บทที่ 3
การคำนวณสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ

การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การใช้แสง (Coefficient of Utilization, CU) ในบทนี้จะกล่าวถึง การคำนวณโดยวิธี Zonal Cavity ของ IES (New York) การคำนวณโดยวิธี BZ (British Zonal Method) ส่วนการคำนวณสัมประสิทธิ์การใช้แสงโดยวิธีคำนวณแบบประยุกต์ของซีไออี (CIE Applied Method) จะได้กล่าวในบทที่ 4 ต่อไป

3.1 การหา CU โดยวิธี Zonal Cavity ของ IES (New York)

การหา Coefficient of Utilization (CU) โดยใช้วิธีคำนวณตามวิธี Zonal Cavity ของ IES มีหลักการคำนวณดังต่อไปนี้

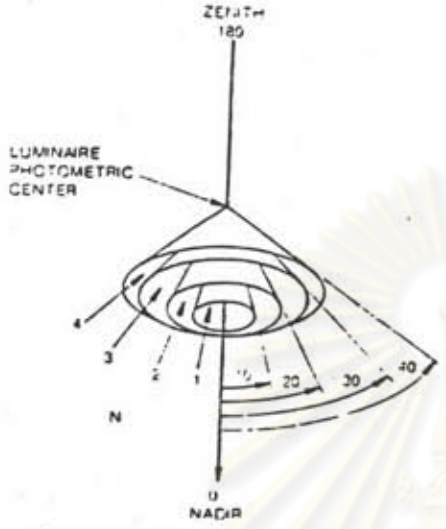
1. แบ่งบริเวณรอบโคมไฟออกเป็นโซน ๆ รูปกรวยซึ่งมีแกนของกรวยอยู่ในแนวดิ่ง โดยแต่ละโซนมีมุมห่างกัน 10 องศา ดังนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 18 โซน จากมุม 0 องศา จนถึง 180 องศา ดังรูปที่ 3.1 และกำหนดให้ N = index of zones มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 18

2. หาฟลักซ์ Φ_N ซึ่งเป็นฟลักซ์ในแต่ละโซน มีหน่วยเป็นลูเมน (lm) โดยใช้สมการ

$$\Phi = 2\pi I (\cos\theta_1 - \cos\theta_2) \qquad (3.1)$$

โดยที่ I = midzone intensity (cd)

ในกรณีที่โคมไฟมีการกระจายแสงไม่สมมาตรรอบแกนดิ่ง ในทางปฏิบัติจะวัดค่าความเข้มแห่งการส่องสว่างใน 3 ระนาบดิ่งคือ $I_{\perp}$ (perpendicular), I_{45} และ $I_{\parallel}$ (parallel) แล้วนำค่า I มาเฉลี่ยโดยใช้สมการ



Conic solid angle zones of 10-degree width for use in calculating zonal flux.

Angles used in calculating zonal flux.

<u>รูปที่ 3.1</u> การแบ่งบริเวณรอบโคมไฟออกเป็นโซนรูปกรวย

$$I = 1/4\ (I_{\perp} + 2I_{45} + I_{\parallel}) \qquad (3.2)$$

ดังนั้น ในการหาค่าฟลักซ์ในโซนต่าง ๆ ถ้าเราแบ่งโซนออกตามมุม โดยแต่ละโซนมีมุมต่างกัน 10 องศา นั่นคือ โซนต่าง ๆ จะมีขอบอยู่ที่มุม 0-10, 10-20, 20-30,....., 170-180 องศา เมื่อจะหาฟลักซ์ตามสมการ (3.1) จะต้องทราบความเข้มที่มุมกึ่งกลางโซนแต่ละโซน คือจะต้องหาค่า I ที่มุม 5, 15, 25,..., 175 องศา แล้วนำไปแทนในสมการ (3.1) ก็จะหาฟลักซ์ในแต่ละโซนได้

3. คำนวณหา Additional Flux Function ตามสมการ

$$\Phi_D = \frac{1}{\Phi_T} \sum_{N=1}^{9} \Phi_N \qquad (3.3)$$

$$\Phi_U = \frac{1}{\Phi_T} \sum_{N=10}^{N=18} \Phi_N \qquad (3.4)$$

โดยที่ Φ_T = ฟลักซ์รวมของหลอด (lm)

4. คำนวณหา Direct Ratio, D_M คือส่วนของฟลักซ์ของโซนที่มีมุมตั้งแต่ 90 องศาลงมา ซึ่งฟลักซ์ส่วนนี้จะตกกระทบกับพื้นที่ทำงานโดยตรง

$$D_M = \frac{1}{\Phi_D \Phi_T} \sum_{N=1}^{9} (K_{MN} \Phi_N) \qquad (3.5)$$

โดยที่ M = room cavity (RCR)
(เป็นจำนวนเต็ม ตั้งแต่ 1 ถึง 10)

K_{MN} = Zonal Multiplier ดังในตารางที่ 3.1

ค่า Zonal Multiplier เป็นเศษส่วนของฟลักซ์ที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน มีค่าแตกต่างกันไปในแต่ละโซน ZM เป็นฟังก์ชั่นของ RCR และอัตราส่วนของ Spacing ต่อ Mounting Height (S/MH) ซึ่ง S/MH กำหนดเป็นมาตรฐานดังนี้

โคมไฟใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์	ใช้ S/MH = 0.4
โคมไฟที่ใช้หลอดไส้และหลอด HID	ใช้ S/MH = 0.7
โคมไฟใช้หลอดแบบอื่น ๆ	ใช้ S/MH = 1.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 Zonal Multipliers ที่ใช้ในการคำนวณหา D_M

Zonal Multipliers (K_{MN}) for Direct Ratio

K_{MN} for S/MH = 0.4 (Fluorescent)

Zone (N)	Room Cavity Ratio (M)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	.98	.92	.89	.85	.81	.79	.76	.73	.70	.66
3	.94	.89	.84	.78	.73	.68	.64	.59	.53	.48
4	.91	.82	.72	.64	.56	.50	.43	.36	.30	.25
5	.88	.78	.67	.57	.47	.38	.28	.19	.11	.06
6	.83	.67	.53	.39	.28	.16	.09	.04	.01	0
7	.77	.53	.35	.21	.05	.01	0	0	0	0
8	.60	.22	.05	0	0	0	0	0	0	0
9	.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K_{MN} for S/MH = 0.7 (Incandescent & HID)

Zone (N)	Room Cavity Ratio (M)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	.98	.96	.95	.93	.91	.90	.88	.86	.85	.83
3	.96	.93	.90	.87	.83	.80	.76	.73	.68	.66
4	.91	.82	.72	.63	.54	.46	.38	.30	.23	.15
5	.88	.77	.65	.55	.46	.36	.27	.18	.10	.03
6	.83	.67	.52	.39	.28	.16	.05	.02	0	0
7	.76	.52	.32	.17	.04	0	0	0	0	0
8	.58	.21	.02	0	0	0	0	0	0	0
9	.12	0	0	0	0	0	0	0	0	0

K_{MN} for S/MH = 1.0

Zone (N)	Room Cavity Ratio (M)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3	.98	.97	.96	.94	.92	.91	.89	.86	.82	.68
4	.90	.81	.72	.61	.52	.42	.33	.24	.16	.07
5	.87	.75	.64	.53	.43	.34	.25	.17	.08	0
6	.83	.67	.53	.39	.27	.16	.06	0	0	0
7	.74	.51	.30	.13	.02	0	0	0	0	0
8	.55	.20	.04	0	0	0	0	0	0	0
9	.10	0	0	0	0	0	0	0	0	0

5. คำนวณพารามิเตอร์ C_1 , C_2 , C_3 และ C_0 โดยใช้สมการ

$$C_1 = \frac{(1-\rho_1)(1-f_{2\to3}^2)M}{2.5\rho_1(1-f_{2\to3}^2) + Mf_{2\to3}(1-\rho_1)}$$

$$C_2 = \frac{(1-\rho_2)(1+f_{2\to3})}{1+\rho_2 f_{2\to3}}$$

$$C_3 = \frac{0.8(1+f_{2\to3})}{1+\rho_3 f_{2\to3}} \qquad (3.6)$$

$$C_0 = C_1 + C_2 + C_3$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยที่ ρ_1 = wall reflectance

ρ_2 = ceiling cavity reflectance

ρ_3 = floor cavity reflectance

ซึ่งกำหนดให้มีค่าเป็น 0.2

$f_{2->3}$ = Form Factor ของพื้นที่ 3 เทียบกับพื้นที่ 2 (Form Factor of area 3 with respect to area 2) เป็นเปอร์เซนต์ของฟลักซ์ที่เปล่งออกจากพื้นที่ 2 (Ceiling Cavity Surface) ที่ตกกระทบบนพื้นที่ 3 (Floor Cavity Surface)

$f_{2->3}$ = 0.026 + 0.503 exp (-0.270 RCR) + 0.470 exp (-0.119 RCR)

6. คำนวณ Coefficient of Utilization (CU), Wall Luminance Coefficient (WLC) และ Ceiling Cavity Luminance Coefficient (CCLC) โดยใช้สมการ

$$CU = \frac{2.5\rho_1 C_1 C_3 (1 - D_M)\Phi_D}{M(1-\rho_1)(1-\rho_3)C_0} + \frac{\rho_2 C_2 C_3 \Phi_U}{(1-\rho_2)(1-\rho_3)C_0} + \left[1 - \frac{\rho_3 C_3 (C_1 + C_2)}{(1-\rho_3)C_0}\right]\frac{D_M \Phi_D}{(1-\rho_3)} \quad (3.7)$$

$$WLC = \frac{2.5}{M}\left\{\frac{\rho_1(1-D_M)\Phi_D}{(1-\rho_1)} \times \left[1 - \frac{2.5\rho_1 C_1 (C_2 + C_3)}{M(1-\rho_1)C_0}\right] + \frac{\rho_1\rho_2 C_1 C_2 \Phi_U}{(1-\rho_1)(1-\rho_2)C_0} + \frac{\rho_1\rho_3 C_1 C_3 D_M \Phi_D}{(1-\rho_1)(1-\rho_3)C_0}\right\} \quad (3.8)$$

$$CCLC = \frac{2.5\rho_1\rho_2 C_1 C_2 (1 - D_M)\Phi_D}{M(1-\rho_1)(1-\rho_2)C_0} + \frac{\rho_2 \Phi_U}{(1-\rho_2)}\left[1 - \frac{\rho_2 C_2 (C_1 + C_3)}{(1-\rho_2)C_0}\right] + \frac{\rho_2\rho_3 C_2 C_3 D_M \Phi_D}{(1-\rho_2)(1-\rho_3)C_0} \quad (3.9)$$

7. คำนวณหา Wall Direct Radiation Coefficient (WDRC) ของแต่ละ RCR โดยใช้สมการ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$WDRC = 2.5\Phi_D(1-D_M)/M \qquad (3.10)$$

8. ในกรณีที่ RCR = 0 สามารถหาค่า CU และ CCLC ได้จาก

$$CU(M=0) = \frac{\Phi_D + \rho_2\Phi_U}{1-\rho_2\rho_3} \qquad (3.11)$$

$$CCLC(M=0) = \frac{\rho_2(\Phi_U + \rho_3\Phi_D)}{1-\rho_2\rho_3} \qquad (3.12)$$

จะเห็นว่า การคำนวณตามวิธีของ IES ใช้ชนิดของหลอดไฟเป็นตัวกำหนด S/MH คือถ้าหลอดไฟเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะใช้ S/MH = 0.4 และถ้าเป็นหลอดไส้หรือหลอด HID จะใช้ S/MH = 0.7 ส่วนหลอดไฟแบบอื่น ๆ จะใช้ S/MH = 1.0 โดยไม่สนใจว่าการกระจายแสงของโคมไฟจะแคบหรือกว้าง ซึ่งต่างกับวิธีของ British Zonal (BZ) ที่จะดูว่าจะต้องใช้ S/MH สูงสุดได้เท่าใดโดยอัตราส่วนความสม่ำเสมอ (Uniformity Ratio) ต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.7 ซึ่งการคำนวณตามวิธี BZ จะกล่าวในรายละเอียดต่อไป

นอกจากนี้การกำหนดแฟกเตอร์การสะท้อนแสง (Reflectances) ของพื้นที่ทำงานและเพดาน ที่ปรากฏในสมการ (3.6) คือ ρ_2 และ ρ_3 นั้นเป็น Effective Reflectance ของ Floor Cavity และ Ceiling Cavity ตามลำดับ ไม่ใช่ Reflectance จริง ๆ ของพื้นผิวเหล่านั้น เช่น พื้นผิวเพดานมี Reflectance 70% และโคมไฟที่ใช้เป็นแบบห้อยเพดาน ค่า ρ_2 ที่จะนำมาแทนในสมการจะต่ำกว่า 70% ซึ่งค่า Effective Reflectance ของCeiling Cavity หรือ Floor Cavity สามารถหาได้โดยใช้สมการ (3.13) ดังนี้

$$\rho_{eff} = \frac{A_B}{A_W}\rho_W(1-F)^2 \times \frac{(1+\rho_B F)^2}{1-\left[1-\frac{A_B}{A_W}(1-F)\right]\rho_W - \frac{A_B}{A_W}(1-F)^2\rho_W\rho_B + F^2\rho_B} \qquad (3.13)$$

โดยที่ A_B , A_w = พื้นที่ของ Cavity Base และ Walls ตามลำดับ

ρ_B , ρ_w = Reflectances ของ Base และ Walls ตามลำดับ

F = Radiative Exchange Factor หาได้จากสมการ

ที่ (3.14) ดังนี้

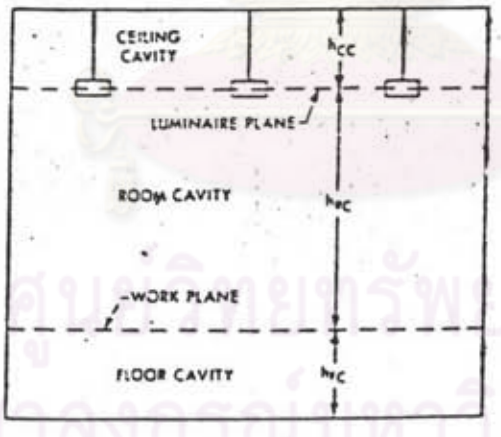
$$F = \frac{2}{\pi xy}\left\{\ln\left[\frac{(1+x^2)(1+y^2)}{1+x^2+y^2}\right]^{1/2} + y(1+x^2)^{1/2}\tan^{-1}\left[\frac{y}{(1+x^2)^{1/2}}\right]\right.$$

$$\left. + x(1+y^2)^{1/2}\tan^{-1}\left[\frac{x}{(1+y^2)^{1/2}}\right] - y\tan^{-1}(y) - x\tan^{-1}(x)\right\} \qquad (3.14)$$

เมื่อ x = Cavity Length/Cavity Depth

y = Cavity Width/Cavity Depth

มุมของฟังก์ชั่น $\tan^{-1}$ มีหน่วยเป็น เรเดียน



รูปที่ 3.2 แสดงหลักการของ Cavity Method

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 การคำนวณค่า CU โดยใช้วิธี British Zonal Method

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง (Coefficient of Utilization) ของโคมไฟโดยใช้วิธี BZ จะพิจารณาฟลักซ์การส่องสว่างที่ใช้ประโยชน์บนพื้นที่ทำงานสมมุติที่เกิดจากฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในส่วนที่ส่องลง และส่วนที่ส่องขึ้นแยกจากกันโดยอิสระ โดยมีค่าอัตราส่วนโดยตรง (Direct Ratio,DR) เป็นตัวกำหนดคุณลักษณะการกระจายแสงส่วนที่ส่องลงของระบบการติดตั้งโคมไฟแสงสว่างนั้น ๆ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$CU = (LFU*DLOR) + (UFU*ULOR) \qquad (3.15)$$

เมื่อ CU = สัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ (Coefficient of Utilization) เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน ต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่แผ่ออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ในพื้นที่ทำงานนั้น

LFU = Lower Flux Utilance เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมล่างที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานทั้งหมด (ทั้งโดยตรงและหลังจากการสะท้อน) ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่าง

DLOR = Downward Light Output Ratio เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่าง ที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่าง ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่เปล่งออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ภายในโคมไฟนั้น

UFU = Upper Flux Utilance เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมบนที่สะท้อนมาตกกระทบบนพื้นที่ทำงาน ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมบน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ULOR = Upward Light Output Ratio เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมบน ต่อฟลักซ์การส่องสว่างทั้งหมดที่ส่องออกจากหลอดไฟที่ติดตั้งอยู่ในโคมไฟนั้น

ค่า DLOR และ ULOR สามารถหาได้จากลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟ ผลบวกของ DLOR กับ ULOR จะเป็นค่าประสิทธิภาพของโคมไฟแสงสว่าง

ค่า LFU ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนโดยตรง (Direct Ratio, DR), ดัชนีห้อง (Room Index, K) และค่าการสะท้อนแสงของเพดาน ฝาผนัง และพื้นห้อง

ค่า UFU ขึ้นอยู่กับดัชนีห้อง (K) และการสะท้อนแสงของพื้นผิวของห้อง (เพดาน, ฝาผนัง และ พื้น)

ค่า DR เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟที่ตกกระทบบนพื้นที่ทำงานสมมติโดยตรง (คือไม่มีการสะท้อนจากพื้นผิวใดเลยก่อนจะกระทบกับพื้นที่ทำงานสมมติ) ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่ส่องออกจากโคมไฟภายในครึ่งทรงกลมล่าง ในกรณีที่โคมไฟมีแต่แสงสว่างที่ส่องขึ้น ค่า DR จะเป็นศูนย์

K เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ของเพดานรวมกับพื้นที่ของพื้นห้องต่อพื้นที่ของผนังโดยรอบระหว่างโคมไฟ และระดับพื้นที่ทำงานสมมติ ซึ่งโดยปกติสมมติสูงจากพื้นห้อง 0.85 เมตร สำหรับห้องรูปสี่เหลี่ยมจะหา K ได้จากสมการ

$$K = L*W/(H_m(L+W)) \qquad (3.16)$$

โดยที่ L = ความยาวของห้อง

W = ความกว้างของห้อง

H_m = ระยะระหว่างโคมไฟกับพื้นที่ทำงาน

3.2.1. การคำนวณหาอัตราส่วนโดยตรง (DR)

ค่า DR ขึ้นอยู่กับลักษณะการกระจายความเข้มแห่งการส่องสว่างของโคมไฟในครึ่งทรงกลมล่าง และค่า K การหาค่า DR ต้องใช้ Zonal Multiplier ซึ่งหาจากตารางที่ 3.2 โดยมีข้อกำหนดดังนี้

ก. การจัดเรียงของโคมไฟต้องสม่ำเสมอ และระยะระหว่างโคมไฟโดยที่ติดกับฝาผนัง เป็นครึ่งหนึ่งของระยะระหว่างโคมไฟ 2 โคมที่ติดกัน

ข. การหาฟลักซ์การส่องสว่างในแต่ละโซน (ซึ่งกว้าง 10 องศา) หาได้โดยใช้ Zonal Multiplier

ค. ค่า Zonal Multiplier จะให้ไว้สำหรับค่าดัชนีห้องเริ่มจาก 0.6 ไปจนถึง 5.0 โดยค่า S/MH (อัตราส่วนของ Spacing ต่อ Mounting Height) เริ่มจาก 0.5 ไปจนถึง 1.5 ดังในตารางที่ 3.2

จะเห็นว่า Zonal Multiplier ขึ้นอยู่กับลักษณะของห้อง และการจัดเรียงโคมไฟเท่านั้น และเพื่อความสะดวกจะคำนวณเป็นระบบ ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.2 Zonal Multiplier ที่ใช้ในการหาอัตราส่วนโดยตรง

Zonal multipliers for small sources

Room index (k_r)		0.6	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
S/H_m ratio	Zone	Zonal multipliers									
0.5	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	0.79	0.84	0.88	0.90	0.92	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98
	20-30°	0.51	0.62	0.70	0.76	0.79	0.84	0.88	0.90	0.92	0.94
	30-40°	0.39	0.53	0.62	0.69	0.74	0.80	0.84	0.87	0.90	0.92
	40-50°	0.15	0.32	0.44	0.54	0.61	0.70	0.76	0.80	0.85	0.88
	50-60°	—	0.12	0.26	0.38	0.47	0.59	0.66	0.72	0.78	0.82
	60-70°	—	—	0.30	0.13	0.25	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.04	0.10
0.75	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	0.53	0.65	0.72	0.78	0.815	0.86	0.89	0.91	0.93	0.94
	30-40°	0.27	0.45	0.55	0.63	0.69	0.77	0.81	0.84	0.88	0.90
	40-50°	0.22	0.37	0.47	0.57	0.64	0.72	0.77	0.81	0.86	0.89
	50-60°	—	0.08	0.22	0.36	0.46	0.58	0.66	0.71	0.78	0.82
	60-70°	—	—	0.01	0.14	0.26	0.41	0.51	0.59	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.55
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.10
1.0	0-10°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	0.85	0.89	0.91	0.93	0.94	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98
	30-40°	0.19	0.38	0.52	0.61	0.68	0.76	0.81	0.84	0.88	0.90
	40-50°	0.09	0.29	0.42	0.52	0.59	0.69	0.75	0.79	0.84	0.87
	50-60°	0.02	0.16	0.29	0.39	0.49	0.61	0.68	0.73	0.80	0.83
	60-70°	—	—	0.02	0.14	0.24	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	0.01	0.10	0.21	0.31	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	0.01	0.05	0.10
1.25	0-10°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	1.00+	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30-40°	0.47+	0.58	0.66	0.73	0.77	0.83	0.87	0.89	0.91	0.93
	40-50°	0.01	0.19	0.32	0.47	0.54	0.65	0.73	0.76	0.82	0.86
	50-60°	—	0.10	0.26	0.40	0.50	0.60	0.67	0.72	0.79	0.83
	60-70°	—	—	—	0.13	0.23	0.40	0.51	0.58	0.68	0.74
	70-80°	—	—	—	—	—	0.11	0.22	0.32	0.46	0.56
	80-90°	—	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.10
1.5	0-10°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	10-20°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	20-30°	*	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	30-40°	*	0.87	0.90	0.92	0.93	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
	40-50°	*	0.17	0.34	0.47	0.55	0.67	0.73	0.78	0.83	0.87
	50-60°	*	0.03	0.18	0.31	0.43	0.55	0.63	0.70	0.77	0.81
	60-70°	*	—	0.08	0.18	0.27	0.42	0.53	0.60	0.69	0.75
	70-80°	*	—	—	—	0.01	0.10	0.22	0.32	0.47	0.56
	80-90°	*	—	—	—	—	—	—	0.01	0.05	0.10

+ For Room index = 0.625

* Impossible

Description of fitting	1 x 80W Fluorescent Direct / Indirect																							
																S/H$_m$ ratio		1.5						
Zone (deg)	Photometric data			ROOM INDEX																				
	Av int (cd)	Zone factor	Zonal flux (lm)	0·6		0·8		1·0		1·25		1·5		2		2·5		3		4		5	
				ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod	ZM	Prod
0-10	565	·095	54			1		1		1		1		1		1		1		1		1	
10-20	560	·284	159			1	464	1	464	1	464	1	464	1	464	1	464	1	464	1	464	1	464
20-30	542	·463	251			1		1		1		1		1		1		1		1		1	
30-40	524	·628	329			·87	286	·90	296	·92	303	·93	306	·95	313	·96	316	·97	319	·97	319	·98	322
40-50	491	·774	380			·17	65	·34	129	·47	179	·55	209	·67	255	·73	277	·78	296	·83	315	·87	331
50-60	411	·897	369			·03	10	·18	66	·31	114	·43	159	·55	203	·63	232	·70	259	·77	284	81	299
60-70	270	·993	268			-	-	·08	21	·18	48	·27	72	·42	113	·53	142	·60	161	·69	185	·75	201
70-80	99	1·058	105			-	-	-	-	-	-	·01	1	·10	11	·22	23	·32	34	·47	49	·56	59
80-90	27	1·091	29			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	·01	0	·05	1	·10	3
Total of products			1944				826		976		1108		1211		1359		1454		1532		1619		1679
Direct ratios							0.42		050		057		062		0.70		0.75		0.79		0.83		0.86

ZM = Zonal multiplier Prod = Zonal flux x ZM

ตารางที่ 3.3 ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณหาอัตราส่วนโดยตรง

รายละเอียดของคอลัมน์ต่าง ๆ ในตารางที่ 3.3 มีดังนี้

Zonal Flux = (ความเข้มแห่งการส่องสว่าง) * (Zone Factor)

ZM = Zonal Multipler หาได้โดยใช้ตารางที่ 3.2

Prod = (Zonal Flux) * (ZM)

DR ของแต่ละค่าของดัชนีห้องหาจากอัตราส่วนของผลบวกของค่า Prod ในแต่ละคอลัมน์ต่อฟลักซ์การส่องสว่างจากโคมไฟในครึ่งทรงกลมล่าง

3.2.2 การคำนวณหา Lower Flux Utilance (LFU) และ Upper Flux Utilance (UFU) แบ่งออกเป็น 2 กรณีใหญ่ ๆ คือ

ก. กรณีที่ติดตั้งโคมไฟแบบติดเพดาน (Ceiling-Mounted Fittings)

ค่า LFU หาได้โดยใช้ตารางที่ 3.4, 3.5, 3.6 และ 3.7 ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสงของฝาผนัง ว่าเป็น 50%, 30%, 10% หรือ 0%

ส่วน UFU หาได้โดยใช้ตารางที่ 3.8

ข. กรณีที่ติดตั้งโคมไฟแบบห้อยจากเพดาน (Suspended Fittings)

ในกรณีที่เป็นโคมไฟแบบห้อยจากเพดาน มีหลักคือจะแทน Ceiling Cavity (ดังแสดงในรูปที่ 3.3) ด้วยเพดานเสมือน (Equivalent Ceiling) ที่มีค่าการสะท้อนแสงเป็น Ceiling Effective Reflectance R_{cc} ซึ่งโดยปกติจะมีค่าน้อยกว่าค่าการสะท้อนแสงของพื้นผิวจริง ๆ ใน Ceiling Cavity วิธีนี้เรียกว่า Cavity Method

ตารางที่ 3.4 Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 50%)

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (π_c)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.29	.37	.45	.53	.61	.69	.78	.86	.94	1.02	.01	.02	.02	.03	.03	.04	.04	.04	.05	.05
	50%	.27	.36	.44	.52	.60	.69	.77	.85	.94	1.02	1	1	1	2	3	3	3	3	3	4
0.8	70%	.32	.40	.48	.55	.63	.71	.79	.87	.95	1.03	2	2	2	4	4	4	5	5	5	6
	50%	.30	.38	.46	.54	.62	.70	.78	.86	.94	1.02	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5
1.0	70%	.34	.42	.50	.57	.65	.73	.80	.88	.96	1.02	3	3	3	4	4	4	6	6	6	7
	50%	.32	.40	.48	.56	.63	.71	.79	.87	.95	1.03	2	2	2	3	4	4	4	5	5	5
1.25	70%	.37	.44	.52	.59	.66	.74	.81	.89	.96	1.04	3	4	4	5	6	6	7	7	9	9
	50%	.34	.42	.49	.57	.65	.72	.80	.88	.95	1.03	2	2	3	3	4	5	5	5	6	6
1.5	70%	.38	.46	.53	.60	.68	.75	.82	.90	.97	1.04	4	4	5	6	6	7	7	8	9	10
	50%	.35	.43	.50	.58	.65	.73	.81	.88	.96	1.03	3	3	4	4	5	5	5	6	7	8
2.0	70%	.41	.48	.55	.62	.69	.76	.84	.91	.98	1.05	4	5	6	7	8	8	8	9	10	11
	50%	.37	.45	.52	.59	.67	.74	.82	.89	.96	1.04	3	3	4	5	5	6	6	6	7	7
2.5	70%	.43	.50	.57	.64	.70	.77	.84	.91	.98	1.05	5	5	6	6	9	9	10	10	12	12
	50%	.39	.46	.53	.60	.68	.75	.82	.90	.97	1.04	3	4	5	5	5	6	7	7	8	8
3.0	70%	.44	.51	.58	.64	.71	.78	.85	.92	.99	1.06	5	6	7	8	9	10	10	11	12	13
	50%	.40	.47	.54	.61	.68	.75	.83	.90	.97	1.04	3	4	5	5	6	7	7	7	8	9
4.0	70%	.46	.52	.59	.66	.72	.79	.86	.93	.99	1.06	6	7	7	8	10	11	11	12	13	14
	50%	.41	.48	.55	.62	.69	.76	.83	.90	.97	1.04	4	5	5	6	7	7	8	9	9	10
5.0	70%	.47	.53	.60	.67	.73	.80	.86	.93	1.0	1.06	6	8	8	9	10	11	12	13	14	15
	50%	.42	.49	.56	.63	.70	.77	.84	.91	.98	1.04	4	5	5	6	6	7	8	8	9	9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 30%)

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_c)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.19	.28	.37	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.01	.01	.01	.01	.01	.01	.02	.02	.02	.03	.03
	50%	.19	.28	.37	.46	.55	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2
	30%	.18	.27	.37	.46	.55	.64	.73	.83	.92	1.01	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2
0.8	70%	.21	.30	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4
	50%	.20	.29	.38	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.02	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3
	30%	.20	.29	.38	.47	.56	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	1	2	1	1	2
1.0	70%	.23	.32	.40	.49	.58	.67	.76	.85	.93	1.02	1	1	2	3	3	3	3	4	5	5
	50%	.22	.31	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	0	1	2	2	2	3	3	3	3	4
	30%	.21	.30	.39	.48	.57	.65	.74	.83	.92	1.01	0	0	1	1	1	2	2	3	3	3
1.25	70%	.24	.33	.42	.50	.59	.68	.77	.85	.94	1.03	2	2	2	3	4	4	4	5	6	6
	50%	.23	.32	.41	.49	.58	.67	.76	.84	.93	1.02	0	1	1	2	3	3	3	4	4	5
	30%	.22	.31	.39	.48	.57	.66	.75	.84	.93	1.02	0	0	2	2	2	2	2	2	2	3
1.5	70%	.25	.34	.43	.51	.60	.69	.77	.86	.95	1.03	2	2	3	4	4	4	6	6	6	7
	50%	.24	.33	.41	.50	.59	.68	.76	.85	.94	1.02	1	1	2	3	3	3	4	4	4	5
	30%	.22	.31	.40	.49	.58	.66	.75	.84	.93	1.02	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3
2.0	70%	.27	.36	.44	.53	.61	.70	.78	.87	.95	1.04	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9
	50%	.25	.34	.42	.51	.60	.68	.77	.86	.94	1.03	2	2	3	3	3	4	5	5	6	6
	30%	.23	.32	.41	.50	.58	.67	.76	.84	.93	1.02	1	1	2	2	3	3	3	4	4	4
2.5	70%	.28	.37	.45	.54	.62	.71	.79	.88	.96	1.04	3	3	5	5	6	6	8	8	9	10
	50%	.26	.35	.43	.52	.60	.69	.78	.86	.95	1.03	2	2	3	3	5	5	5	6	6	7
	30%	.24	.33	.42	.50	.59	.67	.76	.85	.93	1.02	1	1	1	2	2	3	3	3	4	4
3.0	70%	.29	.38	.46	.54	.63	.71	.80	.88	.96	1.05	3	3	5	6	6	8	8	9	11	11
	50%	.27	.35	.44	.52	.61	.69	.78	.86	.95	1.04	2	3	3	4	4	6	6	7	7	7
	30%	.25	.33	.42	.51	.59	.68	.76	.85	.94	1.02	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5
4.0	70%	.30	.39	.47	.55	.64	.72	.80	.89	.97	1.05	4	4	6	7	7	9	10	10	12	13
	50%	.28	.36	.45	.53	.62	.70	.79	.87	.95	1.04	2	3	3	5	5	6	6	7	8	8
	30%	.25	.34	.43	.51	.60	.68	.77	.85	.94	1.02	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5
5.0	70%	.31	.40	.48	.56	.64	.73	.81	.89	.97	1.06	4	6	6	7	9	9	10	12	13	13
	50%	.29	.37	.45	.54	.62	.71	.79	.87	.96	1.04	2	3	4	4	6	6	7	8	8	9
	30%	.26	.34	.43	.51	.60	.69	.77	.86	.94	1.03	1	2	2	3	3	3	4	4	5	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.6 Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 10%)

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_c)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.13	.22	.32	.42	.52	.62	.71	.81	.91	1.01	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01
	50%	.13	.22	.32	.42	.52	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
	30%	.12	.22	.32	.42	.51	.61	.71	.81	.91	1.00	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
0.8	70%	.13	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.82	.91	1.01	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
	50%	.13	.23	.33	.42	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2
	30%	.13	.23	.32	.42	.52	.62	.71	.81	.91	1.01	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	70%	.14	.24	.33	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.02	0	0	1	1	1	2	3	3	3	3
	50%	.14	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.82	.91	1.01	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2
	30%	.13	.23	.33	.42	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
1.25	70%	.14	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.83	.92	1.02	1	1	1	1	3	3	3	3	4	4
	50%	.14	.24	.33	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	30%	.14	.23	.33	.43	.52	.62	.72	.81	.91	1.01	0	1	1	1	1	1	1	2	2	2
1.5	70%	.15	.25	.34	.44	.54	.64	.73	.83	.93	1.03	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
	50%	.14	.24	.34	.43	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	1	1	1	2	2	2	2	3	4	4
	30%	.14	.24	.33	.43	.53	.62	.72	.82	.91	1.01	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
2.0	70%	.15	.25	.35	.45	.54	.64	.74	.84	.93	1.03	2	2	2	3	4	5	5	5	7	7
	50%	.15	.25	.34	.44	.54	.63	.73	.83	.93	1.02	1	1	2	2	2	3	4	4	4	5
	30%	.14	.24	.34	.43	.53	.63	.72	.82	.92	1.01	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3
2.5	70%	.16	.26	.35	.45	.55	.65	.75	.84	.94	1.04	1	2	3	4	4	5	5	7	8	8
	50%	.15	.25	.35	.44	.54	.64	.74	.83	.93	1.03	1	1	1	3	3	3	4	5	5	6
	30%	.15	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	0	1	1	1	2	2	2	3	3	3
3.0	70%	.16	.26	.36	.46	.55	.65	.75	.85	.94	1.04	2	2	3	4	5	6	7	7	9	10
	50%	.16	.25	.35	.45	.54	.64	.74	.84	.93	1.03	1	2	2	3	4	4	5	5	6	7
	30%	.15	.24	.34	.44	.53	.63	.73	.82	.92	1.02	0	1	1	1	2	3	3	4	4	4
4.0	70%	.17	.27	.36	.46	.56	.66	.75	.85	.95	1.05	2	2	4	5	6	7	8	9	10	11
	50%	.16	.26	.35	.45	.55	.65	.74	.84	.94	1.03	1	2	3	3	4	4	6	6	7	8
	30%	.15	.25	.34	.44	.54	.63	.73	.83	.92	1.02	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4
5.0	70%	.17	.27	.37	.47	.56	.66	.76	.86	.95	1.05	2	3	4	4	7	8	9	10	12	13
	50%	.16	.26	.36	.45	.55	.65	.75	.84	.94	1.04	2	2	3	4	5	5	6	7	8	10
	30%	.15	.25	.35	.44	.54	.64	.73	.83	.93	1.02	1	1	1	2	2	3	4	4	4	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.7 Lower Flux Utilance (Wall Reflectance 0%)

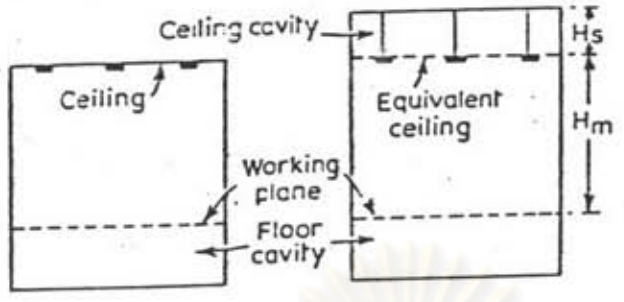
Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_c)	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0	Direct ratio .1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	1.0
		Lower flux utilance for 10% reflectance of floor or working plane										Additive correction to LFU for 30% reflectance of floor or working plane									
0.6	70%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.91	1.01	.00	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.01	.00	.00
	50%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
0.8	70%	.10	.20	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	0	0	1	1	1	1	1	2
	50%	.10	.20	.30	.40	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.60	.70	.80	.90	1.00	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
1.0	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
	50%	.10	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2
	30%	.10	.20	.30	.40	.50	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
1.25	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.82	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	0	1	1	1	2	2	3	3
	30%	.10	.20	.30	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1
1.5	70%	.11	.21	.31	.41	.51	.62	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	3	3	3	4	4	5
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
	30%	.10	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2
2.0	70%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.72	.82	.93	1.03	0	1	2	2	3	4	5	6	6	6
	50%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	2	3	3	3	4	4
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.01	0	0	1	1	1	2	2	2	3	3
2.5	70%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.04	1	2	3	3	4	5	5	6	7	7
	50%	.11	.21	.31	.41	.52	.62	.72	.82	.92	1.03	0	1	2	2	2	3	4	4	5	5
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.91	1.02	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3
3.0	70%	.11	.21	.32	.42	.52	.63	.73	.83	.94	1.04	1	2	2	4	5	5	6	7	8	9
	50%	.11	.21	.31	.41	.52	.62	.72	.82	.93	1.03	0	1	2	3	3	4	4	5	5	6
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.71	.81	.92	1.02	0	0	1	1	2	2	3	3	3	3
4.0	70%	.11	.22	.32	.42	.53	.63	.73	.84	.94	1.05	1	2	3	5	5	6	8	8	10	10
	50%	.11	.21	.31	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.03	1	2	3	3	4	5	5	5	6	7
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	2	3	2	3	3	4
5.0	70%	.11	.22	.32	.42	.53	.63	.74	.84	.95	1.05	1	2	4	5	6	7	8	10	10	12
	50%	.11	.21	.32	.42	.52	.62	.73	.83	.93	1.04	1	2	2	3	4	5	5	6	7	8
	30%	.11	.21	.31	.41	.51	.61	.72	.82	.92	1.02	0	1	1	2	3	3	3	3	4	5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.8 Upper Flux Utilance

Upper flux utilance

Room index (k_r)	Effective ceiling reflectance (R_e)	10% Reflectance of floor or working plane				30% Reflectance of floor or working plane			
		Reflectance of wall				Reflectance of wall			
		50%	30%	10%	0	50%	30%	10%	0
		Upper flux utilance							
0.6	70%	.29	.23	.19	.17	.30	.24	.20	.19
	50%	.20	.16	.14	.12	.21	.16	.14	.13
	30%	.12	.10	.08	.07	.12	.10	.08	.07
0.8	70%	.35	.30	.26	.25	.38	.31	.26	.24
	50%	.24	.21	.19	.18	.26	.22	.18	.17
	30%	.14	.12	.11	.10	.15	.13	.11	.10
1.0	70%	.41	.35	.31	.30	.44	.37	.32	.31
	50%	.28	.25	.22	.21	.30	.26	.23	.22
	30%	.16	.15	.13	.11	.17	.15	.13	.12
1.25	70%	.46	.41	.36	.34	.50	.43	.38	.37
	50%	.32	.29	.26	.24	.34	.30	.27	.26
	30%	.18	.17	.15	.13	.19	.17	.15	.14
1.5	70%	.50	.45	.41	.39	.54	.48	.43	.41
	50%	.35	.31	.29	.28	.37	.33	.30	.29
	30%	.20	.18	.17	.17	.21	.19	.17	.16
2.0	70%	.55	.51	.47	.45	.61	.55	.50	.49
	50%	.38	.36	.33	.31	.41	.38	.35	.34
	30%	.22	.21	.19	.18	.23	.21	.20	.19
2.5	70%	.59	.55	.51	.49	.65	.58	.55	.53
	50%	.41	.39	.36	.34	.44	.41	.38	.36
	30%	.24	.22	.21	.20	.25	.23	.22	.21
3.0	70%	.61	.58	.55	.53	.67	.63	.59	.58
	50%	.43	.41	.38	.36	.46	.43	.41	.40
	30%	.25	.24	.23	.22	.26	.25	.23	.22
4.0	70%	.64	.62	.59	.58	.72	.68	.64	.62
	50%	.45	.43	.41	.40	.49	.46	.44	.43
	30%	.26	.25	.24	.23	.28	.27	.26	.25
5.0	70%	.66	.64	.62	.61	.76	.72	.69	.68
	50%	.46	.45	.44	.43	.51	.49	.47	.46
	30%	.27	.26	.25	.24	.29	.28	.27	.26



รูปที่ 3.3 The Cavity Method

R_e นี้เป็นอัตราส่วนของฟลักซ์การส่องสว่างที่สะท้อนออกมาจาก Ceiling Cavity ต่อฟลักซ์การส่องสว่างที่พุ่งเข้าหา Ceiling Cavity สำหรับกรณีที่เพดานมีค่าการสะท้อนแสงที่สม่ำเสมอ สามารถหา R_e ได้โดยใช้สมการ

$$R_e = A_c * R_a * 100 / (A_c R_a + A_t (100 - R_a)) \qquad (3.15)$$

โดยที่ R_e = Effective Reflectance ของเพดานเสมือน (%)

R_a = Reflectance ของพื้นผิวภายใน Ceiling Cavity (%)

A_c = พื้นที่ของเพดาน

A_t = พื้นที่ผิวทั้งหมดของ Ceiling Cavity

ค่า R_e ตามสมการ (3.15) สามารถเขียนใหม่ในเทอมของ Ceiling Cavity Index, K_c ในกรณีที่ห้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า จะได้ดังนี้

I17518489

$$R_e = R_a * K_c * 100 / (K_c * 100 + 2(100 - R_a)) \qquad (3.16)$$

โดยที่ K_c = Ceiling Cavity Index

= $L*W/(H_a(L+W)) = H_m * K / H_a$

H_m = ระยะระหว่างโคมไฟกับพื้นที่ทำงาน

H_a = ระยะแขวนโคมไฟวัดจากเพดาน

เราสามารถใช้ Cavity Index ในการประมาณเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแสงของ cavity ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมได้ดังนี้

$$R_a = (K_c R_c + 2R_w)/(K_c + 2) \qquad (3.17)$$

โดยที่ R_c = Reflectance จริง ๆ ของเพดาน

R_w = Reflectance จริง ๆ ของเพดานส่วนบน (Upper Wall)

ในตารางที่ 3.9 แสดงค่า Effective Ceiling Reflectance ที่ค่า K_c และ R_a ต่าง ๆ กัน

ตารางที่ 3.9 Effective Ceiling Reflectance

Ceiling cavity index (k_c)	Average reflectance of actual cavity surfaces (R_a) (per cent)					
	30	40	50	60	70	80
	Effective reflectance of equivalent ceiling (R_e) (per cent)					
1	13	18	25	33	44	57
2	18	25	33	43	54	67
3	20	29	37	47	58	71
4	22	31	40	50	61	73
5	23	32	42	52	62	74
6	24	33	43	53	63	75
8	25	35	44	54	65	76
10	26	36	45	55	66	77
15	27	37	47	57	67	78
20	28	38	48	58	68	79

ในกรณีที่เพดานประกอบด้วยค่าการสะท้อนแสงหลาย ๆ ค่า ก็สามารถหาค่า R_c ได้ดังนี้

$$R_a = \frac{\rho_1 A_1 + \rho_2 A_2 + ... + \rho_n A_n}{A_1 + A_2 + ... + A_n} \qquad (3.18)$$

เมื่อ $\rho_1, \rho_2, ..., \rho_3$ = Reflectances ของพื้นที่ส่วนย่อย ๆ ของเพดาน

$A_1, A_2, ..., A_n$ = พื้นที่ของส่วนย่อย ๆ เหล่านั้น

การหา LFU และ UFU ในกรณีที่โคมไฟเป็นแบบห้อยจากเพดาน สามารถหาได้จากตารางที่ 3.4-3.8 โดยใช้ค่า Effective Reflectance ซึ่งหาจากในตารางที่ 3.9

3.2.3 การคำนวณหาสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ก. คำนวณหาดัชนีห้อง K

ข. คำนวณอัตราส่วนโดยตรง (DR) จากดัชนีห้องที่หาได้ในข้อ ก. ร่วมกับข้อมูลการกระจายของฟลักซ์การส่องสว่างของโคมไฟ โดยใช้ Zonal Multipliers ตาม S/MH ของห้องที่คำนวณได้

ค. คำนวณ Ceiling Effective Reflectance, R_c ในกรณีที่โคมไฟเป็นแบบห้อยจากเพดาน

ง. อ่านค่า Lower flux Utilance (LFU) จากตารางที่ 3.4-3.7 การจะใช้ตารางใดนั้น ขึ้นอยู่กับค่าการสะท้อนแสง (Reflectances) ของฝาผนัง

จ. หา Downward Component จากผลคูณของ LFU กับ DLOR

ฉ. อ่านค่า Upper Flux Utilance (UFU) จากตารางที่ 3.8 ถ้าเป็นโคมไฟแบบติดเพดาน ก็ใช้ค่าการสะท้อนแสงของเพดานจริง ๆ เป็นค่า R_c ส่วนถ้าเป็นโคมไฟแบบห้อยจากเพดาน ก็ใช้ค่า Ceiling Effective Reflectance เป็นค่า R_c

ช. หา Upward Component จากผลคูณของ UFU กับ ULOR

ช. คำนวณสัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟจากผลบวกของ Downward Component กับ Upward Component

3.3 การคำนวณหาจำนวนโคมไฟโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์การใช้แสง

เราสามารถหาจำนวนโคมไฟที่ต้องใช้เพื่อให้ได้ความสว่างเฉลี่ยของพื้นที่ทำงานตามต้องการได้โดยใช้สมการ

$$n = (E*A)/(LLF*Phis*CU) \qquad (3.19)$$

เมื่อ n = จำนวนโคมไฟที่ต้องใช้

A = พื้นที่ทำงาน (m^2)

E = ความสว่างของพื้นที่ทำงาน (lux)

LLF = Light Loss Factor

Phis = ฟลักซ์รวมทั้งหมดที่ได้จากหลอดไฟต่อโคม (lm)

CU = สัมประสิทธิ์การใช้แสงของโคมไฟที่ใช้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย