0.8	1	1.7	1.1	0.7	0.5
0.6	0.8	0.9	1.2	0.9	0.7	0.5

Max.	1.7
Min.	0.5



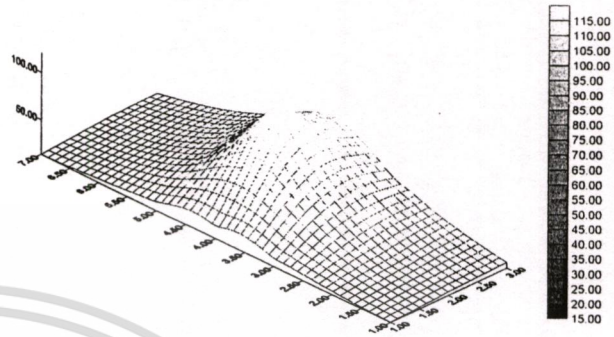
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลมโดยทำการทดสอบกับแสงแดดตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม

16 พ.ค. 50 และ 19 พ.ค.50

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

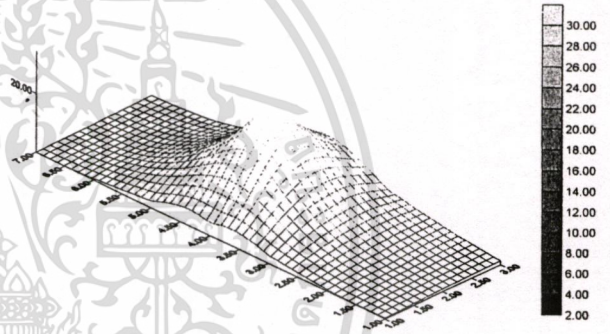
14.2	18	22.5	26.3	23	18.3	14.1
17.8	25.6	56.4	126	50.4	26.5	18.5
19.9	32.1	51.9	85.6	56.8	34	20.6



Max.	126
Min.	14.1
จำนวนช่องที่เกิน 50	6

วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

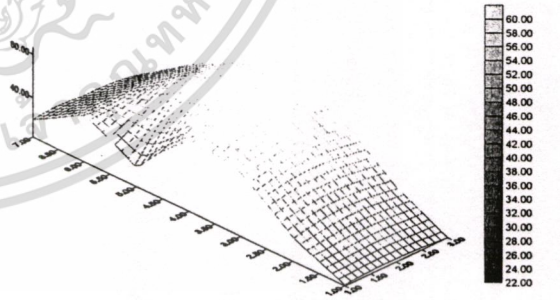
6.6	7.2	13.2	16.8	11.7	7.2	5.7
8.1	12.3	33.6	104.1	39.9	10.8	6.6
24.3	15.9	25.5	48.6	22.8	11.4	8.1



Max.	104.1
Min.	5.7
จำนวนช่องที่เกิน 50	1

วัดแสง ชั้น 1 หน่วย : LUX

22.3	32.9	51.1	54.5	30.1	43.3	29.8
23.2	36.2	54.8	64	58.5	43.3	29.6
21.7	33.4	51	58	56.5	44.3	27.8



Max.	64
Min.	21.7
จำนวนช่องที่เกิน 50	8

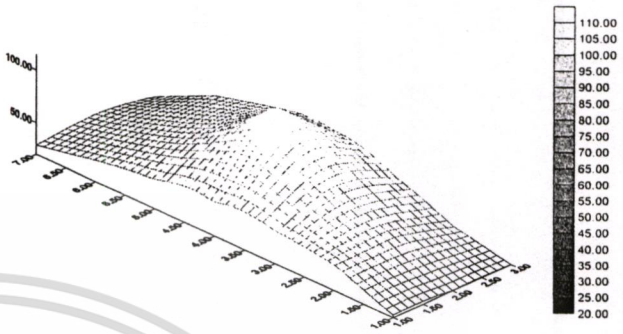
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ค่าความสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบครึ่งวงกลม โดยทำการทดสอบกับแสงแดด ตัวสะท้อนแสง (ในทางเดิน) แบบท่อโค้งในแนวนอน

16 พ.ค. 50 และ 19 พ.ค.50

วัดแสง ชั้น 3 หน่วย : LUX

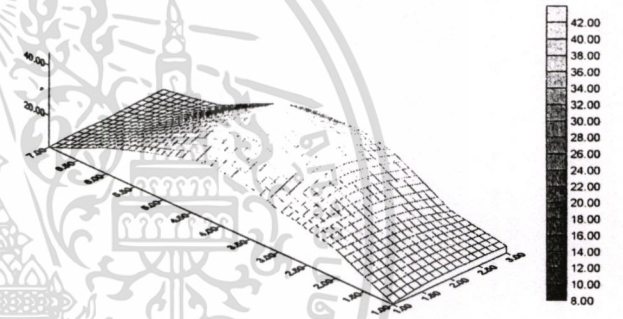
22.3	45.2	50.8	51.8	48.1	39.8	28.5
19.7	46.4	71.5	119.5	71.3	48.7	32.1
19.6	30.1	52.7	69.3	64.8	49.8	22.4



Max.	119.5
Min.	19.6
จำนวนช่องที่เกิน 50	8

วัดแสง ชั้น 2 หน่วย : LUX

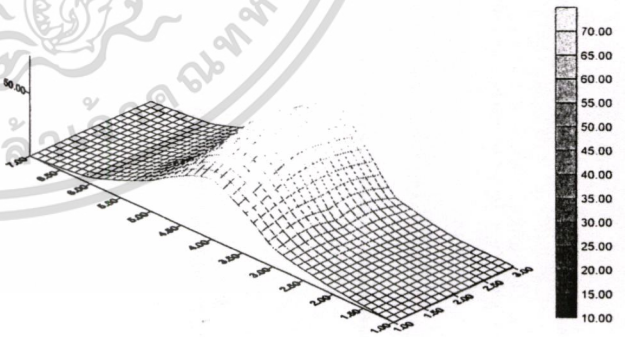
7.7	19	23.8	28.9	25	17.5	7.2
10.3	18.8	32.4	46.7	31.7	17.3	8.2
10.1	13.8	26.5	28.9	25	13.8	9.7



Max.	46.7
Min.	7.2
จำนวนช่องที่เกิน 50	-

วัดแสง ชั้น 1 หน่วย : LUX

8.7	12.5	21	48.5	29	12.6	8.6
9.5	13.7	22.4	77.8	28.5	14	9
9.7	10.2	19.3	67.2	27	12.1	8.7



Max.	77.8
Min.	8.6
จำนวนช่องที่เกิน 50	2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การเพิ่มประสิทธิภาพของการส่องสว่างโดยเปลี่ยนตัวสะท้อนภายในช่องท่อเป็นลักษณะผิวโค้ง และทำมุมเอียง 45 องศา ในการทดลองนี้ จะเป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบว่าค่าการกระจายแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทางเดินจะมีมากขึ้นหรือไม่ ถ้าหากใช้ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีลักษณะผิวดัดโค้ง โดยจะทำการทดลองวัดค่าความสว่างเพียงชั้น 3 ชั้นเดียว ซึ่งเป็นชั้นที่มีประสิทธิภาพของการส่องสว่างมากที่สุด และยังคงใช้ร่วมกับตัวสะท้อนแสงภายในทางเดินทั้งสองแบบคือ แบบผิวโค้งรูปครึ่งวงกลม กับแบบท่อดัดโค้งในแนวนอน และทำการวัดค่าความสว่างถึง 3 ครั้ง เพื่อนำเอาค่าความสว่างที่ดีที่สุดมาใช้ในการประเมินผล ดังที่ได้กล่าวแล้วว่าในทุกการทดลองกำหนดให้ตัวสะท้อนแสงเป็นกระจกเงาที่มีค่าการสะท้อนแสงสูงถึง 95-100% แต่ในการทดลองนี้ใช้ตัวสะท้อนแสงเป็นแสตนเลสที่มีค่าการสะท้อนแสงเพียง 50-65% ดังนั้น จึงต้องเทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงเพิ่มขึ้นอีก 40% แล้วจึงนำค่าความสว่างที่ได้ไปประเมินผลการทดลอง โดยนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับการทดลองที่ 4.2.2 ที่ใช้ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีลักษณะผิวเรียบแต่ไม่ดัดโค้ง เพื่อเปรียบเทียบดูลักษณะการกระจายแสงของแสงสว่างว่าแบบใดมีประสิทธิภาพมากกว่ากัน

รูปที่ 4.33 แสดงรายละเอียดของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีผิวเรียบดัดโค้ง

4.2.3.1 ตัวแปรที่ทำการควบคุม

- คุณสมบัติของ Model ในการทดลอง
- ตำแหน่งที่เก็บข้อมูล
- สภาวะแวดล้อมขณะทำการทดลอง
- ขนาดและตำแหน่งของช่องเปิดรับแสงด้านบน
- ขนาดและตำแหน่งของตัวสะท้อน

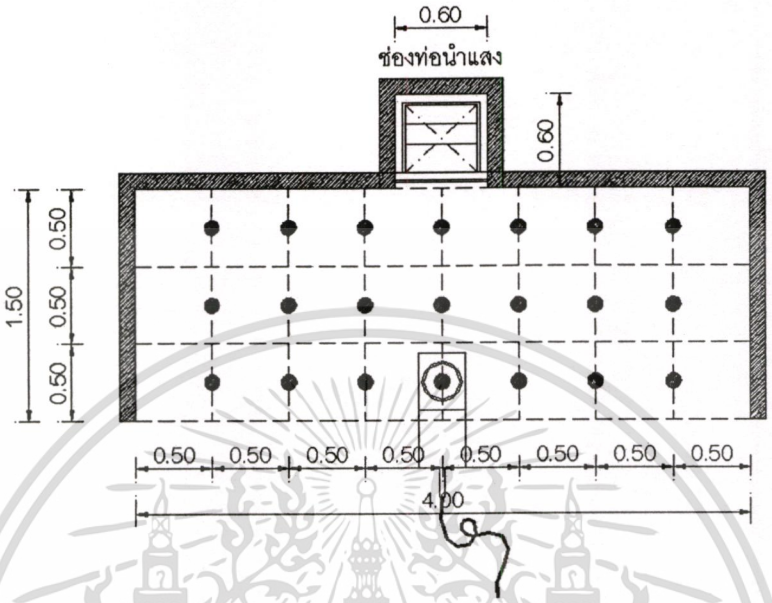
4.2.3.2 ตัวแปรที่ต้องการศึกษา

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่มีลักษณะผิวโค้งและทำมุมเอียง 45 องศา กับตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่เป็นแผ่นเรียบแต่เอียง 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ค่าความส่องสว่าง
- ลักษณะรูปแบบของการกระจายแสง

4.2.3.3 ผลการทดลอง



ตารางที่ 4.10 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบ โค้งครึ่งวงกลม และวัดแสงในชั้นที่ 3

การวัดค่าความสว่าง เวลา 9.45-9.50 น.

หน่วย : LUX

8.7	16.7	21.8	37.7	27.5	22.4	9.5
12	25	38.7	58.6	56	50	18.9
14.1	24.1	35	47	47.2	30.3	22.9

การวัดค่าความสว่าง เวลา 10.40-10.50 น.

หน่วย : LUX

7.7	11.2	13.4	23.8	20.2	13	8.2
12.7	22.3	70.7	137.5	74.9	28.1	14
15.1	23.5	43.9	78.1	66	46.2	22.6

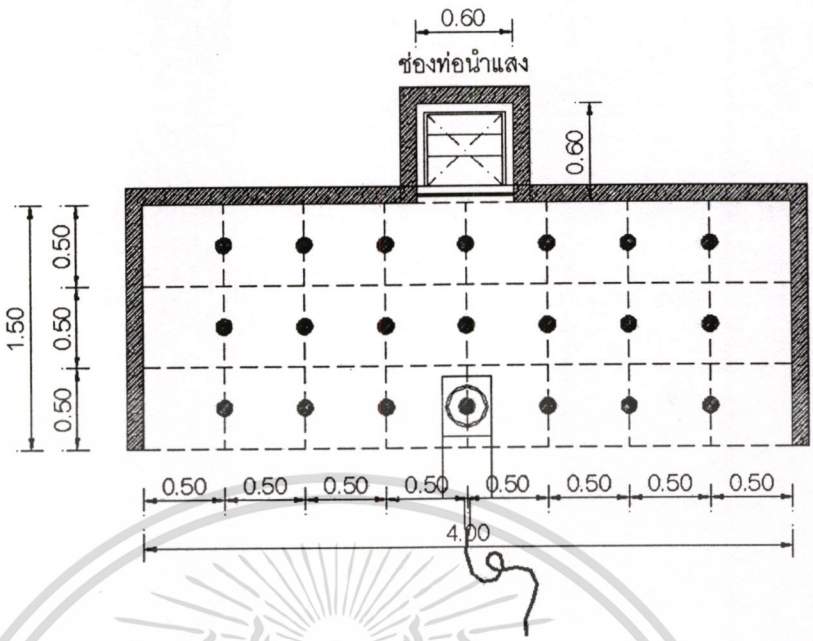
d

การวัดค่าความสว่าง เวลา 11.00-11.10 น.

หน่วย : LUX

6.1	8.6	14.2	23.1	14.1	9.8	7
10.3	19.8	82.8	140.4	91.9	23.4	12
12.4	19.4	39.7	75.5	54.8	31.2	14.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



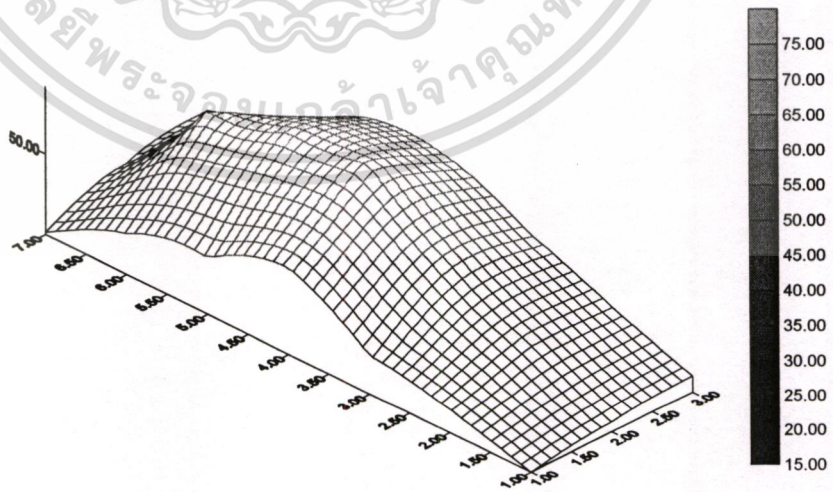
หน่วย : LUX

12.18	23.38	30.52	52.78	38.5	31.36	13.3
16.8	35	54.18	82.04	78.4	70	26.46
19.74	33.74	49	65.8	66.08	42.42	32.06

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 82.40

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 12.18

จำนวนค่าความสว่างที่ได้เกณฑ์มาตรฐาน 50 Lux. 50 : 7



รูปที่ 4.34 ผลการทดลองที่ 4.2.3 เทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงจากแสตนเลสเป็นกระจกเงา (เพิ่มขึ้น 40%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 กรณีตัวสะท้อนแสงเป็นแบบท่อโค้งในแนวนอน และวัดแสงในชั้นที่ 3

การวัดค่าความสว่าง เวลา 8.40-8.45 น.

หน่วย : LUX

4.6	6.1	10.8	42.5	14.3	6.5	5.2
6.9	13.1	56.7	185	71.5	14.9	6.7
7.2	12.7	30.3	49	36	14.6	7.6

การวัดค่าความสว่าง เวลา 9.00-9.05 น. หน่วย : LUX

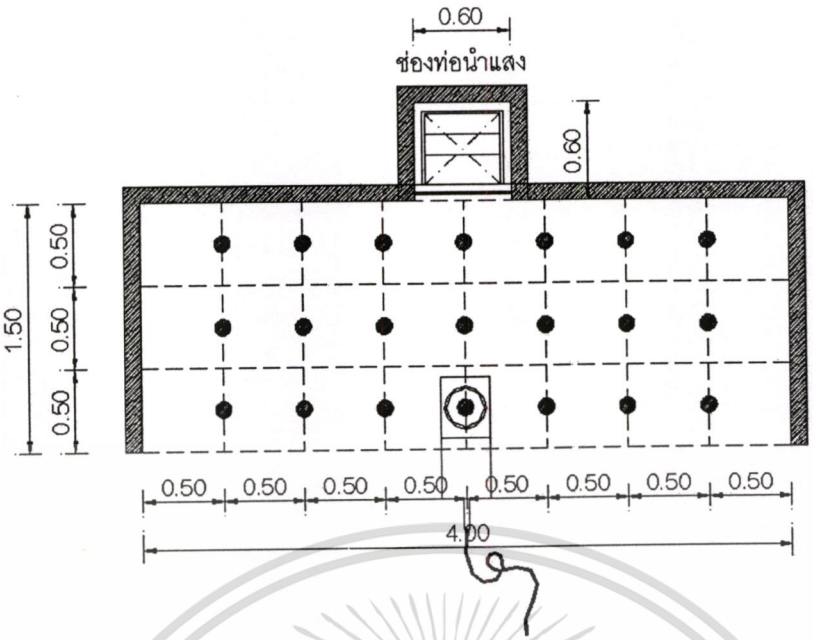
11.5	15.8	22.5	30.4	20.9	15.8	12.4
16.5	23.4	60.5	161.7	69.8	27.1	18
17.9	27.5	51.8	81.7	63.4	40	20.2

การวัดค่าความสว่าง เวลา 9.15-9.20 น.

หน่วย : LUX

14	20.5	28.5	36.5	29.9	20.8	14.3
18.2	29.6	58.6	150	71.7	32.2	19.6
19.7	31.9	56.9	81.5	65.9	41.7	24.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

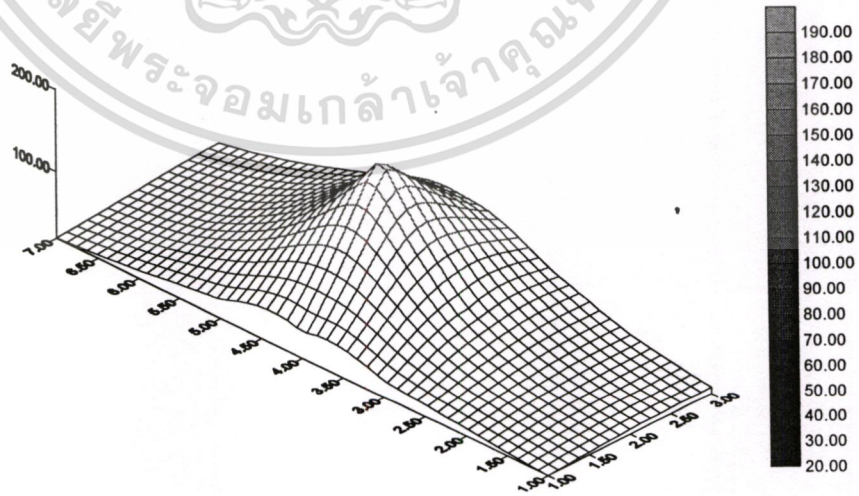


19.6	28.7	39.9	51.1	41.86	29.12	20.02
25.48	41.44	82.04	210	100.38	45.08	27.44
27.58	44.66	79.66	114.1	92.26	58.38	34.02

ค่าความสว่างสูงสุด (Max.) : 210

ค่าความสว่างต่ำสุด (Min.) : 19.6

จำนวนค่าความสว่างที่ได้เกณฑ์มาตรฐาน 50 Lux. 50 : 8



รูปที่ 4.35 เทียบเคียงค่าการสะท้อนแสงจากแสตนเลสเป็นกระจกเงา (เพิ่มขึ้น 40%)

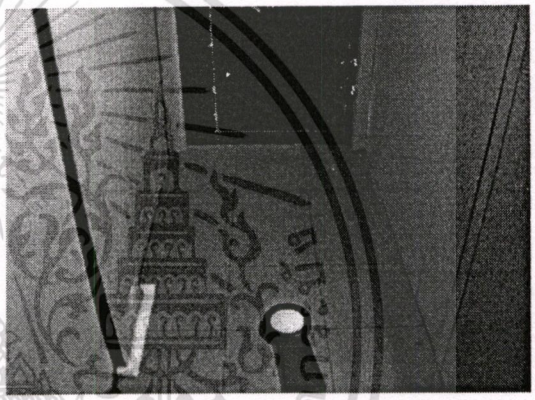
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3.4 สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการทดลองที่ 4.2.3 นั้น จะคล้ายคลึงกับรายละเอียดในการทดลองที่ 4.2.2 แต่เปลี่ยนรูปแบบตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อนำแสงเป็นลักษณะดัดโค้งในแนวนอน และทำการทดสอบกับตัวสะท้อนแสงภายในทางเดินทั้งสองรูปแบบ

ปรากฏว่า ลักษณะการกระจายแสงที่ได้จะมีน้อยกว่าแบบใช้ตัวสะท้อนแสงแบบเรียบธรรมดา และลักษณะการกระจายแสงก็ไม่ทั่วถึงเท่ากับแบบตัวสะท้อนแสงแบบเรียบ เนื่องจากรูปแบบของตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อที่ดัดโค้งนั้น จะทำให้แสงมีลักษณะการกระจายออกไปตามสะท้อนแสงที่มีผิวเรียบ และลักษณะการกระจายแสงบางส่วนอาจถูกบดบัง หรือหักเหไปในทิศทางอื่น ๆ ซึ่งไม่วิ่งตรงมายังตัวสะท้อนภายในทางเดิน เหมือนการทดลองอื่น ๆ จึงทำให้มีค่าความสว่างลดลงด้วยเหตุผลดังกล่าว

ลักษณะของแสงที่มากระทบตัวสะท้อนแบบครึ่งวงกลม (ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบผิวเรียบดัดโค้ง)



ลักษณะของแสงที่สะท้อนตัวสะท้อนแบบครึ่งวงกลมลงสู่บริเวณทางเดิน (ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบผิวเรียบดัดโค้ง)

ลักษณะของแสงที่สะท้อนจากตัวสะท้อนแบบครึ่งวงกลมลงสู่บริเวณผนัง (ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบผิวเรียบดัดโค้ง)

รูปที่ 4.36 ผลการทดลองที่ 4.2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 เปรียบเทียบการทดลองการเพิ่มประสิทธิภาพของการส่องสว่างโดยใช้ตัวสะท้อนภายในช่องท่อแบบผิวดัดโค้ง และแบบตรง

25 พ.ค. 50

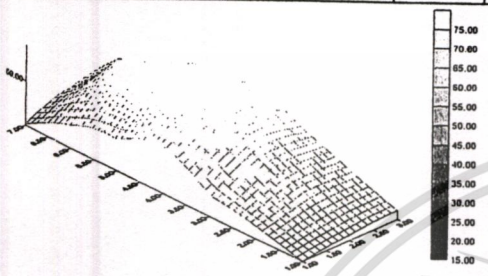
ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบผิวดัดโค้ง

ใช้ร่วมกับตัวสะท้อนในทางเดินเป็นแบบครึ่งวงกลม

วัดแสง ชั้น 3 ทำ surfer

หน่วย : LUX

12.18	23.38	30.52	52.78	38.5	31.36	13.3
16.8	35	54.18	82.04	78.4	70	26.46
19.74	33.74	49	65.8	66.08	42.42	32.06



Max.	82.04
Min.	52.78
จำนวนช่องที่เกิน 50	7
ค่าเฉลี่ย	33.33

16 พ.ค. 50

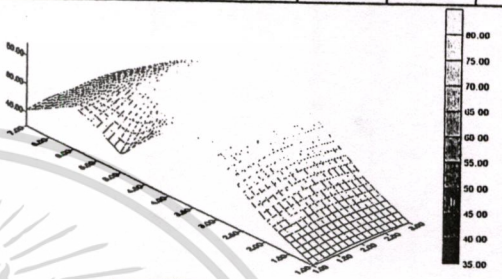
ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบตรง

ใช้ร่วมกับตัวสะท้อนในทางเดินเป็นแบบครึ่งวงกลม

วัดแสง ชั้น 1 ทำ surfer

หน่วย : LUX

31.22	46.06	71.54	76.3	42.14	60.62	41.72
32.48	50.68	76.72	89.6	81.9	60.62	41.44
30.38	46.76	71.4	81.2	79.1	62.02	38.92



Max.	89.6
Min.	50.68
จำนวนช่องที่เกิน 50	12
ค่าเฉลี่ย	57.14

25 พ.ค. 50

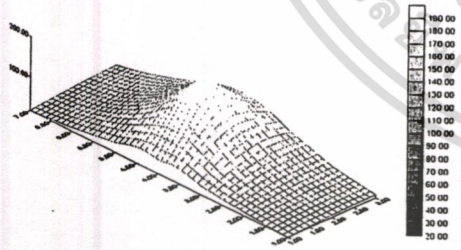
ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบผิวดัดโค้ง

ใช้ร่วมกับตัวสะท้อนในทางเดินเป็นแบบท่อโค้ง

วัดแสง ชั้น 1 ทำ surfer

หน่วย : LUX

19.6	28.7	39.9	51.1	41.86	29.12	20.02
25.48	41.44	82.04	210	100.38	45.08	27.44
27.58	44.66	79.66	114.1	92.26	58.38	34.02



Max.	210
Min.	51.1
จำนวนช่องที่เกิน 50	8
ค่าเฉลี่ย	38.10

16 พ.ค. 50

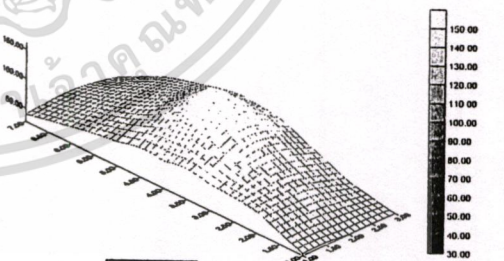
ตัวสะท้อนแสงในช่องท่อเป็นแบบตรง

ใช้ร่วมกับตัวสะท้อนในทางเดินเป็นแบบท่อโค้ง

วัดแสง ชั้น 3 ทำ surfer

หน่วย : LUX

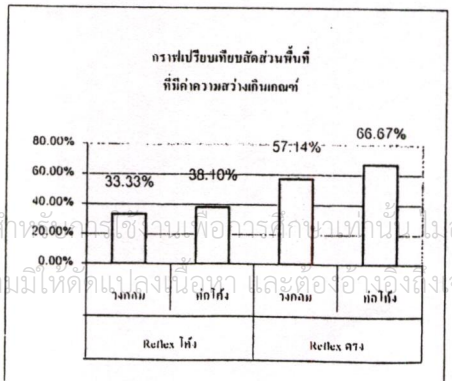
31.22	63.28	71.12	72.52	67.34	55.72	39.9
27.58	64.96	100.1	167.3	99.82	68.18	44.94
27.44	42.14	73.78	97.02	90.72	69.72	31.36



Max.	167.3
Min.	55.72
จำนวนช่องที่เกิน 50	14
ค่าเฉลี่ย	66.67

กราฟเปรียบเทียบสัดส่วนพื้นที่ที่มีค่าความสว่างเกินเกณฑ์

Reflex โค้ง		Reflex ตรง	
วงกลม	ท่อโค้ง	วงกลม	ท่อโค้ง
33.33%	38.10%	57.14%	66.67%



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สรุปประเด็นอิทธิพลที่มีผลต่อระบบความสว่างของการทดลอง มีรายละเอียดดังนี้

1. เนื่องจากใช้แหล่งแสงธรรมชาติจากดวงอาทิตย์โดยตรง ระดับความสว่างจากแสงแดดซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกอาคาร เช่น ลักษณะและสภาพท้องฟ้าตลอดจนสภาพภูมิอากาศ และที่ตั้งของอาคารที่แตกต่างกัน จะส่งผลต่อระดับปริมาณความสว่างที่ได้รับจากดวงอาทิตย์โดยตรง

2. ขนาดและรูปแบบของช่องเปิดรับแสงด้านบนอาคาร ควรจะมีขนาดใหญ่พอที่จะเปิดรับและนำแสงธรรมชาติเข้าไปใช้ในอาคารให้ได้มากที่สุด และรับแสงแดดได้ตลอดเวลา

3. ลักษณะและรูปแบบของตัวสะท้อนแสงของระบบท่อนำแสง ควรจะมีลักษณะดังนี้

3.1 ตัวสะท้อนแสงภายนอก ควรจะมีลักษณะผิวโค้งเข้า เพราะจะช่วยในการรวมแสงและเพิ่มความเข้มของแสงได้มากยิ่งขึ้น

3.2 ตัวสะท้อนแสงภายใน ควรจะมีลักษณะผิวโค้งออก เพราะจะช่วยในการกระจายแสงได้ดี ส่วนลักษณะการกระจายแสงที่โค้งออกในแนวตั้งหรือแนวนอน ให้พิจารณาลักษณะแสงที่กระจายให้สัมพันธ์กับลักษณะพื้นที่ที่จะใช้งาน

3.3 ตัวสะท้อนแสงบริเวณพื้นที่ใช้งาน ควรจะมีลักษณะผิวโค้งทั้ง 2 ทิศทาง หรือแบบ PARABOLA เพื่อจะให้แสงสามารถกระจายได้อย่างทั่วถึงบริเวณพื้นที่ใช้งานมากยิ่งขึ้น

3.4 ตัวสะท้อนแสงภายในช่องท่อควรจะมีผิวดัดโค้งในแนวตั้ง เพื่อจะช่วยกระจายแสงให้เต็มพื้นที่ช่องเปิดของจุดจ่ายแสงในแต่ละชั้นของอาคารได้มากยิ่งขึ้น

4. รูปแบบและลักษณะของการนำแสงไปใช้งาน โดยลักษณะการนำแสงไปใช้งานด้วยการสะท้อนแสงที่บริเวณฝ้าเพดาน จะช่วยให้แสงกระจายได้อย่างทั่วถึงบริเวณพื้นที่ทางเดินได้ดีกว่าการนำแสงไปจ่ายยังบริเวณทางเดินโดยตรง และลักษณะแสงที่ได้จะทำให้เกิดความสบายทางด้านการมองเห็น เนื่องจากจะไม่เห็นแหล่งที่มาของแสงที่ทำให้เกิดการระคายเคืองด้านสายตา (Glare) และพื้นที่ทางเดินต้องการความสว่างขั้นต่ำเพียง 50 LUXE ซึ่งไม่ได้ต้องการความสว่างมากเหมือนพื้นที่ใช้งานอื่นๆ

5.1 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้ในการออกแบบ

จากการศึกษาการนำแสงธรรมชาติเข้าสู่ภายในทางเดินด้วยระบบช่องท่อนำแสง ที่มีลักษณะตัวสะท้อนแสงเป็นกระจกเงานั้น เนื่องจากเป็นการนำแสงสะท้อนผ่านจากดวงอาทิตย์โดยตรง ลักษณะความสม่ำเสมอของการส่องสว่าง ความเข้มของการส่องสว่าง จะมีลักษณะไม่คงที่ ในการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานจริง คงต้องใช้ร่วมกับแสง ประดิษฐ์ และต้องพิจารณาถึงบริเวณที่นำไปใช้งานในเรื่องของการสะสมความร้อนของอาคาร โดยสลับการปิด-เปิดร่วมกันระหว่างแสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ ทั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ร่วมในงานออกแบบ ดังนี้

1. ควรใช้ร่วมกับตัวสะท้อนแสงภายนอกที่มีลักษณะโค้งเข้า เพื่อช่วยรวมแสงและเพิ่มความเข้มของแสงมากยิ่งขึ้น

2. ควรใช้ตัวสะท้อนแสงบริเวณพื้นที่ใช้งานที่มีรูปทรง PARABORA จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกระจายแสงได้มากยิ่งขึ้น

3. ถ้ากำหนดให้ชั้นบนสุดของอาคาร สามารถรับแสงได้โดยตรงจากดาดฟ้าอาคารโดยไม่ต้องผ่านระบบท่อนำแสง ก็จะช่วยเพิ่มจำนวนชั้นในการรับแสงได้มากยิ่งขึ้นอีก

4. ในการนำไปใช้งาน หากพิจารณาจากตำแหน่งของระบบท่อนำแสงในผังของอาคารและจัดวางตำแหน่งของท่อนำแสงไม่ให้ตรงกัน แต่อยู่ในลักษณะสลับกัน ก็จะยิ่งช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการส่องสว่างได้ทั่วถึงมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้มีข้อจำกัดทางการศึกษาเกี่ยวกับระยะเวลาการทำวิจัย ทุนในการจัดทำวิจัย เครื่องมือในการเก็บข้อมูล จึงข้อเสนอแนะในการทำวิจัยนี้ดังนี้

1. ในการทดลองควรจัดหาเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่สามารถปรับและรับแสงแดดได้ตลอดเวลา ซึ่งอาจเป็นเครื่องกล ทั้งนี้ เพื่อความถูกต้อง และแม่นยำในการเก็บค่าความสว่างในแต่ละเวลา

2. ทำการทดลองกับท่อนำแสงที่มีลักษณะและรูปแบบภายในช่องท่อแสงที่มีรูปแบบอื่นๆ มากกว่านี้ เพื่อค้นหารูปแบบท่อนำแสงที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. ทำการทดลองกับตัวสะท้อนแสงภายนอกที่มีลักษณะผิวโค้งเข้า เพื่อจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรวมแสงและเพิ่มความเข้มของแสงได้มากยิ่งขึ้นด้วย

4. ทำการทดลองกับตัวสะท้อนแสงบริเวณพื้นที่ใช้งานที่มีรูปทรง PARABORA เพราะจะช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการส่องสว่างมากยิ่งขึ้น

5. ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการศึกษาเพียงในพื้นที่กรุงเทพมหานคร ซึ่งถ้ามีการเก็บข้อมูลอื่น ณ พื้นที่อื่น ควรทำการเก็บข้อมูลของพื้นที่นั้น เนื่องจากความแตกต่างของตำแหน่งดวงอาทิตย์และสภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันทำให้ข้อมูลที่ได้แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ชำนาญ ห่อเกียรติ, ดร.มปป. **เทคนิคการส่องสว่าง,** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรมน ไวโรจนกิจ, รศ. 2542. **สภาพแวดล้อมด้านแสงสว่าง.** เอกสารการสอนวิชาเทคโนโลยีสภาพแวดล้อมอาคาร, กรุงเทพฯ : ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์เขตร้อน คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พิบูลย์ ดิษฐอุดม. 2544. **การออกแบบระบบแสงสว่าง.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

ไพศาล จันเตยูร, ผศ. 2539. **Climatic Design in Tropical Housing&Building.** เชียงใหม่ : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Edmonds, I.R., (1993) **Solar Energy Materials and Solar Cells.** Performance of laser cut light deflecting panels in daylighting applictions, 29, 1-26.

Egan, D.M. 1983. **Concepts in architecture lighting,** New York : McGraw-Hill.

Evans, B.H. 1981. **Daylighting in architecture,** New York : AIA.

Reynolds, J.S. and stein, B.1922. Mechanical and Electrical Equipment for building, 8th ed.New York : John Wiley&Son.

Stein, B and Raynolds, J.S.1992. **Mechanical and Electrical Equipment for building,** 7th ed.New York : John Wiley&Son.

Yeang, K, (1995) **The Skyscraper Bioclimatic : the Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings,** McGraw_Hill, New York.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายเด่น แซ่อึ้ง เกิดเมื่อวันที่ 19 เมษายน 2512 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2533 และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตอุเทนถวาย ปีการศึกษา 2542

ปี พ.ศ. 2542-2546	สถาปนิก บริษัท สำนักงานโฟร์เอส จำกัด
ปี พ.ศ. 2547-2548	สถาปนิก บริษัท Prommin Sutharasantic Architect Studio Bangkok
ปี พ.ศ. 2549-ปัจจุบัน	สถาปนิกอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้