บทที่ 3
ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาหาตัวแปร ที่มีอิทธิผลต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง เพื่อหาวิธีที่จะสามารถนำมาใช้ในการออกแบบ วิธีการวิจัย จึงต้องนำตัวแปรทั้งหมดมาวิเคราะห์ว่าตัวแปรแต่ละตัวมีอิทธิผลต่อการให้แสงมากน้อยเพียงใด และมีความสัมพันธ์ต่อกันอย่างไร ด้วยวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการวัดส่องสว่างในหุ่นจำลอง ภายใต้สภาพท้องฟ้าจริง ตามรายละเอียดระเบียบวิธีวิจัยที่จะกล่าวต่อไป

3.1 <u>ตัวแปรที่มีผลต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง</u>

จากการศึกษาวรรณกรรม งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรูปแบบการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง พบว่าตัวแปรที่มีความเกี่ยวข้องกับการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้างจะเป็นไปตามสมการ

$$E = \frac{I * \cos\theta}{d^2} \qquad \text{.....(9)}$$

$$E_{sp} = [E_{sv} * A_{gl} * T_{gl} * C_s * K_s] + [E_{gv} * A_{gl} * T_{gl} * C_g * K_g] \qquad \text{.....(25)}$$

$$E_{gv} = R_g * \text{field proportion factor} \qquad \text{.....(26)}$$

เมื่อ E คือ ค่าความส่องสว่าง (illumination) มีหน่วยเป็นฟุตแคนเดิล (fc.)

I คือ ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่าง (indensity) มีหน่วยเป็น แคนเดลา (cadela)

θ คือ มุมตกกระทบของแสง (incident angle)

d คือ ระยะระหว่างแหล่งกำเนิดจุดรับแสง

E_{sp} คือ ค่าความส่องสว่างภายในที่จุดพิจารณาในแนวนอน

E_{sv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของท้องฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิวในแนวตั้ง

A_{gl} คือ พื้นที่ช่องเปิด

T_{gl} คือ ค่าการส่องผ่านของวัสดุช่องเปิด

C_s และ K_s คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน ของการส่องสว่างจากท้องฟ้า

E_{gv} คือ ค่าความส่องสว่างภายนอกของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอกที่ตก กระทบพื้นผิวในแนวตั้ง ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก และ สัดส่วนของพื้นภายนอกที่ท้องฟ้าด้านหนึ่ง (field proportion factor)

C_g และ K_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งาน ของการส่องสว่างของแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก

R_g คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก

field proportion factor คือ สัดส่วนของพื้นภายนอกที่ท้องฟ้าด้านหนึ่งๆ ยกตัวอย่างเช่น กำหนดค่าเป็น 0.5 เมื่อช่องเปิดด้านหนึ่งๆได้รับอิทธิพลจากการสะท้อนแสงจากพื้น และ แสงจากท้องฟ้าเป็นพื้นที่เท่ากัน

ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าตัวแปรที่มีอิทธิพล ต่อการใช้แสงธรรมชาติจากช่องเปิดด้านข้าง ได้แก่ ตัวแปรตามสมการข้างต้น โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์การใช้งานทั้งสี่ค่าเป็นผลมาจากตัวแปร ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน และตัวแปรขนาดห้อง (กว้าง, ยาว และสูง) สามารถดูรายละเอียดตามตาราง ค่า CU, ค่า K และค่า C ในสภาวะต่างๆ ที่ได้รวบรวมไว้ภาคผนวก ข. ซึ่งค่าดังกล่าวเป็นค่าที่ใช้ในการคำนวณที่ได้มาจากค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้น, ผนัง, เพดาน กับความกว้างของห้อง, ความลึกของห้อง และความสูงของฝ้าเพดาน

จากตัวแปรทั้งหมดสามารถจำแนกตัวแปรออกเป็นกลุ่มได้ดังต่อไปนี้

3.1.1 ตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้

ได้แก่ค่าความส่องสว่างจากท้องฟ้า ซึ่งเกี่ยวข้องกับแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ คือ ดวงอาทิตย์ และท้องฟ้า ถึงแม้ว่าจะหลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ทั้งหมดแล้ว มุมของดวงอาทิตย์ที่กระทำต่อระนาบของช่องเปิด ก็ยังมีผลต่อปริมาณแสงภายในอาคาร นอกจากนี้สภาพท้องฟ้าที่แตกต่างกันก็มีผลต่อปริมาณแสงเช่นกัน

การศึกษาตัวแปรประเภทนี้จะอยู่ในลักษณะ ศึกษาอิทธิพลที่มีต่อแสงภายในและความแตกต่างของปริมาณแสงที่เกิดขึ้นภายในอาคารของสภาพท้องฟ้า แบบท้องฟ้าโปร่ง (clear sky), ท้องฟ้ามีเมฆบางส่วน (partly cloudy sky) และท้องฟ้ามีเมฆมาก (overcast sky) และศึกษาความเปลี่ยนแปลงของแสง ตามตำแหน่งของดวงอาทิตย์ที่ทำมุมต่อระนาบของช่องเปิด โดยจะศึกษาอิงสภาพใช้งาน คือ ช่องเปิดในทิศทางต่างๆ ได้แก่ ทิศเหนือ, ทิศใต้, ทิศตะวันออก, ทิศตะวันตก, ทิศตะวันออกเฉียงเหนือ, ทิศตะวันออกเฉียงใต้, ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ ในเวลาใช้งานต่างๆ ตั้งแต่เวลา 8.00น., 10.00น., 12.00น., 14.00น. จนถึง 16.00น.

และเนื่องจากตัวแปรต่างๆ เหล่านี้ เป็นตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ เพราะเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ถึงแม้ว่าจะทำการวัดค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าและตำแหน่งของดวงอาทิตย์เดียวกัน ค่าที่ได้ก็จะมีค่าต่างกันตามสภาพความแปรปรวนของท้องฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นตลอดเวลา จึงต้องมีวิธีในการทำให้สามารถเปรียบ

เทียบความต่างของตัวแปรที่สนใจ โดยการแปรค่าที่ได้เป็นสัดส่วนของค่าความส่องสว่างภายในอาคารกับค่าความส่องสว่างภายนอก ได้แก่ ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ (daylight factor/D.F.)

3.1.2 ตัวแปรอิสระ และตัวแปรควบคุม

ตัวแปรสองประเภทนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบโดยตรง จึงถือเป็นตัวแปรในการออกแบบ เมื่อมีการกำหนดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งมาเป็นตัวแปรอิสระแล้ว ตัวแปรอื่นๆจะต้องถูกควบคุมให้อยู่ในลักษณะสามารถเปรียบเทียบกันได้ โดยจะแบ่งตัวแปรออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1) ตัวแปรจากองค์ประกอบภายนอก

คือ ตัวแปรจากการสะท้อนแสงของสภาพแวดล้อมภายนอก ในมิ่นี้จะทำการศึกษาเฉพาะพื้นภายนอก มุ่งศึกษาอิทธิพลที่มีต่อแสงภายในอันเกิดจาก 2 ตัวแปร ได้แก่

<u>ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของพื้นภายนอก</u>

โดยจะทำการหาความแตกต่างของปริมาณแสงภายใน เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่ต่างกัน ตั้งแต่ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนสูงสุดที่ประมาณ 70% ซึ่งเป็นค่าที่มากที่สุดที่เกิดขึ้นจริง คือ ค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่ปกคลุมด้วยหิมะ, ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนประมาณ 50%, 30%, 10% และน้อยที่สุด 0% คือถือว่าไม่มีการสะท้อนจากพื้นภายนอกเลย

<u>ลักษณะพื้นผิวของพื้นภายนอก</u>

หารูปแบบการกระจายแสงภายในห้องที่ต่างกันออกไป เปรียบเทียบเมื่อพื้นผิวมีลักษณะพื้นผิวมัน เกิดการสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกัน (partially specular or directional reflection) และ พื้นผิวด้าน เกิดการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากันที่ 70% และ 0%

<u>ค่าสัดส่วนของพื้นภายนอก (field proportion factor)</u>

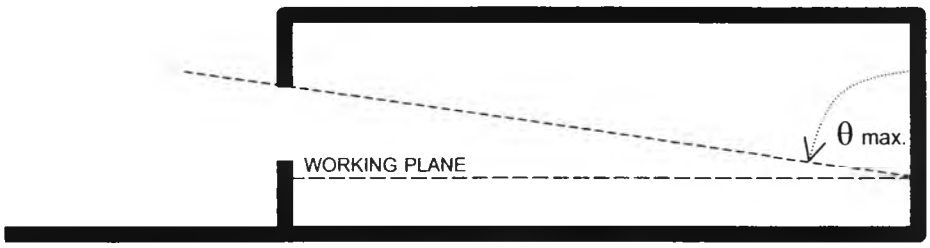
สัดส่วนการสะท้อนในค่าการสะท้อนหนึ่งๆ ที่ 50% จะเป็นค่าที่มากที่สุด คือ เป็นครึ่งหนึ่งของท้องฟ้าซีกนั้น โดยจะนำมาเปรียบเทียบสัดส่วน 43.75%, 37.5%, 12.5% และ 0% คือ ถือว่าไม่ได้รับอิทธิพลจากพื้นภายนอก เทียบสัดส่วนร้อยละจากจำนวนเต็ม คือ มุม 180^{o} (มุมของท้องฟ้าซีกหนึ่ง)

2) **ตัวแปรจากช่องเปิด**

คือ ตัวแปรที่เกิดจากตัวส่งผ่านแสงเข้าสู่ห้อง ในที่นี้จะศึกษาเฉพาะตัวช่องเปิดที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากรังสีตรงของดวงอาทิตย์ โดยที่หากช่องเปิดอยู่ในลักษณะที่รับรังสีตรงจากดวงอาทิตย์จะใช้วิธีการบังเฉพาะจุดเพื่อกันรังสีตรง ควบคุมรูปแบบช่องเปิดให้อยู่ในลักษณะเดียวกันคือ มีความยาวตลอดตัวห้อง ตัวแปรจากช่องเปิดได้แก่

ตำแหน่งของช่องเปิด (มุมเซต้า/θ angle)

หน้าต่างระดับสายตาจะสูงประมาณ 1 เมตร และสูงจากพื้นประมาณ 1 เมตร กำหนดมุมเซต้าจากลำแสงที่ขอบบนของช่องเปิด ไปสู่ผนังด้านตรงกันข้ามช่องเปิดในระนาบทำงาน เป็นเซต้ามากที่สุดของช่องเปิดระดับสายตา มีค่าประมาณ 84^{o*} ศึกษาเปรียบเทียบกับช่องเปิดต่ำที่สุดที่มีขอบล่างอยู่นะดับเดียวกับพื้นห้อง, ช่องเปิดระดับสูงที่สุดที่มีขอบบนอยู่ระดับเดียวกับเพดาน และช่องเปิดที่อยู่ระดับกึ่งกลางของความสูงจากพื้นสูงเพดานห้อง



ภาพที่ 3.1 *แสดงลักษณะการกำหนดมุมเซต้ามากที่สุด*

ขนาดช่องเปิด

เมื่อมีการกำหนดรูปแบบความกว้างห้อง พื้นที่ช่องเปิดด้านข้างในระดับสายตา จะมีความสูงประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะนำมาศึกษาเปรียบเทียบกับขนาด 3 เมตร, 2 เมตร และ 0.5 เมตร โดยขนาดของช่องเปิดจะมีผลต่อการส่งผ่านความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารด้วย จึงไม่ใช้ขนาดใหญ่ เพื่อให้แสงเข้าสู่ภายในมากได้เสมอไป

---

* มุมเซต้ามากที่สุดของห้อง ห้องหนึ่ง เกิดขึ้นจากการสมมติค่าระดับความสูงของช่องเปิด โดยการอ้างอิงกับความลึกของห้อง ช่องเปิดระดับสายตา (สูงจากพื้นห้อง 1.5 เมตร วัดที่ระดับกึ่งกลางช่องเปิด) จะทำให้เกิดมุมเซต้ามากที่สุด 84^{o} เมื่อห้องมีความลึก 9 เมตร

อุปกรณ์

ค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงยิ่งมีค่ามากยิ่งทำให้แสงเข้าสู่ภายในได้มาก แต่จะส่งผ่านความร้อนเข้ามาด้วย ในการเลือกค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงของกระจก จึงต้องพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน (U-value) ควบคู่ไปด้วย คือจะต้องเลือกกระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงมากที่สุด ในขณะที่มีค่าการต้านทานความร้อนมากที่สุด ซึ่งจะมีค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนน้อยที่สุดเท่านั้น จากการศึกษา (สุนทร, 2542:148) กระจกที่มีค่าดังกล่าวเหมาะสมที่สุดที่มีอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสง 0.65 และค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน 0.25 ซึ่งจะถือเอาค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านแสงดังกล่าวมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

โดยจะเว้นไม่ศึกษาถึงรายละเอียดของอุปกรณ์บังแดดและตัวสะท้อนแสง ซึ่งยังจะมีรายละเอียดปลีกย่อยอีกมาก จะใช้เพียงรูปแบบการบังแสงโดยตรงจากดวงอาทิตย์ด้วยการบังเฉพาะช่องเปิดจากระยะไกลซึ่งต่างจากการใช้อุปกรณ์บังแดดคือจะลดความสามารถในการบังแสงกระจายลง

3) **ตัวแปรจากองค์ประกอบภายในห้อง**

ถือเอาลักษณะห้องอยู่ในรูปแบบเดียวกัน คือ เป็นทรงสี่เหลี่ยมที่มีระนาบขนานกัน ไม่มีลักษณะเอียงสอบ ไม่มีเครื่องเรือนภายใน จะมีตัวแปร ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวภายในห้อง

ถือเอาค่ามากที่สุดที่ใช้กันทั่วไปในปัจจุบัน คือ ประมาณ 70% เป็นค่ามากที่สุดในการวิจัยเปรียบเทียบกับค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนที่ 50%, 30%, 10% และ 0% คือถือว่าไม่มีการสะท้อนจากพื้นผิวภายใน

ลักษณะพื้นผิวของพื้นผิวภายใน

หารูปแบบการกระจายแสงภายในห้องที่ต่างกันออกไป เปรียบเทียบเมื่อพื้นผิวมีลักษณะพื้นผิวมัน เกิดการสะท้อนแบบกระจายไปในทิศทางเดียวกัน (partially specular or directional reflection) และ พื้นผิวด้าน เกิดการสะท้อนแบบกระจาย (diffuse reflection) เมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเท่ากันที่ 70% และ 0%

ขนาดของห้อง

แบ่งออกเป็น ขนาดความกว้างห้อง, ความลึกห้อง (ความยาว) และความสูงจากพื้นถึงเพดานห้อง รูปแบบตัวอย่างที่จะใช้ในการเปรียบเทียบจะมีลักษณะเป็นโมดุล (module) เพื่อให้มีค่าที่เทียบเป็นสัดส่วนกันได้ คือ จะใช้ขนาดห้อง 9x9x3 เป็นหลัก* เพื่อเปรียบเทียบกับความกว้าง 2 เท่า คือ 18x9x3 และความกว้าง 3 เท่า คือ 27x9x3 และเปรียบเทียบกับความลึก 2 เท่า คือ 9x18x3 และความลึก 3 เท่าคือ 9x27x3 และเปรียบเทียบความสูงที่ความสูง 2 เท่าคือ 9x9x6 ความสูง 3 เท่าคือ 9x9x9 และความสูง 6 เท่าคือ 9x9x18

รูปแบบการสะท้อนแสงภายในห้อง

ค่าความส่องสว่างภายในทั้งหมดจะได้มากจากการสะท้อนขั้นแรกจากพื้น, ผนัง, เพดาน รวมกับการสะท้อนขั้นที่สองจากพื้น-เพดาน, พื้นผนัง และเพดาน-พื้น รวมกับการสะท้อนขั้นต่อๆ ไปจากพื้น, ผนัง และเพดาน ในที่นี้จะศึกษาอิทธิพลของการสะท้อนในแต่ละขั้น ว่ามีอิทธิพลของการสะท้อนมากน้อยต่อแสงภายในเพียงใด ดังนี้

- **ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบที่ระนาบทำงาน ซึ่งเกิดขึ้นจาก แสงจากท้องฟ้า**
  - ค่าความส่องสว่างที่เกิดจากแสงจากท้องฟ้า ที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานภายในโดยตรง (direct component)
  - ค่าความส่องสว่างที่เกิดจากการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน (indirect component)
    - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนครั้งแรก
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงจากพื้น
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงของผนัง
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงจากเพดาน
    - ค่าความส่องสว่างที่การสะท้อนครั้งที่สอง
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากผนังและเพดาน
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากเพดานและพื้น
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากผนังและพื้น
    - ค่าความส่องสว่างที่การสะท้อนครั้งต่อๆไป

---

* เป็นค่าที่กำหนดขึ้นจากการใช้หลักโมดุล จากความสูงระนาบทำงาน 75 เซนติเมตร และ การกำหนดตำแหน่งในการวัด คือ ระยะวัดที่จุดที่ใกล้ผนังที่สุด 1.5 เมตร (SP min. และ SP max.)

- **ค่าความส่องสว่างในแนวระนาบที่ระนาบทำงาน ซึ่งเกิดขึ้นจาก แสงสะท้อนจากพื้นภายนอก**
  - ค่าความส่องสว่างที่เกิดจากแสงสะท้อนจากพื้นภายนอก ที่เข้ามาสู่ระนาบทำงานภายในโดยตรง (direct component)
  - ค่าความส่องสว่างที่เกิดจากการสะท้อนแสงของพื้นผิวภายใน (indirect component)
    - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนครั้งแรก
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงจากพื้น
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงของผนัง
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสงจากเพดาน
    - ค่าความส่องสว่างที่การสะท้อนครั้งที่สอง
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากผนังและเพดาน
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากเพดานและ พื้น
      - ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นจากการสะท้อนแสง จากผนังและพื้น
    - ค่าความส่องสว่างที่การสะท้อนครั้งต่อๆไป

โดยแทนระนาบที่จะศึกษาด้วยค่าการสะท้อน 70% และระนาบที่ไม่ได้ศึกษาดังค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อน 0%

3.1.3 ตัวแปรตาม

ตัวแปรตาม ซึ่งจะแปรผันตามการเปลี่ยนไปของตัวแปรอิสระ ในที่นี้จะได้แก่ ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้อง ซึ่งเมื่อได้รับการปรับตัวแปรที่ไม่สามารถควบคุมได้ให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเปรียบเทียบได้ ค่าความส่องสว่างที่เกิดขึ้นภายในห้องจะอยู่ในรูปสัดส่วน คือค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์

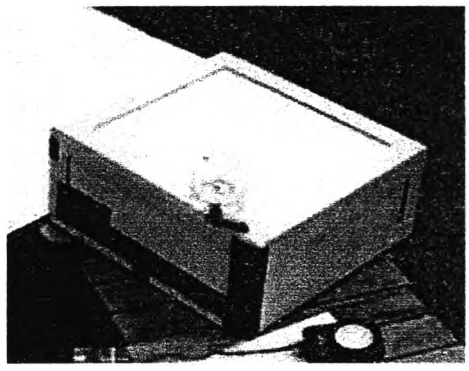
ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น การวิจัยครั้งนี้มีความเหมาะสมที่จะใช้วิธีการทดลองเพื่อเก็บข้อมูล จากหุ่นจำลองอาคารในสภาพท้องฟ้าจริง ซึ่งมีรายละเอียดวิธีการดังนี้

3.2 <u>วิธีการทดลอง</u>

จะทำการทดลองเปรียบเทียบเป็นกลุ่มๆ เพื่อหาความสำคัญของตัวแปรตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ทำการทดลองภายในกลุ่มหุ่นจำลองที่ได้จัดเตรียมขึ้น ตามรายละเอียดต่อไปนี้

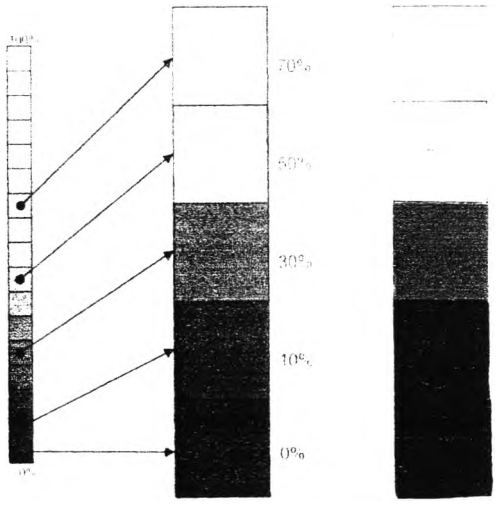
3.2.1 หุ่นจำลอง

กำหนดหุ่นจำลองหลักใช้เป็นตัวกลางในการเปรียบเทียบ (Base Case) ขนาด 9x9x3 เมตร (กว้างxยาวxสูง) ช่องเปิดยาวตลอดความกว้างของห้อง ขอบล่างสูงจากพื้น 1 เมตร หน้าต่างสูง 1 เมตร ซึ่งสัดส่วนดังกล่าวเป็นผลต่อเนื่องมาจากการกำหนดจุดการวัด ที่ระยะจากผนังแต่ละด้าน 5 ฟุต (ประมาณ 1.5 เมตร) และจุดกึ่งกลางของห้อง (LIBBEY-OWENS-FORD COMPANY, 1976:13) ขนาดทั้งกล่าวจะสามารถทำให้จุดวัดมีระยะห่างกันเป็นเลขลงตัว กำหนดขนาดโดยรวมให้สามารถทำงานได้สะดวก คือ มาตราส่วน 1:30 ดังภาพ



ภาพที่ 3.2 *แสดงรูปแบบหุ่นจำลองหลัก (Base Case)*

หุ่นจำลองเปิดได้ด้านหนึ่งให้สามารถติดกระดาษที่ต่างกันแทนที่พื้นผิวเดิม เพื่อเปลี่ยนค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงภายใน โดยมีการเจาะช่องเพื่อใส่หัววัดลักซ์มิเตอร์ เพื่อวัดปริมาณแสงภายใน กำหนดเส้นแสดงระยะของแถวที่จะวัดเพื่อความสะดวกในการวัด ปิดรอยต่อและรูรั่วด้วยเทปผ้าสีดำทึบแสง

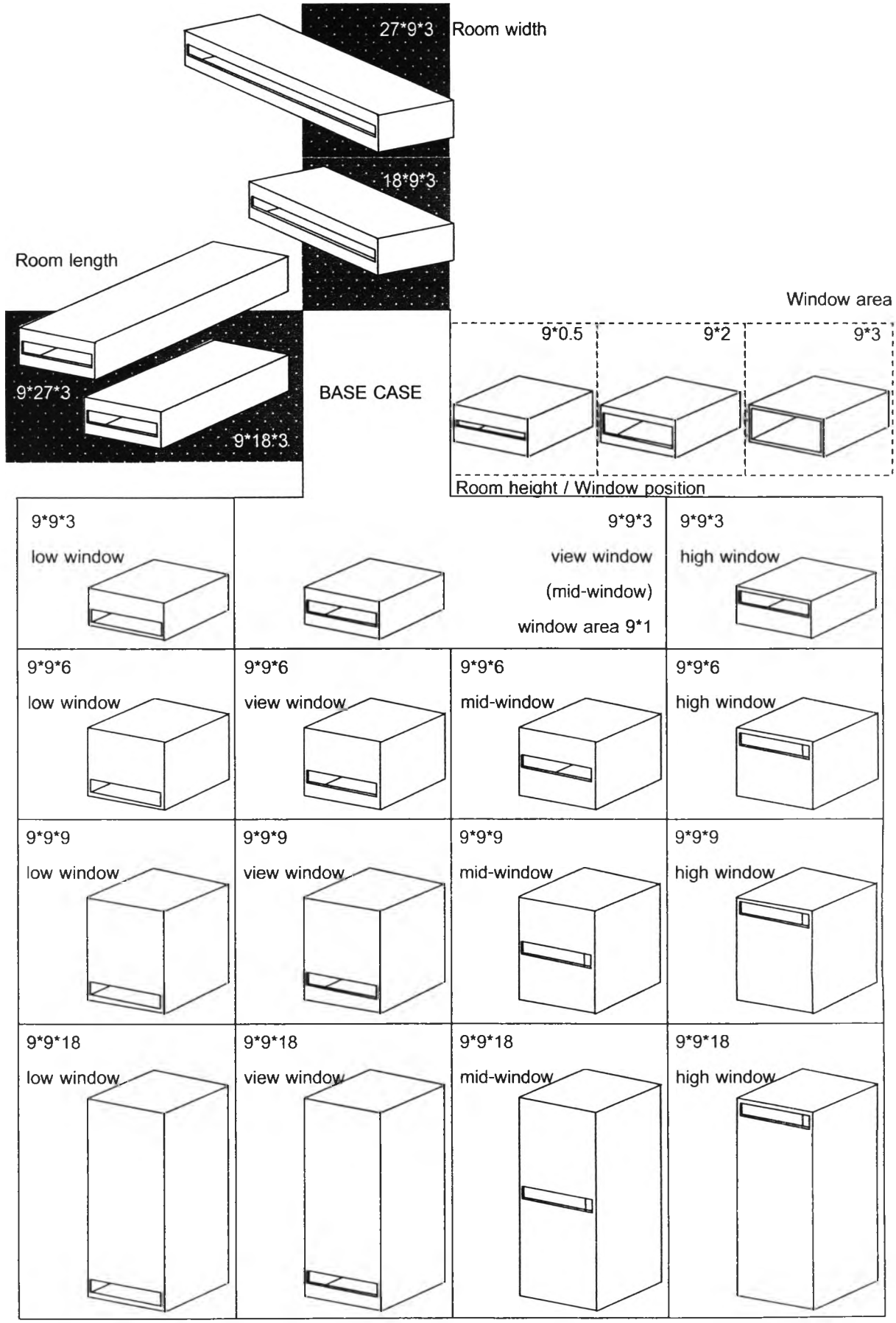


ภาพที่ 3.3 *แสดงกระดาษที่มีค่าสัมประสิทธิ์ค่าการสะท้อนตามที่กำหนด**

หุ่นจำลองขนาดอื่นๆ ก็จะอยู่ในลักษณะเดียวกันนี้ รวมทั้งหมด 22 รูปแบบ จะเป็นไปตามภาพที่ 3.4

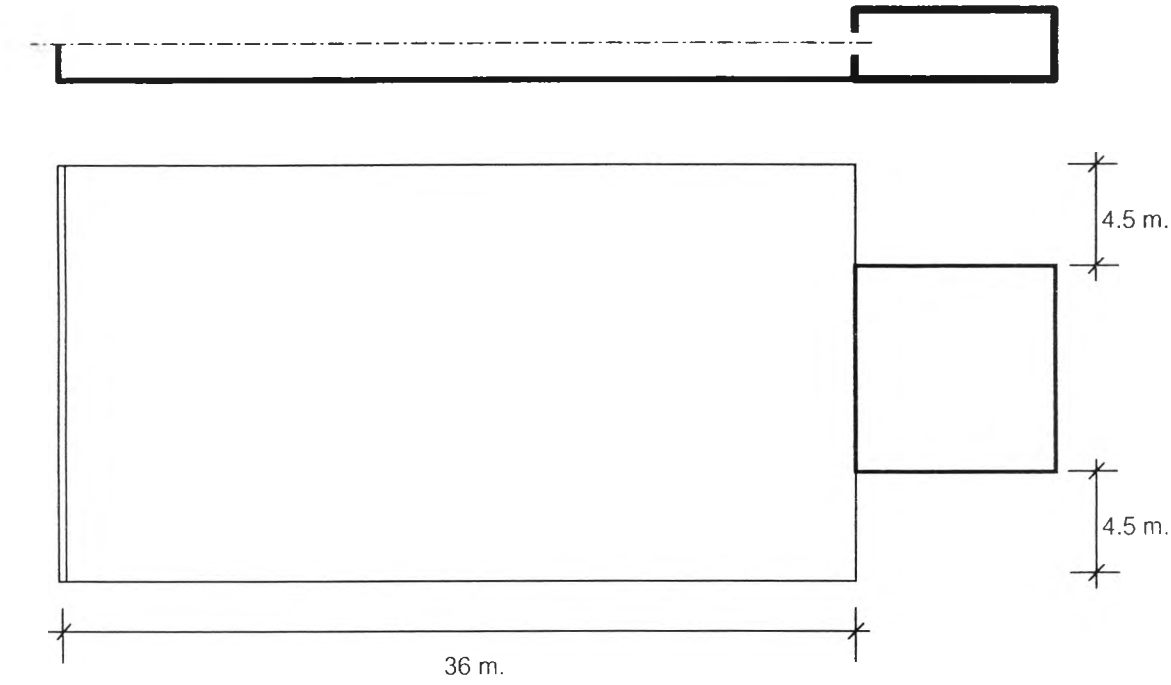
---

* ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเป็นค่าที่ได้จากการวัดจริง ดูภาคผนวก ฉ.

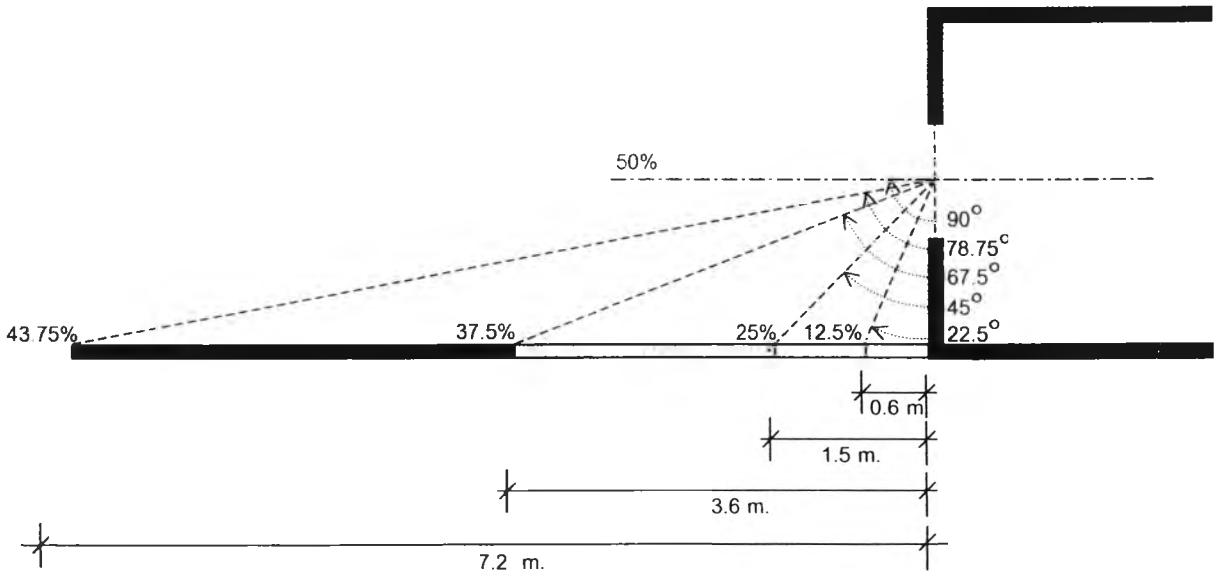


ภาพที่ 3.4 แสดงรูปแบบหุ่นจำลองทั้งหมด

นอกเหนือจากหุ่นจำลองห้องแล้ว จะต้องมีการทำหุ่นจำลองของพื้นภายนอก เพื่อศึกษาอิทธิพลของพื้นภายนอก โดยหุ่นจำลองดังกล่าวจะอยู่ในลักษณะแผ่นพื้นขนาดใหญ่ สามารถเปลี่ยนค่ามันประสิทธิ์การสะท้อนไปตามที่กำหนดไว้ได้



ภาพที่ 3.5 *แสดงแบบหุ่นจำลองพื้นภายนอก*

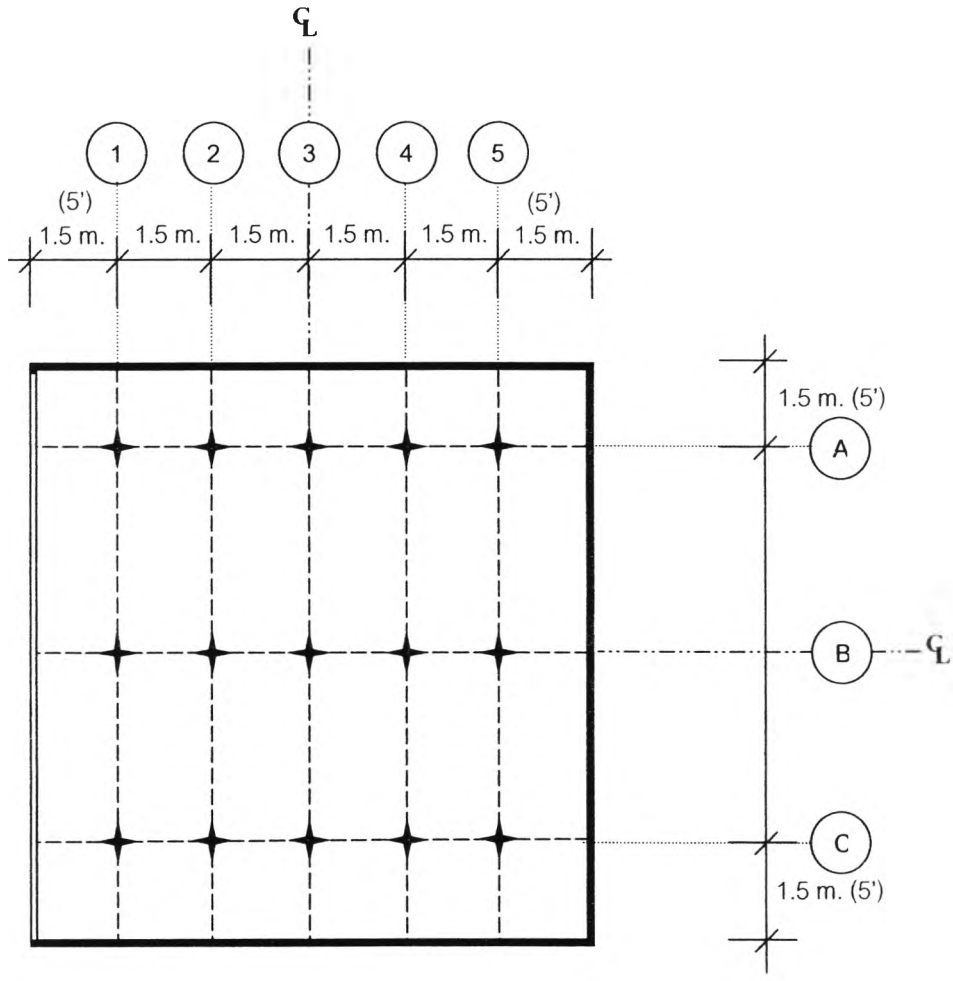


ภาพที่ 3.6 *แสดงรูปแบบอื่นๆ ของหุ่นจำลองพื้นภายนอก*

ตามที่ได้กล่าวถึงจุดวัดภายในหุ่นจำลอง ซึ่งจะได้ค่าความส่องสว่างในแต่ละจุด ค่าดังกล่าวจะถือเป็นตัวอย่างของการทดลองนี้

3.2.2 ประชากร และตัวอย่าง

ประชากรที่ได้จากการทดลอง คือค่าความส่องสว่างภายในอาคาร ถือเป็นข้อมูลดิบก่อนที่จะทำการแปรไปสู่ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ โดยทำการเก็บตัวอย่าง 15 ตัวอย่างจากการทดลองกรณีหนึ่งๆ ตามจุดที่ได้กำหนดไว้ในหุ่นจำลอง ภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.7 *แสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูลภายในหุ่นจำลอง*

เก็บตัวอย่างด้วยวิธีการวัดค่าความส่องสว่างตามจุดดังกล่าว โดยเก็บข้อมูลค่าความส่องสว่างภายนอกในขณะเดียวกับที่เก็บข้อมูลในแต่ละจุด เพื่อสามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปแปรค่าเป็นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์

3.2.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์

นอกจากหุ่นจำลองแล้ว ยังจะต้องใช้อุปกรณ์ช่วย เช่น เข็มทิศเพื่อบ่งทิศที่หันช่องเปิดไปสู่อุปกรณ์ที่ใช้ในการบังรังสีจากดวงอาทิตย์ และอุปกรณ์ในการยอกหุ่นจำลองเหนือพื้น เพื่อลดอิทธิพลจากพื้นจริง อุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ได้แก่ ตารางบันทึกผล และอุปกรณ์การจัดเก็บข้อมูลแบบคำนวณ ในที่นี้ใช้คอมพิวเตอร์โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซล

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก และภายในหุ่นจำลองใช้ดิจิคอน แอลเอ็กซ์-05 ลักซ์มิเตอร์ 2 ตัว ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอก 1 ตัว และภายในหุ่นจำลอง 1 ตัว โดยเครื่องมือแต่ละเครื่องมือจะมีค่าความแตกต่างในการวัด ทำให้ได้ผลไม่เหมือนกัน จึงต้องทำการปรับค่าความส่องสว่างที่วัดได้ทั้งสองเครื่องให้เสมือนว่าเป็นค่าจากเครื่องมือเดียวกัน ด้วยการเก็บข้อมูลจำนวน 32 คู่ ค่าความส่องสว่างระหว่าง 6030-72700 ลักซ์ ใช้วิธีการรีเกรสชั่นหาความสัมพันธ์ของค่าที่วัดได้จากเครื่องมือทั้งสองได้ดังสมการต่อไปนี้

$$y = 714.013418565617 + (0.780328998176732 * x) \quad \text{.....(39)}$$

เมื่อ y คือ ค่าที่เก็บได้จากลักซ์มิเตอร์ที่ใช้วัดค่าความส่องสว่างภายนอก

x คือ ค่าที่เก็บได้จากลักซ์มิเตอร์ที่ใช้วัดค่าส่องสว่างภายใน

ค่าที่ได้นี้มีค่า อาร์สแควร์ (R^2) เท่ากับ 0.99* ซึ่งถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ ทั้งนี้เครื่องมือลักซ์มิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายนอกจะต้องถูกยกขึ้นสูงเหนือพื้นจริง เพื่อป้องกันอิทธิพลจากรังสีสะท้อนจากพื้นจริง และจะต้องมีอุปกรณ์บังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์เฉพาะจุดหัววัดแสง ส่วนลักซ์มิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความส่องสว่างภายใน จะต้องถูกยึดกับอุปกรณ์ที่มีลักษณะเป็นแผ่นแข็ง มีสัญลักษณ์ระยะวัด เพื่อความสะดวกในการวัด โดยที่จะต้องมีฉากประกบ เพื่อบังคับให้หัววัดแสงอยู่ตรงตำแหน่งที่กำหนด และใช้ผ้ากำมะหยี่สีดำปิดรอยรั่วขณะวัด

3.2.4 สภาพสถานที่

ในการทดลองนี้เป็นการวัดค่าความส่องสว่างในสภาพท้องฟ้าจริง เนื่องจากเป็นวิธีที่จะสามารถทราบความแตกต่างของสภาพท้องฟ้าจริงได้ โดยที่การใช้แสงจากช่องเปิดด้านข้างจะมีข้อจำกัดเรื่องสิ่งกีดขวาง (Obstructor) ที่จะมาบดบังการรับแสงจากท้องฟ้าให้มีค่าลดลง จึงจำเป็นที่จะต้องใช้พื้นที่ที่ไม่มีสิ่งแวดล้อมบดบัง การรับแสงจากท้องฟ้าของช่องเปิดด้านข้าง จึงเลือกใช้พื้นที่ชั้นดาดฟ้าของอาคารสูงเหนือยอดไม้ขึ้นไป

---

* ภาคผนวก จ

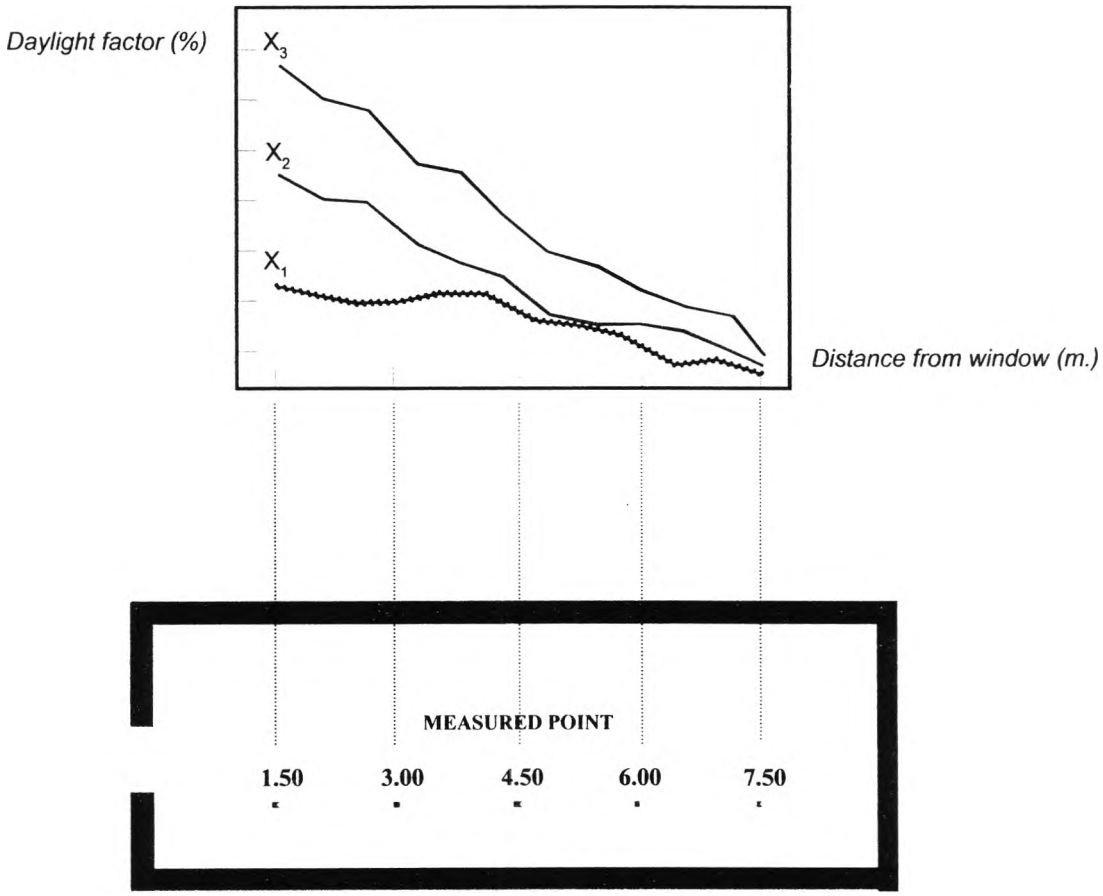
ที่ไม่มีสิ่งแวดล้อมบดบัง โดยจะทำการวัดค่าความส่องสว่างภายในท้องฟ้าประดิษฐ์ (Skydome) เพื่อตรวจสอบเท่านั้น

3.3 การแปรผล

วิเคราะห์แปรผลจากกราฟที่ได้จากค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ที่ได้คำนวณขึ้น ตามลำดับขั้นตอนต่อไปนี้

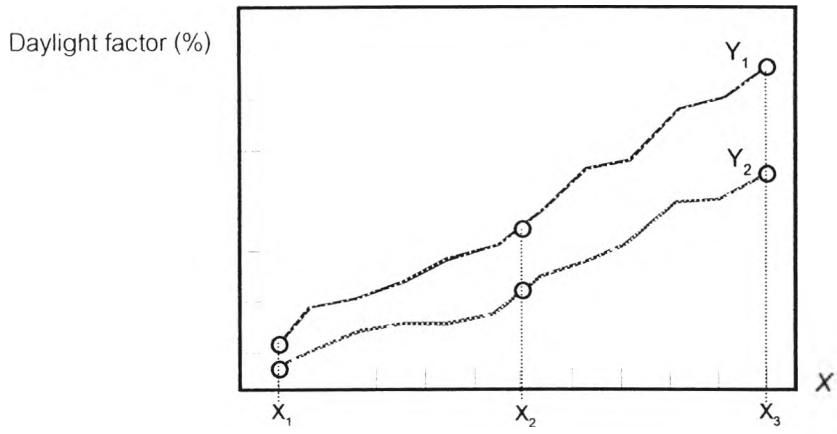
3.3.1 การหาอิทธิพลและความสำคัญของตัวแปร

จากข้อมูลดิบที่ได้รับการแปรผลเป็นค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตามจุดต่างๆ แล้ว จะทำการเฉลี่ยข้อมูลทั้ง 3 แถว เพื่อแปลงเป็นกราฟ ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตามความลึกของห้อง กราฟที่ได้จะเปรียบเทียบตัวแปรตัวเดียวกันที่เปลี่ยนค่าต่างๆ กันออกไป



ภาพที่ 3.8 *แสดงรูปแบบกราฟเปรียบเทียบค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ตัวแปรเดียวกันตามความลึกห้อง*

จะมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปกราฟ ค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ของตัวแปรนั้นๆ เปรียบเทียบความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นกับอีกตัวแปรหนึ่ง โดยค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์จะเป็นค่าเฉลี่ยตลอดความยาวห้อง



***ภาพที่** 3.9 แสดงรูปแบบกราฟเปรียบเทียบค่าเดย์ไลท์แฟคเตอร์ และแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปร 2 ตัว*

จากกราฟนี้จะทำให้ทราบอิทธิพล และความสัมพันธ์ของตัวแปรจะทำให้สามารถสรุปอิทธิพลของตัวแปร เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

3.3.2 การวิเคราะห์

การวิเคราะห์จะอยู่ในรูปแบบ การหาแนวทางในการออกแบบว่าควรจะให้ความสำคัญต่อตัวแปรใด และควรเสริมตัวแปรใด เพื่อให้ได้ค่าความส่องสว่างที่ต้องการ เมื่อตัวแปรบางตัวมีความจำกัด โดยในที่นี้จะได้ผลออกมาเป็นอุปกรณ์เพื่อช่วยในการออกแบบ คือ สมการในการปรับค่าและโนโมกราฟ (nomograph)