แผ่นสะท้อนแสงสำหรับการจราจร

เกรียงไกร โชวเจริญสุข

1. บทนำ

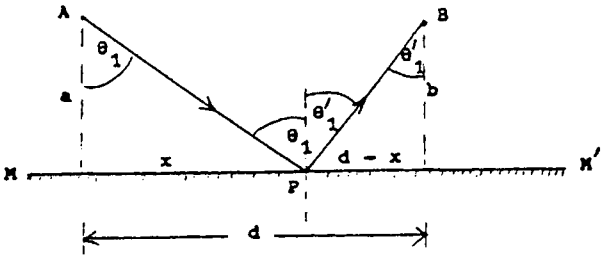
ปัจจุบันมีการผลิตแผ่นสะท้อนแสงเพื่อการมองเห็นในเวลาค่ำคืนสำหรับใช้ในการจราจรทำให้เกิดความปลอดภัยมากขึ้น แผ่นสะท้อนแสงหมายถึงวัสดุแผ่นบางอ่อนสามารถสะท้อนแสงได้ มีกาวอยู่ด้านหลังสำหรับติดลงบนแผ่นวัสดุผิวเรียบ เมื่อแผ่นสะท้อนแสงได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดแสงหรือรับแสงข้างเคียงจะสะท้อนแสงมาเข้าสู่ตาเรา จึงทำให้เกิดการมองเห็นขึ้นได้

โดยธรรมชาติแล้วแสงจะถูกส่งออกไปจากจุดกำเนิดทุกทิศทุกทางในรูปของคลื่น ซึ่งเป็นแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ชาวฮอลันดา ชื่อ คลิสเตียน ฮอยเกส์ จากแนวความคิดที่ว่าแสงเป็นคลื่น ที่นำไปใช้อธิบายเกี่ยวกับการสะท้อนและการหักเหแสง โดยนำเอากฎต่าง ๆ มาใช้เช่น กฎของสเนล ($n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$) เป็นต้น ได้ถูกนำมาใช้กับงานวิจัยและวิเคราะห์ทดสอบวัสดุที่สะท้อนแสงเช่น แผ่นสะท้อนแสงชนิดต่าง ๆ ด้วย แผ่นสะท้อนแสงมีหลายชนิด แต่ละชนิดให้ความสว่างไม่เหมือนกัน เหมาะที่จะนำไปใช้งานแตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะชนิดพิเศษซึ่งเป็นแบบล่าสุดที่อาศัยหลักการของปริซึม จะให้ความสว่างสูงกว่าการใช้แบบลูกแก้วใส รายละเอียดที่นำเสนอต่อไปนี้จะช่วยให้ทราบถึงชนิดและ grade ของแผ่นสะท้อนแสง และการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้ได้การสะท้อนแสงที่ดีขึ้นกว่าเดิม

2. การสะท้อนและการหักเหของแสง (reflection and refraction of light)

2.1การสะท้อนของแสง

เมื่อมีรังสีของแสงตกกระทบลงบนพื้นผิวเรียบเกลี้ยง เช่น กระจก แผ่นสะท้อนแสง เป็นต้น และรังสีได้สะท้อนออกไปจากผิวนั้น ปีแอร์ เฟอร์แมต ได้พบหลักอันหนึ่งซึ่งกล่าวว่า "รังสีแสงจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งจะเลือกทางเดินของมันเองในช่วงเวลาที่มีค่าสูงสุดหรือต่ำสุดหรือคงที่"



รูปที่ 1 แสดงรังสีแสงจากจุด A ไปยังจุด B โดยสะท้อนที่จุด P

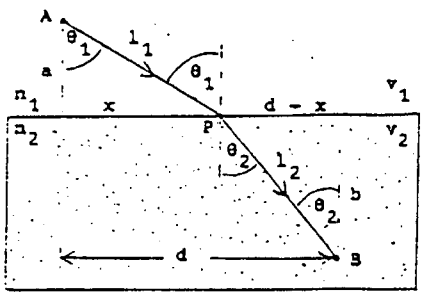
พิจารณาจากรูปที่ 1 จะได้สมการ (1) คือกฎการสะท้อนแสง ซึ่งทำให้

มุมตกกระทบ = มุมสะท้อน

$\sin\theta_1 = \sin\theta'_1$

หรือ $\theta_1 = \theta'_1$ .....(1)

2.2 การหักเหแสง



รูปที่ 2 แสดงลำแสงจาก A ไปยัง B ภายหลังการหักเหที่จุด P พิจารณาจากรูปที่ 2 จะได้สมการดังนี้

$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$ .....(2)

หรือ $(\sin\theta_1/\sin\theta_2) = (n_2/n_1)$

$(\sin\theta_1/\sin\theta_2)$ = ค่าคงที่

เพราะฉะนั้น ค่าคงที่ คือ อัตราส่วนระหว่างดรรชนีหักเหของตัวกลางที่รังสีหักเหอยู่ (n_2) กับดรรชนีหักเหของตัวกลางที่รังสีตกกระทบอยู่ (n_1) ซึ่งก็คือ กฎการหักเห หรือเรียกว่า กฎของสเนล (Snell's law)

ถ้าตัวกลางที่ 1 เป็นสูญญากาศ $n_1 = 1.00$ ดังนั้น

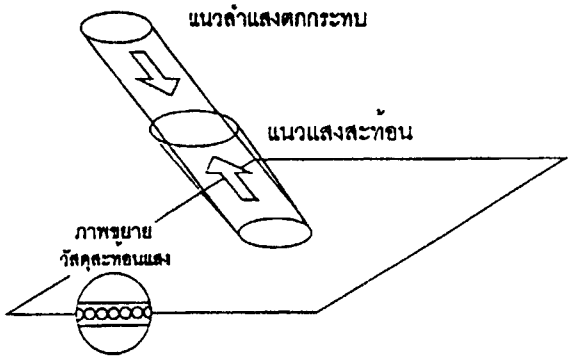
$(\sin\theta_1/\sin\theta_2) = n_2$ .....(3)

ในกรณีที่มุมตกกระทบและมุมหักเหมีขนาดเล็ก ๆ ดังนั้น สมการที่ (2) จึงเขียนได้เป็น

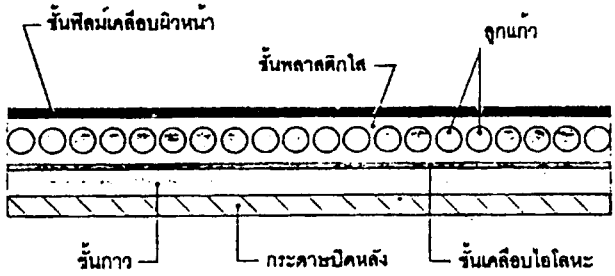
$(\theta_1/\theta_2) = n_2/n_1)$ .....(4)

3. การพัฒนาวัสดุบนแผ่นสะท้อนแสง

วัสดุจะสะท้อนแสงได้ดีขึ้นถ้าเป็นแบบ retro reflection ดังรูปที่ 3



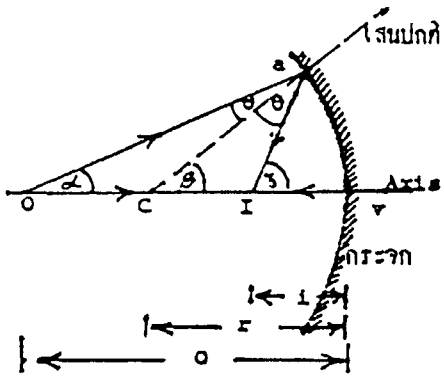
รูปที่ 3 แสดงการสะท้อนแสงแบบ retro reflection และตัวอย่างชนิดที่ 1 ของแผ่นสะท้อนแสงแบบ retro reflection คือแผ่นสะท้อนแสงชนิด Engineer grade



รูปที่ 4 แสดงลักษณะของแผ่นสะท้อนแสงชนิด engineering grade

4. Spherical wave - spherical mirror (คลื่นทรงกลม - กระจกทรงกลม)

เนื่องจากต้องการให้มีการสะท้อนของแสงจึงมักมีการฉาบหรือเคลือบด้วยไอโลหะไว้ด้านหลัง หรืออาจเป็นสารชนิดอื่น



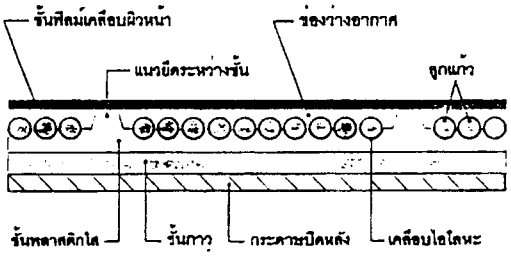
รูปที่ 5 แสดงรังสีของชุด จากจุด o หักเหไปตัดกันหลังจากที่สะท้อนที่กระจก เกิดภาพจริงที่ I

ผลจากรูปที่ 5 จะได้สมการดังนี้

$(1/0)+(1/i) = (2/r)$ .....(5)

เมื่อ 0 เป็นระยะวัตถุ i เป็นระยะภาพ และ r เป็นรัศมีความโค้งของกระจก

จากสมการที่ (5) นี้จึงเรียกว่า Gaussian formula สำหรับแก้วหรือลูกแก้วหรือกระจกโค้งและตัวอย่างชนิดที่ 2 ของแผ่นสะท้อนแสงแบบ retro reflection คือ แผ่นสะท้อนแสงชนิด high intensity grade ดังแสดงในรูปที่ 6

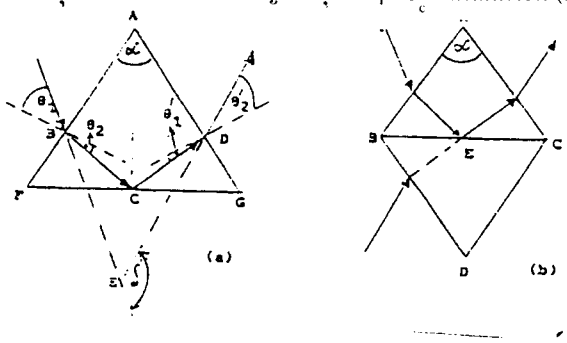


รูปที่ 6 แสดงลักษณะของ High Intensity Grade ของแผ่นสะท้อนแสง

5. Reflection prism

ได้นำเอาหลักการของปริซึมมาใช้ โดยพิจารณาเฉพาะลำแสงที่เกิดการสะท้อนภายใน (สะท้อนกลับหมด) น้อยที่สุด ดังรูปที่ 7

เมื่อมุมตกกระทบภายในใหญ่กว่ามุมวิกฤต θ_c จากสมการที่ (2)



รูปที่ 7 แสดงถึงลักษณะของ reflection prism

จะได้

$\sin\theta_c = {}_2n_1 = (n_2/n_1)$ .....(6)

และจากรูปที่ 7 จะได้

$\delta = \theta_1\theta'_2 + \alpha$.....(7)

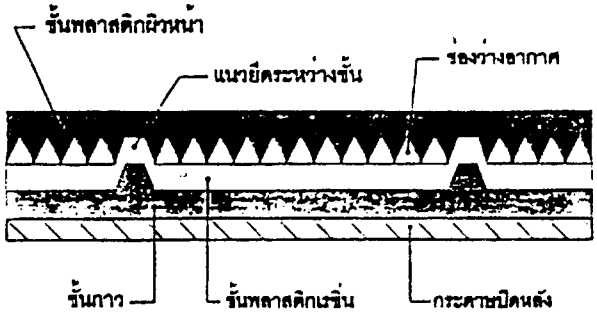
แต่เพราะว่า $\theta_2 = \theta'_1$

และจากกฎของสเนล เราจะทราบว่า $\theta_1 = \theta'_2$ ดังนั้นความเบี่ยงเบนจะเป็น

$\delta = 2\theta_1 + \alpha$ .....(8)

และตัวอย่างชนิดที่ 3 ของแผ่นสะท้อนแสงแบบ retro reflection คือ แผ่นสะท้อนแสงชนิด diamond grade ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 แสดงลักษณะของแผ่นสะท้อนแสดงชนิด diamond grade

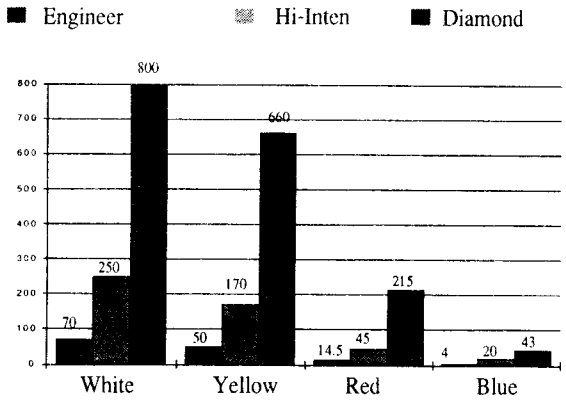


6. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ทดสอบ

เมื่อกล่าวถึงประสิทธิภาพของแผ่นสะท้อนแสงแต่ละชนิด โดยเทียบกับความสว่างที่เกิดขึ้นมีดังนี้

1.Engineer grade 4-7 %
2.High intensity grade 9-14 %
3.Diamond grade 50-67 %

แผนภูมิการเปรียบเทียบ แสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 ประสิทธิภาพการสะท้อนแสงของแผ่นสะท้อนแสงแบบ retro reflection ชนิดต่าง ๆ

6.1 ผลลัพธ์ที่เทียบออกมาเป็นเปอร์เซนต์

ผลจากการที่ได้มีการพัฒนาแผ่นสะท้อนแสง ทำให้เราได้ความสว่างจากแผ่นสะท้อนที่ปรับปรุงแล้วเพิ่มขึ้น โดยขอยกตัวอย่างแผ่นสะท้อนแสง high intensity grade กับ diamond grade ปรากฏว่าชนิด diamond grade (DG.) ให้ความสว่างสูงกว่า high intensity grade (HIG.)

ดังแสดงในตารางที่ 1

มุมที่วัด องศา	มุมแสงตกกระทบ องศา	สีขาว (%)	สีเหลือง (%)	สีแดง (%)	สีน้ำเงิน (%)
0.2	-4	76.2	79.5	82.7	68.2
0.2	+30	72.7	77.3	80.0	64.3
0.5	-4	67.8	72.1	75.0	56.6
0.5	+30	60.6	65.4	72.2	50.0

ตารางที่ 1 ค่าเปรียบเทียบเปอร์เซนต์ความสว่างของแผ่นสะท้อนแสงชนิด DG ที่มากกว่าชนิด HIG

หมายเหตุ ที่มุมของการวัด 0.2 องศา ความสว่างที่สูงกว่า (800 x 100)/(800+250) = 76.2%

6.2 สรุปผลจากการคำนวณและการสังเกตทั่ว ๆ ไป

นอกจากนี้แล้วยังได้พิจารณาถึง อัตราส่วนระยะทางในการมองป้ายระหว่างผู้ขับขี่สูงอายุกับผู้ขับขี่ที่อายุน้อย มีดังนี้

มองเห็น	78.3%
แยกความต่างของสีที่ได้	71.3%
อ่านตัวหนังสือบนป้ายออก	65-77%

และยังมีผลของความสว่างดังนี้

6.2.1 ระดับความสว่างและการมองเห็น

6.2.1.1 เวลากลางวัน

วัตถุที่อยู่กลางแดด	400-1,000	FL (foot-Lamberyts)
หิมะหรือทรายสีขาว	8-10,000	FL
ภายในห้องทำงาน	25-70	FL (เหมาะสม 400 FL)
ภายในบ้าน	7-10	FL

6.2.1.2 เวลากลางคืน

คืนเดือนมืดกลางแสงดาว	0.0003	FL
กลางแสงจันทร์	0.01	FL
ไฟส่องสว่างตามถนน	0.01-1	FL

6.2.2 ความสว่างของวัตถุสีขาวเมื่อถูกไฟหน้ารถส่องกระทบในเวลากลางคืน

ระยะห่าง (ฟุต)	Luminance	
75	0.21	FL
150	0.12*	FL
300	0.035**	FL
600	0.0084	FL

ช่วงความสว่างที่ผู้ขับขี่ต้องมองในเวลากลางคืน 0.003-4 FL

หมายเหตุ 1 FL = 1/¶ candle /ft^2

*มองเห็นเล็กน้อย **มองเห็นไม่ชัด

เอกสารอ้างอิง

Smith, A.W. and Cooper, J.N. Elements of physics. NewYork : Mc Graw-Hill Co, 1972.

3M Co., Scotchlite ™ reflective sheeting diamond grade. Product Bulletin 3970.September, 1992. p. 116-122.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, สำนักงาน. แผ่นสะท้อนแสง. มอก. 606-2529. หน้า 8-10.

วิชิต กฟษณะภูติ. ฟิสิกส์เบื้องต้นและพื้นฐาน. กรุงเทพ : โอเดียนสโตร์, 2536, หน้า 253-266.