หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ ๔

การหาค่า q_o และ X จากผลการทดลอง

จากข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองหา reflection indicatrix ในบทที่ ๓ สามารถนำมาคำนวณหาคุณสมบัติทางแสงของพื้นผิวนั้นได้ นั่นคือ หาค่าความส่องสว่างเฉลี่ยของพื้นผิว (q_o) และค่าความมันของผิว (X)

๔.๑ การคำนวณค่า q_o ของพื้นผิว

จากนิยามของค่า q_o ในบทที่ ๒ ได้ q_o แบบ α-β โคออดิเนท ดังนี้

$$q_o = \frac{\int q\,d\omega}{\int d\omega} = \frac{\iint q\cos\alpha\,d\alpha\,d\beta}{\iint \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta}$$

จะเห็นค่า q_o ประกอบด้วยอัตราส่วนของ $\iint q\cos\alpha\,d\alpha\,d\beta$ กับ $\iint \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta$ ในการคำนวณนี้เราแยกคิดเป็น ๒ ส่วน คือ

๔.๑.๑ การหาค่า $\iint \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta$ มุม α ที่วัดในช่วงทุกๆ 10^o คือที่จุด -70^o ถึง 80^o จุดที่วัดทั้งหมดนี้จะครอบคลุมมุมที่ทำการวัดจาก -75^o ถึง 85^o ส่วนค่า β ได้เลือกจุดขึ้นตามความเหมาะสม โดยครอบคลุมมุมตั้งแต่ 0 ถึง 71.5^o ฉะนั้นจึงแทนค่าเพื่อหาค่า $\iint \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta$ ได้ดังนี้

$$\int_{\alpha=-75^o}^{85^o}\int_{\beta=0^o}^{71.5^o} \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta = \int_{\alpha=-1.309}^{1.483\,\text{rad.}}\int_{\beta=0}^{1.248\,\text{rad.}} \cos\alpha\,d\alpha\,d\beta$$

$$= \left[\sin\alpha\right]_{-1.309}^{1.483\,\text{rad.}} \int_{\beta=0}^{1.248\,\text{rad.}} d\beta$$

$$= (0.996 + 0.996)(1.248 - 0)$$

$$= 2.4486$$

๔.๑.๒ การหาค่า $\iint q \cos\alpha d\alpha d\beta$

เนื่องจากค่าq ไม่สามารถหาให้อยู่ในรูปฟังก์ชั่นของ α,β ได้เราจึงจำเป็นต้องหาเป็นผลรวมของส่วนย่อยๆ แทน

$$\iint q \cos\alpha d\alpha d\beta = \Sigma q \cos\alpha d\alpha d\beta$$

ค่า α เป็นช่วงที่ละ 10องศา ก็คือ$\Delta\alpha = 0.1745$ เรเดียน

ส่วน β นั้นได้กำหนดขึ้นเป็นค่า $\tan\beta$ ก็จะเปลี่ยนเป็นมุม แล้วหามุมระหว่างจุดที่ทำการทดลอง เพื่อหาค่ามุมตันที่ครอบจุดทดลองนั้น ในที่นี้จะหาค่าของ $\cos\alpha d\alpha d\beta$ ของจุดที่วัดทั้งหมดได้ตามตารางที่ ๔.๑ ซึ่งแสดงค่า $\cos\alpha d\alpha d\beta$ เมื่อนำค่านี้คูณกับค่า q ที่จุดนั้น จะได้ค่า $q \cos\alpha d\alpha d\beta$ ย่อยๆ ผลรวมของค่านี้ทั้งหมดก็คือ $\Sigma q \cos\alpha d\alpha d\beta$ หรือ $\iint q \cos\alpha d\alpha d\beta$ ค่าที่คำนวณได้จากตัวอย่างทั้งหมดได้แสดงไว้ในภาคผนวก๔.๒ ถึง ๔.๑๓ เมื่อนำค่า $\Sigma q \cos\alpha d\alpha d\beta$ ที่หาได้นี้หารด้วยมุมตันทั้งหมดที่หาได้จากตอนต้นจะได้ค่า q_o ของแผ่นพื้นตัวอย่างนั้น

ตัวอย่างการหาค่า q_o ของตัวอย่างพื้นผิวคอนกรีตแห้งโดยหลอด NaV 250 W

จากค่า $\Delta\cos\alpha d\alpha d\beta$ ย่อยๆ ในภาคผนวก ๔.๑ เมื่อนำมาคูณกับค่า $q(\alpha,\beta)$ จากผลการทดลอง จะได้ค่า $\Delta q(\alpha,\beta) \cos\alpha d\alpha d\beta$ ตามภาคผนวก ๔.๒ ซึ่ง $\iint q(\alpha,\beta)\cos\alpha d\alpha d\beta = \Sigma q(\alpha,\beta)\cos\alpha d\alpha d\beta = 0.9594$ และ $\iint \cos\alpha d\alpha d\beta = 2.45$

ฉะนั้น $$q_o = \frac{0.9594}{2.45} = 0.3916$$

รายละเอียดของตัวเลขในการหาค่า q_o ของพื้นผิวตัวอย่างแบบต่างๆ ดูภาคผนวกที่ ๔

๔.๒ การคำนวณหาค่า X ของพื้นผิว

จากนิยามของค่า X ในบทที่ ๒

$$X = \log \frac{q_o}{q_{min}}$$

เมื่อทราบค่า q_o แล้วจากหัวข้อข้างต้น จากตาราง reflection indicatrix ที่ได้ในการทดลอง เลือกหาค่า q_{min} ซึ่งมักจะอยู่ใกล้จุด q(0,0) เมื่อทราบค่าทั้งสองนี้ก็หาค่า X ได้

ตัวอย่างการหาค่า X ของตัวอย่างพื้นผิวคอนกรีตแห้งโดยหลอด NaV 250 W

จากค่า q_o ซึ่งหาได้ตามตัวอย่างข้างบนได้เท่ากับ 0.3916 เมื่อตรวจดูค่า q (α,β) ที่น้อยที่สุดในผลการทดลองได้ q_{min} = 0.267

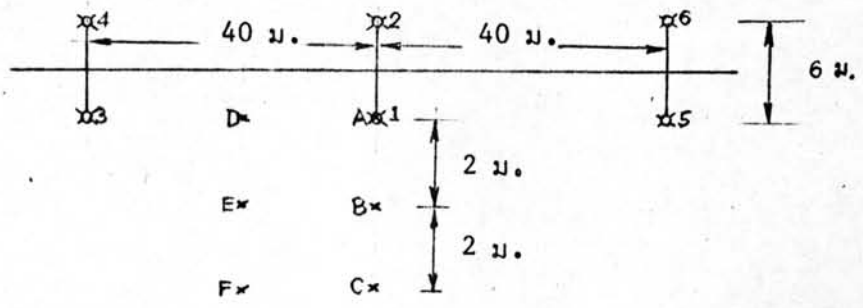
$$X = \log \frac{0.3916}{0.267} = 0.1663$$

การหาค่า X ของพื้นตัวอย่างแบบอื่นๆ ดูภาคผนวก ๔

ค่า q_o และ X ที่คำนวณได้จากผลการทดลองได้แสดงไว้ตามตาราง ๔.๑

๔.๓ ตัวอย่างการคำนวณค่าความส่องสว่าง

เนื่องจากพื้นผิวคอนกรีตมีการเปลี่ยนแปลงต่ออายุการใช้งานน้อยกว่าพื้นผิวประเภทอื่น จึงเลือกถนนรัชดาภิเษกช่วงที่เป็นถนนคอนกรีตเป็นตัวอย่างในการเปรียบเทียบค่าคำนวณและจากการวัดจริงในสนามได้เลือกจุดตัวอย่างเปรียบเทียบ ๖ จุดตามรูป ๔.๑



รูปที่ ๔.๑ ตำแหน่งโคมไฟและจุดที่คำนวณ

ตารางที่ ๔.๑ แสดงค่า (q_o, x) ของสภาพตัวอย่างทุกแบบที่ทดลอง

คุณสมบัติผิวตัวอย่าง (q_o, X)			
ตัวอย่าง	สภาพตัวอย่าง	ชนิดหลอดไฟ	
		Nav 250 W	HQL 250 W
PC	แห้ง	0.3916,0.1663	0.4078,0.2339
	เปียก	0.6737,0.9200	0.8119,1.0010
AC	แห้ง	0.1685,0.4342	0.1495,0.4422
	เปียก	0.2127,1.1817	0.1845,1.1199
SF	แห้ง	0.2453,0.3811	0.2101,0.3730
	เปียก	0.1878,0.3872	0.1638,0.4361

ลักษณะของโคมไฟที่ติดตั้ง

ความสูงโคม	14	เมตร
มุมเงยโคม	15	องศา
ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอด	38000	ลูเมน

จุดตัวอย่าง A,B,C อยู่แนวเดียวกับโคม แต่ละจุดห่างกัน ๒ เมตร โดยที่จุด A อยู่ใต้โคม 1,จุด D,E,F อยู่แนวกึ่งกลางระหว่างโคมไฟ แต่ละจุดห่างกัน ๒ เมตรเช่นกัน

การคำนวณความส่องสว่างที่จุด F

จากหัวข้อ ๒.๔

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{a}{h^2+b^2}$$

$$\beta = \tan^{-1} \frac{b}{h}$$

$$\alpha_1 = \tan^{-1} \frac{20}{14^2+4^2} = 53.9$$

$$\beta_1 = \tan^{-1} \frac{4}{14} = 15.9$$

$$\alpha_2 = 49.3 \qquad \beta_2 = 35.5$$

$$\alpha_3 = -53.9 \qquad \beta_3 = 15.9$$

$$\alpha_4 = -49.3 \qquad \beta_4 = 35.5$$

จากค่า α, β ที่คำนวณนำไปอ่านกราฟ ๓.๑ (ผิวตัวอย่าง PC (D) โดยหลอด NaV 250 W)

ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่าง $q_1 = 0.35$

$q_2 = 0.31$

$q_3 = 0.41$

$q_4 = 0.44$

จากตารางการกระจายความส่องสว่างของดวงโคม ดูภาคผนวก

ความสว่างย่อยบนจุด F จากโคม 1 7.97 ลักซ์

จากโคม 2 2.95 ลักซ์

จากโคม 3 7.97 ลักซ์

จากโคม 4 2.95 ลักซ์

ความสว่างของจุด คือ 21.84 ลักซ์

ค่า Depreciation Factors ของโคมไฟถนน จาก IES Lighting Handbook อ่านค่า depreciation factors ได้ 0.6

ฉะนั้น ความสว่างจากดวงโคมแต่ละดวง $E_1 = 4.78$ ลักซ์

$E_2 = 1.77$ ลักซ์

$E_3 = 4.78$ ลักซ์

$E_4 = 1.77$ ลักซ์

ค่าความส่องสว่างย่อยๆ จากแต่ละดวงโคม $L_i = \rho_i E_i$

$L_1 = 0.35 \times 4.78 = 1.67$ asb.

$L_2 = 0.31 \times 1.77 = 0.55$ asb.

$L_3 = 0.41 \times 4.78 = 1.96$ asb.

$L_4 = 0.44 \times 1.77 = 0.78$ asb.

ดังนั้นค่าความส่องสว่างที่จุด F คือ 4.96 asb.

แต่จากการวัดค่าส่องสว่างได้ 5.5 asb.

จากอื่น ๆ ก็คำนวณได้ในทำนองเดียวกัน

ตารางที่ ๔.๒ เปรียบเทียบค่าความส่องสว่างที่คำนวณได้และจากการวัดจริง

ตำแหน่งจุด	ความสว่างที่วัดได้ (lux)	ค่าความส่องสว่าง (asb.)	
		คำนวณ	วัดจริง
A	24.72	8.98	10.8
B	23.16	9.04	9.5
C	20.86	8.11	7.5
D	21.17	8.50	9.6
E	19.53	7.70	7.0
F	13.28	4.96	5.5

จากการเปรียบเทียบ ค่าคำนวณและจากการวัดจริงมีค่าใกล้เคียงพอสมควรทั้งนี้เนื่องจากในความเป็นจริงมีดวงโคมมากกว่าที่ใช้คำนวณ และผิวถนนจริงวัดใช้งานนานจะมีความมันผิวสูงขึ้น แม้ว่าแสงจากโคมไกลๆ มีจำนวนน้อย แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความส่องสว่างก็มีค่ามากจึงมีผลบ้างต่อค่าที่คำนวณ แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณในช่วงระยะระหว่างเสาไฟ ๔๐ เมตร ก็มีค่าใกล้เคียงเพียงพอ การที่ไม่สามารถคำนวณแสงจากโคมไฟที่ไกลกว่านี้เนื่องจากเรามีตารางการกระจายความสว่างของโคมไฟชนิดนี้เพียง ๔๐ เมตร