หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

หลักเบื้องต้นในการออกแบบการส่องสว่างด้วยแสงธรรมชาติ

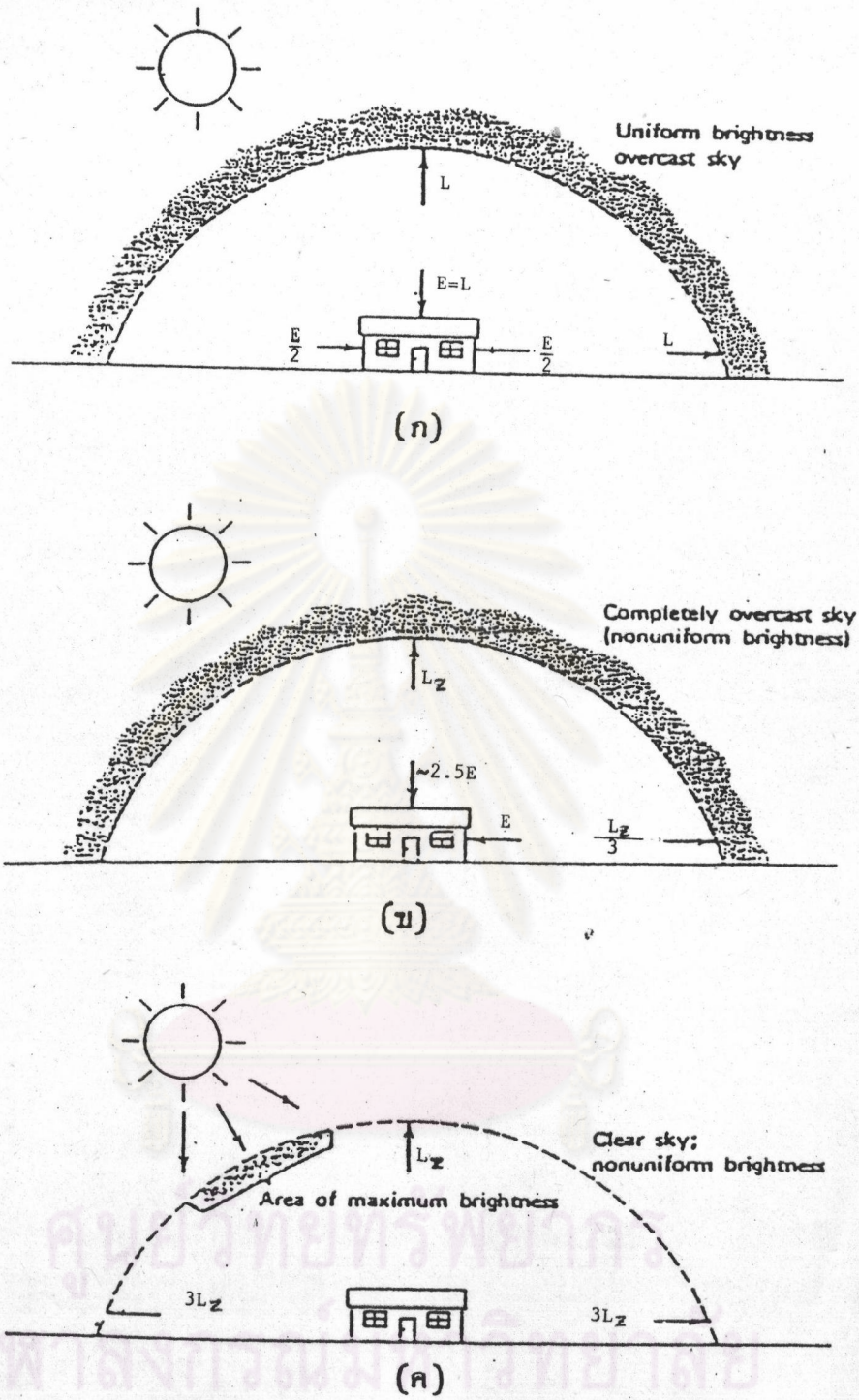
ในปัจจุบัน การออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย มีอยู่ 2 วิธี ได้แก่ วิธีของ CIE (Commission International de l' Eclairage) และวิธีของ IES (Illuminating Engineering Society) แต่สำหรับการวิจัยนี้ เลือกใช้วิธีของ CIE ซึ่งสามารถหาค่าความสว่างต่ำสุดบนระนาบในแนวราบภายในอาคารรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก ที่มีช่องเปิดรับแสงธรรมชาติเป็นลักษณะต่าง ๆ กันได้ การใช้วิธีของ CIE ในการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ จำเป็นต้องเรียนรู้ข้อกำหนดและหลักการเบื้องต้น ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเสียก่อน เช่น สภาวะท้องฟ้า ความสว่างภายนอกอาคาร ความสว่างภายในอาคาร และองค์ประกอบที่มีผลต่อความสว่างภายในอาคาร เป็นต้น

2.1 ท้องฟ้าตามมาตรฐานของ CIE (CIE Standard Overcast Sky)

ความส่องสว่างของท้องฟ้าปกติจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และต่อเนื่อง ทำให้ไม่สามารถสังเกตุเห็นความแตกต่างด้วยตาเปล่าได้เลย แต่ในบางครั้งการเปลี่ยนแปลงนี้ ก็อาจเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วจนเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน การเปลี่ยนแปลงความส่องสว่างของท้องฟ้าในลักษณะทั้งสองนี้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น จำนวนก้อนเมฆ ปริมาณไอน้ำ สารแขวนลอย และสิ่งปะปนต่าง ๆ ในบรรยากาศ ซึ่งจะมีผลต่อความส่องสว่างของท้องฟ้าสู่พื้นดิน ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้จะทำให้ท้องฟ้ามีสภาวะแตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. ท้องฟ้ามืด (Overcast Sky) [2, 3, 4] เป็นสภาวะที่ดวงอาทิตย์ถูกเมฆบดบังโดยสิ้นเชิง และความส่องสว่างของท้องฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ และช้ากว่าสภาวะของท้องฟ้าประเภทอื่น สภาวะท้องฟ้ามืดยังสามารถแบ่งออกได้อีก 2 แบบ คือ

ก. ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างเท่ากันตลอด (Uniform Brightness Overcast Sky) เป็นค่าโดยประมาณที่วัดได้จากการกระจายความส่องสว่างของท้องฟ้า และค่าความสว่างในแนวราบ (Horizontal Illuminance : E_h) จะมีค่าเท่ากับความส่องสว่างของท้องฟ้า (L) ส่วนค่าความสว่างในแนวดิ่ง (Vertical Illuminance : E_v) จะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของค่าความสว่างในแนวราบ (E_h) ดังแสดงในรูปที่ 2.1.1 ก



รูปที่ 2.1.1 แสดงความส่องสว่าง และความสว่างของท้องฟ้า

(ก) ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างเท่ากันตลอด

(ข) ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอด

(ค) ท้องฟ้าแจ่มใส

ข. ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอด (Nonuniform Brightness Overcast Sky) เป็นสภาวะของท้องฟ้าที่มีอัตราส่วนความส่องสว่างของท้องฟ้าในแนวระดับขอบฟ้า กับความส่องสว่างของท้องฟ้าที่จุดยอดท้องฟ้า (Zenith) เป็น 1:3 และความส่องสว่างของท้องฟ้าหาได้จากสมการที่ 2.1.1 หรือ 2.1.2

$$L_\theta = L_z \times \frac{(1 + 2 \sin\theta)}{3} \qquad (2.1.1)$$

หรือ

$$L_\theta = \frac{3}{7\pi} E_{ho} (1 + 2 \sin\theta) \qquad (2.1.2)$$

โดยที่ θ = มุมที่วัดจากแนวระนาบขึ้นไป

L_θ = ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่มุม θ เหนือระดับขอบฟ้า

L_z = ความส่องสว่างของท้องฟ้าที่จุดยอดท้องฟ้า

E_{ho} = ความสว่างกลางแจ้งบนพื้นราบ

ถ้าคิดในด้านความสว่างจะได้ว่าความสว่างกลางแจ้งบนพื้นราบ (E_{ho}) จะมีค่าประมาณ 2.5 เท่าของความสว่างกลางแจ้งในแนวดิ่ง (E_{vo}) ดังแสดงในรูปที่ 2.1.1 ข.

2. ท้องฟ้าแจ่มใส (Clear Sky) [2, 4] เป็นสภาวะที่ดวงอาทิตย์ไม่มีกลุ่มเมฆบดบังอยู่ ดังนั้นความส่องสว่างจึงได้จาก 2 แหล่ง คือ จากแสงอาทิตย์โดยตรง และจากแสงสะท้อนของท้องฟ้า อย่างไรก็ตาม ถ้าคำนึงถึงการกระจายแสงที่สะท้อนจากท้องฟ้าเพียงอย่างเดียว จะได้ว่าความส่องสว่างในแนวระดับขอบฟ้า (L_θ) จะมีค่าเป็น 3 เท่าของความส่องสว่างที่จุดยอดท้องฟ้า(L_z) ดังแสดงในรูปที่ 2.1.1 ค.

จากสภาวะของท้องฟ้าทั้งสองประเภท การออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาติ ตามวิธีของ CIE กำหนดให้ใช้ท้องฟ้ามืดที่มีค่าความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอดเป็นมาตรฐานในการออกแบบ

2.2 ความสว่างภายนอกอาคาร (External Illuminance) [3]

เนื่องจาก ตามวิธีของ CIE จะออกแบบที่ค่าความสว่างต่ำสุด ดังนั้นการพิจารณาค่าความสว่างของแสงธรรมชาติภายนอกอาคาร จึงต้องมีค่าอย่างน้อยเท่ากับ หรือมากกว่าค่าที่ต้องการตลอดชั่วโมงทำงานปกติตลอดทั้งปี โดยที่ความสว่างที่สนใจนี้ จะเป็นความสว่างต่ำสุดเฉลี่ยตลอดปี บนพื้นดินในแนวราบกลางแจ้งที่ถือว่าได้รับแสงโดยตรงจากท้องฟ้า ในสภาวะท้องฟ้ามืดที่มีความส่องสว่างไม่เท่ากันตลอด และไม่มีสิ่งกีดขวางแสงสว่างจากท้องฟ้าเลย โดยจะไม่คำนึงถึง

ความสว่างที่ได้จากการสะท้อนแสงจากสิ่งปลูกสร้างหรือพื้นผิวธรรมชาติข้างเคียง

ความส่องสว่างและความสว่างของท้องฟ้า ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ 2.1 และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยที่สำคัญอีก 2 อย่าง ที่วิธีของ CIE นำมาพิจารณาคือ ตำแหน่งเส้นรุ้ง และช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ดังแสดงในรูปผนวกที่ ก.1 สำหรับการวิจัยนี้จะสนใจเฉพาะในประเทศไทย ซึ่งตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 5-20 องศาเหนือ และช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเป็น 85-95% ของช่วงเวลา 09.00 - 17.00 น. เท่านั้น ตัวอย่างเช่น กรุงเทพมหานครตั้งอยู่ที่เส้นรุ้งที่ 13.5 องศาเหนือ โดยคิดที่การใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติเป็น 95% ของช่วงเวลา 09.00 - 17.00 น. จะได้ค่าความสว่างในแนวราบกลางแจ้งเท่ากับ 11,390 ลักซ์ ส่วนช่วงเวลาการใช้ประโยชน์ช่วงอื่น ๆ นอกเหนือจากช่วงเวลานี้ จะต้องอาศัยการแปลงค่าเปอร์เซนต์จากช่วงเวลาการใช้ประโยชน์จากแสงธรรมชาติ ดังแสดงในตารางผนวกที่ ก.1

2.3 ความสว่างภายในอาคาร (Internal Illuminance)

ความสว่างภายในอาคาร ตามวิธีของ CIE หมายถึงความสว่างบนระนาบในแนวราบที่จุดวัดภายในอาคาร ซึ่งมีอยู่ 2 แบบ ตามลักษณะของช่องเปิดรับแสง คือ

1. ค่าความสว่างต่ำสุด : จะเป็นค่าที่ได้จากการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่ง สำหรับอาคารที่มีหน้าต่างในแนวดิ่งบนผนังหนึ่งด้าน ค่าความสว่างต่ำสุดที่พิจารณาจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. และอยู่ในแนว 60 ซ.ม. จากผนังด้านตรงข้ามกับหน้าต่าง ส่วนอาคารที่มีหน้าต่างบนผนังสองด้านตรงข้ามกัน ค่าความสว่างต่ำสุดที่พิจารณาจะอยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม. เช่นเดียวกัน แต่จะอยู่ในแนวกึ่งกลางระหว่างหน้าต่างทั้งสองด้าน

2. ค่าความสว่างเฉลี่ย : จะเป็นค่าที่ได้จากการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงบนหลังคา โดยค่าความสว่างเฉลี่ยที่พิจารณา จะอยู่สูงจากพื้น 90 ซ.ม.

ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบในแนวราบภายนอกอาคาร (E_{ho}) กับความสว่างบนระนาบในแนวราบภายในอาคาร (E_{hi}) สามารถแสดงได้โดยสมการที่ 2.3.1

$$DF_h = \frac{E_{hi}}{E_{ho}} \times 100\% \qquad (2.3.1)$$

โดยที่ DF_h = องค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวราบ (Horizontal Daylight Factor)

เนื่องจากตามวิธีของ CIE ไม่ได้กล่าวถึงวิธีการหาค่าความสว่างบนระนาบในแนวดิ่งภายในอาคาร แต่ในความเป็นจริงบางกิจกรรมการใช้งานจะอยู่ในแนวดิ่ง เช่น การแสดงภาพหรือการจัดบอร์ด เป็นต้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงทำการดัดแปลงวิธีของ CIE ให้สามารถนำมาคำนวณหาค่าความสว่างบนระนาบในแนวดิ่งภายในอาคารได้ โดยมีความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างบนระนาบในแนวดิ่งภายนอกอาคาร (E_{vo}) กับความสว่างบนระนาบในแนวดิ่งภายในอาคาร (E_{vi}) ดังแสดงโดยสมการที่ 2.3.2

$$DF_v = \frac{E_{vi}}{E_{vo}} \times 100\% \qquad (2.3.2)$$

โดยที่ DF_v = องค์ประกอบแสงธรรมชาติในแนวดิ่ง (Vertical Daylight Factor)

2.4 องค์ประกอบแก้ไข (Correction Factors)

ในการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคารด้วยแสงธรรมชาตินอกจากจะต้องคำนึงถึงความสว่างภายนอกอาคารแล้ว ยังจำเป็นต้องคำนึงถึงปัจจัยประกอบอื่น ๆ อีกเช่น ค่าการส่งผ่านแสงของหน้าต่าง ค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร มุมเอียงของช่องเปิดรับแสง ช่วงเวลาในการทำความสะอาด และการบังแสงจากภายนอก เป็นต้น

<u>การส่งผ่านแสงของวัสดุ</u> (t) : จะขึ้นกับชนิดของวัสดุนั้น ๆ ค่าองค์ประกอบแก้ไขเป็นดังตารางผนวกที่ ก.2

<u>การสะท้อนแสงของวัสดุ</u> (R) : จะขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัสดุนั้น ๆ ในกรณีของอาคารที่มีช่องเปิดรับแสงธรรมชาติเป็นหน้าต่างในแนวดิ่ง ตามวิธีของ CIE ค่าเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร จะกำหนดให้มีค่าคงที่ดังนี้ เพดาน 70% ผนัง 50% และพื้น 15% สำหรับช่องเปิดรับแสงในลักษณะอื่น ๆ ค่าเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายในอาคาร จะคิดเป็นค่าเฉลี่ย โดยมีสูตรการคิดดังสมการที่ 2.4.1

$$R_{av} = \frac{(A_r.R_r) + (A_g.R_g) + (A_w.R_w) + (A_f.R_f)}{(A_r + A_g + A_w + A_f)} \qquad (2.4.1)$$

โดยที่ R_{av} = เปอร์เซนต์การสะท้อนแสงโดยเฉลี่ย

A_r = พื้นที่ของหลังคา

R_r = เปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวหลังคาด้านในของอาคาร

A_g = พื้นที่ของช่องเปิดรับแสง

R_g = เปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นผิววัสดุที่ใช้ทำช่องเปิดรับแสง

A_w = พื้นที่ของผนัง

R_w = เปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นผิวผนังด้านในของอาคาร

A_f = พื้นที่ของพื้นอาคาร

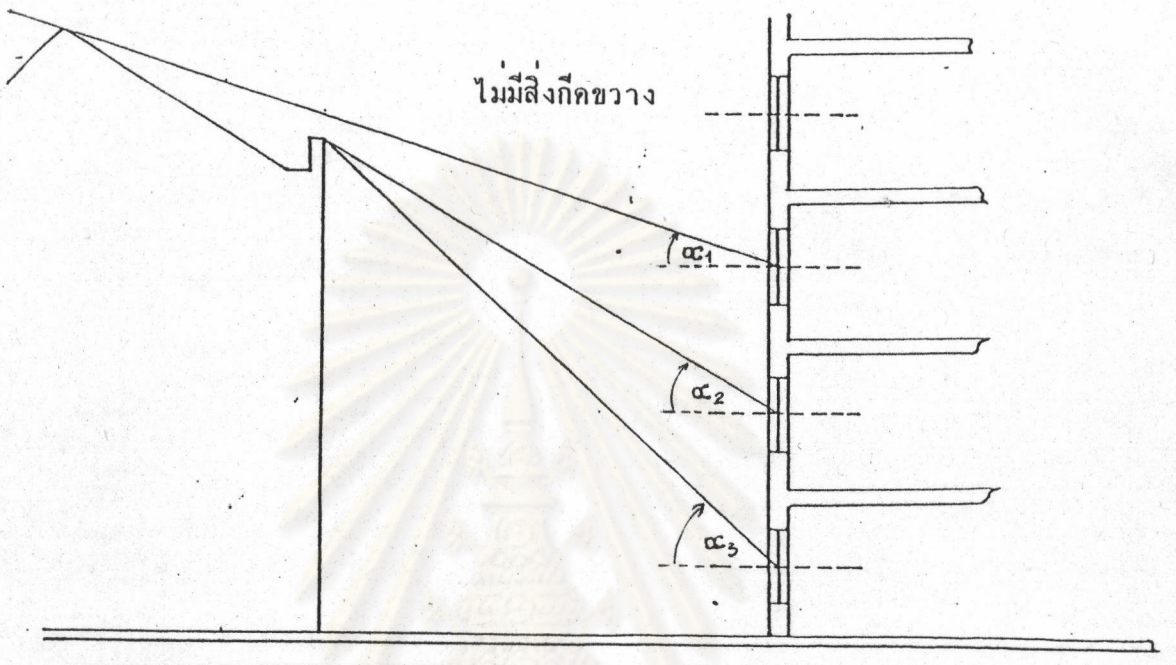
R_f = เปอร์เซนต์การสะท้อนแสงของพื้นอาคาร

ค่าเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงโดยเฉลี่ย จะสามารถเปลี่ยนค่าเป็นองค์ประกอบแก้ไขได้ โดยอาศัยตารางผนวกที่ ก.3

<u>การสะสมของฝุ่นหรือสิ่งสกปรก</u> (Dirt Accumulation : K_m) : ลักษณะกิจกรรมภายในอาคาร จะเป็นตัวกำหนดความสกปรกที่จะเกิดขึ้นภายในอาคาร ส่วนมุมเอียงของช่องเปิดรับแสง จะเป็นตัวกำหนดความสกปรกที่จะเกิดขึ้นบนพื้นผิววัสดุที่ใช้ทำช่องเปิดรับแสง ซึ่งยังขึ้นกับสภาวะแวดล้อมรอบ ๆ อาคารด้วย การที่มุมเอียงของช่องเปิดรับแสงยิ่งน้อยเมื่อเทียบกับแนวระดับแล้ว ฝุ่นผงสกปรกก็จะจับเกาะที่ช่องเปิดได้มากยิ่งขึ้น ทำให้จำเป็นต้องทำความสะอาดถี่ขึ้น ตารางผนวกที่ ก.4 แสดงถึงค่าองค์ประกอบแก้ไข โดยถือว่ามีการทำความสะอาดทุก 6 เดือน

<u>มุมบังแสงจากภายนอก</u> (Obstruction Angle : α) : จะเกิดขึ้นในกรณีที่บริเวณรอบนอกอาคารมีสิ่งปลูกสร้าง หรือสิ่งธรรมชาติ เช่น ต้นไม้ตั้งอยู่ในทิศทางที่บังให้ปริมาณแสงสว่างเข้าสู่อาคารได้น้อยลง โดยจะวัดเป็นมุมระหว่างเส้นขอบของสิ่งบังแสงภายนอกทำมุมกับเส้นระดับที่ลากผ่านจุดกึ่งกลางหน้าต่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.4.1 โดยที่ แอลฟ่า (α) คือมุมบังแสงนั่นเอง

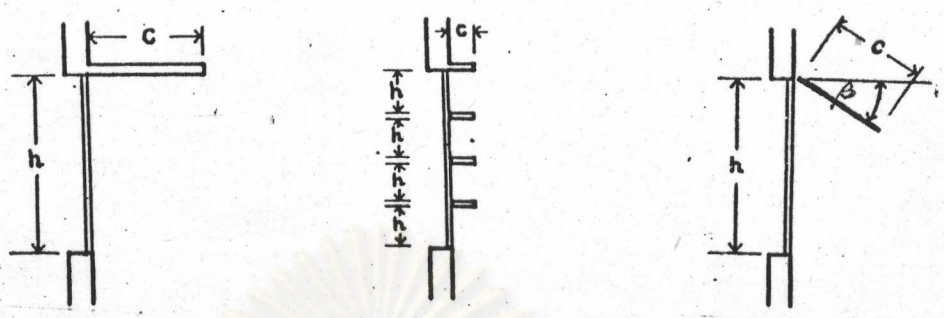
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4.1 แสดงมุมบังแสงบนหน้าต่าง

<u>กันสาดหรือบานเกล็ด</u> (Overhangs or Louvers) : เป็นโครงสร้างของอาคารหรือเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติม เพื่อช่วยในการบังคับแสงสว่างให้เข้าสู่ภายในอาคารในปริมาณตามต้องการ โดยที่กันสาดหรือบานเกล็ดต้องมีลักษณะทึบแสง และมีเปอร์เซนต์การสะท้อนแสงต่ำมาก สำหรับประสิทธิภาพของกันสาด หรือบานเกล็ดที่ยอมให้แสงผ่านได้ จะเป็นอัตราส่วนระหว่างปริมาณแสงที่ผ่านเข้าสู่อาคารในกรณีที่มีกันสาด หรือบานเกล็ด กับ ปริมาณแสงสว่างที่ผ่านเข้าสู่อาคารในกรณีที่ไม่มีกันสาด หรือบานเกล็ด ซึ่งจะมีสูตรในการคำนวณแตกต่างกัน ตามชนิดของกันสาด หรือบานเกล็ด สำหรับในประเทศไทยกันสาดหรือบานเกล็ดที่นิยมใช้กันมีอยู่ 2 ชนิด ได้แก่

1. กันสาดหรือบานเกล็ดในแนวระดับ : ดังแสดงในรูปที่ 2.4.2 ก. และรูปที่ 2.4.2 ข. โดยมีประสิทธิภาพ (eff) ยอมให้แสงผ่านได้ดังสมการที่ 2.4.2



(ก) (ข) (ค)

รูปที่ 2.4.2 แสดงลักษณะของกันสาด หรือบานเกล็ด
(ก) และ (ข) แสดงกันสาด หรือบานเกล็ดในแนวระดับ
(ค) แสดงกันสาด หรือบานเกล็ดทำมุมกับแนวระดับ

$$eff = [\sqrt{1+(c/h)^2} - (c/h)] \times 100\ \% \qquad (2.4.2)$$

โดยที่ c = ความกว้างของกันสาด หรือบานเกล็ด ที่ยื่นออกจากตัวอาคาร
h = ความสูงของกันสาดเหนือระดับขอบหน้าต่าง หรือระยะระหว่างบานเกล็ดถึงบานเกล็ด

2. กันสาดหรือบานเกล็ดในลักษณะทำมุมกับแนวระดับ : ดังแสดงในรูปที่ 2.4.2 ค. โดยมีประสิทธิภาพยอมให้แสงผ่านได้ ดังสมการที่ 2.4.3

$$eff = [\sqrt{1-2(c/h)\sin\ +(c/h)^2} - (c/h)\cos\beta] \times 100\ \% \qquad (2.4.3)$$

โดยที่ β = มุมที่กันสาด หรือบานเกล็ดทำกับแนวระดับ

<u>องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น</u> (Initial Daylight Factor): เป็นข้อมูลทางแสงจำเพาะของอาคารที่มีช่องเปิดลักษณะต่าง ๆ กัน ซึ่งจะบ่งบอกถึงปริมาณแสงธรรมชาติที่ผ่านเข้าภายในอาคารได้ โดยยังมิได้คำนึงถึงองค์ประกอบแก้ไขอื่น ๆ โดยที่ปริมาณแสงนี้จะขึ้นอยู่กับขนาด และลักษณะของช่องเปิดรับแสง รวมทั้งขนาดของห้องด้วย ดังนั้นการคำนวณหาค่า

องค์ประกอบแสงธรรมชาติจึงสามารถหาได้จากสมการที่ 2.4.4

$$DF = IDF \times CF \qquad (2.4.4)$$

โดยที่ DF = องค์ประกอบแสงธรรมชาติ (Daylight Factor)

IDF = องค์ประกอบแสงธรรมชาติเบื้องต้น (Initial Daylight Factor)

CF = องค์ประกอบแก้ไข (Correction Factor)

และ CF = f(t, R, R_{av}, K_m, α , eff ของกันสาดหรือบานเกล็ด)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย