บทที่ 4
ทฤษฎีการให้ความสว่างแก่อาคารโดยใช้แสงประดิษฐ์

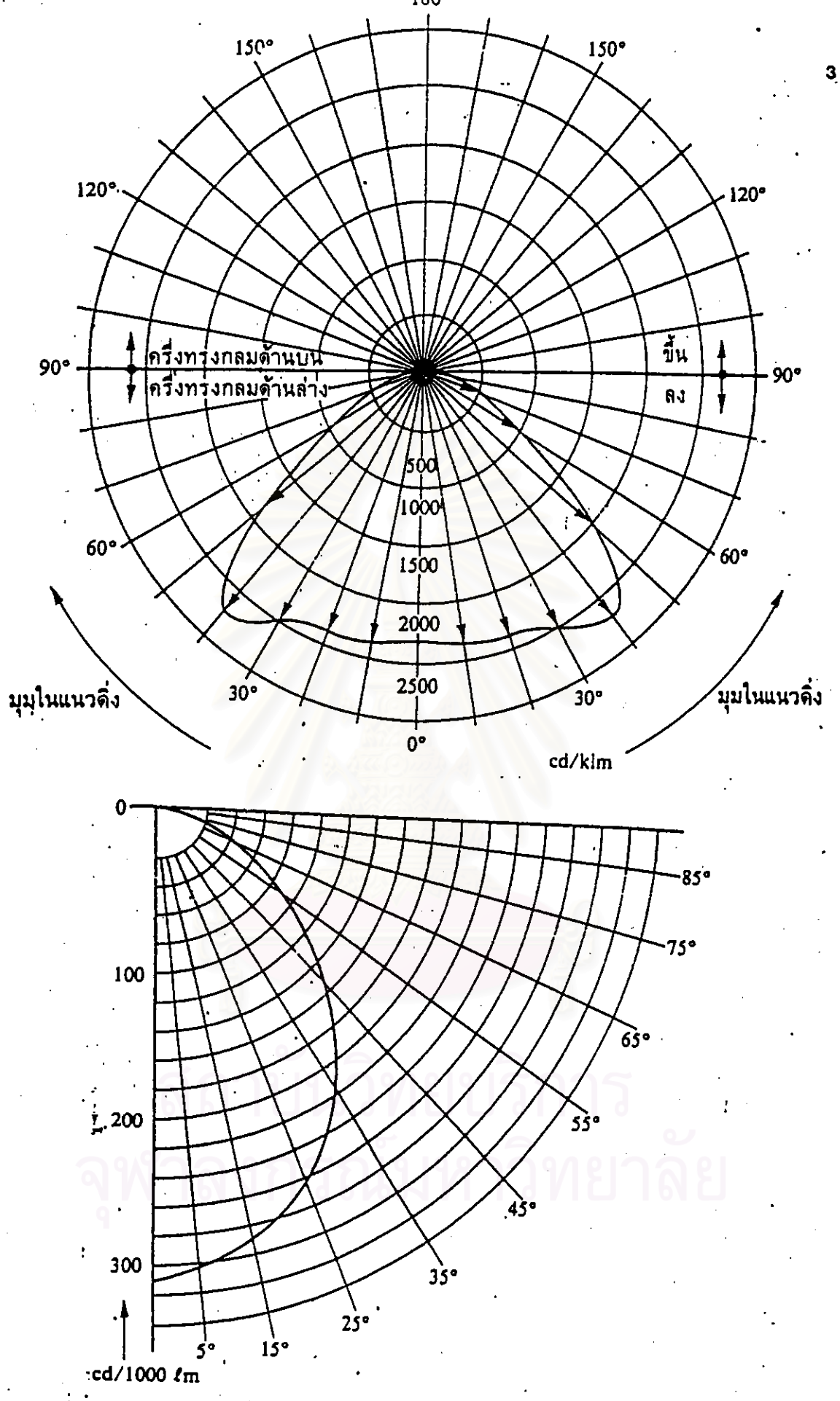
การให้ความสว่างแก่อาคาร แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือการให้ความสว่างแก่อาคารโดยการใช้แสงธรรมชาติ และการให้ความสว่างภายในอาคารโดยการใช้แสงประดิษฐ์ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงข้อดีของการใช้แสงธรรมชาติในการให้ความสว่างแก่อาคาร ตลอดจนถึงปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาจากผลกระทบจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์ แม้ว่าผู้ออกแบบจะสามารถแก้ปัญหาเหล่านี้ได้ดีเพียงใด ก็ยังเป็นการยากที่จะใช้แสงธรรมชาติเพียงอย่างเดียวในการให้ความสว่างภายในอาคาร เนื่องจากทิศทางการโคจรของดวงอาทิตย์ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเวลา วัน และฤดูกาลอีกทั้งสภาพท้องฟ้าที่เปลี่ยนไป มีผลให้ปริมาณการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติภายในอาคารเปลี่ยนแปลงไปด้วย จึงต้องมีการใช้แสงประดิษฐ์ในการให้ความสว่างแก่อาคารในส่วนที่ปริมาณการส่องสว่างจากแสงธรรมชาติที่ตกกระทบบน working plane ไม่เพียงพอแก่การใช้งาน ผู้ออกแบบจึงต้องทราบถึงวิธีการออกแบบการให้ความสว่างแก่อาคารทั้งจากแสงธรรมชาติและการให้ความสว่างแก่อาคารจากแสงประดิษฐ์ควบคู่กันไป และต้องศึกษาว่ามีปัจจัยใดบ้างที่เป็นผลกระทบ ในการนำแสงธรรมชาติมาใช้งานร่วมกับแสงประดิษฐ์ เนื่องจากงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบช่องเปิดสำหรับห้องเรียนที่เหมาะสมทั้งในเชิงการให้แสงสว่างภายในอาคารและการใช้พลังงาน ดังนั้นการคำนวณพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารจากการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์(solar radiation) จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องศึกษาด้วย

การให้ความสว่างแก่อาคารโดยการใช้แสงประดิษฐ์

การออกแบบระบบแสงประดิษฐ์ภายในอาคาร โดยทั่วไปมี 2 วิธีหลักที่ใช้ในการคำนวณ คือ

4.1 POINT - BY POINT METHOD

วิธีนี้จะพิจารณาค่าระดับความสว่างเฉพาะเจาะจงลงไปในจุดใดจุดหนึ่ง แทนที่จะเป็นพื้นที่กว้าง ๆ การคำนวณหาค่าระดับ ความส่องสว่างโดยวิธีนี้ จะทำโดยใช้กราฟแสดงการกระจายของกำลังเทียนและกฎกำลังสองผกผักเข้าช่วย



รูปที่ 25 การกระจายกำลังเทียนของดวงโคม

จากนิยามของ Footcandles

$$FC = \frac{CP}{D^2} \quad \text{.....(6)}$$

โดยที่ CP คือ Candlepower ค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างในหน่วยแคนเดลา

D คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมไปยังจุดที่ ต้องการหาค่าระดับความสว่าง

$$FC = \frac{CP}{D^2} \cos\theta \quad \text{.....(7)}$$

(ASHRAE,1993)

COS θ คือ มุมตกกระทบของลำแสงที่เบน ออกไปจากแนวตั้งฉาก

จากรูปที่ 28 กราฟจะแสดงกำลังเทียนของดวงโคมในมุมต่างๆกัน โดยสามารถนำกราฟนี้มาจากผู้ผลิตหลอดไฟ

หลังจากทราบสูตร กำลังสองผกผัน กับ กราฟดังกล่าวแล้ว สามารถนำมาใช้หาค่าความสองสว่าง ตามจุดที่ต้องการ

4.2 ZONAL CAVITY METHOD

วิธีนี้ คือการพิจารณาปริมาณแสงสว่างที่ออกมาจากดวงโคมซึ่งกระจายไปทั่วห้องค่าระดับความสว่างที่คำนวณจะเป็นค่าเฉลี่ย

จากนิยามของ Footcandle เราจะได้ว่า

$$FC = L \quad \frac{\text{ปริมาณแสงที่ออกมาจากดวงโคม (ลูเมน)}}{\text{พื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง (ตารางฟุต)}}$$
$$A$$

แต่เนื่องจากปริมาณแสงที่ออกมาทั้งหมดนั้น ได้กระจายไปทั่วทั้งห้องตั้งแต่ เพดาน ผนัง พื้น เฟอร์นิเจอร์และทุก ๆสิ่งในห้อง แสงบางส่วนจะถูกดูดกลืน บางส่วนจะถูกสะท้อนกลับออกมา

ดังนั้น ปริมาณแสงที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ที่ต้องการส่องสว่าง ต้อง คูณด้วยค่า CU (Coefficient of Utilization) ซึ่งเป็นตัวบอกให้รู้ว่า แสงที่ออกมาจากดวงโคม จะตกลงบนพื้นงานจริงๆ เท่าใด ดังนั้น สมการ ที่ 1 จะทำการแก้ไขเป็น

$$FC = \frac{L \times CU}{A} \quad \text{.....(8)}$$

CU คือ ค่าที่แสดงการใช้ประโยชน์ของแสงสว่างจริง ๆ โดย ขึ้นอยู่กับความ กว้าง ยาว สูง และความสามารถ ในการสะท้อนแสง ของเพดาน ผนัง และพื้น โดยหาค่าได้จากการเปิดตาราง เพราะว่าแหล่งกำเนิดแสงทุกชนิด เมื่อใช้งานไปนาน ๆ เข้าปริมาณ แสงที่เปล่ง ออกมาจะค่อย ๆ ลดลง เราเรียกว่า ความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation) โดยใช้อักษรย่อว่า LLD ซึ่งต้อง เผื่อไว้ในการคำนวณด้วย เพื่อให้แสงสว่างคงอยู่ในระดับที่เราต้องการดังนั้น สมการที่ 2 จะถูกเขียนใหม่เป็น

$$FC = \frac{L \times CU \times LLD}{A} \quad \text{.....(9)}$$

และโคมไฟในแต่ละโคมเมื่อติดตั้ง ไปนาน ๆ จะเริ่มสะสมฝุ่นละอองมาก ทำให้ความสามารถ ในการสะท้อนแสงน้อยลง ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะดวงโคม และบรรยากาศ ของสถานที่ดวงโคมถูกแขวนอยู่ เราเรียกว่า ความเสื่อมจากความ สกปรกของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation) หรือ LDD ดังนั้น จึงต้องทำการเผื่อไว้ ในการคำนวณด้วย ดังนั้นสมการ ที่จะถูกเขียนใหม่เป็น

$$FC = \frac{L \times CU \times LLD \times LDD}{A} \quad \text{.....(10)}$$

(ASHRAE,1993)

สำหรับค่า LLD และค่า LDD เป็นค่าที่เราสามารถ เปิดหาได้จากตาราง ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก

และเพื่อให้ห้องที่เราออกแบบไว้ได้รับความสว่างตามที่กำหนด เราสามารถคำนวณหาจำนวนดวงโคมที่ต้องใช้ จากสูตร

$$N = \frac{\text{LUMENS}}{\text{LUMINAIRE}} \quad \text{.....(11)}$$

(ASHRAE,1993)

โดยที่ N = จำนวณดวงโคม(No. of Luminaire)

Lumens = ปริมาณแสงที่ต้องการทั้งหมด

Luminaire = ปริมาณแสงต่อหนึ่งดวงโคม

สำหรับสมการที่ 5 นั้น ก่อนที่เราจะนำมาใช้คำนวณต้องทำความเข้าใจกับเทอมของค่า CU เพราะเป็นส่วนที่ยุ่งยาก ที่สุดสำหรับการออกแบบ

ZONAL CAVITY เป็นชื่อเรียกวิธีการออกแบบระบบแสงสว่าง ตามวิธีการ ของ IES อเมริกา โดยแบ่งห้องที่ต้องการจะออกแบบเป็น สามส่วน ดังนี้

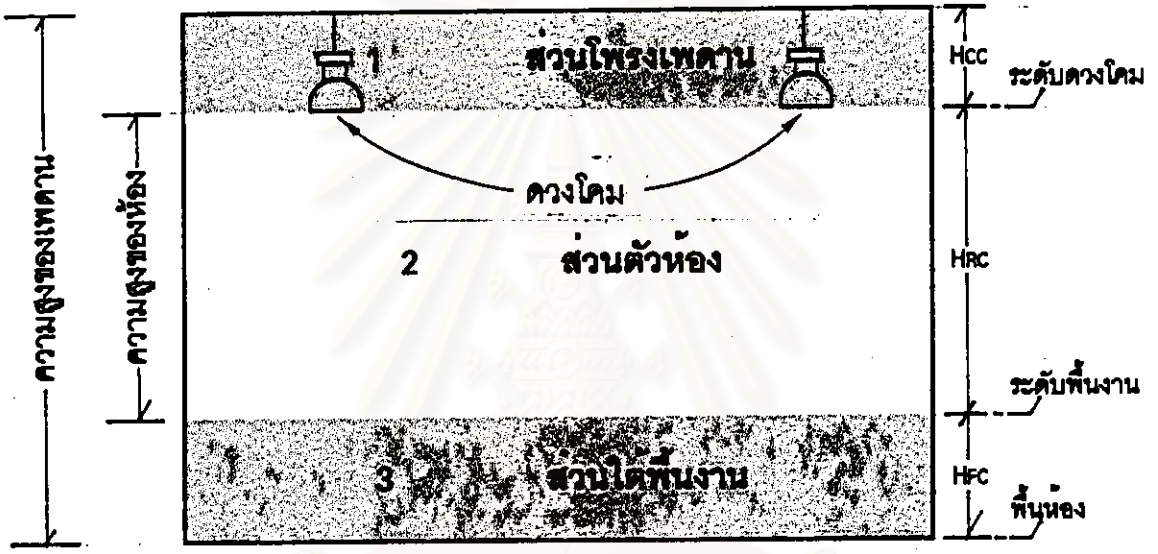
1. ส่วนโพรงเพดาน (CEILING CAVITY) คือ ส่วนตั้งแต่เพดานจนถึงระดับดวงโคม เรียกระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงเพดาน (Ceiling Cavity Height) ใช้อักษรย่อว่า Hcc

2. ส่วนตัวห้อง (Room Cavity) คือ ส่วนที่อยู่จากระดับดวงโคมลงมาถึงระดับพื้นที่ใช้งาน เรียกระยะนี้ว่า ความสูงห้อง (Room Cavity Height) ใช้ อักษรย่อว่า HRC

3. ส่วนใต้พื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity) คือส่วนตั้งแต่ระดับพื้นงานลงมาถึงพื้นห้อง เรียกว่า ความสูงพื้นที่ใช้งาน (Floor Cavity Height) ใช้อักษรย่อว่า HFC

อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio) คือ อัตราส่วนระหว่างพื้นที่ในแนวดิ่ง ต่อพื้นที่ในแนวระดับ โดยมีอยู่สามตัว คือ

1) CCR (Ceil Cavity Ratio) คือ อัตราส่วนโพรงเพดาน



รูปที่ 26 การแบ่งที่ว่างภายในห้องเพื่อคำนวณตามวิธี Zonal Cavity Method

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) RCR (Room Cavity Ratio) คืออัตราส่วนตัวห้อง

3) FCR (Floor Cavity Ratio) คือ อัตราส่วนใต้พื้นงาน

โดยที่อัตราส่วนโพรงแต่ละค่าคำนวณมาจากความสูงของแต่ละส่วน (Cavity Height) ที่สัมพันธ์กัน คือ

$$CCR = \frac{5\,H_{CC}\,(W+L)}{W \times L} \quad \text{.....(12)}$$

$$RCR = \frac{5\,H_{RC}\,(W+L)}{W \times L} \quad \text{.....(13)}$$

$$FCR = \frac{5\,H_{FC}\,(W+L)}{W \times L} \quad \text{.....(14)}$$

( )

โดยที่ W คือ ความกว้าง ของห้อง และ

L คือ ความยาวของห้อง

ถ้าดวงโคมติดกับเพดาน ค่า Hcc จะเท่ากับศูนย์ และถ้าระดับ พื้นที่ใช้งานคือระดับพื้นห้อง ค่า HFC จะเท่ากับศูนย์

4.3 การคำนวณค่า CU

การหาค่า CU เพื่อที่จะนำไปแทนค่าในสมการที่10

$$FC = \frac{L \times CU \times LLD \times LDD}{A} \quad \text{.....(10)}$$

(Environment Control Systems,1993)

เพื่อจะได้หาจำนวนดวงโคมที่ต้องการในระดับความสว่างที่กำหนด มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) หาค่า CCR, RCR และ FCR

2) หาค่าการสะท้อนแสงของฝ้าเพดาน ผนัง และพื้น fc fw และ ff

3) หาค่า CU จากการเปิดตาราง

3.1) เทียบบัญญัติไตรยางค์

3.2) ปรับค่า CU ให้ถูกต้อง

การปรับค่า CU

ค่า CU ที่แสดงออกมาจากตาราง จะถูกปรับใหม่ให้ถูกต้องขึ้น เช่น

จากการคำนวณ ค่า FCR = 0.9 เปิดตารางได้ค่า

Ffc = 11.5%

จากตารางพบว่าค่า Ffc จะมีค่าระหว่าง 30 , 10 และ 0 % เท่านั้น ดังนั้นจึงเลือกค่าที่ใกล้เคียงที่สุดคือ 10% (11.5%) และมีค่า RCR เท่ากับ 3

ดังนั้น ค่า CU จริง คือ = 0.68 x 0.957

= 0.65

4.4 การคำนวณค่าความเสื่อมของหลอดไฟ : Lamp Lumen Depreciation

การค่า LLD สามารถ หาได้จากตารางคู่มือหลอดไฟที่โรงงานผลิตออกมา โดยหาค่าปริมาณแสงเฉลี่ย (MEAN LUMEN OUTPUT) หารด้วยค่าปริมาณแสงเมื่อเริ่มต้น (INITIAL LUMEN OUTPUT)

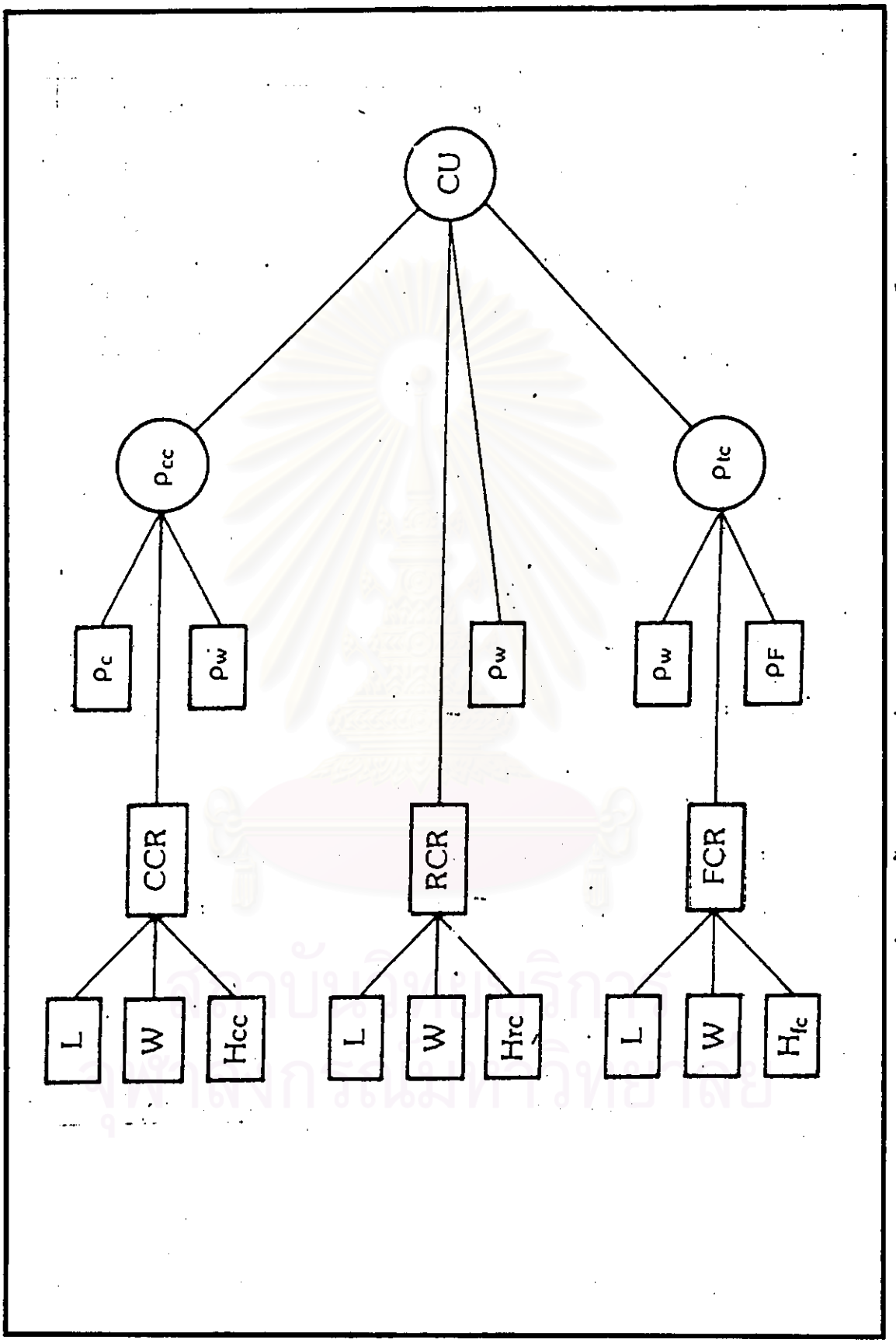
$$LLD = \frac{\text{MEAN LUMEN OUTPUT}}{\text{INITIAL LUMEN OUTPUT}} \quad \text{.....(15)}$$

(Environment Control Systems,1993)

4.5 การคำนวณค่าความเสื่อมของดวงโคม (Luminaire Dirt Depreciation)

ปกติเราจำแนกดวงโคมออกเป็น 6 ประเภทใหญ่ ๆ ด้วยกันตามความยากง่ายช้าหรือเร็ว ในการสะสมฝุ่นละอองของมัน

ตารางที่แสดงค่า CU ของดวงโคมจะเป็นตารางที่จำแนก ประเภทของดวงโคมเพื่อนำมาใช้หาค่า LDD



รูปที่ 27 ขั้นตอนการหาค่า Coefficient of Utilization จากแผนประดิษฐ์

โดยใช้สมการที่ (10) และ (11)

$$FC = \frac{L \times Cu \times LLd \times Ldd}{A} \quad \text{..... (10)}$$

$$N = \frac{\text{LUMENS}}{\text{LUMINAIRES}} \quad \text{..... (11)}$$

สามารถหาจำนวนดวงโคมได้ในระดับความสว่างที่กำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย