ข้อมูลข่าวสาร วศ.

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วศ
กฟ
อว 21

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน
เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 3

การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดในการหาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

ของ

นายภัคนัย ทองทิอัมพร
ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

กลุ่มฟิสิกส์วิศวกรรมทั่วไป 1
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอประเมิน

เพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 3

การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดในการหาสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

เลขหมู่ [illegible]
เลขทะเบียน 9916
วันที่ 11 เม.ย. 44

ของ

นายภัคนัย ทองทิอัมพร

ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ 6 ว.

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
กพ.

กลุ่มฟิสิกส์วิศวกรรมทั่วไป 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

การวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาดในการหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

นายภัคนัย ทองทิอัมพร

กลุ่มฟิสิกส์และวิศวกรรมทั่วไป 1

กองฟิสิกส์และวิศวกรรม

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

พ.ศ. 2539

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	ก
รายการรูป และตารางประกอบ	ข
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	
1.2 วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาด	
1.3 แนวทางการเก็บข้อมูลและผลการวิเคราะห์	
2. การดำเนินการทดลอง	3
2.1 อุปกรณ์การทดลองและสูตรที่ใช้ในการหาค่า	
2.2 วิธีการทดลอง	
3. ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง	6
3.1 ผลการทดลอง	
3.2 วิจารณ์ผล	
3.3 สรุป	
กิตติกรรมประกาศ	8
เอกสารอ้างอิง	9
ภาคผนวก ก	10
ภาคผนวก ข	28

บทคัดย่อ

การศึกษาทดลองนี้เพื่อหาความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสงที่มีขนาดต่างกัน 3 ขนาด คือ 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต ของสีเดียวกัน

การหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ของแผ่นสะท้อนแสงทั้ง 3 ขนาดหาได้ด้วยชุดระบบการทดสอบตามมาตรฐาน Fed. Spec L-S 300 A โดยหาค่าดังกล่าวของแผ่นสะท้อนแสงแต่ละขนาดออกมา 10 ค่า และนำมาหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อศึกษาดูว่า ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแผ่นสะท้อนแสงแต่ละขนาด มีค่าแตกต่างกันเท่าไร

ผลการศึกษาทดลองพบว่า ความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมีค่ามากขึ้น เมื่อขนาดของแผ่นสะท้อนแสงเล็กลง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงการทดสอบซ้ำของสีเดียวกันในแต่ละขนาด ความผิดพลาดจากการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ขนาดเล็กที่สุดคือ 0.0625 ตารางฟุต จะผิดพลาดมากที่สุด

ค่าความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสงขนาด 0.0625 ตารางฟุต ซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดมีค่า 0.85 แต่ขนาด 1 ตารางฟุตมีค่า 0.55 ซึ่งค่าทั้งสองนี้ต่างกันไม่มากนักยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน Fed.Spec L.S 300 A

อย่างไรก็ตามควรจะใช้แผ่นสะท้อนแสงขนาด 1 ตารางฟุต เพื่อจะทำให้การวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงผิดพลาดน้อยที่สุด

รายการรูปและตารางประกอบ

รูป 1. แสดงถึงมุมของการตกกระทบ และ มุมของการวัด พร้อมอุปกรณ์การทดสอบ

ตาราง 1. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาวขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ -4 องศา

2. ตารางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาว ขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา

3. ตารางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาว ขนาด 0.5 ตางรางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตก กระทบ -4 องศา

4. ตางรางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาว ขนาด 0.5 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตก กระทบ + 30 องศา

5. ตางรางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาว ขนาด 0.0625 ตารางฟุตที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตก กระทบ -4 องศา

6. ตางรางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีขาว ขนาด 0.0625 ตารางฟุตที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา

7. ตางรางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตก กระทบ -4 องศา

8. ตางรางแสดง การหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตก กระทบ +30 องศา

9. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 0.5 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ -4 องศา
10. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 0.5 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา
11. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 0.0625 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ -4 องศา
12. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีเหลือง ขนาด 0.0625 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา
13. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ - 4 องศา
14. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 1 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา
15. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 0.5 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ - 4 องศา
16. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 0.5 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ + 30 องศา
17. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 0.0625 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ - 4 องศา

18. ตารางแสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างแผ่นสีแดง ขนาด 0.0625 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และมุมตกกระทบ +30 องศา

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มา และ ความสำคัญของปัญหา

ในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงนั้น ได้ทำการวิเคราะห์ระบบการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมาแล้วที่ได้ผลสรุปว่า ระบบการทดสอบยังให้ผลที่ยอมรับได้ โดยได้จัดระบบการทดสอบตามมาตรฐาน Fed.Spec L-S 300A[1] และ ASTM E 809-94 [2] ซึ่งทางกรมวิทยาศาสตร์บริการจะได้รับตัวอย่างแผ่นสะท้อนแสงเข้ามาในปีหนึ่งเป็นจำนวนมาก และแผ่นสะท้อนแสงที่ส่งเข้ามานั้นจะมีขนาดต่างๆกัน เช่น 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต เป็นต้น ทั้งนี้ขนาดที่ต่างๆกันนี้จะถูกนำไปใช้งานที่ต่างกัน ไม่ว่าจะเป็นของกรมทางหลวง กรมการขนส่งทางบก เช่น ทำป้ายจราจร ป้ายหมายเลขทะเบียนรถต่างๆ ซึ่งต้องอาศัยแผ่นป้ายสะท้อนแสง แม้กระทั่ง แผ่นป้ายบนทางด่วนของการทางพิเศษแห่งประเทศไทยก็ตาม ดังนั้นเมื่อมีขนาดของแผ่นป้ายสะท้อนแสงที่ขนาดต่างๆกัน เมื่อจะทำการวิเคราะห์ จะต้องนำมาต่อกันให้ได้ขนาด 1 ตารางฟุต ซึ่งจะทำให้เกิดความยุ่งยาก และอาจเกิดความผิดพลาดได้ เนื่องจากรอยต่อที่ไม่ได้เป็นแผ่นเดียวกันตลอดทั้ง 1 ตารางฟุต นั่นคือปัญหาความสำคัญ คือ จะทำการหาค่าสัมประสิทธิการสะท้อนแสงของแผ่นป้ายสะท้อนแสงของสีเดียวกันที่มีขนาดต่างๆกัน จะให้ค่าออกมาอย่างไร

นอกจากนี้ ได้เคยทำการวิจัยถึงระบบการวิเคราะห์ทดสอบ หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงมาแล้ว โดยที่อุปกรณ์ต่างๆภายในระบบบางส่วน ได้มีการสอบเทียบมาตรฐานมาแล้ว เช่นการสอบเทียบเครื่องรับแสง (Photocell)[3] การสอบเทียบเครื่องทางวัดไฟฟ้า (Multimeter) เป็นต้น ซึ่งผลที่ได้นั้น ค่าต่างๆ ที่ได้มาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์หาค่าความผิดพลาด

แผ่นสะท้อนแสงที่ส่งมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงนั้น มีขนาดที่ต่างกัน เมื่อจะนำมาหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจะต้องนำมาตัดต่อให้มีขนาด 1 ตารางฟุต ซึ่งจะทำให้อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของค่าที่วัดได้ ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการวิจัยผลของแผ่นสะท้อนแสง ดังนี้

1.2.1 เพื่อศึกษาถึงค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนแสงของสีเดียวกัน ที่มีขนาดของชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดต่างๆกันว่า จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไปมากน้อยเพียงใด และ ยอมรับค่ามันได้หรือไม่

1.2.2 เพื่อศึกษาถึงผลการทดสอบซ้ำของค่าสัมประสิทธิของการสะท้อนแสงจากชิ้นตัวอย่างเดียวกัน ขนาดเดียวกันของสีต่างๆ หลายครั้งว่ามีค่าผิดพลาดไปมากที่สุดเท่าไร

1.3 แนวทางการเก็บข้อมูล และ ผลการวิเคราะห์

ในการที่จะวิเคราะห์ผลจากการที่ได้ตั้งวัตถุประสงค์ไว้นั้น จะเริ่มดำเนินการดังนี้

1.3.1 จัดเตรียมขนาดของแผ่นสะท้อนแสง 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต ที่ใช้สีขาว เหลือง และ แดง จากนั้นทำการหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงออก ซึ่งจะทำการหาค่าออกมาทั้งหมด 10 ค่า ของสีเดียวกัน ขนาดเดียวกัน

1.3.2 จัดการนำข้อมูลที่ได้มา มาหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์ของการสะท้อนแสง เพื่อจะได้สามารถประเมินความคลาดเคลื่อนของแผ่นสะท้อนแสงขนาดต่างๆกัน

1.3.3 จัดการนำข้อมูลที่ได้มา มาทำการวิเคราะห์ผลการทดสอบซ้ำของชิ้นตัวอย่างเดียวกัน ขนาดเดียวกันว่า มีค่า Repeatability เป็นอย่างไร

ในที่นี้ Repeatability หมายถึง ขอบเขต (Limit) ที่ค่าเฉลี่ยจากการวัดจากตัวอย่างเดียวกัน จะแตกต่างกันได้โดยบังเอิญ เมื่อทำการวัด หรือทดสอบ กระทำโดยบุคคล เครื่องมือและมาตรฐานเดียวกัน หรืออีกนัยหนึ่ง ภายในห้องปฏิบัติการเดียวกัน (With in Laboratory)

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

จากการศึกษาทดลอง ได้จัดเตรียมตัวอย่างขนาดต่างๆ ที่จะใช้ในการเก็บข้อมูล ในช่วงเดือน มกราคม 2538 จากนั้นทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์ของขนาดตัวอย่างต่างๆกัน ประมาณเดือน กุมภาพันธ์ 2539 ถึง เดือน เมษายน 2539 และนำข้อมูลมาเข้าสู่ขบวนการทางสถิติ และวิเคราะห์ผลออกมาในช่วงเดือน พฤษภาคม 2539

บทที่ 2
การดำเนินการทดลอง

2.1 อุปกรณ์การทดลอง และสูตรที่ใช้ในการหาค่า

อุปกรณ์การทดลองในการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงอุปกรณ์ทั้งหมด จากตำแหน่งของตัวอย่างแผ่นสะท้อนแสง ซึ่งอยู่ห่างจาก Photocell ที่ต่อเข้ากับ Multimeter เพื่อที่จะอ่านค่าโวลต์ออกมานั้น อยู่ห่างกัน 50 ฟุต ตามมาตรฐานการทดสอบ ณ. ตำแหน่งของตัวอย่างนั้น สามารถที่จะเปลี่ยนมุมได้ เป็น -4 กับ + 30 องศา ซึ่งเรียกว่า มุมตกกระทบ (Incidence angle) และที่ Photocell นั้น จะทำหน้าที่รับคลื่นแสงที่มาจากการสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสง และต่อเข้ากับ Multimeter เพื่ออ่านค่าออกมาเป็นโวลต์ ณ.ตำแหน่งที่ Photocell นี้จะรับแสงที่มุมต่าง ๆ คือ 0.2 , 0.5 , 2.0 และ 8.0 องศา ซึ่งเรียกว่า มุมของการวัด (Divergence angle)

จะเห็นได้ว่า ในการหาค่า สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง จากแผ่นสะท้อนแสง จะต้องเปลี่ยนค่ามุมของการตกกระทบอยู่บ่อยครั้ง รวมทั้งมุมของการวัดด้วย และจะต้องทำการทดสอบในห้องมืด ที่มีการควบคุมอุณหภูมิ โดยที่การเก็บข้อมูล และการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง , ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน หาได้จากสูตร

$$X = \frac{k \cdot E_r \cdot d^2}{E_s \cdot A}$$

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา/ลักซ์ .ตารางฟุต)

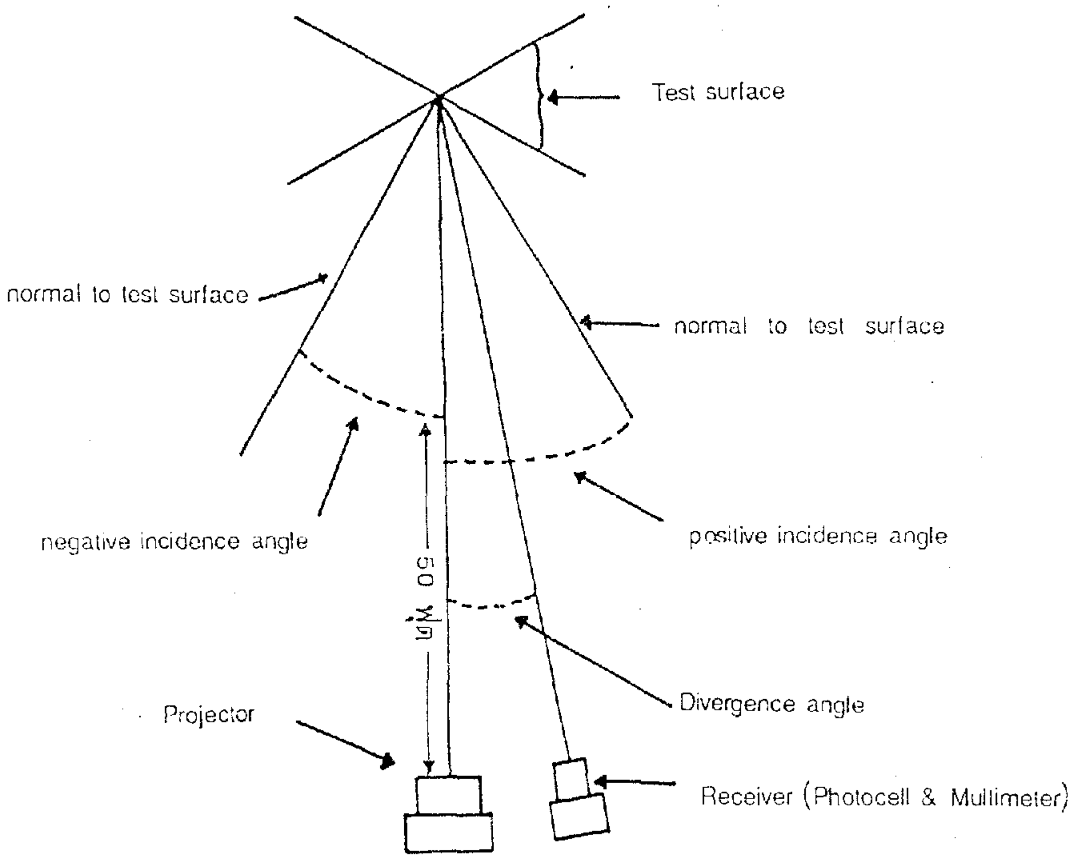
E_r = เป็นค่าความเข้มแสงที่อ่านได้จาก receiver (มิลลิโวลต์)

E_s = เป็นค่าความเข้มแสงที่ตำแหน่งของแผ่นสะท้อนแสง (ลักซ์)

d = เป็นระยะห่างจากแผ่นสะท้อนแสง ถึง เครื่องฉายแสง (ฟุต)

A = พื้นที่ของแผ่นสะท้อนแสง (ตารางฟุต)

k = เป็นค่าคงที่ (ลักซ์/มิลลิโวลต์)



รูปที่ 1 แสดงถึงมุมของการตกกระทบ (incidence angle) และมุมของการวัด (divergence angle) พร้อมอุปกรณ์การทดสอบ

$$\text{และ} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

ซึ่ง σ = ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

2.2 วิธีการทดลอง

ในการเก็บข้อมูล และ การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงนั้น ในที่นี้จะใช้แผ่นสะท้อนแสง สีขาว สีเหลือง และสีแดง ที่ติดอยู่บนแผ่นอลูมิเนียม เป็นตัวอย่าง ที่มีขนาด 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต ของแต่ละสี มาเป็นตัวอย่าง โดยจะหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจากมุมของการตกกระทบที่ -4 และ 30 องศา กับมุมของการวัด 0.2 องศาเท่านั้น อนึ่งแผ่นสะท้อนแสงที่ใช้เป็นตัวอย่างในการเก็บข้อมูลนั้น ไม่ใช้เป็นตัวแทนของแผ่นสะท้อนแสงสีขาว , เหลือง , และสีแดง ทั้งหมด โดยการเก็บตัวอย่างตั้งแต่เดือน เมษายน 2538 - กรกฎาคม 2538 จากแผ่นสะท้อนแสงที่ได้ใช้เป็นตัวอย่างตลอดมาของการวิเคราะห์

จากสูตร เมื่อทำการวิเคราะห์ทดสอบวัดค่าความเข้มของแสงที่อ่านได้จาก receiver (E_r) โดยอ่านค่าออกมาเป็น โวลต์ จาก multimeter และได้ทำการสอบเทียบกับ Luxmeter โดยทำให้เป็นค่าความเข้มของแสง เป็น “ลักซ์ “ ในที่นี้อ่านได้ค่าออกมาเป็น 139.6 ลักซ์/โวลต์ และวัดค่าความเข้มของแสงที่ตำแหน่งแผ่นสะท้อนแสง จาก ลักซ์มิเตอร์ (E_s) ส่วนระยะห่างจากแผ่นตัวอย่างถึงเครื่องฉายแสง มีระยะ 50 ฟุต พื้นที่ของแผ่นสะท้อนแสง เป็น 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต

ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่คำนวณได้จากการวัดค่าต่างๆ และนำไปแทนค่าในสูตร และหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ดังค่าที่ได้แสดงไว้ในตาราง 1- 18 และ ตาราง ก. จะเป็นตารางรวมที่แสดงค่าความผิดพลาดของแผ่นสะท้อนแสงที่ขนาดต่างๆกัน ของสีขาว , เหลือง และ แดง โดยมีมุมของการวัด (Divergence angle) 0.2 องศา และมุมของการตกกระทบ (Incidence angle) เป็น -4 และ + 30 องศา และยังแสดงถึงค่าความผิดพลาดจากการทดสอบที่ของสีเดียวกันที่มีขนาดเท่ากันด้วย

บทที่ 3
ผลการวิเคราะห์ความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง

3.1 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ของสีขาว สีเหลือง สีแดง ที่ขนาด 1 ตารางฟุต , 0.5 ตารางฟุต และ 0.0625 ตารางฟุต ที่มุมของการวัด 0.2 และ มุมของการตกกระทบเป็น -4 และ + 30 จะให้ผลออกมาดังแสดงในตารางข้างล่างนี้

ตาราง ก. แสดงค่าความผิดพลาดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสีเดียวกันที่มีขนาดต่างกัน และค่าความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงจากการทดสอบของสีเดียวกัน ที่มีขนาดเดียวกัน

0.2 / -4 ขนาด	สีขาว	สีเหลือง	สีแดง
1 ตารางฟุต	0.55	0.71	0.66
0.5 ตารางฟุต	0.58	0.73	0.71
0.0625 ตารางฟุต	0.82	0.82	0.76

0.2 / + 30 ขนาด	สีขาว	สีเหลือง	สีแดง
1 ตารางฟุต	0.59	0.62	0.63
0.5 ตารางฟุต	0.69	0.63	0.69
0.0625 ตารางฟุต	0.85	0.71	0.78

จากตารางจะแสดงให้เห็นว่าแผ่นสะท้อนแสงขนาด 1 ตารางฟุต สีขาวมีค่า 0.55 เป็นค่าความผิดพลาดที่มีค่าน้อยกว่าแผ่นสะท้อนแสงที่มีขนาดเล็กลงไป คือ 0.5 ตารางฟุต จะเท่ากับ 0.58 และ 0.0625 ตารางฟุต จะเท่ากับ 0.82 ทั้งนี้จะเป็นมุมของการวัด 0.2 และมุมของการตกกระทบ -4 สำหรับสีเหลืองและสีแดง ก็จะมีลักษณะของค่าความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงเช่นเดียวกับสีขาว

3.2 วิจารณ์ผล

สำหรับค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ที่แสดงถึงความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ของแต่ละสีแล้วจะพบว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบการทดสอบ การหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง ยังยอมรับได้

ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) ที่แสดงถึงความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสีเดียวกัน แต่ขนาดที่ต่างกัน จะพบว่ามีค่ามากขึ้น เมื่อขนาดของชิ้นตัวอย่างเล็กลง ซึ่งจะเป็นลักษณะเดียวกัน ไม่ว่าจะเป็น 3 สีอะไร

ค่าความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของสีเดียวกันและขนาดเดียวกัน ที่มีความผิดพลาดมากที่สุด จะเป็นชิ้นตัวอย่างที่มีขนาดเล็กที่สุด ในที่นี้คือ 0.0625 ตารางฟุต

3.3 สรุป

ในการวิเคราะห์ทดสอบหาค่าความผิดพลาด ของการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสง สีขาว สีเหลือง และ สีแดง ที่มีขนาดต่างๆกัน จะพบว่า

1. ความผิดพลาดจากการวัดค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละสี จะมีค่าน้อยมาก แสดงว่าระบบการทดสอบยังเป็นที่ยอมรับได้

2. ขนาดของชิ้นตัวอย่างของสีเดียวกัน จะได้ค่าความผิดพลาดของค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงที่มีค่ามากขึ้น เมื่อขนาดของตัวอย่างเล็กลง ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ถ้าขนาดเล็กลงมากเท่าไร ความผิดพลาดจะมีสูง ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุงระบบการทดสอบต่อไป ปกติแล้วขนาดของตัวอย่างที่จะใช้วัดจะเป็นที่ขนาด 1 ตารางฟุต

3. จากการทดสอบซ้ำของสีเดียวกัน ของแต่ละขนาดจะพบว่า ค่าความผิดพลาด ของชิ้นตัวอย่างขนาดเล็กสุดคือ 0.0625 ตารางฟุต จะผิดพลาดมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสีเดียวกันของขนาด 1 ตารางฟุต

4. จากข้อที่ 2 และ 3 อาจจะกล่าวได้ว่า ระบบการทดสอบที่ใช้อยู่นี้ โดยปกติจะใช้กับขนาด 1 ตารางฟุต ถ้าขนาดที่ต่างไปจากนี้จะให้ผลที่มีความผิดพลาดสูงมากขึ้น แต่เมื่อพิจารณาจากตัวเลขของ ค่าความผิดพลาดนี้จะยังไม่สูงมาก ซึ่งค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน จะมีค่า ที่สุดก็เพียง 0.85 ของขนาดชิ้นตัวอย่าง 0.0625 ตารางฟุต ขนาดที่ต่างไปจากนี้จะมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยลง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัท 3 เอ็ม แห่งประเทศไทย จำกัด ที่ได้จัดเตรียมขนาดของตัวอย่าง แผ่นสะท้อนแสง ทั้ง 3 สี มาให้

เอกสารอ้างอิง

1. Federal Specification. L- S 300 C. Sheeting and tepe , reflective : nonexposed lene ' fed. Spec. L- S 300 C, March 20, 1979

2. American Society for Testing and Material " Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflecters , ASTM E 809-94 , a Vol 06.01 , 1995 pp 808-817

3. American Society for Testing and Material " Standard Test Method of Corfficient of Retroretlection of Retroreflective Sheeting ASTM E 810-94 , Vol 06.01 , 1995 , 818-824

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N - 1}}$
83.84	0.43	0.1849	
83.45	0.04	0.0016	
83.38	-0.03	0.0009	
83.62	0.21	0.0441	
84.22	0.81	0.6561	$\sigma = \sqrt{\frac{2.7651}{10-1}}$
82.67	-0.74	0.5476	
83.54	0.13	0.0169	
83.98	0.57	0.3249	$\sigma = 0.55$
82.61	-0.80	0.6400	
82.82	-0.59	0.3481	
$\bar{X} = 83.41$		$\sum(X-\bar{X})^2 = 2.7651$	

ตารางที่ 1 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = - 4 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N - 1}}$
30.65	-0.69	0.4761	
31.22	-0.12	0.144	
30.58	-0.76	0.5776	
32.57	1.23	1.5129	
31.51	0.17	0.0289	$\sigma = \sqrt{\frac{3.1949}{9}}$
31.49	0.15	0.0225	
31.11	-0.23	0.0529	
31.05	-0.29	0.0845	$\sigma = 0.59$
31.97	0.63	0.3969	
31.25	-0.09	0.0081	
$\bar{X} = 31.34$		$\sum (X-\bar{X})^2 = 3.1944$	

ตารางที่ 2 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\dfrac{\sum (X-\overline{X})^2}{N - 1}}$
84.60	0.42	0.1764	
84.23	0.24	0.0576	
84.07	-0.11	0.0121	
84.26	0.08	.0064	
85.01	0.83	0.6889	$\sigma = \sqrt{\dfrac{3.1230}{9}}$
83.49	-0.69	0.4761	
84.17	-0.01	0.0001	
84.80	0.62	0.3844	$\sigma = 0.58$
83.05	-1.13	0.2769	
83.97	-0.21	0.0441	
$\overline{X} = 84.18$		$\sum (X-\overline{X})^2 = 3.1230$	

ตารางที่ 3 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\dfrac{\sum (X-\bar{X})^2}{N - 1}}$
31.47	-0.31	0.0961	
30.30	-1.48	2.1704	
31.71	-0.07	0.0049	
32.92	1.14	1.2996	
31.25	-0.53	0.2809	$\sigma = \sqrt{\dfrac{4.3608}{9}}$
31.88	-0.10	0.0100	
32.04	0.26	0.0676	$\sigma = 0.69$
31.75	-0.03	0.0009	
32.28	0.50	0.2500	
32.18	0.40	0.1600	
$\bar{X} = 31.78$		$\sum (X-\bar{X})^2 = 4.3608$	

ตารางที่ 4 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง=10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N - 1}}$
86.35	1.42	2.0164	
85.10	0.17	0.0289	
84.51	-0.42	0.1764	
85.37	0.44	0.1936	
85.86	0.93	0.8649	$\sigma = \sqrt{\frac{6.0552}{9}}$
84.01	-0.92	0.8464	
84.87	-0.06	0.0036	= 0.82
85.13	0.20	0.0400	
83.64	-1.29	1.6641	
84.46	-0.47	0.2209	
$\bar{X}$ = 84.93		$\sum (X-\bar{X})^2$ =6.0552	

ตารางที่ 5 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N-1}}$
31.77	-0.67	0.4489	
32.08	-0.36	0.1296	
32.68	0.24	0.0576	
33.53	1.09	1.1881	
30.84	-1.60	2.5600	$\sigma = \sqrt{\frac{6.5359}{9}}$
32.19	-0.05	0.0625	
33.17	0.73	0.5329	= 0.85
31.89	-0.55	0.3025	
32.77	-0.33	0.1089	
33.51	1.07	1.1449	
$\bar{X}$ = 32.44		$\sum(X-\bar{X})^2$=6.5359	

ตารางที่ 6 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีขาว ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N-1}}$
74.07	0.04	0.0016	
74.62	0.59	0.3481	
73.96	-0.07	0.0049	
73.27	-0.76	0.5776	
75.12	1.09	1.1881	$\sigma = \sqrt{\frac{4.6263}{9}}$
72.90	-1.13	1.2769	
74.74	0.71	0.5041	= 0.71
73.48	-0.55	0.3025	
73.64	-0.39	0.1521	
74.55	0.52	0.2704	
$\bar{X}$ = 74.03		$\sum(X-\bar{X})^2$ =4.6263	

ตารางที่ 7 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการวั(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
33.57	1.04	1.0816	
32.86	0.33	0.1089	
32.65	-0.12	0.0144	
32.53	0.00	0.0000	$\sigma = \sqrt{\frac{3.5061}{9}}$
33.36	0.53	0.6889	
32.64	+0.11	0.0121	= 0.62
32.08	-0.45	0.2025	
31.63	-0.90	0.8100	
32.14	-0.39	0.1521	
31.87	-0.66	0.4356	
$\overline{X}$ = 32.53		$\sum(X-\overline{X})^2$ =3.5061	

ตารางที่ 8 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการวัด (divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	X - $\overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(X-\overline{X})^2}{N-1}}$
75.73	1.02	1.0404	
73.17	-1.52	2.3104	
75.27	0.56	0.3136	
75.05	0.34	0.1156	$\sigma = \sqrt{\frac{4.7873}{9}}$
74.21	-0.50	0.2500	
75.02	0.31	0.0961	= 0.73
74.55	-0.16	0.0256	
74.27	-0.44	0.1936	
75.33	0.62	0.3844	
74.47	-0.24	0.0576	
$\overline{X}$ = 74.71		$\sum(X-\overline{X})^2$ =4.7873	

ตารางที่ 9 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการวัด (divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\dfrac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
34.18	1.03	1.0609	
33.27	0.12	0.0144	
33.00	-0.15	0.0285	
33.19	0.04	0.0016	$\sigma = \sqrt{\dfrac{3.1917}{9}}$
34.24	1.09	1.1881	
32.82	-0.33	0.1089	$= 0.63$
32.42	-0.73	0.5329	
32.92	-0.23	0.0529	
32.37	-0.78	0.6084	
33.16	0.01	0.0001	
$\overline{X} = 33.15$		$\sum (X-\overline{X})^2 = 3.5917$	

ตารางที่ 10 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการวัด (divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N-1}}$
86.35	1.42	2.0164	
85.10	0.17	0.0289	
84.51	-0.42	0.1764	
85.37	0.44	0.1936	$\sigma = \sqrt{\frac{6.0552}{9}}$
85.86	0.93	0.8649	
84.01	-0.92	0.8464	$= 0.82$
84.87	-0.06	0.0036	
85.13	0.20	0.0400	
83.64	-1.29	1.6641	
84.46	0.47	0.2209	
$\bar{X} = 84.93$		$\sum (X-\bar{X})^2 = 6.0552$	

ตารางที่ 11 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการ(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N - 1}}$
35.43	1.30	1.6900	
34.02	-0.11	0.0121	
33.02	-1.11	1.2321	$\sigma = \sqrt{\frac{4.5954}{9}}$
33.86	-0.27	0.0729	
34.74	0.61	0.3721	$= 0.71$
33.34	-0.79	0.6241	
34.07	-0.06	0.0036	
34.23	0.10	0.0100	
33.77	-0.636	0.1296	
34.80	0.67	0.4489	
$\overline{X} = 34.13$		$\sum (X-\overline{X})^2 = 4.5954$	

ตารางที่ 12 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีเหลือง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
27.35	0.72	0.5184	
27.10	0.47	0.2209	
26.99	0.36	0.1296	
26.97	0.34	0.1156	$\sigma = \sqrt{\frac{3.9130}{9}}$
26.04	-0.59	0.3481	
26.28	-0.35	0.1225	= 0.66
26.75	0.12	0.0144	
26.48	-0.15	0.0225	
25.16	1.47	2.1609	
27.14	0.51	0.2601	
$\overline{X}$ = 26.63		$\sum(X-\overline{X})^2$ =3.9130	

ตารางที่ 13 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = - 4 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
10.97	-0.85	0.7225	
11.55	-0.27	0.0729	
11.94	0.12	0.0144	$\sigma = \sqrt{\frac{3.5720}{9}}$
11.48	-0.34	0.1156	
11.23	-0.59	0.3481	$= 0.63$
12.16	0.34	0.1156	
12.90	1.08	1.1664	
12.15	0.33	0.1089	
11.22	-0.60	0.3600	
12.56	0.74	0.5476	
$\overline{X}$ = 11.82		$\sum (X-\overline{X})^2 = 3.5720$	

ตารางที่ 14 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 1 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
27.18	-0.14	0.0196	
28.40	1.08	1.1664	
27.15	-0.17	0.0289	$\sigma = \sqrt{\frac{4.5339}{9}}$
27.44	0.12	0.0144	
26.47	-0.85	0.7225	= 0.71
26.97	-0.35	0.1225	
27.13	-0.19	0.0361	
27.37	0.05	0.0025	
26.45	-0.87	0.7569	
28.61	1.29	1.6641	
$\overline{X}$ = 27.32		$\sum(X-\overline{X})^2$ =4.5339	

ตารางที่ 15 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
11.13	-1.30	1.6900	
11.98	0.45	0.2025	
12.43	0.00	0.0000	$\sigma = \sqrt{\frac{4.2356}{9}}$
12.45	0.02	0.0004	
11.95	-0.48	0.2304	$= 0.69$
12.36	0.07	0.0049	
13.37	0.94	0.8836	
13.36	0.93	0.8649	
12.28	-0.15	0.0225	
13.01	0.58	0.3364	
$\overline{X}$ = 12.43		$\sum(X-\overline{X})^2$ =4.2356	

ตารางที่ 16 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.5 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	$X - \overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
28.90	0.75	0.5625	
29.23	1.08	1.1664	
27.90	0.25	0.0625	$\sigma = \sqrt{\frac{5.2627}{9}}$
28.27	0.14	0.0196	
27.29	-0.86	0.7396	= 0.76
27.38	-0.77	0.5929	
27.93	-0.22	0.0484	
28.41	0.26	0.0676	
27.11	-1.04	1.0816	
29.11	0.76	0.9216	
$\overline{X}$ = 28.15		$\sum (X-\overline{X})^2$ =5.2627	

ตารางที่ 17 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = -4 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

X	X - $\overline{X}$	$(X - \overline{X})^2$	$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X-\overline{X})^2}{N-1}}$
12.03	-0.99	0.9801	
12.23	-0.79	0.6241	
12.81	-0.21	0.0441	$\sigma = \sqrt{\frac{5.5442}{9}}$
13.58	0.56	0.3136	
12.36	-0.66	0.4356	= 0.78
12.68	-0.34	0.1156	
13.81	0.79	0.6241	
14.48	1.46	2.1316	
12.75	-0.27	0.0729	
13.47	0.45	0.2025	
$\overline{X}$ = 13.02		$\sum (X-\overline{X})^2$ =5.5442	

ตารางที่ 18 แสดงการหาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)

X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)ของแผ่นสีแดง ที่มุมของการวัด(divergence angle) = 0.2 และ มุมของการตกกระทบ(incidence angle) = + 30 องศา ขนาด 0.0625 ตารางฟุต

N = จำนวนค่าที่ทำการวัดค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง =10

ภาคผนวก
ตัวอย่างการคำนวณ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง (X) ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 จาก

$$X = \frac{k\ E_r . d^2}{E_s . A}$$

เมื่อ X = ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง(แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต)

k = เป็นค่าคงที่ = 139.6 ลักซ์ ต่อ มิลลิโวลต์

E_r = ค่าความเข้มของแสงที่อ่านได้ ลบด้วย background (มิลลิโวลต์)

d = ระยะห่างจากตัวอย่าง ถึง เครื่องฉาย = 15 เมตร (50 ฟุต)

A = พื้นที่ของแผ่นสะท้อนแสง (ตารางฟุต)

E_s = เป็นค่าความเข้มของแสงที่ตำแหน่งตัวอย่าง (ลักซ์)

มุมของการวัด (องศา)	มุมที่แสงตกกระทบ (องศา)	E_s (ลักซ์)	$E_{B.G}$ (มิลลิโวลต์)	E_T (มิลลิโวลต์)	X (แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตรฟ)
0.2	-4.	20.1	-0.2584×10^{-3}	4.5468×10^{-3}	83.84
0.2	+30			1.5049×10^{-3}	30.65

$$X = \frac{139.6 \times [\ 4.5462 - (-0.2584)\ ] \times 10^{-3} \times 2500}{20.1 \times 1}$$

= 83.84 แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต

และ

$$X = \frac{139.6 \times [\ 1.5049 - (-0.2584)\ ] \times 10^{-3} \times 2500}{20.1 \times 1}$$

= 30.68 แคนเดลา ต่อ ลักซ์ ต่อ ตารางฟุต