การศึกษาแสงธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคาร

นายขวัญชัย ศศิภานุเดช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2527

ISBN 974 - 563 - 084 - 5

009999

A STUDY OF DAYLIGHT FOR USE IN BUILDING DESIGN

Mr. Khuanchai Sasipanudach

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1984

ISBN 974 - 563 -084 - 5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาแสงธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคาร

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดย นายขวัญชัย ศศิภานุเดช

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ศาสตราจารย์ ดร.จรวย บุญยุบล)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.มานิจ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ มานพ พงศทัต)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.เทียนชัย ประดิสถายน)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาแสงธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคาร
ชื่อ นายชวัญชัย ศศิภานุเดช
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ
ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2526

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับแสงธรรมชาติเพื่อประโยชน์สำหรับอาคารในกรุงเทพมหานคร ข้อมูลที่ศึกษาได้แก่ความส่องสว่างของท้องฟ้า ความสว่างของท้องฟ้า ความสว่างของดวงอาทิตย์ ทั้งในสภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า เช่น ท้องฟ้ามืด ท้องฟ้าแจ่มใส และท้องฟ้ามีเมฆมาก การวัดเพื่อหาข้อมูลเกี่ยวกับแสงธรรมชาติกระทำภายในห้องทดลองบนพื้นที่ทำงานสมมุติ แล้วนำข้อมูลที่วัดได้จากห้องทดลองมาเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจากข้อมูลแสงธรรมชาติภายนอกอาคารตามวิธี CIE (Commission International de l' Eclairage) วิธี IES (Illuminating Engineering Society) และวิธีความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก ค่าที่ได้แสดงว่ามีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจุดอ้างอิงหรือมาตรฐานของแต่ละวิธีนั้นแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในการคำนวณหาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติเข้ามาในอาคาร วิธีที่ง่ายได้แก่ CIE ซึ่งใช้มาตรฐานของท้องฟ้ามืด โดยใช้ค่าองค์ประกอบของแสงธรรมชาติต่ำสุด ส่วนวิธี IES จะเน้นทางด้านท้องฟ้าแจ่มใส

ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้สามารถนำเอาข้อมูลของแสงธรรมชาติที่วัดได้ในกรุงเทพมหานครไปใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้รับแสงธรรมชาติในอาคารอย่างถูกต้อง สำหรับการใช้แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์ร่วมกัน แสงธรรมชาติและแสงประดิษฐ์มีหน้าที่ต่างกัน แต่ทั้งสองอย่างสามารถใช้ประกอบกัน และแต่ละอย่างสามารถใช้ชดเชยในเมื่อความสว่างอย่างหนึ่งอย่างใดไม่สมบูรณ์

Thesis Title A Study of Daylight for use in Building Design

Name Mr.Khuanchai Sasipanudach

Thesis Advisor Assoc. Prof. Pramoht Unhavaithaya; Dr.- Ign.

Department Electrical Engineering

Academic year 1983

ABSTRACT

This research is to study of daylight used for buildings in Bangkok. The data are sky luminance, sky illumination, solar illumination, in accordance with overcast sky, clear sky, and cloudy sky. The measurement of daylight was carried out in a room on a workplane. The derived experimental results were compared with the value calculated from the outdoor daylight data by the Commission International de l' Eclairage (CIE), Illuminating Engineering Society (IES), and Illumination Rectangular Source methods. The value showed that there was a little difference depending on the reference point or standard of each method. However, in calculating the daylight used for building, the easier method was the CIE standard with overcast sky. This system was based on the minimum daylight factor. For the IES method, it emphasized on clear sky.

Thus , this research in worth for being a reference of daylight data in Bangkok to be used for calculating in order to obtain the exact indoor daylight. When using the daylight together with the artificial light, there are some different functions. But they can be used complementary. Besides, each can be compensated whenever the light is deficient.

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากผู้ทำวิทยานิพนธ์ได้รับความกรุณาอย่างสูงจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ประโมทย์ อุณห์ไวทยะ ที่กรุณาแนะแนวทางปฏิบัติ ให้ความคิดและแนะนำที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จสมบูรณ์ ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. จรวย บุญยุบล รองศาสตราจารย์ ดร. เทียนชัย ประดิสถายน รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ และรองศาสตราจารย์ มานพ พงศทัต ที่ได้ให้คำวิจารณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์นี้

นอกจากนี้ ผู้ทำวิทยานิพนธ์ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว ที่ได้อำนวยความสะดวกชั้นดาดฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อวัดค่าความสว่างของท้องฟ้า และเจ้าหน้าที่ต่าง ๆ ใน วิทยาลัยเทคโนโลยีและอาชีวศึกษา วิทยาเขตอุเทนถวาย ที่ได้จัดหาห้องเพื่อทดสอบความสว่างในอาคาร รวมทั้งจัดพิมพ์ต้นฉบับวิทยานิพนธ์นี้

สารบัญ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประเทศ ..... ฉ
รายการตารางประกอบ ..... ช
รายการกราฟประกอบ ..... ฎ
รายการรูปประกอบ ..... ฐ
รายการสัญญลักษณ์ประกอบ ..... ฒ
บทที่
1. บทนำ 1
1.1 คำนำ 1
1.2 ความเป็นมาของปัญหา 1
1.3 ความสำคัญของปัญหา 2
1.4 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 3
1.6 นิยามและคำศัพท์เทคนิค 3
2. ทฤษฎีการคำนวณแสงธรรมชาติเพื่อประโยชน์ในการออกแบบอาคาร 11
2.1 สภาวะท้องฟ้า 11
2.2 ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 14
2.3 การคำนวณความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 17

หน้า

2.4 การออกแบบแสงธรรมชาติด้วยวิธี IES 19

2.5 การออกแบบแสงธรรมชาติด้วยวิธี CIE 23

3. การวัดค่าความสว่างและความส่องสว่างของท้องฟ้า 27

3.1 ตัวอย่างสภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า 27

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าความสว่างของท้องฟ้า 29

3.3 วิธีวัดและผลลัพท์ของค่าความสว่างของท้องฟ้า 31

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า 49

3.5 วิธีวัดและผลลัพท์ค่าความส่องสว่างของท้องฟ้า 50

4. การวัดค่าความสว่างของแสงธรรมชาติในห้องทดลอง 59

4.1 ขนาดของห้องทดลอง 59

4.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด 61

4.3 ตำแหน่งการวัดตามวิธี IES 62

4.4 ตำแหน่งการวัดตามวิธี CIE 63

4.5 การวัดค่าความสว่าง 64

4.6 การวัดและผลลัพท์ 64

5. การคำนวณแสงธรรมชาติตามสภาวะต่าง ๆ ของท้องฟ้า 70

5.1 การคำนวณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารตามข้อมูลที่วัดโดยวิธี IES 70

5.2 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธี IES 70

5.3 การคำนวณแสงธรรมชาติเข้าสู่อาคารตามข้อมูลที่วัดโดยวิธี CIE 75

5.4 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธี CIE 75

5.5 ตัวอย่างการคำนวณแสงธรรมชาติตามวิธีความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงไม่สม่ำเสมอรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 76

หน้า

6. การวิเคราะห์ผลการทดลอง 84
6.1 จากการเปรียบเทียบผลที่ได้รับจากการวัดและการคำนวณ .. 84
6.2 ผลจากอาคารมีกันสาด 89
6.3 ผลจากความส่วางที่สะท้อนจากพื้นดิน 90
6.4 ผลจากความส่องส่วางของท้องฟ้าไม่เท่ากันตลอด 92
6.5 ผลจากความชื้นหรือปริมาณไอน้ำในอากาศ..... 92
6.6 ผลจากความแตกต่างของข้อมูลจากการวัดกับข้อมูลต่างประเทศ 92
7. สรุปและข้อเสนอแนะ 98
เอกสารอ้างอิง 99
ภาคผนวก
1. แสดงข้อมูลสำหรับใช้ในการคำนวณออกแบบแสงธรรมชาติภายในอาคาร โดยวิธี IES ; ความส่วางแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก 100
2. แสดงข้อมูลพื้นฐานสำหรับใช้ในการคำนวณค่าความส่วางต่ำสุดของแสงธรรมชาติภายในอาคาร ตามวิธี CIE 113
3. การหาองค์ประกอบแสงธรรมชาติ 117
ประวัติ 124

รายการตารางประกอบ

		หน้า
ตารางที่ 3.3.1 - 3.3.3	แสดงข้อมูลความสว่างของท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้ามืด	33 - 36
ตารางที่ 3.3.4 - 3.3.5	แสดงข้อมูลความสว่างของท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	38 - 40
ตารางที่ 3.3.6 - 3.3.7	แสดงความสว่างของดวงอาทิตย์	47 - 48
ตารางที่ 3.4.1 - 3.4.2	แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้ามืด	56 - 57
ตารางที่ 3.4.3	แสดงข้อมูลค่าเฉลี่ยความส่องสว่าง ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	58
ตารางที่ 4.1 - 4.2	แสดงตำแหน่งห้องทดลองวัดค่าความสว่าง ณ จุดต่าง ๆ ตามวิธี IES ในสภาวะท้องฟ้ามืด	65 - 66
ตารางที่ 4.3 - 4.4	แสดงตำแหน่งห้องทดลองวัดค่าความสว่าง ณ จุดต่าง ๆ ตามวิธี IES ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส.	67 - 68
ตารางที่ 4.5 - 4.6	แสดงตำแหน่งห้องทดลองวัดค่าความสว่าง ณ จุดต่าง ๆ ตามวิธี CIE ในสภาวะท้องฟ้ามืด	69
ตารางที่ 5.1 - 5.2	แสดงตัวอย่างการคำนวณความสว่างห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้ามืด ตามวิธี IES	78 - 79
ตารางที่ 5.3 - 5.4	แสดงตัวอย่างการคำนวณความสว่างห้องสมมูลย์ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส ตามวิธี IES	80 - 81
ตารางที่ 5.5	แสดงตัวอย่างการคำนวณความสว่าง ตามวิธี CIE	82

หน้า

ตารางที่ 5.6	แสดงตัวอย่างการคำนวณความสว่าง ตามวิธีแหล่งกำเนิดแสงรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก	83
ตารางที่ 6.1	แสดงประสิทธิภาพแสงธรรมชาติกรณีมีกันสาดแนวราบ	89
ตารางที่ 6.2	แสดงความสว่างที่สะท้อนจากพื้นดินในแนวดิ่งในสภาวะท้องฟ้ามืด	90
ตารางที่ 6.3	แสดงความสว่างที่สะท้อนจากพื้นดินในแนวดิ่งในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	91

รายการกราฟประกอบ

		หน้า
กราฟที่ 3.3.1	แสดงความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะท้องฟ้ามืด	34
กราฟที่ 3.3.2	แสดงการเปรียบเทียบความสว่างของท้องฟ้า ในฤดูร้อน และฤดูหนาว สภาวะท้องฟ้ามืด	37
กราฟที่ 3.3.3 - 3.3.5	แสดงความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	39 - 42
กราฟที่ 3.3.6	แสดงการเปรียบเทียบความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ ในฤดูร้อนและฤดูหนาว สภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	43
กราฟที่ 3.3.7 - 3.3.11	แสดงความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส ครึ่งวัน	44 - 46
กราฟที่ 6.1	แสดงการเปรียบเทียบความสว่าง ทั้งการวัดและการ คำนวณ ตามวิธี IES และCIE ในสภาวะท้องฟ้ามืด..	85
กราฟที่ 6.2	แสดงการเปรียบเทียบความสว่าง ทั้งการวัดและการ คำนวณ ตามวิธี CIE ในสภาวะท้องฟ้ามืด	86
กราฟที่ 6.3 - 6.4	แสดงการเปรียบเทียบความสว่าง ทั้งการวัดและการ คำนวณ ตามวิธี IES ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	87 - 88
กราฟที่ 6.5	แสดงการเปรียบเทียบความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ ที่กรุงเทพฯ และอเมริกา สภาวะท้องฟ้ามืด	94
กราฟที่ 6.6	แสดงการเปรียบเทียบความสว่างของท้องฟ้าในแนวราบ ที่กรุงเทพฯ และอเมริกา สภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	95
กราฟที่ 6.7	แสดงการเปรียบเทียบความสว่างของดวงอาทิตย์ ในแนวราบ ที่กรุงเทพฯ และอเมริกา	96

รายการรูปประกอบ

หน้า

รูป 1.1	แสดงตัวอย่างการแบ่งเส้นศูนย์สูตร เส้นรุ้งและเส้นแวง ...	3
รูป 1.2	แสดงผลของการเกิดฤดูกาล	4
รูป 1.3	แสดงตำแหน่งของดวงอาทิตย์ มุมแอลติจูด และมุมอะซิมุต ของดวงอาทิตย์	5 - 6
รูป 2.1	แสดงความส่องสว่างและความสว่างของท้องฟ้าในสภาวะท้องฟ้ามืด และท้องฟ้าแจ่มใส	13
รูป 2.2	แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่จุดขนานบนระนาบ...	14
รูป 2.3	แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงที่จุดตั้งฉากบนระนาบ..	15
รูป 2.4	แสดงความสว่างของแหล่งกำเนิดแสง เมื่อไม่อยู่ที่มุมของแหล่งกำเนิดแสง	16
รูป 2.5	แสดงระยะมาตรฐานของการคำนวณ ตามวิธี IES	19
รูป 2.6	แสดงค่าความลึกสูงสุดของห้องกับค่าต่ำสุดขององค์ประกอบแสงธรรมชาติ	23
รูป 2.7	แสดงตำแหน่งที่ใช้อ้างอิงตามการคำนวณวิธี CIE	24
รูป 3.1	แสดงสภาวะของท้องฟ้ามีเมฆมาก	27
รูป 3.2	แสดงสภาวะท้องฟ้ามืด	28
รูป 3.3	แสดงสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	28
รูป 3.4	แสดงกล่องสีดำป้องกันการสะท้อนแสงจากพื้นดิน	29
รูป 3.5	แสดงเครื่องมือวัดแสง	30
รูป 3.6	แสดงการติดตั้งตัวรับแสง	30

หน้า

รูป 3.7	แสดงการวัดความสว่างในแนวดิ่ง	32
รูป 3.8	แสดงการวัดความสว่างในแนวราบ	32
รูป 3.9	แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือวัดความส่องสว่าง	49
รูป 3.10 - 3.11	แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้าในสภาวะท้องฟ้ามืด...	51 - 52
รูป 3.12 - 3.14	แสดงความส่องสว่างของท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้าแจ่มใส	53 - 55
รูป 4.1	แสดงส่วนประกอบ ขนาด และเปอร์เซ็นต์ การสะท้อนแสงของห้องทดลอง	59 - 60
รูป 4.2	แสดงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวัด	61
รูป 4.3	แสดงตำแหน่งการวัดตามวิธี IES	62
รูป 4.4	แสดงตำแหน่งการวัดตามวิธี CIE	63
รูป 5.1	แสดงรายละเอียดของห้องที่ใช้เป็นตัวอย่างคำนวณ	71
รูป 5.2	แสดงห้องสมมูลย์ และห้องแท้จริง ในกรณีมีชายคากันสาด	72

รายการสัญญลักษณ์ประกอบ

Al	โซลาแอ็ลติจูด
Az	โซลาอะซิมุต
L	ความส่องส่วาง
E	ความส่วาง
τ	การส่งผ่านแสงของวัสดุ
R	การสะท้อนแสงของวัสดุ
Km	ค่าการบำรุงรักษา
Ep	จำนวนแสงธรรมชาติทั้งหมดที่ตกลงบนพื้นที่ทำงาน
Es	จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงานที่เป็นผลมาจากท้องฟ้า
Eg	จำนวนแสงธรรมชาติบนพื้นที่ทำงานที่เป็นผลมาจากพื้นดิน
Ew	ความส่วางของท้องฟ้าในแนวดิ่งที่หน้าต่างได้รับแสง
Eh1	ค่าความส่วางของท้องฟ้าในแนวราบ
Eh2	ค่าความส่วางของดวงอาทิตย์ในแนวราบ
Ku	ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้ประโยชน์
DF	องค์ประกอบแสงธรรมชาติ
IDF	องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น
CF	องค์ประกอบที่ใช้แก้ไข
W	ความกว้างของแหล่งกำเนิดแสง
H	ความสูงของแหล่งกำเนิดแสง
D	ระยะทางห่างจากแหล่งกำเนิดแสง
Rd	ความลึกของห้อง
Wd	เปอร์เซ็นต์ความกว้างของหน้าต่าง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย